

**POLITECNICO DI MILANO**



*Facoltà di Ingegneria Edile - Architettura  
Corso di Laurea in Ingegneria dei Sistemi Edilizi*

***PROGETTO DI UNA PIASTRA IN CALCESTRUZZO  
ARMATO DI GRANDI DIMENSIONI CON  
L' UTILIZZO DI CAVI UNBOUNDED***

***Relatore:***

Prof. Ing. Sergio Tattoni

***Tesi di Laurea di:***

Gabriele Monza

Matricola 787664

*Anno Accademico 2013 – 2014*





## Sommario

<b>Abstract</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Presentazione del problema</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Rassegna e richiamo delle peculiarità e della progettazione delle piastre</b> .....	<b>7</b>
2.1 Definizione e classificazione delle piastre.....	7
2.2 Richiamo alla progettazione delle piastre .....	10
2.2.1 Introduzione.....	10
2.2.2 Teoria dell'elasticità - Equazione differenziale di Lagrange.....	13
2.2.3 Teoria della plasticità – Yield-Line Method.....	19
<b>3. Piastre precomprese</b> .....	<b>27</b>
3.1 Introduzione .....	27
3.2 Disposizione dei cavi.....	28
3.2.1 Precompressione Ripartita .....	29
3.2.2 Precompressione per Strisce di Appoggio .....	31
3.3 Forza di precompressione .....	32
3.4 Perdite di precompressione .....	33
3.4.1 Perdite istantanee .....	33
3.4.2 Perdite lente.....	35
3.5 Verifiche SLU - Carico Ultimo .....	36
<b>4. Punzonamento</b> .....	<b>40</b>
<b>5. Materiali e Analisi dei carichi</b> .....	<b>46</b>
5.1 Normativa di riferimento .....	46
5.2 Durabilità strutturale e materiali impiegati.....	46
5.2.1 Prescrizioni e caratteristiche meccaniche del calcestruzzo .....	46
5.2.2 Prescrizioni e caratteristiche meccaniche acciaio di armatura .....	50
5.2.3 Prescrizioni e caratteristiche meccaniche acciaio da precompressione ....	51



5.3	Combinazioni di carico .....	51
5.4	Analisi dei carichi .....	53
5.4.1	Carichi variabili - Carichi di esercizio .....	53
5.4.2	Carichi Variabili - Carico da neve.....	54
5.4.3	Carichi permanenti .....	55
<b>6.</b>	<b>Calcolo del solaio - Predimensionamento .....</b>	<b>58</b>
6.1	Altezza del solaio - Predimensionamento .....	58
6.2	Calcolo della forza di precompressione .....	61
6.2.1	Campata tipo 1.....	61
6.2.2	Campata tipo 2.....	63
6.2.3	Campata tipo 3.....	64
6.2.4	Campata tipo 4.....	65
6.2.5	Campata tipo 5.....	66
6.3	Calcolo con metodo semplificato .....	67
6.3.1	Introduzione.....	67
6.3.2	Calcolo del solaio - Armatura .....	69
6.4	Verifiche SLU - Carico Ultimo .....	84
6.5	Verifiche SLU - Punzonamento.....	85
<b>7.</b>	<b>Calcolo FEM.....</b>	<b>88</b>
7.1	Modellazione con il software MIDAS/Gen.....	88
7.1.1	Costruzione del modello .....	88
7.1.2	Construction Stage Analysis.....	92
7.2	Risultati Modellazione FEM .....	93
7.2.1	Stato Limite Ultimo - $M_{xx}$ .....	94
7.2.2	Stato Limite Ultimo - $M_{yy}$ .....	94
7.2.3	Stato Limite Ultimo - $M_{xy}$ .....	95
7.2.4	Stato Limite di Esercizio - Combinazione QP - $M_{xx}$ .....	95



7.2.5	Stato Limite di Esercizio - Combinazione QP - $M_{yy}$ .....	96
7.2.6	Stato Limite di Esercizio - Combinazione QP - $M_{xy}$ .....	96
7.2.7	Stato Limite di Esercizio - Combinazione CA - $M_{xx}$ .....	97
7.2.8	Stato Limite di Esercizio - Combinazione CA - $M_{yy}$ .....	97
7.2.9	Stato Limite di Esercizio - Combinazione CA - $M_{xy}$ .....	98
7.2.10	Stato Limite di Esercizio - Combinazione QP - $\sigma_{xx}$ .....	98
7.2.11	Stato Limite di Esercizio - Combinazione QP - $\sigma_{yy}$ .....	99
7.2.12	Stato Limite di Esercizio - Combinazione QP - $\sigma_{xy}$ .....	100
7.2.13	Stato Limite di Esercizio - Combinazione CA - $\sigma_{xx}$ .....	101
7.2.14	Stato Limite di Esercizio - Combinazione CA - $\sigma_{yy}$ .....	102
7.2.15	Stato Limite di Esercizio - Combinazione CA - $\sigma_{xy}$ .....	103
7.3	Calcolo armature lente .....	104
7.3.1	Armatura - Momento $M_{xx}$ .....	106
7.3.2	Armatura - Momento $M_{yy}$ .....	114
7.4	Verifiche Stato Limite di Esercizio .....	125
7.4.1	Stato Limite di Esercizio - Controllo delle fessurazioni .....	125
7.4.2	Stato Limite di Esercizio - Limitazione delle tensioni .....	188
7.4.3	Stato Limite di Esercizio - Controllo delle deformazioni .....	190
7.5	Verifiche Stato Limite Ultimo .....	193
7.5.1	Stato Limite Ultimo - Carico ultimo a rottura .....	193
7.5.2	Stato Limite Ultimo - Verifica al Punzonamento .....	204
	<b>Conclusioni</b> .....	<b>211</b>
	<b>Bibliografia</b> .....	<b>214</b>
	<b>Indice delle Tabelle</b> .....	<b>215</b>
	<b>Indice delle Figure</b> .....	<b>219</b>



**Facoltà di Ingegneria Edile - Architettura**  
*Progetto di una piastra in calcestruzzo armato di grandi dimensioni  
con l' utilizzo di cavi unbounded*



## Abstract

Oggetto della tesi è la progettazione e la verifica di un elemento piastra di grandi dimensioni. L' esigenza di tale progettazione nasce dalla futura realizzazione di un edificio identico ad un' altro già realizzato avente destinazione uffici caratterizzato da solai a piastra in calcestruzzo armato. In questa tesi si è voluta introdurre la tecnologia delle piastre post-tese a cavi non aderenti (*unbounded*) valutandone gli effetti e quindi i vantaggi che possono essere ottenuti applicando tale tecnologia agli elementi piastra. Il lavoro di tesi parte da una fase introduttiva nella quale viene presentata una classificazione delle diverse tipologie di piastre e la relativa teoria di calcolo, nella quale si focalizza l' attenzione sulle fasi di calcolo sia in fase elastica che in fase plastica. Successivamente si provvede ad esaminare le problematiche relative all' impiego della tecnologia della precompressione, descrivendone gli aspetti tecnologici e i vantaggi che ne derivano dall' utilizzo. Si andranno a definire i criteri per la determinazione della forza di precompressione e delle relative perdite nonché la problematica relativa al calcolo allo stato limite ultimo, differente dal caso di elementi con armatura aderente. Il lavoro di tesi prosegue attraverso una fase di predimensionamento, la quale si compone di una valutazione di uno spessore iniziale secondo il metodo dell' approccio unitario, procedendo quindi con lo studio di un tracciato ottimale dei cavi di precompressione e dalle relative forze da applicare ai cavi. Di conseguenza, ottenuti i diagrammi attraverso il metodo semplificato 'delle strisce', si valutano le armature lente da predisporre per i successivi calcoli del carico ultimo della piastra. Dopo questa prima fase di valutazione dimensionale si passerà al calcolo più raffinato dell' elemento attraverso il metodo agli elementi finiti con l' utilizzo del software MIDAS/Gen, grazie al quale si andrà a modellare la struttura e a svolgere operazioni di analisi differenti: come prima analisi verrà eseguita un' analisi statica lineare, con la quale sarà possibile valutare gli effetti delle azioni allo stato limite ultimo e allo stato limite di esercizio; la seconda analisi è di tipo statica non lineare, con la quale sarà possibile tenere sotto controllo lo stato tensionale nelle varie fasi di realizzazione dell' intervento (*construction stage analysis*) grazie alla suddivisione della progettazione in fasi. Avendo quindi un quadro completo dello stato tensionale - deformativo della piastra l' ultimo passaggio sarà quello di verifica, garantendo quindi la stabilità e la funzionalità dell' elemento progettato e di valutare la bontà dei risultati ottenuti in fase di predimensionamento.

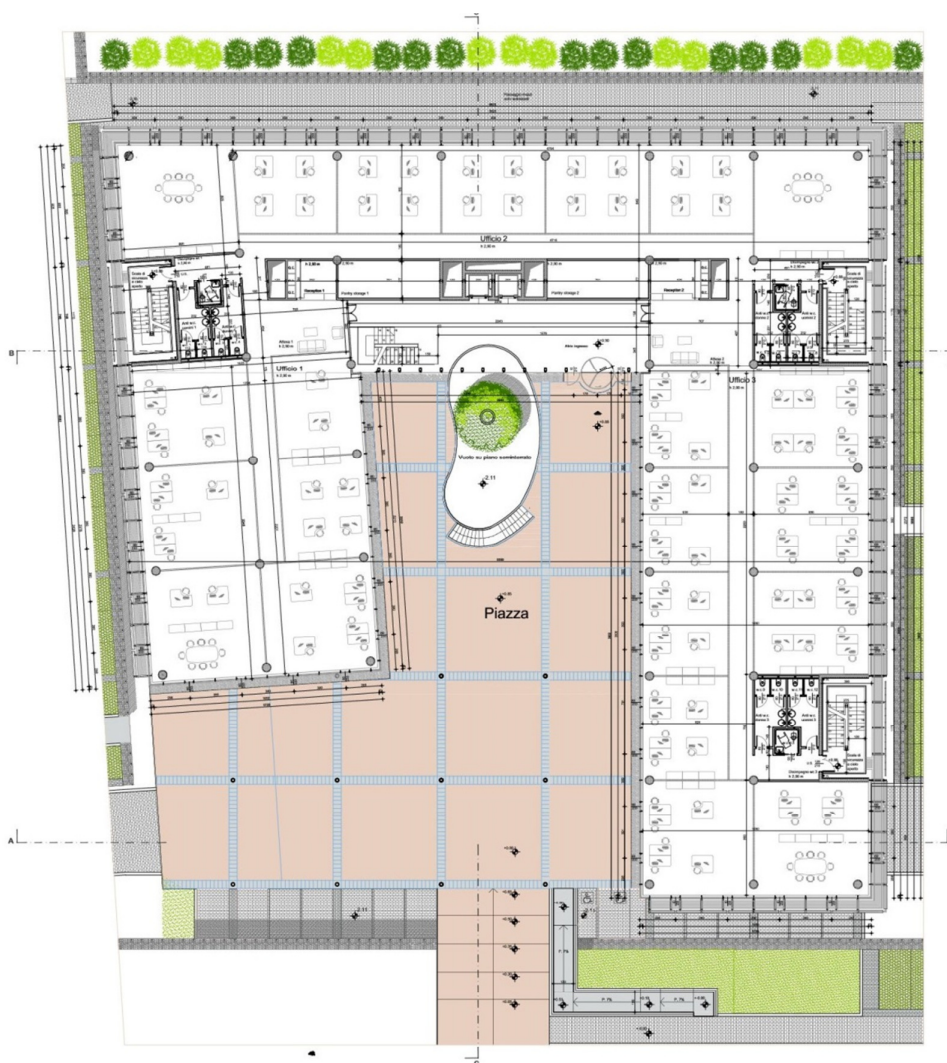


**Facoltà di Ingegneria Edile - Architettura**  
*Progetto di una piastra in calcestruzzo armato di grandi dimensioni  
con l' utilizzo di cavi unbounded*



## 1. Presentazione del problema

Obiettivo del lavoro di tesi è la progettazione e verifica di una piastra in cemento armato al piano rialzato di un edificio ad uso uffici situato nel comune di Vizzola Ticino. L'elemento in questione ha un' estensione in pianta pari a 2.950,00 mq. La parte di edificio a destinazione uffici è caratterizzato da una forma a U con il lato più corto che ripiega verso l'interno. La parte rimanente, nella zona centrale della pianta, è costituita da una zona su spazio aperto avente destinazione 'piazza eventi'. Si riporta ora in figura la pianta architettonica del piano rialzato del quale si procederà al calcolo dell'impalcato.



**Fig. 1 - Pianta architettonica**

La struttura di elevazione verticale dell' edificio è costituita da:

- pilastri circolari e quadrati di maglia regolare pari a m 7,80 x 7,80, salvo eccezioni in corrispondenza della parte a sud della piazza eventi, dove la forma dell' edificio ha imposto una riduzione di tale luce in direzione X, mentre in direzione Y il passo rimane costante;
- vani scala in cemento armato a C disposti sui lati esterni dell'edificio con apertura completa verso l'esterno dell'edificio stesso, all'interno dei quali troveranno collocazione le scale prefabbricate a struttura metallica;
- vani ascensori e cavedi impiantistici in cemento armato situati nella zona a nord dell'edificio.

La struttura orizzontale invece è costituita da elementi a piastra in cemento armato i quali consentono di trasferire, data l' elevata rigidezza, le azioni orizzontali alla struttura verticale. Si riporta ora lo schema della maglia strutturale considerata:

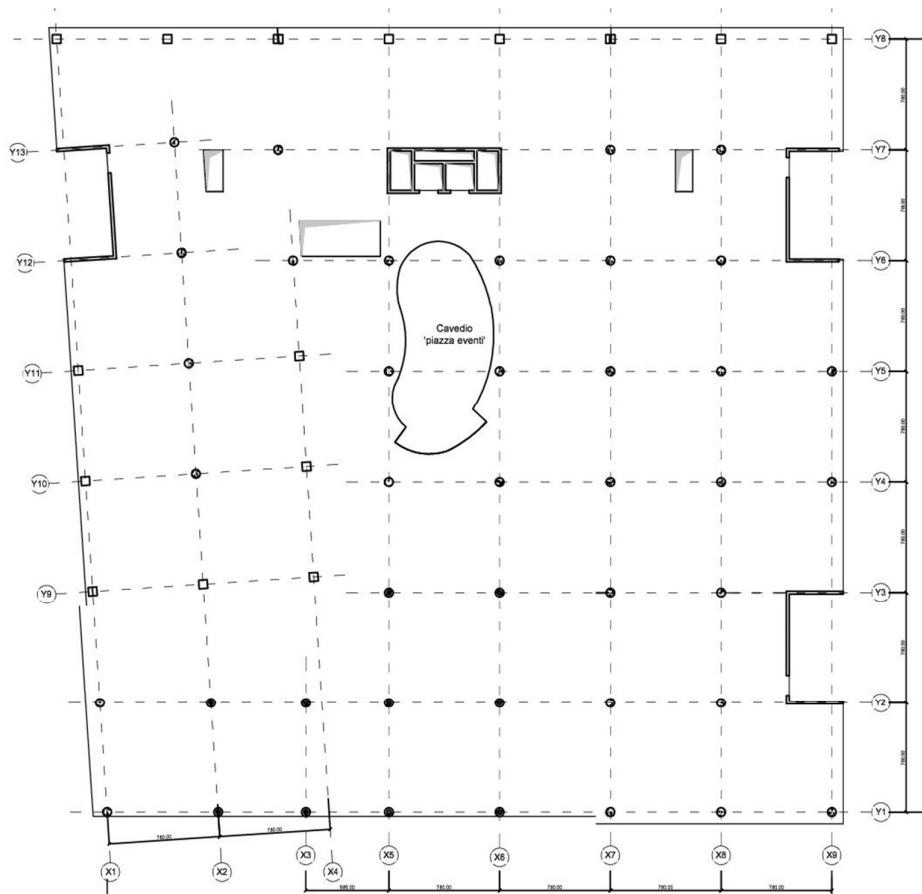
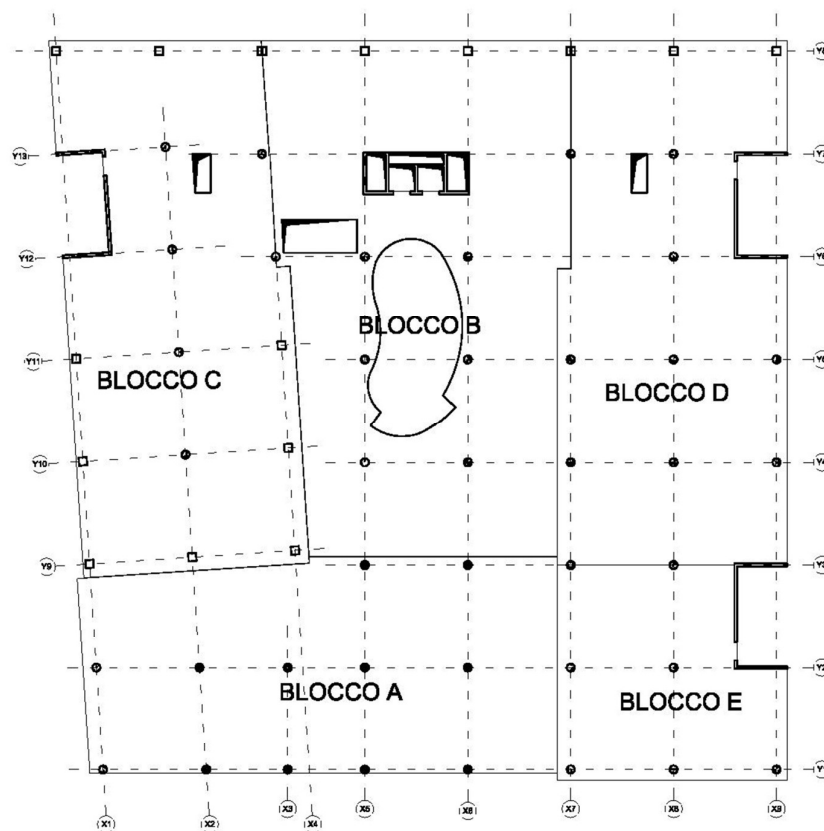


Fig. 2 - Pianta fili fissi

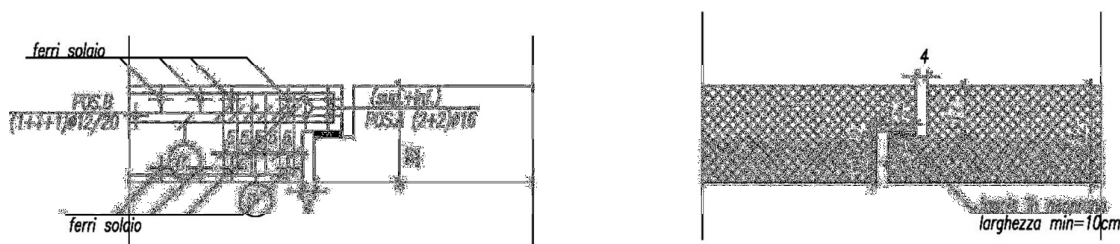
Si prefigura l'obiettivo di andare ad ottimizzare la progettazione dell'elemento piastra di tale edificio, il quale è già stato realizzato e se ne prevede all'interno del lotto stesso la realizzazione *ex-novo* di un edificio identico. Il problema dell'ottimizzazione della progettazione dell'elemento piastra è nato da uno studio preliminare della progettazione strutturale esecutiva della struttura esistente. Tale studio ha evidenziato la scelta progettuale - esecutiva di andare a suddividere l'elemento piastra e conseguentemente l'intero edificio in blocchi a se stanti vista la grande superficie coperta così come si evince dal seguente schema:



**Fig. 3 - Suddivisione blocchi**

La peculiarità dell'elemento esistente è la scelta del tipo di collegamento fra i vari blocchi della piastra. In alcune zone i pilastri sono stati duplicati per poter sorreggere l' elemento, mentre in altre zone il collegamento della piastra è stato realizzato attraverso la formazione di giunti 'a sella' il cui dettaglio è riportato in Fig. 4. Tale tipologia di giunto, la cui verifica influenza fortemente l'altezza della sezione, fa cadere il vantaggio offerto dagli elementi piastra di poter ridurre gli spessori di impalcato. Infatti lo spessore della piastra

esistente è pari a 32 cm. Inoltre si vuole ridurre lo spessore dell'elemento strutturale in modo da ridurre i carichi permanenti strutturali e pertanto gli effetti deformativi sia a breve che a lungo termine, ovvero gli effetti differiti dovuti dal ritiro, dal rilassamento e dalla viscosità del calcestruzzo armato.



**Fig. 4 - Giunto strutturale a sella**

Come si può notare in Fig. 1 nel blocco centrale che porta all'ingresso dell'edificio è stato previsto in fase di progettazione architettonica un foro di grande dimensione e di forma geometrica irregolare, il quale, oltre ad avere funzione prettamente estetica, permette il collegamento tra il piano seminterrato e il piano rialzato. In base a queste considerazioni iniziali si è deciso di procedere con lo studio e la progettazione di un elemento a piastra costituito da un unico elemento monolitico senza procedere con la suddivisione in blocchi. Tale obiettivo verrà perseguito attraverso l' utilizzo della tecnologia della precompressione a cavi unbounded, grazie alla quale si otterrà una notevole riduzione dello spessore dell'elemento piastra.

Pertanto il lavoro di tesi procederà nel seguito attraverso una breve trattazione riguardante la teoria delle piastre precomprese e le relative problematiche riscontrabili in fase di progettazione, per poi passare a un primo predimensionamento secondo il metodo dell' 'approccio unitario' e alle successive valutazioni dello stato tensionale - deformativo facendo ricorso in prima battuta a calcoli semplificati per poi, in un secondo momento, raffinando il calcolo attraverso la modellazione dell' elemento attraverso il software MIDAS/Gen, programma per il calcolo agli elementi finiti.



## 2. Rassegna e richiamo delle peculiarità e della progettazione delle piastre

### 2.1 Definizione e classificazione delle piastre

L'elemento strutturale tipo piastra rappresenta una tipologia nella quale due dimensioni prevalgono rispetto a una terza (spessore) e consente una grande varietà d'impieghi e l'utilizzo di diversi materiali dal calcestruzzo armato all'acciaio per arrivare a soluzioni miste acciaio-calcestruzzo. Le caratteristiche e i vantaggi peculiari di tali sistemi costruttivi sono la monoliticità dell'elemento, la possibilità di limitare gli spessori d'impalcato, il comportamento prettamente flessionale garantendo pertanto un'ottima risposta ai carichi distribuiti, siano essi verticali oppure orizzontali, e una riduzione del regime statico e deformativo. Oltre agli aspetti prettamente meccanici, le piastre presentano notevoli vantaggi rispetto agli elementi monodimensionali (travi) sia per quanto riguarda la possibilità di realizzare elementi di qualsiasi forma che per le fasi operative di messa in opera in quanto consentono una semplice e rapida cassetatura, soprattutto facendo ricorso a cassetteri evoluti, i quali consentono, oltre alla rapidità di allestimento e disallestimento dovuta all'elevata maneggevolezza del sistema, la possibilità di disarmo parziale anticipato (a seconda dello spessore dell'elemento e della classe di calcestruzzo) e la riduzione del numero di puntelli, fattori che semplificano le successive fasi operative del cantiere.

Le piastre si possono classificare in base a diversi criteri [1].

Una prima suddivisione consiste nel classificare le piastre a seconda della direzione di trasmissione dei carichi (Fig. 5). Pertanto si parlerà di:

- piastre unidirezionali: nel caso in cui i carichi vengano trasmessi secondo una direzione preferenziale;
- piastre bidirezionali: nel caso in cui i carichi vengano trasmessi secondo due o più direzioni preferenziali.

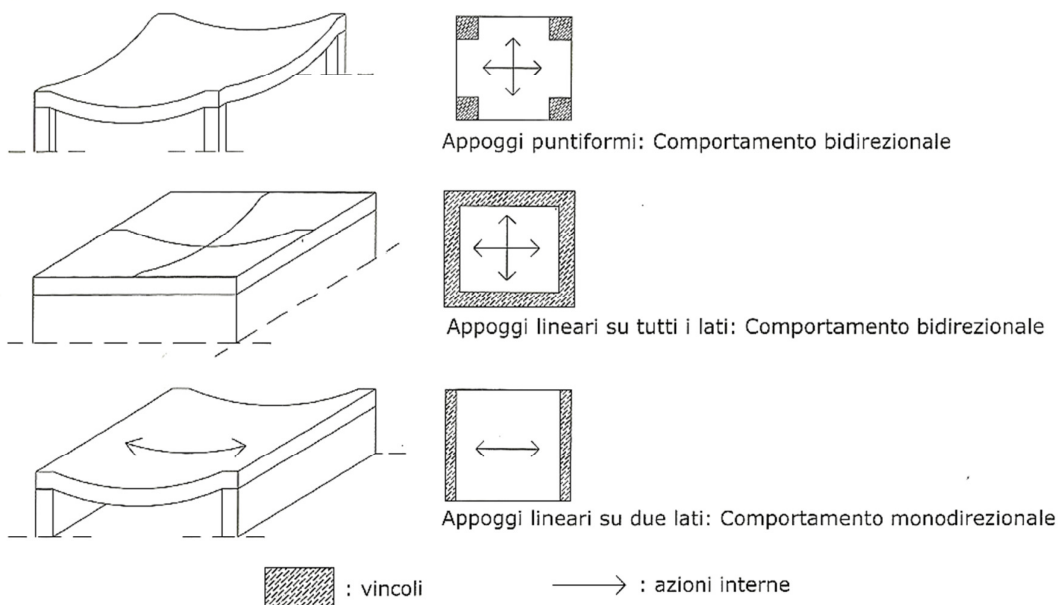
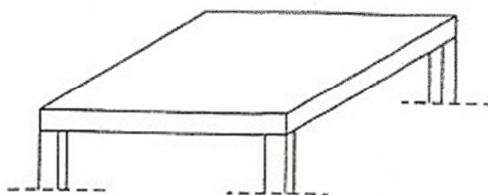


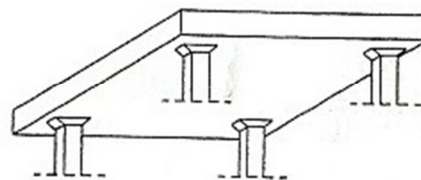
Fig. 5 - Suddivisione piastre: direzione trasmissione di carico

Un'ulteriore classificazione delle piastre è impostata sulla tipologia dei vincoli sui quali insiste l'elemento (Fig. 6). Pertanto si hanno:

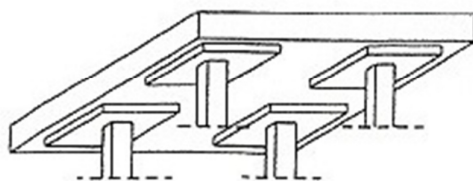
- Piastre su travi di bordo o muri portanti;
- Piastre a spessore costante su colonne con o senza capitello;
- Piastre a spessore variabile, con aumento della sezione in corrispondenza dei punti di appoggio.



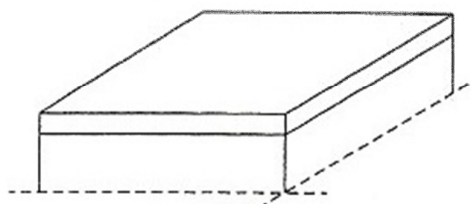
Piastra su colonne



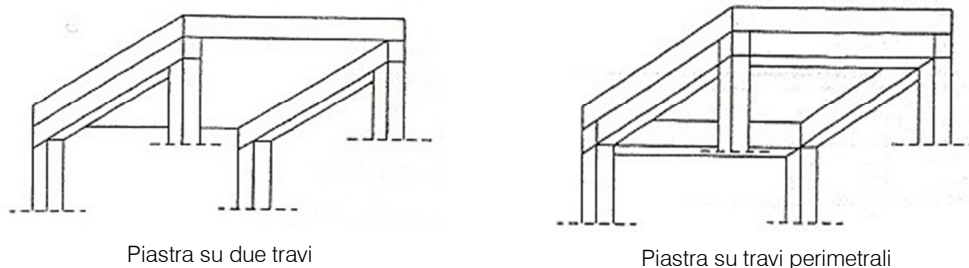
Piastra su colonne con capitello



Piastra su colonne con inspessimento



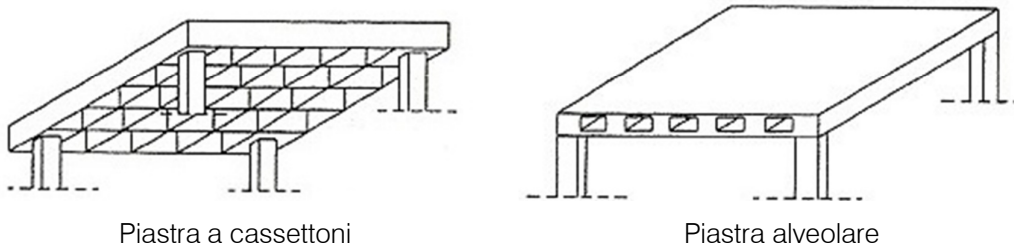
Piastra su muri portanti



**Fig. 6 - Suddivisione piastre: tipologia di vincolo**

Le piastre inoltre possono essere ideate e realizzate con l' utilizzo di elementi di alleggerimento (Fig. 7) classificandole pertanto in:

- Piastre a cassettoni: nel caso di nervature disposte a maglia incrociata;
- Piastre alveolari: nel caso di vuoti disposti parallelamente all'interno dello spessore della piastra.



**Fig. 7 - Suddivisione piastre: piastre alleggerite**

Qui di seguito si riporta uno schema riassuntivo delle diverse tipologie di piastre, i relativi vantaggi e svantaggi e alcuni esemplificazioni di campi d'impiego di tali elementi strutturali.

<b>Tipologia Piastra</b>	<b>Luci raggiungibili</b>	<b>Vantaggi</b>	<b>Svantaggi</b>	<b>Campi di impiego</b>
Piastra a spessore costante su colonne	6-9 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semplicità realizzativa;</li> <li>• riduzione tempi di costruzione.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maggior utilizzo di materiale;</li> <li>• punzonamento;</li> <li>• controllo delle deformazioni e delle fessurazione.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abitazioni;</li> <li>• Magazzini;</li> <li>• Edifici commerciali;</li> <li>• Parcheggi;</li> <li>• Ospedali.</li> </ul>
Piastre su travi di bordo o muri portanti	6-12 m su travi lungo 2 lati 6-15 m su travi lungo 4 lati	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libertà di utilizzo dello spazio in pianta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complessità delle fasi di cassetatura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abitazioni;</li> <li>• Edifici commerciali.</li> </ul>

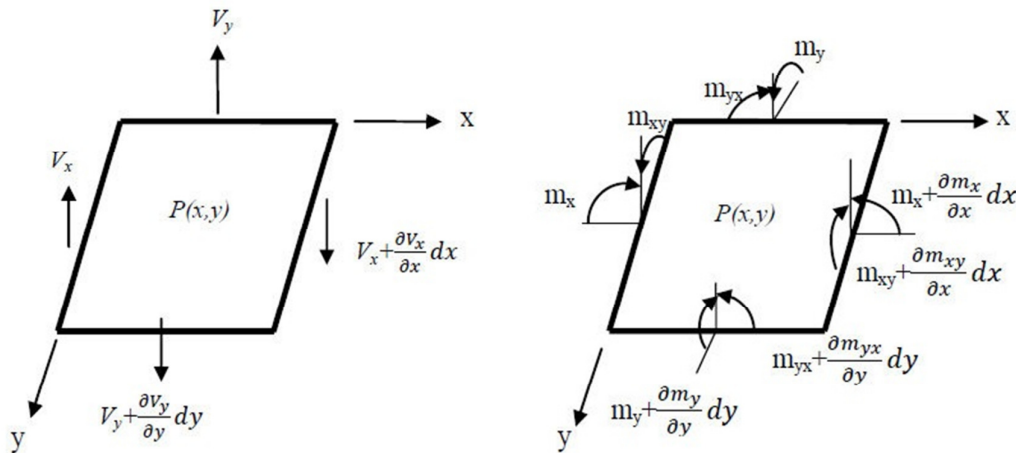
Piastra nervata a 'cassettoni'	12-20 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Possibilità di ricoprire luci elevate.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maggiore utilizzo di materiale;</li> <li>Complessità delle fasi di cassetatura;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Edifici industriali e commerciali;</li> <li>Aule;</li> <li>Palestre.</li> </ul>
Piastre su muri portanti	<8 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ridotto utilizzo di materiale.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scarsa libertà di utilizzo dello spazio in pianta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abitazioni.</li> </ul>

**Tab. 1 - Schema tipologie piastre**

## 2.2 Richiamo alla progettazione delle piastre

### 2.2.1 Introduzione

Le piastre sono caratterizzate da un comportamento prettamente flessionale. Pertanto nelle sezioni della piastra nascerà uno stato tensionale caratterizzato da due momenti flettenti ciascuno agente su una faccia dell'elemento, due momenti torcenti di uguale intensità agenti su facce ortogonali e due forze di taglio in direzione ortogonale al piano medio della piastra (Fig. 8).



**Fig. 8 - Stato tensionale**

L'andamento delle tensioni interne dipende fortemente dal rapporto tra i lati della piastra e dei vincoli esterni. Si riportano ora alcune schematizzazioni per diversi rapporti tra i lati della piastra e per diverse condizioni di vincolo (Fig. 9):



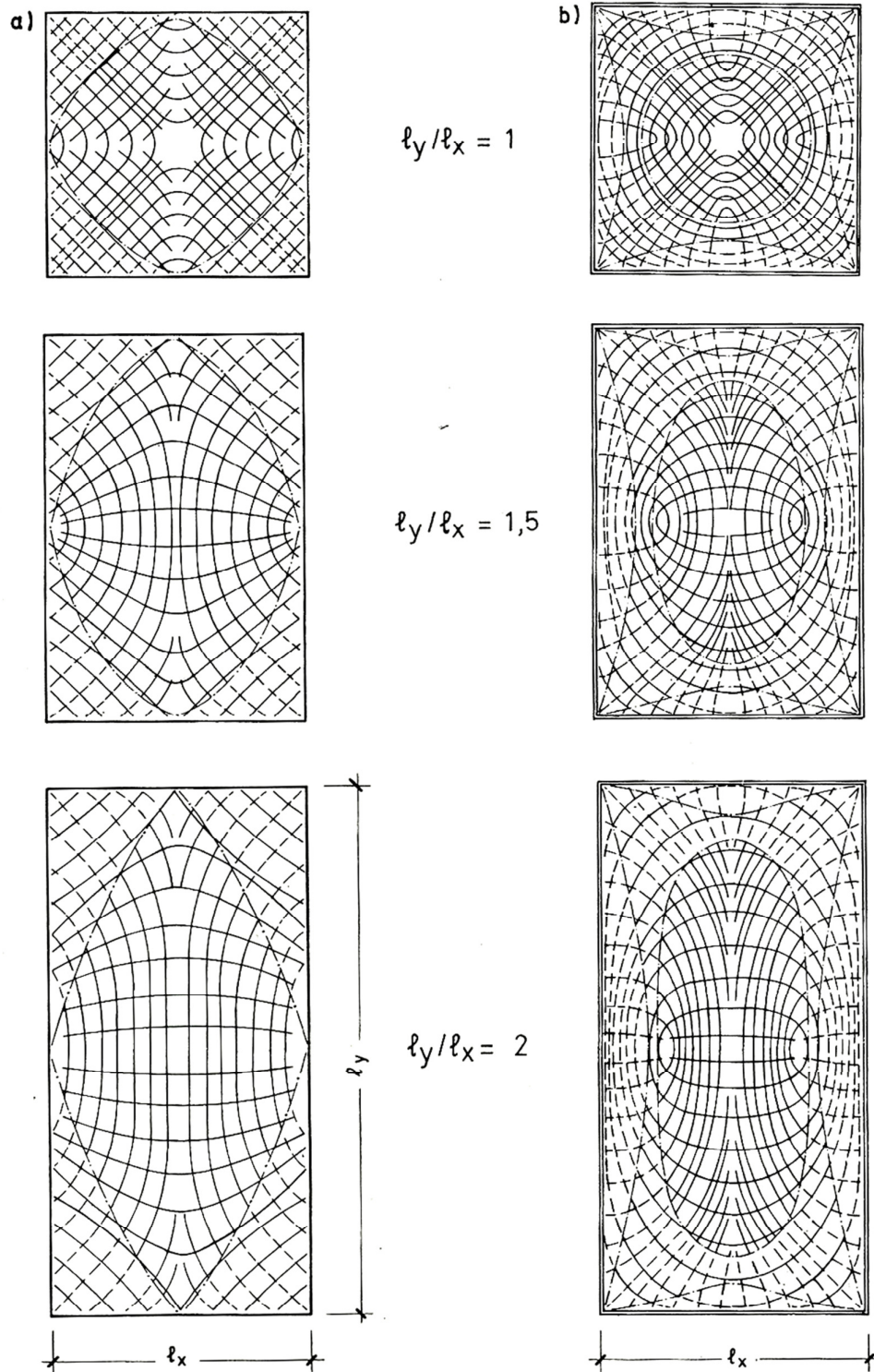
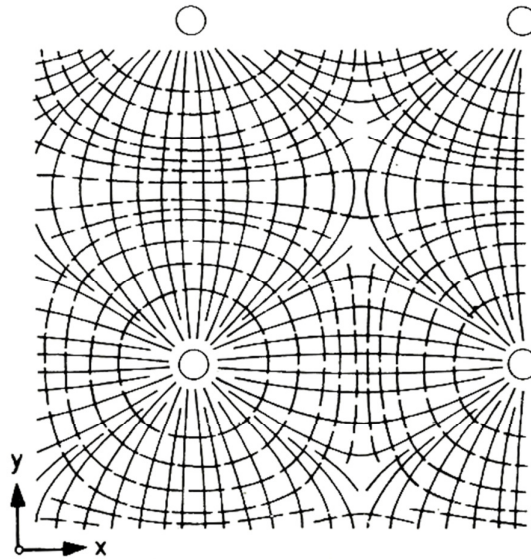


Fig. 9 - Isostatiche in diverse situazioni di vincolo e rapporto  $l_x$  e  $l_y$

Per solai a piastra su appoggi puntuali e con più campate continue, come nel caso oggetto di studio, si verificano momenti positivi nelle zone centrali della piastra, i quali si estendono su un' ampia zona dell' elemento, e momenti negativi in corrispondenza degli appoggi, dove si avranno inoltre elevate sollecitazioni di taglio che possono portare alla rottura della piastra per punzonamento, del quale si parlerà successivamente.



**Fig. 10 - Isostatiche piastra senza nervature**

Il comportamento di tali strutture bidimensionali può essere schematizzato in fasi così composte [2] (Fig. 11):

- *Fase elastica*: la piastra ha comportamento elastico e con assenza di fessurazione (Stadio I);
- *Fase fessurata*: aumentando il carico si ha la formazione di fessure sul lembo teso, con conseguente riduzione dell' inerzia della sezione. Sino a che l' armatura lavora in fase elastica, la fessurazione è piuttosto limitata (Stadio II);
- *Fase di plasticizzazione*: sotto carichi via via crescenti, l' armatura tende progressivamente a plasticizzarsi. L' acciaio di armatura supera il limite di snervamento e si raggiunge pertanto il momento di plasticizzazione con conseguente redistribuzione dei momenti verso le zone in fase elastica. Si ha la formazione di zone chiamate linee di plasticizzazione o linee di rottura, le quali si estendono a seconda del tipo di piastra, delle condizioni di vincolo e dal carico agente;

- *Fase di collasso*: si verifica nel momento in cui le linee di plasticizzazione raggiungono uno sviluppo tale da consentire il meccanismo cinematico. La struttura si deforma ruotando lungo le linee di plasticizzazione fino a che il calcestruzzo in zona compressa si frantuma, provocando il collasso della struttura.

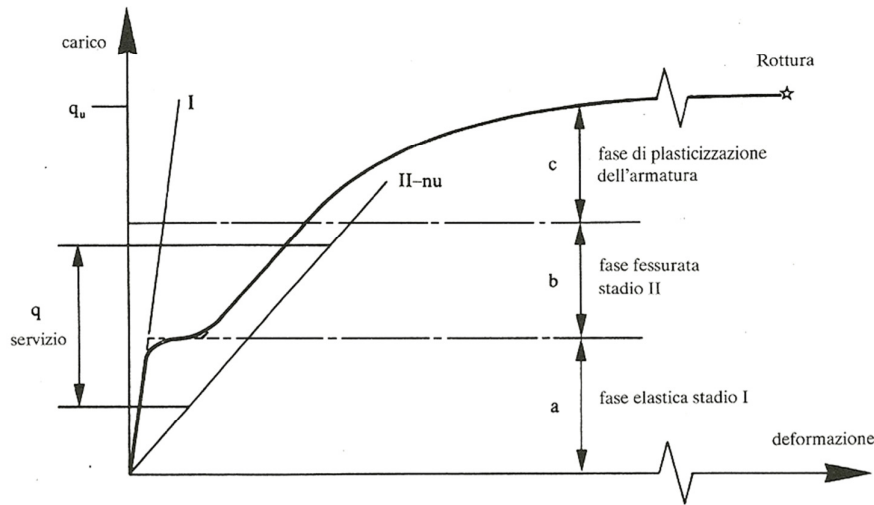


Fig. 11 - Risposta strutturale piastre: suddivisione in fasi

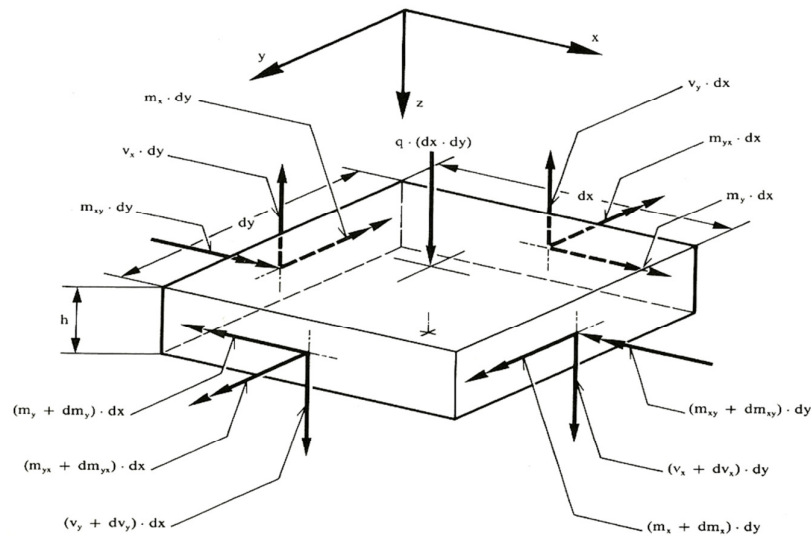
Il calcolo delle piastre può essere eseguito sia secondo analisi di tipo elastico che analisi di tipo plastico [1]. I risultati della teoria dell'elasticità per un materiale omogeneo e isotropo sono attendibili fino a che il comportamento non lineare del calcestruzzo armato e la fessurazione rimangono circoscritti in zone limitate dell'elemento; questo si verifica generalmente nello stato di esercizio delle strutture. Avvicinandosi allo stato limite ultimo e pertanto all' aumento del regime fessurativo, i risultati di tale analisi non si avvicinano al reale comportamento della struttura. In questo caso il calcolo plastico, come il metodo delle linee di rottura (yield-lines method), coglie al meglio il comportamento della piastra all'atto del collasso. Si esegue ora una breve trattazione a riguardo delle analisi elastiche e plastiche prese in considerazione nel corso dell' elaborazione del lavoro di tesi.

### 2.2.2 Teoria dell'elasticità - Equazione differenziale di Lagrange

Il comportamento degli elementi a piastra assoggettate a carichi ortogonali al piano medio, sotto le ipotesi di comportamento elastico e di piccole deformazioni, è giustificato dall'equazione di Lagrange [3]. Le ipotesi base della teoria dell'elasticità sono:

- Spessore e spostamenti della piastra piccoli;
- Materiale omogeneo, isotropo e con comportamento elastico lineare;
- La superficie media non subisce alcuna deformazione nel piano originario, ovvero i punti appartenenti al piano medio si spostano solo perpendicolarmente al piano medio stesso;
- Le tensioni lungo l'asse z sono trascurabili ( $\sigma_z$ );
- Il regime deformativo prevalente è quello flessionale.

La deformazione del piano medio viene espressa attraverso un'equazione  $w(x,y)$  dove  $w$  rappresenta lo spostamento del generico punto appartenente al piano medio. Pertanto, partendo dalle ipotesi e utilizzando l'equazione del piano medio è possibile andare a determinare le azioni interne e quindi le tensioni  $\sigma$  e  $\tau$  in funzione dello spostamento dei punti del piano medio. L'equazione del piano medio dovrà soddisfare al contempo un'equazione differenziale alle derivate parziali (Equazione di Lagrange) e le condizioni al contorno. Si considera ora un elemento infinitesimo di piastra (Fig. 12):



**Fig. 12 - Azioni agenti**

Per ottenere l'Equazione di Lagrange è necessario esprimere l'equilibrio dell'elemento infinitesimo, pertanto le risultanti dei momenti attorno agli assi x e y e la risultante delle forze verticali dovranno essere nulle. Siano  $m_x$  e  $m_y$  i momenti rispetto agli assi x e y,  $m_{xy}$  la componente del momento torcente,  $v_x$  e  $v_y$  le componenti di taglio, si esprimono i loro incrementi con le derivate parziali secondo x e y:

$$dm_x = \frac{\partial m_x}{\partial x} \cdot dx$$

$$dm_y = \frac{\partial m_y}{\partial y} \cdot dy$$

$$dm_{xy} = \frac{\partial m_{xy}}{\partial x} \cdot dx$$

$$dv_x = \frac{\partial v_x}{\partial x} \cdot dx$$

$$dv_y = \frac{\partial v_y}{\partial y} \cdot dy$$

Scrivendo l'equilibrio e trascurando i termini di ordine superiore si ottiene:

$$\begin{cases} \frac{\partial m_x}{\partial x} + \frac{\partial m_{xy}}{\partial y} - v_x = 0 \\ \frac{\partial m_y}{\partial y} + \frac{\partial m_{xy}}{\partial x} - v_y = 0 \\ \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + q = 0 \end{cases}$$

Dove q rappresenta il carico gravante sulla piastra. Eliminando dal sistema  $v_x$  e  $v_y$  si può scrivere la seguente relazione:

$$\frac{\partial^2 m_x}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 m_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 m_y}{\partial y^2} = 0$$

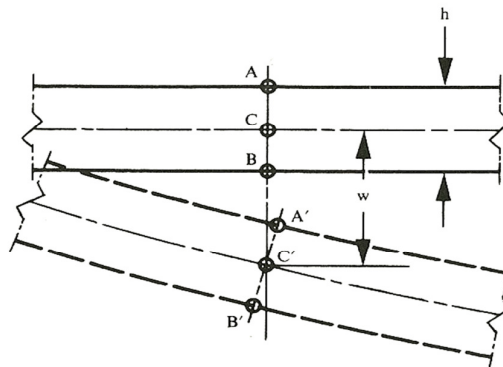


Fig. 13 - Deformata del piano medio

Inoltre sotto l' ipotesi di azione tagliante trascurabile e di spostamenti perpendicolari al piano medio si ha che tali spostamenti ( $u$  e  $v$ ) possono essere espressi così come segue:

$$u = -z \cdot \varphi_x = -z \cdot \frac{\partial w}{\partial x}$$

$$v = -z \cdot \varphi_y = -z \cdot \frac{\partial w}{\partial y}$$

Dove le derivate parziali di  $w$  rappresentano la rotazione della normale al piano medio. Considerando ora la deformata dell' elemento infinitesimo come in Fig. 14 e trascurando i termini di ordine superiore si ha che le deformazioni della piastra assumono la seguente forma:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} = -z \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$$

$$\varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} = -z \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} = -2z \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}$$

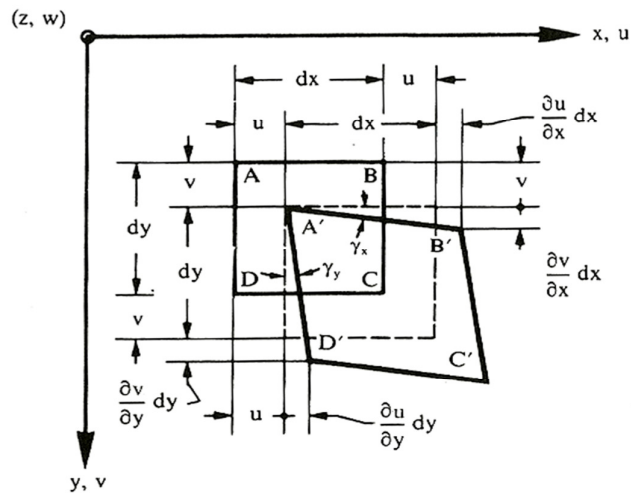


Fig. 14 - Deformata elemento infinitesimo

Secondo il legame costitutivo (Legge di Hooke generalizzata):

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)]$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)]$$



$$\gamma_{xy} = \frac{1}{G} \tau_{xy}$$

Dove i parametri indicati rappresentano:

- $\nu$       coefficiente di Poisson;  
 $G$       modulo elastico tangenziale pari a:

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

Invertendo le formule del legame costitutivo e sostituendo le formulazioni delle deformazioni espresse secondo l' equazione del piano medio si ottiene:

$$\sigma_x = -\frac{E \cdot z}{1 - \nu^2} \cdot \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)$$

$$\sigma_y = -\frac{E \cdot z}{1 - \nu^2} \cdot \left( \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)$$

$$\gamma_{xy} = -\frac{E \cdot z \cdot (1 - \nu)}{1 - \nu^2} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}$$

Integrando lungo l'asse z queste relazioni si ottengono i valori di  $m_x$ ,  $m_y$ ,  $m_{xy}$ :

$$m_x = -D \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)$$

$$m_y = -D \left( \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)$$

$$m_{xy} = -D(1 - \nu) \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}$$

Dove

- $D$       è il coefficiente di rigidezza flessionale di una striscia unitaria di piastra ed è pari a:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \nu^2)}$$

In definitiva si ottiene l'Equazione di Lagrange:



$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q}{D}$$

Il problema della flessione delle piastre si riconduce pertanto all' integrazione dell' Equazione di Lagrange, la quale dovrà nel contempo rispettare le condizioni al contorno. Il calcolo elastico della piastra fornisce pertanto i momenti  $m_x$ ,  $m_y$ , i quali non rappresentano i momenti principali in quanto non agiscono su piani privi di torsione, e il momento torcente  $m_{xy}$ . Inoltre i momenti principali forniscono i massimi valori delle tensioni di trazione e compressione ai lembi opposti della sezione. Si renderebbe quindi necessario adottare un tracciato delle armature allineato alle direzioni dei momenti principali. Questo però non è di facile applicazioni in termini operativi, pertanto si provvederà alla posa delle armature secondo due direzioni costanti. Si procederà quindi, secondo le due direzioni principali  $x$  e  $y$ , determinando l'espressione del momento sollecitante attraverso la seguente relazione:

$$m_\alpha = m_x \cdot \cos^2 \alpha + m_y \cdot \sin^2 \alpha + m_{xy} \cdot \sin 2\alpha$$

Dove  $\alpha$  rappresenta l' orientazione degli assi principali, lungo i quali il momento torcente si annulla.

Si dovrà quindi verificare che:

$$\frac{m_{\alpha R}}{\gamma_R} \geq m_\alpha$$

Dove i parametri rappresentano:

$\gamma_R$  coefficiente di sicurezza parziale;

$m_{\alpha R}$  momento resistente lungo la direzione  $\alpha$  il quale assume, secondo il criterio della scala di Johansen, il seguente valore:

$$m_{\alpha R} = m_{xR} \cdot \cos^2 \alpha + m_{yR} \cdot \sin^2 \alpha$$

Con:

$m_{xR}$ ,  $m_{yR}$  momento resistente rispettivamente lungo la direzione  $x$  e  $y$ .

In definitiva si adottano le seguenti formulazioni [1]:

- Caso della flessione fortemente positiva ( $m_{xd}$ ,  $m_{yd} \geq 0$ ):





$$m_{xd} + |m_{xyd}| \leq \frac{m_{xR}}{\gamma_R}; \quad m_{yd} + |m_{xyd}| \leq \frac{m_{yR}}{\gamma_R}$$

- Caso della flessione fortemente negativa ( $m_{xd}, m_{yd} \leq 0$ ):

$$-m_{xd} + |m_{xyd}| \leq \frac{m'_{xR}}{\gamma_R}; \quad -m_{yd} + |m_{xyd}| \leq \frac{m'_{yR}}{\gamma_R}$$

- Caso della flessione fortemente negativa nel piano x-z con debole torsione: in tal caso in direzione x l'armatura non è necessaria pertanto il momento resistente  $m_{xR}$  risulta identicamente nullo. Pertanto si ha che per tali situazioni dovrà essere verificata la disequaglianza:

$$m_{yd} + \left| \frac{m_{xyd}^2}{m_{xd}} \right| \leq \frac{m_{yR}}{\gamma_R}$$

- Caso della flessione fortemente negativa nel piano y-z con debole torsione: si tratta del caso opposto al precedente, pertanto la relazione da considerare sarà:

$$m_{xd} + \left| \frac{m_{xyd}^2}{m_{yd}} \right| \leq \frac{m_{xR}}{\gamma_R}$$

Tale modello rappresentato corrisponde a un traliccio di tiranti costituiti dalle barre in direzione x e y e da puntoni innestati sui nodi dell' armatura e orientati a 45° rispetto alla direzione x e y delle barre.

### 2.2.3 Teoria della plasticità – Yield-Line Method

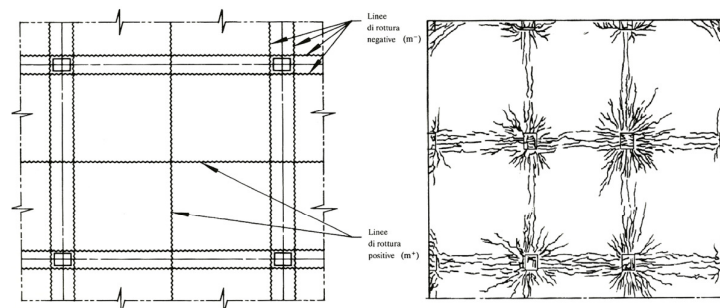
Come già espresso nel paragrafo precedente, la teoria dell'elasticità ben rappresenta il comportamento delle piastre sotto i carichi di esercizio. Sotto carichi sempre più vicini a quelli dello stato limite ultimo, nelle sezioni più sollecitate, al raggiungimento dello snervamento si ha la formazione di cerniere plastiche, le quali consentono di trasmettere il momento di plasticizzazione a differenza delle cerniere perfette, le quali non sono in grado di trasmettere alcun momento. Col progredire del numero sezioni che si plasticizzano si ha la formazione di un meccanismo cinematico, impedendo così alla struttura di garantire la situazione di equilibrio. E' quindi necessario che la percentuale di armatura sia presente in modo equilibrato, ovvero in quantità sufficientemente elevata per evitare la rottura fragile della sezione e in quantità sufficientemente piccola in modo da

assicurare la capacità di rotazione della sezione ed evitare che la rottura per schiacciamento del calcestruzzo preceda la fase di plasticizzazione dell' acciaio. Nel calcolo plastico le condizioni da soddisfare sono le seguenti:

- L'equilibrio: tutte le forze esterne ed le reazioni vincolari dovranno equilibrarsi;
- La resistenza: in tutte le sezioni i valori delle azioni agenti dovranno essere inferiori ai valori di resistenza ultima;
- Il meccanismo: si dovranno formare un determinato numero di cerniere plastiche affinché il cinematico abbia luogo.

Il metodo delle linee di rottura [2] (Yield-Line Method) rientra nei metodi cinematici, nei quali si va ad individuare un meccanismo cinematicamente ammissibile e si procede impostando il sistema delle condizioni di equilibrio di ogni parte della struttura delimitata dalle linee di plasticizzazione. Alla base del metodo cinematico sta il 'teorema cinematico' il quale afferma che qualunque carico, al quale corrisponda un meccanismo di collasso cinematicamente ammissibile, è superiore o uguale al carico ultimo esatto. Le ipotesi base del metodo sono:

- Il momento flettente unitario lungo le linee di rottura è costante ed è correlato al momento di plasticizzazione della sezione; si ammette inoltre che l' armatura abbia duttilità illimitata;
- I campi limitati dalle linee di rottura, nel caso di piastre senza nervature, ruotano attorno all'asse di rotazione che passa per le colonne;
- All'atto del collasso le deformazioni elastiche sono trascurabili rispetto alle deformazioni plastiche;
- Ogni linea di rottura passa per il punto di intersezione degli assi di rotazione dei due campi di piastra a essa contigui.



**Fig. 15 - Individuazione linee di rottura**



I metodi di collasso sono infiniti pertanto sarà necessario individuare quei meccanismi che meglio interpretino il comportamento della struttura. Il metodo delle yield-line conduce a una valutazione in eccesso del carico ultimo, partendo da un meccanismo ipotizzato a priori. Tale metodo consiste nell' andare a scrivere le condizioni di equilibrio del meccanismo all' incipiente del collasso, direttamente per ogni parte del meccanismo oppure facendo ricorso al principio dei lavori virtuali. Il metodo delle linee di plasticizzazione è limitato ai casi in cui il collasso sia controllato dalla flessione, escludendo pertanto da tale metodo:

- Piastre fortemente armate, nelle quali il collasso è controllato dallo schiacciamento del calcestruzzo in zona compressa;
- Piastre spesse ( $h/L \geq 1/10$ );
- Piastre sensibili al taglio, come le piastre alveolari;
- Piastre con bassa aderenza acciaio calcestruzzo dove il collasso è controllato dallo sfilamento delle barre.

Nelle piastre, secondo il criterio di plasticizzazione a scala di Johansen, le linee di rottura possono avere qualsiasi orientazione rispetto alle barre di armatura le quali si plasticizzano lungo la linea di rottura mantenendo le loro direzioni iniziali. Nel caso di armatura disposta secondo due direzioni qualsiasi, i valori dei momenti flettenti e torcenti lungo le direzione principale, vengono calcolati come somma dei contributi delle armature nelle due direzioni, ovvero:

$$m_{\alpha} = m_{p1} \cdot \cos^2 \alpha_1 + m_{p2} \cdot \cos^2 \alpha_2$$

$$m_{T\alpha} = m_{p1} \cdot \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 + m_{p2} \cdot \sin \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2$$

Per armature realizzate da barre ortogonali di sezione diversa si ottiene:

$$\alpha_2 = \alpha_1 - \frac{\pi}{2}$$

$$m_{p1} = m_p \quad \sin \alpha_2 = -\cos \alpha_1$$

$$m_{p2} = \mu \cdot m_p \quad \cos \alpha_2 = \sin \alpha_1$$

Ottenendo in definitiva:



$$m_{\alpha} = m_p \cdot (\cos^2 \alpha_1 + \mu \cdot \sin^2 \alpha_1)$$

$$m_{T\alpha} = m_p \cdot (1 - \mu) \cdot \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1$$

Per armatura realizzata da barre ortogonali di ugual sezione di hanno le stesse formulazioni con le seguenti semplificazioni:

$$\mu = 1; \quad m_{\alpha} = m_p; \quad m_{T\alpha} = 0.$$

Un altro criterio è il Criterio di Wood il quale non ammette le ipotesi di Johansen. Tale criterio afferma che le barre si plasticizzano perpendicolarmente alle linee di rottura.

$$m_{\alpha} = m_p \cdot \cos \alpha \quad e \quad m_{T\alpha} = 0$$

Per armature realizzate da barre ortogonali di sezione diversa si ottiene:

$$\alpha_2 = \alpha_1 - \frac{\pi}{2}$$

$$m_{p1} = m_p \quad \sin \alpha_2 = -\cos \alpha_1$$

$$m_{p2} = \mu \cdot m_p \quad \cos \alpha_2 = \sin \alpha_1$$

Ottenendo in definitiva:

$$m_{\alpha} = m_p \cdot (\cos \alpha_1 + \mu \cdot \sin \alpha_1)$$

Per armatura realizzata da barre ortogonali di ugual sezione si ha la medesima formulazione con la seguente semplificazioni:

$$\mu = 1$$

Studi sperimentali hanno dimostrato che il comportamento reale di un solaio a piastra è intermedio ai due comportamenti sopra descritti.

Per il solaio a piastra in questione, ovvero per solai a piastra senza nervature a maglia regolare e uniformemente caricati, il numero di meccanismi di rottura si riduce a due:

- Meccanismo I (o meccanismo globale) il quale interessa l'intero campo del solaio; le linee di rottura di tale meccanismo vengono indicate nella seguente figura (Fig. 16):

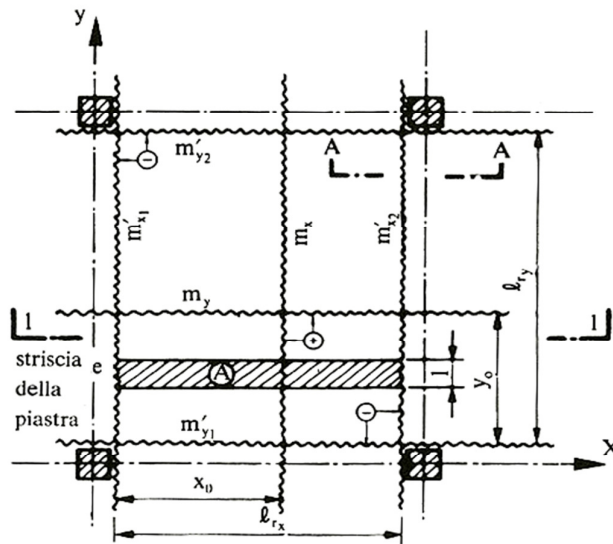


Fig. 16 - Meccanismo di collasso globale

- Meccanismo II (o meccanismo locale) il quale interessa le zone attorno ad ogni singolo pilastro (Fig. 17);

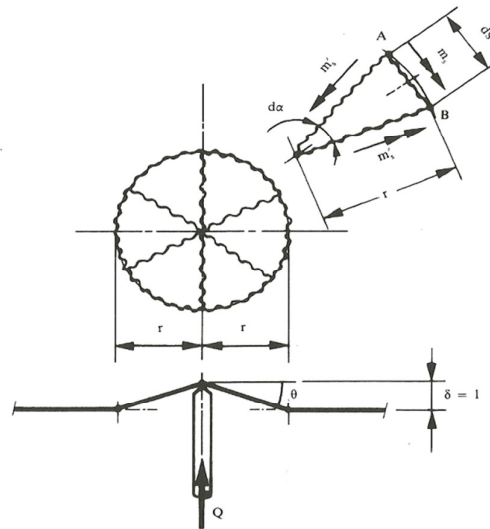


Fig. 17 - Meccanismo di collasso locale

Si procede illustrando brevemente i due meccanismi.

**Meccanismo globale.** Tale tipologia di rottura di produce unidirezionalmente nelle due direzioni e può avvenire contemporaneamente. Si consideri quindi una striscia di piastra di larghezza unitaria. Col raggiungimento del momento plastico agli estremi della trave, si

avrà una redistribuzione degli sforzi interni sino al raggiungimento del momento plastico in campata (Fig. 18).

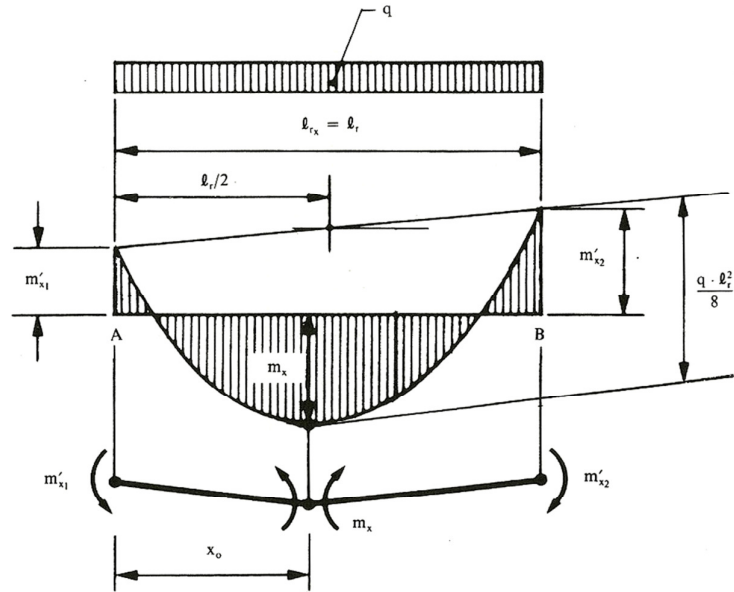


Fig. 18 - Individuazione cerniere plastiche

Facendo riferimento alla precedente figura il procedimento del meccanismo I si compone dei seguenti passaggi. Considerando il campo di sinistra di lunghezza  $x_0$  si avrà:

$$m_x + m'_{x1} = \frac{q \cdot x_0^2}{2}$$

Mentre per il campo di destra di lunghezza  $(l_r - x_0)$ :

$$m_x + m'_{x2} = \frac{q \cdot (l_r - x_0)^2}{2}$$

Nelle due equazioni il parametro  $x_0$  è incognito. Imponendo i rapporti:

$$\frac{m_{x1}}{m_x} = \varphi_1 \quad e \quad \frac{m_{x2}}{m_x} = \varphi_2$$

Si ottiene:

$$m_x(1 + \varphi_1) = \frac{q \cdot x_0^2}{2}$$

$$m_x(1 + \varphi_2) = \frac{q \cdot (l_r - x_0)^2}{2}$$



Mettendo a sistema le due equazioni ora ricavate si ottiene:

$$\frac{(1 + \varphi_1)}{(1 + \varphi_2)} = \frac{x_0^2}{(l_r - x_0)^2}$$

Da cui si ricava:

$$x_0 = \frac{\sqrt{1 + \varphi_1}}{\sqrt{1 + \varphi_1} + \sqrt{1 + \varphi_2}} \cdot l_r$$

Sostituendo quindi il valore di  $x_0$  in una delle due equazioni di  $m_x$  si otterrà:

$$m_x = \frac{q \cdot l_r^2}{2 \cdot (\sqrt{1 + \varphi_1} + \sqrt{1 + \varphi_2})^2}$$

Integrando lungo l'intero campo della piastra si avrà definitivamente:

$$\int_0^{l_y} m_x \cdot dy = \frac{q \cdot l_r^2 \cdot l_y}{2 \cdot (\sqrt{1 + \varphi_1} + \sqrt{1 + \varphi_2})^2}$$

Medesimo procedimento può essere svolto nella direzione  $y$ .

**Metodo locale.** Considerando un solaio a campi quadrati su appoggi puntiformi con luci e dimensioni del pilastro uguali nelle due direzioni e medesimi momenti nelle due direzioni ovvero:

$$\frac{m_{sx}}{m_{sy}} = \mu = 1 \quad e \quad \frac{m'_s}{m_s} = \varphi$$

Con  $m'_s$  momento lungo le linee di rottura. Le linee di rottura a ventaglio (negative) sono delimitate da una linea di rottura circolare di raggio  $r$  (positiva) così come indicato in Fig. 17. Considerando un settore a ventaglio di angolo  $d\alpha$ , si assegna allo stesso uno spostamento  $\delta$  unitario. Si scriva quindi il lavoro virtuale di tale elemento infinitesimo:

$$L_i = (m_s \cdot ds + \varphi \cdot m_s \cdot ds) \cdot \theta$$

Imponendo le seguenti relazioni:

$$ds = r \cdot d\alpha \quad e \quad \theta = \frac{\delta}{r} = \frac{1}{r}$$



E ponendo l' eguaglianza dei lavori virtuali:

$$\int_0^{2\pi} m_s \cdot (1 + \varphi) \cdot \frac{r \cdot ds}{r} = Q \cdot 1$$

$$(1 + \varphi) \cdot m_s \cdot \int_0^{2\pi} d\alpha = Q$$

$$m_s = \frac{Q}{2\pi \cdot (1 + \varphi)}$$

Dove Q rappresenta la reazione fornita dal pilastro. I semiassi dell' ellisse della linea di rottura sono forniti dalle equazioni:

$$r_x = 0.65 \cdot l_x \cdot \sqrt[3]{\frac{a}{l_x}}; \quad r_y = 0.65 \cdot l_y \cdot \sqrt[3]{\frac{b}{l_x}}$$

Dove

$l_x$  e  $l_y$  sono le luci della piastra;

$a$  e  $b$  sono le dimensioni del pilastro.

Pertanto i momenti positivi nelle due direzioni sono:

$$m_{sx} = \frac{Q}{1 + \varphi_{sx}} \cdot \frac{\sqrt{\mu}}{2\pi \cdot \left(1 + \frac{4a}{l_y}\right)}$$

$$m_{sy} = \frac{Q}{1 + \varphi_{sy}} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot \left(1 + \frac{4b}{l_x}\right) \cdot \sqrt{\mu}}$$

Dove

$$\sqrt{\mu} = \frac{l_x}{l_y}; \quad \mu = \frac{m_{sx}}{m_{sy}}; \quad \varphi_{sx} = \frac{m'_{sx}}{m_{sx}}; \quad \varphi_{sy} = \frac{m'_{sy}}{m_{sy}}$$





## 3. Piastre precomprese

### 3.1 Introduzione

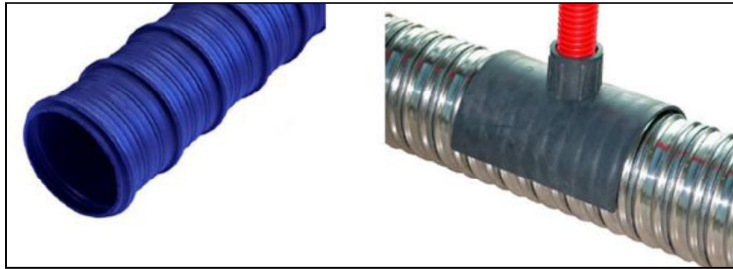
La precompressione delle piastre offre diversi vantaggi, quali:

- Snellezza strutturale;
- Maggior capacità portante;
- Riduzione degli effetti flessionali;
- Riduzione delle deformazioni e della fessurazione;
- Possibilità di disarmo anticipato;
- Sostituzione dei cavi di precompressione (nel caso di cavi esterni e cavi unbounded).

Grazie ai suoi vantaggi, la precompressione, come nel caso oggetto di tesi, rende possibile la realizzazione di elementi strutturali di grandi estensioni privi di giunti, contenendone fortemente il peso proprio e apportando vantaggi anche alle altre strutture (pilastri, fondazioni, ecc.). Una prima classificazione della precompressione nei solai a piastra può essere eseguita per metodologia di applicazione:

- Precompressione interna ad armatura pre-tesa;
- Precompressione interna ad armatura post-tesa a cavi iniettati (bounded);
- Precompressione interna ad armatura post-tesa a cavi non iniettati (unbounded);
- Precompressione esterna;
- Precompressione mista.

Nel caso oggetto di tesi viene presa in considerazione la tecnologia della precompressione interna a cavi unbounded. In tale sistema, dopo aver inserito la gabbia delle armature lente, l' acciaio di precompressione, protetto da guaine metalliche o in polietilene (Fig. 19), viene disposto prima della fase di getto.



**Fig. 19 - Tipologia guaina: guaina in polietilene (a sinistra) e guaina metallica (a destra)**

Le operazioni di tiro possono essere eseguite in un' unica fase oppure, come nel caso oggetto di studio, possono aver luogo in momenti diversi. Si può quindi pensare di applicare una forza di precompressione parziale al cavo dopo un determinato periodo di maturazione (es. dopo tre giorni dal getto) per poi concludere le operazioni a maturazione del calcestruzzo avvenuta ( $t = 28$  giorni). Questa scelta può essere dettata dalla volontà di non applicare una tensione eccessiva al calcestruzzo in una zona ristretta della piastra con relative deformazioni differite dovute al tiro. Tali operazioni vengono eseguite con l' ausilio di martinetti idraulici con i quali è possibile controllare l' entità della forza di precompressione applicata. In questa fase il cavo scorre entro la guaina. A differenza del sistema a cavi iniettati, nel caso dei cavi unbounded nelle guaine non viene iniettata malta, eliminando l' aderenza tra acciaio da precompressione e calcestruzzo.

### **3.2 Disposizione dei cavi**

La precompressione può essere distinta, a seconda della disposizione dei cavi da precompressione, in:

- Precompressione ripartita: consiste nell' inserire i cavi distribuiti su tutta l' estensione di campo dell' elemento;
- Precompressione per strisce di appoggio: consiste nell' inserire i cavi concentrati lungo l' unificare del pilastro.

Le due tecniche sopra riportate possono anche essere utilizzate in contemporaneo o in maniera mista lungo le due direzioni del solaio consentendo di sfruttare i vantaggi offerti da entrambe le soluzioni.

### 3.2.1 Precompressione Ripartita

La distribuzione dei cavi di precompressione lungo l' intero campo di piastra (Fig. 20) consente di ottenere diametri inferiore dei cavi stessi rispetto alla precompressione per strisce di appoggio e di avere un bilanciamento distribuito tra i carichi equivalenti alla precompressione e i carichi agenti. I Carichi in questa configurazione vengono ripartiti così come individuato in Fig. 22.

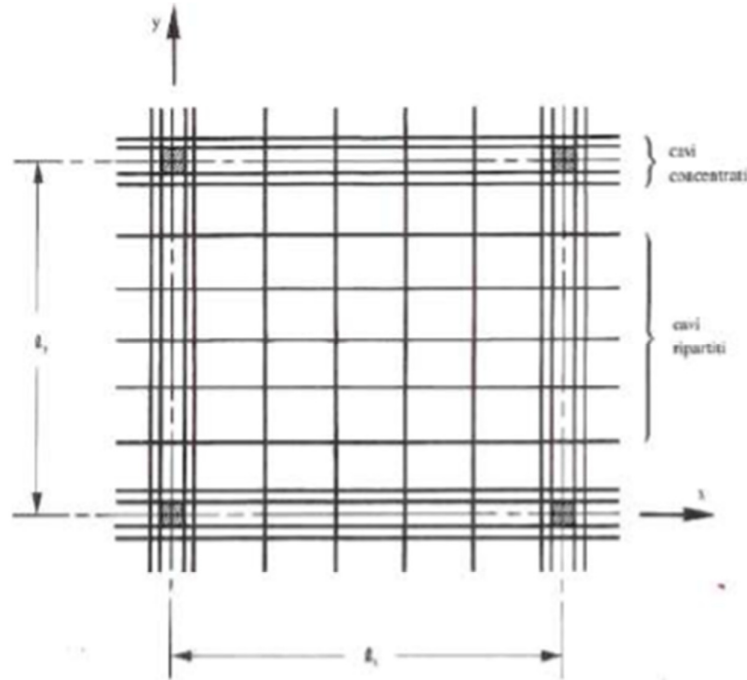


Fig. 20 - Disposizione cavi: precompressione ripartita

Con il metodo della precompressione ripartita non sarà possibile realizzare cavedi e/o asole in fasi successive alla realizzazione dell' elemento in quanto la rimozione di una parte di cavo comporta l' annullamento dell' effetto della precompressione.

Per la determinazione della forza di precompressione si considera il metodo del carico equivalente il quale si esplica associando ad ogni cavo di precompressione un sistema equivalente di forze, introdotte come forze esterne che agiscono sulla sezione di calcestruzzo. Secondo tale metodo il carico distribuito equivalente è assunto pari a:

$$q = P \cdot \frac{d^2 y(x)}{dx^2} \cong P \cdot \frac{1}{r} = \frac{8 \cdot P_{m0} \cdot f}{l^2}$$

Dove:

- $y(x)$  è l' ordinata del cavo;
- $P$  è il valore della forza di precompressione;
- $1/r$  è la curvatura del cavo di precompressione;
- $q$  è il carico equivalente;
- $P_{m0}$  è la forza di precompressione;
- $f$  è l' abbassamento del cavo all' interno della sezione come indicato in Fig. 21;
- $l$  è la luce dell' elemento interessato dal sistema di precompressione.

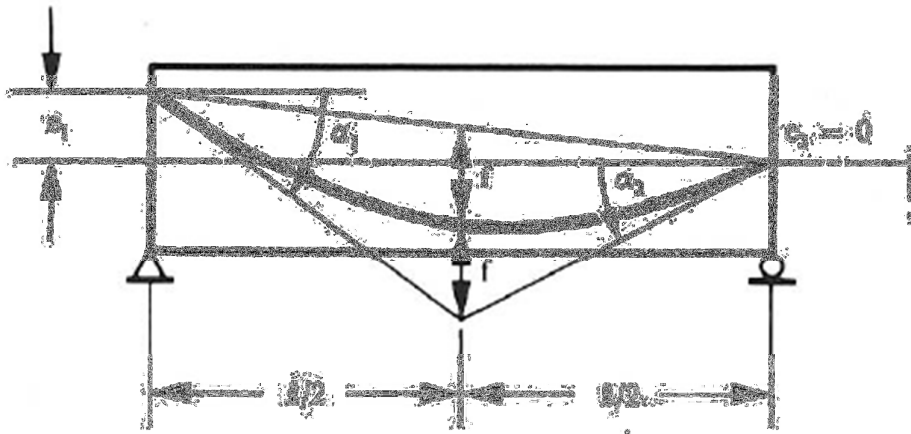


Fig. 21 - Parametri geometrici cavi di precompressione

I carichi così determinati, come si può notare in Fig. 22, saranno diretti verso l'alto nelle zone centrali delle campate mentre nelle zone in cui si ha inversione della curvatura del cavo, i carichi saranno diretti verso il basso pur essendo di entità trascurabile.

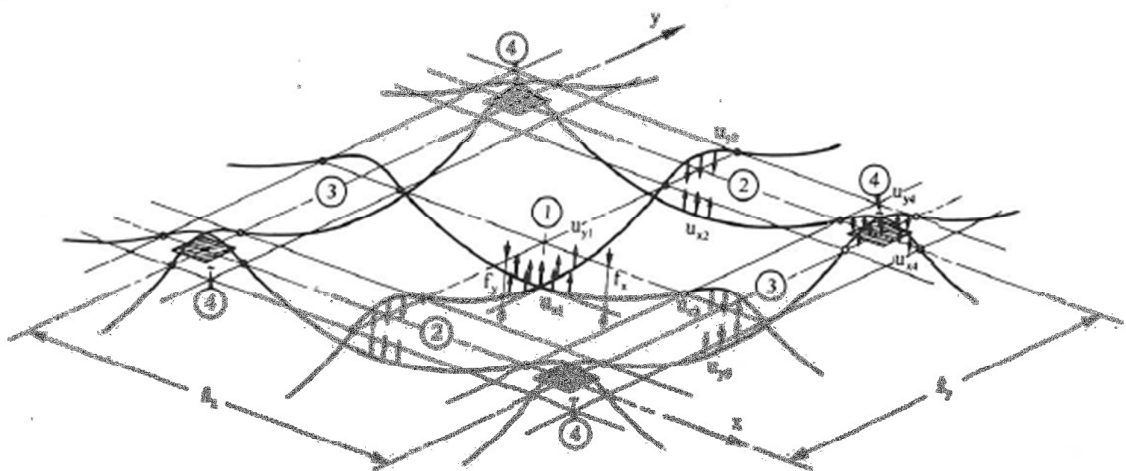


Fig. 22 - Distribuzione sforzi nei cavi di precompressione

### 3.2.2 Precompressione per Strisce di Appoggio

La distribuzione dei cavi lungo l' unifilare dei pilastri consente di avere forze di precompressione inferiori rispetto al metodo precedente in quanto i carichi vengono trasmessi direttamente agli appoggi e inoltre consente di realizzare cavedi e/o asole anche in fasi successive alla realizzazione dell' elemento. La distribuzione dei carichi nel metodo per strisce di appoggio viene ora riportata in Fig. 23.

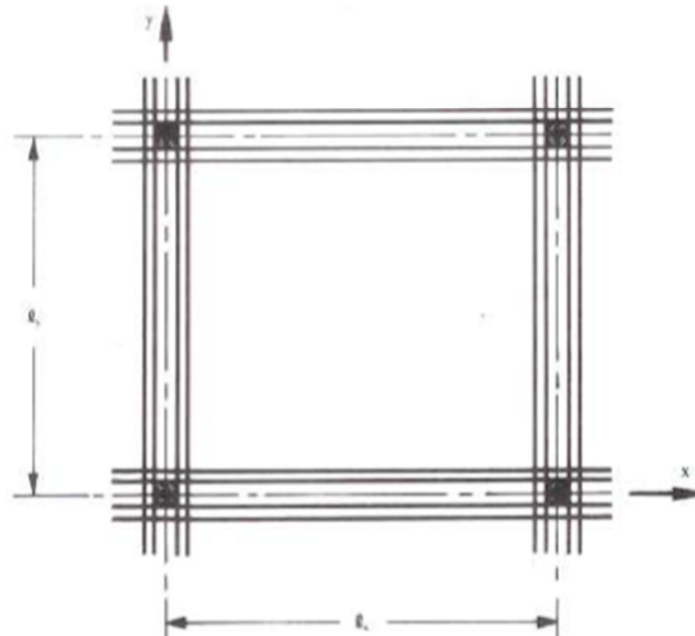


Fig. 23 - Distribuzione dei cavi: precompressione per strisce di appoggio

Il metodo per la determinazione del carico equivalente è il medesimo indicato per la precompressione ripartita, a differenza che nel caso delle strisce di appoggio la richiesta di precompressione è inferiore. Ovvero nei due metodi il momento massimo è determinato come segue:

$$M_{max} = \frac{q \cdot l_y \cdot l_x^2}{8} \quad (\text{precompressione ripartita})$$

$$M_{max} = \frac{q \cdot l_y \cdot l_x^2}{12} \quad (\text{precompressione per strisce di appoggio})$$

Quindi il valore di riduzione per la forza di precompressione è pari a:



$$\frac{\text{precompressione per strisce di appoggio}}{\text{precompressione ripartita}} = \frac{\frac{q \cdot l_y \cdot l_x^2}{12}}{\frac{q \cdot l_y \cdot l_x^2}{8}} = \frac{2}{3}$$

Qualsiasi sia la distribuzione dei cavi nell' elemento oggetto di calcolo, l' Eurocodice 2 stabilisce un limite alla forza di precompressione ( $P_{max}$ ) durante la fase di tesatura, ovvero:

$$P_{max} = A_p \cdot \sigma_{p,max}$$

Dove i termini indicano:

$A_p$  è l' area trasversale di armatura

$\sigma_{p,max}$  è la tensione massima applicata all' armatura, espressa:

$$\sigma_{p,max} = \min(k_1 \cdot f_{pk} ; k_2 \cdot f_{p0,1k})$$

Con:

$k_1, k_2$  valori raccomandati pari rispettivamente a 0.75 e 0.85.

Inoltre il calcestruzzo non dovrà avere uno stato tensionale indotto dalla precompressione superiore al 60% della resistenza caratteristica a compressione misurata al tempo  $t(f_{ck}(t))$ . Nel caso in cui tale tensione superi in modo permanente il 45% di tale valore allora dovrà essere presa in considerazione la non linearità della viscosità.

### 3.3 Forza di precompressione

Come definito nel Par. §3.2.1 il calcolo della forza di precompressione viene eseguito attraverso il metodo del carico equivalente. Ipotizzando il valore del carico che la precompressione dovrà andare ad assorbire, si ottiene una forza di precompressione espressa dalla relazione:

$$P_{m0} = \frac{q \cdot l^2}{8f}$$

Determinata così la forza di precompressione, questa dovrà essere depurata dalle perdite istantanee e dalle perdite lente. Ottenuto pertanto il valore finale  $P_{mT}$  si determina



il numero di cavi di precompressione valutando la tensione nell' acciaio da precompressione considerando le limitazioni per lo stato limite si esercizio (si tiene in considerazione la tensione maggiore):

$$\sigma_{p0} = 0.85 \cdot f_{p0.1k} = 1419 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p0} = 0.75 \cdot f_{pk} = 1395 \text{ MPa}$$

$$A_p = \frac{P_{mT}}{\sigma_{p0}}$$

$$n^{\circ} \text{ Cavi} = \frac{A_p}{\text{Sez. cavo}}$$

Ad ogni cavo verrà assegnata una forza di precompressione pari:

$$P_f = \sigma_{p0} \cdot A_{cavo}$$

Il numero di cavi globale e le relative forze di precompressione vengono calcolate nel Cap. 6.

### 3.4 Perdite di precompressione

Come accennato nel paragrafo precedente, alla forza di precompressione determinata con il metodo del carico equivalente vanno incluse le perdite della precompressione. Le perdite del sistema di precompressione si distinguono in perdite immediate e in perdite lente (o differite). Con le prime si vanno a indicare la caduta elastica della tensione all' atto del rilascio, il rientro del cuneo dei dispositivi di ancoraggio e la diminuzione della forza nell' armatura a causa dell' attrito entro la guaina; mentre con le perdite lente si vanno ad indicare le perdite nell' armatura dovuta agli effetti viscosi e di ritiro del calcestruzzo e le cadute di tensione nei cavi per effetto del rilassamento dell' acciaio.

#### 3.4.1 Perdite istantanee

**Deformazione istantanea del calcestruzzo.** L' Eurocodice 2 prescrive la valutazione di tale perdita come perdita media in ogni armatura secondo la seguente relazione:

$$\Delta P_{el} = A_p E_p \sum \left( \frac{j \cdot \Delta \sigma_c(t)}{E_{cm}(t)} \right)$$



Dove:

$A_p$  è l' area dell' armatura di precompressione;

$E_p$  è il modulo elastico dell' armatura di precompressione;

$\Delta\sigma_c(t)$  è la variazione di tensione nel baricentro della armature al tempo t;

j è un coefficiente pari a:

$(n-1) / 2n$  dove n è il numero di armature identiche pre-tese in successione,  
assunto in  $1/2$  via approssimata pari a 1/2;

1 per le variazioni dovute alle azioni permanenti applicate dopo la  
precompressione.

$E_{cm}$  è il modulo elastico medio al tempo t del calcestruzzo.

**Deformazione istantanea del calcestruzzo.** L' Eurocodice 2 prescrive di tener conto delle perdite dovute al rientro del cuneo durante le fasi di ancoraggio dopo la messa in tensione delle armature di precompressione. La perdita di tensione può essere stimata in:

$$\Delta\sigma_{pw} = E_p \cdot \Delta\varepsilon = E_p \cdot \frac{\delta_w}{l}$$

Dove i termini indicati rappresentano:

$\delta_w$  l' entità del rientro del cuneo di ancoraggio;

l la lunghezza complessiva del cavo.

La perdita nel cavo sarà pertanto data dall' espressione:

$$\Delta P_{pw} = \Delta\sigma_{pw} \cdot A_p$$

Essendo tale perdita inversamente proporzionale alla lunghezza del cavo, per cavi relativamente lunghi tale perdita può essere ricondotta a un tratto di cavo di lunghezza pari a  $l_c$ . Ipotizzando una perdita di tiro  $\Delta P_w$  variabile nel tratto  $0 \leq x \leq l_c$  con legge lineare  $\Delta P_w \cdot (x / l_c)$  il rientro del cuneo deve eguagliare l' allungamento del cavo nel suddetto tratto  $l_c$ :





$$\delta_w = \int_0^{l_c} \left( \frac{\Delta P_w}{E_p A_p} \cdot \frac{x}{l_c} \right) dx = \frac{\Delta P_w l_c}{2 E_p A_p}$$

Indicando successivamente la perdita per attrito per unità di lunghezza così come segue:

$$p = \frac{\Delta P_w}{2 l_c} \quad \text{da cui} \quad \Delta P_w = 2 p l_c$$

Ottenendo pertanto una lunghezza del tratto  $l_c$ :

$$l_c = \sqrt{\frac{\delta_w E_p A_p}{p}}$$

Complessivamente il rientro del cuneo ( $\delta_w$ ) può essere stimato con valore che varia tra i 5 e i 10 mm. Tale perdita può essere fortemente ridotta previo spessoramento messo in opera dietro la piastra di ancoraggio.

**Perdite per attrito.** Tali perdite sono dovute all' attrito che si instaura tra il cavo e la guaina del cavo stesso. Nei tratti rettilinei non vi è perdita per attrito ma bensì nei tratti di curvatura del cavo. La perdita per attrito nella tecnica dei cavi post-tesi può essere stimata attraverso la relazione:

$$\Delta P_\mu(x) = P_{max} (1 - e^{-\mu(\theta+kx)})$$

Dove i termini rappresentano:

$P_{max}$  la forza all' estremità attiva durante la messa in tensione;

$\mu$  il coefficiente di attrito stimato pari a 0.06 per trefoli;

$\vartheta$  la somma delle deviazioni angolari sulla lunghezza x;

k la deviazione angolare non intenzionale. Può assumere i valori compresi tra 0.005 e 0.01.

### 3.4.2 Perdite lente

Come detto in precedenza il calcolo delle perdite lente viene eseguito tenendo conto delle cadute di tensioni nell' acciaio provocate da:



- L' accorciamento dell' armatura provocata dalle deformazioni del calcestruzzo dovute alla viscosità e al ritiro sotto l' effetto dei carichi permanenti;
- La riduzione di tensione nell' acciaio dovuta al fenomeno del rilassamento.

L' espressione per la valutazione di tali perdite è la seguente:

$$\Delta P_{C+S+R} = A_p \frac{\varepsilon_{cs} E_p + 0.8 \cdot \Delta \sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \cdot \varphi(t, t_0) \cdot \sigma_{c,QP}}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \frac{A_p}{A_c} \left( 1 + \frac{A_c}{I_c} z_{cp}^2 \right) (1 + 0.8 \varphi(t, t_0))}$$

Dove i termini rappresentano:

$\varepsilon_{cs}$  la deformazione per ritiro in valore assoluto;

$\Delta \sigma_{pr}$  la variazione di tensione nelle armature nella posizione x al tempo t per effetto del rilassamento dell' acciaio da precompressione, determinato per una tensione pari a:

$$\sigma_p = \sigma_p(G + P_{m0} + \psi_2 Q)$$

Ovvero la tensione iniziale dovuta alla precompressione e alle azioni in combinazione QP;

$\varphi(t, t_0)$  il coefficiente di viscosità all' istante t con applicazione del carico al tempo  $t_0$  ;

$\sigma_{c,QP}$  la tensione nel calcestruzzo adiacente le armature in combinazione QP;

$I_c$  il momento di inerzia della sezione di calcestruzzo;

$z_{cp}$  la distanza dal baricentro della sezione di calcestruzzo e le armature.

Gli altri termini sono stati precedentemente definiti.

### 3.5 Verifiche SLU - Carico Ultimo

Un aspetto fondamentale di cui dover tener conto negli elementi precompressi a cavi unbounded è la caduta dell' ipotesi di perfetta congruenza fra il materiale calcestruzzo e il materiale acciaio:

$$\varepsilon_c \neq \varepsilon_s$$



Allo stato limite ultimo, la tensione nell' acciaio da precompressione pertanto non potrà raggiungere il limite di snervamento poiché l' allungamento del cavo non è concentrato nel punto di rottura della sezione ma viene ripartito su tutta la lunghezza del cavo stesso. Questo fenomeno si traduce in un effettivo aumento di tensione nel cavo. Allo stato limite ultimo la resistenza del cavo è fornita dall' equazione:

$$f_{pb} = f_{pe} + \Delta\sigma_p$$

Dove i termini rappresentano:

$f_{pe}$  la tensione del cavo di precompressione scontata di tutte le perdite;

$\Delta\sigma_p$  l' incremento di tensione allo stato limite ultimo.

L' aumento di tensione nel cavo può essere determinato calcolando la deformazione lato calcestruzzo e lato acciaio, per poi determinare l' effettiva deformazione nel cavo di precompressione. Ipotizzando, come nel caso oggetto di tesi, una piastra con luce 7800 mm e altezza utile 155 mm, il calcolo di tale aumento si compone dei seguenti passaggi:

- Calcolo variazione dimensionale lato calcestruzzo:

$$\Delta L_c = 0.1 \cdot d \cdot \varepsilon_c = 0.1 \cdot 154 \text{ mm} \cdot 3.5\% = 0.0539 \text{ mm}$$

- Calcolo variazione dimensionale acciaio (caratterizzato da  $\varepsilon_{su} = 6.75\%$ ):

$$\Delta L_s = d \cdot \varepsilon_c = 154 \text{ mm} \cdot 6.75\% = 10.40 \text{ mm}$$

- Determinazione della curvatura della sezione:

$$\vartheta = \frac{\Delta L_c + \Delta L_s}{d} = 0.06785 \text{ rad}$$

- Calcolo variazione dimensionale trefolo da precompressione:

$$\Delta L_p = \vartheta \cdot e_0 = 0.06785 \text{ rad} \cdot 55 \text{ mm} = 3.75 \text{ mm}$$

Dove  $e_0$  rappresenta l' eccentricità massima del cavo.

- Deformazione del cavo:



$$\varepsilon_p = \frac{\Delta L_p}{L_{cavo}} = \frac{3.75 \text{ mm}}{7830.3 \text{ mm}} = 4.77 \cdot 10^{-4}$$

- Calcolo variazione tensionale nel cavo da precompressione:

$$\Delta\sigma_p = \varepsilon_p \cdot E_p = 97.70 \text{ MPa}$$

Si ottiene pertanto un valore prossimo a 100 MPa. L' Eurocodice 2 per la determinazione di tale incremento di tensione consiglia di tenere conto della deformazione dell' intero elemento o, in alternativa al calcolo dettagliato, di considerare un valore approssimato di 100 MPa. Si evince pertanto che tale valore possa essere assunto in fase di calcolo allo stato limite ultimo dell' elemento precompresso.

Ottenuto quindi l' incremento di tensione nel cavo si va a risolvere l' equilibrio alla traslazione e alla rotazione della sezione considerata. L' equilibrio alla traslazione fornirà la seguente posizione dell' asse neutro:

$$f_{cd} \cdot b \cdot \bar{x} = A_s f_{yd} + A_p f_{pb}$$

$$\bar{x} = \frac{A_s f_{yd} + A_p f_{pb}}{f_{cd} \cdot b}$$

Assunto un diagramma di calcolo parabola rettangolo ( $\beta=0.8$ ) la posizione dell' asse neutro sarà individuata dalla relazione:

$$x = \frac{\bar{x}}{\beta}$$

Considerando le distanze del trefolo e dell' armatura ordinaria misurate a partire dalla posizione dell' asse neutro:

$$z' = h - x - c - \phi_{tr}/2 \quad z'' = h - x - c - \phi/2$$

Si scrive l' equazione di equilibrio alla rotazione, ottenendo così il valore del momento resistente della sezione considerata:

$$M_{Rd} = f_{cd} \cdot b \cdot \bar{x} \cdot \left(x - \frac{\bar{x}}{2}\right) + A_p \cdot f_{pb} \cdot z' + A_s \cdot f_{yd} \cdot z''$$



Secondo quanto detto nel precedente capitolo a riguardo dei meccanismi di collasso, si determina il valore del carico ultimo della piastra secondo le linee di rottura (linee di plasticizzazione) indicate nel paragrafo §2.2.3. Tale valore può essere determinato attraverso il principio dei lavori virtuali, ovvero:

$$L_e = L_i$$

$$\frac{P_u \cdot l}{2} \delta = \left( 2 \cdot M_{pl} \cdot \frac{2}{l} \cdot \delta \right) \cdot 2$$

Il carico ultimo nelle varie situazioni sarà pari a:

$$P_u = 16 \frac{M_{pl}}{l^2}$$

Con  $M_{pl} = M_{rd}$ .

## 4. Punzonamento

Il fenomeno del punzonamento consiste in una improvvisa rottura dell' elemento con formazione di fessure diagonali che attraversano lo spessore del calcestruzzo, comportando la penetrazione del pilastro attraverso la piastra. Tale fenomeno è significativo nel caso di piastre snelle e ove i carichi siano di grandi entità pertanto può costituire un fattore fondamentale che influenza la progettazione dell' elemento in questione. Come nel caso oggetto della tesi, all' interfaccia tra il pilastro e la piastra si sviluppano forti momenti negativi e sollecitazioni di taglio. Il fenomeno parte con la formazione di fessure circolari attorno al pilastro, procedendo poi con fessure radiali che dipartono dal pilastro. Le armature disposte nelle vicinanze dei pilastri, sia inferiori che superiori, contribuiscono alla riduzione di tale fenomeno. Inoltre anche la precompressione influisce positivamente alla riduzione del fenomeno del punzonamento grazie ai cavi che esercitano delle forze equivalenti direttamente applicate al pilastro che vanno a sottrarsi dal carico di punzonamento. Quindi, come si vedrà nel seguito, si provvede a concentrare l' armatura a flessione ed i cavi di post-tensione all' interno del cono di rottura formato dalla fessure. Le norme propongono un calcolo basato sulla definizione del perimetro critico ( $u_1$ ). Così come proposto dall' Eurocodice 2 il perimetro critico viene individuato da una zona distante dal bordo del pilastro pari a  $2d$  dove  $d$  è determinata come media delle altezze utili nelle due direzioni:

$$d = \frac{d_x + d_y}{2}$$

Per pilastri intermedi il perimetro critico è individuato come segue:

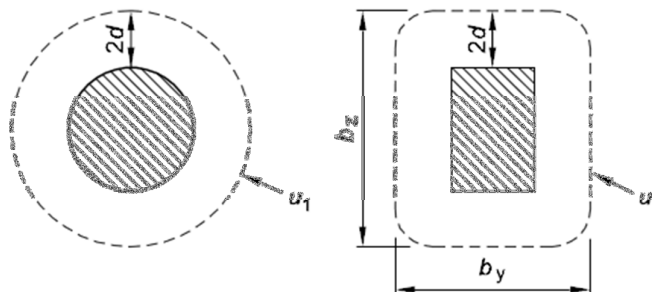


Fig. 24 - Perimetro critico pilastri di campata

Mentre per i pilastri in prossimità dei bordi e degli angoli del solaio:

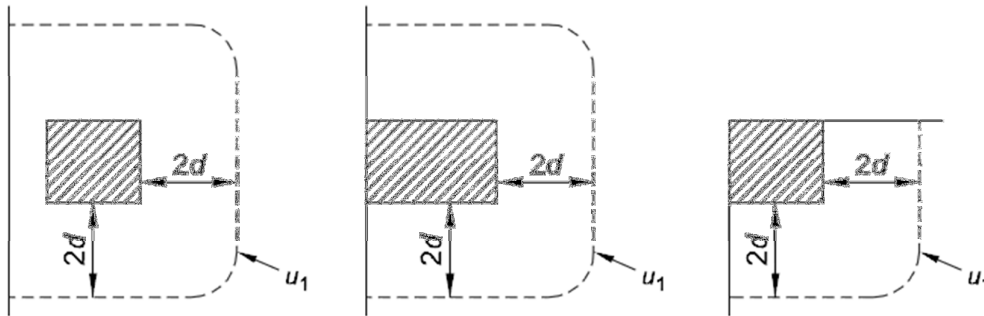


Fig. 25 - Perimetro critico pilastri alle estremità

La verifica verrà condotta sia all' interfaccia tra pilastro e solaio che lungo il perimetro critico. In una sezione l' armatura a taglio-punzonamento non è richiesta se è verificata la diseuguaglianza:

$$v_{ED} \leq v_{Rd,c}$$

Dove i termini rappresentano:

$v_{ED}$  tensione massima di taglio;

$v_{Rd,c}$  valore di progetto del taglio-punzonamento resistente di una piastra priva di armature a taglio.

La tensione massima di taglio viene determinata secondo la relazione:

$$v_{ED} = \beta \frac{V_{ED}}{u_1 \cdot d}$$

Il parametro  $\beta$  racchiude informazioni relative alle dimensioni del pilastro, la lunghezza del perimetro di verifica e della distribuzione delle tensioni tangenziali. Si possono assumere per tale parametro i seguenti valori:

A)	Pilastro interno	1.15
B)	Pilastro di bordo	1.4
C)	Pilastro d' angolo	1.5

Tab. 2 - Valori parametro  $\beta$

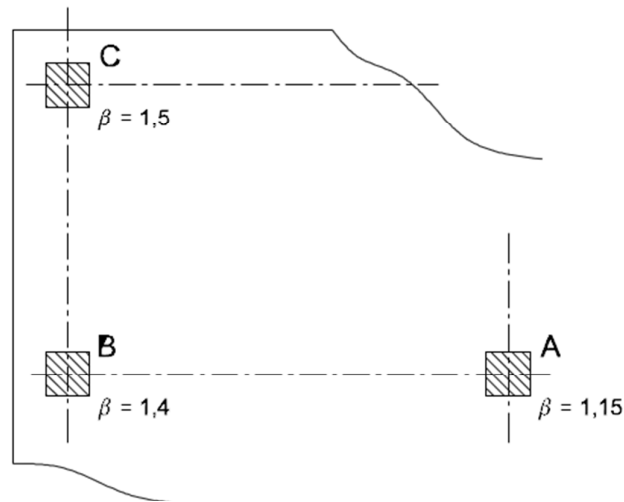


Fig. 26 - Valori parametro  $\beta$

La tensione così determinata va confrontata con la resistenza a punzonamento determinata secondo la relazione:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq v_{min} + (k_1 \cdot \sigma_{cp})$$

Dove i parametri sono determinati dalle seguenti relazioni:

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c}; \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0 d; \quad \rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}} \leq 0.02;$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}; \quad k_1 = 1; \quad \sigma_{cp} = \frac{(\sigma_{cx} + \sigma_{cy})}{2}.$$

In tali espressioni i parametri assumono i seguenti significati:

$\rho_{lx}$  ,  $\rho_{ly}$       quantità di acciaio aderente teso presente in un estensione pari alla larghezza del pilastro più tre volte l'altezza utile media per ogni lato;

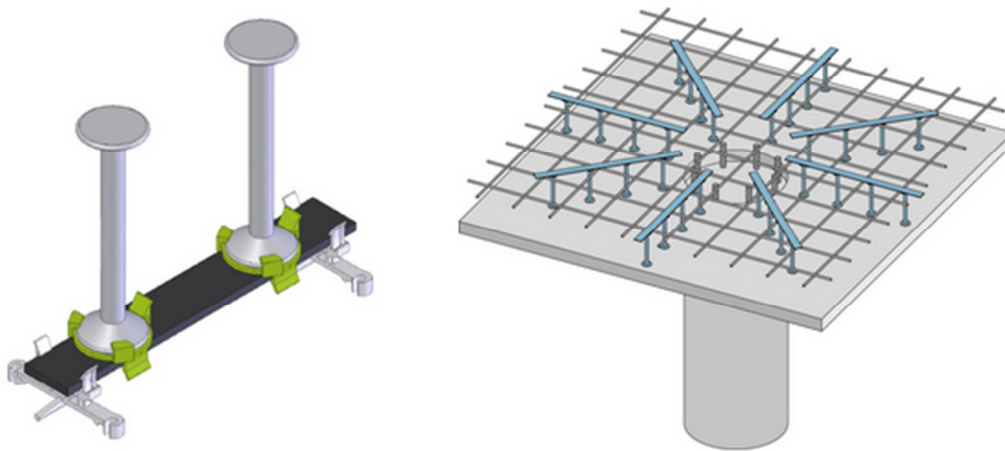
$\sigma_{cx}$  ,  $\sigma_{cy}$       tensioni normali nel calcestruzzo ottenute da:

$$\sigma_{cx} = \frac{N_{Ed,x}}{A_{cx}} \quad \sigma_{cy} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}}$$



Con  $N_{ed,x}$  e  $N_{ed,y}$  pari alle forze longitudinali agenti sulle due semicampate adiacenti per quanto riguarda le colonne intermedie o sulla sezione di verifica per le colonne di bordo e di angolo.

Se la disequaglianza di verifica non risultasse soddisfatta, si renderà necessario il calcolo dell' armatura a taglio-punzonamento. Nel caso oggetto di tesi vengono prese in considerazione armature composte da bulloni a doppia testa del tipo indicato in Fig. 27 per le quali sarà necessario determinare il numero di elementi che vanno a formare un singolo componente e il numero di componenti da disporre attorno al pilastro.



**Fig. 27 - Armatura punzonamento**

Per il calcolo dell' armatura di punzonamento si dovrà procedere con la determinazione di un nuovo perimetro critico oltre al quale tale armatura non risulti più necessaria. Tale perimetro è definito da:

$$u_{out,req} = \beta \frac{V_{ED}}{v_{Rd,c} \cdot d}$$

Dove i parametri sono stati definiti in precedenza. La lunghezza dei supporti viene ricavata dalla relazione:

$$2\pi l_{s,req} = u_{out,req} - 2\pi R \quad (\text{per pilastri circolari})$$

$$2\pi l_{s,req} = u_{out,req} - 2(A + B) \quad (\text{per pilastri rettangolari})$$

Da cui si ricava  $l_{s,req}$ .

Il numero di elementi per ogni supporto viene ottenuto come:

$$n_{supp} = \frac{l_{s,req} - s_0}{s_1} + 1$$

Dove:

$s_0$  è la spaziatura del primo elemento dal filo pilastro e può assumere valori compresi nell' intervallo  $0.35d \leq s_0 \leq 0.5d$ ;

$s_1$  è la spaziatura degli elementi successivi al primo e può assumere valori inferiori a  $s_1 \leq 0.75d$ .

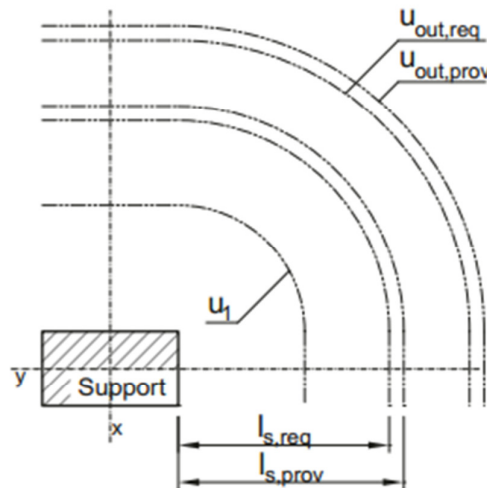
Una volta determinato il numero di supporti si calcola l' effettivo perimetro  $u_s$ :

$$l_s = s_0 + (n_{supp} - 1)s_1$$

$$u_s = 2\pi(l_s + 1.5d) + 2\pi R \quad (\text{per pilastri circolari})$$

$$u_s = 2\pi(l_s + 1.5d) + 2(A + B) \quad (\text{per pilastri rettangolari})$$

Tutti i termini indicati vengono rappresentati in Fig. 28.



**Fig. 28 - Individuazione perimetri di verifica**

Si procede quindi alla verifica di resistenza:

$$v_{ed} = \frac{\beta \cdot V_{ed}}{u_s \cdot d} \leq v_{Rd,c}$$



Il calcolo del numero dei supporti si esegue secondo due criteri: il primo calcolo è in funzione della resistenza, mentre il secondo è in funzione della spaziatura massima dei supporti.

Il calcolo per criterio di sforzo avviene con l' espressione:

$$m_{req} \geq \frac{\beta \cdot V_{ed} \cdot \eta}{n_c \cdot A_{si} \cdot f_{yd}}$$

Dove i termini indicano:

$m_{req}$  il numero di supporti da distribuire attorno al pilastro;

$\eta$  un termine di valore unitario per  $d < 200$  mm;

$n_c$  il numero di elementi disposti a una distanza pari a 1.125 d;

$A_{si}$  l' area di ogni singolo elemento.

Gli altri termini sono stati definiti in precedenza. Tale valore va confrontato con il valore minimo di spaziatura, ovvero per tali elementi viene richiesto un valore minimo pari a:

$$s_{max} = 3.5 \cdot d \quad m_{req} \geq \frac{u_s}{s_{max}}$$

Dove  $s_{max}$  rappresenta la spaziatura massima tra i supporti. Il valore finale di resistenza viene determinato come segue:

$$V_{Rd} = m_{req} n_c \frac{d_a^2 \cdot \pi \cdot f_{yd}}{4\eta} \leq \beta V_{ed}$$

Definite le peculiarità caratterizzanti il calcolo di piastre in calcestruzzo armato si procede ora al calcolo dell' elemento oggetto di tesi.



## 5. Materiali e Analisi dei carichi

### 5.1 Normativa di riferimento

Per i calcoli svolti nell' ambito della progettazione strutturale della piastra in calcestruzzo armato con l' utilizzo di cavi unbounded si è fatto ricorso alla seguente normativa:

- D.M. LL.PP. 14/01/2008 - *Norme tecniche per le costruzioni*;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - *Istruzioni per l' applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008*;
- UNI EN 1992-1-1 - *Eurocodice 2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici*;
- UNI EN 206-1/2001: *Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità*;
- UNI 11104/2004: *Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l' applicazione della UNI EN 206-1/2001*;
- European technical approval ETA 13/0151: *Punching design of flat slab and for footings and ground slabs*.

### 5.2 Durabilità strutturale e materiali impiegati

#### 5.2.1 Prescrizioni e caratteristiche meccaniche del calcestruzzo

La struttura, soggetta alle azioni tipiche dell'ambiente e a manutenzione ordinaria, soddisfa il requisito di durabilità se è in grado di continuare a fornire le prestazioni per la quale è stata progettata e realizzata per l'intera vita nominale ( $V_n$ ). In riferimento alle norme UNI EN 206-1 e UNI 11104 si riporta ora uno stralcio delle classi di esposizione ambientale del calcestruzzo in riferimento all' ambito di intervento:

<b>Denominazione della classe</b>	<b>Descrizione dell'ambiente</b>	<b>Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione</b>
<b>Corrosione indotta da carbonatazione</b>		
Nel caso in cui il calcestruzzo contenente armature o inserti metallici sia esposto all'aria e all'umidità, l' esposizione sarà classificata come segue:		



XC1	Asciutto permanentemente bagnato	o	Calcestruzzo all' interno di edifici con bassa umidità relativa  Calcestruzzo con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o costantemente immerso in acqua
XC2	Bagnato, raramente asciutto		Parti di strutture di contenimento liquidi  Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo o terreno aggressivo  Fondazioni
XC3	Umidità moderata		Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria moderata oppure elevata  Calcestruzzo esposto all'esterno e protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto		Superfici di calcestruzzo in esterni con superfici soggette ad alternanza di asciutto ed umido  Calcestruzzi a vista in ambiti urbani  Superfici soggette al contatto con acqua, non incluso nella classe XC2

**Tab. 3 - Classi di esposizione**

La protezione della armature d'acciaio contro la corrosione dipende dalla massa volumica, dalla qualità e dallo spessore del copriferro di calcestruzzo e dalla fessurazione. Il copriferro risulterà dalla somma di un copriferro minimo ( $c_{min}$ ) e un margine di progetto assunto per strutture gettate in opera pari a 10 mm ( $\Delta C_{dev}$ ):

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$$

Il copriferro minimo deve essere garantito al fine di consentire una corretta trasmissione degli sforzi di aderenza, la protezione dell'acciaio contro la corrosione e un' adeguata resistenza al fuoco. Il copriferro minimo risulterà pertanto dalla seguente relazione:

$$c_{min} = \max [ c_{min,b}; C_{min,dur} + \Delta C_{dur,\gamma} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10 \text{ mm} ]$$

dove:

- $c_{min,b}$  copriferro minimo dovuto al requisito di aderenza;
- $C_{min,dur}$  copriferro minimo dovuto alle condizioni ambientali;
- $\Delta C_{dur,\gamma}$  margine di sicurezza;



- $\Delta C_{dur,st}$  riduzione del copriferro per utilizzo di acciaio inossidabile;
- $\Delta C_{dur,add}$  riduzione del copriferro per protezione aggiuntiva.

L'Eurocodice 2 prescrive per i parametri sopra citati i valori:

- per  $c_{min,b}$  di adottare un valore almeno pari al diametro della barra di armatura;
- per  $c_{min,dur}$  un valore ricavato dalla seguente tabella in funzione della vita utile della struttura e della classe di esposizione ambientale. Trattandosi di una struttura ordinaria (vita utile pari a 50 anni) la classe strutturale corrisponde alla S4. Prevedendo un ambiente con umidità moderata si ipotizza una classe di esposizione ambientale pari a XC3.

Classe strutturale	Classe di esposizione ambientale						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

**Tab. 4 - Copriferro minimo per durabilità**

Si conclude quindi che il valore di  $c_{min,dur}$  è pari a 25 mm;

- per  $\Delta C_{dur,y}$  si raccomanda un valore pari a 0;
- per  $\Delta C_{dur,st}$  si prescrive un valore pari a 0 in quanto non si ricorre all'utilizzo di acciaio inossidabile;
- per  $\Delta C_{dur,add}$  si assume un valore pari a 0 in quanto non si ha certezza sulla realizzazione di intonaco sulla superficie esposta verso il piano seminterrato.



A partire dalla classe strutturale di progetto, si può far ricorso alla successiva tabella, la quale individua riduzioni o incrementi di classe strutturale qualora sussistono determinate condizioni.

<b>Criteria</b>	<b>Classe di esposizione ambientale</b>						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
<i>Vita di progetto di 100 anni</i>	Incrementare di due classi						
<i>Classe di resistenza</i>	≥C30/37 Ridurre di 1 classe	≥C30/37 Ridurre di 1 classe	≥C35/40 Ridurre di 1 classe	≥C40/50 Ridurre di 1 classe	≥C40/50 Ridurre di 1 classe	≥C40/50 Ridurre di 1 classe	≥C45/55 Ridurre di 1 classe
<i>Strutture a piastra</i>	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe
<i>Speciali controlli di qualità sui calcestruzzo</i>	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe	Ridurre di 1 classe

**Tab. 5 - Riclassificazione calcestruzzo**

Per l' elemento a piastra oggetto di tesi si procede riducendo di una classe strutturale, passando dalla classe S4 alla S3, considerando i  $c_{min,dur} = 20$  mm propri della classe strutturale S3.

Per  $\Delta c_{dev}$  generalmente viene assunto un valore pari a 10 mm ma tale parametro nel caso in cui l'esecuzione sia assoggettata a un sistema di assicurazione della qualità cioè sistemi per le misure dei copriferri, come nel caso oggetto di tesi, tale valore viene ridotto a 5 mm.

Ipotizzando l'utilizzo di barre aventi diametro massimo pari a 16 mm si determina quindi:

$$\begin{aligned}
 c_{min} &= \max [ c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,v} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm} ] \\
 &= \max [ 16 \text{ mm}; 20 \text{ mm}; 10 ] = 20 \text{ mm} \\
 c_{nom} &= c_{min} + \Delta c_{dev} = 20 \text{ mm} + 5 \text{ mm} = 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



In relazione all'esposizione ambientale della struttura, la quale è sottoposta a condizioni di umidità moderata pertanto a rischio degrado in quanto in parte esposta all'ambiente esterno, e in relazione alle considerazioni effettuate sullo strato di copriferro si prescrive per la situazione in esame:

- calcestruzzo classe di esposizione XC3, classe C28/35;
- copriferro pari a  $c_{nom} = 25$  mm.

Tali scelte consentono di ridurre il degrado da ossidazione delle armature a seguito della carbonatazione del calcestruzzo.

Scelto il calcestruzzo classe C28/35 si identificano ora le sue caratteristiche meccaniche:

<b>Parametro</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Valore</b>	<b>U.M.</b>
• Coefficiente di sicurezza:	$\gamma_c$	1.5	
• Resistenza a compressione cubica caratteristica:	$R_{ck}$	35.0	N/mm <sup>2</sup>
• Resistenza a compressione cilindrica caratteristica:	$f_{ck}$	29.05	N/mm <sup>2</sup>
• Resistenza a compressione cilindrica media:	$f_{cm}$	37.05	N/mm <sup>2</sup>
• Resistenza media a trazione:	$f_{ctm}$	2.83	N/mm <sup>2</sup>
• Resistenza media a trazione per flessione:	$f_{ctm}$	3.40	N/mm <sup>2</sup>
• Resistenza a compressione di progetto:	$f_{cd}$	16.5	N/mm <sup>2</sup>
• Modulo elastico medio:	$E_c$	32 588	N/mm <sup>2</sup>

**Tab. 6 - Caratteristiche meccaniche calcestruzzo**

### **5.2.2 Prescrizioni e caratteristiche meccaniche acciaio di armatura**

Per le armature lente viene ipotizzata la scelta dell'acciaio classe B450C si identificano ora le sue caratteristiche meccaniche:

<b>Parametro</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Valore</b>	<b>U.M.</b>
• Coefficiente di sicurezza	$\gamma_s$	1.15	





• Resistenza a trazione caratteristica	$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
• Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
• Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>
• Deformazione di snervamento di calcolo	$\epsilon_{syd}$	1.96	%
• Deformazione limite allo SLU	$\epsilon_{ud}$	67.5	%
• Modulo elastico	$E_s$	205000	N/mm <sup>2</sup>

Tab. 7 - Caratteristiche meccaniche armature lente

### 5.2.3 Prescrizioni e caratteristiche meccaniche acciaio da precompressione

Per l' acciaio da precompressione viene scelto l' utilizzo di trefoli con guaina in polietilene avente le seguenti proprietà meccaniche:

• Coefficiente di sicurezza	$\gamma_p$	1.00	
• Tensione caratteristica di rottura	$f_{ptk}$	1860	N/mm <sup>2</sup>
• Tensione caratteristica all' 1% di allungamento	$f_{p(1)k}$	1674	N/mm <sup>2</sup>
• Tensione di calcolo	$f_{pb}$	1452.20	N/mm <sup>2</sup>
• Modulo elastico	$E_s$	205000	N/mm <sup>2</sup>

Tab. 8 - Caratteristiche meccaniche acciaio da precompressione

## 5.3 Combinazioni di carico

Il calcolo del solaio viene eseguito attraverso il metodo semiprobabilistico degli stati limite, definiti come situazione oltre la quale una struttura non soddisfa più le esigenze per la quale è stata ideata e progettata. Gli Stati Limite Ultimi (SLU) sono associati alle situazioni di collasso o ad altre forme di cedimento strutturale che possano mettere in pericolo la sicurezza delle persone mentre gli Stati Limite di Esercizio (SLE) sono associati a situazioni di deformazioni eccessive, fessurazioni e danneggiamento del



calcestruzzo. Ai fini delle verifiche agli Stati Limite si definiscono le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione fondamentale: i carichi vengono considerati applicando al valore caratteristico i relativi coefficienti amplificativi e, nel caso di più carichi variabili, di combinazione

$$Ed = E \left\{ \sum_i \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + \gamma_p P + \gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,1} + \sum_i \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$$

- Combinazione caratteristica (rara): i carichi che siano essi permanenti o variabili vengono presi in considerazione con il valore caratteristico. Nel caso di più carichi variabili si utilizzano i valori di combinazione.

$$Ed = E \left\{ \sum_i G_{k,i} + Q_{k,1} + P + \sum_i \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$$

- Combinazione quasi permanente: i carichi permanenti vengono considerati con il valore caratteristico mentre tutti i carichi variabili con il loro valore quasi permanente. Rappresenta la condizione di carico prevalentemente presente durante la vita utile della struttura.

$$Ed = E \left\{ \sum_i G_{k,i} + P + \sum_i \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$$

I fattori delle combinazioni di carico sopra espresse stanno a indicare:

$G_{k,i}$	valori caratteristici delle azioni permanenti strutturali e non strutturali;
$Q_{k,i}$	valori caratteristici delle azioni variabili;
$P$	valori di pretensione e precompressione;
$\gamma_{g,i}$ e $\gamma_{q,i}$	valori dei coefficienti di combinazione dei carichi per effetto rispettivamente favorevole e sfavorevole
$\gamma_p$	valore del coefficiente parziale di precompressione assunto pari a 1;
$\psi_{k,i}$	valori dei coefficienti di combinazione dei carichi per destinazione d'uso dell' edificio

I valori dei coefficienti delle azioni sono:



<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma_G</math></b>	<b><math>\gamma_Q</math></b>
Favorevole	1.0	1.0
Sfavorevole	1.3	1.5

**Tab. 9 - Coefficienti di combinazione carichi**

I valori dei coefficienti di combinazione per la categoria uffici sono:

<b>Categoria</b>	<b><math>\psi_{q1}</math></b>	<b><math>\psi_{1j}</math></b>	<b><math>\psi_{2j}</math></b>
Uffici	0.7	0.5	0.3

**Tab. 10 - Coefficienti di combinazione a uso uffici**

Le verifiche verranno eseguite per le condizioni di carico più gravose agenti sulla struttura, valutando le combinazioni sopra espresse.

## 5.4 Analisi dei carichi

### 5.4.1 Carichi variabili - Carichi di esercizio

Per le azioni variabili di progetto si adottano carichi uniformemente distribuiti ( $q_k$ ) definiti dal D.M. 14/01/2008. Si riporta uno stralcio dei carichi presi in considerazione:

<b>Categoria</b>	<b>Ambienti</b>	<b><math>q_k</math> [kN/m<sup>2</sup>]</b>	<b><math>Q_k</math> [kN]</b>	<b><math>H_k</math> [kN/m]</b>
B	Uffici			
	Cat. B1 - Uffici non aperti al pubblico	2.00	2.00	1.00
	Cat. B2 - Uffici aperti al pubblico	3.00	2.00	1.00

**Tab. 11 - Carichi di esercizio categoria uffici**

Essendo l'edificio adibito ad uso uffici aperti al pubblico si assumerà un valore di carico variabile sia per la parte uffici che per la parte esterna ad essi pari a 3.00 kN/m<sup>2</sup>.



### 5.4.2 Carichi Variabili - Carico da neve

Come individuato nelle piante di presentazione dell' edificio, la piastra è in parte esterna all'edificio ed è priva di copertura che protegga l'elemento dagli agenti atmosferici, pertanto si va ora a determinare il carico da neve gravante sull'elemento piastra. Il comune di Vizzola Ticino è classificato in zona geografica 'Zona I - Mediterranea'. La quota altimetrica del sito in questione viene ricavata dal rilievo dello stato di fatto ed è pari a 219 m.s.l.m. Il carico da neve viene determinato con la formula:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t$$

Dove:

$q_s$  è il carico da neve in copertura;

$\mu_i$  è il coefficiente di forma dell'elemento;

$q_{sk}$  è il valore caratteristico di riferimento del carico da neve al suolo;

$C_e$  è il coefficiente di esposizione;

$C_t$  è il coefficiente termico.

I valori sopraindicati vengono ricavati secondo le seguenti formulazioni:

Parametro	Valore	Note
Coefficiente di forma	$\mu_i = 0.80$	Per inclinazione della copertura $0^\circ \leq \alpha \leq 30$
Valore caratteristico di neve al suolo	$q_{sk} = 1.35 [1 + (a_s/602)^2] = 1.52 \text{ kN/m}^2$ con $a_s$ pari alla quota del suolo	Per altezze m.s.l.m > 200 m
Coefficiente di esposizione	$C_e = 0.90$	Aree pianeggianti non ostruite su tutti i lati
Coefficiente termico	$C_t = 1$	

Tab. 12 - Coefficienti determinazione carico da neve

Si ottiene pertanto un carico da neve pari a:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t = 1.10 \text{ kN/m}^2$$

### 5.4.3 Carichi permanenti

Nell' ambito della progettazione architettonica dell' edificio, si sono individuate le seguenti stratigrafie:

- Partizione interna in cartongesso P.V.1.

Si individua nella seguente figura la stratigrafia dell' elemento:

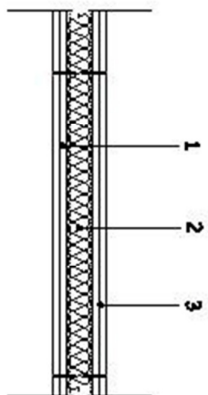


Fig. 29 - Partizione verticale P.V.1

Stratigrafia	Identificativo:	P.V.1		
		Spessore [m]	Peso di volume [kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
1	Strato di finitura - Lastra in cartongesso	0,025	11,8	0,295
2	Strato di isolamento termico - Lana di roccia	0,1	1	0,1
3	Strato di finitura - Lastra in cartongesso	0,025	11,8	0,295
<b>G = Peso x Altezza interpiano (3,50 m)</b>		<b>kN/m</b>		<b>2,42</b>
<b>g = Incidenza parete / m<sup>2</sup></b>		<b>da normativa</b>		<b>1,20</b>

Tab. 13- Determinazione carichi P.V.1

- **Chiusura orizzontale C.O.1:** elemento di chiusura tra piano interrato e piazza eventi, così composto:

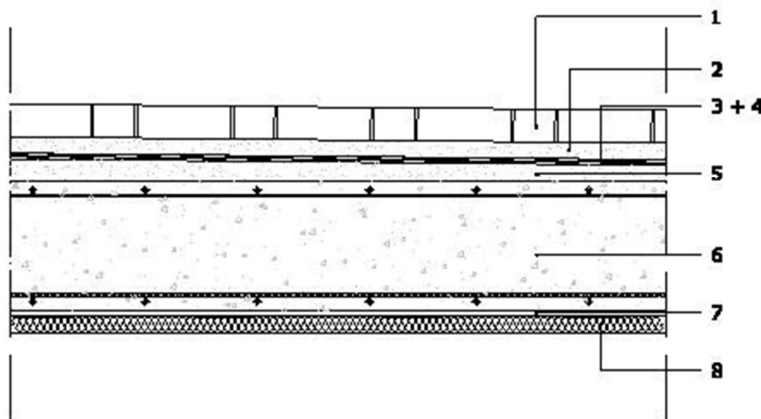


Fig. 30 - Chiusura orizzontale C.O.1

Stratigrafia	Identificativo:	C.O.1		
		Spessore [m]	Peso di volume [kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
	Materiali			
1	Strato di finitura - Masselli autobloccanti	0,05	20	1
2	Strato di collegamento - Sabbia cemento	0,03	20	0,6
3	Strato di protezione - Geotessile	0,005	0,1	0,0005
4	Strato di tenuta all'acqua - Membrana	0,01	12	0,12
5	Strato di pendenza - Calcestruzzo alleggerito	0,05	15	0,75
6	Elemento strutturale - Piastra	0,2	25	5
7	Strato di regolarizzazione - Intonaco	0,01	20	0,2
8	Strato di isolamento termico - Eraclit	0,035	2,8	0,098
<b>Pesi premanenti strutturali - <math>g_{k1}</math></b>		<b>0,2</b>	<b>25</b>	<b>5,00</b>
<b>Pesi permanenti non strutturali - <math>g_{k2}</math></b>		<b>0,19</b>	<b>89,9</b>	<b>2,77</b>
<b>Totale - <math>G_k</math></b>		<b>0,39</b>	<b>114,9</b>	<b>7,77</b>

Tab. 14 - Determinazione carichi C.O.1

- **Chiusura orizzontale C.O.2:** elemento di chiusura tra piano interrato e locali ad uso uffici, così composto:

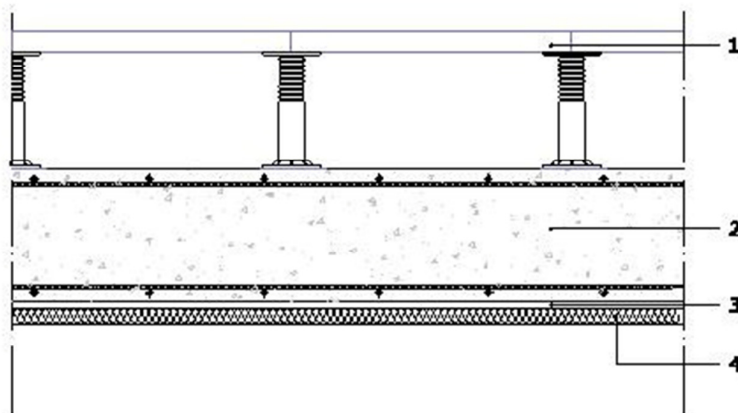


Fig. 31 - Chiusura orizzontale C.O.2

Stratigrafia	Identificativo:	C.O.2		
		Spessore [m]	Peso di volume [kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
	Materiali			
1	1a) Lastre pavimento galleggiante	0,04	7,2	0,288
	1b) Sostegni pavimento galleggiante	0,21		0,2
	Impianti tecnologici			0,5
2	Elemento strutturale - Piastra	0,20	25	5
3	Strato di regolarizzazione - Intonaco	0,01	20	0,2
4	Strato di isolamento termico - Eraclit	0,035	2,8	0,098
	Incidenza partizioni interne			1,20
	<b>Pesi premanenti strutturali - <math>g_{k1}</math></b>	<b>0,2</b>	-	<b>5,00</b>
	<b>Pesi permanenti non strutturali - <math>g_{k2}</math></b>	<b>0,295</b>	-	<b>2,49</b>
	<b>Totale - <math>G_k</math></b>	<b>0,495</b>	-	<b>7,49</b>

Tab. 15 - Determinazione carichi C.O.2

Nell'analisi dei carichi non vengono prese in considerazione le chiusure verticali esterne, in quanto tali elementi sono costituiti da una facciata continua con montanti e traversi in acciaio, ancorata ai solai dei piani superiori.



## 6. Calcolo del solaio - Predimensionamento

### 6.1 Altezza del solaio - Predimensionamento

Per valutare il valore dell' altezza della sezione della piastra da cui partire per il calcolo delle forze di precompressione e della quantità di armatura da predisporre, si procede con il metodo dell' *'Approccio unitario'*, il quale consente di ottenere lo spessore dell'elemento e nel contempo soddisfare sia lo *Stati Limite Ultimo* che gli *Stati Limite di Esercizio* di limitazione delle tensioni, di fessurazione e di deformazione. Il procedimento di tale metodo si articola nei seguenti passaggi:

- Con l'utilizzo della seguente tabella si procede con la determinazione della luce nominale ( $l_n$ ):

Sistema Strutturale	K
Travi semplicemente appoggiate, piastre semplicemente appoggiate	1.0
Campata terminale di travi continue o piastre continue su un lato	1.3
Campata intermedia di travi o piastre	1.5
Piastre sorrette da pilastri senza travi	1.2
Mensole	0.4

**Tab. 16 - Coefficienti schema strutturale**

Questa operazione consente di andare a considerare lo schema statico strutturale in semplice appoggio. Pertanto si ottiene la luce nominale attraverso la relazione:

$$L_n = \frac{L_{eff,i}}{k}$$

- Si procede quindi alla determinazione della snellezza normalizzata ( $l_n / d$ ) attraverso la relazione:

$$\frac{L_n}{d} = \frac{\lambda_s}{\sqrt[3]{G_k + \psi_2 \cdot Q_k}}$$

Dove





$G_k$  e  $Q_k$  rappresentano i valori rispettivamente dei carichi permanenti e variabili;

$\lambda_s$  è un parametro determinato dalla Tab. 17, utilizzando un coefficiente di forma ( $s = 1$  per le piastre non nervate) ed espresso dalla seguente relazione:

$$\lambda_s = 20 \cdot \sqrt[3]{s \cdot k_{L/d} \cdot \mu_d \cdot f_{cd}}$$

In tale formulazione rientrano i valori:

$s$  fattore di forma;

$\mu_d$  momento adimensionalizzato;

$k_{L/d}$  fattore dipendente dalla resistenza  $R_{ck}$  del calcestruzzo.

	s = 1.00					s = 0.8				
	Rck (MPa)					Rck (MPa)				
$\mu_d$	20	25	30	35	40	20	25	30	35	40
0.07	51.4	55.2	58.5	61.5	64.2	47.7	51.2	54.3	61.5	59.6
0.08	53.9	57.9	60.6	62.4	64.1	50.0	53.8	56.2	62.4	59.5
0.09	54.8	57.3	59.3	61.3	63.0	50.9	53.2	55.2	61.3	58.5
0.10	54.0	56.6	58.7	60.7	62.5	50.1	52.5	54.5	60.7	58.0

Tab. 17 - Determinazione parametro  $\lambda_s$

In questa situazione viene presa in considerazione la combinazione quasi permanente. Per i diversi valori di momento adimensionale ( $\mu_d$ ) e per lo stesso tipo di calcestruzzo non si notano eccessive variazioni del parametro  $\lambda_s$ , pertanto viene assunto il valore medio. Nel caso in esame si considera un calcestruzzo C 28/35 ( $R_{ck} = 35$  MPa) ottenendo quindi un valore medio di  $\lambda_s = 61$ .

- Si determina quindi l'altezza utile della sezione  $d_{min}$  attraverso il rapporto fra la lunghezza nominale e la snellezza normalizzata. Sommando all'altezza utile



l'estensione del copriferro e il semidiametro dell'armatura longitudinale si ottiene il valore dell'altezza della sezione.

Resoconto Carichi		
Carichi Permanenti		kN/m <sup>2</sup>
	G <sub>k1</sub>	5.00
	G <sub>k2</sub>	2.77
<b>Totale</b>	<b>G<sub>k</sub></b>	<b>7.77</b>
Carichi Variabili - Esercizio		3,00
Carichi Variabili - Neve		1,10
<b>Totale</b>	<b>Q<sub>k</sub></b>	<b>4,10</b>

**Tab. 18 - Resoconto carichi C.O.1**

Avendo ipotizzato che il carico dovuto al peso proprio della struttura sia assorbito dai cavi di precompressione si ottiene:

Metodo della snellezza limite								
Coefficienti di schema statico		K	1,2					
Fattore di Forma		s	1					
		λ <sub>s</sub>	61					
Leff	k	Ln	Ln/d	dmin	c	φ	h	<b>heff</b>
mm	-	mm	-	mm	mm	mm	mm	<b>mm</b>
7800	1.2	6500	38.43	169.13	25	14	201.13	<b>200</b>

**Tab. 19 - Calcolo altezza piastra**

Nel calcolo sopra riportato sono stati utilizzati i carichi derivanti dalla stratigrafia C.O.1 in quanto rappresenta la situazione più gravosa. Dal predimensionamento con il metodo della snellezza limite si ricava un' altezza della piastra pari a 20 cm, contro i 32 cm della



piastra realizzata nell' edificio esistente. Si procede ora con il calcolo delle forze di precompressione e del numero di cavi.

## 6.2 Calcolo della forza di precompressione

Come definito nel Cap. 3 il calcolo della forza di precompressione viene eseguito attraverso il metodo del carico equivalente. Ipotizzando nel caso oggetto di tesi di assegnare ai cavi di precompressione un carico pari al peso proprio dell' elemento, si ottiene pertanto una forza di precompressione espressa dalla relazione:

$$P_{m0} = \frac{q \cdot l^2}{8f}$$

Per un corretto inserimento dei cavi di precompressione si procede considerando le campate aventi luci di carico ed estensione differenti, in modo da determinare le perdite dei cavi da precompressione per ogni tipologia di campata ed ottimizzare pertanto il numero e il diametro dei cavi stessi. Si prendono in considerazione cavi monotrefolo con guaina in polietilene aventi le seguenti caratteristiche:

Diametro nominale		Sezione	$f_{pk}$	$f_{p0.1k}$	$f_{pb}$	$E_p$
$\phi$	mm	mm <sup>2</sup>	MPa	MPa	MPa	MPa
6/10 s	15.70	150	1860	1670	1452.20	205000

*Tab. 20 - Caratteristiche fisiche e meccaniche monotrefolo*

Nel Cap. 7 riguardante la modellazione agli elementi finiti vengono indicate le scelte progettuali in termini di distribuzione dei cavi.

### 6.2.1 Campata tipo 1

Si procede con il calcolo del numero di cavi nella campata avente luce di carico 7.80 m e lunghezza pari a 56 m. La forza di precompressione al netto delle perdite è pari a:

$$P_{m0} = \frac{q \cdot l^2}{8f} = 2579.10 \text{ kN}$$

Considerando:



$$q = 5.00 \frac{KN}{m^2} \cdot 7.80 m = 39 \frac{KN}{m} \quad l = 7.80 m \quad f = 0.115 m$$

Su un tratto di cavo della lunghezza di 28 m si va ora a stimare le perdite per attrito:

$$e^{-\mu(\vartheta+kx)} = 0.90$$

Considerando:

$$\mu = 0.06 \quad \vartheta = 1.35 \text{ rad} \quad k = 0.01$$

Pertanto si può approssimare in fase di predimensionamento che le perdite di attrito siano stimate pari circa al 10%. La forza di precompressione assumerà pertanto il valore:

$$P_{m\mu} = P_{m0} \cdot 1.10 = 2836.99 \text{ kN}$$

Secondo indicazioni ricavate dal Pozzo [4] sempre in questa fase si possono considerare le perdite lente pari al 25%. Pertanto la forza di precompressione finale, considerando le perdite sarà pari a:

$$P_{mT} = P_{m\mu} \cdot 1.25 = 3546.25 \text{ kN}$$

Si determina il numero di cavi di precompressione valutando la tensione nell' acciaio da precompressione considerando le limitazioni per lo stato limite si esercizio (si tiene in considerazione la tensione maggiore):

$$\sigma_{p0} = 0.85 \cdot f_{p0.1k} = 1419 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p0} = 0.75 \cdot f_{pk} = 1395 \text{ MPa}$$

$$A_p = \frac{P_{mT}}{\sigma_{p0}} = 2500 \text{ mm}^2$$

$$n^\circ \text{ Cavi} = \frac{A_p}{\text{Sez. cavo}} = 17 \text{ Cavi} \quad \rightarrow \quad A_{p,tot} = 2550 \text{ mm}^2 / \text{campata}$$

Ad ogni cavo verrà assegnata una forza di precompressione pari a 210 kN.



## 6.2.2 Campata tipo 2

Si procede con il calcolo del numero di cavi nella campata avente luce di carico 6.75 m e lunghezza pari a 40 m. La forza di precompressione al netto delle perdite è pari a:

$$P_{m0} = \frac{q \cdot l^2}{8f} = 2231.90 \text{ kN}$$

Considerando:

$$q = 5.00 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 6.75 \text{ m} = 33.75 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \quad l = 7.80 \text{ m} \quad f = 0.115 \text{ m}$$

Su un tratto di cavo della lunghezza di 20 m si va ora a stimare le perdite per attrito:

$$e^{-\mu(\vartheta+kx)} = 0.92$$

Considerando:

$$\mu = 0.06 \quad \vartheta = 1.11 \text{ rad} \quad k = 0.01$$

Pertanto si può approssimare in fase di predimensionamento che le perdite di attrito siano stimate pari circa al 8%. La forza di precompressione assumerà pertanto il valore:

$$P_{m\mu} = P_{m0} \cdot 1.08 = 2410.45 \text{ kN}$$

Considerando le perdite lente pari al 25%, la forza di precompressione finale sarà pari a:

$$P_{mT} = P_{m\mu} \cdot 1.25 = 3013.10 \text{ kN}$$

Si determina il numero di cavi di precompressione valutando la tensione nell' acciaio da precompressione considerando le limitazioni per lo stato limite si esercizio (si tiene in considerazione la tensione maggiore):

$$\sigma_{p0} = 0.85 \cdot f_{p0.1k} = 1419 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p0} = 0.75 \cdot f_{pk} = 1395 \text{ MPa}$$

$$A_p = \frac{P_{mT}}{\sigma_{p0}} = 2123.40 \text{ mm}^2$$

$$n^\circ \text{ Cavi} = \frac{A_p}{\text{Sez. cavo}} = 15 \text{ Cavi} \quad \rightarrow \quad A_{p,tot} = 2250 \text{ mm}^2 / \text{campata}$$



Ad ogni cavo verrà assegnata una forza di precompressione pari a 210 kN.

### 6.2.3 Campata tipo 3

Si procede con il calcolo del numero di cavi nella campata avente luce di carico 7.80 m e lunghezza pari a 15 m. La forza di precompressione al netto delle perdite è pari a:

$$P_{m0} = \frac{q \cdot l^2}{8f} = 2579.10 \text{ kN}$$

Considerando:

$$q = 5.00 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 7.80 \text{ m} = 39 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \quad l = 7.80 \text{ m} \quad f = 0.115 \text{ m}$$

Su un tratto di cavo della lunghezza di 7.50 m si va ora a stimare le perdite per attrito:

$$e^{-\mu(\vartheta+kx)} = 0.95$$

Considerando:

$$\mu = 0.06 \quad \vartheta = 0.75 \text{ rad} \quad k = 0.01$$

Pertanto si può approssimare in fase di predimensionamento che le perdite di attrito siano stimate pari circa al 5%. La forza di precompressione assumerà pertanto il valore:

$$P_{m\mu} = P_{m0} \cdot 1.05 = 2708.05 \text{ kN}$$

Considerando le perdite lente pari al 25%, la forza di precompressione finale sarà pari a:

$$P_{mT} = P_{m\mu} \cdot 1.25 = 3385.07 \text{ kN}$$

Si determina il numero di cavi di precompressione valutando la tensione nell' acciaio da precompressione considerando le limitazioni per lo stato limite si esercizio (si tiene in considerazione la tensione maggiore):

$$\sigma_{p0} = 0.85 \cdot f_{p0.1k} = 1419 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p0} = 0.75 \cdot f_{pk} = 1395 \text{ MPa}$$

$$A_p = \frac{P_{mT}}{\sigma_{p0}} = 2385.53 \text{ mm}^2$$



$$n^{\circ} \text{ Cavi} = \frac{A_p}{\text{Sez. cavo}} = 16 \text{ Cavi} \quad \rightarrow \quad A_{p,tot} = 2400 \text{ mm}^2 / \text{campata}$$

Ad ogni cavo verrà assegnata una forza di precompressione pari a 210 kN.

#### 6.2.4 Campata tipo 4

Si procede con il calcolo del numero di cavi nella campata avente luce di carico 7.80 m e lunghezza pari a 7.50 m. La forza di precompressione al netto delle perdite è pari a:

$$P_{m0} = \frac{q \cdot l^2}{8f} = 2384.51 \text{ kN}$$

Considerando:

$$q = 5.00 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 7.80 \text{ m} = 39 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \quad l = 7.50 \text{ m} \quad f = 0.115 \text{ m}$$

Su un tratto di cavo della lunghezza di 3.75 m si va ora a stimare le perdite per attrito:

$$e^{-\mu(\vartheta+kx)} = 0.995$$

Considerando:

$$\mu = 0.06 \quad \vartheta = 0.12 \text{ rad} \quad k = 0.01$$

Pertanto si può approssimare in fase di predimensionamento che le perdite di attrito siano stimate pari circa al 0.5%. La forza di precompressione assumerà pertanto il valore:

$$P_{m\mu} = P_{m0} \cdot 1.005 = 2396.45 \text{ kN}$$

Considerando le perdite lente pari al 25%, la forza di precompressione finale sarà pari a:

$$P_{mT} = P_{m\mu} \cdot 1.25 = 2995.54 \text{ kN}$$

Si determina il numero di cavi di precompressione valutando la tensione nell' acciaio da precompressione considerando le limitazioni per lo stato limite si esercizio (si tiene in considerazione la tensione maggiore):

$$\sigma_{p0} = 0.85 \cdot f_{p0.1k} = 1419 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p0} = 0.75 \cdot f_{pk} = 1395 \text{ MPa}$$



$$A_p = \frac{P_{mT}}{\sigma_{p0}} = 2111.02 \text{ mm}^2$$

$$n^\circ \text{ Cavi} = \frac{A_p}{\text{Sez. cavo}} = 15 \text{ Cavi} \quad \rightarrow \quad A_{p,tot} = 2250 \text{ mm}^2 / \text{campata}$$

Ad ogni cavo verrà assegnata una forza di precompressione pari a 210 kN.

### 6.2.5 Campata tipo 5

Si procede con il calcolo del numero di cavi nella campata avente luce di carico 7.80 m e lunghezza pari a 4.80 m. La forza di precompressione al netto delle perdite è pari a:

$$P_{m0} = \frac{q \cdot l^2}{8f} = 976.70 \text{ kN}$$

Considerando:

$$q = 5.00 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 7.80 \text{ m} = 39 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \quad l = 4.80 \text{ m} \quad f = 0.115 \text{ m}$$

Su un tratto di cavo della lunghezza di 2.40 m si va ora a stimare le perdite per attrito:

$$e^{-\mu(\vartheta+kx)} = 0.995$$

Considerando:

$$\mu = 0.06 \quad \vartheta = 0.09 \text{ rad} \quad k = 0.01$$

Pertanto si può approssimare in fase di predimensionamento che le perdite di attrito siano stimate pari circa al 0.5%. La forza di precompressione assumerà pertanto il valore:

$$P_{m\mu} = P_{m0} \cdot 1.005 = 981.50 \text{ kN}$$

Considerando le perdite lente pari al 25%, la forza di precompressione finale sarà pari a:

$$P_{mT} = P_{m\mu} \cdot 1.25 = 1227 \text{ kN}$$

Si determina il numero di cavi di precompressione valutando la tensione nell' acciaio da precompressione considerando le limitazioni per lo stato limite si esercizio (si tiene in considerazione la tensione maggiore):





$$\sigma_{p0} = 0.85 \cdot f_{p0.1k} = 1419 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p0} = 0.75 \cdot f_{pk} = 1395 \text{ MPa}$$

$$A_p = \frac{P_{mT}}{\sigma_{p0}} = 865 \text{ mm}^2$$

$$n^\circ \text{ Cavi} = \frac{A_p}{\text{Sez. cavo}} = 6 \text{ Cavi} \quad \rightarrow \quad A_{p,tot} = 900 \text{ mm}^2 / \text{campata}$$

Ad ogni cavo verrà assegnata una forza di precompressione pari a 210 kN.

Dai calcoli sopra eseguiti, si può notare come venga mantenuta costante la forza di precompressione a discapito della variazione del numero dei cavi.

Analizzate le diverse situazioni e calcolato il relativo numero di cavi si procede con una prima valutazione delle armature da predisporre nella piastra di altezza pari a 200 mm.

## 6.3 Calcolo con metodo semplificato

### 6.3.1 Introduzione

Le piastre, come già definito, hanno un comportamento prettamente flessionale. Lo stato tensionale può essere determinato attraverso il calcolo approssimato, il quale, per piastre a più campi su appoggi puntuali, può essere eseguito andando a considerare due strisce di piastre ortogonali fra loro e di larghezza rispettivamente pari a  $l_x$  e  $l_y$ , ovvero le luci della piastra in direzione  $x$  e  $y$ . Queste strisce potranno essere studiate separatamente e trattate come sistemi di travi continue o come telai sui quali insistono le medesime combinazioni di carico nella posizione più sfavorevole. Tale procedura può essere considerata solo nel momento in cui sia rispettata la relazione:

$$0.75 \leq l_x / l_y \leq 1.33$$

Nel caso in esame, essendo la piastra dimensionata su modulo 7,80 x 7,80 m, può essere utilizzato tale metodo.

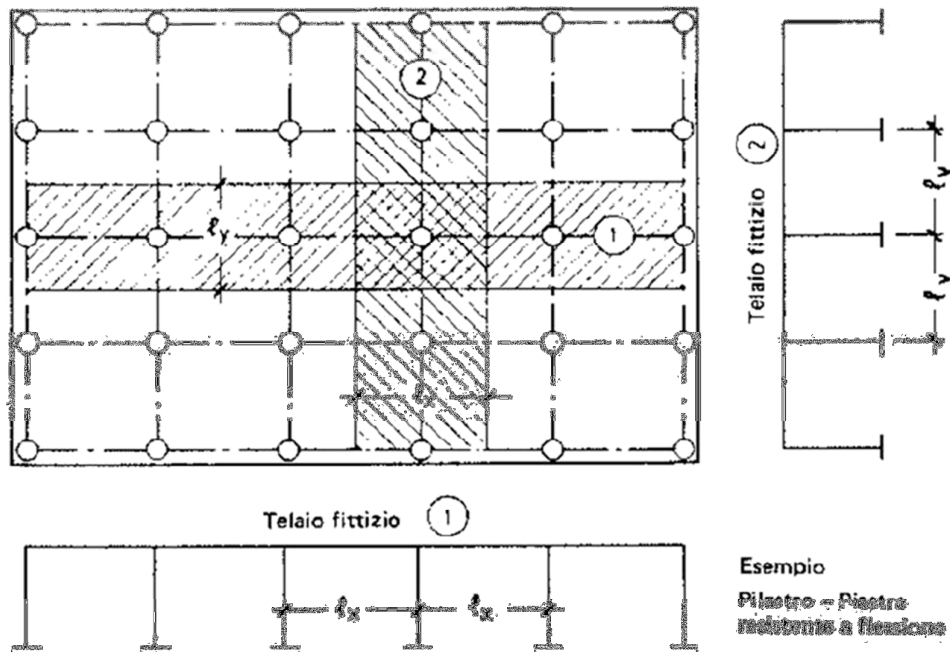


Fig. 32 - Individuazione strisce metodo semplificato

Si procede quindi a schematizzare la striscia di piastra secondo il metodo proposto da Leonhardt [5]. Tale metodo suddivide il campo di solaio secondo una *striscia di campo* centrale pari al 60% della luce e due *strisce di bordo* laterali pari al 20% della luce per ciascuna delle due strisce (Fig. 33) (suddivisa a sua volta in due parti). Nei campi esterni si procede con l'eliminare la striscia di bordo più esterna e ad assegnare un valore pari alla striscia di campo pari al 80% della luce. Nella striscia di campo, il 50% delle armature vengono portate fino agli assi dei pilastri. Nelle suddette strisce vengono assegnati i seguenti valori di momento:

Sezione	Striscia	Aliquota momento
Sezione su pilastro	Primi 10% di bordo	$2.1 M_{ed}^- / \text{luce}$
	Secondi 10% di bordo	$1.4 M_{ed}^- / \text{luce}$
	Striscia di campo	$0.5 M_{ed}^- / \text{luce}$
Sezione in campata	Striscia di bordo	$1.25 M_{ed}^+ / \text{luce}$
	Striscia di campo	$0.84 M_{ed}^+ / \text{luce}$

Tab. 21 - Aliquote momenti agenti

Viene riportato in Fig. 33 tale schema di suddivisione della piastra e i valori di momento da attribuire ad ogni singola zona.

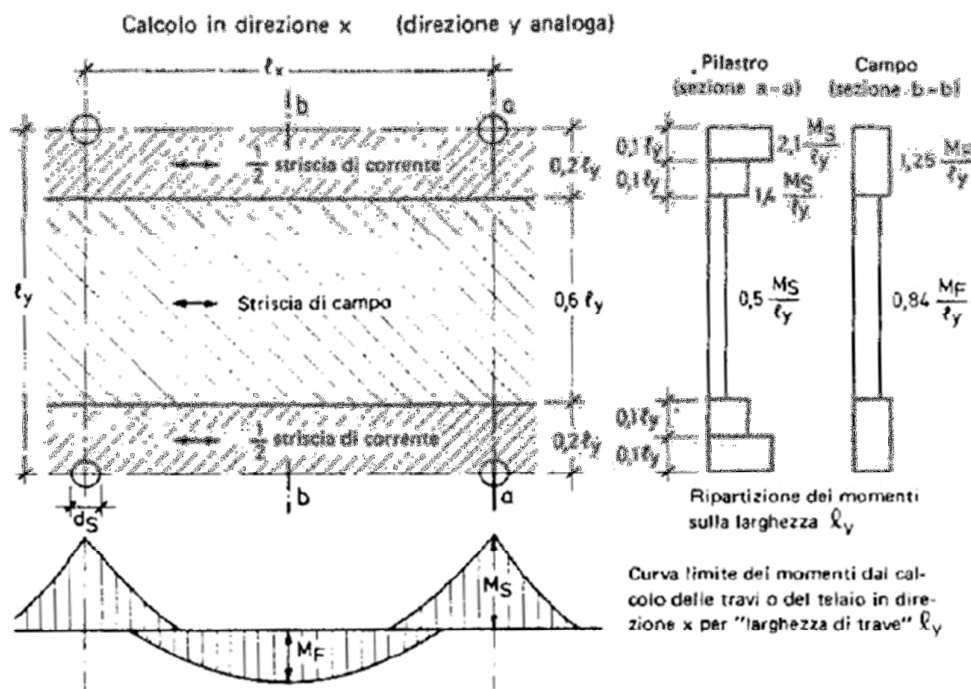


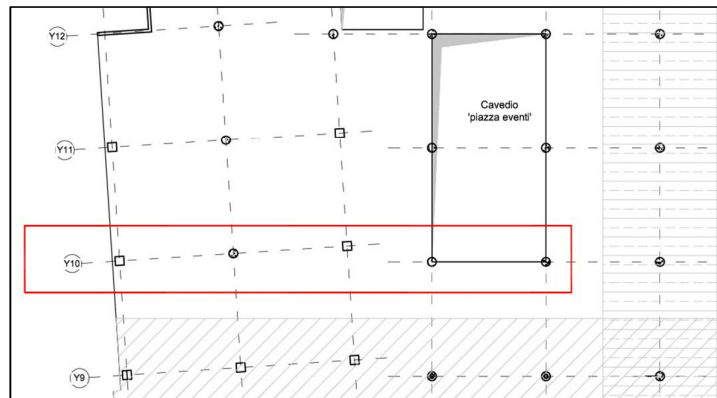
Fig. 33 - Aliquote momenti agenti

I valori di momento agli appoggi così determinati non verranno arrotondati per considerare l'effetto della presenza del pilastro ma verranno considerati tali e quali in quanto si tratta di valori di dimensionamento.

### 6.3.2 Calcolo del solaio - Armatura

Si procede ora nel calcolo del solaio attraverso il metodo semplificato. In questa fase progettuale sono state introdotte delle semplificazioni alla geometria della piastra, senza le quali sarebbe risultato impossibile proseguire con la determinazione del regime tensionale dell'elemento. Tali semplificazioni, indicate in Fig 34, sono le seguenti:

- la geometria del foro, presente al centro della piastra, viene assunta come rettangolare;
- il filare di pilastri, visto il piccolo scostamento tra gli elementi stessi, viene assunto come rettilineo.



**Fig. 34 - Semplificazioni piastra**

Partendo dalla pianta strutturale del piano rialzato (Fig. 35), si individuano le strisce che verranno analizzate, ovvero:

- Strisce centrali X1 e Y1;
- Striscia di bordo X2 e Y2.

Si riporta ora tale schematizzazione nelle due direzioni:



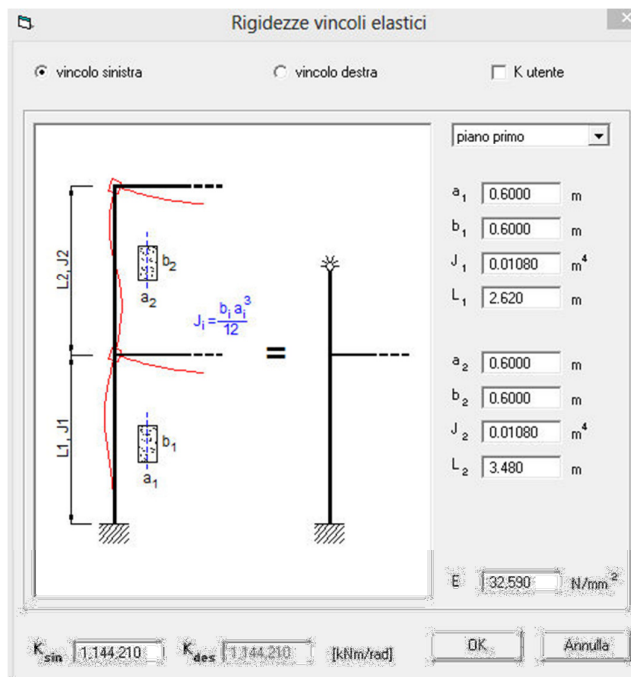
**Fig. 35 - Individuazione strisce di calcolo**

Si procede quindi alla determinazione delle azioni interne attraverso il programma 'TraveConDwg' schematizzando la striscia di solaio come un telaio piano, in modo da considerare l' influenza sul comportamento statico offerta dai pilastri i quali sono realizzati con geometria quadrata 60 x 60 cm e circolare di diametro 60 cm. Considerando la schematizzazione delle strisce a telaio equivalente si impostano i valori di rigidità degli elementi terminali e si procede quindi al calcolo. I carichi agenti sulle strisce di solaio sono riportati qui di seguito:

Zona	Carico	$kN/m^2$
Uffici	$G_k$	7.49
	$Q_{k1}$	3.00
Spazio Aperto	$G_k$	7.77
	$Q_{k1}$	3.00
	$Q_{k2}$ (neve)	1.10

**Tab. 22 - Carichi agenti**

Tali carichi saranno depurati dal contributo della precompressione che assorbe, come ipotizzato in precedenza, il peso proprio della struttura.



**Fig. 36 - Schematizzazione a telaio**



Nel caso degli stati limite ultimi, viene considerata l'ipotesi di redistribuzione dei momenti agenti assumendo un rapporto tra momento pre e post redistribuzione compreso nell'intervallo:

$$0.70 \leq \delta \leq 1.00$$

Essendo  $\delta$  ricavato dalla seguente formulazione:

$$\delta \geq 0.44 + 1.25 \cdot \left( 0.6 + \frac{0.0014}{\varepsilon_{cu}} \right) \cdot \frac{x}{d} \quad \text{per } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

Viene assunto nel caso in questione un valore pari a 0.85, il quale evita una profondità dell'asse neutro relativamente bassa. Una volta determinato l'andamento del momento flettente si procede al calcolo dell'armatura a flessione. La quantità di armatura da assegnare ad ogni parte della striscia viene determinata attraverso la formula:

$$A_s = \frac{m}{0.9 \cdot d \cdot f_{yd}}$$

Tali valori dovranno comunque essere superiori al valore ricavato attraverso la seguente relazione:

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_y} \cdot b \cdot d \geq 0.0013 \cdot b \cdot d$$

Si procede con un valore di altezza utile della sezione di altezza totale pari a 20 cm così come determinato attraverso il metodo della snellezza limite. Il passo delle barre di armatura longitudinale dovrà rispettare il requisito di spaziatura massima pari a 3 h ( $\leq 400$  mm) per quanto riguarda l' armatura principali e di 3.5 h ( $\leq 450$  mm) per l' armatura secondaria dove h rappresenta l' altezza della sezione.

Si procede ora al calcolo delle diverse strisce di solaio.

**Striscia centrale X1.** Striscia di solaio caratterizzata da sette campate; sulle prime e ultime due campate agiscono i carichi della destinazione uffici, mentre sulle campate centrali agiscono i carichi dello spazio aperto. Come si nota in Fig. 35 si ha una riduzione della luce in corrispondenza della terza campata da 7.80 m a 5.85 m. Il metodo approssimato è ancora valido in quanto il rapporto tra la luce in direzione x (5.85 m) e in direzione y (7.80 m) rispetta il valore limite inferiore di 0.75. Si procede quindi all' inserimento dei

valori all'interno del programma TraviConDwg considerando la struttura a telaio. I risultati dell' analisi vengono riportati qui di seguito.

Diagramma momento allo SLU:

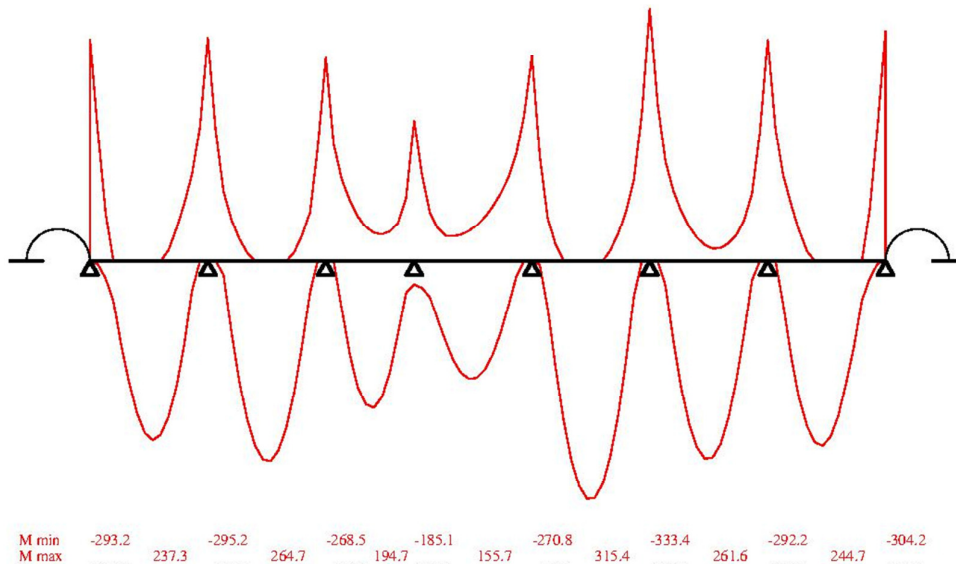


Fig. 37 - Diagramma momento SLU: striscia centrale X1

In base ai valori di momento espressi in Fig. 37 si ottengono le seguenti quantità di armatura longitudinale:

Striscia di calcolo - X1											
<b>Momenti Campata 1</b>			$M_{sx}$	293.20	kNm	$m_{sx}^-$	37.59	kNm/m			
Luce $l_v$	7.8	m	$M^+$	237.30		$m^+$	30.42				
			$M_{dx}$	295.20		$m_{dx}^-$	37.85		d (mm)	154	
Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}^-$ )											
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm			
0.1 $l_v$	0.8	2.1	78.94	1456.63	293.5733	10	φ14	1540	1φ14/	8	
0.1 $l_v$	0.8	1.4	52.63	971.09	293.5733	8	φ14	1232	1φ14/	10	
0.6 $l_v$	4.6	0.5	18.79	346.82	1731.33	18	φ12	2034	1φ12/	25	
Sezione in campata ( $m^+$ )											
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm			
0.2 $l_v$	1.6	1.25	38.03	701.74	587.1466	8	φ12	904	1φ12/	20	
0.6 $l_v$	4.6	0.84	25.56	471.57	1731.33	18	φ12	2034	1φ12/	25	
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}^-$ )											
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm			
0.1 $l_v$	0.8	2.1	79.48	1466.56	293.5733	10	φ14	1540	1φ14/	8	
0.1 $l_v$	0.8	1.4	52.98	977.71	293.5733	8	φ14	1232	1φ14/	10	
0.6 $l_v$	4.6	0.5	18.92	349.18	1731.33	18	φ12	2034	1φ12/	25	
<b>Momenti Campata 2</b>			$M_{sx}$	295.20	kNm	$m_{sx}^-$	37.85	kNm/m			
Luce $l_v$	7.8	m	$M^+$	264.70		$m^+$	33.94				
			$M_{dx}$	268.50		$m_{dx}^-$	34.42		d (mm)	154	
Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}^-$ )											



Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	79.48	1466.56	293.5733	10	φ14	1540	1φ14/	8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	52.98	977.71	293.5733	8	φ14	1232	1φ14/	10
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	18.92	349.18	1731.33	18	φ12	2034	1φ12/	25
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.2 l <sub>v</sub>	1.6	1.25	42.42	782.76	587.1466	8	φ12	904	1φ12/	20
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.84	28.51	526.02	1731.33	18	φ12	2034	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	72.29	1333.92	293.5733	10	φ14	1540	1φ14/	8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	48.19	889.28	293.5733	8	φ12	904	1φ12/	10
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	17.21	317.60	1731.33	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Momenti Campata 3</b>			<b>M<sub>sx</sub></b>	<b>268.50</b>	kNm	<b>m<sub>sx</sub></b>	<b>34.42</b>	kNm/m		
			<b>M<sup>+</sup></b>	<b>194.70</b>		<b>m<sup>+</sup></b>	<b>24.96</b>			
			<b>M<sub>dx</sub></b>	<b>185.10</b>		<b>m<sub>dx</sub></b>	<b>23.73</b>			
Luce l <sub>v</sub>	7.8	m								
Sezione sx su pilastro (m <sub>sx</sub> )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	72.29	1333.92	293.5733	10	φ14	1540	1φ14/	8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	48.19	889.28	293.5733	8	φ12	904	1φ12/	10
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	17.21	317.60	1731.33	18	φ12	2034	1φ12/	25
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.2 l <sub>v</sub>	1.6	1.25	31.20	575.76	587.1466	8	φ12	904	1φ12/	20
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.84	20.97	386.91	1731.33	18	φ12	2034	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	49.83	919.58	293.5733	8	φ14	1232	1φ14/	10
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	33.22	613.06	293.5733	8	φ12	904	1φ12/	10
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	11.87	218.95	1731.33	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Momenti Campata 4</b>			<b>M<sub>sx</sub></b>	<b>185.10</b>	kNm	<b>m<sub>sx</sub></b>	<b>47.46</b>	kNm/m		
			<b>M<sup>+</sup></b>	<b>155.70</b>		<b>m<sup>+</sup></b>	<b>39.92</b>			
			<b>M<sub>dx</sub></b>	<b>270.80</b>		<b>m<sub>dx</sub></b>	<b>69.44</b>			
Luce l <sub>v</sub>	3.9	m								
Sezione sx su pilastro (m <sub>sx</sub> )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	99.67	1839.17	293.5733	16	φ12	1808	1φ12/	5
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	66.45	1226.11	293.5733	8	φ14	1232	1φ12/	10
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	23.73	437.90	1731.33	18	φ12	2034	1φ12/	25
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.2 l <sub>v</sub>	1.6	1.25	49.90	920.86	587.1466	10	φ12	1130	1φ12/	15
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.84	33.54	618.82	1731.33	18	φ12	2034	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	145.82	2690.69	293.5733	16	φ16	3216	1φ16/	5
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	97.21	1793.79	293.5733	16	φ12	1808	1φ12/	5
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	34.72	640.64	1731.33	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Momenti Campata 5</b>			<b>M<sub>sx</sub></b>	<b>270.80</b>	kNm	<b>m<sub>sx</sub></b>	<b>34.72</b>	kNm/m		
			<b>M<sup>+</sup></b>	<b>315.40</b>		<b>m<sup>+</sup></b>	<b>40.44</b>			
			<b>M<sub>dx</sub></b>	<b>333.40</b>		<b>m<sub>dx</sub></b>	<b>42.74</b>			
Luce l <sub>v</sub>	7.8	m								
Sezione sx su pilastro (m <sub>sx</sub> )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	72.91	1345.34	293.5733	8	φ16	1608	1φ16/	10
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	48.61	896.90	293.5733	8	φ12	904	1φ12/	10
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	17.36	320.32	1731.33	18	φ12	2034	1φ12/	25



Sezione in campata ( $m^+$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.2 $l_v$	1.6	1.25	50.54	932.69	587.1466	10	$\phi 12$	1130	1 $\phi 12$ /	15
0.6 $l_v$	4.6	0.84	33.97	626.77	1731.33	18	$\phi 12$	2034	1 $\phi 12$ /	25
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}^-$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 $l_v$	0.8	2.1	89.76	1656.34	293.5733	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	5
0.1 $l_v$	0.8	1.4	59.84	1104.23	293.5733	10	$\phi 12$	1130	1 $\phi 12$ /	8
0.6 $l_v$	4.6	0.5	21.37	394.37	1731.33	18	$\phi 12$	2034	1 $\phi 12$ /	25
<b>Momenti Campata 6</b>			$M_{sx}$	<b>333.40</b>	kNm	$m_{sx}$	<b>42.74</b>	kNm/m	d (mm)   154	
Luce $l_v$   7.8   m			$M^+$	<b>261.60</b>		$m^+$	<b>33.54</b>			
			$M_{dx}$	<b>292.20</b>		$m_{dx}$	<b>37.46</b>			
Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}^-$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 $l_v$	0.8	2.1	89.76	1656.34	293.5733	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	5
0.1 $l_v$	0.8	1.4	59.84	1104.23	293.5733	10	$\phi 12$	1130	1 $\phi 12$ /	8
0.6 $l_v$	4.6	0.5	21.37	394.37	1731.33	18	$\phi 12$	2034	1 $\phi 12$ /	26
Sezione in campata ( $m^+$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.2 $l_v$	1.6	1.25	41.92	773.59	587.1466	8	$\phi 12$	904	1 $\phi 12$ /	20
0.6 $l_v$	4.6	0.84	28.17	519.86	1731.33	18	$\phi 12$	2034	1 $\phi 12$ /	25
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}^-$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 $l_v$	0.8	2.1	78.67	1451.66	293.5733	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	5
0.1 $l_v$	0.8	1.4	52.45	967.77	293.5733	10	$\phi 12$	1130	1 $\phi 12$ /	8
0.6 $l_v$	4.6	0.5	18.73	345.63	1731.33	18	$\phi 12$	2034	1 $\phi 12$ /	25
<b>Momenti Campata 7</b>			$M_{sx}$	<b>292.20</b>	kNm	$m_{sx}$	<b>37.46</b>	kNm/m	d (mm)   154	
Luce $l_v$   7.8   m			$M^+$	<b>244.70</b>		$m^+$	<b>31.37</b>			
			$M_{dx}$	<b>304.20</b>		$m_{dx}$	<b>39.00</b>			
Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}^-$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 $l_v$	0.8	2.1	78.67	1451.66	293.5733	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	5
0.1 $l_v$	0.8	1.4	52.45	967.77	293.5733	10	$\phi 12$	1130	1 $\phi 12$ /	8
0.6 $l_v$	4.6	0.5	18.73	345.63	1731.33	18	$\phi 12$	2034	1 $\phi 12$ /	25
Sezione in campata ( $m^+$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.2 $l_v$	1.6	1.25	39.21	723.62	587.1466	8	$\phi 12$	904	1 $\phi 12$ /	20
0.6 $l_v$	4.6	0.84	26.35	486.27	1731.33	18	$\phi 12$	2034	1 $\phi 12$ /	25
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}^-$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 $l_v$	0.8	2.1	81.90	1511.28	293.5733	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	5
0.1 $l_v$	0.8	1.4	54.60	1007.52	293.5733	10	$\phi 12$	1130	1 $\phi 12$ /	8
0.6 $l_v$	4.6	0.5	19.50	359.83	1731.33	18	$\phi 12$	2034	1 $\phi 12$ /	25

Tab. 23 - Calcolo armatura: striscia centrale X1

**Striscia di bordo X2.** Si va ora a studiare l' andamento dei diagrammi di momento e taglio e il dimensionamento delle armature sulla striscia di bordo. Le campate hanno luce pari a 7.80 m a meno della seconda e terza campata le quali hanno luce rispettivamente pari a 6.18 m e 5.85 m. Le ultime due campate sono assoggettate ai carichi della zona uffici mentre le rimanenti ai carichi della zona su spazio aperto. A differenza del precedente

caso, trattandosi di una campata di bordo, si avrà una luce di carico dimezzata. I risultati dell' analisi vengono riportati qui di seguito.

Diagramma momento allo SLU:

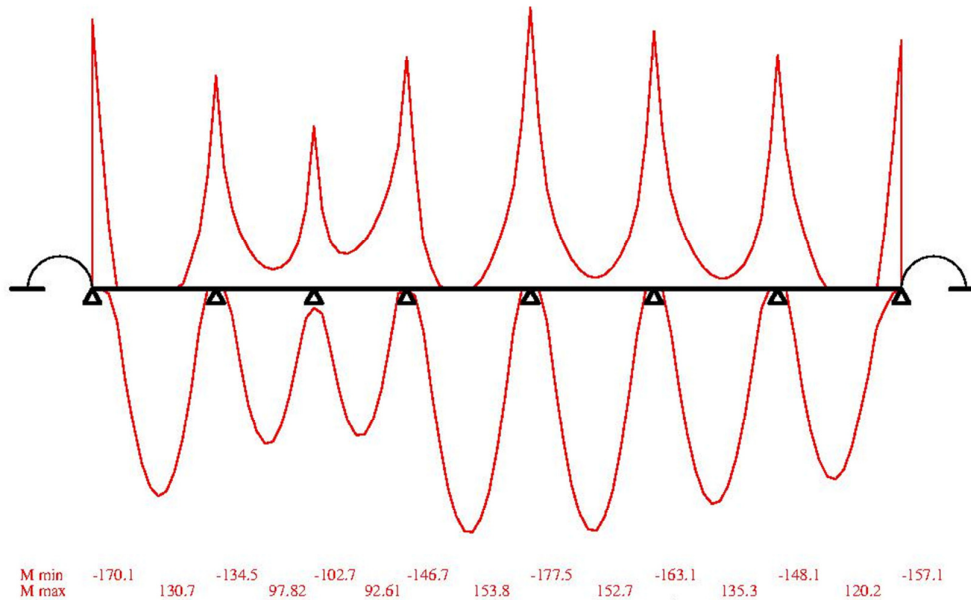


Fig. 38 - Diagramma momento SLU: striscia di bordo X2

In base ai valori di momento espressi in Fig. 38 si ottengono le seguenti quantità di armatura longitudinale:

Striscia di calcolo - X2										
<b>Momenti Campata 1</b>			$M_{sx}$	170.10	kNm	$m_{sx}$	43.62	kNm/m		
Luce $l_v$	3.9	m	$M^+$	130.70		$m^+$	33.51			
			$M_{dx}$	134.50		$m_{dx}$	34.49		d (mm)	154
Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
0.1 $l_v$	0.8	2.1	91.59	1690.13	293.5733	15	φ12	1695	1φ12/	5
0.1 $l_v$	0.8	1.4	61.06	1126.75	293.5733	10	φ12	1130	1φ12/	8
0.6 $l_v$	2.3	0.5	21.81	402.41	865.6648	7	φ14	1078	1φ12/	30
Sezione in campata ( $m^+$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
0.2 $l_v$	1.6	1.25	41.89	773.00	587.1466	8	φ12	904	1φ12/	20
0.6 $l_v$	2.3	0.84	28.15	519.46	865.6648	7	φ14	1078	1φ14/	30
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
0.1 $l_v$	0.8	2.1	72.42	1336.40	293.5733	10	φ14	1540	1φ14/	8
0.1 $l_v$	0.8	1.4	48.28	890.93	293.5733	8	φ12	904	1φ12/	10
0.6 $l_v$	2.3	0.5	17.24	318.19	865.6648	7	φ14	1078	1φ14/	30
<b>Momenti Campata 2</b>			$M_{sx}$	134.50	kNm	$m_{sx}$	34.49	kNm/m		
Luce $l_v$	3.9	m	$M^+$	97.82		$m^+$	25.08			
			$M_{dx}$	102.70		$m_{dx}$	26.33		d (mm)	154



Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 $l_v$	0.8	2.1	72.42	1336.40	293.5733	10	$\phi 14$	1540	1 $\phi 14$ /	8
0.1 $l_v$	0.8	1.4	48.28	890.93	293.5733	8	$\phi 12$	904	1 $\phi 12$ /	10
0.6 $l_v$	2.3	0.5	17.24	318.19	865.6648	7	$\phi 14$	1078	1 $\phi 14$ /	30
Sezione in campata ( $m^+$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.2 $l_v$	1.6	1.25	31.35	578.54	587.1466	6	$\phi 12$	678	1 $\phi 12$ /	25
0.6 $l_v$	2.3	0.84	21.07	388.78	865.6648	7	$\phi 14$	1078	1 $\phi 14$ /	30
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 $l_v$	0.8	2.1	55.30	1020.43	293.5733	8	$\phi 14$	1232	1 $\phi 14$ /	10
0.1 $l_v$	0.8	1.4	36.87	680.29	293.5733	8	$\phi 12$	904	1 $\phi 12$ /	10
0.6 $l_v$	2.3	0.5	13.17	242.96	865.6648	7	$\phi 14$	1078	1 $\phi 14$ /	30
<b>Momenti Campata 3</b>			$M_{sx}$	<b>102.70</b>	kNm	$m_{sx}$	<b>26.33</b>	kNm/m		
			$M^+$	<b>92.61</b>		$m^+$	<b>23.75</b>			
Luce $l_v$	3.9	m	$M_{dx}$	<b>146.70</b>		$m_{dx}$	<b>37.62</b>			
Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 $l_v$	0.8	2.1	55.30	1020.43	293.5733	8	$\phi 14$	1232	1 $\phi 14$ /	10
0.1 $l_v$	0.8	1.4	36.87	680.29	293.5733	8	$\phi 12$	904	1 $\phi 12$ /	10
0.6 $l_v$	2.3	0.5	13.17	242.96	865.6648	7	$\phi 14$	1078	1 $\phi 14$ /	30
Sezione in campata ( $m^+$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.2 $l_v$	1.6	1.25	29.68	547.73	587.1466	6	$\phi 12$	678	1 $\phi 12$ /	25
0.6 $l_v$	2.3	0.84	19.95	368.07	865.6648	7	$\phi 14$	1078	1 $\phi 14$ /	30
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 $l_v$	0.8	2.1	78.99	1457.62	293.5733	10	$\phi 14$	1540	1 $\phi 14$ /	8
0.1 $l_v$	0.8	1.4	52.66	971.75	293.5733	8	$\phi 12$	1232	1 $\phi 12$ /	10
0.6 $l_v$	2.3	0.5	18.81	347.05	865.6648	7	$\phi 14$	1078	1 $\phi 14$ /	30
<b>Momenti Campata 4</b>			$M_{sx}$	<b>146.70</b>	kNm	$m_{sx}$	<b>37.62</b>	kNm/m		
			$M^+$	<b>153.80</b>		$m^+$	<b>39.44</b>			
Luce $l_v$	3.9	m	$M_{dx}$	<b>177.50</b>		$m_{dx}$	<b>45.51</b>			
Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 $l_v$	0.8	2.1	78.99	1457.62	293.5733	10	$\phi 14$	1540	1 $\phi 14$ /	8
0.1 $l_v$	0.8	1.4	52.66	971.75	293.5733	8	$\phi 12$	1232	1 $\phi 12$ /	10
0.6 $l_v$	2.3	0.5	18.81	347.05	865.6648	7	$\phi 14$	1078	1 $\phi 14$ /	30
Sezione in campata ( $m^+$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.2 $l_v$	1.6	1.25	49.29	909.62	587.1466	10	$\phi 12$	1130	1 $\phi 12$ /	15
0.6 $l_v$	2.3	0.84	33.13	611.27	865.6648	7	$\phi 14$	1078	1 $\phi 14$ /	30
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 $l_v$	0.8	2.1	95.58	1763.65	293.5733	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	5
0.1 $l_v$	0.8	1.4	63.72	1175.77	293.5733	8	$\phi 14$	1232	1 $\phi 14$ /	10
0.6 $l_v$	2.3	0.5	22.76	419.92	865.6648	7	$\phi 14$	1078	1 $\phi 14$ /	30
<b>Momenti Campata 5</b>			$M_{sx}$	<b>177.50</b>	kNm	$m_{sx}$	<b>45.51</b>	kNm/m		
			$M^+$	<b>152.70</b>		$m^+$	<b>39.15</b>			
Luce $l_v$	3.9	m	$M_{dx}$	<b>163.10</b>		$m_{dx}$	<b>41.82</b>			
Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}$ )										
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As $mm^2$	As min $mm^2$	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
0.1 $l_v$	0.8	2.1	95.58	1763.65	293.5733	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	5
0.1 $l_v$	0.8	1.4	63.72	1175.77	293.5733	8	$\phi 14$	1232	1 $\phi 14$ /	10

0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.5	22.76	419.92	865.6648	7	φ14	1078	1φ14/	30
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.2 l <sub>v</sub>	1.6	1.25	48.94	903.12	587.1466	10	φ12	1130	1φ12/	15
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.84	32.89	606.90	865.6648	7	φ14	1078	1φ14/	30
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>-dx</sup>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	87.82	1620.57	293.5733	16	φ12	1808	1φ12/	5
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	58.55	1080.38	293.5733	10	φ12	1130	1φ12/	8
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.5	20.91	385.85	865.6648	7	φ14	1078	1φ14/	30
<b>Momenti Campata 6</b>			<b>M<sub>sx</sub></b>	<b>163.10</b>	<b>kNm</b>	<b>m<sub>sx</sub></b>	<b>41.82</b>	<b>kNm/m</b>		
			<b>M*</b>	<b>135.30</b>		<b>m*</b>	<b>34.69</b>			
<b>Luce l<sub>v</sub></b>			<b>M<sub>dx</sub></b>	<b>148.10</b>		<b>m<sub>dx</sub></b>	<b>37.97</b>			
3.9		m							d (mm)	154
<b>Sezione sx su pilastro (m<sup>-sx</sup>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	87.82	1620.57	293.5733	16	φ12	1808	1φ12/	5
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	58.55	1080.38	293.5733	10	φ12	1130	1φ12/	8
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.5	20.91	385.85	865.6648	7	φ14	1078	1φ14/	30
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.2 l <sub>v</sub>	1.6	1.25	43.37	800.21	587.1466	10	φ12	1130	1φ12/	15
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.84	29.14	537.74	865.6648	7	φ14	1078	1φ14/	30
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>-dx</sup>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	79.75	1471.53	293.5733	16	φ12	1808	1φ12/	5
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	53.16	981.02	293.5733	10	φ12	1130	1φ12/	8
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.5	18.99	350.36	865.6648	7	φ14	1078	1φ14/	30
<b>Momenti Campata 7</b>			<b>M<sub>sx</sub></b>	<b>148.10</b>	<b>kNm</b>	<b>m<sub>sx</sub></b>	<b>37.97</b>	<b>kNm/m</b>		
			<b>M*</b>	<b>120.20</b>		<b>m*</b>	<b>30.82</b>			
<b>Luce l<sub>v</sub></b>			<b>M<sub>dx</sub></b>	<b>157.10</b>		<b>m<sub>dx</sub></b>	<b>40.28</b>			
3.9		m							d (mm)	154
<b>Sezione sx su pilastro (m<sup>-sx</sup>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	79.75	1471.53	293.5733	16	φ12	1808	1φ12/	5
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	53.16	981.02	293.5733	10	φ12	1130	1φ12/	8
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.5	18.99	350.36	865.6648	7	φ14	1078	1φ14/	30
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.2 l <sub>v</sub>	1.6	1.25	38.53	710.90	587.1466	10	φ12	1130	1φ12/	15
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.84	25.89	477.73	865.6648	7	φ14	1078	1φ14/	30
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>-dx</sup>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	84.59	1560.96	293.5733	16	φ12	1808	1φ12/	5
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	56.39	1040.64	293.5733	10	φ12	1130	1φ12/	8
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.5	20.14	371.66	865.6648	7	φ14	1078	1φ14/	30

Tab. 24 - Calcolo armatura: striscia di bordo X2

**Striscia direzione Y1:** striscia di solaio composta anch' essa da sette campate di luce 7.80 m. Sulle prime cinque campate insistono per metà larghezza i carichi della zona uffici e per l'altra metà i carichi dello spazio aperto mentre sulle ultime due agiscono i carichi della zona uffici. I risultati dell' analisi vengono riportati qui di seguito.

Diagramma momento allo SLU:

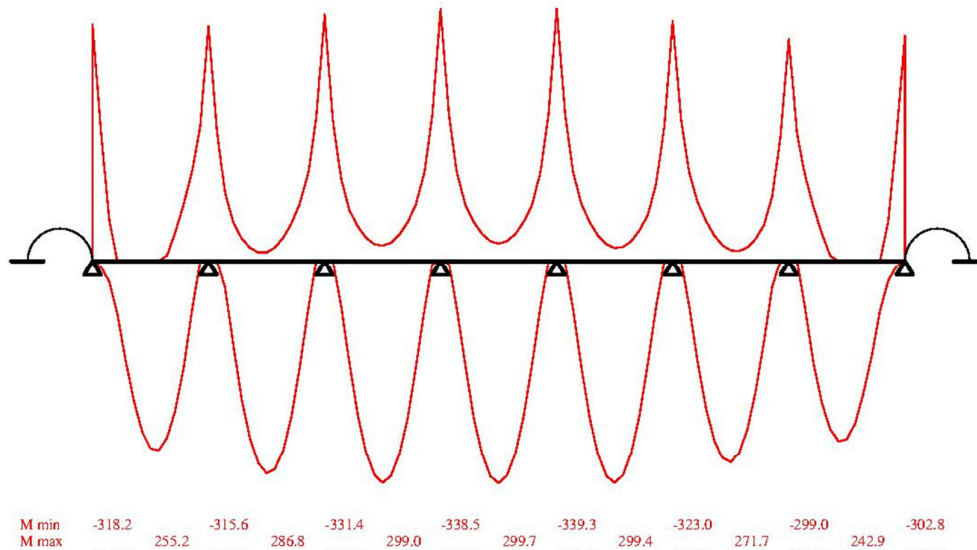


Fig. 39 - Diagramma momento SLU: striscia centrale Y1

In base ai valori di momento espressi in Fig. 39 si ottengono le seguenti quantità di armatura longitudinale:

Striscia di calcolo - Y1													
<b>Momenti Campata 1</b>			$M_{sx}^-$	318.20	kNm	$m_{sx}^-$	40.79	kNm/m					
			$M^+$	255.20		$m^+$	32.72						
			$M_{dx}^-$	315.60		$m_{dx}^-$	40.46						
Luce $l_v$	7.8	m										d (mm)	168
Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}^-$ )													
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm					
0.1 $l_v$	0.8	2.1	85.67	1449.09	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/	8			
0.1 $l_v$	0.8	1.4	57.11	966.06	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/	10			
0.6 $l_v$	4.6	0.5	20.40	345.02	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25			
Sezione in campata ( $m^+$ )													
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm					
0.2 $l_v$	1.6	1.25	40.90	691.78	640.5235	8	φ12	904	1φ12/	20			
0.6 $l_v$	4.6	0.84	27.48	464.88	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25			
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}^-$ )													
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm					
0.1 $l_v$	0.8	2.1	84.97	1437.25	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/	8			
0.1 $l_v$	0.8	1.4	56.65	958.17	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/	10			
0.6 $l_v$	4.6	0.5	20.23	342.20	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25			
<b>Momenti Campata 2</b>			$M_{sx}^-$	315.60	kNm	$m_{sx}^-$	40.46	kNm/m					
			$M^+$	286.80		$m^+$	36.77						
			$M_{dx}^-$	331.40		$m_{dx}^-$	42.49						
Luce $l_v$	7.8	m										d (mm)	168
Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}^-$ )													
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm					
0.1 $l_v$	0.8	2.1	84.97	1437.25	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/	8			



0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	56.65	958.17	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/	10
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	20.23	342.20	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.2 l <sub>v</sub>	1.6	1.25	45.96	777.44	640.5235	8	φ12	904	1φ12/	20
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.84	30.89	522.44	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	89.22	1509.21	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/	8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	59.48	1006.14	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/	10
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	21.24	359.33	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Momenti Campata 3</b>			<b>M<sub>sx</sub></b>	<b>331.40</b>	<b>kNm</b>	<b>m<sub>sx</sub></b>	<b>42.49</b>	<b>kNm/m</b>		
			<b>M<sup>+</sup></b>	<b>299.00</b>		<b>m<sup>+</sup></b>	<b>38.33</b>			
<b>Luce l<sub>v</sub></b>	<b>7.8</b>	<b>m</b>	<b>M<sub>dx</sub></b>	<b>338.50</b>		<b>m<sub>dx</sub></b>	<b>43.40</b>		<b>d (mm)</b>	<b>168</b>
<b>Sezione sx su pilastro (m<sub>sx</sub>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	89.22	1509.21	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/	8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	59.48	1006.14	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/	10
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	21.24	359.33	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.2 l <sub>v</sub>	1.6	1.25	47.92	810.51	640.5235	8	φ12	904	1φ12/	20
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.84	32.20	544.66	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	91.13	1541.54	320.2618	16	φ12	1808	1φ12/	5
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	60.76	1027.69	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/	10
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	21.70	367.03	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Momenti Campata 4</b>			<b>M<sub>sx</sub></b>	<b>338.50</b>	<b>kNm</b>	<b>m<sub>sx</sub></b>	<b>43.40</b>	<b>kNm/m</b>		
			<b>M<sup>+</sup></b>	<b>299.70</b>		<b>m<sup>+</sup></b>	<b>38.42</b>			
<b>Luce l<sub>v</sub></b>	<b>7.8</b>	<b>m</b>	<b>M<sub>dx</sub></b>	<b>339.30</b>		<b>m<sub>dx</sub></b>	<b>43.50</b>		<b>d (mm)</b>	<b>168</b>
<b>Sezione sx su pilastro (m<sub>sx</sub>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	91.13	1541.54	320.2618	16	φ12	1808	1φ12/	5
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	60.76	1027.69	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/	10
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	21.70	367.03	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.2 l <sub>v</sub>	1.6	1.25	48.03	812.41	640.5235	10	φ12	1130	1φ12/	15
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.84	32.28	545.94	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	91.35	1545.18	320.2618	16	φ12	1808	1φ12/	5
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	60.90	1030.12	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/	10
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	21.75	367.90	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Momenti Campata 5</b>			<b>M<sub>sx</sub></b>	<b>339.30</b>	<b>kNm</b>	<b>m<sub>sx</sub></b>	<b>43.50</b>	<b>kNm/m</b>		
			<b>M<sup>+</sup></b>	<b>299.40</b>		<b>m<sup>+</sup></b>	<b>38.38</b>			
<b>Luce l<sub>v</sub></b>	<b>7.8</b>	<b>m</b>	<b>M<sub>dx</sub></b>	<b>323.00</b>		<b>m<sub>dx</sub></b>	<b>41.41</b>		<b>d (mm)</b>	<b>168</b>
<b>Sezione sx su pilastro (m<sub>sx</sub>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	91.35	1545.18	320.2618	16	φ12	1808	1φ12/	5
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	60.90	1030.12	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/	10
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	21.75	367.90	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	

0.2 l <sub>v</sub>	1.6	1.25	47.98	811.59	640.5235	10	φ12	1130	1φ12/	15
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.84	32.24	545.39	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	86.96	1470.95	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/	8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	57.97	980.64	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/	10
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	20.71	350.23	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Momenti Campata 6</b>			<b>M<sub>sx</sub></b>	<b>323.00</b>	<b>kNm</b>	<b>m<sub>sx</sub></b>	<b>41.41</b>	<b>kNm/m</b>		
			<b>M<sup>+</sup></b>	<b>271.70</b>		<b>m<sup>+</sup></b>	<b>34.83</b>			
<b>Luce l<sub>v</sub></b>			<b>M<sub>dx</sub></b>	<b>299.00</b>		<b>m<sub>dx</sub></b>	<b>38.33</b>			
<b>Sezione sx su pilastro (m<sub>sx</sub>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	86.96	1470.95	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/	8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	57.97	980.64	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/	10
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	20.71	350.23	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.2 l <sub>v</sub>	1.6	1.25	43.54	736.51	640.5235	8	φ12	904	1φ12/	20
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.84	29.26	494.93	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	80.50	1361.66	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/	8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	53.67	907.77	320.2618	10	φ12	1130	1φ12/	8
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	19.17	324.20	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Momenti Campata 7</b>			<b>M<sub>sx</sub></b>	<b>299.00</b>	<b>kNm</b>	<b>m<sub>sx</sub></b>	<b>38.33</b>	<b>kNm/m</b>		
			<b>M<sup>+</sup></b>	<b>242.90</b>		<b>m<sup>+</sup></b>	<b>31.14</b>			
<b>Luce l<sub>v</sub></b>			<b>M<sub>dx</sub></b>	<b>302.80</b>		<b>m<sub>dx</sub></b>	<b>38.82</b>			
<b>Sezione sx su pilastro (m<sub>sx</sub>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	80.50	1361.66	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/	8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	53.67	907.77	320.2618	10	φ12	1130	1φ12/	8
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	19.17	324.20	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.2 l <sub>v</sub>	1.6	1.25	38.93	658.44	640.5235	6	φ12	678	1φ12/	25
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.84	26.16	442.47	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>										
<b>Estensione zona di calcolo [m]</b>		<b>Aliquota momento</b>	<b>Valore kNm/m</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>	<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	81.52	1378.96	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/	8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	54.35	919.31	320.2618	10	φ12	1130	1φ12/	8
0.6 l <sub>v</sub>	4.6	0.5	19.41	328.32	1888.723	18	φ12	2034	1φ12/	25

Tab. 25 - Calcolo armatura: striscia centrale Y1

**Striscia di bordo Y2.** Si va ora a studiare l' andamento dei momenti e il dimensionamento delle armature sulla striscia di bordo in direzione Y. Le campate hanno luce pari a 7.80 m. Le prime due sono assoggettate ai carichi della zona su spazio aperto mentre le rimanenti ai carichi della zona uffici. A differenza dei precedenti casi un vincolo terminale sarà rappresentato da un incastro, in quanto tale striscia termina in prossimità del muro in calcestruzzo armato del vano scala. I risultati dell' analisi vengono riportati qui di seguito.

Diagramma momento allo SLU:

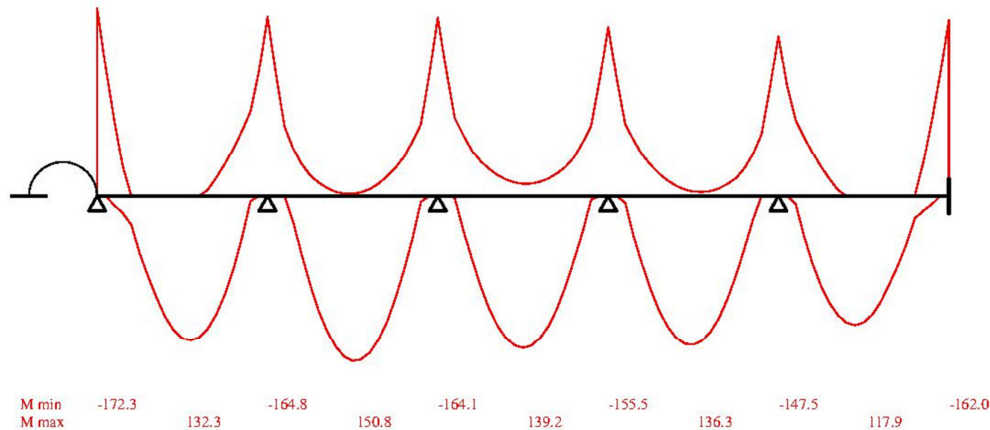


Fig. 40 - Diagramma momento SLU: striscia di bordo Y2

In base ai valori di momento espressi in Fig. 40 si ottengono le seguenti quantità di armatura longitudinale:

Striscia di calcolo - Y2										
<b>Momenti Campata 1</b>			$M_{sx}^-$	172.30	kNm	$m_{sx}^-$	44.18	kNm/m		
			$M^+$	132.30		$m^+$	33.92			
Luce $l_v$	3.9	m	$M_{dx}^-$	164.80		$m_{dx}^-$	42.26		d (mm)	168
Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}^-$ )										
Estensione zona di calcolo [m]	Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm			
0.1 $l_v$	0.8	2.1	92.78	1569.32	320.2618	16	φ12	1808	1φ14/	5
0.1 $l_v$	0.8	1.4	61.85	1046.21	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/	10
0.6 $l_v$	2.3	0.5	22.09	373.65	944.3616	7	φ14	1078	1φ14/	30
Sezione in campata ( $m^+$ )										
Estensione zona di calcolo [m]	Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm			
0.2 $l_v$	1.6	1.25	42.40	717.26	640.5235	8	φ12	904	1φ12/	20
0.6 $l_v$	2.3	0.84	28.50	482.00	944.3616	11	φ12	1243	1φ12/	20
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}^-$ )										
Estensione zona di calcolo [m]	Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm			
0.1 $l_v$	0.8	2.1	88.74	1501.01	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/	8
0.1 $l_v$	0.8	1.4	59.16	1000.67	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/	10
0.6 $l_v$	2.3	0.5	21.13	357.38	944.3616	7	φ14	1078	1φ14/	30
<b>Momenti Campata 2</b>			$M_{sx}^-$	164.80	kNm	$m_{sx}^-$	42.26	kNm/m		
			$M^+$	150.80		$m^+$	38.67			
Luce $l_v$	3.9	m	$M_{dx}^-$	164.10		$m_{dx}^-$	42.08		d (mm)	168
Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}^-$ )										
Estensione zona di calcolo [m]	Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm			
0.1 $l_v$	0.8	2.1	88.74	1501.01	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/	8
0.1 $l_v$	0.8	1.4	59.16	1000.67	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/	10
0.6 $l_v$	2.3	0.5	21.13	357.38	944.3616	7	φ14	1078	1φ14/	30
Sezione in campata ( $m^+$ )										
Estensione zona di calcolo [m]	Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm			
0.2 $l_v$	1.6	1.25	48.33	817.56	640.5235	8	φ12	904	1φ12/	20
0.6 $l_v$	2.3	0.84	32.48	549.40	944.3616	11	φ12	1243	1φ12/	20
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}^-$ )										
Estensione zona di	Aliquota	Valore	As	As min	n°Ferri	As,eff	Passo cm			



calcolo [m]		momento	kNm/m	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>				
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	88.36	1494.63	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/ 8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	58.91	996.42	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/ 10
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.5	21.04	355.87	944.3616	7	φ14	1078	1φ14/ 30
<b>Momenti Campata 3</b>			<b>M<sub>sx</sub></b>	<b>164.10</b>	kNm	<b>m<sub>sx</sub></b>	<b>42.08</b>	kNm/m	d (mm)
Luce l <sub>v</sub>	3.9	m	<b>M<sup>+</sup></b>	<b>139.20</b>		<b>m<sup>+</sup></b>	<b>35.69</b>		
			<b>M<sub>dx</sub></b>	<b>155.50</b>		<b>m<sub>dx</sub></b>	<b>39.87</b>		
<b>Sezione sx su pilastro (m<sub>sv</sub>)</b>									
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	88.36	1494.63	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/ 8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	58.91	996.42	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/ 10
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.5	21.04	355.87	944.3616	7	φ14	1078	1φ14/ 30
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm
0.2 l <sub>v</sub>	1.6	1.25	44.62	754.67	640.5235	8	φ12	904	1φ12/ 20
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.84	29.98	507.14	944.3616	11	φ12	1243	1φ12/ 20
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	83.73	1416.30	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/ 8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	55.82	944.20	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/ 10
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.5	19.94	337.22	944.3616	7	φ14	1078	1φ14/ 30
<b>Momenti Campata 4</b>			<b>M<sub>sx</sub></b>	<b>155.50</b>	kNm	<b>m<sub>sx</sub></b>	<b>39.87</b>	kNm/m	d (mm)
Luce l <sub>v</sub>	3.9	m	<b>M<sup>+</sup></b>	<b>136.30</b>		<b>m<sup>+</sup></b>	<b>34.95</b>		
			<b>M<sub>dx</sub></b>	<b>147.50</b>		<b>m<sub>dx</sub></b>	<b>37.82</b>		
<b>Sezione sx su pilastro (m<sub>sv</sub>)</b>									
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	83.73	1416.30	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/ 8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	55.82	944.20	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/ 10
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.5	19.94	337.22	944.3616	7	φ14	1078	1φ14/ 30
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm
0.2 l <sub>v</sub>	1.6	1.25	43.69	738.95	640.5235	8	φ12	904	1φ12/ 20
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.84	29.36	496.57	944.3616	11	φ12	1243	1φ12/ 20
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	79.42	1343.44	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/ 8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	52.95	895.63	320.2618	8	φ12	904	1φ12/ 10
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.5	18.91	319.87	944.3616	7	φ14	1078	1φ14/ 30
<b>Momenti Campata 5</b>			<b>M<sub>sx</sub></b>	<b>147.50</b>	kNm	<b>m<sub>sx</sub></b>	<b>37.82</b>	kNm/m	d (mm)
Luce l <sub>v</sub>	3.9	m	<b>M<sup>+</sup></b>	<b>117.90</b>		<b>m<sup>+</sup></b>	<b>30.23</b>		
			<b>M<sub>dx</sub></b>	<b>162.00</b>		<b>m<sub>dx</sub></b>	<b>41.54</b>		
<b>Sezione sx su pilastro (m<sub>sv</sub>)</b>									
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	79.42	1343.44	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/ 8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	52.95	895.63	320.2618	8	φ12	904	1φ12/ 10
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.5	18.91	319.87	944.3616	7	φ14	1078	1φ14/ 30
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm
0.2 l <sub>v</sub>	1.6	1.25	37.79	639.19	640.5235	8	φ12	904	1φ12/ 20
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.84	25.39	429.54	944.3616	11	φ12	1243	1φ12/ 20
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
Estensione zona di calcolo [m]		Aliquota momento	Valore kNm/m	As mm <sup>2</sup>	As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	2.1	87.23	1475.51	320.2618	10	φ14	1540	1φ14/ 8
0.1 l <sub>v</sub>	0.8	1.4	58.15	983.67	320.2618	8	φ14	1232	1φ14/ 10
0.6 l <sub>v</sub>	2.3	0.5	20.77	351.31	944.3616	7	φ14	1078	1φ14/ 30

Tab. 26 - Calcolo armatura: striscia di bordo Y2



## 6.4 Verifiche SLU - Carico Ultimo

Si procede ora con il calcolo sezionale dell' elemento piastra per valutare la resistenza ultima così come esposto nel Cap 3. Si va a considerare la campata individuata dai fili fissi x6 - x7 - y3 - y4 in quanto rappresenta una delle zone maggiormente caricate. Per tale campata si andrà a determinare il carico ultimo considerando la striscia di piastra di mezzzeria.

Il valore di calcolo del cavo è determinato come segue:

$$f_{pb} = f_{pe} + \Delta\sigma_p = (1220.67 + 100) \text{ MPa} = 1320.67 \text{ MPa}$$

Tale valore risulta al netto delle perdite. Si scrivono ora le condizioni di equilibrio per la sezione di campata. Tale sezione è armata con  $1\phi 12/250 \text{ mm}$  e in essa sono disposti due cavi di armatura di precompressione. L' equilibrio alla traslazione fornirà la seguente posizione dell' asse neutro:

$$f_{cd} \cdot b \cdot \bar{x} = A_s f_{yd} + A_p f_{pb}$$
$$\bar{x} = \frac{A_s f_{yd} + A_p f_{pb}}{f_{cd} \cdot b} = 34.72 \text{ mm}$$

Assunto un diagramma di calcolo parabola rettangolo si ha un valore di  $\beta=0.8$ , pertanto:

$$x = \frac{\bar{x}}{\beta} = 43.40 \text{ mm}$$

Considerando i valori:

$$z' = h - x - c - \phi_{tr}/2 = 123.75 \text{ mm} \quad z'' = h - x - c - \phi/2 = 124.6 \text{ mm}$$

Si scrive l' equazione di equilibrio alla rotazione, ottenendo così il valore del momento resistente della sezione considerata:

$$M_{Rd} = f_{cd} \cdot b \cdot \bar{x} \cdot \left(x - \frac{\bar{x}}{2}\right) + A_p \cdot f_{pb} \cdot z' + A_s \cdot f_{yd} \cdot z''$$
$$= (18.64 + 49.02 + 22.02) \frac{\text{kNm}}{\text{m}} = 89.70 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$



Dall' equazione scritta si può notare il contributo dominante fornito dalla presenza dell' armatura di precompressione la quale va a costituire circa il 55% del momento resistente della sezione. Si procede ora con il calcolo del carico ultimo. Si ipotizza in tale zona un collasso che avvenga secondo delle linee di plasticizzazione formatesi lungo le congiungenti del pilastro e la linea di mezzzeria della campata. Si effettua il calcolo in una sola direzione in quanto si tratta di sezioni ugualmente armate. Il carico ultimo sarà pari a:

$$P_u = 16 \frac{M_{pl}}{l^2} = 23.58 \text{ kN/m}^2$$

Si va quindi a paragonare il valore ottenuto con i carichi agenti in combinazione fondamentale (SLU):

$$1.3 (g_{k1} + g_{k2}) + 1.5(q_1 + 0.3 \cdot q_2) = 15.09 \text{ kN/m}^2 < P_u$$

La verifica risulta soddisfatta.

## 6.5 Verifiche SLU - Punzonamento

Data l' elevata snellezza dell' elemento, la verifica al punzonamento ricopre un aspetto fondamentale per l' elemento oggetto di studio. In base a quanto indicato nel Cap. 4 si procede ora alla verifica a punzonamento delle colonne sulle quali gravano i carichi più significativi al fine di valutare la bontà delle scelte progettuali adottate nella fase di dimensionamento. Pertanto si procederà al calcolo di un pilastro centrale, uno di bordo e un pilastro d' angolo in modo tale da valutare la stabilità dell' elemento in tutti i casi.

Punzonamento Pilastro Centrale			
Dati	Simbolo	Valore	
Coeff. Sicurezza CLS	$\gamma_c$	1,5	-
Resistenza a compressione cilindrica	$f_{ck}$	29,05	Mpa
Altezza sezione	$h$	200	mm
Altezza utile Dir.X	$d_x$	154	mm
Altezza utile Dir.Y	$d_y$	168	mm
Rapporto geometrico Dir.X	$\rho_{lx}$	0,015407165	
Rapporto geometrico Dir.Y	$\rho_{ly}$	0,008827022	
Forza longitudinale Dir.X singolo cavo	$N_{ed,x}$	197,24	kN
Forza longitudinale Dir.Y singolo cavo	$N_{ed,y}$	197,24	N
n°cavi in zona di verifica	$n$	17	
Estensione zona di verifica	$b_c$	7800	mm
Coeff. Combinazione precompressione	$K_1$	0,1	
Coeff. Posizione pilastro	$\beta$	1,15	
Area di influenza	$A_{infl}$	60,84	
Taglio agente	$V_{ed}$	918,44	kN
Perimetro critico	$u_i$	3908,14	mm
Calcolo parametri			
$C_{rd,c}$	0,12		
$d$	161		
$K$	2,11		
$\rho_l$	0,012		
$\sigma_{cx}$	2,15	Mpa	
$\sigma_{cy}$	2,15	Mpa	
$\sigma_{cp}$	2,15		
Verifica Punzonamento senza armatura a taglio			
$V_{Rd,c}$	1,04	>	$V_{min}+k_1\sigma_{cp}$ 0,79
$V_{ed}$	1,68		Non verificato

Tab. 27 - Verifica punzonamento: pilastro centrale

Punzonamento Pilastro di Bordo			
Dati	Simbolo	Valore	
Coeff. Sicurezza CLS	$\gamma_c$	1,5	-
Resistenza a compressione cilindrica	$f_{ck}$	29,05	Mpa
Altezza sezione	$h$	200	mm
Altezza utile Dir.X	$d_x$	154	mm
Altezza utile Dir.Y	$d_y$	168	mm
Rapporto geometrico Dir.X	$\rho_{lx}$	0,014993946	
Rapporto geometrico Dir.Y	$\rho_{ly}$	0,011707109	
Forza longitudinale Dir.X singolo cavo	$N_{ed,x}$	197,24	kN
Forza longitudinale Dir.Y singolo cavo	$N_{ed,y}$	197,24	kN
n°cavi in zona di verifica	$n_x$	2	
	$n_y$	4	
Estensione zona di verifica	$b_{cx}$	622	mm
	$b_{cy}$	1244	mm
Coeff. Combinazione precompressione	$K_1$	0,1	
Coeff. Posizione pilastro	$\beta$	1,4	
Area di influenza	$A_{infl}$	30,42	
Taglio agente	$V_{ed}$	459,22	kN
Perimetro critico	$u_i$	1954,07	mm
Calcolo parametri			
$C_{rd,c}$	0,12		
$d$	161		
$K$	2,11		
$\rho_l$	0,013		
$\sigma_{cx}$	3,17	Mpa	
$\sigma_{cy}$	3,17	Mpa	
$\sigma_{cp}$	3,17	Mpa	
Verifica Punzonamento senza armatura a taglio			
$V_{Rd,c}$	1,17	>	$V_{min}+k_1\sigma_{cp}$ 0,90
$V_{ed}$	2,04		Non verificato

Tab. 28 - Verifica punzonamento: pilastro di bordo



Punzonamento Pilastro d' angolo			
Dati	Simbolo	Valore	
Coeff. Sicurezza CLS	$\gamma_c$	1,5	-
Resistenza a compressione cilindrica	$f_{ck}$	29,05	Mpa
Altezza sezione	$h$	200	mm
Altezza utile Dir.X	$d_x$	154	mm
Altezza utile Dir.Y	$d_y$	168	mm
Rapporto geometrico Dir.X	$\rho_{lx}$	0,014056824	
Rapporto geometrico Dir.Y	$\rho_{ly}$	0,005853555	
Forza longitudinale Dir.X singolo cavo	$N_{ed,x}$	197,24	kN
Forza longitudinale Dir.Y singolo cavo	$N_{ed,y}$	197,24	kN
n°cavi in zona di verifica	$n_x$	2	
	$n_y$	2	
Estensione zona di verifica	$b_{cx}$	622	mm
	$b_{cy}$	622	mm
Coeff. Combinazione precompressione	$K_1$	0,1	
Coeff. Posizione pilastro	$\beta$	1,5	
Area di influenza	$A_{infl}$	15,21	
Taglio agente	$V_{ed}$	229,61	kN
Perimetro critico	$u_i$	977,04	mm
<b>Calcolo parametri</b>			
	$C_{rd,c}$	0,12	
	$d$	161	
	$K$	2,11	
	$\rho_l$	0,009	
	$\sigma_{cx}$	3,17	Mpa
	$\sigma_{cy}$	3,17	Mpa
	$\sigma_{cp}$	3,17	Mpa
<b>Verifica Punzonamento senza armatura a taglio</b>			
	$V_{Rd,c}$	1,07	> $V_{min}+k_1\sigma_{cp}$ 0,90
	$V_{ed}$	2,19	Non verificato

**Tab. 29 - Verifica punzonamento: pilastro d' angolo**

In questa fase ci si è limitati alla valutazione del soddisfacimento della verifica unitamente all' elemento privo di armatura al taglio. Come si evince dalle tabelle precedenti si dovrà disporre un quantitativo sufficiente ad assorbire le azioni taglianti. A tal proposito si rimanda al Cap. 7 relativo alle verifiche del modello agli elementi finiti.

Ottenuto un elemento piastra, dallo spessore di 20 cm si procede ora con il calcolo dell' impalcato attraverso la modellazione della struttura oggetto di tesi con l' utilizzo del programma agli elementi finiti MIDAS/Gen.



## 7. Calcolo FEM

### 7.1 Modellazione con il software MIDAS/Gen

Per l' analisi della struttura oggetto di tesi si è fatto ricorso al software 'MIDAS/Gen 2014 v.1.1'. Tale programma consente di risolvere un elevato numero di problematiche relative all' analisi e alla progettazione. Per la fase di modellazione il programma mette a disposizione svariati tipi di elementi (beam, truss, plate, ecc.), materiali, sezioni, condizioni di vincolo e tipi di carichi. Inoltre consente di effettuare analisi statiche e dinamiche lineari e non lineari secondo le normative vigenti per la progettazione di edifici ex-novo e il controllo e la verifica di edifici esistenti. Come si vedrà nel seguito, è possibile valutare gli effetti sulle strutture in funzione del tempo (per es. tensioni di precompressione dopo un determinato periodo di tempo). Oltre alla fase di pre-processing, ovvero la parte di modellazione dell' elemento, con il programma MIDAS/Gen è possibile controllare i risultati grazie alla restituzione dei risultati sia come grafici che come tabelle (displaying) che eseguire la fase di elaborazione e progettazione della struttura (post-processing). Una limitazione del programma è costituita proprio dalla fase di post-processing di piastre precomprese, le quali non sono gestite in modo automatico dal programma in fase di design. Pertanto nel seguito si procederà con la modellazione della piastra precompressa a cavi unbounded e all' estrapolazione dei risultati, i quali verranno valutati per la progettazione dell' elemento strutturale in questione.

#### 7.1.1 Costruzione del modello

Partendo dalle piante architettoniche dell' edificio è stata realizzata una riproduzione della struttura così come sarà realizzata. In prima battuta si sono definiti i materiali utilizzati per la progettazione:

- Calcestruzzo classe C25/30 per la struttura di elevazione verticale;
- Calcestruzzo classe C28/35 per la piastra;
- Materiale fittizio avente modulo elastico di due ordini di grandezza inferiore al calcestruzzo;
- Monotrefoli inguanati (le cui caratteristiche sono indicate nel Cap. 5)



Le sezioni impiegate nella modellazione sono:

- Sezione rettangolare 60x60 cm;
- Sezione circolare di diametro 60 cm;
- Travi fittizie rettangolari 5x5 cm;
- Sezioni di spessore 20 cm per la piastra;
- Sezione di spessore 25 cm per le pareti.

I pilastri sono stati modellati come elementi tipo 'beam', mentre le pareti e la piastra come elementi 'plate'. La struttura di elevazione verticale è stata vincolata a terra mediante vincolo di incastro. Particolare attenzione è stata posta nell' inserimento dei cavi di precompressione. Il software MIDAS/Gen prevede l' applicazione dei carichi equivalenti alla precompressione esclusivamente ad elementi di tipo 'beam'; pertanto prima di procedere con l' inserimento dei cavi si è reso necessario introdurre delle travi fittizie all' interno dell' elemento piastra lungo l' intero tracciato dei cavi. Tali travi fittizie sono caratterizzate da un modulo elastico di due ordini di grandezza inferiore al modulo elastico del calcestruzzo, in modo che tale elemento non vada a influenzare i risultati delle analisi. Per ottimizzare l' effetto offerto dalla tecnologia della precompressione si è studiato un tracciato ottimale, ovvero:

- lungo la sezione dei pilastri i cavi sono stati disposti concentrando il 60% dei cavi (30% per parte) in una striscia pari a  $0.2 l$  dal filo pilastro, dove  $l$  rappresenta la luce tra i pilastri, mentre nella parte rimanente, pari a  $0.6 l$ , il 40% dei cavi;
- lungo la sezione di mezzeria i cavi sono distribuiti in modo omogeneo.

Tali distribuzioni consentono di sfruttare al meglio l' effetto della precompressione sia in termini di momento agente che in termini di punzonamento. Di contro, tale scelta comporta un aumento delle perdite dovute all' attrito ed in particolare dovute alla deviazione angolare, la quale in condizioni di cavi rettilinei è costituita unicamente dalla componente verticale, mentre per la configurazione scelta è composta sia dalla componente verticale che dalla componente orizzontale. Nello schema distributivo scelto si è dovuto pertanto aumentare il diametro del cavo per consentire di ottenere lo stesso numero di cavi della distribuzione rettilinea, evitando di ottenere una distribuzione eccessivamente fitta. In Fig. 41 si riporta uno stralcio di tale suddivisione.

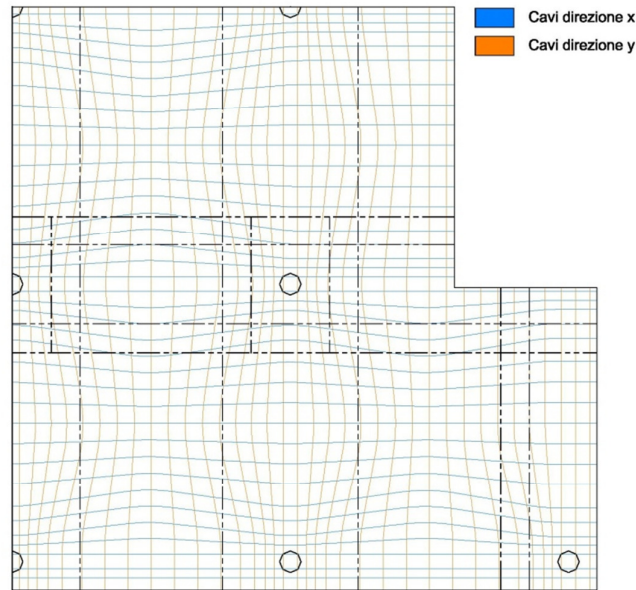


Fig. 41 - Stralcio disposizione dei cavi di precompressione

Si sono pertanto inseriti i cavi seguendo i passaggi che ora vengono illustrati:

- definizione delle proprietà geometriche e meccaniche del cavo attraverso la funzione 'Add/modify tendon property':

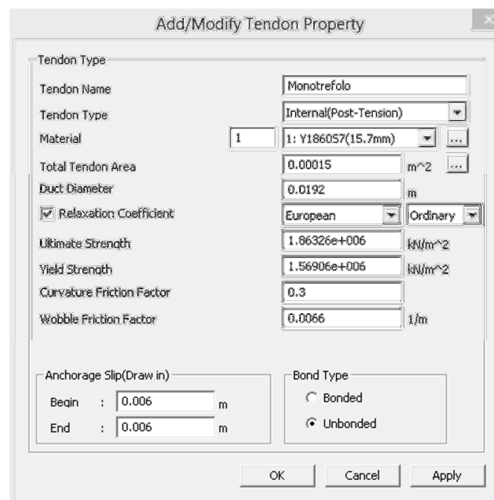


Fig. 42 - Proprietà cavi di precompressione

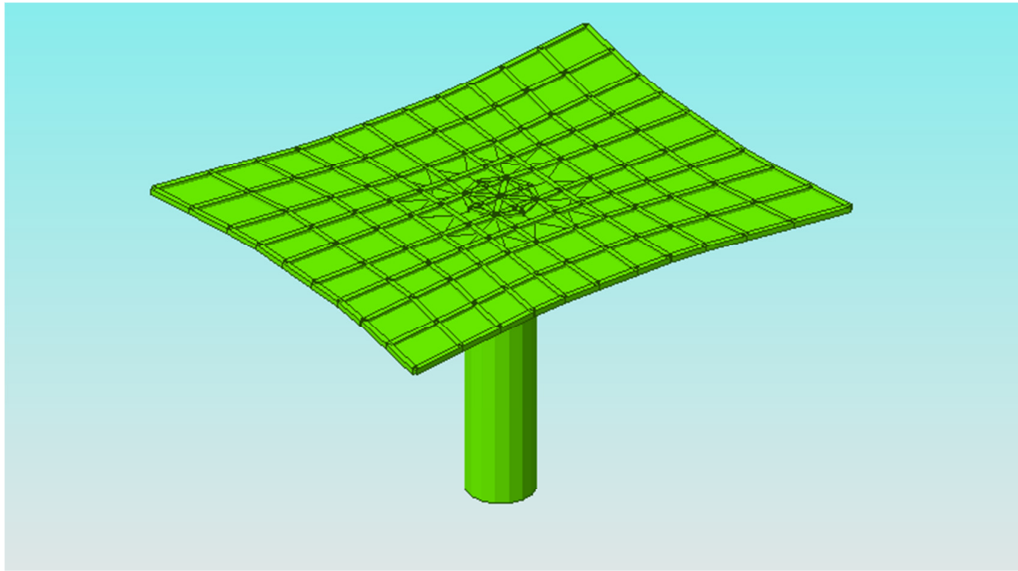


- Disposizione dei cavi il cui inserimento avviene assegnando coordinate geometriche x, y, z di ogni singolo cavo attraverso la funzione 'Add/modify tendon profile':
- Assegnazione delle forze di precompressione: i cavi vengono quindi assoggettati all' applicazione di una forza di precompressione applicata ai due estremi del cavo. La scelta di andare ad eseguire la tesatura dei cavi ad entrambi gli estremi è dettata dalla volontà di limitare le perdite di precompressione lungo il cavo, dimezzandone la lunghezza interessata dalla perdita.



**Fig. 43 - Disposizione cavi (a sinistra) e assegnazione forza di precompressione (a destra)**

Una volta definito lo sviluppo dei cavi si procede con la mesh dell' elemento piastra, per la quale si è sfruttato l' andamento stesso dei cavi come campi della mesh. Pertanto questo modo di procedere restituisce una mesh senza avere campi relativamente piccoli in campata e ottenendo campi ristretti in luogo delle zone di appoggio, nelle quali si è realizzata una mesh di dettaglio (Fig. 44) necessaria ad un miglior controllo dei risultati. La presenza dei pilastri consente inoltre di avere un andamento realistico delle tensioni, le quali, in assenza di tali elementi, avrebbero dei picchi di massima tensione che non rappresenterebbero la reale situazione tensionale. In questo modo si andrà a considerare il momento al filo del pilastro e non nell' asse baricentrico dello stesso.



*Fig. 44 - Mesh di dettaglio pilastro*

La fase di modellazione procede con l' inserimento dei carichi attraverso il comando 'pressure load' e le relative combinazioni di carico così come definito nel Cap. 5.

### **7.1.2 Construction Stage Analysis**

Per avere un miglior controllo delle tensioni anche in fase di realizzazione dell' intervento attraverso il software MIDAS/Gen è possibile effettuare una suddivisione del modello in fasi attraverso l' utilizzo del comando 'Construction stage analysis'. Prima di procedere con la costruzione di tali fasi è opportuno definire dei gruppi omogenei di strutture, di vincolo e di carico. Definiti tali gruppi, la construction stage analysis permette di andare a definire in un determinato arco temporale il momento in cui entrano in gioco le diverse tipologie di strutture (pilastri, pareti e piastra), i vincoli della struttura e i diversi gruppi di carico. Per la struttura oggetto di tesi si è deciso di procedere come segue:

- *Fase 1:* attivazione della struttura; a tale fase è stata attribuita una durata di 20 giorni, nella quale si attiverà l' intera struttura presa in considerazione, i vincoli a terra e il peso proprio della struttura stessa;
- *Fase 2:* prima fase di tesatura; a tale fase è stata attribuita una durata di 3 giorni, al termine dei quali avverrà una prima tesatura dei cavi applicando ad essi una forza di precompressione pari al 50% (105 kN per ogni cavo);



- Fase 3: ultimazione della fase di tesatura; a tale fase è stata attribuita una durata pari a 25 giorni, ovvero a maturazione del calcestruzzo avvenuta. Ai cavi viene pertanto assegnato il rimanente 50% della forza di precompressione.
- Fase 4: assegnazione dei carichi permanenti
- Fase 5: ultimazione lavori, ovvero comparsa dei carichi variabili.

Attraverso la suddivisione in fasi del modello sarà quindi possibile tenere sotto controllo le tensioni a seguito delle fasi di precompressione della piastra, soddisfacendo pertanto i requisiti imposti dalla normativa:

- Durante le fasi di precompressione

$$\sigma_c < 0.70 f_{ck}(t)$$

$$\sigma_c < 0.90 f_{ck}(t) \quad \textit{nelle zone di ancoraggio}$$

- In condizione di esercizio

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck} \quad \textit{in combinazione caratteristica}$$

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} \quad \textit{in combinazione quasi permanente}$$

## 7.2 Risultati Modellazione FEM

Il processo di analisi consente di estrapolare dal programma i seguenti diagrammi, considerando le combinazioni dei carichi definite in precedenza. In questa fase vengono presi in carico i risultati dell' analisi statica lineare. Per le verifiche in fase di esercizio (limitazione delle tensioni e delle deformazioni) oltre ai risultati della precedente analisi si considerano anche quelli ottenuti dalla construction stage analysis ovvero da un' analisi statica non lineare.

### 7.2.1 Stato Limite Ultimo - $M_{xx}$

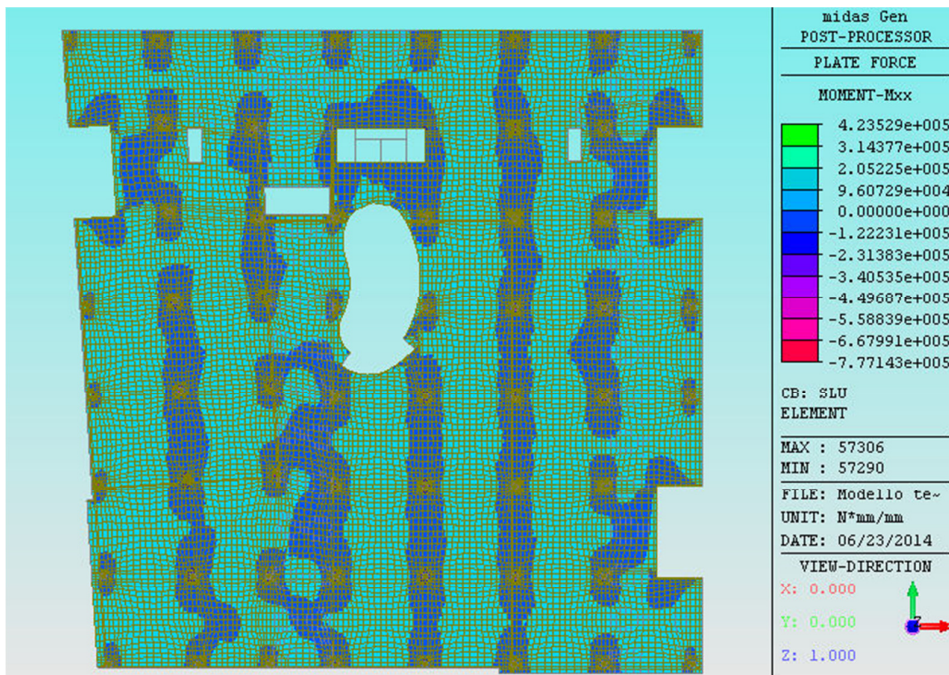


Fig. 45 - Risultati analisi - SLU:  $M_{xx}$

### 7.2.2 Stato Limite Ultimo - $M_{yy}$

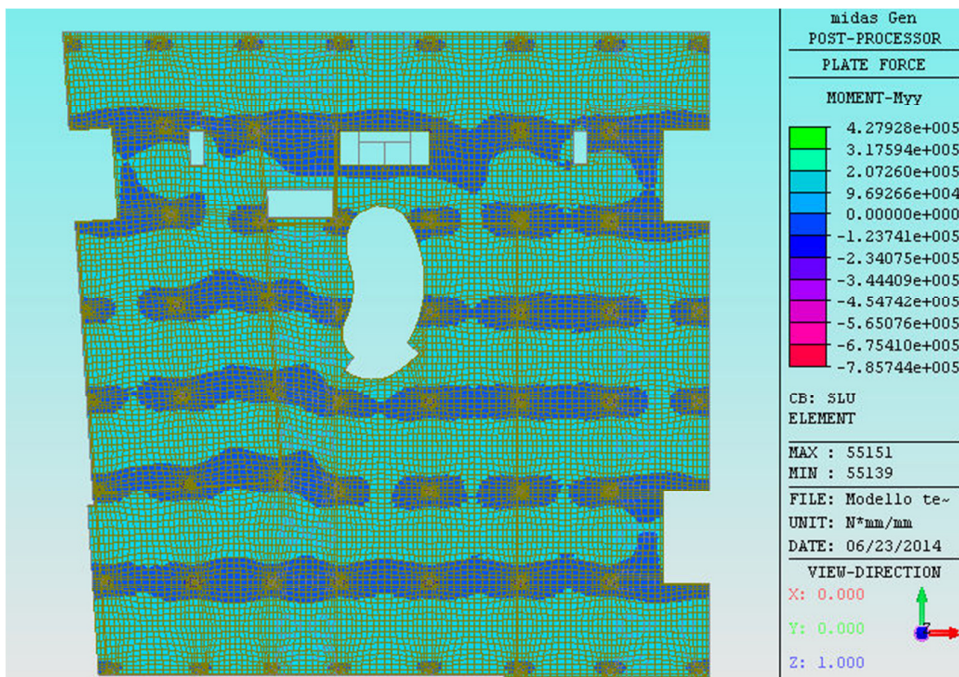


Fig. 46 - Risultati analisi - SLU:  $M_{yy}$

### 7.2.3 Stato Limite Ultimo - $M_{xy}$

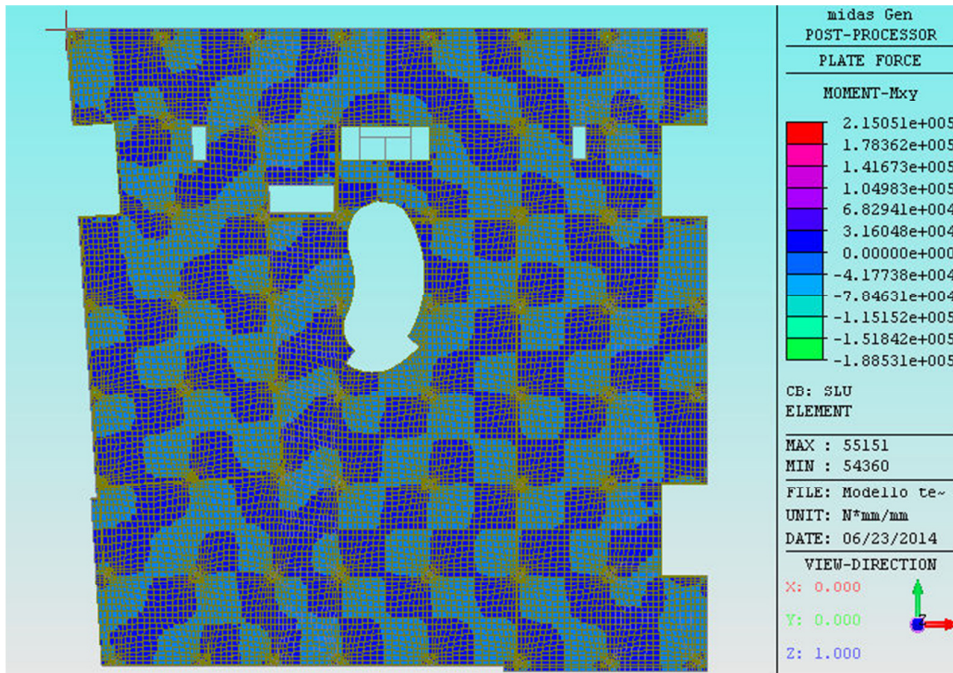


Fig. 47 - Risultati analisi - SLU:  $M_{xy}$

### 7.2.4 Stato Limite di Esercizio - Combinazione QP - $M_{xx}$

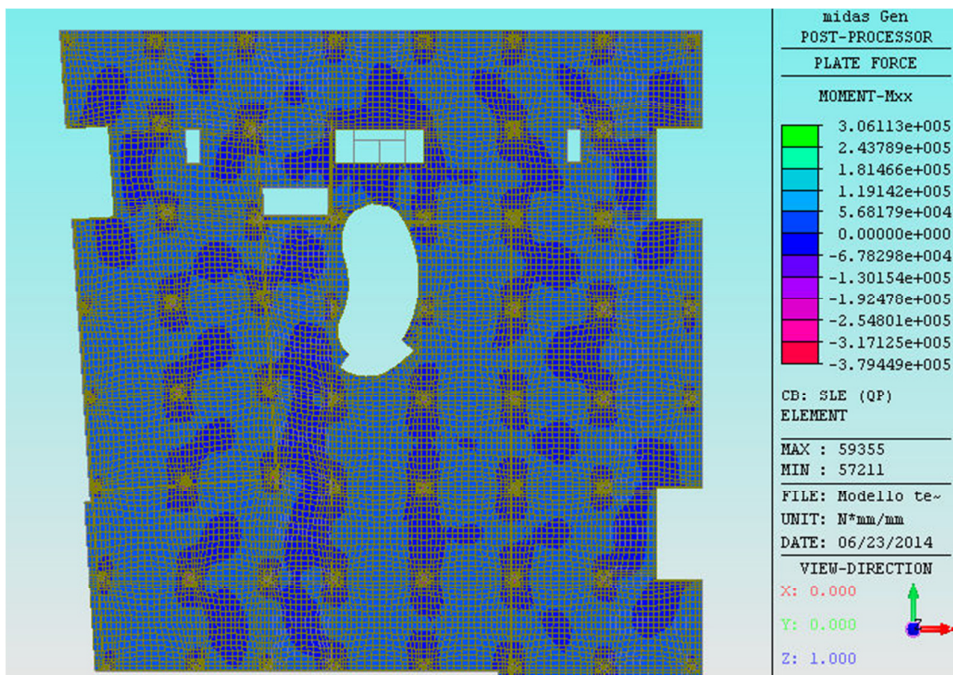


Fig. 48 - Risultati analisi - SLE quasi permanente:  $M_{xx}$

7.2.5 Stato Limite di Esercizio - Combinazione QP -  $M_{yy}$

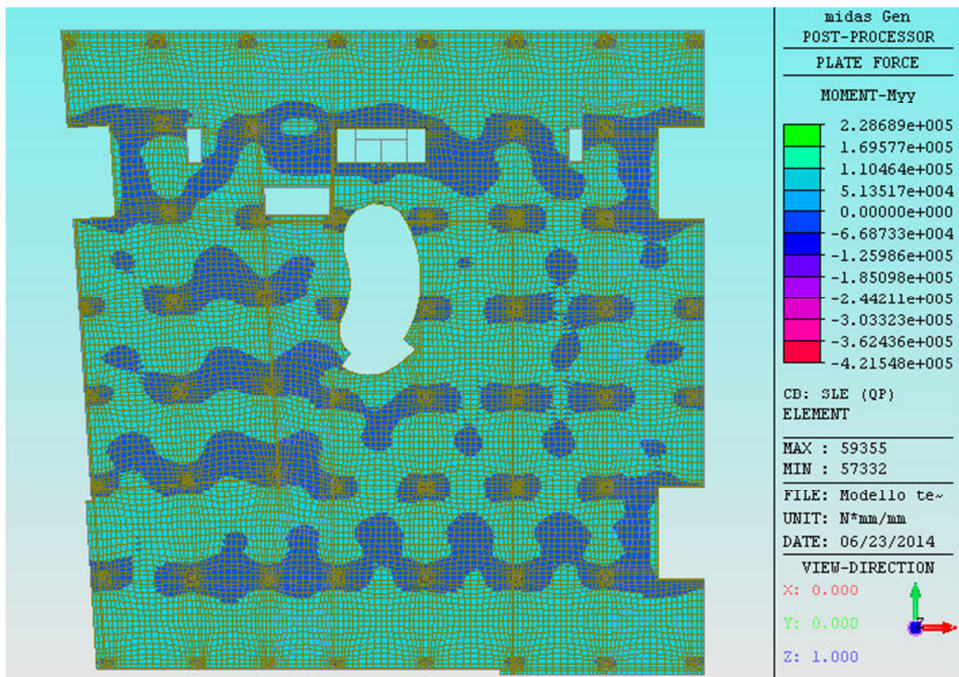


Fig. 49 - Risultati analisi - SLE quasi permanente:  $M_{yy}$

7.2.6 Stato Limite di Esercizio - Combinazione QP -  $M_{xy}$

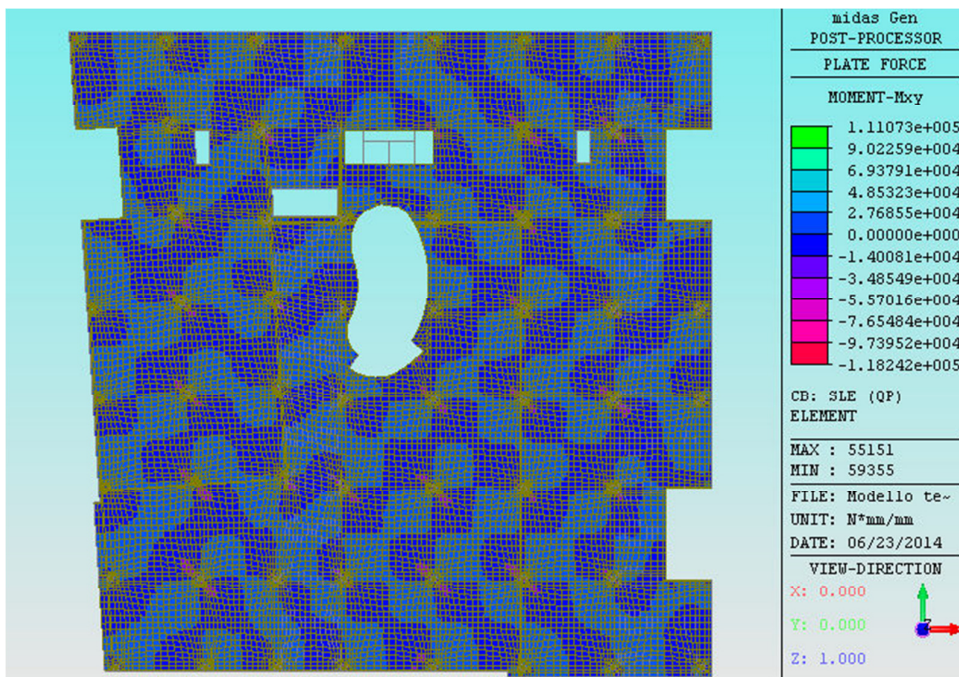


Fig. 50 - Risultati analisi - SLE quasi permanente:  $M_{xy}$

### 7.2.7 Stato Limite di Esercizio - Combinazione CA - $M_{xx}$

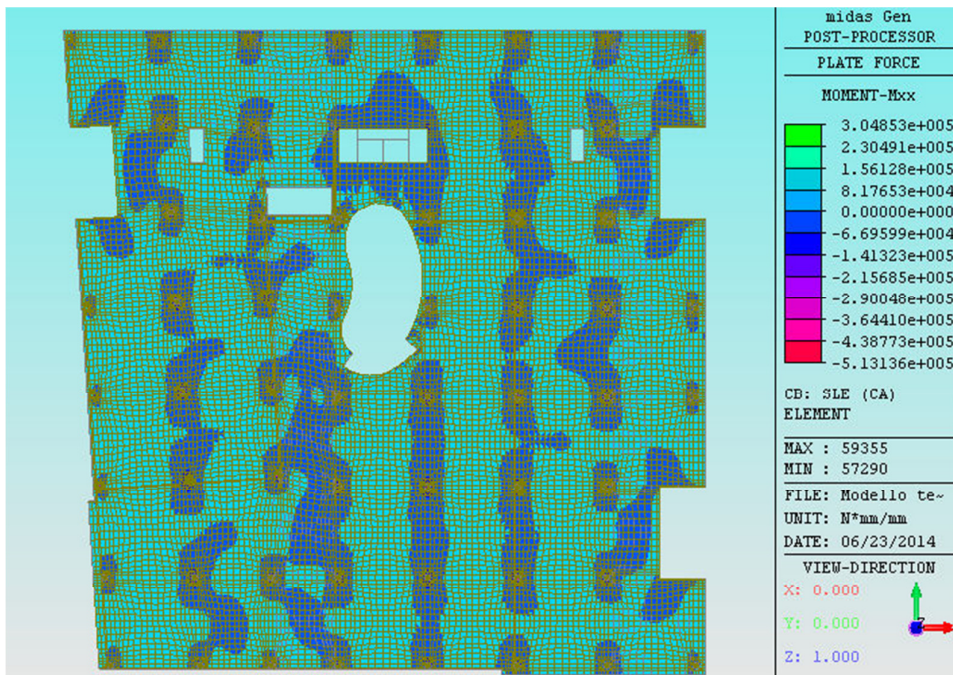


Fig. 51 - Risultati analisi - SLE caratteristica:  $M_{xx}$

### 7.2.8 Stato Limite di Esercizio - Combinazione CA - $M_{yy}$

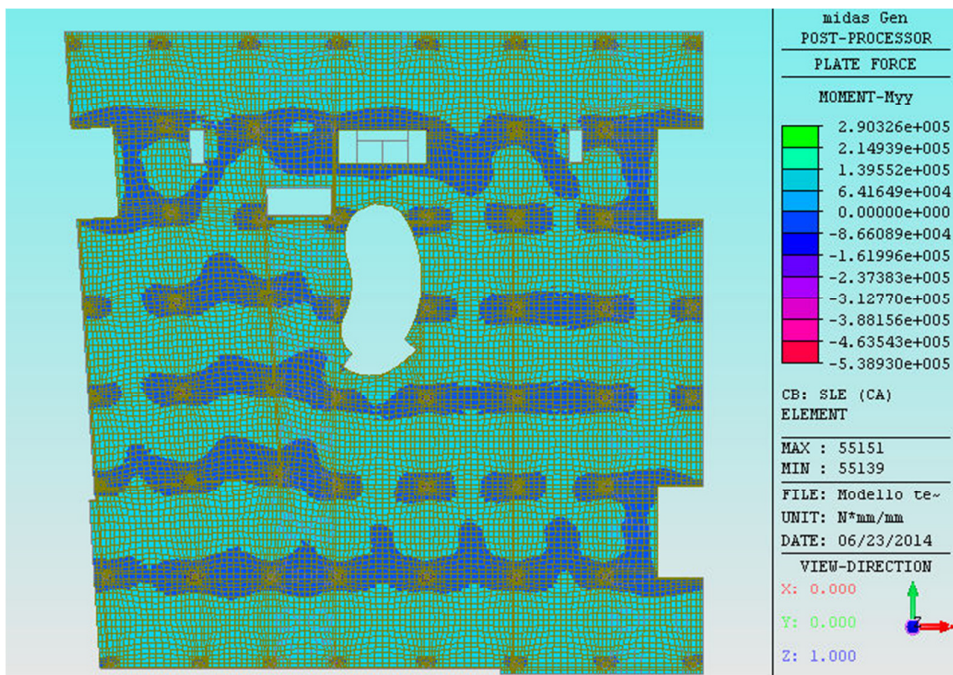


Fig. 52 - Risultati analisi - SLE caratteristica:  $M_{yy}$

7.2.9 Stato Limite di Esercizio - Combinazione CA -  $M_{xy}$

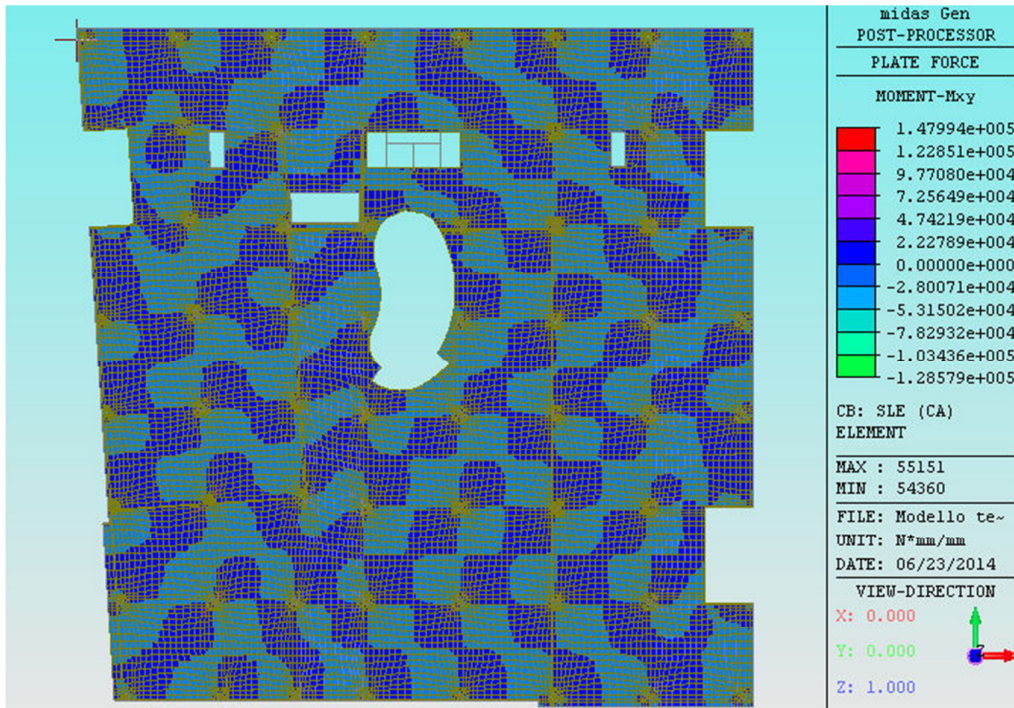


Fig. 53 - Risultati analisi - SLE caratteristica:  $M_{xy}$

7.2.10 Stato Limite di Esercizio - Combinazione QP -  $\sigma_{xx}$

- Lembo superiore

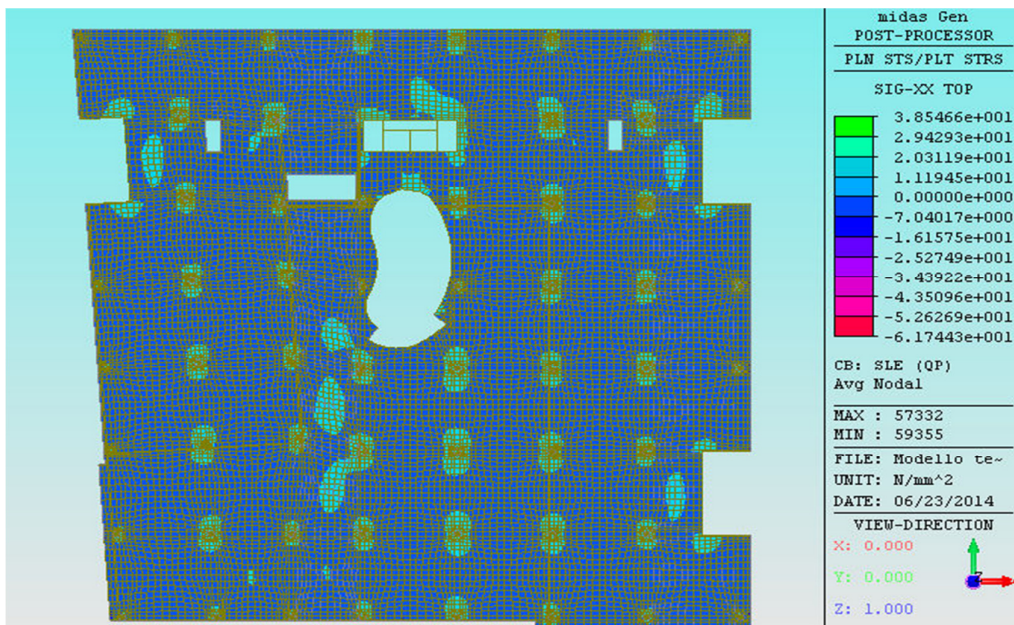


Fig. 54 - Risultati analisi - SLE caratteristica:  $\sigma_{xx}$  superiore



- Lembo inferiore

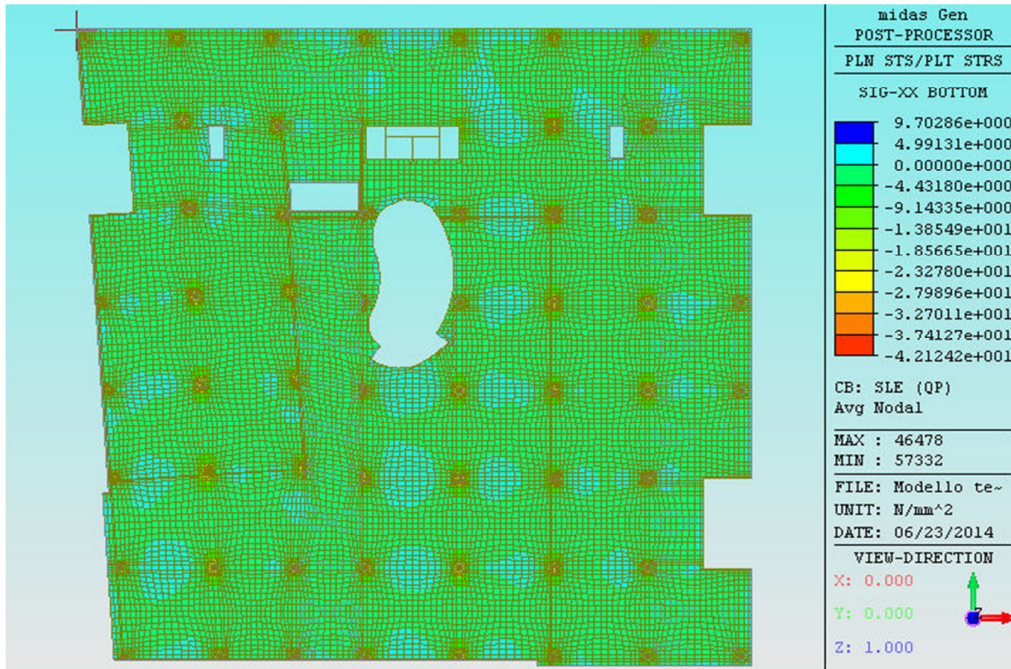


Fig. 55 - Risultati analisi - SLE caratteristica:  $\sigma_{xx}$  inferiore

### 7.2.11 Stato Limite di Esercizio - Combinazione QP - $\sigma_{yy}$

- Lembo superiore

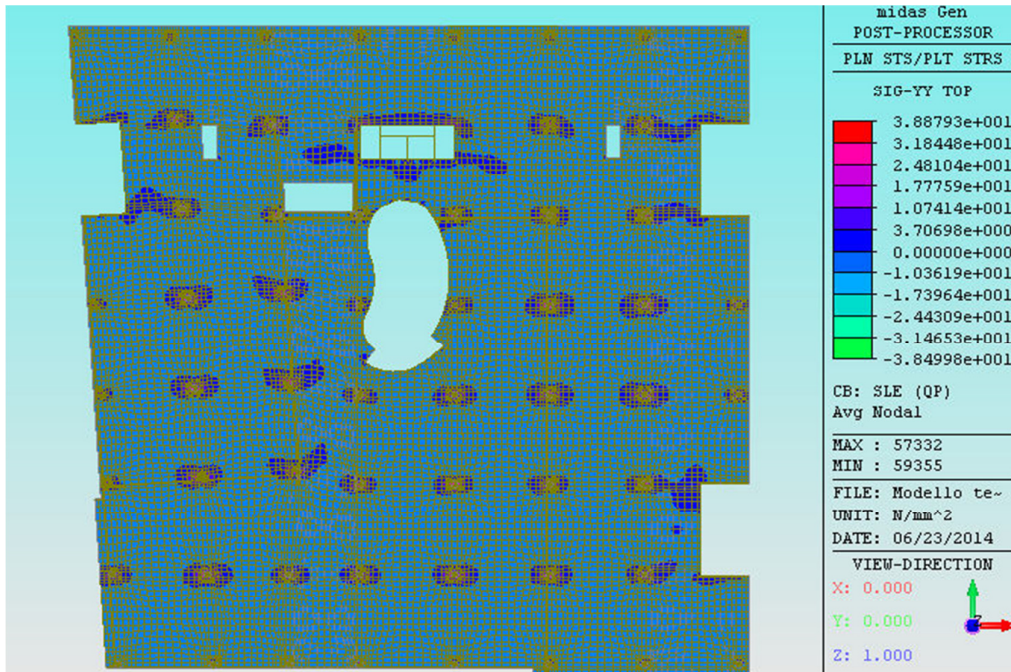


Fig. 56 - Risultati analisi - SLE caratteristica:  $\sigma_{yy}$  superiore

- Lembo inferiore

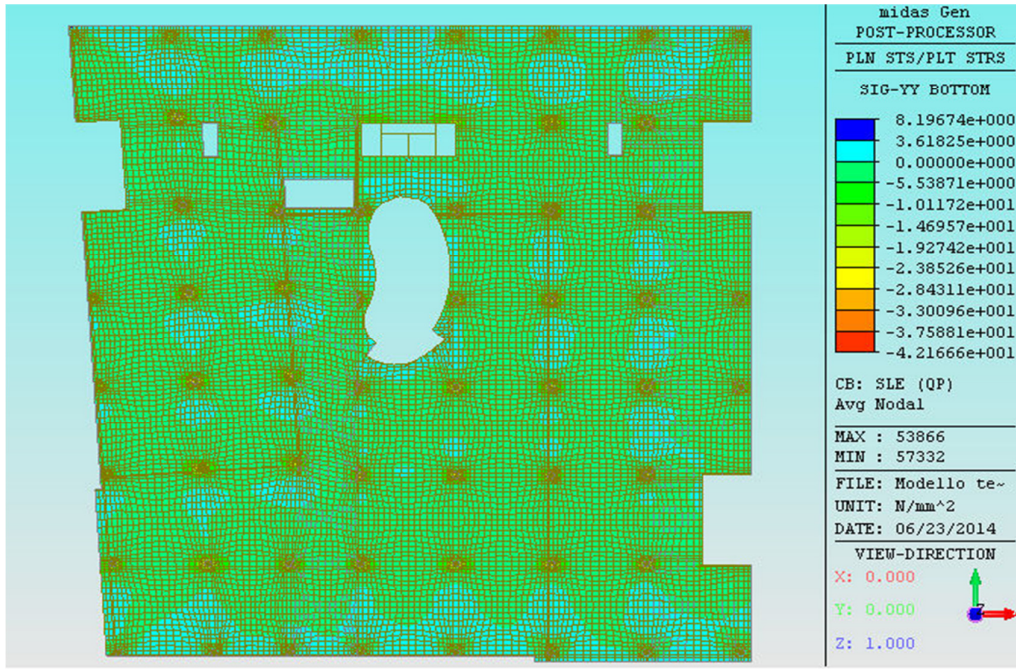


Fig. 57 - Risultati analisi - SLE caratteristica:  $\sigma_{yy}$  inferiore

### 7.2.12 Stato Limite di Esercizio - Combinazione QP - $\sigma_{xy}$

- Lembo superiore

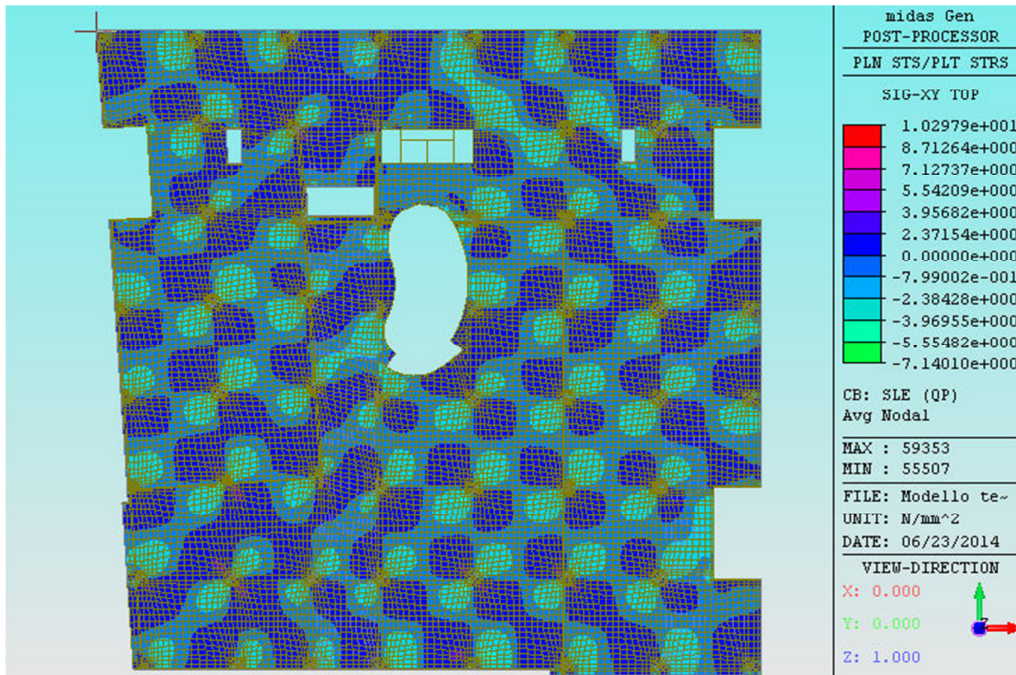


Fig. 58 - Risultati analisi - SLE caratteristica:  $\sigma_{xy}$  superiore

- Lembo inferiore

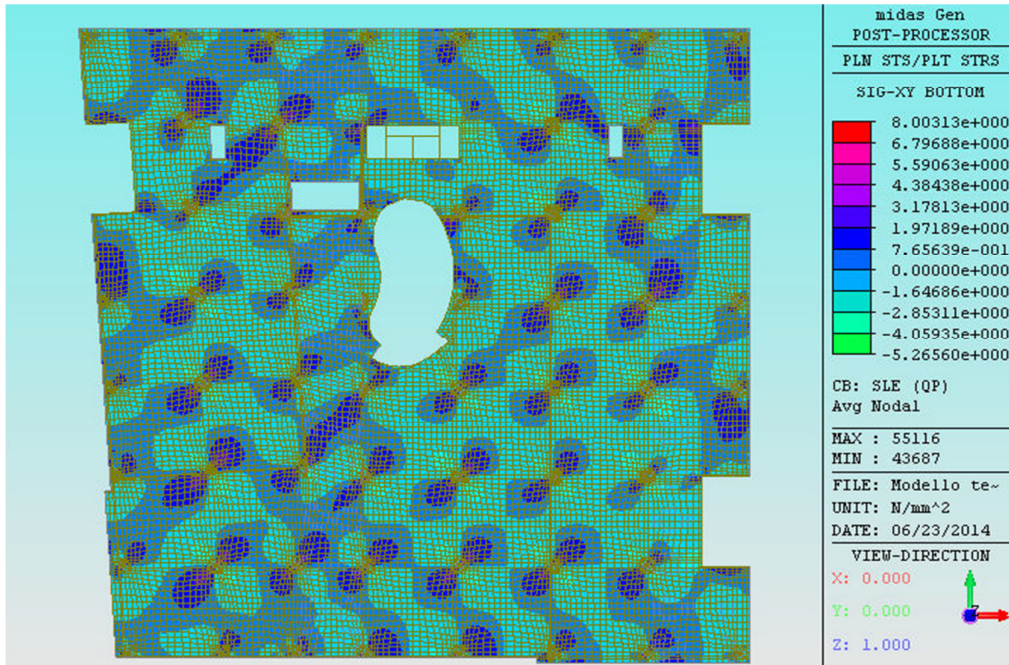


Fig. 59 - Risultati analisi - SLE caratteristica:  $\sigma_{xy}$  inferiore

### 7.2.13 Stato Limite di Esercizio - Combinazione CA - $\sigma_{xx}$

- Lembo superiore

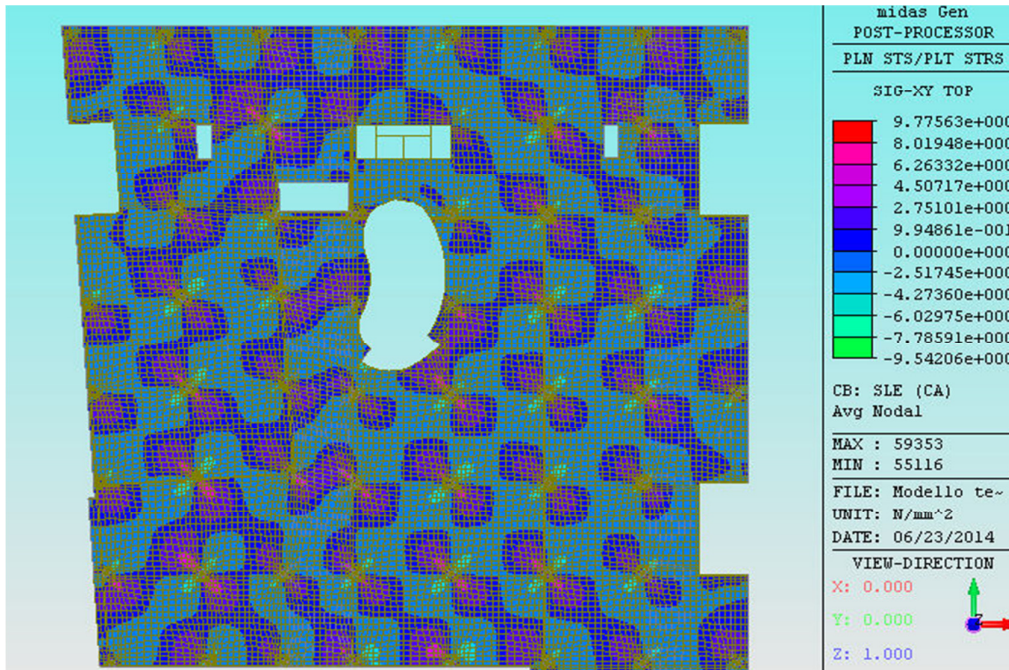


Fig. 60 - Risultati analisi - SLE caratteristica:  $\sigma_{xx}$  superiore

- Lembo inferiore

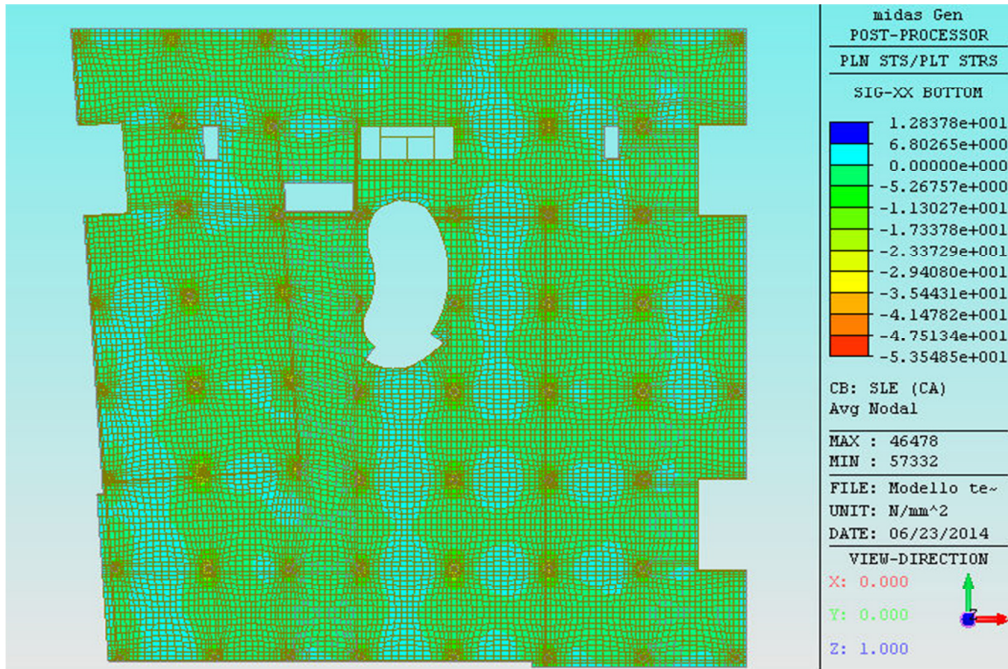


Fig. 61 - Risultati analisi - SLE caratteristica:  $\sigma_{xx}$  inferiore

### 7.2.14 Stato Limite di Esercizio - Combinazione CA - $\sigma_{yy}$

- Lembo superiore

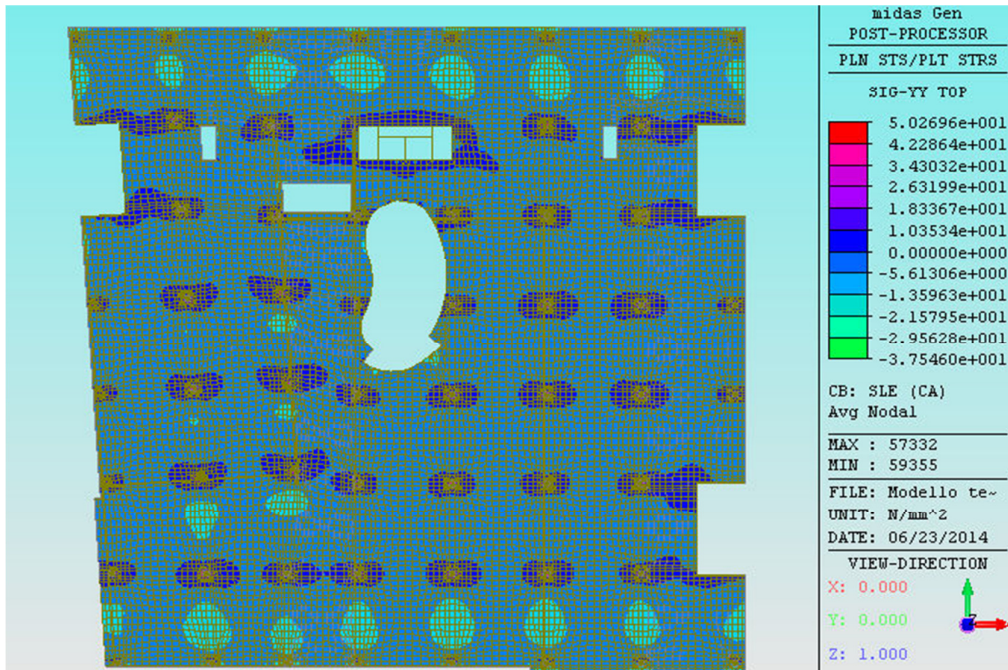


Fig. 62 - Risultati analisi - SLE caratteristica:  $\sigma_{yy}$  superiore

- Lembo inferiore

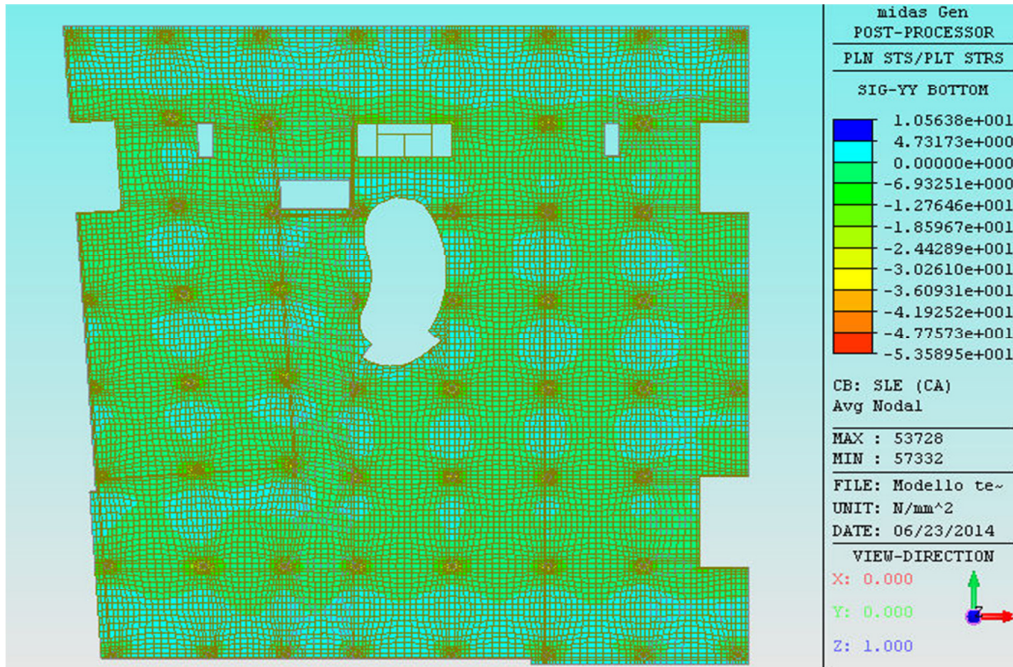


Fig. 63 - Risultati analisi - SLE caratteristica:  $\sigma_{yy}$  inferiore

### 7.2.15 Stato Limite di Esercizio - Combinazione CA - $\sigma_{xy}$

- Lembo superiore

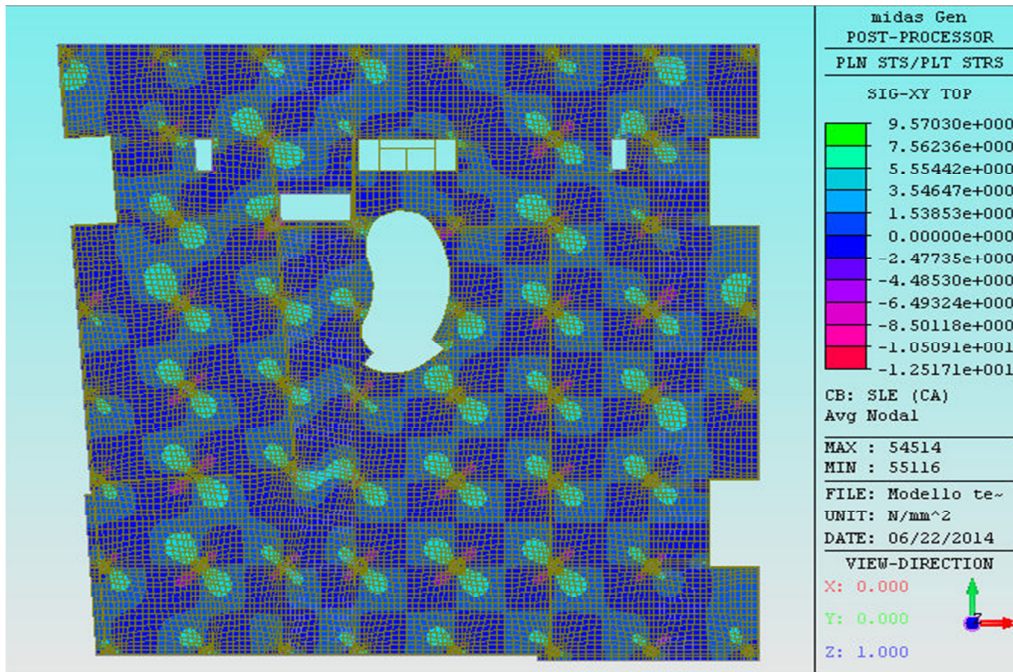


Fig. 64 - Risultati analisi - SLE caratteristica:  $\sigma_{xy}$  superiore

- Lembo inferiore

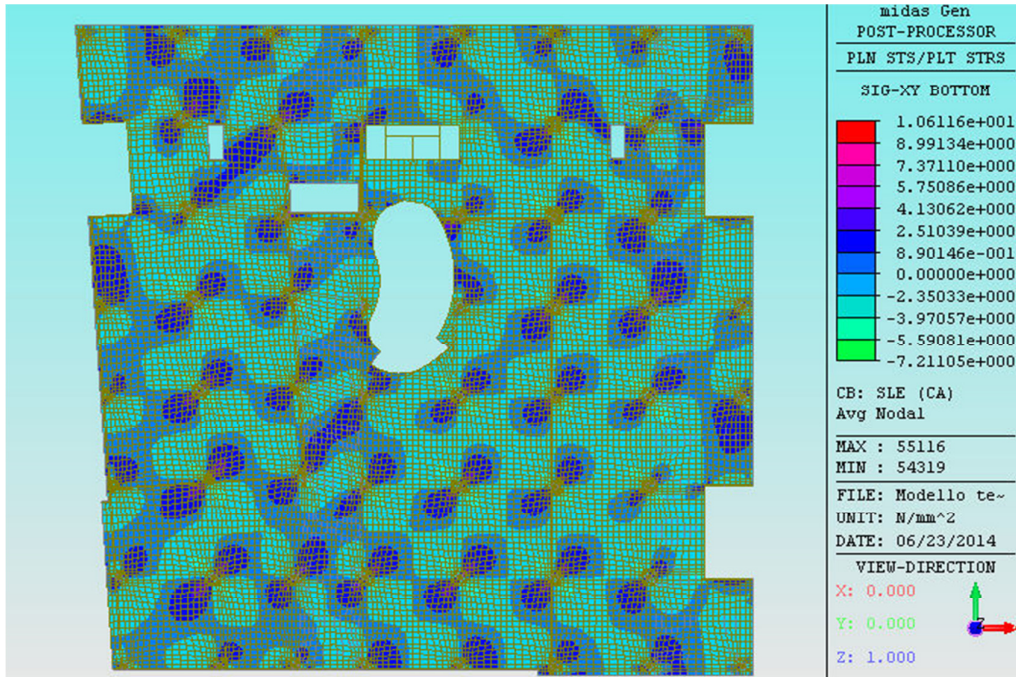


Fig. 65 - Risultati analisi - SLE caratteristica:  $\sigma_x$  inferiore

### 7.3 Calcolo armature lente

Ottenuti i diagrammi si determinano quindi le armature lente integrative necessarie a soddisfare gli sforzi interni alla piastra e/o le prescrizioni minime di normativa. La quantità minima di armatura che verrà inserita nella piastra è determinata dall' equazione:

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_y} \cdot b \cdot d \geq 0.0013 \cdot b \cdot d$$

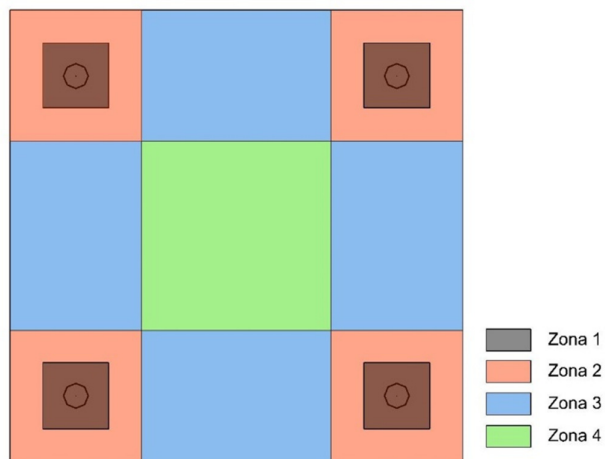
Dove i termini sono stati definiti in precedenza.

Come svolto in fase di predimensionamento, si prevede la suddivisione della piastra in strisce, in entrambe le direzioni, così composte:

- Sezione in prossimità delle colonne:
  - a. Striscia di bordo 1: striscia di larghezza pari a 0.1 l misurata da filo pilastro;
  - b. Striscia di bordo 2: striscia di larghezza pari a 0.1 l misurata da fine striscia di bordo 1;

- c. Striscia centrale: striscia di larghezza 0.6 l, ovvero la striscia rimanente depurando la luce della piastra dalle strisce di bordo.
- Sezione di mezzeria:
  - a. Striscia di bordo: striscia di larghezza pari a 0.2 l misurata da filo pilastro;
  - b. Striscia centrale la quale assume lo stesso valore della sezione in prossimità delle colonne.

Questa suddivisione consente di ottenere quattro zone caratterizzate dalla medesima quantità di armatura lenta. Tali zone sono individuate in Fig. 66 e derivano dall' intersezione delle strisce sopra descritte. Si andranno pertanto a creare delle reti di armatura a passo costante in ciascuna direzione per ogni zona della piastra.



**Fig. 66 - Suddivisione campata: strisce di calcolo**

Nei paragrafi successivi viene riportato il calcolo della quantità di armatura e il relativo passo tra le barre. La schematizzazione in strisce del solaio a piastra viene riportata nella seguente figura:

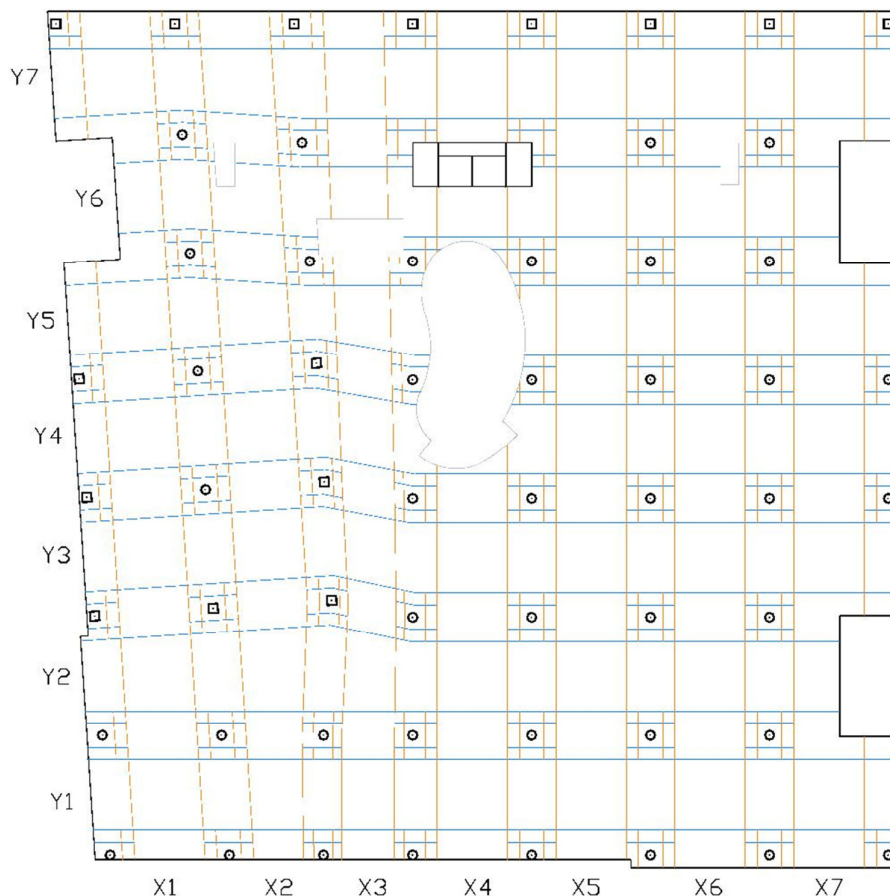


Fig. 67 - Individuazione campate omogenee

Si procede quindi disponendo l' armatura minima considerando le campate aventi le medesime luci di carico. Successivamente, in fase di verifica, verranno eventualmente inserite armature integrative necessarie per il soddisfacimento di tali verifiche.

### 7.3.1 Armatura - Momento $M_{xx}$

Le strisce in direzione Y sono caratterizzate dalle medesime luci di carico, pertanto la quantità di armatura minima risulta:

- Armature delle strisce y1, y3, y7:

Armatura Campata 1									
Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}$ )									
Luce [m]	d [mm]	zona di calcolo [m]		$A_s \text{ min}$ $mm^2$	n°Ferri		$A_s, \text{eff}$	Passo cm	
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.6 $l_v$	4,7	1761,4397	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	30





7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>dx</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 2</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>dx</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 3</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>dx</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 4</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>dx</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 5</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	



7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 6</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 7</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20

Tab. 30 - Calcolo armatura: strisce y1, y3, y7

- Armature della striscia y2:

<b>Armatura Campata 1</b>									
<b>Sezione sx su pilastro (m<sub>sx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	



7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 2</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 3</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 4</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 5</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20

Armatura Campata 6								
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )								
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/ 25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/ 30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/ 25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )								
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/ 30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
Armatura Campata 7								
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )								
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/ 25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/ 30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/ 25
Sezione dx su Muro (m <sub>dx</sub> )								
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/ 25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/ 30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/ 25

Tab. 31 - Calcolo armatura: striscia y2

- Armature delle strisce y4 e y5:

Armatura Campata 1								
Sezione sx su pilastro (m <sub>sx</sub> )								
Luce [m]	d [mm]	zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/ 30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )								
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/ 25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/ 30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/ 25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )								
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/ 30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
Armatura Campata 2								
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )								
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri	As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/ 25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/ 30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/ 25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )								



Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 3</b>									
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 4</b>									
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 5</b>									
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 6</b>									
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 7</b>									
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	



7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20

Tab. 32 - Calcolo armatura: strisce y4, y5

- Armature della striscia y6:

Armatura Campata 1									
Sezione sx su Muro (m <sub>sx</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
Armatura Campata 2									
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
Armatura Campata 3									
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min mm <sup>2</sup>	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20



7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 4</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 5</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 6</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Armatura Campata 7</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su Muro (m<sub>dx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min mm<sup>2</sup></b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25

Tab. 33 - Calcolo armatura: striscia y6



Si noti come, per il rispetto della normativa, verranno disposte armature secondarie ( $A'_s$ ) pari al 25% dell' armatura principale ( $A_s$ ) e con passo non superiore a 300 mm.

### 7.3.2 Armatura - Momento $M_{yy}$

Diversamente dal paragrafo precedente, le strisce in direzione X non sono caratterizzate tutte dalle medesime luci, pertanto la quantità di armatura minima risulterà diversa e calcolata nelle seguenti strisce:

Le armature della striscia di calcolo x1 sono le seguenti:

Momenti Campata 1									
Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}$ )									
Luce [m]	d [mm]	zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.6 $l_v$	4,7	1761,4397	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	30
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
Sezione in campata ( $m^+$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.2 $l_v$	1,6	587,14656	6	$\phi 12$	678	1 $\phi 12$ /	25
7,8	154	0.6 $l_v$	4,7	1761,4397	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	30
7,8	154	0.2 $l_v$	1,6	587,14656	6	$\phi 12$	678	1 $\phi 12$ /	25
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.6 $l_v$	4,7	1761,4397	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	30
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
Momenti Campata 2									
Sezione in campata ( $m^+$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.2 $l_v$	1,6	587,14656	6	$\phi 12$	678	1 $\phi 12$ /	25
7,8	154	0.6 $l_v$	4,7	1761,4397	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	30
7,8	154	0.2 $l_v$	1,6	587,14656	6	$\phi 12$	678	1 $\phi 12$ /	25
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.6 $l_v$	4,7	1761,4397	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	30
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
Momenti Campata 3									
Sezione in campata ( $m^+$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.2 $l_v$	1,6	587,14656	6	$\phi 12$	678	1 $\phi 12$ /	25
7,8	154	0.6 $l_v$	4,7	1761,4397	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	30
7,8	154	0.2 $l_v$	1,6	587,14656	6	$\phi 12$	678	1 $\phi 12$ /	25
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo		As min	n°Ferri		As,eff	Passo cm	





		[m]		[mm <sup>2</sup> ]					
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 4</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>dx</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 5</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>dx</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 6</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154		3,5	1317,316	12	φ12	1356	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>dx</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 7</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>dx</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20

Tab. 34 - Calcolo armatura: striscia x1

Le armature della striscia di calcolo x2 sono le seguenti:

Momenti Campata 1									
Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
5,85	154	0.1 $l_v$	0,6	220,17996	3	$\phi 12$	339	1 $\phi 12$ /	20
5,85	154	0.1 $l_v$	0,6	220,17996	3	$\phi 12$	339	1 $\phi 12$ /	20
5,85	154	0.6 $l_v$	3,5	1321,0798	14	$\phi 12$	1582	1 $\phi 12$ /	25
5,85	154	0.1 $l_v$	0,6	220,17996	3	$\phi 12$	339	1 $\phi 12$ /	20
5,85	154	0.1 $l_v$	0,6	220,17996	3	$\phi 12$	339	1 $\phi 12$ /	20
Sezione in campata ( $m^+$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
5,85	154	0.2 $l_v$	1,2	440,35992	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	30
5,85	154	0.6 $l_v$	3,5	1321,0798	12	$\phi 12$	1356	1 $\phi 12$ /	30
5,85	154	0.2 $l_v$	1,2	440,35992	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	30
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
5,85	154	0.1 $l_v$	0,6	220,17996	3	$\phi 12$	339	1 $\phi 12$ /	20
5,85	154	0.1 $l_v$	0,6	220,17996	3	$\phi 12$	339	1 $\phi 12$ /	20
5,85	154	0.6 $l_v$	3,5	1321,0798	14	$\phi 12$	1582	1 $\phi 12$ /	25
5,85	154	0.1 $l_v$	0,6	220,17996	3	$\phi 12$	339	1 $\phi 12$ /	20
5,85	154	0.1 $l_v$	0,6	220,17996	3	$\phi 12$	339	1 $\phi 12$ /	20
Momenti Campata 2									
Sezione in campata ( $m^+$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.2 $l_v$	1,6	587,14656	6	$\phi 12$	678	1 $\phi 12$ /	25
7,8	154	0.6 $l_v$	4,7	1761,4397	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	30
7,8	154	0.2 $l_v$	1,6	587,14656	6	$\phi 12$	678	1 $\phi 12$ /	25
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.6 $l_v$	4,7	1761,4397	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	30
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
Momenti Campata 3									
Sezione in campata ( $m^+$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.2 $l_v$	1,6	587,14656	6	$\phi 12$	678	1 $\phi 12$ /	25
7,8	154	0.6 $l_v$	4,7	1761,4397	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	30
7,8	154	0.2 $l_v$	1,6	587,14656	6	$\phi 12$	678	1 $\phi 12$ /	25
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.6 $l_v$	4,7	1761,4397	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	30
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
7,8	154	0.1 $l_v$	0,8	293,57328	4	$\phi 12$	452	1 $\phi 12$ /	20
Momenti Campata 4									
Sezione in campata ( $m^+$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.2 $l_v$	1,6	587,14656	6	$\phi 12$	678	1 $\phi 12$ /	25
7,8	154	0.6 $l_v$	4,7	1761,4397	16	$\phi 12$	1808	1 $\phi 12$ /	30
7,8	154	0.2 $l_v$	1,6	587,14656	6	$\phi 12$	678	1 $\phi 12$ /	25



Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
Momenti Campata 5									
Sezione in campata ( $m^+$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
Momenti Campata 6									
Sezione in campata ( $m^+$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
Momenti Campata 7									
Sezione in campata ( $m^+$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro ( $m_{dx}$ )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20

Tab. 35 - Calcolo armatura: striscia x2

Le armature della striscia di calcolo x3 sono le seguenti:

Momenti Campata 1									
Sezione sx su pilastro ( $m_{sx}$ )									
Luce [m]	d [mm]	zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
5,85	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,6	220,17996	3	φ12	339	1φ12/	20
5,85	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,6	220,17996	3	φ12	339	1φ12/	20



5,85	154	0,6 l <sub>v</sub>	3,5	1321,0798	14	φ12	1582	1φ12/	25
5,85	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	220,17996	3	φ12	339	1φ12/	20
5,85	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	220,17996	3	φ12	339	1φ12/	20
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
5,85	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,2	440,35992	4	φ12	452	1φ12/	30
5,85	154	0,6 l <sub>v</sub>	3,5	1321,0798	12	φ12	1356	1φ12/	30
5,85	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,2	440,35992	4	φ12	452	1φ12/	30
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
5,85	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	220,17996	3	φ12	339	1φ12/	20
5,85	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	220,17996	3	φ12	339	1φ12/	20
5,85	154	0,6 l <sub>v</sub>	3,5	1321,0798	14	φ12	1582	1φ12/	25
5,85	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	220,17996	3	φ12	339	1φ12/	20
5,85	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	220,17996	3	φ12	339	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 2</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
5,85	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,2	440,35992	4	φ12	452	1φ12/	30
5,85	154	0,6 l <sub>v</sub>	3,5	1321,0798	12	φ12	1356	1φ12/	30
5,85	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,2	440,35992	4	φ12	452	1φ12/	30
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
5,85	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	220,17996	3	φ12	339	1φ12/	20
5,85	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	220,17996	3	φ12	339	1φ12/	20
5,85	154	0,6 l <sub>v</sub>	3,5	1321,0798	14	φ12	1582	1φ12/	25
5,85	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	220,17996	3	φ12	339	1φ12/	20
5,85	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	220,17996	3	φ12	339	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 3</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
5,85	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,2	440,35992	4	φ12	452	1φ12/	30
5,85	154	0,6 l <sub>v</sub>	3,5	1321,0798	12	φ12	1356	1φ12/	30
5,85	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,2	440,35992	4	φ12	452	1φ12/	30
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
5,9	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	222,06184	3	φ12	339	1φ12/	20
5,9	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	222,06184	3	φ12	339	1φ12/	20
5,9	154	0,6 l <sub>v</sub>	3,5	1332,371	14	φ12	1582	1φ12/	25
5,9	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	222,06184	3	φ12	339	1φ12/	20
5,9	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	222,06184	3	φ12	339	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 4</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
6,15	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,2	462,94248	5	φ12	565	1φ12/	25
6,15	154	0,6 l <sub>v</sub>	3,7	1388,8274	12	φ12	1356	1φ12/	30
6,15	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,2	462,94248	5	φ12	565	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo [m]</b>		<b>As min [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	
6,4	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	240,88064	3	φ12	339	1φ12/	20
6,4	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	240,88064	3	φ12	339	1φ12/	20
6,4	154	0,6 l <sub>v</sub>	3,8	1445,2838	15	φ12	1695	1φ12/	25
6,4	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	240,88064	3	φ12	339	1φ12/	20
6,4	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,6	240,88064	3	φ12	339	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 5</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
<b>Luce [m]</b>	<b>d [mm]</b>	<b>Zona di calcolo</b>		<b>As min</b>	<b>n°Ferri</b>		<b>As,eff</b>	<b>Passo cm</b>	



		[m]		[mm <sup>2</sup> ]				
6,6	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,3	496,81632	6	φ12	678	1φ12/ 25
6,6	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,0	1490,449	16	φ12	1808	1φ12/ 25
6,6	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,3	496,81632	6	φ12	678	1φ12/ 25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )								
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm	
6,75	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,7	254,0538	3	φ12	339	1φ12/ 25
6,75	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,7	254,0538	3	φ12	339	1φ12/ 25
6,75	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,1	1524,3228	15	φ12	1695	1φ12/ 25
6,75	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,7	254,0538	3	φ12	339	1φ12/ 25
6,75	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,7	254,0538	3	φ12	339	1φ12/ 25
Momenti Campata 6								
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )								
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm	
7,2	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,4	541,98144	6	φ12	678	1φ12/ 25
7,2	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,3	1625,9443	14	φ12	1582	1φ12/ 30
7,2	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,4	541,98144	6	φ12	678	1φ12/ 25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )								
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/ 30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
Momenti Campata 7								
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )								
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/ 25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/ 30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/ 25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )								
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/ 30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20

Tab. 36 - Calcolo armatura: striscia x3

Le armature della striscia di calcolo x4 sono le seguenti:

Momenti Campata 1								
Sezione sx su pilastro (m <sub>sx</sub> )								
Luce [m]	d [mm]	zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/ 30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/ 20
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )								
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/ 25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/ 30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/ 25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )								
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo		As min	n°Ferri	As,eff	Passo cm	



		[m]		[mm <sup>2</sup> ]					
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 2</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>dx</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 3</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>dx</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 4</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Momenti Campata 6</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>dx</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Momenti Campata 7</b>									
<b>Sezione sx su muro (m<sup>sx</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo		As min	n°Ferri	As,eff	Passo cm		



		[m]		[mm <sup>2</sup> ]					
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20

Tab. 37 - Calcolo armatura: striscia x4

Le armature delle strisce di calcolo x5 e x6 sono le seguenti:

Momenti Campata 1									
Sezione sx su pilastro (m <sub>sx</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
Momenti Campata 2									
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
Momenti Campata 3									
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro (m <sub>dx</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo		As min	n°Ferri		As,eff	Passo cm	



		[m]		[mm <sup>2</sup> ]					
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 4</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>dx</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 5</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>dx</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 6</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>dx</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 7</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sup>dx</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0.6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0.1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20



7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
-----	-----	--------------------	-----	-----------	---	-----	-----	-------	----

Tab. 38 - Calcolo armatura: strisce x5, x6

Le armature della striscia di calcolo x7 sono le seguenti:

Momenti Campata 1									
Sezione sx su pilastro (m <sub>sv</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro (m <sub>sd</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
Momenti Campata 2									
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154		3,5	1317,316	12	φ12	1356	1φ12/	30
Sezione dx su pilastro (m <sub>sd</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
Momenti Campata 3									
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
Sezione dx su pilastro (m <sub>sd</sub> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
Momenti Campata 4									
Sezione in campata (m <sup>+</sup> )									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri	As,eff	Passo cm		
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25



7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 5</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
<b>Momenti Campata 6</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154		3,5	1317,316	12	φ12	1356	1φ12/	30
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	16	φ14	2464	1φ14/	5
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	8	φ14	1232	1φ14/	10
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ14	2464	1φ14/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	8	φ14	1232	1φ14/	10
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	8	φ14	1232	1φ14/	10
<b>Momenti Campata 7</b>									
<b>Sezione in campata (m<sup>+</sup>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,2 l <sub>v</sub>	1,6	587,14656	6	φ12	678	1φ12/	25
<b>Sezione dx su pilastro (m<sub>dx</sub>)</b>									
Luce [m]	d [mm]	Zona di calcolo [m]		As min [mm <sup>2</sup> ]	n°Ferri		As,eff	Passo cm	
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,6 l <sub>v</sub>	4,7	1761,4397	16	φ12	1808	1φ12/	30
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20
7,8	154	0,1 l <sub>v</sub>	0,8	293,57328	4	φ12	452	1φ12/	20

Tab. 39 - Calcolo armatura: striscia x7

Si noti come, per il rispetto della normativa, verranno disposte armature secondarie (A'<sub>s</sub>) pari al 25% dell' armatura principale (A<sub>s</sub>) e con passo non superiore a 300 mm.



## 7.4 Verifiche Stato Limite di Esercizio

### 7.4.1 Stato Limite di Esercizio - Controllo delle fessurazioni

Con riguardo alle verifiche di fessurazione, le N.T.C 2008 individuano i seguenti stati limite:

- Stato limite di decompressione, nel quale la tensione normale è di compressione e al più è nulla;
- Stato limite di formazione delle fessure corrispondente al raggiungimento della resistenza a trazione del calcestruzzo;
- Stato limite di apertura delle fessure nel quale i valori limite di apertura delle fessure è pari, a seconda della combinazione di carico considerata:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm} \quad w_2 = 0.3 \text{ mm} \quad w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

Lo stato limite verrà fissato a seconda delle condizioni ambientali del sito e della sensibilità delle armature alla corrosione. Le condizioni ambientali vengono classificate in base alla seguente tabella:

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

*Tab. 40 - Condizioni ambientali*

Per quanto riguarda la classificazione alla sensibilità delle armature, essa è costituita da:

- Armature poco sensibili: acciaio ordinario;
- Armature sensibili: acciaio da precompressione.

In base alla Tab. 41 viene quindi determinato il limite di fessurazione.



Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

**Tab. 41 - Valori limite fessurazione**

Nel caso in esame, trovandoci nelle condizioni ambientali di classe XC3, ovvero in condizioni ambientali ordinarie, ci si ritrova nel gruppo di esigenza 'a'. In prima fase verranno considerati i limiti di apertura delle fessure per armature sensibili, successivamente verrà affrontato il problema delle armature poco sensibili. Questo duplice calcolo nasce dal presupposto che il cavo di precompressione sia protetto da guaine in polietilene quindi potrebbe essere considerata come armatura poco sensibile e dal fatto che, come verrà dimostrato nel seguito, la fessurazione interessa esclusivamente l' estradosso del solaio, zona nella quale verranno disposti i vari strati tecnologici (strato di regolarizzazione, massetto di pendenza, ecc..). Tali strati consentono pertanto la protezione delle armature stesse.

Nelle verifiche dello stato limite di apertura delle fessure si dovrà quindi verificare che il valore di calcolo dell' apertura delle fessure stesse non superi i valori dettati in precedenza ( $w_1, w_2, w_3$ ). Il valore di calcolo è fornito dalla relazione:

$$w_d = 1.7 w_m$$

Dove  $w_m$  rappresenta il valore medio di ampiezza delle fessure determinato dalla relazione:

$$w_m = \Delta_{sm} \epsilon_{sm}$$

Dove i termini rappresentano:

$\Delta_{sm}$  la distanza media tra le fessure;

$\epsilon_{sm}$  la deformazione media delle barre di armature.

Per la verifica [6] si procedere in prima battuta al calcolo del momento di prima fessurazione, confrontandolo con il valore del momento agente in combinazione quasi



permanente e in combinazione frequente. Le ipotesi in questa fase consistono nel considerare la sezione interamente reagente e considerare al lembo teso una resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo pari a:

$$\sigma_{ct} = \frac{f_{ctm}}{1.2} = 2.36 \text{ MPa}$$

Si determina quindi il baricentro della sezione interamente reagente:

$$y_G = \frac{S}{A} = \frac{\frac{b \cdot h^2}{2} + \alpha_e \cdot A_s \cdot (h - c) + \alpha_e \cdot A'_s \cdot c'}{b \cdot h + \alpha_e \cdot A_s + \alpha_e \cdot A'_s}$$

Dove i termini rappresentano:

- b, h le dimensioni della sezione considerata;
- $\alpha_e$  il rapporto tra modulo elastico dell' acciaio e del calcestruzzo;
- $A_s, A'_s$  area di armatura tesa e compressa;
- c, c' copriferro delle armature tese e compresse più il semidiametro dell' armatura.

Successivamente si determina il momento di inerzia della sezione rispetto all' asse baricentrico:

$$I_G = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \cdot \left(\frac{h}{2} - y_G\right)^2 + \alpha_e \cdot A_s \cdot (d - y_G)^2 + \alpha_e \cdot A'_s \cdot (y_G - c')^2$$

Ottenendo in definitiva il momento di prima fessurazione da confrontare con le combinazioni di carico allo stato limite di esercizio:

$$M_{cr} = \sigma_{ct} \frac{I_G}{h - y_G}$$

Nel caso in cui i momenti delle combinazioni allo stato limite di esercizio superino il valore del momento di prima fessurazione si procede al calcolo dello stato limite di apertura delle fessure. In questa fase si procede quindi al calcolo della sezione parzializzata, considerando nullo il contributo a trazione del calcestruzzo. In prima fase si procede con



il calcolo della posizione dell' asse neutro e del momento di inerzia della sezione parzializzata:

$$y_n = \frac{\alpha_e \cdot (A_s + A'_s)}{b} \cdot \left[ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot \delta}{\alpha_e \cdot (A_s + A'_s)}} \right]$$

$$I_n = \frac{b \cdot y_n^3}{12} + \alpha_e \cdot A_s \cdot (d - y_n)^2 + \alpha_e \cdot A'_s \cdot (y_G - c')^2$$

Con  $\delta$  definito dalla relazione:

$$\delta = \frac{d \cdot A_s + c' \cdot A'_s}{d \cdot (A_s + A'_s)}$$

Si possono quindi ottenere le tensioni nel calcestruzzo compresso e nell' acciaio in fase fessurata, ovvero:

$$\sigma_{cr} = \frac{M_{cr} \cdot y_n}{I_n} \quad \sigma_{sr} = \alpha_e \frac{M_{cr}}{I_n} (d - y_n)$$

Ottenute le tensioni si possono quindi calcolare l' apertura delle fessure. La deformazione media delle armature è espressa dalla relazione:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_{sd}}{E_s} \left[ 1 - \beta_1 \beta_2 \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_{sd}} \right)^2 \right]$$

Dove i valori assumono i seguenti valori:

$\beta_1$  1 per barre ad aderenza migliorata;

$\beta_2$  0.5 per carichi di lunga durata;

$\sigma_{sd}$  e  $\sigma_{sr}$  sono le tensioni nell' acciaio rispettivamente dovute ai momenti considerati nell' appropriata combinazione ( $M_{ed}$ ) di verifica e le tensioni nell' acciaio dovuto al momento di prima fessurazione ( $M_{cr}$ ) e assumo i valori:

$$\sigma_{sd} = \alpha_e \frac{M_{ed}}{I_n} (d - y_n) \quad \sigma_{sr} = \alpha_e \frac{M_{cr}}{I_n} (d - y_n)$$

La distanza media tra le fessure viene determinata dalla relazione:



$$\Delta_{sm} = 2 \left( c + \frac{s}{10} \right) + k_2 k_3 \frac{\phi}{\rho_{eff}}$$

Dove i termini assumono i valori:

$k_2$  0.4 per barre ad aderenza migliorata;

$k_3$  0.125 per il caso flessionale;

$s$  della spaziatura delle barre;

$\rho_{eff}$  valutato secondo l' espressione:

$$\rho_{eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

Dove

$A_{c,eff}$  è l' area di calcestruzzo efficace attorno all' armatura tesa pari a:

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{eff}$$

Con  $h_{eff}$  è l' altezza di tale area efficace, assunta pari al valore minore tra:

$$2.5 \cdot \left( c + \frac{\phi}{2} \right), \quad \frac{h - y_n}{3} \quad e \quad \frac{h}{2}$$

Vengono riportate ora le verifiche a fessurazione eseguite secondo il procedimento appena riportato. Per tali verifiche sono state prese in considerazione le campate maggiormente sollecitate. I punti presi in considerazione in fase di verifica sono riportate nella seguente figura:

Punti di verifica

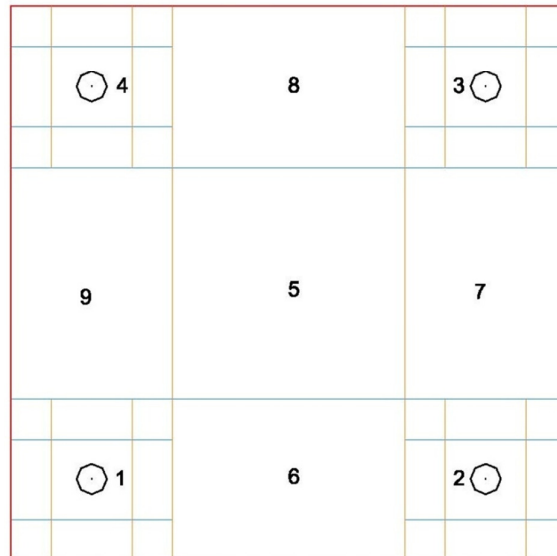


Fig. 68 - Individuazione punti di verifica

Come in fase di predimensionamento e di calcolo delle armature lente, anche in fase di verifica viene assunta la suddivisione della piastra in strisce, le quali consentono un controllo più accurato dei risultati.

**Campata 1.** Viene eseguita la verifica della campata compresa tra i fili fissi  $x_1 - x_2 - y_1 - y_2$





Punto 1 - Direzione x - Striscia 1				Punto 1 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche		Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1400 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
$A_s$	1054.667 mm <sup>2</sup>			$A_s$	904 mm <sup>2</sup>		
$A's$	263.6667 mm <sup>2</sup>			$A's$	226 mm <sup>2</sup>		
$A_{s,tot}$	1318.333 mm <sup>2</sup>			$A_{s,tot}$	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	$Y_g$	101.29449 mm		Posizione baricentro	$Y_g$	101.91421 mm	
Momento inerzia	$I_g$	964044901 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_g$	559586170 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	23049838 Nmm 23.049838 kNm		Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	13463962 Nmm 13.463962 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		17100000 Nmm 17.1 kNm	NO FESS	Quasi permanente		6200000 Nmm 6.2 kNm	NO FESS
Caratteristica		33100000 Nmm 33.1 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		7400000 Nmm 7.4 kNm	NO FESS
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$	0.8318471			$\delta$		
Posizione asse neutro	$Y_n$	33.855207 mm		Posizione asse neutro	$Y_n$	mm	
Momento inerzia	$I_n$	105267734 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_n$	mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	7.4130696 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	169.62303 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		17100000 kNm		Quasi permanente		kNm	
Frequente		33100000 kNm		Frequente		kNm	
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	125.83836 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	243.58185 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	$\epsilon_{sm}$			Deformazione media armature (QP)			
Deformazione media armature (caratteristica)	$\epsilon_{sm}$	0.0009		Deformazione media armature (caratteristica)			
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	150 mm			Spaziatura s	100 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	55.38159768 mm			heff	mm		
$A_{c,eff}$	77534.23675 mm <sup>2</sup>			$A_{c,eff}$	mm <sup>2</sup>		
$P_{eff}$	0.013602593			$P_{eff}$			
Distanza media fessure (QP)	$\Delta_{sm}$			Distanza media fessure (QP)	$\Delta_{sm}$		
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta_{sm}$	124.1092		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta_{sm}$		
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP		wm		QP		wm	
Caratteristica		wm	0.111711	Caratteristica		wm	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd		verificato	QP	wd		
Caratteristica	wd	0.19	verificato	Caratteristica	wd		

Tab. 42 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione x



Punto 1 - Direzione y - Striscia 1				Punto 1 - Direzione y - Striscia 2			
		Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>			$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>		
$A_s$	1808 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	$A_s$	904 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
$A's$	452 mm <sup>2</sup>			$A's$	226 mm <sup>2</sup>		
$A_{s,tot}$	2260 mm <sup>2</sup>			$A_{s,tot}$	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	$y_g$	101.9142 mm		Posizione baricentro	$y_g$	101.9142 mm	
Momento inerzia	$I_g$	1.14E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_g$	5.68E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	27329115 Nmm 27.32911 kNm		Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	13664557 Nmm 13.66456 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		20000000 Nmm 20 kNm	NO FESS	Quasi permanente		8000000 Nmm 8 kNm	NO FESS
Caratteristica		25600000 Nmm 25.6 kNm	NO FESS	Caratteristica		8200000 Nmm 8.2 kNm	NO FESS

Tab. 43 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione y



Punto 2 - Direzione x - Striscia 1				Punto 2 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1400 mm	$\sigma_{cm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{cm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	14 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	154 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	2156 mm <sup>2</sup>			As	602.6667 mm <sup>2</sup>		
A's	539 mm <sup>2</sup>			A's	150.6667 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2695 mm <sup>2</sup>			As,tot	753.3333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	154 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	102.5691 mm	Posizione baricentro		yg	101.2945 mm
Momento inerzia		lg	9.91E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	5.51E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	24015386 Nmm 24.01539 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13171336 Nmm 13.17134 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		54400000 Nmm 54.4 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		14500000 Nmm 14.5 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		76900000 Nmm 76.9 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		25400000 Nmm 25.4 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\delta$	0.832468	Sezione parzializzata		$\delta$	0.831847
Posizione asse neutro		yn	44.91259 mm	Posizione asse neutro		yn	33.85521 mm
Momento inerzia		In	1.73E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	60152991 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6.223478 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	7.41307 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	95.09021 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	169.623 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		54400000 kNm		Quasi permanente		14500000 kNm	
Frequente		76900000 kNm		Frequente		25400000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	215.3997 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	186.7338 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	304.4897 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	327.1061 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)		esm	0.0009483	Deformazione media armature (QP)		esm	0.0005351
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0014129	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0013811
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		150 mm	
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff		51.6958028 mm		heff		55.3815977 mm	
Ac,eff		72374.1239 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		44305.2781 mm <sup>2</sup>	
$\rho_{eff}$		0.02978965		$\rho_{eff}$		0.01360259	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	93.498092	Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	124.10924
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	93.498092	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	124.10924
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP		wm	0.0886683	QP		wm	0.0664098
Caratteristica		wm	0.1321021	Caratteristica		wm	0.1714079
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP		wd	0.15 verificato	QP		wd	0.11 verificato
Caratteristica		wd	0.22 verificato	Caratteristica		wd	0.29 verificato

Tab. 44 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione x



Punto 2 - Direzione y - Striscia 1				Punto 2 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	1205.333 mm <sup>2</sup>			As	361.6 mm <sup>2</sup>		
A's	301.3333 mm <sup>2</sup>			A's	90.4 mm <sup>2</sup>		
As,tot	1506.667 mm <sup>2</sup>			As,tot	452 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	101.2945 mm	Posizione baricentro		yg	100.7857 mm
Momento inerzia		lg	1.11E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	5.47E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	26611150 Nmm 26.61115 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13018165 Nmm 13.01816 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		21500000 Nmm 21.5 kNm	NO FESS	Quasi permanente		10400000 Nmm 10.4 kNm	NO FESS
Caratteristica		40400000 Nmm 40.4 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		15500000 Nmm 15.5 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\delta$	0.829586	Sezione parzializzata		$\delta$	0.829586
Posizione asse neutro		yn	35.25999 mm	Posizione asse neutro		yn	28.21426 mm
Momento inerzia		In	1.42E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	46589217 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6.623423 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	7.883753 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	158.0366 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	247.4681 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		21500000 kNm		Quasi permanente		10400000 kNm	
Frequente		40400000 kNm		Frequente		15500000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	127.6829 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	197.6982 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	239.925 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	294.6464 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$		1		$\beta_1$		1	
$\beta_2$		0.5		$\beta_2$		0.5	
Deformazione media armature (QP)		esm		Deformazione media armature (QP)		esm	
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0009165	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0009304
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		150 mm		Spaziatura s		250 mm	
k2		0.4		k2		0.4	
k3		0.125		k3		0.125	
heff		54.9133358 mm		heff		57.2619134 mm	
Ac,eff		87861.3372 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		45809.5307 mm <sup>2</sup>	
$\rho_{eff}$		0.01371859		$\rho_{eff}$		0.00789355	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$		Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	123.73629	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	176.01139
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP		wm	0	QP		wm	
Caratteristica		wm	0.1134005	Caratteristica		wm	0.1637545
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP		wd		QP		wd	verificato
Caratteristica		wd	0.19 verificato	Caratteristica		wd	0.28 verificato

Tab. 45 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione y



Punto 3 - Direzione x - Striscia 1				Punto 3 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	14 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	154 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	2618 mm <sup>2</sup>			As	904 mm <sup>2</sup>		
A's	654.5 mm <sup>2</sup>			A's	226 mm <sup>2</sup>		
As,tot	3272.5 mm <sup>2</sup>			As,tot	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	154 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	102.72 mm	Posizione baricentro		yg	101.91421 mm
Momento inerzia		lg	1.14E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	59586170 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	27588582 Nmm 27.58858 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13463962 Nmm 13.463962 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		81290000 Nmm 81.29 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		24200000 Nmm 24.2 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		107000000 Nmm 107 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		37700000 Nmm 37.7 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$		0.832468		$\delta$		0.8318471
Posizione asse neutro		yn	45.99346 mm	Posizione asse neutro		yn	40.102813 mm
Momento inerzia		In	2.07E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	82333179 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6.132762 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6.5580213 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	90.59542 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	120.25363 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente			81290000 kNm	Quasi permanente			24200000 kNm
Frequente			1.07E+08 kNm	Frequente			37700000 kNm
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	266.9402 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	216.14276 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	351.3667 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	336.71827 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$		1		$\beta_1$		1	
$\beta_2$		0.5		$\beta_2$		0.5	
Deformazione media armature (QP)		esm	0.001227	Deformazione media armature (QP)		esm	0.000891
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.001657	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.001538
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s			100 mm	Spaziatura s			100 mm
k2			0.4	k2			0.4
k3			0.125	k3			0.125
heff			51.335513 mm	heff			53.2990622 mm
Ac,eff			82136.8207 mm <sup>2</sup>	Ac,eff			42639.2498 mm <sup>2</sup>
Peff			0.03187365	Peff			0.02120112
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	91.96172	Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	98.30039
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	91.96172	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	98.30039
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP		wm	0.112851	QP		wm	0.087603
Caratteristica		wm	0.152382	Caratteristica		wm	0.151164
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP		wd	0.19 verificato	QP		wd	0.15 verificato
Caratteristica		wd	0.26 verificato	Caratteristica		wd	0.26 verificato

Tab. 46 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione x



Punto 3 - Direzione y - Striscia 1				Punto 3 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	2208 mm <sup>2</sup>			As	904 mm <sup>2</sup>		
A's	552 mm <sup>2</sup>			A's	226 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2760 mm <sup>2</sup>			As,tot	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	102.3159 mm	Posizione baricentro		yg	101.9142 mm
Momento inerzia		Ig	1.15E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		Ig	5.68E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	27805303 Nmm 27.8053 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13664557 Nmm 13.66456 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		80900000 Nmm 80.9 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		26200000 Nmm 26.2 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		107000000 Nmm 107 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		38200000 Nmm 38.2 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\delta$	0.829586	Sezione parzializzata		$\delta$	0.829586
Posizione asse neutro		yn	45.36677 mm	Posizione asse neutro		yn	41.81418 mm
Momento inerzia		In	2.26E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	97266156 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	5.576704 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	5.874317 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	95.60291 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	112.4006 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		80900000 kNm		Quasi permanente		26200000 kNm	
Frequente		1.07E+08 kNm		Frequente		38200000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	278.1583 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	215.5135 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	367.8978 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	314.2219 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)		esm	0.0012767	Deformazione media armature (QP)		esm	0.0009083
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.001734	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0014347
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		100 mm	
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff		51.54440899 mm		heff		52.7286074 mm	
Ac,eff		82471.05438 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		42182.8859 mm <sup>2</sup>	
Peff		0.02677303		Peff		0.02143049	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta sm$	92.410613	Distanza media fessure (QP)		$\Delta sm$	97.997491
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta sm$	92.410613	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta sm$	97.997491
<u>Valore medio ampiezza fessure</u>				<u>Valore medio ampiezza fessure</u>			
QP		wm	0.1179831	QP		wm	0.0890115
Caratteristica		wm	0.1602427	Caratteristica		wm	0.1405994
<u>Apertura delle fessure</u>				<u>Apertura delle fessure</u>			
QP		wd	0.20 verificato	QP		wd	0.15 verificato
Caratteristica		wd	0.27 verificato	Caratteristica		wd	0.24 verificato

Tab. 47 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione y



Punto 4 - Direzione x - Striscia 1				Punto 4 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche		Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	1808 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	602.6667 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	150.6667 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2260 mm <sup>2</sup>			As,tot	753.3333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101.9142 mm		Posizione baricentro	yg	101.2945 mm	
Momento inerzia	Ig	1.12E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	Ig	5.51E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	26927923 Nmm		Momento di prima fessurazione	Mcr	13171336 Nmm	
		26.92792 kNm				13.17134 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	52600000 Nmm	sez. fessurata		Quasi permanente	14200000 Nmm	sez. fessurata	
	52.6 kNm				14.2 kNm		
Caratteristica	73700000 Nmm	sez. fessurata		Caratteristica	21600000 Nmm	sez. fessurata	
	73.7 kNm				21.6 kNm		
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$	0.831847			$\delta$	0.831847	
Posizione asse neutro	yn	40.10281 mm		Posizione asse neutro	yn	33.85521 mm	
Momento inerzia	In	1.65E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	In	60152991 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.558021 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	7.41307 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	120.2536 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	169.623 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	52600000 kNm			Quasi permanente	14200000 kNm		
Frequente	73700000 kNm			Frequente	21600000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	234.899 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	182.8704 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	329.1265 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	278.169 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	esm	0.000996		Deformazione media armature (QP)	esm	0.000508	
Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001498		Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001105	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	100 mm			Spaziatura s	150 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	53.2990622 mm			heff	55.3815977 mm		
Ac,eff	85278.4995 mm <sup>2</sup>			Ac,eff	44305.2781 mm <sup>2</sup>		
Peff	0.02120112			Peff	0.01360259		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	98.30039		Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	124.1092	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	98.30039		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	124.1092	
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	wm	0.097877		QP	wm	0.063085	
Caratteristica	wm	0.147286		Caratteristica	wm	0.137097	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd	0.17 verificato		QP	wd	0.11 verificato	
Caratteristica	wd	0.25 verificato		Caratteristica	wd	0.23 verificato	

Tab. 48 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione x



Punto 4 - Direzione y - Striscia 1				Punto 4 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1400 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	14 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	154 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	2156 mm <sup>2</sup>			As	602.6667 mm <sup>2</sup>		
A's	539 mm <sup>2</sup>			A's	150.6667 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2695 mm <sup>2</sup>			As,tot	753.3333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	168 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	102.5691 mm		Posizione baricentro	yg	101.2945 mm	
Momento inerzia	lg	1.01E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	5.56E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	24552864 Nmm		Momento di prima fessurazione	Mcr	13305575 Nmm	
		24.55286 kNm				13.30558 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	56340000 Nmm	sez. fessurata		Quasi permanente	16900000 Nmm	sez. fessurata	
	56.34 kNm				16.9 kNm		
Caratteristica	75300000 Nmm	sez. fessurata		Caratteristica	27700000 Nmm	sez. fessurata	
	75.3 kNm				27.7 kNm		
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$	0.829762			$\delta$	0.829586	
Posizione asse neutro	yn	47.24344 mm		Posizione asse neutro	yn	35.25999 mm	
Momento inerzia	In	2.12E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	In	70832631 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	5.477922 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.623423 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	88.08078 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	158.0366 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	56340000 kNm			Quasi permanente	16900000 kNm		
Frequente	75300000 kNm			Frequente	27700000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	202.1137 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	200.7293 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	270.1307 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	329.0061 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	esm	0.000892		Deformazione media armature (QP)	esm	0.000676	
Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001248		Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.00142	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	100 mm			Spaziatura s	150 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	50.9188517 mm			heff	54.9133358 mm		
Ac,eff	71286.3924 mm <sup>2</sup>			Ac,eff	43930.6686 mm <sup>2</sup>		
Peff	0.0302442			Peff	0.01371859		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	93.14493		Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	123.7363	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	93.14493		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	123.7363	
<u>Valore medio ampiezza fessure</u>				<u>Valore medio ampiezza fessure</u>			
QP	wm	0.083113		QP	wm	0.083608	
Caratteristica	wm	0.116213		Caratteristica	wm	0.175675	
<u>Apertura delle fessure</u>				<u>Apertura delle fessure</u>			
QP	wd	0.14 verificato		QP	wd	0.14 verificato	
Caratteristica	wd	0.20 verificato		Caratteristica	wd	0.30 verificato	

Tab. 49 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione y





Punto 5 - Direzione x				Punto 5 - Direzione y			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	1770.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	1770.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	452 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2222.333 mm <sup>2</sup>			As,tot	2222.333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	100.652 mm	Posizione baricentro		yg	100.652 mm
Momento inerzia		lg	3.19E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	3.2E+09 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	75667986 Nmm 75.66799 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	76063842 Nmm 76.06384 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		11000000 Nmm 11 kNm	NO FESS	Quasi permanente		10900000 Nmm 10.9 kNm	NO FESS
Caratteristica		16900000 Nmm 16.9 kNm	NO FESS	Caratteristica		17300000 Nmm 17.3 kNm	NO FESS

Tab. 50 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 5, direzione x e y

Punto 6 - Direzione x				Punto 6 - Direzione y			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	1205.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	1770.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	452 mm <sup>2</sup>		
As,tot	1657.333 mm <sup>2</sup>			As,tot	2222.333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	101.0756 mm	Posizione baricentro		yg	100.652 mm
Momento inerzia		lg	1.11E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	3.2E+09 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	26414209 Nmm 26.41421 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	76063842 Nmm 76.06384 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		16000000 Nmm 16 kNm	NO FESS	Quasi permanente		13000000 Nmm 13 kNm	NO FESS
Caratteristica		24700000 Nmm 24.7 kNm	NO FESS	Caratteristica		16400000 Nmm 16.4 kNm	NO FESS

Tab. 51 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 6, direzione x e y



Punto 7 - Direzione x				Punto 7 - Direzione y			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche		Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche	
Proprietà sezione				Proprietà sezione			
b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	1770.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	1205.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	452 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2222.333 mm <sup>2</sup>			As,tot	1657.333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	100.652 mm		Posizione baricentro	yg	101.0756 mm	
Momento inerzia	lg	3.19E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	1.12E+09 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	75667986 Nmm 75.66799 kNm		Momento di prima fessurazione	Mcr	26683044 Nmm 26.68304 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		8500000 Nmm 8.5 kNm	NO FESS	Quasi permanente		17600000 Nmm 17.6 kNm	NO FESS
Caratteristica		10500000 Nmm 10.5 kNm	NO FESS	Caratteristica		25500000 Nmm 25.5 kNm	NO FESS

Tab. 52 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 7, direzione x e y

Punto 8 - Direzione x				Punto 8 - Direzione y			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche		Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche	
Proprietà sezione				Proprietà sezione			
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	1215.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	1770.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	303.8333 mm <sup>2</sup>			A's	452 mm <sup>2</sup>		
As,tot	1519.167 mm <sup>2</sup>			As,tot	2222.333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101.3049 mm		Posizione baricentro	yg	100.652 mm	
Momento inerzia	lg	1.1E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	3.2E+09 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	26352380 Nmm 26.35238 kNm		Momento di prima fessurazione	Mcr	76063842 Nmm 76.06384 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		19000000 Nmm 19 kNm	NO FESS	Quasi permanente		1200000 Nmm 1.2 kNm	NO FESS
Caratteristica		24500000 Nmm 24.5 kNm	NO FESS	Caratteristica		2800000 Nmm 2.8 kNm	NO FESS

Tab. 53 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 8, direzione x e y



Punto 9 - Direzione x				Punto 9 - Direzione y			
		Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
$A_s$	2655.5 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	$A_s$	904 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
$A's$	452 mm <sup>2</sup>			$A's$	452 mm <sup>2</sup>		
$A_{s,tot}$	3107.5 mm <sup>2</sup>			$A_{s,tot}$	1356 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101.0834 mm		Posizione baricentro	yg	100.6491 mm	
Momento inerzia	lg	3.2E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	1.11E+09 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	76421769 Nmm 76.42177 kNm		Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	26358629 Nmm 26.35863 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		10600000 Nmm 10.6 kNm	NO FESS	Quasi permanente		15700000 Nmm 15.7 kNm	NO FESS
Caratteristica		19700000 Nmm 19.7 kNm	NO FESS	Caratteristica		22400000 Nmm 22.4 kNm	NO FESS

Tab. 54 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 9, direzione x e y



**Campata 2.** Viene eseguita la verifica della campata compresa tra i fili fissi x5 - x6 - y3 - y4

Punto 1 - Direzione x - Striscia 1				Punto 1 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{cm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{cm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
$A_s$	1808 mm <sup>2</sup>			$A_s$	904 mm <sup>2</sup>		
$A's$	452 mm <sup>2</sup>			$A's$	226 mm <sup>2</sup>		
$A_{s,tot}$	2260 mm <sup>2</sup>			$A_{s,tot}$	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	$y_g$	101.91421 mm		Posizione baricentro	$y_g$	101.91421 mm	
Momento inerzia	$I_g$	1.119E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_g$	559586170 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	26927923 Nmm		Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	13463962 Nmm	
		26.927923 kNm				13.463962 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	55600000 Nmm	sez. fessurata		Quasi permanente	25300000 Nmm	sez. fessurata	
	55.6 kNm				25.3 kNm		
Caratteristica	76400000 Nmm	sez. fessurata		Caratteristica	36200000 Nmm	sez. fessurata	
	76.4 kNm				36.2 kNm		
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$	0.8318471			$\delta$	0.8318471	
Posizione asse neutro	$y_n$	40.102813 mm		Posizione asse neutro	$y_n$	40.102813 mm	
Momento inerzia	$I_n$	164666358 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_n$	82333179 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.5580213 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.5580213 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	120.25363 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	120.25363 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		55600000 kNm		Quasi permanente		25300000 kNm	
Frequente		76400000 kNm		Frequente		36200000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	248.29623 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	225.96743 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	341.18403 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	323.32099 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$		1		$\beta_1$		1	
$\beta_2$		0.5		$\beta_2$		0.5	
Deformazione media armature (QP)	$\epsilon_{sm}$	0.001069		Deformazione media armature (QP)	$\epsilon_{sm}$	0.000946	
Deformazione media armature (caratteristica)	$\epsilon_{sm}$	0.001561		Deformazione media armature (caratteristica)	$\epsilon_{sm}$	0.001468	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		100 mm	
k2		0.4		k2		0.4	
k3		0.125		k3		0.125	
heff		53.29906219 mm		heff		53.2990622 mm	
$A_{c,eff}$		85278.49951 mm <sup>2</sup>		$A_{c,eff}$		42639.2498 mm <sup>2</sup>	
$\rho_{eff}$		0.021201124		$\rho_{eff}$		0.02120112	
Distanza media fessure (QP)	$\Delta_{sm}$	98.30039		Distanza media fessure (QP)	$\Delta_{sm}$	98.30039	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta_{sm}$	98.30039		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta_{sm}$	98.30039	
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	wm	0.105098		QP	wm	0.093011	
Caratteristica	wm	0.153441		Caratteristica	wm	0.144314	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd	0.18 verificato		QP	wd	0.16 verificato	
Caratteristica	wd	0.26 verificato		Caratteristica	wd	0.25 verificato	

Tab. 55 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione x



Punto 1 - Direzione y - Striscia 1				Punto 1 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
$A_s$	1808 mm <sup>2</sup>			$A_s$	904 mm <sup>2</sup>		
$A's$	452 mm <sup>2</sup>			$A's$	226 mm <sup>2</sup>		
$A_{s,tot}$	2260 mm <sup>2</sup>			$A_{s,tot}$	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	$y_g$	101.9142 mm		Posizione baricentro	$y_g$	101.9142 mm	
Momento inerzia	$I_g$	1.14E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_g$	5.68E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	27329115 Nmm 27.32911 kNm		Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	13664557 Nmm 13.66456 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		46200000 Nmm 46.2 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		29600000 Nmm 29.6 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		77700000 Nmm 77.7 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		32600000 Nmm 32.6 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		Sezione parzializzata		Sezione parzializzata		Sezione parzializzata	
	$\delta$	0.829586			$\delta$	0.829586	
Posizione asse neutro	$y_n$	41.81418 mm		Posizione asse neutro	$y_n$	41.81418 mm	
Momento inerzia	$I_n$	1.95E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_n$	97266156 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	5.874317 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	5.874317 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	112.4006 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	112.4006 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		46200000 kNm		Quasi permanente		29600000 kNm	
Frequente		77700000 kNm		Frequente		32600000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	190.0138 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	243.4809 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	319.5686 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	268.158 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	$\epsilon_{sm}$	0.000765		Deformazione media armature (QP)	$\epsilon_{sm}$	0.001061	
Deformazione media armature (caratteristica)	$\epsilon_{sm}$	0.001462		Deformazione media armature (caratteristica)	$\epsilon_{sm}$	0.001193	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura $c_s$	100 mm			Spaziatura $c_s$	100 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	52.7286074 mm			heff	52.7286074 mm		
$A_{c,eff}$	84365.7718 mm <sup>2</sup>			$A_{c,eff}$	42182.8859 mm <sup>2</sup>		
$\rho_{eff}$	0.02143049			$\rho_{eff}$	0.02143049		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	97.99749		Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	97.99749	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	97.99749		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	97.99749	
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	wm	0.074941		QP	wm	0.10399	
Caratteristica	wm	0.143316		Caratteristica	wm	0.116928	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd	0.13 verificato		QP	wd	0.18 verificato	
Caratteristica	wd	0.24 verificato		Caratteristica	wd	0.20 verificato	

Tab. 56 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione y



Punto 2 - Direzione x - Striscia 1				Punto 2 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	14 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	154 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A <sub>s</sub>	2464 mm <sup>2</sup>			A <sub>s</sub>	904 mm <sup>2</sup>		
A' <sub>s</sub>	616 mm <sup>2</sup>			A' <sub>s</sub>	226 mm <sup>2</sup>		
A <sub>s,tot</sub>	3080 mm <sup>2</sup>			A <sub>s,tot</sub>	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	154 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	102.5691 mm	Posizione baricentro		yg	101.9142 mm
Momento inerzia		lg	1.13E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	5.6E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		M <sub>cr</sub>	27446156 Nmm 27.44616 kNm	Momento di prima fessurazione		M <sub>cr</sub>	13463962 Nmm 13.46396 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	66100000 Nmm 66.1 kNm	sez. fessurata		Quasi permanente	22500000 Nmm 22.5 kNm	sez. fessurata	
Caratteristica	93500000 Nmm 93.5 kNm	sez. fessurata		Caratteristica	40500000 Nmm 40.5 kNm	sez. fessurata	
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\delta$	0.832468	Sezione parzializzata		$\delta$	0.831847
Posizione asse neutro		yn	44.91259 mm	Posizione asse neutro		yn	40.10281 mm
Momento inerzia		I <sub>n</sub>	1.98E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		I <sub>n</sub>	82333179 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6.223478 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6.558021 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	95.09021 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	120.2536 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	66100000 kNm			Quasi permanente	22500000 kNm		
Frequente	93500000 kNm			Frequente	40500000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	229.0107 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	200.9592 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	323.941 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	361.7265 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)		esm	0.0010208	Deformazione media armature (QP)		esm	0.0008048
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0015121	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.001667
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		100 mm	
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff		51.6958028 mm		heff		53.2990622 mm	
A <sub>c,eff</sub>		82713.2845 mm <sup>2</sup>		A <sub>c,eff</sub>		42639.2498 mm <sup>2</sup>	
ρ <sub>eff</sub>		0.02978965		ρ <sub>eff</sub>		0.02120112	
Distanza media fessure (QP)		Δs <sub>m</sub>	93.498092	Distanza media fessure (QP)		Δs <sub>m</sub>	98.300387
Distanza media fessure (caratteristica)		Δs <sub>m</sub>	93.498092	Distanza media fessure (caratteristica)		Δs <sub>m</sub>	98.300387
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	w <sub>m</sub>	0.0954451		QP	w <sub>m</sub>	0.0791099	
Caratteristica	w <sub>m</sub>	0.1413803		Caratteristica	w <sub>m</sub>	0.1638681	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd	0.16 verificato		QP	wd	0.13 verificato	
Caratteristica	wd	0.24 verificato		Caratteristica	wd	0.28 verificato	

Tab. 57 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione x



Punto 2 - Direzione y - Striscia 1				Punto 2 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	1808 mm <sup>2</sup>			As	904 mm <sup>2</sup>		
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	226 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2260 mm <sup>2</sup>			As,tot	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	101.9142 mm	Posizione baricentro		yg	101.9142 mm
Momento inerzia		lg	1.14E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	5.68E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	27329115 Nmm 27.32911 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13664557 Nmm 13.66456 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		59600000 Nmm 59.6 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		30200000 Nmm 30.2 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		81100000 Nmm 81.1 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		24400000 Nmm 24.4 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\delta$	0.829586	Sezione parzializzata		$\delta$	0.829586
Posizione asse neutro		yn	41.81418 mm	Posizione asse neutro		yn	41.81418 mm
Momento inerzia		In	1.95E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	97266156 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	5.874317 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	5.874317 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	112.4006 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	112.4006 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		59600000 kNm		Quasi permanente		30200000 kNm	
Frequente		81100000 kNm		Frequente		24400000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	245.126 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	248.4163 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	333.5523 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	200.7072 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$		1		$\beta_1$		1	
$\beta_2$		0.5		$\beta_2$		0.5	
Deformazione media armature (QP)		esm	0.00107	Deformazione media armature (QP)		esm	0.0010877
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0015347	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0008255
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		100 mm	
k2		0.4		k2		0.4	
k3		0.125		k3		0.125	
heff		52.7286074 mm		heff		52.7286074 mm	
Ac,eff		84365.7718 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		42182.8859 mm <sup>2</sup>	
Peff		0.02143049		Peff		0.02143049	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	97.997491	Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	97.997491
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	97.997491	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	97.997491
<u>Valore medio ampiezza fessure</u>				<u>Valore medio ampiezza fessure</u>			
QP		wm	0.1048601	QP		wm	0.1065961
Caratteristica		wm	0.1503969	Caratteristica		wm	0.0808999
<u>Apertura delle fessure</u>				<u>Apertura delle fessure</u>			
QP		wd	0.18 verificato	QP		wd	0.18 verificato
Caratteristica		wd	0.26 verificato	Caratteristica		wd	0.14 verificato

Tab. 58 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione y



Punto 3 - Direzione x - Striscia 1				Punto 3 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	14 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	14 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	154 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	154 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	2464 mm <sup>2</sup>			As	1232 mm <sup>2</sup>		
A's	616 mm <sup>2</sup>			A's	308 mm <sup>2</sup>		
As,tot	3080 mm <sup>2</sup>			As,tot	1540 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	154 mm			d	154 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	102.5691 mm		Posizione baricentro	yg	102.56909 mm	
Momento inerzia	lg	1.13E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	56547442 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	27446156 Nmm		Momento di prima fessurazione	Mcr	13723078 Nmm	
		27.44616 kNm				13.723078 kNm	
Momenti agenti		Momenti agenti		Momenti agenti		Momenti agenti	
Quasi permanente	57400000 Nmm	sez. fessurata		Quasi permanente	34400000 Nmm	sez. fessurata	
	57.4 kNm				34.4 kNm		
Caratteristica	93200000 Nmm	sez. fessurata		Caratteristica	48900000 Nmm	sez. fessurata	
	93.2 kNm				48.9 kNm		
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$	0.832468			$\delta$	0.8324675	
Posizione asse neutro	yn	44.91259 mm		Posizione asse neutro	yn	44.912592 mm	
Momento inerzia	In	1.98E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	In	99034499 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.223478 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.2234776 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	95.09021 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	95.090207 MPa	
Momenti agenti		Momenti agenti		Momenti agenti		Momenti agenti	
Quasi permanente	57400000 kNm			Quasi permanente	34400000 kNm		
Frequente	93200000 kNm			Frequente	48900000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	198.8686 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	238.36512 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	322.9016 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	338.83879 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	esm	0.000859		Deformazione media armature (QP)	esm	0.00107	
Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001507		Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001588	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	100 mm			Spaziatura s	100 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	51.6958028 mm			heff	51.6958028 mm		
Ac,eff	82713.2845 mm <sup>2</sup>			Ac,eff	41356.6422 mm <sup>2</sup>		
Peff	0.02978965			Peff	0.02978965		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	93.49809		Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	93.49809	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	93.49809		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	93.49809	
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	w <sub>m</sub>	0.080333		QP	w <sub>m</sub>	0.100065	
Caratteristica	w <sub>m</sub>	0.140886		Caratteristica	w <sub>m</sub>	0.148455	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd	0.14 verificato		QP	wd	0.17 verificato	
Caratteristica	wd	0.24 verificato		Caratteristica	wd	0.25 verificato	

Tab. 59 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione x





Punto 3 - Direzione y - Striscia 1				Punto 3 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	14 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	154 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	2464 mm <sup>2</sup>			As	904 mm <sup>2</sup>		
A's	616 mm <sup>2</sup>			A's	226 mm <sup>2</sup>		
As,tot	3080 mm <sup>2</sup>			As,tot	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	168 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	102.5691 mm	Posizione baricentro		yg	101.9142 mm
Momento inerzia		Ig	1.16E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		Ig	5.68E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	28060416 Nmm 28.06042 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13664557 Nmm 13.66456 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		78200000 Nmm 78.2 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		30800000 Nmm 30.8 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		105400000 Nmm 105.4 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		44800000 Nmm 44.8 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\delta$	0.829762	Sezione parzializzata		$\delta$	0.829586
Posizione asse neutro		yn	47.24344 mm	Posizione asse neutro		yn	41.81418 mm
Momento inerzia		In	2.42E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	97266156 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	5.477922 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	5.874317 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	88.08078 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	112.4006 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		78200000 kNm		Quasi permanente		30800000 kNm	
Frequente		1.05E+08 kNm		Frequente		44800000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	245.4674 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	253.3517 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	330.8473 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	368.5116 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)		esm	0.0011203	Deformazione media armature (QP)		esm	0.0011142
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0015567	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.001714
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		100 mm	
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff		50.91885172 mm		heff		52.7286074 mm	
Ac,eff		81470.16274 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		42182.8859 mm <sup>2</sup>	
Peff		0.030244201		Peff		0.02143049	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta sm$	93.144933	Distanza media fessure (QP)		$\Delta sm$	97.997491
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta sm$	93.144933	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta sm$	97.997491
<u>Valore medio ampiezza fessure</u>				<u>Valore medio ampiezza fessure</u>			
QP		wm	0.1043516	QP		wm	0.1091922
Caratteristica		wm	0.1449983	Caratteristica		wm	0.1679676
<u>Apertura delle fessure</u>				<u>Apertura delle fessure</u>			
QP		wd	0.18 verificato	QP		wd	0.19 verificato
Caratteristica		wd	0.25 verificato	Caratteristica		wd	0.29 verificato

Tab. 60 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione y



Punto 4 - Direzione x - Striscia 1				Punto 4 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche		Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	1808 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	904 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	226 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2260 mm <sup>2</sup>			As,tot	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101.9142 mm		Posizione baricentro	yg	101.9142 mm	
Momento inerzia	lg	1.12E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	5.6E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	26927923 Nmm		Momento di prima fessurazione	Mcr	13463962 Nmm	
		26.92792 kNm				13.46396 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	48800000 Nmm	sez. fessurata		Quasi permanente	21200000 Nmm	sez. fessurata	
	48.8 kNm				21.2 kNm		
Caratteristica	85400000 Nmm	sez. fessurata		Caratteristica	32000000 Nmm	sez. fessurata	
	85.4 kNm				32 kNm		
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$	0.831847			$\delta$	0.831847	
Posizione asse neutro	yn	40.10281 mm		Posizione asse neutro	yn	40.10281 mm	
Momento inerzia	In	1.65E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	In	82333179 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.558021 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.558021 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	120.2536 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	120.2536 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	48800000 kNm			Quasi permanente	21200000 kNm		
Frequente	85400000 kNm			Frequente	32000000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	217.9291 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	189.3482 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	381.3759 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	285.8086 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	esm	0.000901		Deformazione media armature (QP)	esm	0.000737	
Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001768		Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001271	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	100 mm			Spaziatura s	100 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	53.2990622 mm			heff	53.2990622 mm		
Ac,eff	85278.4995 mm <sup>2</sup>			Ac,eff	42639.2498 mm <sup>2</sup>		
Peff	0.02120112			Peff	0.02120112		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	98.30039		Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	98.30039	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	98.30039		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	98.30039	
<u>Valore medio ampiezza fessure</u>				<u>Valore medio ampiezza fessure</u>			
QP	wm	0.088591		QP	wm	0.072484	
Caratteristica	wm	0.173784		Caratteristica	wm	0.124918	
<u>Apertura delle fessure</u>				<u>Apertura delle fessure</u>			
QP	wd	0.15 verificato		QP	wd	0.12 verificato	
Caratteristica	wd	0.30 verificato		Caratteristica	wd	0.21 verificato	

Tab. 61 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione x



Punto 4 - Direzione y - Striscia 1				Punto 4 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	1808 mm <sup>2</sup>			As	904 mm <sup>2</sup>		
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	226 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2260 mm <sup>2</sup>			As,tot	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101.9142 mm		Posizione baricentro	yg	101.9142 mm	
Momento inerzia	lg	1.14E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	5.68E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	27329115 Nmm		Momento di prima fessurazione	Mcr	13664557 Nmm	
		27.32911 kNm				13.66456 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	49100000 Nmm	sez. fessurata		Quasi permanente	23100000 Nmm	sez. fessurata	
	49.1 kNm				23.1 kNm		
Caratteristica	68500000 Nmm	sez. fessurata		Caratteristica	36600000 Nmm	sez. fessurata	
	68.5 kNm				36.6 kNm		
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$	0.829586			$\delta$	0.829586	
Posizione asse neutro	yn	41.81418 mm		Posizione asse neutro	yn	41.81418 mm	
Momento inerzia	In	1.95E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	In	97266156 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	5.874317 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	5.874317 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	112.4006 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	112.4006 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	49100000 kNm			Quasi permanente	23100000 kNm		
Frequente	68500000 kNm			Frequente	36600000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	201.941 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	190.0138 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	281.7304 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	301.0608 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	esm	0.000832		Deformazione media armature (QP)	esm	0.000765	
Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001265		Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001366	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	100 mm			Spaziatura s	100 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	52.7286074 mm			heff	52.7286074 mm		
Ac,eff	84365.7718 mm <sup>2</sup>			Ac,eff	42182.8859 mm <sup>2</sup>		
Peff	0.02143049			Peff	0.02143049		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	97.99749		Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	97.99749	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	97.99749		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	97.99749	
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	wm	0.081582		QP	wm	0.074941	
Caratteristica	wm	0.123959		Caratteristica	wm	0.133888	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd	0.14 verificato		QP	wd	0.13 verificato	
Caratteristica	wd	0.21 verificato		Caratteristica	wd	0.23 verificato	

Tab. 62 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione y



Punto 5 - Direzione x				Punto 5 - Direzione y			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	2124.4 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	1770.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	452 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2576.4 mm <sup>2</sup>			As,tot	2222.333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	100.8252 mm		Posizione baricentro	yg	100.652 mm	
Momento inerzia	lg	3.19E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	3.2E+09 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	75969704 Nmm 75.9697 kNm		Momento di prima fessurazione	Mcr	76063842 Nmm 76.06384 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	6936846.29 Nmm 6.93684629 kNm	NO FESS		Quasi permanente	4600000 Nmm 4.6 kNm	NO FESS	
Caratteristica	18300000 Nmm 18.3 kNm	NO FESS		Caratteristica	9200000 Nmm 9.2 kNm	NO FESS	

Tab. 63 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 5, direzione x e y

Punto 6 - Direzione x				Punto 6 - Direzione y			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	1205.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	1770.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	452 mm <sup>2</sup>		
As,tot	1657.333 mm <sup>2</sup>			As,tot	2222.333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101.0756 mm		Posizione baricentro	yg	100.652 mm	
Momento inerzia	lg	1.11E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	3.2E+09 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	26414209 Nmm 26.41421 kNm		Momento di prima fessurazione	Mcr	76063842 Nmm 76.06384 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	23300000 Nmm 23.3 kNm	NO FESS		Quasi permanente	10400000 Nmm 10.4 kNm	NO FESS	
Caratteristica	26400000 Nmm 26.4 kNm	NO FESS		Caratteristica	12500000 Nmm 12.5 kNm	NO FESS	

Tab. 64 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 6, direzione x e y



Punto 7 - Direzione x				Punto 7 - Direzione y			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche		Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche	
Proprietà sezione				Proprietà sezione			
b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	1770.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	723.2 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	452 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2222.333 mm <sup>2</sup>			As,tot	1175.2 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	100.652 mm		Posizione baricentro	yg	100.3908 mm	
Momento inerzia	lg	3.19E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	1.1E+09 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	75667986 Nmm 75.66799 kNm		Momento di prima fessurazione	Mcr	26163537 Nmm 26.16354 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	2200000 Nmm 2.2 kNm	NO FESS		Quasi permanente	9200000 Nmm 9.2 kNm	NO FESS	
Caratteristica	6100000 Nmm 6.1 kNm	NO FESS		Caratteristica	18900000 Nmm 18.9 kNm	NO FESS	

Tab. 65 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 7, direzione x e y

Punto 8 - Direzione x				Punto 8 - Direzione y			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche		Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche	
Proprietà sezione				Proprietà sezione			
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	723.2 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	1770.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	180.8 mm <sup>2</sup>			A's	452 mm <sup>2</sup>		
As,tot	904 mm <sup>2</sup>			As,tot	2222.333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	100.7857 mm		Posizione baricentro	yg	100.652 mm	
Momento inerzia	lg	1.09E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	3.2E+09 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	25874748 Nmm 25.87475 kNm		Momento di prima fessurazione	Mcr	76063842 Nmm 76.06384 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	11400000 Nmm 11.4 kNm	NO FESS		Quasi permanente	9100000 Nmm 9.1 kNm	NO FESS	
Caratteristica	18400000 Nmm 18.4 kNm	NO FESS		Caratteristica	14200000 Nmm 14.2 kNm	NO FESS	

Tab. 66 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 8, direzione x e y



Punto 9 - Direzione x				Punto 9 - Direzione y			
		Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	1770.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	602.6667 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	452 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2222.333 mm <sup>2</sup>			As,tot	1054.667 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	100.652 mm		Posizione baricentro	yg	100.2176 mm	
Momento inerzia	lg	3.19E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	1.1E+09 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	75667986 Nmm		Momento di prima fessurazione	Mcr	26033290 Nmm	
		75.66799 kNm				26.03329 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	6400000 Nmm	NO FESS		Quasi permanente	6700000 Nmm	NO FESS	
	6.4 kNm				6.7 kNm		
Caratteristica	9000000 Nmm	NO FESS		Caratteristica	12400000 Nmm	NO FESS	
	9 kNm				12.4 kNm		

Tab. 67 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 9, direzione x e y



**Campata 3.** Viene eseguita la verifica della campata compresa tra i fili fissi x6 - x7 - y7 - y8

Punto 1 - Direzione x - Striscia 1				Punto 1 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
$A_s$	1808 mm <sup>2</sup>			$A_s$	904 mm <sup>2</sup>		
$A's$	452 mm <sup>2</sup>			$A's$	226 mm <sup>2</sup>		
$A_{s,tot}$	2260 mm <sup>2</sup>			$A_{s,tot}$	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	$y_g$	101.91421 mm		Posizione baricentro	$y_g$	101.91421 mm	
Momento inerzia	$I_g$	1.119E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_g$	559586170 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	26927923 Nmm		Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	13463962 Nmm	
		26.927923 kNm				13.463962 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	59700000 Nmm	sez. fessurata		Quasi permanente	23800000 Nmm	sez. fessurata	
	59.7 kNm				23.8 kNm		
Caratteristica	75100000 Nmm	sez. fessurata		Caratteristica	32000000 Nmm	sez. fessurata	
	75.1 kNm				32 kNm		
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
$\delta$	0.8318471			$\delta$	0.8318471		
Posizione asse neutro	$y_n$	40.102813 mm		Posizione asse neutro	$y_n$	40.102813 mm	
Momento inerzia	$I_n$	164666358 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_n$	82333179 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.5580213 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.5580213 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	120.25363 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	120.25363 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	59700000 kNm			Quasi permanente	23800000 kNm		
Frequente	75100000 kNm			Frequente	32000000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	266.60584 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	212.57015 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	335.37854 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	285.80861 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	$\epsilon_{sm}$	0.001168		Deformazione media armature (QP)	$\epsilon_{sm}$	0.000871	
Deformazione media armature (caratteristica)	$\epsilon_{sm}$	0.001531		Deformazione media armature (caratteristica)	$\epsilon_{sm}$	0.001271	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	100 mm			Spaziatura s	100 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	53.29906219 mm			heff	53.2990622 mm		
$A_{c,eff}$	85278.49951 mm <sup>2</sup>			$A_{c,eff}$	42639.2498 mm <sup>2</sup>		
$\rho_{eff}$	0.021201124			$\rho_{eff}$	0.02120112		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta_{sm}$	98.30039		Distanza media fessure (QP)	$\Delta_{sm}$	98.30039	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta_{sm}$	98.30039		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta_{sm}$	98.30039	
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	wm	0.114837		QP	wm	0.08562	
Caratteristica	wm	0.150481		Caratteristica	wm	0.124918	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd	0.20 verificato		QP	wd	0.15 verificato	
Caratteristica	wd	0.26 verificato		Caratteristica	wd	0.21 verificato	

Tab. 68 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione x



Punto 1 - Direzione y - Striscia 1				Punto 1 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
$A_s$	1868 mm <sup>2</sup>			$A_s$	904 mm <sup>2</sup>		
$A's$	467 mm <sup>2</sup>			$A's$	226 mm <sup>2</sup>		
$A_{s,tot}$	2335 mm <sup>2</sup>			$A_{s,tot}$	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	$y_g$	101.9749 mm		Posizione baricentro	$y_g$	101.9142 mm	
Momento inerzia	$I_g$	1.14E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_g$	5.68E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	27400560 Nmm 27.40056 kNm		Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	13664557 Nmm 13.66456 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	67000000 Nmm 67 kNm	sez. fessurata		Quasi permanente	30900000 Nmm 30.9 kNm	sez. fessurata	
Caratteristica	87100000 Nmm 87.1 kNm	sez. fessurata		Caratteristica	45900000 Nmm 45.9 kNm	sez. fessurata	
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$	0.829586			$\delta$	0.829586	
Posizione asse neutro	$y_n$	42.37995 mm		Posizione asse neutro	$y_n$	41.81418 mm	
Momento inerzia	$I_n$	1.99E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_n$	97266156 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	5.82262 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	5.874317 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	109.4351 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	112.4006 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	67000000 kNm			Quasi permanente	30900000 kNm		
Frequente	87100000 kNm			Frequente	45900000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	267.5913 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	254.1743 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	347.8687 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	377.5598 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	$\epsilon_{sm}$	0.001196		Deformazione media armature (QP)	$\epsilon_{sm}$	0.001119	
Deformazione media armature (caratteristica)	$\epsilon_{sm}$	0.001613		Deformazione media armature (caratteristica)	$\epsilon_{sm}$	0.00176	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura $s$	100 mm			Spaziatura $s$	100 mm		
$k_2$	0.4			$k_2$	0.4		
$k_3$	0.125			$k_3$	0.125		
heff	52.540016 mm			heff	52.7286074 mm		
$A_{c,eff}$	84064.0256 mm <sup>2</sup>			$A_{c,eff}$	42182.8859 mm <sup>2</sup>		
$\rho_{eff}$	0.02222116			$\rho_{eff}$	0.02143049		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	97.00129		Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	97.99749	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	97.00129		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	97.99749	
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	wm	0.11603		QP	wm	0.109624	
Caratteristica	wm	0.156458		Caratteristica	wm	0.172489	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd	0.20 verificato		QP	wd	0.19 verificato	
Caratteristica	wd	0.27 verificato		Caratteristica	wd	0.29 verificato	

Tab. 69 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione y





Punto 2 - Direzione x - Striscia 1				Punto 2 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{cm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{cm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A <sub>s</sub>	1808 mm <sup>2</sup>			A <sub>s</sub>	974 mm <sup>2</sup>		
A' <sub>s</sub>	452 mm <sup>2</sup>			A' <sub>s</sub>	243.5 mm <sup>2</sup>		
A <sub>s,tot</sub>	2260 mm <sup>2</sup>			A <sub>s,tot</sub>	1217.5 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	154 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	101.9142 mm	Posizione baricentro		yg	102.0557 mm
Momento inerzia		lg	1.12E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	5.62E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	26839940 Nmm 26.83994 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13531966 Nmm 13.53197 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		58100000 Nmm 58.1 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		26600000 Nmm 26.6 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		83700000 Nmm 83.7 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		44500000 Nmm 44.5 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\delta$	0.832468	Sezione parzializzata		$\delta$	0.831847
Posizione asse neutro		yn	39.66555 mm	Posizione asse neutro		yn	41.34081 mm
Momento inerzia		In	1.58E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	87081821 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6.754723 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6.424102 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	122.4806 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	113.0602 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		58100000 kNm		Quasi permanente		26600000 kNm	
Frequente		83700000 kNm		Frequente		44500000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	265.1319 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	222.2442 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	381.9542 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	371.7995 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$		1		$\beta_1$		1	
$\beta_2$		0.5		$\beta_2$		0.5	
Deformazione media armature (QP)		esm	0.0011553	Deformazione media armature (QP)		esm	0.0009438
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0017674	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0017298
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		100 mm	
k2		0.4		k2		0.4	
k3		0.125		k3		0.125	
heff		53.4448174 mm		heff		52.8863952 mm	
Ac,eff		85511.7079 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		42309.1162 mm <sup>2</sup>	
Peff		0.0211433		Peff		0.02302104	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	98.377779	Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	96.063111
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	98.377779	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	96.063111
<u>Valore medio ampiezza fessure</u>				<u>Valore medio ampiezza fessure</u>			
QP		w <sub>m</sub>	0.1136581	QP		w <sub>m</sub>	0.0906677
Caratteristica		w <sub>m</sub>	0.1738726	Caratteristica		w <sub>m</sub>	0.1661701
<u>Apertura delle fessure</u>				<u>Apertura delle fessure</u>			
QP		wd	0.19 verificato	QP		wd	0.15 verificato
Caratteristica		wd	0.30 verificato	Caratteristica		wd	0.28 verificato

Tab. 70 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione x



Punto 2 - Direzione y				Punto 2 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	14 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	14 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	154 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	154 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	2464 mm <sup>2</sup>			As	1232 mm <sup>2</sup>		
A's	616 mm <sup>2</sup>			A's	308 mm <sup>2</sup>		
As,tot	3080 mm <sup>2</sup>			As,tot	1540 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	168 mm			d	168 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	102.5691 mm	Posizione baricentro		yg	102.5691 mm
Momento inerzia		lg	1.16E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	5.79E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	28060416 Nmm 28.06042 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	14030208 Nmm 14.03021 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		69100000 Nmm 69.1 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		40900000 Nmm 40.9 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		90900000 Nmm 90.9 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		55100000 Nmm 55.1 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\delta$	0.829762	Sezione parzializzata		$\delta$	0.829762
Posizione asse neutro		yn	47.24344 mm	Posizione asse neutro		yn	47.24344 mm
Momento inerzia		In	2.42E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	1.21E+08 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	5.477922 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	5.477922 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	88.08078 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	88.08078 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		69100000 kNm		Quasi permanente		40900000 kNm	
Frequente		90900000 kNm		Frequente		55100000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	216.9028 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	256.7677 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	285.3323 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	345.9144 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$		1		$\beta_1$		1	
$\beta_2$		0.5		$\beta_2$		0.5	
Deformazione media armature (QP)		esm	0.0009708	Deformazione media armature (QP)		esm	0.0011788
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0013255	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0016327
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		100 mm	
k2		0.4		k2		0.4	
k3		0.125		k3		0.125	
heff		50.9188517 mm		heff		50.9188517 mm	
Ac,eff		81470.1627 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		40735.0814 mm <sup>2</sup>	
$\rho_{eff}$		0.0302442		$\rho_{eff}$		0.0302442	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	93.144933	Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	93.144933
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	93.144933	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	93.144933
<u>Valore medio ampiezza fessure</u>				<u>Valore medio ampiezza fessure</u>			
QP		wm	0.0904272	QP		wm	0.1098021
Caratteristica		wm	0.123468	Caratteristica		wm	0.1520763
<u>Apertura delle fessure</u>				<u>Apertura delle fessure</u>			
QP		wd	0.15 verificato	QP		wd	0.19 verificato
Caratteristica		wd	0.21 verificato	Caratteristica		wd	0.26 verificato

Tab. 71 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione y



Punto 3 - Direzione x - Striscia 1				Punto 3 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1400 mm	$\sigma_{cm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{cm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	1582 mm <sup>2</sup>			As	602.6667 mm <sup>2</sup>		
A's	395.5 mm <sup>2</sup>			A's	150.6667 mm <sup>2</sup>		
As,tot	1977.5 mm <sup>2</sup>			As,tot	753.3333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101.9142 mm		Posizione baricentro	yg	101.29449 mm	
Momento inerzia	lg	9.79E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	550882800 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	23561933 Nmm		Momento di prima fessurazione	Mcr	13171336 Nmm	
		23.56193 kNm				13.171336 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	37700000 Nmm	sez. fessurata		Quasi permanente	12100000 Nmm	NO FESS	
	37.7 kNm				12.1 kNm		
Caratteristica	69600000 Nmm	sez. fessurata		Caratteristica	25400000 Nmm	sez. fessurata	
	69.6 kNm				25.4 kNm		
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$	0.831847			$\delta$	0.8318471	
Posizione asse neutro	yn	40.10281 mm		Posizione asse neutro	yn	33.855207 mm	
Momento inerzia	In	1.44E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	In	60152991 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.558021 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	7.4130696 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	120.2536 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	169.62303 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	37700000 kNm			Quasi permanente	12100000 kNm		
Frequente	69600000 kNm			Frequente	25400000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	192.4104 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	155.82615 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	355.2193 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	327.10614 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	esm	0.000755		Deformazione media armature (QP)	esm		
Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001633		Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001381	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	100 mm			Spaziatura s	150 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	53.2990622 mm			heff	55.3815977 mm		
Ac,eff	74618.6871 mm <sup>2</sup>			Ac,eff	44305.2781 mm <sup>2</sup>		
Peff	0.02120112			Peff	0.01360259		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta_{sm}$	98.30039		Distanza media fessure (QP)	$\Delta_{sm}$		
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta_{sm}$	98.30039		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta_{sm}$	124.1092	
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	wm	0.074244		QP	wm		
Caratteristica	wm	0.160572		Caratteristica	wm	0.171408	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd	0.13 verificato		QP	wd		
Caratteristica	wd	0.27 verificato		Caratteristica	wd	0.29 verificato	

Tab. 72 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione x



Punto 3 - Direzione y - Striscia 1				Punto 3 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
A <sub>ferro</sub>	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	A <sub>ferro</sub>	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A <sub>s</sub>	904 mm <sup>2</sup>			A <sub>s</sub>	452 mm <sup>2</sup>		
A' <sub>s</sub>	226 mm <sup>2</sup>			A' <sub>s</sub>	113 mm <sup>2</sup>		
A <sub>s,tot</sub>	1130 mm <sup>2</sup>			A <sub>s,tot</sub>	565 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	100.9779 mm	Posizione baricentro		yg	100.9779 mm
Momento inerzia		Ig	1.1E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		Ig	5.51E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		M <sub>cr</sub>	26251935 Nmm 26.25193 kNm	Momento di prima fessurazione		M <sub>cr</sub>	13125967 Nmm 13.12597 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		21300000 Nmm 21.3 kNm	NO FESS	Quasi permanente		7800000 Nmm 7.8 kNm	NO FESS
Caratteristica		38000000 Nmm 38 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		11300000 Nmm 11.3 kNm	NO FESS
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
$\delta$	0.829586			$\delta$			
Posizione asse neutro		yn	31.13099 mm	Posizione asse neutro		yn	mm
Momento inerzia		I <sub>n</sub>	1.12E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		I <sub>n</sub>	mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	7.285857 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	202.9787 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		21300000 kNm		Quasi permanente		kNm	
Frequente		38000000 kNm		Frequente		kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	164.6906 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	293.8142 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)		esm		Deformazione media armature (QP)		esm	
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0010912	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		200 mm		Spaziatura s		200 mm	
k <sub>2</sub>	0.4			k <sub>2</sub>	0.4		
k <sub>3</sub>	0.125			k <sub>3</sub>	0.125		
heff		56.28966878 mm		heff		66.6666667 mm	
Ac,eff		90063.47004 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		53333.3333 mm <sup>2</sup>	
Peff		0.010037366		Peff		0.008475	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$		Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	149.77664	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP		w <sub>m</sub>		QP		w <sub>m</sub>	
Caratteristica		w <sub>m</sub>	0.1634401	Caratteristica		w <sub>m</sub>	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP		w <sub>d</sub>		QP		w <sub>d</sub>	
Caratteristica		w <sub>d</sub>	0.28 verificato	Caratteristica		w <sub>d</sub>	

Tab. 73 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione y



Punto 4 - Direzione x - Striscia 1				Punto 4 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche		Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1400 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	1582 mm <sup>2</sup>			As	602.6667 mm <sup>2</sup>		
A's	395.5 mm <sup>2</sup>			A's	150.6667 mm <sup>2</sup>		
As,tot	1977.5 mm <sup>2</sup>			As,tot	753.3333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101.9142 mm		Posizione baricentro	yg	101.2945 mm	
Momento inerzia	lg	9.79E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	5.51E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	23561933 Nmm		Momento di prima fessurazione	Mcr	13171336 Nmm	
		23.56193 kNm				13.17134 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		37200000 Nmm	sez. fessurata	Quasi permanente		15600000 Nmm	sez. fessurata
		37.2 kNm				15.6 kNm	
Caratteristica		69000000 Nmm	sez. fessurata	Caratteristica		24600000 Nmm	sez. fessurata
		69 kNm				24.6 kNm	
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\delta$	0.831847	Sezione parzializzata		$\delta$	0.831847
Posizione asse neutro	yn	40.10281 mm		Posizione asse neutro	yn	33.85521 mm	
Momento inerzia	In	1.44E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	In	60152991 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.558021 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	7.41307 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	120.2536 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	169.623 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		37200000 kNm		Quasi permanente		15600000 kNm	
Frequente		69000000 kNm		Frequente		24600000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	189.8586 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	200.8998 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	352.157 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	316.8036 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	esm	0.00074		Deformazione media armature (QP)	esm	0.000631	
Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001618		Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001324	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	100 mm			Spaziatura s	150 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	53.2990622 mm			heff	55.3815977 mm		
Ac,eff	74618.6871 mm <sup>2</sup>			Ac,eff	44305.2781 mm <sup>2</sup>		
Peff	0.02120112			Peff	0.01360259		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	98.30039		Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	124.1092	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	98.30039		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	124.1092	
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	wm	0.072778		QP	wm	0.078275	
Caratteristica	wm	0.159019		Caratteristica	wm	0.164305	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd	0.12 verificato		QP	wd	0.13 verificato	
Caratteristica	wd	0.27 verificato		Caratteristica	wd	0.28 verificato	

Tab. 74 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione x



Punto 4 - Direzione y - Striscia 1				Punto 4 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	904 mm <sup>2</sup>			As	452 mm <sup>2</sup>		
A's	226 mm <sup>2</sup>			A's	113 mm <sup>2</sup>		
As,tot	1130 mm <sup>2</sup>			As,tot	565 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	100.9779 mm		Posizione baricentro	yg	100.9779 mm	
Momento inerzia	lg	1.1E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	5.51E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	26251935 Nmm 26.25193 kNm		Momento di prima fessurazione	Mcr	13125967 Nmm 13.12597 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	24100000 Nmm 24.1 kNm	NO FESS		Quasi permanente	8800000 Nmm 8.8 kNm	NO FESS	
Caratteristica	36500000 Nmm 36.5 kNm	sez. fessurata		Caratteristica	12100000 Nmm 12.1 kNm	NO FESS	
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$	0.829586			$\delta$		
Posizione asse neutro	yn	31.13099 mm		Posizione asse neutro	yn	mm	
Momento inerzia	In	1.12E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	In	mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	7.285857 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	202.9787 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	24100000 kNm			Quasi permanente	kNm		
Frequente	36500000 kNm			Frequente	kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	186.34 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	282.2162 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	esm			Deformazione media armature (QP)	esm		
Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001021		Deformazione media armature (caratteristica)	esm		
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	200 mm			Spaziatura s	200 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	56.2896688 mm			heff	mm		
Ac,eff	90063.47 mm <sup>2</sup>			Ac,eff	mm <sup>2</sup>		
Peff	0.01003737			Peff			
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$			Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$		
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	149.7766		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$		
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	w <sub>m</sub>			QP	w <sub>m</sub>		
Caratteristica	w <sub>m</sub>	0.152861		Caratteristica	w <sub>m</sub>		
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd			QP	wd		
Caratteristica	wd	0.26	verificato	Caratteristica	wd		

Tab. 75 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione y



Punto 5 - Direzione x				Punto 5 - Direzione y			
		Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	2655.5 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	1770.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	452 mm <sup>2</sup>		
As,tot	3107.5 mm <sup>2</sup>			As,tot	2222.333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101.0834 mm		Posizione baricentro	yg	100.652 mm	
Momento inerzia	lg	3.2E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	3.2E+09 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	76421769 Nmm 76.42177 kNm		Momento di prima fessurazione	Mcr	76063842 Nmm 76.06384 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		8700000 Nmm 8.7 kNm	NO FESS	Quasi permanente		9500000 Nmm 9.5 kNm	NO FESS
Caratteristica		14700000 Nmm 14.7 kNm	NO FESS	Caratteristica		15800000 Nmm 15.8 kNm	NO FESS

Tab. 76 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 5, direzione x e y

Punto 6 - Direzione x				Punto 6 - Direzione y			
		Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	1205.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	1770.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	452 mm <sup>2</sup>		
As,tot	1657.333 mm <sup>2</sup>			As,tot	2222.333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101.0756 mm		Posizione baricentro	yg	100.652 mm	
Momento inerzia	lg	1.11E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	3.2E+09 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	26414209 Nmm 26.41421 kNm		Momento di prima fessurazione	Mcr	76063842 Nmm 76.06384 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		16900000 Nmm 16.9 kNm	NO FESS	Quasi permanente		4800000 Nmm 4.8 kNm	NO FESS
Caratteristica		24100000 Nmm 24.1 kNm	NO FESS	Caratteristica		8600000 Nmm 8.6 kNm	NO FESS

Tab. 77 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 6, direzione x e y



Punto 7 - Direzione x				Punto 7 - Direzione y			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche		Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche	
Proprietà sezione				Proprietà sezione			
b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	2124.4 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	1205.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	452 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2576.4 mm <sup>2</sup>			As,tot	1657.333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	100.8252 mm		Posizione baricentro	yg	101.0756 mm	
Momento inerzia	lg	3.19E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	1.12E+09 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	75969704 Nmm 75.9697 kNm		Momento di prima fessurazione	Mcr	26683044 Nmm 26.68304 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		2000000 Nmm 2 kNm	NO FESS	Quasi permanente		21900000 Nmm 21.9 kNm	NO FESS
Caratteristica		2400000 Nmm 2.4 kNm	NO FESS	Caratteristica		25550000 Nmm 25.55 kNm	NO FESS

Tab. 78 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 7, direzione x e y

Punto 8 - Direzione x				Punto 8 - Direzione y			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche		Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche	
Proprietà sezione				Proprietà sezione			
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	1808 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	1770.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	452 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2260 mm <sup>2</sup>			As,tot	2222.333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101.9142 mm		Posizione baricentro	yg	100.652 mm	
Momento inerzia	lg	1.12E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	3.2E+09 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	26927923 Nmm 26.92792 kNm		Momento di prima fessurazione	Mcr	76063842 Nmm 76.06384 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		6300000 Nmm 6.3 kNm	NO FESS	Quasi permanente		9900000 Nmm 9.9 kNm	NO FESS
Caratteristica		14900000 Nmm 14.9 kNm	NO FESS	Caratteristica		12100000 Nmm 12.1 kNm	NO FESS

Tab. 79 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 8, direzione x e y



Punto 9 - Direzione x				Punto 9 - Direzione y			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	4700 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	1770.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	1205.333 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	452 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2222.333 mm <sup>2</sup>			As,tot	1657.333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	100.652 mm		Posizione baricentro	yg	101.0756 mm	
Momento inerzia	lg	3.19E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	1.12E+09 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	75667986 Nmm		Momento di prima fessurazione	Mcr	26683044 Nmm	
		75.66799 kNm				26.68304 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	6300000 Nmm	NO FESS		Quasi permanente	18700000 Nmm	NO FESS	
	6.3 kNm				18.7 kNm		
Caratteristica	8800000 Nmm	NO FESS		Caratteristica	25900000 Nmm	NO FESS	
	8.8 kNm				25.9 kNm		

Tab. 80 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 9, direzione x e y

Come si evince dai calcoli sopra riportati, si è reso necessario un adeguamento alla quantità minima di armatura richiesta da normativa al fine di soddisfare le verifiche a fessurazione. Tale adeguamento di armatura è necessario esclusivamente nelle zone di estradosso in prossimità degli appoggi (pilastrini), in quanto si ha un superamento del limite di formazione delle fessure in tali zone. Mentre per quanto riguarda l' intradosso del solaio non si ha il superamento di tale limite; verrà quindi predisposto inferiormente una quantità di armatura lenta pari al minimo normativo ovvero una rete a maglia regolare costituita da  $1\phi 12/300$  mm. Tali risultati giustificano le scelte eseguite in termini di precompressione, la quale annulla nelle zone centrali delle campate il fenomeno della fessurazione.

Ora, come detto ad inizio paragrafo, si procede con le verifiche a fessurazione considerando le armature poco sensibili, pertanto le verifiche risulteranno soddisfatte se verrà rispettato il valore di  $w_2 = 0.30$  in combinazione quasi permanente e di  $w_3 = 0.40$  in combinazione caratteristica. Si riportano ora i risultati di tali verifiche.



**Campata 1.** Viene eseguita la verifica della campata compresa tra i fili fissi x1 - x2 - y1 - y2

Punto 1 - Direzione x - Striscia 1				Punto 1 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1400 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
$A_s$	791 mm <sup>2</sup>			$A_s$	452 mm <sup>2</sup>		
$A's$	197.75 mm <sup>2</sup>			$A's$	113 mm <sup>2</sup>		
$A_{s,tot}$	988.75 mm <sup>2</sup>			$A_{s,tot}$	565 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	$y_g$	100.9779 mm		Posizione baricentro	$y_g$	100.9779 mm	
Momento inerzia	$I_g$	956398909 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_g$	546513662 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	22793916 Nmm 22.793916 kNm		Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	13025095 Nmm 13.025095 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	17100000 Nmm 17.1 kNm	NO FESS		Quasi permanente	6200000 Nmm 6.2 kNm	NO FESS	
Caratteristica	33100000 Nmm 33.1 kNm	sez. fessurata		Caratteristica	7400000 Nmm 7.4 kNm	NO FESS	
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		Sezione parzializzata		Sezione parzializzata		Sezione parzializzata	
$\delta$	0.8318471			$\delta$			
Posizione asse neutro	$y_n$	29.911143 mm		Posizione asse neutro	$y_n$	mm	
Momento inerzia	$I_n$	83520915 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_n$	mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	8.1631301 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	218.18623 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	17100000 kNm			Quasi permanente	kNm		
Frequente	33100000 kNm			Frequente	kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	163.68335 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	316.83735 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	$\epsilon_{sm}$			Deformazione media armature (QP)			
Deformazione media armature (caratteristica)	$\epsilon_{sm}$	0.001179		Deformazione media armature (caratteristica)			
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	200 mm			Spaziatura s	200 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	56.69628564 mm			heff	mm		
$A_{c,eff}$	79374.7999 mm <sup>2</sup>			$A_{c,eff}$	mm <sup>2</sup>		
$\rho_{eff}$	0.009965379			$\rho_{eff}$			
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$			Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$		
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	150.2084		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$		
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	wm			QP	wm		
Caratteristica	wm	0.177108		Caratteristica	wm		
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd	verificato		QP	wd		
Caratteristica	wd	0.30 verificato		Caratteristica	wd		

Tab. 81 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione x



Punto 1 - Direzione y - Striscia 1				Punto 1 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>			$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>		
$A_s$	904 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	$A_s$	452 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
$A's$	226 mm <sup>2</sup>			$A's$	113 mm <sup>2</sup>		
$A_{s,tot}$	1130 mm <sup>2</sup>			$A_{s,tot}$	565 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	$y_g$	100.9779 mm		Posizione baricentro	$y_g$	100.9779 mm	
Momento inerzia	$I_g$	1.1E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_g$	5.51E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	26251935 Nmm 26.25193 kNm		Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	13125967 Nmm 13.12597 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	20000000 Nmm 20 kNm	NO FESS		Quasi permanente	8000000 Nmm 8 kNm	NO FESS	
Caratteristica	25600000 Nmm 25.6 kNm	NO FESS		Caratteristica	8200000 Nmm 8.2 kNm	NO FESS	

Tab. 82 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione y



Punto 2 - Direzione x - Striscia 1				Punto 2 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{cm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{cm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	1808 mm <sup>2</sup>			As	602.6667 mm <sup>2</sup>		
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	150.6667 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2260 mm <sup>2</sup>			As,tot	753.3333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	101.9142 mm	Posizione baricentro		yg	101.2945 mm
Momento inerzia		lg	1.12E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	5.51E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	26927923 Nmm 26.92792 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13171336 Nmm 13.17134 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	54400000 Nmm 54.4 kNm	sez. fessurata		Quasi permanente	14500000 Nmm 14.5 kNm	sez. fessurata	
Caratteristica	76900000 Nmm 76.9 kNm	sez. fessurata		Caratteristica	25400000 Nmm 25.4 kNm	sez. fessurata	
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\delta$	0.831847	Sezione parzializzata		$\delta$	0.831847
Posizione asse neutro		yn	40.10281 mm	Posizione asse neutro		yn	33.85521 mm
Momento inerzia		In	1.65E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	60152991 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6.558021 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	7.41307 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	120.2536 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	169.623 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	54400000 kNm			Quasi permanente	14500000 kNm		
Frequente	76900000 kNm			Frequente	25400000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	242.9373 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	186.7338 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	343.4169 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	327.1061 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)		esm	0.0010399	Deformazione media armature (QP)		esm	0.0005351
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0015725	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0013811
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		150 mm	
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff		53.2990622 mm		heff		55.3815977 mm	
Ac,eff		85278.4995 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		44305.2781 mm <sup>2</sup>	
Peff		0.02120112		Peff		0.01360259	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	98.300387	Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	124.10924
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	98.300387	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	124.10924
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	wm	0.1022202		QP	wm	0.0664098	
Caratteristica	wm	0.1545773		Caratteristica	wm	0.1714079	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd	0.17 verificato		QP	wd	0.11 verificato	
Caratteristica	wd	0.26 verificato		Caratteristica	wd	0.29 verificato	

Tab. 83 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione x



Punto 2 - Direzione y - Striscia 1				Punto 2 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	904 mm <sup>2</sup>			As	452 mm <sup>2</sup>		
A's	226 mm <sup>2</sup>			A's	113 mm <sup>2</sup>		
As,tot	1130 mm <sup>2</sup>			As,tot	565 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	100.9779 mm	Posizione baricentro		yg	100.9779 mm
Momento inerzia		lg	1.1E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	5.51E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	26251935 Nmm 26.25193 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13125967 Nmm 13.12597 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		21500000 Nmm 21.5 kNm	NO FESS	Quasi permanente		10400000 Nmm 10.4 kNm	NO FESS
Caratteristica		40400000 Nmm 40.4 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		15500000 Nmm 15.5 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\delta$	0.829586	Sezione parzializzata		$\delta$	0.829586
Posizione asse neutro		yn	31.13099 mm	Posizione asse neutro		yn	31.13099 mm
Momento inerzia		In	1.12E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	56084608 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	7.285857 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	7.285857 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	202.9787 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	202.9787 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		21500000 kNm		Quasi permanente		10400000 kNm	
Frequente		40400000 kNm		Frequente		15500000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	166.237 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	160.8246 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	312.3708 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	239.6905 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$		1		$\beta_1$		1	
$\beta_2$		0.5		$\beta_2$		0.5	
Deformazione media armature (QP)		esm		Deformazione media armature (QP)		esm	
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0012021	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.00075
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		200 mm		Spaziatura s		200 mm	
k2		0.4		k2		0.4	
k3		0.125		k3		0.125	
heff		56.2896688 mm		heff		56.2896688 mm	
Ac,eff		90063.47 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		45031.735 mm <sup>2</sup>	
Peff		0.01003737		Peff		0.01003737	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$		Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	149.77664	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	149.77664
<u>Valore medio ampiezza fessure</u>				<u>Valore medio ampiezza fessure</u>			
QP		wm	0	QP		wm	
Caratteristica		wm	0.180041	Caratteristica		wm	0.1123293
<u>Apertura delle fessure</u>				<u>Apertura delle fessure</u>			
QP		wd	verificato	QP		wd	verificato
Caratteristica		wd	0.31 verificato	Caratteristica		wd	0.19 verificato

Tab. 84 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione y



Punto 3 - Direzione x - Striscia 1				Punto 3 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{cm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{cm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	1921 mm <sup>2</sup>			As	904 mm <sup>2</sup>		
A's	480.25 mm <sup>2</sup>			A's	226 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2401.25 mm <sup>2</sup>			As,tot	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	102.0285 mm	Posizione baricentro		yg	101.91421 mm
Momento inerzia		lg	1.12E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	59586170 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	27037700 Nmm 27.0377 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13463962 Nmm 13.463962 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		81290000 Nmm 81.29 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		24200000 Nmm 24.2 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		107000000 Nmm 107 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		37700000 Nmm 37.7 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$		0.831847		$\delta$		0.8318471
Posizione asse neutro		yn	41.10704 mm	Posizione asse neutro		yn	40.102813 mm
Momento inerzia		In	1.72E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	82333179 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6.448642 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6.5580213 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	114.3682 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	120.25363 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente			81290000 kNm	Quasi permanente			24200000 kNm
Frequente			1.07E+08 kNm	Frequente			37700000 kNm
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	343.8528 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	216.14276 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	452.6049 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	336.71827 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$			1	$\beta_1$			1
$\beta_2$			0.5	$\beta_2$			0.5
Deformazione media armature (QP)		esm	0.001585	Deformazione media armature (QP)		esm	0.000891
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.002137	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.001538
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s			100 mm	Spaziatura s			100 mm
k2			0.4	k2			0.4
k3			0.125	k3			0.125
heff			52.9643199 mm	heff			53.2990622 mm
Ac,eff			84742.9119 mm <sup>2</sup>	Ac,eff			42639.2498 mm <sup>2</sup>
Peff			0.02266856	Peff			0.02120112
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	96.46837	Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	98.30039
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	96.46837	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	98.30039
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP		wm	0.152859	QP		wm	0.087603
Caratteristica		wm	0.206186	Caratteristica		wm	0.151164
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP		wd	0.26 verificato	QP		wd	0.15 verificato
Caratteristica		wd	0.35 verificato	Caratteristica		wd	0.26 verificato

Tab. 85 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione x



Punto 3 - Direzione y - Striscia 1				Punto 3 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	2208 mm <sup>2</sup>			As	904 mm <sup>2</sup>		
A's	552 mm <sup>2</sup>			A's	226 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2760 mm <sup>2</sup>			As,tot	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	102.3159 mm	Posizione baricentro		yg	101.9142 mm
Momento inerzia		lg	1.15E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	5.68E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	27805303 Nmm 27.8053 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13664557 Nmm 13.66456 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		80900000 Nmm 80.9 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		26200000 Nmm 26.2 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		107000000 Nmm 107 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		38200000 Nmm 38.2 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\delta$	0.829586	Sezione parzializzata		$\delta$	0.829586
Posizione asse neutro		yn	45.36677 mm	Posizione asse neutro		yn	41.81418 mm
Momento inerzia		In	2.26E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	97266156 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	5.576704 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	5.874317 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	95.60291 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	112.4006 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		80900000 kNm		Quasi permanente		26200000 kNm	
Frequente		1.07E+08 kNm		Frequente		38200000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	278.1583 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	215.5135 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	367.8978 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	314.2219 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)		esm	0.0012767	Deformazione media armature (QP)		esm	0.0009083
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.001734	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0014347
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		100 mm	
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff		51.54440899 mm		heff		52.7286074 mm	
Ac,eff		82471.05438 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		42182.8859 mm <sup>2</sup>	
Peff		0.02677303		Peff		0.02143049	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta sm$	92.410613	Distanza media fessure (QP)		$\Delta sm$	97.997491
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta sm$	92.410613	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta sm$	97.997491
<u>Valore medio ampiezza fessure</u>				<u>Valore medio ampiezza fessure</u>			
QP		wm	0.1179831	QP		wm	0.0890115
Caratteristica		wm	0.1602427	Caratteristica		wm	0.1405994
<u>Apertura delle fessure</u>				<u>Apertura delle fessure</u>			
QP		wd	0.20 verificato	QP		wd	0.15 verificato
Caratteristica		wd	0.27 verificato	Caratteristica		wd	0.24 verificato

Tab. 86 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione y



Punto 4 - Direzione x - Striscia 1				Punto 4 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	1808 mm <sup>2</sup>			As	452 mm <sup>2</sup>		
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	113 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2260 mm <sup>2</sup>			As,tot	565 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101.9142 mm		Posizione baricentro	yg	100.9779 mm	
Momento inerzia	lg	1.12E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	5.47E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	26927923 Nmm		Momento di prima fessurazione	Mcr	13025095 Nmm	
		26.92792 kNm				13.0251 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	52600000 Nmm	sez. fessurata		Quasi permanente	14200000 Nmm	sez. fessurata	
	52.6 kNm				14.2 kNm		
Caratteristica	73700000 Nmm	sez. fessurata		Caratteristica	21600000 Nmm	sez. fessurata	
	73.7 kNm				21.6 kNm		
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		Sezione parzializzata		Sezione parzializzata		Sezione parzializzata	
	$\delta$	0.831847			$\delta$	0.831847	
Posizione asse neutro	yn	40.10281 mm		Posizione asse neutro	yn	29.91114 mm	
Momento inerzia	In	1.65E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	In	47726237 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.558021 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	8.16313 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	120.2536 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	218.1862 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	52600000 kNm			Quasi permanente	14200000 kNm		
Frequente	73700000 kNm			Frequente	21600000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	234.899 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	237.8673 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	329.1265 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	361.8263 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	esm	0.000996		Deformazione media armature (QP)	esm	0.000672	
Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001498		Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001444	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	100 mm			Spaziatura s	200 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	53.2990622 mm			heff	56.6962856 mm		
Ac,eff	85278.4995 mm <sup>2</sup>			Ac,eff	45357.0285 mm <sup>2</sup>		
Peff	0.02120112			Peff	0.00996538		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	98.30039		Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	150.2084	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	98.30039		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	150.2084	
<u>Valore medio ampiezza fessure</u>				<u>Valore medio ampiezza fessure</u>			
QP	wm	0.097877		QP	wm	0.10097	
Caratteristica	wm	0.147286		Caratteristica	wm	0.216917	
<u>Apertura delle fessure</u>				<u>Apertura delle fessure</u>			
QP	wd	0.17 verificato		QP	wd	0.17 verificato	
Caratteristica	wd	0.25 verificato		Caratteristica	wd	0.37 verificato	

Tab. 87 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione x





Punto 4 - Direzione y - Striscia 1				Punto 4 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1400 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	1582 mm <sup>2</sup>			As	602.6667 mm <sup>2</sup>		
A's	395.5 mm <sup>2</sup>			A's	150.6667 mm <sup>2</sup>		
As,tot	1977.5 mm <sup>2</sup>			As,tot	753.3333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101.9142 mm		Posizione baricentro	yg	101.2945 mm	
Momento inerzia	lg	9.94E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	5.56E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	23912976 Nmm		Momento di prima fessurazione	Mcr	13305575 Nmm	
		23.91298 kNm				13.30558 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	56340000 Nmm	sez. fessurata		Quasi permanente	16900000 Nmm	sez. fessurata	
	56.34 kNm				16.9 kNm		
Caratteristica	75300000 Nmm	sez. fessurata		Caratteristica	27700000 Nmm	sez. fessurata	
	75.3 kNm				27.7 kNm		
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$	0.829586			$\delta$	0.829586	
Posizione asse neutro	yn	41.81418 mm		Posizione asse neutro	yn	35.25999 mm	
Momento inerzia	In	1.7E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	In	70832631 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	5.874317 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.623423 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	112.4006 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	158.0366 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	56340000 kNm			Quasi permanente	16900000 kNm		
Frequente	75300000 kNm			Frequente	27700000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	264.8207 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	200.7293 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	353.9403 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	329.0061 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	esm	0.001175		Deformazione media armature (QP)	esm	0.000676	
Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001639		Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.00142	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	100 mm			Spaziatura s	150 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	52.7286074 mm			heff	54.9133358 mm		
Ac,eff	73820.0503 mm <sup>2</sup>			Ac,eff	43930.6686 mm <sup>2</sup>		
Peff	0.02143049			Peff	0.01371859		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	97.99749		Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	123.7363	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	97.99749		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	123.7363	
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	wm	0.115191		QP	wm	0.083608	
Caratteristica	wm	0.160665		Caratteristica	wm	0.175675	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd	0.20 verificato		QP	wd	0.14 verificato	
Caratteristica	wd	0.27 verificato		Caratteristica	wd	0.30 verificato	

Tab. 88 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione y



**Campata 2.** Viene eseguita la verifica della campata compresa tra i fili fissi x5 - x6 - y3 - y4

Punto 1 - Direzione x - Striscia 1				Punto 1 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione		Calcolo Momento di prima fessurazione	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
$A_s$	1808 mm <sup>2</sup>			$A_s$	602.6667 mm <sup>2</sup>		
$A's$	452 mm <sup>2</sup>			$A's$	150.6667 mm <sup>2</sup>		
$A_{s,tot}$	2260 mm <sup>2</sup>			$A_{s,tot}$	753.3333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		$y_g$	101.91421 mm	Posizione baricentro		$y_g$	101.29449 mm
Momento inerzia		$I_g$	1.119E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		$I_g$	550882800 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		$M_{cr}$	26927923 Nmm 26.927923 kNm	Momento di prima fessurazione		$M_{cr}$	13171336 Nmm 13.171336 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		55600000 Nmm 55.6 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		25300000 Nmm 25.3 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		76400000 Nmm 76.4 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		36200000 Nmm 36.2 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
$\delta$	0.8318471			$\delta$	0.8318471		
Posizione asse neutro		$y_n$	40.102813 mm	Posizione asse neutro		$y_n$	33.855207 mm
Momento inerzia		$I_n$	164666358 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		$I_n$	60152991 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6.5580213 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	7.4130696 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	120.25363 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	169.62303 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		55600000 kNm		Quasi permanente		25300000 kNm	
Frequente		76400000 kNm		Frequente		36200000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	248.29623 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	325.81832 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	341.18403 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	466.19064 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)		$\epsilon_{sm}$	0.001069	Deformazione media armature (QP)		$\epsilon_{sm}$	0.001374
Deformazione media armature (caratteristica)		$\epsilon_{sm}$	0.001561	Deformazione media armature (caratteristica)		$\epsilon_{sm}$	0.002124
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		150 mm	
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff		53.29906219 mm		heff		55.3815977 mm	
Ac,eff		85278.49951 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		44305.2781 mm <sup>2</sup>	
Peff		0.021201124		Peff		0.01360259	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	98.30039	Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	124.1092
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	98.30039	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	124.1092
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP		wm	0.105098	QP		wm	0.170523
Caratteristica		wm	0.153441	Caratteristica		wm	0.263555
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP		wd	0.18 verificato	QP		wd	0.29 verificato
Caratteristica		wd	0.26 verificato	Caratteristica		wd	0.37 verificato

Tab. 89 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione x



Punto 1 - Direzione y - Striscia 1				Punto 1 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
$A_s$	1205.333 mm <sup>2</sup>			$A_s$	602.6667 mm <sup>2</sup>		
$A's$	301.3333 mm <sup>2</sup>			$A's$	150.6667 mm <sup>2</sup>		
$A_{s,tot}$	1506.667 mm <sup>2</sup>			$A_{s,tot}$	753.3333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	$y_g$	101.2945 mm		Posizione baricentro	$y_g$	101.2945 mm	
Momento inerzia	$I_g$	1.11E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_g$	5.56E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	26611150 Nmm 26.61115 kNm		Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	13305575 Nmm 13.30558 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	46200000 Nmm 46.2 kNm	sez. fessurata		Quasi permanente	29600000 Nmm 29.6 kNm	sez. fessurata	
Caratteristica	77700000 Nmm 77.7 kNm	sez. fessurata		Caratteristica	32600000 Nmm 32.6 kNm	sez. fessurata	
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		Sezione parzializzata		Sezione parzializzata		Sezione parzializzata	
	$\delta$	0.829586			$\delta$	0.829586	
Posizione asse neutro	$y_n$	35.25999 mm		Posizione asse neutro	$y_n$	35.25999 mm	
Momento inerzia	$I_n$	1.42E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_n$	70832631 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.623423 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.623423 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	158.0366 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	158.0366 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	46200000 kNm			Quasi permanente	29600000 kNm		
Frequente	77700000 kNm			Frequente	32600000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	274.3697 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	351.5733 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	461.4399 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	387.2057 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	$\epsilon_{sm}$	0.001116		Deformazione media armature (QP)	$\epsilon_{sm}$	0.001542	
Deformazione media armature (caratteristica)	$\epsilon_{sm}$	0.002119		Deformazione media armature (caratteristica)	$\epsilon_{sm}$	0.001731	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura $s$	150 mm			Spaziatura $s$	150 mm		
$k_2$	0.4			$k_2$	0.4		
$k_3$	0.125			$k_3$	0.125		
$h_{eff}$	54.9133358 mm			$h_{eff}$	54.9133358 mm		
$A_{c,eff}$	87861.3372 mm <sup>2</sup>			$A_{c,eff}$	43930.6686 mm <sup>2</sup>		
$\rho_{eff}$	0.01371859			$\rho_{eff}$	0.01371859		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	123.7363		Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	123.7363	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	123.7363		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	123.7363	
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	$w_m$	0.138135		QP	$w_m$	0.190767	
Caratteristica	$w_m$	0.262186		Caratteristica	$w_m$	0.214248	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	$w_d$	0.23 verificato		QP	$w_d$	0.29 verificato	
Caratteristica	$w_d$	0.39 verificato		Caratteristica	$w_d$	0.36 verificato	

Tab. 90 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione y



Punto 2 - Direzione x - Striscia 1				Punto 2 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{cm}$	2,36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{cm}$	2,36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6,29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6,29
As	1808 mm <sup>2</sup>			As	904 mm <sup>2</sup>		
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	226 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2260 mm <sup>2</sup>			As,tot	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	101,9142 mm	Posizione baricentro		yg	101,9142 mm
Momento inerzia		lg	1,12E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	5,6E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	26927923 Nmm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13463962 Nmm
			26,92792 kNm				13,46396 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		66100000 Nmm	sez. fessurata	Quasi permanente		22500000 Nmm	sez. fessurata
		66,1 kNm				22,5 kNm	
Caratteristica		93500000 Nmm	sez. fessurata	Caratteristica		40500000 Nmm	sez. fessurata
		93,5 kNm				40,5 kNm	
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\bar{\sigma}$	0,831847	Sezione parzializzata		$\bar{\sigma}$	0,831847
Posizione asse neutro		yn	40,10281 mm	Posizione asse neutro		yn	40,10281 mm
Momento inerzia		In	1,65E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	82333179 mm <sup>4</sup>
Tensioni ds fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6,558021 MPa	Tensioni ds fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6,558021 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	120,2536 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	120,2536 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		66100000 kNm		Quasi permanente		22500000 kNm	
Frequente		93500000 kNm		Frequente		40500000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	295,1867 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	200,9592 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	417,5485 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	361,7265 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0,5			$\beta_2$	0,5		
Deformazione media armature (QP)		esm	0,0013204	Deformazione media armature (QP)		esm	0,0008048
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0,0019524	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0,001667
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		100 mm	
k2	0,4			k2	0,4		
k3	0,125			k3	0,125		
heff		53,2990622 mm		heff		53,2990622 mm	
Ac,eff		85278,4995 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		42639,2498 mm <sup>2</sup>	
$\rho_{eff}$		0,02120112		$\rho_{eff}$		0,02120112	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta_{sm}$	98,300387	Distanza media fessure (QP)		$\Delta_{sm}$	98,300387
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta_{sm}$	98,300387	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta_{sm}$	98,300387
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP		wm	0,1298007	QP		wm	0,0791099
Caratteristica		wm	0,1919169	Caratteristica		wm	0,1638681
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP		wd	0,22 verificato	QP		wd	0,13 verificato
Caratteristica		wd	0,39 verificato	Caratteristica		wd	0,28 verificato

Tab. 91 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione x



Punto 2 - Direzione y - Striscia 1				Punto 2 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	1808 mm <sup>2</sup>			As	602.6667 mm <sup>2</sup>		
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	150.6667 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2260 mm <sup>2</sup>			As,tot	753.3333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	101.9142 mm	Posizione baricentro		yg	101.2945 mm
Momento inerzia		lg	1.14E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	5.56E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	27329115 Nmm 27.32911 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13305575 Nmm 13.30558 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		59600000 Nmm 59.6 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		24400000 Nmm 24.4 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		81100000 Nmm 81.1 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		30200000 Nmm 30.2 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\delta$	0.829586	Sezione parzializzata		$\delta$	0.829586
Posizione asse neutro		yn	41.81418 mm	Posizione asse neutro		yn	35.25999 mm
Momento inerzia		In	1.95E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	70832631 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	5.874317 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6.623423 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	112.4006 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	158.0366 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		59600000 kNm		Quasi permanente		24400000 kNm	
Frequente		81100000 kNm		Frequente		30200000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	245.126 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	289.8104 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	333.5523 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	358.6997 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$		1		$\beta_1$		1	
$\beta_2$		0.5		$\beta_2$		0.5	
Deformazione media armature (QP)		esm	0.00107	Deformazione media armature (QP)		esm	0.0012035
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0015347	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0015799
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		150 mm	
k2		0.4		k2		0.4	
k3		0.125		k3		0.125	
heff		52.7286074 mm		heff		54.9133358 mm	
Ac,eff		84365.7718 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		43930.6686 mm <sup>2</sup>	
Peff		0.02143049		Peff		0.01371859	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	97.997491	Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	123.73629
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	97.997491	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	123.73629
<u>Valore medio ampiezza fessure</u>				<u>Valore medio ampiezza fessure</u>			
QP		wm	0.1048601	QP		wm	0.1489187
Caratteristica		wm	0.1503969	Caratteristica		wm	0.1954947
<u>Apertura delle fessure</u>				<u>Apertura delle fessure</u>			
QP		wd	0.18 verificato	QP		wd	0.25 verificato
Caratteristica		wd	0.26 verificato	Caratteristica		wd	0.33 verificato

Tab. 92 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione y



Punto 3 - Direzione x - Striscia 1				Punto 3 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{cm}$	2,36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{cm}$	2,36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6,29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6,29
As	1808 mm <sup>2</sup>			As	904 mm <sup>2</sup>		
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	226 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2260 mm <sup>2</sup>			As,tot	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	101,9142 mm	Posizione baricentro		yg	101,91421 mm
Momento inerzia		lg	1,12E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	559586170 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	26927923 Nmm 26,92792 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13463962 Nmm 13,463962 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		57400000 Nmm 57,4 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		34400000 Nmm 34,4 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		93200000 Nmm 93,2 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		48900000 Nmm 48,9 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$		0,831847		$\delta$		0,8318471
Posizione asse neutro		yn	40,10281 mm	Posizione asse neutro		yn	40,102813 mm
Momento inerzia		In	1,65E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	82333179 mm <sup>4</sup>
Tensioni ds fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6,558021 MPa	Tensioni ds fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6,5580213 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	120,2536 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	120,25363 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente			57400000 kNm	Quasi permanente			34400000 kNm
Frequente			93200000 kNm	Frequente			48900000 kNm
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	256,3346 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	307,24426 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	416,2088 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	436,75128 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$		1		$\beta_1$		1	
$\beta_2$		0,5		$\beta_2$		0,5	
Deformazione media armature (QP)		esm	0,001113	Deformazione media armature (QP)		esm	0,001384
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0,001946	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0,00205
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura: s			100 mm	Spaziatura: s			100 mm
k2			0,4	k2			0,4
k3			0,125	k3			0,125
heff			53,2990622 mm	heff			53,2990622 mm
Ac,eff			85278,4995 mm <sup>2</sup>	Ac,eff			42639,2498 mm <sup>2</sup>
$\rho_{eff}$			0,02120112	$\rho_{eff}$			0,02120112
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	98,30039	Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	98,30039
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	98,30039	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	98,30039
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP		w <sub>m</sub>	0,10939	QP		w <sub>m</sub>	0,136043
Caratteristica		w <sub>m</sub>	0,191248	Caratteristica		w <sub>m</sub>	0,20149
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP		wd	0,19 verificato	QP		wd	0,23 verificato
Caratteristica		wd	0,33 verificato	Caratteristica		wd	0,34 verificato

Tab. 93 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione x



Punto 3 - Direzione y - Striscia 1				Punto 3 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{adm}$	2,36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{adm}$	2,36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6,29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6,29
As	1808 mm <sup>2</sup>			As	904 mm <sup>2</sup>		
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	226 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2260 mm <sup>2</sup>			As,tot	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	101,9142 mm	Posizione baricentro		yg	101,9142 mm
Momento inerzia		lg	1,14E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	5,68E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	27329115 Nmm 27,32911 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13664557 Nmm 13,66456 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		78200000 Nmm 78,2 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		30800000 Nmm 30,8 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		105400000 Nmm 105,4 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		44800000 Nmm 44,8 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\bar{\sigma}$	0,829586	Sezione parzializzata		$\bar{\sigma}$	0,829586
Posizione asse neutro		yn	41,81418 mm	Posizione asse neutro		yn	41,81418 mm
Momento inerzia		In	1,95E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	97266156 mm <sup>4</sup>
Tensioni ds fase fessurata		$\sigma_{cr}$	5,874317 MPa	Tensioni ds fase fessurata		$\sigma_{cr}$	5,874317 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	112,4006 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	112,4006 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		78200000 kNm		Quasi permanente		30800000 kNm	
Frequente		1,05E+08 kNm		Frequente		44800000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	321,625 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	253,3517 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	433,4946 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	368,5116 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$		1		$\beta_1$		1	
$\beta_2$		0,5		$\beta_2$		0,5	
Deformazione media armature (QP)		esm	0,0014731	Deformazione media armature (QP)		esm	0,0011142
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0,0020435	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0,001714
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		100 mm	
k2		0,4		k2		0,4	
k3		0,125		k3		0,125	
heff		52,72860738 mm		heff		52,7286074 mm	
Ac,eff		84365,7718 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		42182,8859 mm <sup>2</sup>	
Peff		0,021430492		Peff		0,02143049	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta sm$	97,997491	Distanza media fessure (QP)		$\Delta sm$	97,997491
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta sm$	97,997491	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta sm$	97,997491
<u>Valore medio ampiezza fessure</u>				<u>Valore medio ampiezza fessure</u>			
QP		wm	0,1443595	QP		wm	0,1091922
Caratteristica		wm	0,2002602	Caratteristica		wm	0,1679676
<u>Apertura delle fessure</u>				<u>Apertura delle fessure</u>			
QP		wd	0,25 verificato	QP		wd	0,19 verificato
Caratteristica		wd	0,34 verificato	Caratteristica		wd	0,29 verificato

Tab. 94 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione y



Punto 4 - Direzione x - Striscia 1				Punto 4 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche		Calcolo Momento di prima fessurazione		Proprietà meccaniche	
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>			Aferro	113 mm <sup>2</sup>		
As	1808 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	As	602.6667 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	150.6667 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2260 mm <sup>2</sup>			As,tot	753.3333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101.9142 mm		Posizione baricentro	yg	101.2945 mm	
Momento inerzia	Ig	1.12E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	Ig	5.51E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	26927923 Nmm		Momento di prima fessurazione	Mcr	13171336 Nmm	
		26.92792 kNm				13.17134 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	48800000 Nmm	sez. fessurata		Quasi permanente	21200000 Nmm	sez. fessurata	
	48.8 kNm				21.2 kNm		
Caratteristica	85400000 Nmm	sez. fessurata		Caratteristica	32000000 Nmm	sez. fessurata	
	85.4 kNm				32 kNm		
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$	0.831847			$\delta$	0.831847	
Posizione asse neutro	yn	40.10281 mm		Posizione asse neutro	yn	33.85521 mm	
Momento inerzia	In	1.65E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	In	60152991 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.558021 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	7.41307 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	120.2536 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	169.623 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	48800000 kNm			Quasi permanente	21200000 kNm		
Frequente	85400000 kNm			Frequente	32000000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	217.9291 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	273.0177 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	381.3759 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	412.1022 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	esm	0.000901		Deformazione media armature (QP)	esm	0.001075	
Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001768		Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.00184	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	100 mm			Spaziatura s	150 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	53.2990622 mm			heff	55.3815977 mm		
Ac,eff	85278.4995 mm <sup>2</sup>			Ac,eff	44305.2781 mm <sup>2</sup>		
Peff	0.02120112			Peff	0.01360259		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	98.30039		Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	124.1092	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	98.30039		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	124.1092	
<u>Valore medio ampiezza fessure</u>				<u>Valore medio ampiezza fessure</u>			
QP	wm	0.088591		QP	wm	0.133387	
Caratteristica	wm	0.173784		Caratteristica	wm	0.228357	
<u>Apertura delle fessure</u>				<u>Apertura delle fessure</u>			
QP	wd	0.15 verificato		QP	wd	0.23 verificato	
Caratteristica	wd	0.30 verificato		Caratteristica	wd	0.39 verificato	

Tab. 95 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione x



Punto 4 - Direzione y - Striscia 1				Punto 4 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{dm}$	2,36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{dm}$	2,36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6,29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6,29
As	1205,333 mm <sup>2</sup>			As	602,6667 mm <sup>2</sup>		
A's	301,3333 mm <sup>2</sup>			A's	150,6667 mm <sup>2</sup>		
As,tot	1506,667 mm <sup>2</sup>			As,tot	753,3333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101,2945 mm		Posizione baricentro	yg	101,2945 mm	
Momento inerzia	lg	1,11E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	5,56E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	26611150 Nmm		Momento di prima fessurazione	Mcr	13305575 Nmm	
		26,61115 kNm				13,30558 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	49100000 Nmm	sez. fessurata		Quasi permanente	23100000 Nmm	sez. fessurata	
	49,1 kNm				23,1 kNm		
Caratteristica	68500000 Nmm	sez. fessurata		Caratteristica	36600000 Nmm	sez. fessurata	
	68,5 kNm				36,6 kNm		
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$	0,829586			$\delta$	0,829586	
Posizione asse neutro	yn	35,25999 mm		Posizione asse neutro	yn	35,25999 mm	
Momento inerzia	In	1,42E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	In	70832631 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6,623423 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6,623423 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	158,0366 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	158,0366 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	49100000 kNm			Quasi permanente	23100000 kNm		
Frequente	68500000 kNm			Frequente	36600000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	291,592 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	274,3697 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	406,8035 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	434,7156 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0,5			$\beta_2$	0,5		
Deformazione media armature (QP)	esm	0,001213		Deformazione media armature (QP)	esm	0,001116	
Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0,001835		Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0,00198	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura: s	150 mm			Spaziatura: s	150 mm		
k2	0,4			k2	0,4		
k3	0,125			k3	0,125		
heff	54,9133358 mm			heff	54,9133358 mm		
Ac,eff	87861,3372 mm <sup>2</sup>			Ac,eff	43930,6686 mm <sup>2</sup>		
$\rho_{eff}$	0,01371859			$\rho_{eff}$	0,01371859		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	123,7363		Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	123,7363	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	123,7363		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	123,7363	
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	w <sub>m</sub>	0,150153		QP	w <sub>m</sub>	0,138135	
Caratteristica	w <sub>m</sub>	0,227015		Caratteristica	w <sub>m</sub>	0,245052	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd	0,26 verificato		QP	wd	0,23 verificato	
Caratteristica	wd	0,39 verificato		Caratteristica	wd	0,39 verificato	

Tab. 96 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione y



**Campata 3.** Viene eseguita la verifica della campata compresa tra i fili fissi x6 - x7 - y7 - y8

Punto 1 - Direzione x - Striscia 1				Punto 1 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
$A_{verro}$	113 mm <sup>2</sup>			$A_{verro}$	113 mm <sup>2</sup>		
$A_s$	1808 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	$A_s$	602.6667 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
$A's$	452 mm <sup>2</sup>			$A's$	150.6667 mm <sup>2</sup>		
$A_{s,tot}$	2260 mm <sup>2</sup>			$A_{s,tot}$	753.3333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		$Y_g$	101.91421 mm	Posizione baricentro		$Y_g$	101.29449 mm
Momento inerzia		$I_g$	1.119E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		$I_g$	550882800 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		$M_{cr}$	26927923 Nmm 26.927923 kNm	Momento di prima fessurazione		$M_{cr}$	13171336 Nmm 13.171336 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		59700000 Nmm 59.7 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		23800000 Nmm 23.8 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		75100000 Nmm 75.1 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		32000000 Nmm 32 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$	0.8318471			$\delta$	0.8318471	
Posizione asse neutro		$Y_n$	40.102813 mm	Posizione asse neutro		$Y_n$	33.855207 mm
Momento inerzia		$I_n$	164666358 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		$I_n$	60152991 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6.5580213 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	7.4130696 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	120.25363 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	169.62303 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		59700000 kNm		Quasi permanente		23800000 kNm	
Frequente		75100000 kNm		Frequente		32000000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	266.60584 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	306.50103 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	335.37854 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	412.10222 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)		esm	0.001168	Deformazione media armature (QP)		esm	0.001266
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.001531	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.00184
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		150 mm	
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	53.29906219 mm			heff	55.3815977 mm		
$A_{c,eff}$	85278.49951 mm <sup>2</sup>			$A_{c,eff}$	44305.2781 mm <sup>2</sup>		
$P_{eff}$	0.021201124			$P_{eff}$	0.01360259		
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	98.30039	Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	124.1092
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	98.30039	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	124.1092
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP		wm	0.114837	QP		wm	0.157143
Caratteristica		wm	0.150481	Caratteristica		wm	0.228357
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP		wd	0.20 verificato	QP		wd	0.27 verificato
Caratteristica		wd	0.26 verificato	Caratteristica		wd	0.39 verificato

Tab. 97 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione x



Punto 1 - Direzione y - Striscia 1				Punto 1 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	$A_{ferro}$	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
$A_s$	1868 mm <sup>2</sup>			$A_s$	904 mm <sup>2</sup>		
$A's$	467 mm <sup>2</sup>			$A's$	226 mm <sup>2</sup>		
$A_{s,tot}$	2335 mm <sup>2</sup>			$A_{s,tot}$	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	$y_g$	101.9749 mm		Posizione baricentro	$y_g$	101.9142 mm	
Momento inerzia	$I_g$	1.14E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_g$	5.68E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	27400560 Nmm 27.40056 kNm		Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	13664557 Nmm 13.66456 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	67000000 Nmm 67 kNm	sez. fessurata		Quasi permanente	30900000 Nmm 30.9 kNm	sez. fessurata	
Caratteristica	87100000 Nmm 87.1 kNm	sez. fessurata		Caratteristica	45900000 Nmm 45.9 kNm	sez. fessurata	
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		Sezione parzializzata		Sezione parzializzata		Sezione parzializzata	
	$\delta$	0.829586			$\delta$	0.829586	
Posizione asse neutro	$y_n$	42.37995 mm		Posizione asse neutro	$y_n$	41.81418 mm	
Momento inerzia	$I_n$	1.99E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	$I_n$	97266156 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	5.82262 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	5.874317 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	109.4351 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	112.4006 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	67000000 kNm			Quasi permanente	30900000 kNm		
Frequente	87100000 kNm			Frequente	45900000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	267.5913 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	254.1743 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	347.8687 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	377.5598 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	$\epsilon_{sm}$	0.001196		Deformazione media armature (QP)	$\epsilon_{sm}$	0.001119	
Deformazione media armature (caratteristica)	$\epsilon_{sm}$	0.001613		Deformazione media armature (caratteristica)	$\epsilon_{sm}$	0.00176	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura $s$	100 mm			Spaziatura $s$	100 mm		
$k_2$	0.4			$k_2$	0.4		
$k_3$	0.125			$k_3$	0.125		
$h_{eff}$	52.540016 mm			$h_{eff}$	52.7286074 mm		
$A_{c,eff}$	84064.0256 mm <sup>2</sup>			$A_{c,eff}$	42182.8859 mm <sup>2</sup>		
$\rho_{eff}$	0.02222116			$\rho_{eff}$	0.02143049		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	97.00129		Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	97.99749	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	97.00129		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	97.99749	
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	$w_m$	0.11603		QP	$w_m$	0.109624	
Caratteristica	$w_m$	0.156458		Caratteristica	$w_m$	0.172489	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	$w_d$	0.20 verificato		QP	$w_d$	0.19 verificato	
Caratteristica	$w_d$	0.27 verificato		Caratteristica	$w_d$	0.29 verificato	

Tab. 98 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione y



Punto 2 - Direzione x - Striscia 1				Punto 2 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{cm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{cm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	1808 mm <sup>2</sup>			As	974 mm <sup>2</sup>		
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	243.5 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2260 mm <sup>2</sup>			As,tot	1217.5 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	154 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	101.9142 mm	Posizione baricentro		yg	102.0557 mm
Momento inerzia		lg	1.12E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	5.62E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	26839940 Nmm 26.83994 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13531966 Nmm 13.53197 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		58100000 Nmm 58.1 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		26600000 Nmm 26.6 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		83700000 Nmm 83.7 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		44500000 Nmm 44.5 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\delta$	0.832468	Sezione parzializzata		$\delta$	0.831847
Posizione asse neutro		yn	39.66555 mm	Posizione asse neutro		yn	41.34081 mm
Momento inerzia		In	1.58E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	87081821 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6.754723 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	6.424102 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	122.4806 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	113.0602 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		58100000 kNm		Quasi permanente		26600000 kNm	
Frequente		83700000 kNm		Frequente		44500000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	265.1319 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	222.2442 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	381.9542 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	371.7995 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)		esm	0.0011553	Deformazione media armature (QP)		esm	0.0009438
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0017674	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0017298
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		100 mm	
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff		53.4448174 mm		heff		52.8863952 mm	
Ac,eff		85511.7079 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		42309.1162 mm <sup>2</sup>	
Peff		0.0211433		Peff		0.02302104	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	98.377779	Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	96.063111
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	98.377779	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	96.063111
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP		wm	0.1136581	QP		wm	0.0906677
Caratteristica		wm	0.1738726	Caratteristica		wm	0.1661701
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP		wd	0.19 verificato	QP		wd	0.15 verificato
Caratteristica		wd	0.30 verificato	Caratteristica		wd	0.28 verificato

Tab. 99 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione x



Punto 2 - Direzione y				Punto 2 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	1808 mm <sup>2</sup>			As	904 mm <sup>2</sup>		
A's	452 mm <sup>2</sup>			A's	226 mm <sup>2</sup>		
As,tot	2260 mm <sup>2</sup>			As,tot	1130 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	101.9142 mm	Posizione baricentro		yg	101.9142 mm
Momento inerzia		lg	1.14E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		lg	5.68E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		Mcr	27329115 Nmm 27.32911 kNm	Momento di prima fessurazione		Mcr	13664557 Nmm 13.66456 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		69100000 Nmm 69.1 kNm	sez. fessurata	Quasi permanente		40900000 Nmm 40.9 kNm	sez. fessurata
Caratteristica		90900000 Nmm 90.9 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		55100000 Nmm 55.1 kNm	sez. fessurata
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		$\delta$	0.829586	Sezione parzializzata		$\delta$	0.829586
Posizione asse neutro		yn	41.81418 mm	Posizione asse neutro		yn	41.81418 mm
Momento inerzia		In	1.95E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		In	97266156 mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	5.874317 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	5.874317 MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	112.4006 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	112.4006 MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		69100000 kNm		Quasi permanente		40900000 kNm	
Frequente		90900000 kNm		Frequente		55100000 kNm	
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	284.1981 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	336.4313 MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	373.8583 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	453.2363 MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)		esm	0.0012779	Deformazione media armature (QP)		esm	0.0015495
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0017413	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0021429
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s		100 mm		Spaziatura s		100 mm	
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff		52.7286074 mm		heff		52.7286074 mm	
Ac,eff		84365.7718 mm <sup>2</sup>		Ac,eff		42182.8859 mm <sup>2</sup>	
Peff		0.02143049		Peff		0.02143049	
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	97.997491	Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	97.997491
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	97.997491	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	97.997491
<u>Valore medio ampiezza fessure</u>				<u>Valore medio ampiezza fessure</u>			
QP		wm	0.1252316	QP		wm	0.1518507
Caratteristica		wm	0.1706407	Caratteristica		wm	0.2100009
<u>Apertura delle fessure</u>				<u>Apertura delle fessure</u>			
QP		wd	0.21 verificato	QP		wd	0.26 verificato
Caratteristica		wd	0.29 verificato	Caratteristica		wd	0.36 verificato

Tab. 100 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione y



Punto 3 - Direzione x - Striscia 1				Punto 3 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1400 mm	$\sigma_{cm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{cm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	1582 mm <sup>2</sup>			As	602.6667 mm <sup>2</sup>		
A's	395.5 mm <sup>2</sup>			A's	150.6667 mm <sup>2</sup>		
As,tot	1977.5 mm <sup>2</sup>			As,tot	753.3333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101.9142 mm		Posizione baricentro	yg	101.29449 mm	
Momento inerzia	Ig	9.79E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	Ig	550882800 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	23561933 Nmm		Momento di prima fessurazione	Mcr	13171336 Nmm	
		23.56193 kNm				13.171336 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	37700000 Nmm	sez. fessurata		Quasi permanente	12100000 Nmm	NO FESS	
	37.7 kNm				12.1 kNm		
Caratteristica	69600000 Nmm	sez. fessurata		Caratteristica	25400000 Nmm	sez. fessurata	
	69.6 kNm				25.4 kNm		
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$	0.831847			$\delta$	0.8318471	
Posizione asse neutro	yn	40.10281 mm		Posizione asse neutro	yn	33.855207 mm	
Momento inerzia	In	1.44E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	In	60152991 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.558021 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	7.4130696 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	120.2536 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	169.62303 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	37700000 kNm			Quasi permanente	12100000 kNm		
Frequente	69600000 kNm			Frequente	25400000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	192.4104 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	155.82615 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	355.2193 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	327.10614 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	esm	0.000755		Deformazione media armature (QP)	esm		
Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001633		Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001381	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	100 mm			Spaziatura s	150 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	53.2990622 mm			heff	55.3815977 mm		
Ac,eff	74618.6871 mm <sup>2</sup>			Ac,eff	44305.2781 mm <sup>2</sup>		
Peff	0.02120112			Peff	0.01360259		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta_{sm}$	98.30039		Distanza media fessure (QP)	$\Delta_{sm}$		
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta_{sm}$	98.30039		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta_{sm}$	124.1092	
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	wm	0.074244		QP	wm		
Caratteristica	wm	0.160572		Caratteristica	wm	0.171408	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd	0.13 verificato		QP	wd	verificato	
Caratteristica	wd	0.27 verificato		Caratteristica	wd	0.29 verificato	

Tab. 101 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione x



Punto 3 - Direzione y - Striscia 1				Punto 3 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
A <sub>ferro</sub>	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	A <sub>ferro</sub>	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
A <sub>s</sub>	904 mm <sup>2</sup>			A <sub>s</sub>	452 mm <sup>2</sup>		
A' <sub>s</sub>	226 mm <sup>2</sup>			A' <sub>s</sub>	113 mm <sup>2</sup>		
A <sub>s,tot</sub>	1130 mm <sup>2</sup>			A <sub>s,tot</sub>	565 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	169 mm			d	169 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro		yg	100.9779 mm	Posizione baricentro		yg	100.9779 mm
Momento inerzia		Ig	1.1E+09 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		Ig	5.51E+08 mm <sup>4</sup>
Momento di prima fessurazione		M <sub>cr</sub>	26251935 Nmm 26.25193 kNm	Momento di prima fessurazione		M <sub>cr</sub>	13125967 Nmm 13.12597 kNm
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente			21300000 Nmm 21.3 kNm	Quasi permanente			7800000 Nmm 7.8 kNm
Caratteristica			38000000 Nmm 38 kNm	Caratteristica			11300000 Nmm 11.3 kNm
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
Posizione asse neutro		yn	31.13099 mm	Posizione asse neutro		yn	mm
Momento inerzia		I <sub>n</sub>	1.12E+08 mm <sup>4</sup>	Momento inerzia		I <sub>n</sub>	mm <sup>4</sup>
Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	7.285857 MPa	Tensioni cls fase fessurata		$\sigma_{cr}$	MPa
Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	202.9787 MPa	Tensioni acciaio fase fessurata		$\sigma_{sr}$	MPa
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente			21300000 kNm	Quasi permanente			kNm
Frequente			38000000 kNm	Frequente			kNm
Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	164.6906 MPa	Tensioni acciaio (QP)		$\sigma_{sd}$	MPa
Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	293.8142 MPa	Tensioni acciaio (caratteristica)		$\sigma_{sd}$	MPa
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$			1	$\beta_1$			1
$\beta_2$			0.5	$\beta_2$			0.5
Deformazione media armature (QP)		esm		Deformazione media armature (QP)		esm	
Deformazione media armature (caratteristica)		esm	0.0010912	Deformazione media armature (caratteristica)		esm	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s			200 mm	Spaziatura s			200 mm
k <sub>2</sub>			0.4	k <sub>2</sub>			0.4
k <sub>3</sub>			0.125	k <sub>3</sub>			0.125
heff			56.28966878 mm	heff			66.6666667 mm
Ac,eff			90063.47004 mm <sup>2</sup>	Ac,eff			53333.3333 mm <sup>2</sup>
P <sub>eff</sub>			0.010037366	P <sub>eff</sub>			0.008475
Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$		Distanza media fessure (QP)		$\Delta s_m$	
Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	149.77664	Distanza media fessure (caratteristica)		$\Delta s_m$	
<u>Valore medio ampiezza fessure</u>				<u>Valore medio ampiezza fessure</u>			
QP		w <sub>m</sub>		QP		w <sub>m</sub>	
Caratteristica		w <sub>m</sub>	0.1634401	Caratteristica		w <sub>m</sub>	
<u>Apertura delle fessure</u>				<u>Apertura delle fessure</u>			
QP		wd	verificato	QP		wd	
Caratteristica		wd	0.28 verificato	Caratteristica		wd	

Tab. 102 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione y



Punto 4 - Direzione x - Striscia 1				Punto 4 - Direzione x - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1400 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	1582 mm <sup>2</sup>			As	602.6667 mm <sup>2</sup>		
A's	395.5 mm <sup>2</sup>			A's	150.6667 mm <sup>2</sup>		
As,tot	1977.5 mm <sup>2</sup>			As,tot	753.3333 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm			c'	25 mm		
d	157 mm			d	157 mm		
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	101.9142 mm		Posizione baricentro	yg	101.2945 mm	
Momento inerzia	Ig	9.79E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	Ig	5.51E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	23561933 Nmm		Momento di prima fessurazione	Mcr	13171336 Nmm	
		23.56193 kNm				13.17134 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	37200000 Nmm	sez. fessurata		Quasi permanente	15600000 Nmm	sez. fessurata	
	37.2 kNm				15.6 kNm		
Caratteristica	69000000 Nmm	sez. fessurata		Caratteristica	24600000 Nmm	sez. fessurata	
	69 kNm				24.6 kNm		
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata		Sezione parzializzata		Sezione parzializzata		Sezione parzializzata	
	$\delta$	0.831847			$\delta$	0.831847	
Posizione asse neutro	yn	40.10281 mm		Posizione asse neutro	yn	33.85521 mm	
Momento inerzia	In	1.44E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	In	60152991 mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	6.558021 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	7.41307 MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	120.2536 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	169.623 MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente	37200000 kNm			Quasi permanente	15600000 kNm		
Frequente	69000000 kNm			Frequente	24600000 kNm		
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	189.8586 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	200.8998 MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	352.157 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	316.8036 MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	esm	0.00074		Deformazione media armature (QP)	esm	0.000631	
Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001618		Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001324	
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	100 mm			Spaziatura s	150 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	53.2990622 mm			heff	55.3815977 mm		
Ac,eff	74618.6871 mm <sup>2</sup>			Ac,eff	44305.2781 mm <sup>2</sup>		
Peff	0.02120112			Peff	0.01360259		
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	98.30039		Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$	124.1092	
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	98.30039		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	124.1092	
<b>Valore medio ampiezza fessure</b>				<b>Valore medio ampiezza fessure</b>			
QP	wm	0.072778		QP	wm	0.078275	
Caratteristica	wm	0.159019		Caratteristica	wm	0.164305	
<b>Apertura delle fessure</b>				<b>Apertura delle fessure</b>			
QP	wd	0.12 verificato		QP	wd	0.13 verificato	
Caratteristica	wd	0.27 verificato		Caratteristica	wd	0.28 verificato	

Tab. 103 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione x





Punto 4 - Direzione y - Striscia 1				Punto 4 - Direzione y - Striscia 2			
Calcolo Momento di prima fessurazione				Calcolo Momento di prima fessurazione			
Proprietà sezione		Proprietà meccaniche		Proprietà sezione		Proprietà meccaniche	
b	1600 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa	b	800 mm	$\sigma_{ctm}$	2.36 MPa
h	200 mm	$E_c$	32588 MPa	h	200 mm	$E_c$	32588 MPa
$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa	$\Phi$	12 mm	$E_s$	205000 MPa
Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29	Aferro	113 mm <sup>2</sup>	$\alpha_e$	6.29
As	904 mm <sup>2</sup>			As	452 mm <sup>2</sup>		
A's	226 mm <sup>2</sup>			A's	113 mm <sup>2</sup>		
As,tot	1130 mm <sup>2</sup>			As,tot	565 mm <sup>2</sup>		
c	25 mm			c	25 mm		
c'	25 mm	c'	25 mm				
d	169 mm	d	169 mm				
Sezione interamente reagente				Sezione interamente reagente			
Posizione baricentro	yg	100.9779 mm		Posizione baricentro	yg	100.9779 mm	
Momento inerzia	lg	1.1E+09 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	lg	5.51E+08 mm <sup>4</sup>	
Momento di prima fessurazione	Mcr	26251935 Nmm 26.25193 kNm		Momento di prima fessurazione	Mcr	13125967 Nmm 13.12597 kNm	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		24100000 Nmm 24.1 kNm	NO FESS	Quasi permanente		8800000 Nmm 8.8 kNm	NO FESS
Caratteristica		36500000 Nmm 36.5 kNm	sez. fessurata	Caratteristica		12100000 Nmm 12.1 kNm	NO FESS
Verifica fessurazione				Verifica fessurazione			
Sezione parzializzata				Sezione parzializzata			
	$\delta$	0.829586			$\delta$		
Posizione asse neutro	yn	31.13099 mm		Posizione asse neutro	yn	mm	
Momento inerzia	In	1.12E+08 mm <sup>4</sup>		Momento inerzia	In	mm <sup>4</sup>	
Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	7.285857 MPa		Tensioni cls fase fessurata	$\sigma_{cr}$	MPa	
Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	202.9787 MPa		Tensioni acciaio fase fessurata	$\sigma_{sr}$	MPa	
Momenti agenti				Momenti agenti			
Quasi permanente		24100000 kNm		Quasi permanente		kNm	
Frequente		36500000 kNm		Frequente		kNm	
Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	186.34 MPa		Tensioni acciaio (QP)	$\sigma_{sd}$	MPa	
Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	282.2162 MPa		Tensioni acciaio (caratteristica)	$\sigma_{sd}$	MPa	
Dati generali per calcolo deformazione media				Dati generali per calcolo deformazione media			
$\beta_1$	1			$\beta_1$	1		
$\beta_2$	0.5			$\beta_2$	0.5		
Deformazione media armature (QP)	esm			Deformazione media armature (QP)	esm		
Deformazione media armature (caratteristica)	esm	0.001021		Deformazione media armature (caratteristica)	esm		
Dati generali per calcolo distanza media fessure				Dati generali per calcolo distanza media fessure			
Spaziatura s	200 mm			Spaziatura s	200 mm		
k2	0.4			k2	0.4		
k3	0.125			k3	0.125		
heff	56.2896688 mm			heff	mm		
Ac,eff	90063.47 mm <sup>2</sup>			Ac,eff	mm <sup>2</sup>		
Peff	0.01003737			Peff			
Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$			Distanza media fessure (QP)	$\Delta s_m$		
Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$	149.7766		Distanza media fessure (caratteristica)	$\Delta s_m$		
<u>Valore medio ampiezza fessure</u>				<u>Valore medio ampiezza fessure</u>			
QP	wm			QP	wm		
Caratteristica	wm	0.152861		Caratteristica	wm		
<u>Apertura delle fessure</u>				<u>Apertura delle fessure</u>			
QP	wd	verificato		QP	wd		
Caratteristica	wd	0.26 verificato		Caratteristica	wd		

Tab. 104 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione y



Nelle precedenti verifiche sono stati omessi i punti di campata in quanto già ampiamente verificati con una disposizione di armatura minima nella situazione di armature sensibili. Questa situazione di verifica ha consentito una minor incremento (seppur minimo) delle armature minime di normativa anche in prossimità degli appoggi. Pertanto, viste le seguenti condizioni:

- assenza di fessurazione all' intradosso della piastra (zona direttamente esposta agli agenti atmosferici);
- utilizzo di cavi inguainati con guaina in polietilene;
- presenza di strati tecnologici all' estradosso che consentono una miglior protezione delle armature;

si prende in considerazione, per la disposizione delle armature, quest' ultima situazione di verifica, cioè si considerano le armature come poco sensibili agli agenti atmosferici.

Le armature predisposte verranno rappresentate negli allegati della tesi.

#### **7.4.2 Stato Limite di Esercizio - Limitazione delle tensioni**

Come definito in precedenza è necessario limitare, sia in fase di messa in opera dell' elemento strutturale che in fase di esercizio, le tensioni agenti sull' elemento. Si procede pertanto determinando le tensioni dapprima in fase di realizzazione e successivamente alle tensioni in fase di esercizio, verificando che siano soddisfatte le relazioni:

- Durante le fasi di precompressione

$$\sigma_c < 0.70 f_{ck}(t)$$

$$\sigma_c < 0.90 f_{ck}(t) \quad \text{nelle zone di ancoraggio}$$

- In condizione di esercizio

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck} \quad \text{in combinazione caratteristica}$$

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} \quad \text{in combinazione quasi permanente}$$

Si vanno ora a svolgere le verifiche considerando le zone di maggiore sollecitazione. Per quanto riguarda la resistenza del calcestruzzo in funzione del tempo, per la prima fase di tesatura (tre giorni) si ottiene un valore pari a:



$$f_{ck}(t) = e^{\beta(1-1/\sqrt{\tau})} f_{ck} = 0.60 \cdot 29.05 \text{ MPa} = 17.45 \text{ MPa}$$

Dove:

$\beta$  è un termine pari a 0.25;

$\tau$  è espresso dal rapporto tra il tempo considerato (t) e il tempo a 28 giorni di maturazione.

Durante la prima fase di tiro (t = 3 giorni) le verifiche restituiscono i seguenti valori massimi di compressione:

Tensione Max	$\sigma_c(t=3 \text{ gg})$	$\sigma_{c,limite}$		Verifica
	9.80 MPa	0.70 $f_{ck}(t) =$	12.25 MPa	Soddisfatta
11.20 MPa	0.90 $f_{ck}(t) =$	15.71 MPa	Soddisfatta	

**Tab. 105 - Verifica tensionale (t=3 gg)**

Durante la tesatura finale (t = 28 giorni) le verifiche restituiscono i seguenti valori massimi di compressione:

Tensione Max	$\sigma_c(t=28 \text{ gg})$	$\sigma_{c,limite}$		Verifica
	14.50 MPa	0.70 $f_{ck}(t) =$	20.33 MPa	Soddisfatta
20.5 MPa	0.90 $f_{ck}(t) =$	26.15 MPa	Soddisfatta	

**Tab. 106 - Verifica tensionale (t=28 gg)**

Terminate le operazioni di tiro dei cavi, pertanto in fase di esercizio, si ottengono le seguenti tensioni massime di compressione:

- In combinazione caratteristica:

$$\sigma_c = 16.09 \text{ MPa} < 0.60 f_{ck} = 17.43 \text{ MPa}$$

- In combinazione quasi permanente:

$$\sigma_c = 12.70 \text{ MPa} < 0.45 f_{ck} = 13.07 \text{ MPa}$$

Le verifiche di limitazione delle tensioni risultano pertanto soddisfatte.

### 7.4.3 Stato Limite di Esercizio - Controllo delle deformazioni

Per evitare di compromettere la funzionalità e/o l' aspetto estetico della struttura è necessario che siano imposti dei limiti al valore dell' inflessione. Tali limiti dipendono dalla destinazione d' uso dell' edificio, dalla tipologia di finiture, dai tramezzi interni, dagli accessori o dalla presenza di particolari soluzioni impiantistiche e/o macchinari speciali. Un valore accettabile di limite all' inflessione, sotto la combinazione quasi permanente, è pari a 1/500 della luce della piastra. Si procede quindi alla valutazione di tale inflessione in diverse zone della piastra, ovvero per le zone aventi diversa luce e diversi valori di abbassamento. I relativi valori di abbassamento sono riportati nella seguente figura:

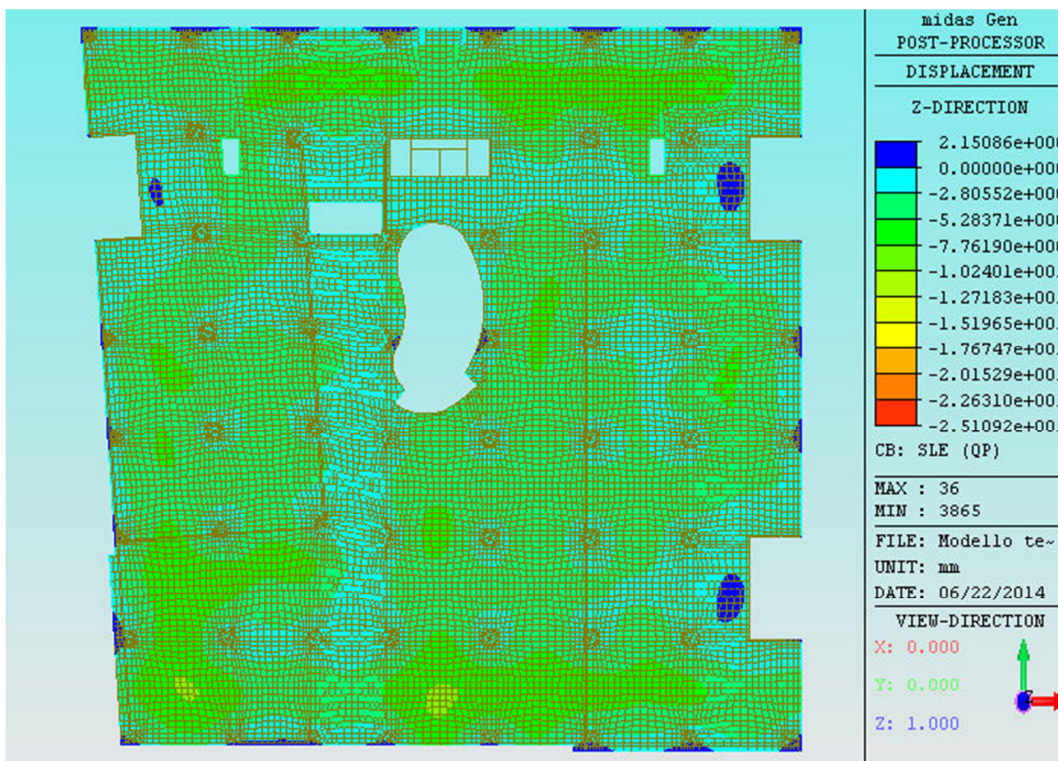


Fig. 69 - Risultati analisi - SLE quasi permanente: deformata direzione z

Attraverso il modello creato con MIDAS/Gen si ottengono i seguenti valori:

Nodo	Freccia [mm]	Luce [mm]	Freccia limite [mm]	Verifica
2313	4.30	7800	15.6	Soddisfatta
8463	1.74	6500	13	Soddisfatta
8607	2.40	5850	11.7	Soddisfatta



8745	1.70	7000	14	Soddisfatta
12182	6.34	7800	15.6	Soddisfatta
16972	7.86	8400	16.8	Soddisfatta

**Tab. 107 - Verifica deformazione istantanee**

Le verifiche allo Stato Limite di controllo delle deformazioni istantanee risulta pertanto soddisfatto.

Secondo il metodo del modulo fittizio [6] è possibile dare una valutazione approssimata degli effetti dovuti alle variazioni delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo differiti nel tempo (viscosità). Tale metodo suppone un modulo elastico fittizio pari a:

$$E^* = \frac{E_0}{1 + \varphi(t, t_0)}$$

Il termine  $\varphi(t, t_0)$  viene determinato secondo la relazione:

$$\varphi(t, t_0) = \beta_c \beta_{hs} \varphi_0$$

Dove i termini rappresentano:

$\beta_c$  il coefficiente di classe determinato come:

$$\beta_c = \frac{1.671}{\sqrt{c}}$$

Con  $c = f_{cm}/10$ ;

$\beta_{hs}$  il coefficiente di ambiente determinato come:

$$\beta_{hs} = 0.725 \left[ 1 + \frac{1 - h}{0.46 \sqrt[3]{s}} \right]$$

Con  $h = RH/100$  ( $RH$  = umidità relativa) e  $s = 2A_c/u$  ( $A_c$  = area calcestruzzo;  $u$  = perimetro bagnato);

$\varphi_0$  il coefficiente di riferimento determinato come:

$$\varphi_0 = \frac{4.37}{0.1 + t_0^{0.2}}$$



Dove  $t_0$  rappresenta il parametro che tiene in considerazione l' effetto della temperatura ed è pari a:

$$t_0 = \beta_T t_0^*$$

Con  $t_0^*$  assunto pari a 500 giorni e  $\beta_T$  determinato dalla relazione:

$$\beta_T = e^{\left(13.65 - \frac{4000}{273 + \vartheta}\right)} \quad (\vartheta \text{ in } ^\circ\text{C})$$

Con buona approssimazione può essere stimata la deformazione considerando gli effetti della viscosità attraverso la relazione:

$$f(t, t_0) = \frac{E_c}{E_{c\infty}} f(t)$$

Considerando i seguenti valori:

- RH del Comune di Vizzola Ticino pari al 65% e una temperatura  $\vartheta = 25^\circ\text{C}$ ;
- Una sezione della piastra di larghezza unitaria e altezza di 200 mm;
- Entrambe le facce della piastra esposte;

Si ottengono i seguenti valori:

<b>Nodo</b>	<b><math>f(t)</math> [mm]</b>	<b><math>\varphi(t, t_0)</math></b>	<b><math>f(t, t_0)</math> [mm]</b>	<b>Freccia limite [mm]</b>	<b>Verifica</b>
2313	4.30	0.2575	5.40	15.6	Soddisfatta
8463	1.74		2.19	13	Soddisfatta
8607	2.40		3.02	11.7	Soddisfatta
8745	1.70		2.14	14	Soddisfatta
12182	6.34		7.98	15.6	Soddisfatta
16972	7.86		9.88	16.8	Soddisfatta

**Tab. 108 - Verifica deformazioni differite**

Tali valori ottenuti sono conformi con il modello realizzato in MIDAS/Gen tenendo conto delle caratteristiche dei materiali dipendenti dal tempo.

## 7.5 Verifiche Stato Limite Ultimo

### 7.5.1 Stato Limite Ultimo - Carico ultimo a rottura

Si procede ora al calcolo del carico ultimo a rottura, così come già affrontato in fase di predimensionamento nel Cap. 6. Per tali verifiche vengono prese in considerazione le campate analizzate in fase di verifica alle fessurazioni. In particolare le verifiche si condurranno nei punti medesimi punti individuati in Fig. 68.

**Campata 1.** Viene eseguita la verifica della campata compresa tra i fili fissi  $x_1 - x_2 - y_1 - y_2$ . Le verifiche vengono riportate qui di seguito:

Verifica Punto 1								
Armatura direzione X				Armatura direzione X				
Striscia di verifica 1 = 0,1 l				Striscia di verifica 2 = 0,1 l				
ARMATURA DIREZIONE X	As	791 mm <sup>2</sup>	1φ12/ 200 mm	As	452 mm <sup>2</sup>	1φ12/ 200 mm		
	Ap	900 mm <sup>2</sup>	Trefoli 6	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli 3		
	b	1400 mm		b	800 mm			
	d	154 mm		d	154 mm			
	d'	159.3 mm		d'	159.3 mm			
	f <sub>yd</sub>	391 MPa		f <sub>yd</sub>	391 MPa			
	f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa		f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			
	f <sub>cd</sub>	16.5 MPa		f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			
	Luce piastra	7.8 m		Luce piastra	7.8 m			
	Posizione asse neutro		x'	71.59 mm	Posizione asse neutro		x'	64.31 mm
		x	89.48 mm			x	80.39 mm	
<b>Momento resistente</b>		M <sub>rd</sub>	202.60 kNm/m	<b>Momento resistente</b>		M <sub>rd</sub>	107.00 kNm/m	
<b>Momento agente</b>		M <sub>ed</sub>	129.5 kNm/m verificato	<b>Momento agente</b>		M <sub>ed</sub>	63 kNm/m verificato	
Carico ultimo		p <sub>u</sub>	53.28 kN/m <sup>2</sup>	Carico ultimo		p <sub>u</sub>	28.14 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente		p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	Carico agente		p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	
ARMATURA DIREZIONE Y	Armatura direzione Y				Armatura direzione Y			
	Striscia di verifica 1 = 0,1 l				Striscia di verifica 2 = 0,1 l			
	As	791 mm <sup>2</sup>	1φ12/ 200 mm	As	452 mm <sup>2</sup>	1φ12/ 200 mm		
	Ap	900 mm <sup>2</sup>	Trefoli 6	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli 3		
	b	1400 mm		b	800 mm			
	d	168 mm		d	168 mm			
	d'	175 mm		d'	175 mm			
	f <sub>yd</sub>	391 MPa		f <sub>yd</sub>	391 MPa			
	f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa		f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			
	f <sub>cd</sub>	16.5 MPa		f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			
Luce piastra	7.8 m		Luce piastra	7.8 m				
Posizione asse neutro		x'	71.59 mm	Posizione asse neutro		x'	64.31 mm	
		x	89.48 mm			x	80.39 mm	
<b>Momento resistente</b>		M <sub>rd</sub>	228.03 kNm/m	<b>Momento resistente</b>		M <sub>rd</sub>	120.02 kNm/m	
<b>Momento agente</b>		M <sub>ed</sub>	120.3 kNm/m verificato	<b>Momento agente</b>		M <sub>ed</sub>	82.9 kNm/m verificato	
Carico ultimo		p <sub>u</sub>	59.97 kN/m <sup>2</sup>	Carico ultimo		p <sub>u</sub>	31.56 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente		p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	Carico agente		p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	

Tab. 109 - Verifica SLU campata 1: Punto 1

Verifica Punto 2									
Armatura direzione X					Armatura direzione X				
Striscia di verifica 1 = 0,1 I					Striscia di verifica 2 = 0,1 I				
ARMATURA DIREZIONE X	As	1582 mm <sup>2</sup>	1φ12/	100 mm	As	565 mm <sup>2</sup>	1φ12/	150 mm	
	Ap	900 mm <sup>2</sup>	Trefoli	6	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3	
	b	1400 mm			b	800 mm			
	d	154 mm			d	154 mm			
	d'	159.3 mm			d'	159.3 mm			
	f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa			
	f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			
	f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			
	Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m			
	Posizione asse neutro		x'	84.97 mm	Posizione asse neutro		x'	67.66 mm	
		x	106.22 mm			x	84.57 mm		
Momento resistente		M <sub>rd</sub>	226.01 kNm/m	Momento resistente		M <sub>rd</sub>	110.89 kNm/m		
Momento agente		M <sub>ed</sub>	162 kNm/m verificato	Momento agente		M <sub>ed</sub>	87 kNm/m verificato		
Carico ultimo		p <sub>u</sub>	59.44 kN/m <sup>2</sup>	Carico ultimo		p <sub>u</sub>	29.16 kN/m <sup>2</sup>		
Carico agente		p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	Carico agente		p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		

Verifica Punto 2									
Armatura direzione Y					Armatura direzione Y				
Striscia di verifica 1 = 0,1 I					Striscia di verifica 2 = 0,1 I				
ARMATURA DIREZIONE Y	As	904 mm <sup>2</sup>	1φ12	200 mm	As	452 mm <sup>2</sup>	1φ12/	200 mm	
	Ap	1200 mm <sup>2</sup>	Trefoli	8	Ap	300 mm <sup>2</sup>	Trefoli	2	
	b	1600 mm			b	800 mm			
	d	168 mm			d	168 mm			
	d'	175 mm			d'	175 mm			
	f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa			
	f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			
	f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			
	Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m			
	Posizione asse neutro		x'	81.29 mm	Posizione asse neutro		x'	47.34 mm	
		x	101.61 mm			x	59.17 mm		
Momento resistente		M <sub>rd</sub>	285.85 kNm/m	Momento resistente		M <sub>rd</sub>	93.32 kNm/m		
Momento agente		M <sub>ed</sub>	126.5 kNm/m verificato	Momento agente		M <sub>ed</sub>	75.5 kNm/m verificato		
Carico ultimo		p <sub>u</sub>	75.17 kN/m <sup>2</sup>	Carico ultimo		p <sub>u</sub>	24.54 kN/m <sup>2</sup>		
Carico agente		p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	Carico agente		p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		

Tab. 110 - Verifica SLU campata 1: Punto 2

Verifica Punto 3									
Armatura direzione X					Armatura direzione X				
Striscia di verifica 1 = 0,1 I					Striscia di verifica 2 = 0,1 I				
ARMATURA DIREZIONE X	As	1808 mm <sup>2</sup>	1φ12/	100 mm	As	904 mm <sup>2</sup>	1φ12/	100 mm	
	Ap	1200 mm <sup>2</sup>	Trefoli	8	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3	
	b	1600 mm			b	800 mm			
	d	154 mm			d	154 mm			
	d'	159.3 mm			d'	159.3 mm			
	f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa			
	f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			
	f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			
	Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m			
	Posizione asse neutro		x'	94.67 mm	Posizione asse neutro		x'	77.70 mm	
		x	118.34 mm			x	97.12 mm		
Momento resistente		M <sub>rd</sub>	276.09 kNm/m	Momento resistente		M <sub>rd</sub>	121.66 kNm/m		
Momento agente		M <sub>ed</sub>	185.9 kNm/m verificato	Momento agente		M <sub>ed</sub>	70.8 kNm/m verificato		
Carico ultimo		p <sub>u</sub>	72.61 kN/m <sup>2</sup>	Carico ultimo		p <sub>u</sub>	32.00 kN/m <sup>2</sup>		
Carico agente		p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	Carico agente		p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		

Verifica Punto 3									
Armatura direzione Y					Armatura direzione Y				
Striscia di verifica 1 = 0,1 I					Striscia di verifica 2 = 0,1 I				
ARMATURA DIREZIONE Y	As	1808 mm <sup>2</sup>	1φ12/	100 mm	As	904 mm <sup>2</sup>	1φ12/	100 mm	
	Ap	900 mm <sup>2</sup>	Trefoli	6	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3	
	b	1600 mm			b	800 mm			
	d	168 mm			d	168 mm			
	d'	175 mm			d'	175 mm			
	f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa			
	f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			
	f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			
	Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m			
	Posizione asse neutro		x'	77.70 mm	Posizione asse neutro		x'	77.70 mm	
		x	97.12 mm			x	97.12 mm		
Momento resistente		M <sub>rd</sub>	274.33 kNm/m	Momento resistente		M <sub>rd</sub>	137.17 kNm/m		
Momento agente		M <sub>ed</sub>	245.5 kNm/m verificato	Momento agente		M <sub>ed</sub>	103.3 kNm/m verificato		
Carico ultimo		p <sub>u</sub>	72.15 kN/m <sup>2</sup>	Carico ultimo		p <sub>u</sub>	36.07 kN/m <sup>2</sup>		
Carico agente		p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	Carico agente		p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		

Tab. 111 - Verifica SLU campata 1: Punto 3



		Verifica Punto 4						Verifica Punto 4				
		Armatura direzione X						Armatura direzione X				
		Striscia di verifica 1 = 0,11						Striscia di verifica 2 = 0,11				
ARMATURA DIREZIONE X	As	1808	mm <sup>2</sup>	1φ12/	100	mm	As	452	mm <sup>2</sup>	1φ12/	200	mm
	Ap	1200	mm <sup>2</sup>	Trefoli	8		Ap	450	mm <sup>2</sup>	Trefoli	3	
	b	1600	mm				b	800	mm			
	d	154	mm				d	154	mm			
	d'	159.3	mm				d'	159.3	mm			
	f <sub>yd</sub>	391	MPa				f <sub>yd</sub>	391	MPa			
	f <sub>pd</sub>	1493.72	MPa				f <sub>pd</sub>	1493.72	MPa			
	f <sub>cd</sub>	16.5	MPa				f <sub>cd</sub>	16.5	MPa			
	Luce piastra	7.8	m				Luce piastra	7.8	m			
	Posizione asse neutro	x'	94.67	mm			Posizione asse neutro	x'	64.31	mm		
	x	118.34	mm				x	80.39	mm			
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	276.09	kNm/m			Momento resistente	M <sub>rd</sub>	107.00	kNm/m			
Momento agente	M <sub>ed</sub>	157.1	kNm/m	verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	87.6	kNm/m	verificato		
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	72.61	kN/m <sup>2</sup>			Carico ultimo	p <sub>u</sub>	28.14	kN/m <sup>2</sup>			
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756	kN/m <sup>2</sup>	verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756	kN/m <sup>2</sup>	verificato		
ARMATURA DIREZIONE Y	As	1582	mm <sup>2</sup>	1φ12/	100	mm	As	565	mm <sup>2</sup>	1φ12/	150	mm
	Ap	900	mm <sup>2</sup>	Trefoli	6		Ap	300	mm <sup>2</sup>	Trefoli	2	
	b	1400	mm				b	800	mm			
	d	168	mm				d	168	mm			
	d'	175	mm				d'	175	mm			
	f <sub>yd</sub>	391	MPa				f <sub>yd</sub>	391	MPa			
	f <sub>pd</sub>	1493.72	MPa				f <sub>pd</sub>	1493.72	MPa			
	f <sub>cd</sub>	16.5	MPa				f <sub>cd</sub>	16.5	MPa			
	Luce piastra	7.8	m				Luce piastra	7.8	m			
	Posizione asse neutro	x'	84.97	mm			Posizione asse neutro	x'	50.68	mm		
	x	106.22	mm				x	63.36	mm			
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	255.78	kNm/m			Momento resistente	M <sub>rd</sub>	98.58	kNm/m			
Momento agente	M <sub>ed</sub>	192.7	kNm/m	verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	89.7	kNm/m	verificato		
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	67.27	kN/m <sup>2</sup>			Carico ultimo	p <sub>u</sub>	25.92	kN/m <sup>2</sup>			
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756	kN/m <sup>2</sup>	verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756	kN/m <sup>2</sup>	verificato		

Tab. 112 - Verifica SLU campata 1: Punto 4

		Verifica Punto 5						Verifica Punto 6				
		Armatura direzione X						Armatura direzione X				
		Striscia di verifica 3 = 0,61						Striscia di verifica 3 = 0,61				
ARMATURA DIREZIONE X	As	339	mm <sup>2</sup>	1φ12/	300	mm	As	678	mm <sup>2</sup>	1φ12/	150	mm
	Ap	450	mm <sup>2</sup>	Trefoli	3		Ap	450	mm <sup>2</sup>	Trefoli	3	
	b	1000	mm				b	1000	mm			
	d	154	mm				d	154	mm			
	d'	159.3	mm				d'	159.3	mm			
	f <sub>yd</sub>	391	MPa				f <sub>yd</sub>	391	MPa			
	f <sub>pd</sub>	1493.72	MPa				f <sub>pd</sub>	1493.72	MPa			
	f <sub>cd</sub>	16.5	MPa				f <sub>cd</sub>	16.5	MPa			
	Luce piastra	7.8	m				Luce piastra	7.8	m			
	Posizione asse neutro	x'	48.77	mm			Posizione asse neutro	x'	56.80	mm		
	x	60.96	mm				x	71.01	mm			
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	107.866	kNm/m			Momento resistente	M <sub>rd</sub>	121.282	kNm/m			
Momento agente	M <sub>ed</sub>	31.3	kNm/m	verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	45.9	kNm/m	verificato		
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	28.37	kN/m <sup>2</sup>			Carico ultimo	p <sub>u</sub>	31.90	kN/m <sup>2</sup>			
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756	kN/m <sup>2</sup>	verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756	kN/m <sup>2</sup>	verificato		
ARMATURA DIREZIONE Y	As	339	mm <sup>2</sup>	1φ12/	300	mm	As	339	mm <sup>2</sup>	1φ12/	300	mm
	Ap	450	mm <sup>2</sup>	Trefoli	3		Ap	450	mm <sup>2</sup>	Trefoli	3	
	b	1000	mm				b	1000	mm			
	d	168	mm				d	168	mm			
	d'	175	mm				d'	175	mm			
	f <sub>yd</sub>	391	MPa				f <sub>yd</sub>	391	MPa			
	f <sub>pd</sub>	1493.72	MPa				f <sub>pd</sub>	1493.72	MPa			
	f <sub>cd</sub>	16.5	MPa				f <sub>cd</sub>	16.5	MPa			
	Luce piastra	7.8	m				Luce piastra	7.8	m			
	Posizione asse neutro	x'	48.77	mm			Posizione asse neutro	x'	48.77	mm		
	x	60.96	mm				x	60.96	mm			
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	120.275	kNm/m			Momento resistente	M <sub>rd</sub>	120.275	kNm/m			
Momento agente	M <sub>ed</sub>	53.2	kNm/m	verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	23.3	kNm/m	verificato		
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	31.63	kN/m <sup>2</sup>			Carico ultimo	p <sub>u</sub>	31.63	kN/m <sup>2</sup>			
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756	kN/m <sup>2</sup>	verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756	kN/m <sup>2</sup>	verificato		

Tab. 113 - Verifica SLU campata 1: Punto 5 e 6

Verifica Punto 7		Verifica Punto 8				
ARMATURA DIREZIONE X	Armatura direzione X			Armatura direzione X		
	Striscia di verifica $3 = 0,61$			Striscia di verifica $3 = 0,61$		
	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/300 mm	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/300 mm
	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli 3	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli 3
	b	1000 mm		b	1000 mm	
	d	154 mm		d	154 mm	
	d'	159,3 mm		d'	159,3 mm	
	f <sub>yd</sub>	391 MPa		f <sub>yd</sub>	391 MPa	
	f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa		f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa	
	f <sub>cd</sub>	16,5 MPa		f <sub>cd</sub>	16,5 MPa	
Luce piastra	7,8 m		Luce piastra	7,8 m		
Posizione asse neutro			Posizione asse neutro			
	x'	48,77 mm		x'	48,77 mm	
	x	60,96 mm		x	60,96 mm	
Momento resistente M <sub>rd</sub>			Momento resistente M <sub>rd</sub>			
		107,866 kNm/m			107,866 kNm/m	
Momento agente			Momento agente			
	M <sub>ed</sub>	21 kNm/m verificato		M <sub>ed</sub>	53,2 kNm/m verificato	
Carico ultimo			Carico ultimo			
	p <sub>u</sub>	28,37 kN/m <sup>2</sup>		p <sub>u</sub>	28,37 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente			Carico agente			
	p <sub>ed</sub>	15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato		p <sub>ed</sub>	15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato	
ARMATURA DIREZIONE Y	Armatura direzione Y			Armatura direzione Y		
	Striscia di verifica $3 = 0,61$			Striscia di verifica $3 = 0,61$		
	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/300 mm	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/300 mm
	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli 3	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli 3
	b	1000 mm		b	1000 mm	
	d	168 mm		d	168 mm	
	d'	175 mm		d'	175 mm	
	f <sub>yd</sub>	391 MPa		f <sub>yd</sub>	391 MPa	
	f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa		f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa	
	f <sub>cd</sub>	16,5 MPa		f <sub>cd</sub>	16,5 MPa	
Luce piastra	7,8 m		Luce piastra	7,8 m		
Posizione asse neutro			Posizione asse neutro			
	x'	48,77 mm		x'	48,77 mm	
	x	60,96 mm		x	60,96 mm	
Momento resistente M <sub>rd</sub>			Momento resistente M <sub>rd</sub>			
		120,275 kNm/m			120,275 kNm/m	
Momento agente			Momento agente			
	M <sub>ed</sub>	46,6 kNm/m verificato		M <sub>ed</sub>	15,7 kNm/m verificato	
Carico ultimo			Carico ultimo			
	p <sub>u</sub>	31,63 kN/m <sup>2</sup>		p <sub>u</sub>	31,63 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente			Carico agente			
	p <sub>ed</sub>	15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato		p <sub>ed</sub>	15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato	

Tab. 114 - Verifica SLU campata 1: Punto 7 e 8

Verifica Punto 9						
ARMATURA DIREZIONE X	Armatura direzione X			Armatura direzione Y		
	Striscia di verifica $3 = 0,61$			Striscia di verifica $3 = 0,61$		
	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/300 mm	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/300 mm
	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli 3	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli 3
	b	1000 mm		b	1000 mm	
	d	154 mm		d	168 mm	
	d'	159,3 mm		d'	175 mm	
	f <sub>yd</sub>	391 MPa		f <sub>yd</sub>	391 MPa	
	f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa		f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa	
	f <sub>cd</sub>	16,5 MPa		f <sub>cd</sub>	16,5 MPa	
Luce piastra	7,8 m		Luce piastra	7,8 m		
Posizione asse neutro			Posizione asse neutro			
	x'	48,77 mm		x'	48,77 mm	
	x	60,96 mm		x	60,96 mm	
Momento resistente M <sub>rd</sub>			Momento resistente M <sub>rd</sub>			
		107,866 kNm/m			120,275 kNm/m	
Momento agente			Momento agente			
	M <sub>ed</sub>	15,6 kNm/m verificato		M <sub>ed</sub>	42,4 kNm/m verificato	
Carico ultimo			Carico ultimo			
	p <sub>u</sub>	28,37 kN/m <sup>2</sup>		p <sub>u</sub>	31,63 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente			Carico agente			
	p <sub>ed</sub>	15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato		p <sub>ed</sub>	15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato	

Tab. 115 - Verifica SLU campata 1: Punto 9

Campata 2. Si va ora a considerare una campata centrale, individuata dai fili fissi x5 -x6 -y3 - y4. Le verifiche vengono riportate qui di seguito:

Verifica Punto 1									
Armatura direzione X					Armatura direzione X				
Striscia di verifica 1 = 0,11					Striscia di verifica 2 = 0,11				
ARMATURA DIREZIONE X	As	1808 mm <sup>2</sup>	1φ12	100 mm	As	565 mm <sup>2</sup>	1φ12	150 mm	
	Ap	900 mm <sup>2</sup>	Trefoli	6	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3	
	b	1600 mm			b	800 mm			
	d	154 mm			d	154 mm			
	d'	159,3 mm			d'	159,3 mm			
	f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa			
	f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa			
	f <sub>cd</sub>	16,5 MPa			f <sub>cd</sub>	16,5 MPa			
	Luce piastra	7,8 m			Luce piastra	7,8 m			
	Posizione asse neutro		x'	77,70 mm	Posizione asse neutro		x'	67,66 mm	x
		x	97,12 mm			x	84,57 mm		
Momento resistente		M <sub>rd</sub>	243,33 kNm/m	Momento resistente		M <sub>rd</sub>	110,89 kNm/m		
Momento agente		M <sub>sd</sub>	129,5 kNm/m verificato	Momento agente		M <sub>sd</sub>	63 kNm/m verificato		
Carico ultimo		p <sub>u</sub>	63,99 kN/m <sup>2</sup>	Carico ultimo		p <sub>u</sub>	29,16 kN/m <sup>2</sup>		
Carico agente		p <sub>ed</sub>	15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato	Carico agente		p <sub>ed</sub>	15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato		

Verifica Punto 1									
Armatura direzione Y					Armatura direzione Y				
Striscia di verifica 1 = 0,11					Striscia di verifica 2 = 0,11				
ARMATURA DIREZIONE Y	As	1130 mm <sup>2</sup>	1φ12	150 mm	As	565 mm <sup>2</sup>	1φ12	150 mm	
	Ap	1200 mm <sup>2</sup>	Trefoli	8	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3	
	b	1600 mm			b	800 mm			
	d	168 mm			d	168 mm			
	d'	175 mm			d'	175 mm			
	f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa			
	f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa			
	f <sub>cd</sub>	16,5 MPa			f <sub>cd</sub>	16,5 MPa			
	Luce piastra	7,8 m			Luce piastra	7,8 m			
	Posizione asse neutro		x'	84,63 mm	Posizione asse neutro		x'	67,66 mm	x
		x	105,79 mm			x	84,57 mm		
Momento resistente		M <sub>rd</sub>	293,36 kNm/m	Momento resistente		M <sub>rd</sub>	124,53 kNm/m		
Momento agente		M <sub>sd</sub>	120,3 kNm/m verificato	Momento agente		M <sub>sd</sub>	82,9 kNm/m verificato		
Carico ultimo		p <sub>u</sub>	77,15 kN/m <sup>2</sup>	Carico ultimo		p <sub>u</sub>	32,75 kN/m <sup>2</sup>		
Carico agente		p <sub>ed</sub>	15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato	Carico agente		p <sub>ed</sub>	15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato		

Tab. 116 - Verifica SLU campata 2: Punto 1

Verifica Punto 2									
Armatura direzione X					Armatura direzione X				
Striscia di verifica 1 = 0,11					Striscia di verifica 2 = 0,11				
ARMATURA DIREZIONE X	As	1808 mm <sup>2</sup>	1φ12/	100 mm	As	904 mm <sup>2</sup>	1φ12/	100 mm	
	Ap	1200 mm <sup>2</sup>	Trefoli	8	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3	
	b	1600 mm			b	800 mm			
	d	154 mm			d	154 mm			
	d'	159,3 mm			d'	159,3 mm			
	f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa			
	f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa			
	f <sub>cd</sub>	16,5 MPa			f <sub>cd</sub>	16,5 MPa			
	Luce piastra	7,8 m			Luce piastra	7,8 m			
	Posizione asse neutro		x'	94,67 mm	Posizione asse neutro		x'	77,70 mm	x
		x	118,34 mm			x	97,12 mm		
Momento resistente		M <sub>rd</sub>	276,09 kNm/m	Momento resistente		M <sub>rd</sub>	121,66 kNm/m		
Momento agente		M <sub>sd</sub>	162 kNm/m verificato	Momento agente		M <sub>sd</sub>	87 kNm/m verificato		
Carico ultimo		p <sub>u</sub>	72,61 kN/m <sup>2</sup>	Carico ultimo		p <sub>u</sub>	32,00 kN/m <sup>2</sup>		
Carico agente		p <sub>ed</sub>	15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato	Carico agente		p <sub>ed</sub>	15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato		

Verifica Punto 2									
Armatura direzione Y					Armatura direzione Y				
Striscia di verifica 1 = 0,11					Striscia di verifica 2 = 0,11				
ARMATURA DIREZIONE Y	As	1808 mm <sup>2</sup>	1φ12	100 mm	As	565 mm <sup>2</sup>	1φ12	150 mm	
	Ap	1200 mm <sup>2</sup>	Trefoli	8	Ap	300 mm <sup>2</sup>	Trefoli	2	
	b	1600 mm			b	800 mm			
	d	168 mm			d	168 mm			
	d'	175 mm			d'	175 mm			
	f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa			
	f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa			
	f <sub>cd</sub>	16,5 MPa			f <sub>cd</sub>	16,5 MPa			
	Luce piastra	7,8 m			Luce piastra	7,8 m			
	Posizione asse neutro		x'	94,67 mm	Posizione asse neutro		x'	50,68 mm	x
		x	118,34 mm			x	63,36 mm		
Momento resistente		M <sub>rd</sub>	314,13 kNm/m	Momento resistente		M <sub>rd</sub>	98,58 kNm/m		
Momento agente		M <sub>sd</sub>	126,5 kNm/m verificato	Momento agente		M <sub>sd</sub>	75,5 kNm/m verificato		
Carico ultimo		p <sub>u</sub>	82,61 kN/m <sup>2</sup>	Carico ultimo		p <sub>u</sub>	25,92 kN/m <sup>2</sup>		
Carico agente		p <sub>ed</sub>	15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato	Carico agente		p <sub>ed</sub>	15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato		

Tab. 117 - Verifica SLU campata 2: Punto 2

		Verifica Punto 3						
		Armatura direzione X		Armatura direzione X				
		Striscia di verifica 1 = 0,11		Striscia di verifica 2 = 0,11				
ARMATURA DIREZIONE X	As	1808 mm <sup>2</sup>	1φ12/	100 mm	As	904 mm <sup>2</sup>	1φ12/	100 mm
	Ap	1200 mm <sup>2</sup>	Trefoli	8	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3
	b	1600 mm			b	800 mm		
	d	154 mm			d	154 mm		
	d'	159.3 mm			d'	159.3 mm		
	f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa		
	f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa		
	f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa		
	Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m		
	Posizione asse neutro		x'	94.67 mm		x'	77.70 mm	
		x	118.34 mm		x	97.12 mm		
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	276.09 kNm/m		Momento resistente	M <sub>rd</sub>	121.66 kNm/m		
Momento agente	M <sub>ed</sub>	185.9 kNm/m verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	70.8 kNm/m verificato		
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	72.61 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo	p <sub>u</sub>	32.00 kN/m <sup>2</sup>		
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		
		Armatura direzione Y		Armatura direzione Y				
		Striscia di verifica 1 = 0,11		Striscia di verifica 2 = 0,11				
ARMATURA DIREZIONE Y	As	1808 mm <sup>2</sup>	1φ12/	100 mm	As	904 mm <sup>2</sup>	1φ12/	100 mm
	Ap	1200 mm <sup>2</sup>	Trefoli	8	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3
	b	1600 mm			b	800 mm		
	d	168 mm			d	168 mm		
	d'	175 mm			d'	175 mm		
	f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa		
	f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa		
	f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa		
	Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m		
	Posizione asse neutro		x'	94.67 mm		x'	77.70 mm	
		x	118.34 mm		x	97.12 mm		
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	314.13 kNm/m		Momento resistente	M <sub>rd</sub>	137.17 kNm/m		
Momento agente	M <sub>ed</sub>	245.5 kNm/m verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	103.3 kNm/m verificato		
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	82.61 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo	p <sub>u</sub>	36.07 kN/m <sup>2</sup>		
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		

Tab. 118 - Verifica SLU campata 2: Punto 3

		Verifica Punto 4						
		Armatura direzione X		Armatura direzione X				
		Striscia di verifica 1 = 0,11		Striscia di verifica 2 = 0,11				
ARMATURA DIREZIONE X	As	1808 mm <sup>2</sup>	1φ12/	100 mm	As	565 mm <sup>2</sup>	1φ12/	150 mm
	Ap	1200 mm <sup>2</sup>	Trefoli	8	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3
	b	1600 mm			b	800 mm		
	d	154 mm			d	154 mm		
	d'	159.3 mm			d'	159.3 mm		
	f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa		
	f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa		
	f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa		
	Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m		
	Posizione asse neutro		x'	94.67 mm		x'	67.66 mm	
		x	118.34 mm		x	84.57 mm		
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	276.09 kNm/m		Momento resistente	M <sub>rd</sub>	110.89 kNm/m		
Momento agente	M <sub>ed</sub>	157.1 kNm/m verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	87.6 kNm/m verificato		
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	72.61 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo	p <sub>u</sub>	29.16 kN/m <sup>2</sup>		
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		
		Armatura direzione Y		Armatura direzione Y				
		Striscia di verifica 1 = 0,11		Striscia di verifica 2 = 0,11				
ARMATURA DIREZIONE Y	As	1130 mm <sup>2</sup>	1φ12/	150 mm	As	565 mm <sup>2</sup>	1φ12/	150 mm
	Ap	1200 mm <sup>2</sup>	Trefoli	8	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3
	b	1600 mm			b	800 mm		
	d	168 mm			d	168 mm		
	d'	175 mm			d'	175 mm		
	f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa		
	f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa		
	f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa		
	Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m		
	Posizione asse neutro		x'	84.63 mm		x'	67.66 mm	
		x	105.79 mm		x	84.57 mm		
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	293.36 kNm/m		Momento resistente	M <sub>rd</sub>	124.53 kNm/m		
Momento agente	M <sub>ed</sub>	192.7 kNm/m verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	89.7 kNm/m verificato		
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	77.15 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo	p <sub>u</sub>	32.75 kN/m <sup>2</sup>		
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		

Tab. 119 - Verifica SLU campata 2: Punto 4

Verifica Punto 5		Verifica Punto 6	
Armatura direzione X		Armatura direzione X	
Striscia di verifica 3 = 0,61			
As	339 mm <sup>2</sup> 1φ12/ 300 mm	As	339 mm <sup>2</sup> 1φ12/ 300 mm
Ap	450 mm <sup>2</sup> Trefoli 3	Ap	450 mm <sup>2</sup> Trefoli 3
b	1000 mm	b	1000 mm
d	154 mm	d	154 mm
d'	159.3 mm	d'	159.3 mm
f <sub>yd</sub>	391 MPa	f <sub>yd</sub>	391 MPa
f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa	f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa
f <sub>cd</sub>	16.5 MPa	f <sub>cd</sub>	16.5 MPa
Luce piastra	7.8 m	Luce piastra	7.8 m
Posizione asse neutro		Posizione asse neutro	
x'	48.77 mm	x'	48.77 mm
x	60.96 mm	x	60.96 mm
Momento resistente M <sub>rd</sub>		Momento resistente M <sub>rd</sub>	
	107.866 kNm/m		107.866 kNm/m
Momento agente M <sub>sd</sub>		Momento agente M <sub>sd</sub>	
	56.4 kNm/m verificato		47.7 kNm/m verificato
Carico ultimo p <sub>u</sub>		Carico ultimo p <sub>u</sub>	
	28.37 kN/m <sup>2</sup>		28.37 kN/m <sup>2</sup>
Carico agente p <sub>ed</sub>		Carico agente p <sub>ed</sub>	
	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato

Armatura direzione Y		Armatura direzione Y	
Striscia di verifica 3 = 0,61			
As	339 mm <sup>2</sup> 1φ12/ 300 mm	As	339 mm <sup>2</sup> 1φ12/ 300 mm
Ap	450 mm <sup>2</sup> Trefoli 3	Ap	450 mm <sup>2</sup> Trefoli 3
b	1000 mm	b	1000 mm
d	168 mm	d	168 mm
d'	175 mm	d'	175 mm
f <sub>yd</sub>	391 MPa	f <sub>yd</sub>	391 MPa
f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa	f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa
f <sub>cd</sub>	16.5 MPa	f <sub>cd</sub>	16.5 MPa
Luce piastra	7.8 m	Luce piastra	7.8 m
Posizione asse neutro		Posizione asse neutro	
x'	48.77 mm	x'	48.77 mm
x	60.96 mm	x	60.96 mm
Momento resistente M <sub>rd</sub>		Momento resistente M <sub>rd</sub>	
	120.275 kNm/m		120.275 kNm/m
Momento agente M <sub>sd</sub>		Momento agente M <sub>sd</sub>	
	53.2 kNm/m verificato		6.9 kNm/m verificato
Carico ultimo p <sub>u</sub>		Carico ultimo p <sub>u</sub>	
	31.63 kN/m <sup>2</sup>		31.63 kN/m <sup>2</sup>
Carico agente p <sub>ed</sub>		Carico agente p <sub>ed</sub>	
	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato

Tab. 120 - Verifica SLU campata 2: Punto 5 e 6

Verifica Punto 7		Verifica Punto 8	
Armatura direzione X		Armatura direzione X	
Striscia di verifica 3 = 0,61			
As	339 mm <sup>2</sup> 1φ12/ 300 mm	As	339 mm <sup>2</sup> 1φ12/ 300 mm
Ap	450 mm <sup>2</sup> Trefoli 3	Ap	450 mm <sup>2</sup> Trefoli 3
b	1000 mm	b	1000 mm
d	154 mm	d	154 mm
d'	159.3 mm	d'	159.3 mm
f <sub>yd</sub>	391 MPa	f <sub>yd</sub>	391 MPa
f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa	f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa
f <sub>cd</sub>	16.5 MPa	f <sub>cd</sub>	16.5 MPa
Luce piastra	7.8 m	Luce piastra	7.8 m
Posizione asse neutro		Posizione asse neutro	
x'	48.77 mm	x'	48.77 mm
x	60.96 mm	x	60.96 mm
Momento resistente M <sub>rd</sub>		Momento resistente M <sub>rd</sub>	
	107.866 kNm/m		107.866 kNm/m
Momento agente M <sub>sd</sub>		Momento agente M <sub>sd</sub>	
	11.3 kNm/m verificato		31.8 kNm/m verificato
Carico ultimo p <sub>u</sub>		Carico ultimo p <sub>u</sub>	
	28.37 kN/m <sup>2</sup>		28.37 kN/m <sup>2</sup>
Carico agente p <sub>ed</sub>		Carico agente p <sub>ed</sub>	
	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato

Armatura direzione Y		Armatura direzione Y	
Striscia di verifica 3 = 0,61			
As	339 mm <sup>2</sup> 1φ12/ 300 mm	As	339 mm <sup>2</sup> 1φ12/ 300 mm
Ap	450 mm <sup>2</sup> Trefoli 3	Ap	450 mm <sup>2</sup> Trefoli 3
b	1000 mm	b	1000 mm
d	168 mm	d	168 mm
d'	175 mm	d'	175 mm
f <sub>yd</sub>	391 MPa	f <sub>yd</sub>	391 MPa
f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa	f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa
f <sub>cd</sub>	16.5 MPa	f <sub>cd</sub>	16.5 MPa
Luce piastra	7.8 m	Luce piastra	7.8 m
Posizione asse neutro		Posizione asse neutro	
x'	48.77 mm	x'	48.77 mm
x	60.96 mm	x	60.96 mm
Momento resistente M <sub>rd</sub>		Momento resistente M <sub>rd</sub>	
	120.275 kNm/m		120.275 kNm/m
Momento agente M <sub>sd</sub>		Momento agente M <sub>sd</sub>	
	31.8 kNm/m verificato		7 kNm/m verificato
Carico ultimo p <sub>u</sub>		Carico ultimo p <sub>u</sub>	
	31.63 kN/m <sup>2</sup>		31.63 kN/m <sup>2</sup>
Carico agente p <sub>ed</sub>		Carico agente p <sub>ed</sub>	
	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato

Tab. 121 - Verifica SLU campata 2: Punto 7 e 8

Verifica Punto 9				
Armatura direzione X		Armatura direzione Y		
ARMATURA DIREZIONE X	Striscia di verifica 3 = 0,61		Striscia di verifica 3 = 0,61	
	As	339 mm <sup>2</sup> 1φ12/ 300 mm	As	339 mm <sup>2</sup> 1φ12/ 300 mm
	Ap	450 mm <sup>2</sup> Trefoli 3	Ap	450 mm <sup>2</sup> Trefoli 3
	b	1000 mm	b	1000 mm
	d	154 mm	d	168 mm
	d'	159,3 mm	d'	175 mm
	f <sub>yd</sub>	391 MPa	f <sub>yd</sub>	391 MPa
	f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa	f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa
	f <sub>cd</sub>	16,5 MPa	f <sub>cd</sub>	16,5 MPa
	Luce piastra	7,8 m	Luce piastra	7,8 m
Posizione asse neutro		Posizione asse neutro		
x'	48,77 mm	x'	48,77 mm	
x	60,96 mm	x	60,96 mm	
Momento resistente M <sub>rd</sub>		Momento resistente M <sub>rd</sub>		
107,866 kNm/m		120,275 kNm/m		
Momento agente		Momento agente		
M <sub>ed</sub> 10,3 kNm/m verificato		M <sub>ed</sub> 24,2 kNm/m verificato		
Carico ultimo p <sub>u</sub> 28,37 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo p <sub>u</sub> 31,63 kN/m <sup>2</sup>		
Carico agente p <sub>ed</sub> 15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente p <sub>ed</sub> 15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato		

Tab. 122 - Verifica SLU campata 2: Punto 9

**Campata 3.** Come terzo caso oggetto di verifiche viene presa in considerazione una campata appartenente alla zona uffici, in particolare viene considerata la campata individuata dai fili fissi x6 - x7 - y7 - y8. Si riportano qui di seguito le verifiche della campata in questione:

Verifica Punto 1				
Armatura direzione X		Armatura direzione X		
ARMATURA DIREZIONE X	Striscia di verifica 1 = 0,11		Striscia di verifica 2 = 0,11	
	As	1808 mm <sup>2</sup> 1φ12/ 100 mm	As	565 mm <sup>2</sup> 1φ12/ 150 mm
	Ap	1200 mm <sup>2</sup> Trefoli 8	Ap	450 mm <sup>2</sup> Trefoli 3
	b	1600 mm	b	800 mm
	d	154 mm	d	154 mm
	d'	159,3 mm	d'	159,3 mm
	f <sub>yd</sub>	391 MPa	f <sub>yd</sub>	391 MPa
	f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa	f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa
	f <sub>cd</sub>	16,5 MPa	f <sub>cd</sub>	16,5 MPa
	Luce piastra	7,8 m	Luce piastra	7,8 m
Posizione asse neutro		Posizione asse neutro		
x'	94,67 mm	x'	67,66 mm	
x	118,34 mm	x	84,57 mm	
Momento resistente M <sub>rd</sub>		Momento resistente M <sub>rd</sub>		
276,09 kNm/m		110,89 kNm/m		
Momento agente		Momento agente		
M <sub>ed</sub> 129,5 kNm/m verificato		M <sub>ed</sub> 63 kNm/m verificato		
Carico ultimo p <sub>u</sub> 72,61 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo p <sub>u</sub> 29,16 kN/m <sup>2</sup>		
Carico agente p <sub>ed</sub> 15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente p <sub>ed</sub> 15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato		

Verifica Punto 1				
Armatura direzione Y		Armatura direzione Y		
ARMATURA DIREZIONE Y	Striscia di verifica 1 = 0,11		Striscia di verifica 2 = 0,11	
	As	1808 mm <sup>2</sup> 1φ12/ 100 mm	As	904 mm <sup>2</sup> 1φ12/ 100 mm
	Ap	1200 mm <sup>2</sup> Trefoli 8	Ap	450 mm <sup>2</sup> Trefoli 3
	b	1600 mm	b	800 mm
	d	168 mm	d	168 mm
	d'	175 mm	d'	175 mm
	f <sub>yd</sub>	391 MPa	f <sub>yd</sub>	391 MPa
	f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa	f <sub>pd</sub>	1493,72 MPa
	f <sub>cd</sub>	16,5 MPa	f <sub>cd</sub>	16,5 MPa
	Luce piastra	7,8 m	Luce piastra	7,8 m
Posizione asse neutro		Posizione asse neutro		
x'	94,67 mm	x'	77,70 mm	
x	118,34 mm	x	97,12 mm	
Momento resistente M <sub>rd</sub>		Momento resistente M <sub>rd</sub>		
314,13 kNm/m		137,17 kNm/m		
Momento agente		Momento agente		
M <sub>ed</sub> 120,3 kNm/m verificato		M <sub>ed</sub> 82,9 kNm/m verificato		
Carico ultimo p <sub>u</sub> 82,61 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo p <sub>u</sub> 36,07 kN/m <sup>2</sup>		
Carico agente p <sub>ed</sub> 15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente p <sub>ed</sub> 15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato		

Tab. 123 - Verifica SLU campata 3: Punto 1

		Verifica Punto 2					
ARMATURA DIREZIONE X	Armatura direzione X		Armatura direzione X				
	Striscia di verifica 1 = 0,11		Striscia di verifica 2 = 0,11				
	As	1808 mm <sup>2</sup>	1φ12/	100 mm	As	904 mm <sup>2</sup>	1φ12/
Ap	1200 mm <sup>2</sup>	Trefoli	8	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3
b	1600 mm			b	800 mm		
d	154 mm			d	154 mm		
d'	159.3 mm			d'	159.3 mm		
f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa		
f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa		
f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa		
Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m		
Posizione asse neutro	x'	94.67 mm		Posizione asse neutro	x'	77.70 mm	
	x	118.34 mm			x	97.12 mm	
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	276.09 kNm/m		Momento resistente	M <sub>rd</sub>	121.66 kNm/m	
Momento agente	M <sub>ed</sub>	162 kNm/m verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	87 kNm/m verificato	
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	72.61 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo	p <sub>u</sub>	32.00 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	

ARMATURA DIREZIONE Y	Armatura direzione Y		Armatura direzione Y				
	Striscia di verifica 1 = 0,11		Striscia di verifica 2 = 0,11				
	As	1808 mm <sup>2</sup>	1φ12/	100 mm	As	904 mm <sup>2</sup>	1φ12/
Ap	1200 mm <sup>2</sup>	Trefoli	8	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3
b	1600 mm			b	800 mm		
d	168 mm			d	168 mm		
d'	175 mm			d'	175 mm		
f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa		
f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa		
f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa		
Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m		
Posizione asse neutro	x'	94.67 mm		Posizione asse neutro	x'	77.70 mm	
	x	118.34 mm			x	97.12 mm	
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	314.13 kNm/m		Momento resistente	M <sub>rd</sub>	137.17 kNm/m	
Momento agente	M <sub>ed</sub>	126.5 kNm/m verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	75.5 kNm/m verificato	
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	82.61 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo	p <sub>u</sub>	36.07 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	

Tab. 124 - Verifica SLU campata 3: Punto 2

		Verifica Punto 3					
ARMATURA DIREZIONE X	Armatura direzione X		Armatura direzione X				
	Striscia di verifica 1 = 0,11		Striscia di verifica 2 = 0,11				
	As	1582 mm <sup>2</sup>	1φ12/	100 mm	As	565 mm <sup>2</sup>	1φ12/
Ap	900 mm <sup>2</sup>	Trefoli	6	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3
b	1400 mm			b	800 mm		
d	154 mm			d	154 mm		
d'	159.3 mm			d'	159.3 mm		
f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa		
f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa		
f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa		
Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m		
Posizione asse neutro	x'	84.97 mm		Posizione asse neutro	x'	67.66 mm	
	x	106.22 mm			x	84.57 mm	
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	226.01 kNm/m		Momento resistente	M <sub>rd</sub>	110.89 kNm/m	
Momento agente	M <sub>ed</sub>	185.9 kNm/m verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	70.8 kNm/m verificato	
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	59.44 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo	p <sub>u</sub>	29.16 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	

ARMATURA DIREZIONE Y	Armatura direzione Y		Armatura direzione Y				
	Striscia di verifica 1 = 0,11		Striscia di verifica 2 = 0,11				
	As	904 mm <sup>2</sup>	1φ12/	200 mm	As	452 mm <sup>2</sup>	1φ12/
Ap	1200 mm <sup>2</sup>	Trefoli	8	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3
b	1600 mm			b	800 mm		
d	168 mm			d	168 mm		
d'	175 mm			d'	175 mm		
f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa		
f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa		
f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa		
Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m		
Posizione asse neutro	x'	81.29 mm		Posizione asse neutro	x'	64.31 mm	
	x	101.61 mm			x	80.39 mm	
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	285.85 kNm/m		Momento resistente	M <sub>rd</sub>	120.02 kNm/m	
Momento agente	M <sub>ed</sub>	245.5 kNm/m verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	103.3 kNm/m verificato	
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	75.17 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo	p <sub>u</sub>	31.56 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	

Tab. 125 - Verifica SLU campata 3: Punto 3

Verifica Punto 4							
ARMATURA DIREZIONE X	Armatura direzione X			Armatura direzione X			
	Striscia di verifica 1 = 0,11			Striscia di verifica 2 = 0,11			
	As	1582 mm <sup>2</sup>	1φ12/	100 mm	As	565 mm <sup>2</sup>	1φ12/
Ap	900 mm <sup>2</sup>	Trefoli	6	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3
b	1400 mm			b	800 mm		
d	154 mm			d	154 mm		
d'	159.3 mm			d'	159.3 mm		
f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa		
f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa		
f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa		
Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m		
Posizione asse neutro	x'	84.97 mm		Posizione asse neutro	x'	67.66 mm	
	x	106.22 mm			x	84.57 mm	
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	226.01 kNm/m		Momento resistente	M <sub>rd</sub>	110.89 kNm/m	
Momento agente	M <sub>ed</sub>	157.1 kNm/m verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	87.6 kNm/m verificato	
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	59.44 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo	p <sub>u</sub>	29.16 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	

ARMATURA DIREZIONE Y	Armatura direzione Y			Armatura direzione Y			
	Striscia di verifica 1 = 0,11			Striscia di verifica 2 = 0,11			
	As	904 mm <sup>2</sup>	1φ12/	200 mm	As	452 mm <sup>2</sup>	1φ12/
Ap	1200 mm <sup>2</sup>	Trefoli	8	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3
b	1600 mm			b	800 mm		
d	168 mm			d	168 mm		
d'	175 mm			d'	175 mm		
f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa		
f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa		
f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa		
Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m		
Posizione asse neutro	x'	81.29 mm		Posizione asse neutro	x'	64.31 mm	
	x	101.61 mm			x	80.39 mm	
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	285.85 kNm/m		Momento resistente	M <sub>rd</sub>	120.02 kNm/m	
Momento agente	M <sub>ed</sub>	192.7 kNm/m verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	89.7 kNm/m verificato	
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	75.17 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo	p <sub>u</sub>	31.56 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	

Tab. 126 - Verifica SLU campata 3: Punto 4

Verifica Punto 5							
ARMATURA DIREZIONE X	Armatura direzione X			Armatura direzione X			
	Striscia di verifica 3 = 0,61			Striscia di verifica 3 = 0,61			
	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/	300 mm	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/
Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3
b	1000 mm			b	1000 mm		
d	154 mm			d	154 mm		
d'	159.3 mm			d'	159.3 mm		
f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa		
f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa		
f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa		
Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m		
Posizione asse neutro	x'	48.77 mm		Posizione asse neutro	x'	48.77 mm	
	x	60.96 mm			x	60.96 mm	
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	107.866 kNm/m		Momento resistente	M <sub>rd</sub>	107.866 kNm/m	
Momento agente	M <sub>ed</sub>	56.4 kNm/m verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	36.5 kNm/m verificato	
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	28.37 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo	p <sub>u</sub>	28.37 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	

ARMATURA DIREZIONE Y	Armatura direzione Y			Armatura direzione Y			
	Striscia di verifica 3 = 0,61			Striscia di verifica 3 = 0,61			
	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/	300 mm	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/
Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3
b	1000 mm			b	1000 mm		
d	168 mm			d	168 mm		
d'	175 mm			d'	175 mm		
f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa		
f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa		
f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa		
Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m		
Posizione asse neutro	x'	48.77 mm		Posizione asse neutro	x'	48.77 mm	
	x	60.96 mm			x	60.96 mm	
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	120.275 kNm/m		Momento resistente	M <sub>rd</sub>	120.275 kNm/m	
Momento agente	M <sub>ed</sub>	53.2 kNm/m verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	17 kNm/m verificato	
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	31.63 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo	p <sub>u</sub>	31.63 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	

Verifica Punto 6							
ARMATURA DIREZIONE X	Armatura direzione X			Armatura direzione X			
	Striscia di verifica 3 = 0,61			Striscia di verifica 3 = 0,61			
	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/	300 mm	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/
Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3
b	1000 mm			b	1000 mm		
d	154 mm			d	154 mm		
d'	159.3 mm			d'	159.3 mm		
f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa		
f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa		
f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa		
Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m		
Posizione asse neutro	x'	48.77 mm		Posizione asse neutro	x'	48.77 mm	
	x	60.96 mm			x	60.96 mm	
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	107.866 kNm/m		Momento resistente	M <sub>rd</sub>	107.866 kNm/m	
Momento agente	M <sub>ed</sub>	36.5 kNm/m verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	36.5 kNm/m verificato	
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	28.37 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo	p <sub>u</sub>	28.37 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	

ARMATURA DIREZIONE Y	Armatura direzione Y			Armatura direzione Y			
	Striscia di verifica 3 = 0,61			Striscia di verifica 3 = 0,61			
	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/	300 mm	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/
Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli	3
b	1000 mm			b	1000 mm		
d	168 mm			d	168 mm		
d'	175 mm			d'	175 mm		
f <sub>yd</sub>	391 MPa			f <sub>yd</sub>	391 MPa		
f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa			f <sub>pd</sub>	1493.72 MPa		
f <sub>cd</sub>	16.5 MPa			f <sub>cd</sub>	16.5 MPa		
Luce piastra	7.8 m			Luce piastra	7.8 m		
Posizione asse neutro	x'	48.77 mm		Posizione asse neutro	x'	48.77 mm	
	x	60.96 mm			x	60.96 mm	
Momento resistente	M <sub>rd</sub>	120.275 kNm/m		Momento resistente	M <sub>rd</sub>	120.275 kNm/m	
Momento agente	M <sub>ed</sub>	17 kNm/m verificato		Momento agente	M <sub>ed</sub>	17 kNm/m verificato	
Carico ultimo	p <sub>u</sub>	31.63 kN/m <sup>2</sup>		Carico ultimo	p <sub>u</sub>	31.63 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato		Carico agente	p <sub>ed</sub>	15.756 kN/m <sup>2</sup> verificato	

Tab. 127 - Verifica SLU campata 3: Punto 5 e 6



Verifica Punto 7		Verifica Punto 8				
ARMATURA DIREZIONE X	Armatura direzione X			Armatura direzione X		
	Striscia di verifica 3 = 0,61			Striscia di verifica 3 = 0,61		
	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/ 300 mm	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/ 300 mm
	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli 3	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli 3
	b	1000 mm		b	1000 mm	
	d	154 mm		d	154 mm	
	d'	159,3 mm		d'	159,3 mm	
	f <sub>yd</sub>	391 MPa		f <sub>yd</sub>	391 MPa	
	f <sub>sd</sub>	1493,72 MPa		f <sub>sd</sub>	1493,72 MPa	
	f <sub>cd</sub>	16,5 MPa		f <sub>cd</sub>	16,5 MPa	
Luce piastra		7,8 m	Luce piastra		7,8 m	
Posizione asse neutro		x' = 48,77 mm	Posizione asse neutro		x' = 48,77 mm	
		x = 60,96 mm			x = 60,96 mm	
Momento resistente M <sub>rd</sub>		107,866 kNm/m	Momento resistente M <sub>rd</sub>		107,866 kNm/m	
Momento agente		M <sub>sd</sub> = 19,6 kNm/m verificato	Momento agente		M <sub>sd</sub> = 23,9 kNm/m verificato	
Carico ultimo		p <sub>u</sub> = 28,37 kN/m <sup>2</sup>	Carico ultimo		p <sub>u</sub> = 28,37 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente		p <sub>ed</sub> = 15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato	Carico agente		p <sub>ed</sub> = 15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato	
ARMATURA DIREZIONE Y	Armatura direzione Y			Armatura direzione Y		
	Striscia di verifica 3 = 0,61			Striscia di verifica 3 = 0,61		
	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/ 300 mm	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/ 300 mm
	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli 3	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli 3
	b	1000 mm		b	1000 mm	
	d	168 mm		d	168 mm	
	d'	175 mm		d'	175 mm	
	f <sub>yd</sub>	391 MPa		f <sub>yd</sub>	391 MPa	
	f <sub>sd</sub>	1493,72 MPa		f <sub>sd</sub>	1493,72 MPa	
	f <sub>cd</sub>	16,5 MPa		f <sub>cd</sub>	16,5 MPa	
Luce piastra		7,8 m	Luce piastra		7,8 m	
Posizione asse neutro		x' = 48,77 mm	Posizione asse neutro		x' = 48,77 mm	
		x = 60,96 mm			x = 60,96 mm	
Momento resistente M <sub>rd</sub>		120,275 kNm/m	Momento resistente M <sub>rd</sub>		120,275 kNm/m	
Momento agente		M <sub>sd</sub> = 46 kNm/m verificato	Momento agente		M <sub>sd</sub> = 16,1 kNm/m verificato	
Carico ultimo		p <sub>u</sub> = 31,63 kN/m <sup>2</sup>	Carico ultimo		p <sub>u</sub> = 31,63 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente		p <sub>ed</sub> = 15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato	Carico agente		p <sub>ed</sub> = 15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato	

Tab. 128 - Verifica SLU campata 3: Punto 7 e 8

Verifica Punto 9		Verifica Punto 9				
ARMATURA DIREZIONE X	Armatura direzione X			Armatura direzione Y		
	Striscia di verifica 3 = 0,61			Striscia di verifica 3 = 0,61		
	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/ 300 mm	As	339 mm <sup>2</sup>	1φ12/ 300 mm
	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli 3	Ap	450 mm <sup>2</sup>	Trefoli 3
	b	1000 mm		b	1000 mm	
	d	154 mm		d	168 mm	
	d'	159,3 mm		d'	175 mm	
	f <sub>yd</sub>	391 MPa		f <sub>yd</sub>	391 MPa	
	f <sub>sd</sub>	1493,72 MPa		f <sub>sd</sub>	1493,72 MPa	
	f <sub>cd</sub>	16,5 MPa		f <sub>cd</sub>	16,5 MPa	
Luce piastra		7,8 m	Luce piastra		7,8 m	
Posizione asse neutro		x' = 48,77 mm	Posizione asse neutro		x' = 48,77 mm	
		x = 60,96 mm			x = 60,96 mm	
Momento resistente M <sub>rd</sub>		107,866 kNm/m	Momento resistente M <sub>rd</sub>		120,275 kNm/m	
Momento agente		M <sub>sd</sub> = 16,7 kNm/m verificato	Momento agente		M <sub>sd</sub> = 44,4 kNm/m verificato	
Carico ultimo		p <sub>u</sub> = 28,37 kN/m <sup>2</sup>	Carico ultimo		p <sub>u</sub> = 31,63 kN/m <sup>2</sup>	
Carico agente		p <sub>ed</sub> = 15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato	Carico agente		p <sub>ed</sub> = 15,756 kN/m <sup>2</sup> verificato	

Tab. 129 - Verifica SLU campata 3: Punto 9

Si noti come le verifiche appena eseguite risultino in taluni casi ampiamente verificate. Ciò è dovuto ad un maggior quantitativo di armatura necessaria per poter soddisfare le verifiche di fessurazione ma soprattutto, come visto nel caso del predimensionamento, grazie al contributo della precompressione, la quale va a costituire circa il 55% del momento resistente della sezione.



### 7.5.2 Stato Limite Ultimo - Verifica al Punzonamento

Per la verifica a punzonamento si prendono in considerazione i pilastri facenti parte delle campate oggetto di verifica nei precedenti paragrafi.

Per tali pilastri le sollecitazioni estrapolate dal MIDAS/Gen risultano pari a:

<b>Elemento</b>	<b>Combinazione</b>	<b>F. Punzonamento</b>		
<b>Campata 1</b>	62156	SLU	-321.88	kN
	62157	SLU	-466.46	kN
	62166	SLU	-1128.54	kN
	62195	SLU	-639.22	kN
<b>Campata 2</b>	62167	SLU	-848.96	kN
	62168	SLU	-1019.66	kN
	62172	SLU	-976.9	kN
	62173	SLU	-756.88	kN
<b>Campata 3</b>	62188	SLU	-991.11	kN
	62152	SLU	-511.15	kN
	62153	SLU	-523.16	kN

**Tab. 130 - Forze di punzonamento**

Seguendo il procedimento illustrato nel Cap. 4 si eseguono ora le verifiche al punzonamento ed eventualmente al relativo calcolo delle armature necessarie ad assorbire le tensioni di taglio agenti sul pilastro.

**Campata 1.** Le verifiche relative ai pilastri della campata 1 sono riportate nelle seguenti tabelle:

Punzonamento Pilastro di campata - Elemento 62166				Punzonamento Pilastro di Bordo- Elemento 62195					
Dati	Simbolo	Valore		Dati	Simbolo	Valore			
Coeff. Sicurezza CLS	$\gamma_c$	1,5 -		Coeff. Sicurezza CLS	$\gamma_c$	1,5 -			
Resistenza a compressione cilindrica	$f_{ck}$	29,05 Mpa		Resistenza a compressione cilindrica	$f_{ck}$	29,05 Mpa			
Altezza sezione	$h$	200 mm		Altezza sezione	$h$	200 mm			
Altezza utile Dir.X	$d_x$	154 mm		Altezza utile Dir.X	$d_x$	154 mm			
Altezza utile Dir.Y	$d_y$	168 mm		Altezza utile Dir.Y	$d_y$	168 mm			
Dimensione pilastro	$r$	600 mm		Dimensione pilastro	$r$	600 mm			
Estensione quantità armatura	$l$	1600 mm		Estensione quantità armatura Dir. X	$l$	1600 mm			
				Estensione quantità armatura Dir. Y	$l$	1100 mm			
	$\phi$ 12	$A\phi$	113 mm <sup>2</sup>		$\phi$ 12	$A\phi$	113 mm <sup>2</sup>		
Passo x	$s_x$	100 mm		Passo	$s_x$	100 mm			
Passo y	$s_y$	100		Passo	$s_y$	100			
Armatura Dir. X	$A_s$	1808 mm <sup>2</sup>		Armatura Dir. X	$A_s$	1808 mm <sup>2</sup>			
Armatura Dir. Y		1808 mm <sup>2</sup>		Armatura Dir. Y		1243 mm <sup>2</sup>			
Rapporto geometrico Dir.X	$\rho_{lx}$	0,007337662		Rapporto geometrico Dir.X	$\rho_{lx}$	0,007337662			
Rapporto geometrico Dir.Y	$\rho_{ly}$	0,00672619		Rapporto geometrico Dir.Y	$\rho_{ly}$	0,00672619			
Forza longitudinale Dir.X singolo cavo	$N_{ed,x}$	210 kN		Forza longitudinale Dir.X singolo cavo	$N_{ed,x}$	210 kN			
Forza longitudinale Dir.Y singolo cavo	$N_{ed,y}$	210 kN		Forza longitudinale Dir.Y singolo cavo	$N_{ed,y}$	210 kN			
n°cavi in zona di verifica	$n$	16		n°cavi in zona di verifica	$n_x$	8			
					$n_y$	4			
Estensione zona di verifica	$b_c$	7800 mm		Estensione zona di verifica	$b_{cx}$	1244 mm			
					$b_{cy}$	622 mm			
Coeff. Combinazione precompressione	$K_1$	0,1		Coeff. Combinazione precompressione	$K_1$	0,1			
Coeff. Posizione pilastro	$\beta$	1,15		Coeff. Posizione pilastro	$\beta$	1,4			
Taglio agente	$V_{ed}$	1128,54 kN		Taglio agente	$V_{ed}$	639,22 kN			
Perimetro critico	$u_i$	3908,14 mm		Perimetro critico	$u_i$	1954,07 mm			
<b>Calcolo parametri</b>				<b>Calcolo parametri</b>					
$C_{td,c}$	0,12			$C_{td,c}$	0,12				
$d$	161			$d$	161				
$K$	2,11			$K$	2,11				
$\rho_l$	0,007			$\rho_l$	0,007				
$\sigma_{cx}$	2,15 Mpa			$\sigma_{cx}$	6,75 Mpa				
$\sigma_{cy}$	2,15 Mpa			$\sigma_{cy}$	6,75 Mpa				
$\sigma_{cp}$	2,15			$\sigma_{cp}$	6,75 Mpa				
<b>Verifica Punzonamento senza armatura a taglio</b>				<b>Verifica Punzonamento senza armatura a taglio</b>					
$V_{ed,c}$	0,91	>	$V_{min}+k_1\sigma_{cp}$	0,80	$V_{ed,c}$	1,37	>	$V_{min}+k_1\sigma_{cp}$	1,26
$V_{ed}$	2,06		Non verificato	$V_{ed}$	2,84		Non verificato		
<b>Calcolo armatura di punzonamento</b>				<b>Calcolo armatura di punzonamento</b>					
n° elementi per ogni supporto spaziatura				n° elementi per ogni supporto spaziatura					
$s_0$	60 mm			$s_0$	60 mm				
$s_1$	100 mm			$s_1$	100 mm				
Perimetro verifica				Perimetro verifica					
$U_{out,req}$	8869,78 mm			$U_{out,req}$	4061,19 mm				
$l_{s,req}$	1111,67 mm			$l_{s,req}$	992,72 mm				
n°elementi	12,00			n°elementi	11,00				
Perimetro effettivo				Perimetro effettivo					
$l_s$	1160,00 mm			$l_s$	1060,00 mm				
$u_s$	10690,84 mm			$u_s$	5031,26 mm				
<b>Verifica</b>				<b>Verifica</b>					
$V_{ed}$	0,75 <vrd		VERIFICATO	$V_{ed}$	1,10 <vrd		VERIFICATO		
n° supporti				n° supporti					
verifica per sforzi				verifica per sforzi					
$n_c$	2			$n_c$	2				
$m_{req}$	14 utilizzando $\Phi 12$			$m_{req}$	10 utilizzando $\Phi 12$				
verifica per spaziatura supporti				verifica per spaziatura supporti					
$m_{req}$	19,0			$m_{req}$	8,9				
<b>Si rendono necessari 20 supporti radiali</b>				<b>Si rendono necessari 12 supporti radiali</b>					
<b>Verifica</b>				<b>Verifica</b>					
$V_{rd}$ [kN]	1711,21 < $V_{ed}$		VERIFICATO	$V_{rd}$ [kN]	1026,73 < $V_{ed}$		VERIFICATO		

Tab. 131 - Verifica punzonamento campata 1: elementi 62166 e 62195

Punzonamento Pilastro di Bordo- Elemento 62157				Punzonamento Pilastro d' angolo - Elemento 62156			
Dati		Simbolo	Valore	Dati		Simbolo	Valore
Coeff. Sicurezza CLS		$\gamma_c$	1,5 -	Coeff. Sicurezza CLS		$\gamma_c$	1,5 -
Resistenza a compressione cilindrica		$f_{ck}$	29,05 Mpa	Resistenza a compressione cilindrica		$f_{ck}$	29,05 Mpa
Altezza sezione		$h$	200 mm	Altezza sezione		$h$	200 mm
Altezza utile Dir.X		$d_x$	154 mm	Altezza utile Dir.X		$d_x$	154 mm
Altezza utile Dir.Y		$d_y$	168 mm	Altezza utile Dir.Y		$d_y$	168 mm
Dimensione pilastro		$r$	600 mm	Dimensione pilastro		$r$	600 mm
Estensione quantità armatura Dir. X		$l$	1100 mm	Estensione quantità armatura Dir. X		$l$	800 mm
Estensione quantità armatura Dir. Y		$l$	1600 mm	Estensione quantità armatura Dir. Y		$l$	800 mm
$\phi$	12	$A\phi$	113 mm <sup>2</sup>	$\phi$	12	$A\phi$	113 mm <sup>2</sup>
Passo		$s_x$	100 mm	Passo		$s_x$	200 mm
		$s_y$	200			$s_y$	200
Armatura Dir. X		$A_s$	1243 mm <sup>2</sup>	Armatura Dir. X		$A_s$	452 mm <sup>2</sup>
Armatura Dir. Y			904 mm <sup>2</sup>	Armatura Dir. Y			452 mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico Dir.X		$\rho_{lx}$	0,007337662	Rapporto geometrico Dir.X		$\rho_{lx}$	0,003668831
Rapporto geometrico Dir.Y		$\rho_{ly}$	0,003363095	Rapporto geometrico Dir.Y		$\rho_{ly}$	0,003363095
Forza longitudinale Dir.X singolo cavo		$N_{ed,x}$	210 kN	Forza longitudinale Dir.X singolo cavo		$N_{ed,x}$	210 kN
Forza longitudinale Dir.Y singolo cavo		$N_{ed,y}$	210 kN	Forza longitudinale Dir.Y singolo cavo		$N_{ed,y}$	210 kN
n°cavi in zona di verifica		$n_x$	4	n°cavi in zona di verifica		$n_x$	3
		$n_y$	8			$n_y$	3
Estensione zona di verifica		$b_{cx}$	622 mm	Estensione zona di verifica		$b_{cx}$	622 mm
		$b_{cy}$	1108,5 mm			$b_{cy}$	622 mm
Coeff. Combinazione precompressione		$K_1$	0,1	Coeff. Combinazione precompressione		$K_1$	0,1
Coeff. Posizione pilastro		$\beta$	1,4	Coeff. Posizione pilastro		$\beta$	1,5
Taglio agente		$V_{ed}$	466,46 kN	Taglio agente		$V_{ed}$	321,88 kN
Perimetro critico		$u_i$	1954,07 mm	Perimetro critico		$u_i$	977,04 mm
<b>Calcolo parametri</b>				<b>Calcolo parametri</b>			
$C_{rd,c}$	0,12			$C_{rd,c}$	0,12		
$d$	161			$d$	161		
$K$	2,11			$K$	2,11		
$\rho_l$	0,005			$\rho_l$	0,004		
$\sigma_{cx}$	6,75 Mpa			$\sigma_{cx}$	5,06 Mpa		
$\sigma_{cy}$	7,58 Mpa			$\sigma_{cy}$	5,06 Mpa		
$\sigma_{cp}$	7,17 Mpa			$\sigma_{cp}$	5,06 Mpa		
<b>Verifica Punzonamento senza armatura a taglio</b>				<b>Verifica Punzonamento senza armatura a taglio</b>			
$V_{rd,c}$	1,33	>	$V_{min}+k_1\sigma_{cp}$	1,30	$V_{rd,c}$	1,06	FALSO
$V_{ed}$	2,08		Non verificato		$V_{ed}$	3,07	Non verificato
<b>Calcolo armatura di punzonamento</b>				<b>Calcolo armatura di punzonamento</b>			
<i>n° elementi per ogni supporto</i>				<i>n° elementi per ogni supporto</i>			
spaziatura				spaziatura			
$s_0$	60 mm			$s_0$	60 mm		
$s_1$	100 mm			$s_1$	100 mm		
Perimetro verifica				Perimetro verifica			
$u_{out,req}$	3039,92 mm			$u_{out,req}$	2837,68 mm		
$l_{s,req}$	667,64 mm			$l_{s,req}$	1506,52 mm		
$n^{\circ}$ elementi	8,00			$n^{\circ}$ elementi	16,00		
Perimetro effettivo				Perimetro effettivo			
$l_s$	760,00 mm			$l_s$	1560,00 mm		
$u_s$	4088,78 mm			$u_s$	3301,03 mm		
<b>Verifica</b>				<b>Verifica</b>			
$V_{ed}$	0,99 <vrd		VERIFICATO	$V_{ed}$	0,91 <vrd		VERIFICATO
<i>n° supporti</i>				<i>n° supporti</i>			
verifica per sforzi				verifica per sforzi			
$n_c$	2			$n_c$	2		
$m_{req}$	7 utilizzando $\Phi 12$			$m_{req}$	5 utilizzando $\Phi 12$		
verifica per spaziatura supporti				verifica per spaziatura supporti			
$m_{req}$	7,3			$m_{req}$	5,9		
<b>Si rendono necessari 8 supporti radiali</b>				<b>Si rendono necessari 6 supporti radiali</b>			
<b>Verifica</b>				<b>Verifica</b>			
$V_{rd}$ [kN]	684,48 <Ved		VERIFICATO	$V_{rd}$ [kN]	513,36 <Ved		VERIFICATO

Tab. 132 - Verifica punzonamento campata 1: elementi 62157 e 62156

**Campata 2.** Le verifiche relative ai pilastri della campata 2 sono riportate nelle seguenti tabelle:

Punzonamento Pilastro di campata - Elemento 62167			Punzonamento Pilastro di campata - Elemento 62168		
Dati	Simbolo	Valore	Dati	Simbolo	Valore
Coeff. Sicurezza CLS	$\gamma_c$	1,5 -	Coeff. Sicurezza CLS	$\gamma_c$	1,5 -
Resistenza a compressione cilindrica	$f_{ck}$	29,05 Mpa	Resistenza a compressione cilindrica	$f_{ck}$	29,05 Mpa
Altezza sezione	$h$	200 mm	Altezza sezione	$h$	200 mm
Altezza utile Dir.X	$d_x$	154 mm	Altezza utile Dir.X	$d_x$	154 mm
Altezza utile Dir.Y	$d_y$	168 mm	Altezza utile Dir.Y	$d_y$	168 mm
Dimensione pilastro	$r$	600 mm	Dimensione pilastro	$r$	600 mm
Estensione quantità armatura Dir. X	$l$	1600 mm	Estensione quantità armatura Dir. X	$l$	1600 mm
Estensione quantità armatura Dir. Y	$l$	1600	Estensione quantità armatura Dir. Y	$l$	1600
$\phi$ 12	$A\phi$	113 mm <sup>2</sup>	$\phi$ 12	$A\phi$	113 mm <sup>2</sup>
Passo x	$s_x$	100 mm	Passo	$s_x$	100 mm
Passo y	$s_y$	150		$s_y$	100
Armatura Dir. X	$A_s$	1808 mm <sup>2</sup>	Armatura Dir. X	$A_s$	1808 mm <sup>2</sup>
Armatura Dir. Y		1205,333333 mm <sup>2</sup>	Armatura Dir. Y		1808 mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico Dir.X	$\rho_{lx}$	0,007337662	Rapporto geometrico Dir.X	$\rho_{lx}$	0,007337662
Rapporto geometrico Dir.Y	$\rho_{ly}$	0,004484127	Rapporto geometrico Dir.Y	$\rho_{ly}$	0,00672619
Forza longitudinale Dir.X singolo cavo	$N_{ed,x}$	210 kN	Forza longitudinale Dir.X singolo cavo	$N_{ed,x}$	210 kN
Forza longitudinale Dir.Y singolo cavo	$N_{ed,y}$	210 kN	Forza longitudinale Dir.Y singolo cavo	$N_{ed,y}$	210 kN
n°cavi in zona di verifica	$n$	16	n°cavi in zona di verifica	$n$	16
Estensione zona di verifica	$b_c$	7800 mm	Estensione zona di verifica	$b_c$	7800 mm
Coeff. Combinazione precompressione	$K_1$	0,1	Coeff. Combinazione precompressione	$K_1$	0,1
Coeff. Posizione pilastro	$\beta$	1,15	Coeff. Posizione pilastro	$\beta$	1,15
Taglio agente	$V_{ed}$	848,96 kN	Taglio agente	$V_{ed}$	1019,66 kN
Perimetro critico	$u_l$	3908,14 mm	Perimetro critico	$u_l$	3908,14 mm
<b>Calcolo parametri</b>			<b>Calcolo parametri</b>		
$C_{rd,c}$	0,12		$C_{rd,c}$	0,12	
$d$	161		$d$	161	
$K$	2,11		$K$	2,11	
$\rho_l$	0,006		$\rho_l$	0,007	
$\sigma_{cx}$	2,15 Mpa		$\sigma_{cx}$	2,15 Mpa	
$\sigma_{cy}$	2,15 Mpa		$\sigma_{cy}$	2,15 Mpa	
$\sigma_{cp}$	2,15		$\sigma_{cp}$	2,15	
<b>Verifica Punzonamento senza armatura a taglio</b>			<b>Verifica Punzonamento senza armatura a taglio</b>		
$V_{rd,c}$	0,86	>	$V_{rd,c}$	0,91	>
$V_{ed}$	1,55	Non verificato	$V_{ed}$	1,86	Non verificato
<b>Calcolo armatura di punzonamento</b>			<b>Calcolo armatura di punzonamento</b>		
n° elementi per ogni supporto			n° elementi per ogni supporto		
spaziatura			spaziatura		
$s_0$	60 mm		$s_0$	60 mm	
$s_1$	100 mm		$s_1$	100 mm	
Perimetro verifica			Perimetro verifica		
$u_{out,req}$	7022,55 mm		$u_{out,req}$	8014,03 mm	
$l_{s,req}$	817,67 mm		$l_{s,req}$	975,47 mm	
n°elementi	9,00		n°elementi	11,00	
Perimetro effettivo			Perimetro effettivo		
$l_s$	860,00 mm		$l_s$	1060,00 mm	
$u_s$	8805,88 mm		$u_s$	10062,52 mm	
<b>Verifica</b>			<b>Verifica</b>		
$V_{ed}$	0,69 <vrd	VERIFICATO	$V_{ed}$	0,72 <vrd	VERIFICATO
n° supporti			n° supporti		
verifica per sforzi			verifica per sforzi		
$n_c$	2		$n_c$	2	
$m_{req}$	10 utilizzando $\Phi 12$		$m_{req}$	13 utilizzando $\Phi 12$	
verifica per spaziatura supporti			verifica per spaziatura supporti		
$m_{req}$	12,2		$m_{req}$	17,9	
<b>Si rendono necessari 14 supporti radiali</b>			<b>Si rendono necessari 18 supporti radiali</b>		
<b>Verifica</b>			<b>Verifica</b>		
$V_{rd}$ [kN]	1197,85 <Ved	VERIFICATO	$V_{rd}$ [kN]	1540,09 <Ved	VERIFICATO

Tab. 133 - Verifica punzonamento campata 1: elementi 62167 e 62168

Punzonamento Pilastro di campata - Elemento 62172				Punzonamento Pilastro di campata - Elemento 62173					
Dati		Simbolo	Valore	Dati		Simbolo	Valore		
Coeff. Sicurezza CLS		$\gamma_c$	1,5 -	Coeff. Sicurezza CLS		$\gamma_c$	1,5 -		
Resistenza a compressione cilindrica		$f_{ck}$	29,05 Mpa	Resistenza a compressione cilindrica		$f_{ck}$	29,05 Mpa		
Altezza sezione		$h$	200 mm	Altezza sezione		$h$	200 mm		
Altezza utile Dir.X		$d_x$	154 mm	Altezza utile Dir.X		$d_x$	154 mm		
Altezza utile Dir.Y		$d_y$	168 mm	Altezza utile Dir.Y		$d_y$	168 mm		
Dimensione pilastro		$r$	600 mm	Dimensione pilastro		$r$	600 mm		
Estensione quantità armatura Dir. X		$l$	1600 mm	Estensione quantità armatura Dir. X		$l$	1600 mm		
Estensione quantità armatura Dir. Y		$l$	1600 mm	Estensione quantità armatura Dir. Y		$l$	1600 mm		
$\phi$	12	$A\phi$	113 mm <sup>2</sup>	$\phi$	12	$A\phi$	113 mm <sup>2</sup>		
Passo		$s_x$	100 mm	Passo		$s_x$	100 mm		
		$s_y$	100 mm			$s_y$	150 mm		
Armatura Dir. X		$A_s$	1808 mm <sup>2</sup>	Armatura Dir. X		$A_s$	1808 mm <sup>2</sup>		
Armatura Dir. Y			1808 mm <sup>2</sup>	Armatura Dir. Y			1205,333333 mm <sup>2</sup>		
Rapporto geometrico Dir.X		$\rho_{lx}$	0,007337662	Rapporto geometrico Dir.X		$\rho_{lx}$	0,007337662		
Rapporto geometrico Dir.Y		$\rho_{ly}$	0,00672619	Rapporto geometrico Dir.Y		$\rho_{ly}$	0,004484127		
Forza longitudinale Dir.X singolo cavo		$N_{ed,x}$	210 kN	Forza longitudinale Dir.X singolo cavo		$N_{ed,x}$	210 kN		
Forza longitudinale Dir.Y singolo cavo		$N_{ed,y}$	210 kN	Forza longitudinale Dir.Y singolo cavo		$N_{ed,y}$	210 kN		
n°cavi in zona di verifica		$n$	16	n°cavi in zona di verifica		$n$	16		
Estensione zona di verifica		$b_c$	7800 mm	Estensione zona di verifica		$b_c$	7800 mm		
Coeff. Combinazione precompressione		$K_1$	0,1	Coeff. Combinazione precompressione		$K_1$	0,1		
Coeff. Posizione pilastro		$\beta$	1,15	Coeff. Posizione pilastro		$\beta$	1,15		
Taglio agente		$V_{ed}$	976,90 kN	Taglio agente		$V_{ed}$	756,88 kN		
Perimetro critico		$u_i$	3908,14 mm	Perimetro critico		$u_i$	3908,14 mm		
<b>Calcolo parametri</b>				<b>Calcolo parametri</b>					
$C_{rd,c}$		0,12		$C_{rd,c}$		0,12			
$d$		161		$d$		161			
$K$		2,11		$K$		2,11			
$\rho_l$		0,007		$\rho_l$		0,006			
$\sigma_{cx}$		2,15 Mpa		$\sigma_{cx}$		2,15 Mpa			
$\sigma_{cy}$		2,15 Mpa		$\sigma_{cy}$		2,15 Mpa			
$\sigma_{cp}$		2,15		$\sigma_{cp}$		2,15			
<b>Verifica Punzonamento senza armatura a taglio</b>				<b>Verifica Punzonamento senza armatura a taglio</b>					
$V_{rd,c}$	0,91	>	$V_{min}+k_1\sigma_{cp}$	0,80	$V_{rd,c}$	0,86	>	$V_{min}+k_1\sigma_{cp}$	0,80
$V_{ed}$	1,79		Non verificato		$V_{ed}$	1,38		Non verificato	
<b>Calcolo armatura di punzonamento</b>				<b>Calcolo armatura di punzonamento</b>					
<i>n° elementi per ogni supporto</i>				<i>n° elementi per ogni supporto</i>					
spaziatura				spaziatura					
$s_0$		60 mm		$s_0$		60 mm			
$s_1$		100 mm		$s_1$		100 mm			
Perimetro verifica				Perimetro verifica					
$u_{out,req}$		7677,96 mm		$u_{out,req}$		6260,87 mm			
$l_{s,req}$		921,99 mm		$l_{s,req}$		696,45 mm			
$n^{\circ}$ elementi		10,00		$n^{\circ}$ elementi		8,00			
Perimetro effettivo				Perimetro effettivo					
$l_s$		960,00 mm		$l_s$		760,00 mm			
$u_s$		9434,20 mm		$u_s$		8177,57 mm			
Verifica				Verifica					
$V_{ed}$	0,74	<	$v_{rd}$	VERIFICATO	$V_{ed}$	0,66	<	$v_{rd}$	VERIFICATO
<i>n° supporti</i>				<i>n° supporti</i>					
verifica per sforzi				verifica per sforzi					
$n_c$		2		$n_c$		2			
$m_{req}$		12 utilizzando $\Phi 12$		$m_{req}$		9 utilizzando $\Phi 12$			
verifica per spaziatura supporti				verifica per spaziatura supporti					
$m_{req}$		15,8		$m_{req}$		13,0			
Si rendono necessari 16 supporti radiali				Si rendono necessari 14 supporti radiali					
Verifica				Verifica					
$V_{rd}$ [kN]	1368,97	<	$V_{ed}$	VERIFICATO	$V_{rd}$ [kN]	1197,85	<	$V_{ed}$	VERIFICATO

Tab. 134 - Verifica punzonamento campata 1: elementi 62172 e 62173

**Campata 3.** Le verifiche relative ai pilastri della campata 3 sono riportate nelle seguenti tabelle:

Punzonamento Pilastro di campata - Elemento 62188			Punzonamento Pilastro di Bordo- Elemento 62153		
Dati	Simbolo	Valore	Dati	Simbolo	Valore
Coeff. Sicurezza CLS	$\gamma_c$	1,5 -	Coeff. Sicurezza CLS	$\gamma_c$	1,5 -
Resistenza a compressione cilindrica	$f_{ck}$	29,05 Mpa	Resistenza a compressione cilindrica	$f_{ck}$	29,05 Mpa
Altezza sezione	$h$	200 mm	Altezza sezione	$h$	200 mm
Altezza utile Dir.X	$d_x$	154 mm	Altezza utile Dir.X	$d_x$	154 mm
Altezza utile Dir.Y	$d_y$	168 mm	Altezza utile Dir.Y	$d_y$	168 mm
Dimensione pilastro	$r$	600 mm	Dimensione pilastro	$r$	600 mm
Estensione quantità armatura Dir. X	$l$	1600 mm	Estensione quantità armatura Dir. X	$l$	1100 mm
Estensione quantità armatura Dir. Y	$l$	1600 mm	Estensione quantità armatura Dir. Y	$l$	1600 mm
$\phi$ 12	$A\phi$	113 mm <sup>2</sup>	$\phi$ 12	$A\phi$	113 mm <sup>2</sup>
Passo x	$s_x$	100 mm	Passo	$s_x$	100 mm
Passo y	$s_y$	100	Passo	$s_y$	200
Armatura Dir. X	$A_s$	1808 mm <sup>2</sup>	Armatura Dir. X	$A_s$	1243 mm <sup>2</sup>
Armatura Dir. Y		1808 mm <sup>2</sup>	Armatura Dir. Y		621,5 mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico Dir.X	$\rho_{lx}$	0,007337662	Rapporto geometrico Dir.X	$\rho_{lx}$	0,007337662
Rapporto geometrico Dir.Y	$\rho_{ly}$	0,00672619	Rapporto geometrico Dir.Y	$\rho_{ly}$	0,00672619
Forza longitudinale Dir.X singolo cavo	$N_{ed,x}$	210 kN	Forza longitudinale Dir.X singolo cavo	$N_{ed,x}$	210 kN
Forza longitudinale Dir.Y singolo cavo	$N_{ed,y}$	210 kN	Forza longitudinale Dir.Y singolo cavo	$N_{ed,y}$	210 kN
n°cavi in zona di verifica	$n$	16	n°cavi in zona di verifica	$n_x$	4
				$n_y$	8
Estensione zona di verifica	$b_c$	7800 mm	Estensione zona di verifica	$b_{cx}$	622 mm
				$b_{cy}$	1244 mm
Coeff. Combinazione precompressione	$K_1$	0,1	Coeff. Combinazione precompressione	$K_1$	0,1
Coeff. Posizione pilastro	$\beta$	1,15	Coeff. Posizione pilastro	$\beta$	1,4
Taglio agente	$V_{ed}$	991,11 kN	Taglio agente	$V_{ed}$	523,16 kN
Perimetro critico	$u_i$	3908,14 mm	Perimetro critico	$u_i$	1954,07 mm
<b>Calcolo parametri</b>			<b>Calcolo parametri</b>		
$C_{rd,c}$	0,12		$C_{rd,c}$	0,12	
$d$	161		$d$	161	
$K$	2,11		$K$	2,11	
$\rho_l$	0,007		$\rho_l$	0,007	
$\sigma_{cx}$	2,15 Mpa		$\sigma_{cx}$	6,75 Mpa	
$\sigma_{cy}$	2,15 Mpa		$\sigma_{cy}$	6,75 Mpa	
$\sigma_{cp}$	2,15		$\sigma_{cp}$	6,75 Mpa	
<b>Verifica Punzonamento senza armatura a taglio</b>			<b>Verifica Punzonamento senza armatura a taglio</b>		
$V_{rd,c}$	0,91	>	$V_{rd,c}$	1,37	>
$V_{ed}$	1,81	Non verificato	$V_{ed}$	2,84	Non verificato
<b>Calcolo armatura di punzonamento</b>			<b>Calcolo armatura di punzonamento</b>		
<i>n° elementi per ogni supporto</i>			<i>n° elementi per ogni supporto</i>		
spaziatura			spaziatura		
$s_0$	60 mm		$s_0$	60 mm	
$s_1$	100 mm		$s_1$	100 mm	
Perimetro verifica			Perimetro verifica		
$u_{out,req}$	7789,65 mm		$u_{out,req}$	4061,19 mm	
$l_{s,req}$	939,76 mm		$l_{s,req}$	992,72 mm	
$n^{\circ}$ elementi	10,00		$n^{\circ}$ elementi	11,00	
Perimetro effettivo			Perimetro effettivo		
$l_s$	960,00 mm		$l_s$	1060,00 mm	
$u_s$	9434,20 mm		$u_s$	5031,26 mm	
<b>Verifica</b>			<b>Verifica</b>		
$V_{ed}$	0,75 <vrd	VERIFICATO	$V_{ed}$	1,10 <vrd	VERIFICATO
<i>n° supporti</i>			<i>n° supporti</i>		
verifica per sforzi			verifica per sforzi		
$n_c$	2		$n_c$	2	
$m_{req}$	12 utilizzando $\Phi 12$		$m_{req}$	10 utilizzando $\Phi 12$	
verifica per spaziatura supporti			verifica per spaziatura supporti		
$m_{req}$	13,0		$m_{req}$	8,9	
<b>Si rendono necessari 14 supporti radiali</b>			<b>Si rendono necessari 10 supporti radiali</b>		
<b>Verifica</b>			<b>Verifica</b>		
$V_{rd}$ [kN]	1197,85 < $V_{ed}$	VERIFICATO	$V_{rd}$ [kN]	855,61 < $V_{ed}$	VERIFICATO

Tab. 135 - Verifica punzonamento campata 1: elementi 62188 e 62153



Punzonamento Pilastro di Bordo- Elemento 62152		
Dati	Simbolo	Valore
Coeff. Sicurezza CLS	$\gamma_c$	1,5 -
Resistenza a compressione cilindrica	$f_{ck}$	29,05 Mpa
Altezza sezione	$h$	200 mm
Altezza utile Dir.X	$d_x$	154 mm
Altezza utile Dir.Y	$d_y$	168 mm
Dimensione pilastro	$r$	600 mm
Estensione quantità armatura Dir. X	$l$	1100 mm
Estensione quantità armatura Dir. Y	$l$	1600 mm
$\phi$ 12	$A\phi$	113 mm <sup>2</sup>
Passo	$s_x$	100 mm
	$s_y$	200
Armatura Dir. X	$A_s$	1243 mm <sup>2</sup>
Armatura Dir. Y		621,5 mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico Dir.X	$\rho_{lx}$	0,007337662
Rapporto geometrico Dir.Y	$\rho_{ly}$	0,00672619
Forza longitudinale Dir.X singolo cavo	$N_{ed,x}$	210 kN
Forza longitudinale Dir.Y singolo cavo	$N_{ed,y}$	210 kN
n°cavi in zona di verifica	$n_x$	4
	$n_y$	6
Estensione zona di verifica	$b_{cx}$	622 mm
	$b_{cy}$	1244 mm
Coeff. Combinazione precompressione	$K_1$	0,1
Coeff. Posizione pilastro	$\beta$	1,4
Taglio agente	$V_{ed}$	511,15 kN
Perimetro critico	$u_i$	1954,07 mm
<b>Calcolo parametri</b>		
$C_{rd,c}$	0,12	
$d$	161	
$K$	2,11	
$\rho_l$	0,007	
$\sigma_{cx}$	6,75 Mpa	
$\sigma_{cy}$	6,75 Mpa	
$\sigma_{cp}$	6,75 Mpa	
<b>Verifica Punzonamento senza armatura a taglio</b>		
$V_{rd,c}$	1,37	> $V_{min}+k_1\sigma_{cp}$ 1,26
$V_{ed}$	2,84	Non verificato
<b>Calcolo armatura di punzonamento</b>		
<i>n° elementi per ogni supporto</i>		
spaziatura		
$s_0$	60	mm
$s_1$	100	mm
Perimetro verifica		
$u_{out,req}$	4061,19	mm
$l_{s,req}$	992,72	mm
n°elementi	11,00	
Perimetro effettivo		
$l_s$	1060,00	mm
$u_s$	5031,26	mm
<i>Verifica</i>		
$V_{ed}$	1,10 <vrd	VERIFICATO
<i>n° supporti</i>		
verifica per sforzi		
$n_c$	2	
$m_{req}$	10	utilizzando $\phi 12$
verifica per spaziatura supporti		
$m_{req}$	8,9	
<b>Si rendono necessari 10 supporti radiali</b>		
<i>Verifica</i>		
$V_{rd}$ [kN]	855,61 <Ved	VERIFICATO

Tab. 136 - Verifica punzonamento campata 1: elementi 62152





## Conclusioni

Gli elementi in calcestruzzo armato ordinario caratterizzati da grandi luci non presentano in generale un buon comportamento rispetto alle deformazioni e alla fessurazione se non con l' introduzione massiva di armatura ordinaria e utilizzano elevati spessori. Pertanto in questa tesi si è introdotta la tecnologia della precompressione a cavi non aderenti in modo da valutare, a seguito di una forte riduzione dello spessore del solaio di partenza, la risposta del solaio a piastra a tali fenomeni deformativi e fessurativi. Il primo vantaggio di tale tecnologia viene individuato in una maggior snellezza dell' elemento. Il solaio dell' edificio realizzato è caratterizzato da uno spessore di 32 cm, spessore dovuto oltre all' assenza di precompressione anche dalla presenza di giunti a sella tra i vari blocchi di solaio, la cui verifica comporta oltre a un inspessimento del solaio anche l' inserimento di adeguate armature per sopperire agli sforzi di taglio che nascono in tale zona. In assenza di giunti, l' altezza del solaio, calcolata nelle fasi iniziali dello sviluppo del lavoro di tesi, sarebbe stato di 27 cm. Grazie alle precompressione si è arrivati alla soluzione finale di un solaio monolitico senza suddivisione in blocchi dello spessore di 20 cm, riducendo in tal modo di ben 12 cm l' altezza della sezione. La tipologia di precompressione applicata è di tipo parziale a cavi distribuiti in entrambe le direzioni assegnando alla precompressione un carico equivalente pari al peso proprio del solaio. La scelta di non eseguire una precompressione totale viene giustificata dalla volontà di limitare i fenomeni deformativi e fessurativi in alcuni punti della struttura ma non eliminandoli completamente (situazione che si sarebbe resa necessaria in ambienti con condizioni atmosferiche aggressive). Come si evince dalle verifiche, la precompressione applicata fa sì che non sia superato il limite di apertura delle fessure all' intradosso dell' elemento. Tale situazione è verificata sia in combinazione caratteristica che in combinazione frequente; si tratta di un aspetto fondamentale oltre che dal punto di vista prestazionale anche dal punto di vista estetico in quanto l' elemento piastra in progetto che delimita il piano a destinazione autorimessa dal piano rialzato a destinazione uffici, in opera, sarà privo di finitura. Fenomeni fessurativi si verificano esclusivamente nelle zone di estradosso in prossimità degli appoggi (pilastri). E' interessante quindi il raffronto tra le verifiche svolte considerando le armature in prima fase come sensibili agli agenti



atmosferici e in seconda fase come poco sensibili. I risultati delle prime analisi portano ad un inserimento di armature integrative per far fronte al soddisfacimento delle verifiche, mentre nel caso di armature poco sensibili tali quantitativi si riducono ad un valore prossimo al valore minimo normativo. L' entità della riduzione di armatura dovuta al passaggio tra armature sensibili a poco sensibili è pari al 15%. In tale applicazione essendo previsti cavi monotrefolo protetti da guaina in polietilene e la presenza di diversi strati tecnologici al di sopra della struttura, si può considerare un buon grado di affidabilità in termini di protezione delle armature, pertanto si è concluso lo studio del modello attraverso l' ipotesi di armature poco sensibili. Oltre ad essere garantito il rispetto delle verifiche questo si traduce in una maggior economicità del manufatto.

Oltre agli effetti favorevoli riguardo la fessurazione, anche l' entità delle deformazioni traggono vantaggio dall' applicazione della precompressione. In prima fase di studio con la piastra di spessore 27 cm e priva di cavi di precompressione, si sono ottenuti abbassamenti dell' ordine dei 7.50 mm passando poi, in seguito al predimensionamento effettivo della struttura, a un elemento di 20 cm per il quale, in assenza di cavi, si avevano abbassamenti nell' ordine dei 15 mm. Inserendo successivamente i cavi e valutando tali deformazioni in combinazione di esercizio quasi permanente si sono ottenuti deformazioni massime pari a 7.86 mm. Pertanto grazie all' utilizzo della precompressione si è potuto realizzare una piastra in calcestruzzo armato precompresso dello spessore di 20 cm caratterizzata da deformazioni paragonabili ad una piastra in calcestruzzo armato ordinario dello spessore di 27 cm. Inoltre implementando nel modello la caratterizzazione dei materiali in funzione del tempo (viscosità) ed in parallelo eseguendo calcoli con il metodo del modulo fittizio si sono ottenuti valori di deformazione paragonabili di deformazioni a lungo termine. Attraverso il modello realizzato con MIDAS/Gen al termine della vita utile della struttura ( $t=50$  anni) si sono ottenuti valori di abbassamento massimo pari a 8.92 mm mentre con il metodo 'manuale' si è ricavato un valore massimo di 9.88 mm. In entrambi i casi i valori risultano soddisfacenti in termini di verifica.

Anche nella fase di verifica allo stato limite ultimo si può osservare l' efficacia del sistema piastra precompressa. Per quanto riguarda il calcolo a rottura delle sezioni, i cavi di precompressione vanno a costituire circa il 60% del momento resistente della sezione. Inoltre i cavi rientrano nelle verifiche al taglio punzonamento, offrendo risorse di resistenza pari circa al 25% del valore di taglio resistente della sezione. Si noti come nonostante un



buon apporto della precompressione le verifiche al taglio-punzonamento non risultino soddisfatte a causa dell' elevata snellezza dell' elemento. Tale situazione ha obbligato a disporre un determinato quantitativo di armatura al taglio con l' utilizzo di supporti puntuali a doppia testa il cui quantitativo è stato determinato caso per caso in funzione delle forze punzonanti.

Oltre ai vantaggi sopra descritti, ovvero la valutazione della precompressione sul comportamento strutturale della piastra, è necessaria anche una valutazione degli effetti positivi e/o negativi dal punto di vista dell' economicità dell' intervento. Come accennato in precedenza si ha una forte riduzione dello spessore dell' elemento (da 32 cm a 20 cm) il quale porta a un risparmio di quantitativo di calcestruzzo stimato in 354 m<sup>3</sup>. L' introduzione della precompressione inoltre consente una forte riduzione delle armature lente: per assorbire gli sforzi agenti sulla piastra, a parità di spessore e in assenza della precompressione, si renderebbe necessario disporre circa il 45% in più rispetto alle armature effettivamente predisposte. Oltre al risparmio di materiale, il quale inciderà sul costo diretto dell' intervento, la precompressione consente un risparmio temporale: attraverso l' utilizzo della precompressione e di casseri tecnologicamente avanzati è possibile eseguire le operazioni di disallestimento parziale dei casseri anticipatamente rispetto ad un solaio in calcestruzzo armato ordinario. Questo aspetto consente quindi di anticipare le successive fasi di cantierizzazione dell' intervento. Avendo una riduzione delle tempistiche si avranno anche risparmi in termini di costi indiretti e costi esterni, essendo tali costi direttamente proporzionali alla durata del cantiere. Di contro, i vantaggi dal punto di vista economico andranno rapportati al costo piuttosto elevato di implementazione della tecnologia della precompressione, nel quale si dovrà tener conto, oltre al costo dei materiali usati, anche dell' impiego di operai qualificati per la fase di posa e di tesatura dei cavi.

In conclusione del lavoro di tesi, secondo quanto appena esposto, si può affermare che i vantaggi ottenuti dall' utilizzo della tecnologia della precompressione siano molteplici e superiori di gran lunga agli svantaggi.



## Bibliografia

- [1] G. P. Gambarova, D. Coronelli e P. Bamonte, Linee guida per la progettazione delle piastre in C.A., Bologna: Patron Editore, 2008.
- [2] R. Favre, J.-P. Jaccoud, M. Koprna e A. Radojicic, Progettare in calcestruzzo armato - Piastre, muri, pilastri e fondazioni, Hoepli, 1998.
- [3] R. Szilard, Theory and analysis of plate and numerical methods, Prentice-Hall, 1974.
- [4] E. Pozzo, Teoria e tecnica delle strutture - Il cemento armato precompresso - Vol. 3, Pitagora Editore, 1999.
- [5] F. Leonhardt, L' armatura nelle costruzioni in cemento armato - Statica, tecnologia e tipologia - Vol. 3, Edizioni Tecniche, 1977.
- [6] G. Toniolo e M. Di Prisco, Cemento armato - Calcolo agli stati limite - Vol. 2a, Zanichelli, 2010.
- [7] G. Toniolo e M. Di Prisco, Cemento armato - Calcolo agli stati limite - Vol. 2b, Zanichelli, 2010.
- [8] F. Leonhardt, Casi speciali di dimensionamento nelle costruzioni in c.a. e c.a.p. - Vol 2, Edizioni Tecniche, 1974.
- [9] S. P. Timoshenko, Theory of plates and shells, McGraw-Hill International Editions, 1959.
- [10] G. Toniolo, Calcolo strutturale - I telai, Zanichelli, 2010.
- [11] R. Bares, Calcolo di lastre e piastre, Maggioli Editore, 2008.
- [12] G. Toniolo, Appunti di tecnica delle costruzioni, Milano: Masson Italia Editori, 1979.
- [13] C. L. Dell' Acqua, Meccanica delle strutture - Le teoria strutturali e il metodo degli elementi finiti, Milano: McGraw-Hill, 2010.



## Indice delle Tabelle

Tab. 1 - Schema tipologie piastre.....	10
Tab. 2 - Valori parametro $\beta$ .....	41
Tab. 3 - Classi di esposizione.....	47
Tab. 4 - Copriferro minimo per durabilità.....	48
Tab. 5 - Riclassificazione calcestruzzo.....	49
Tab. 6 - Caratteristiche meccaniche calcestruzzo.....	50
Tab. 7 - Caratteristiche meccaniche armature lente.....	51
Tab. 8 - Caratteristiche meccaniche acciaio da precompressione.....	51
Tab. 9 - Coefficienti di combinazione carichi.....	53
Tab. 10 - Coefficienti di combinazione a uso uffici.....	53
Tab. 11 - Carichi di esercizio categoria uffici.....	53
Tab. 12 - Coefficienti determinazione carico da neve.....	54
Tab. 13- Determinazione carichi P.V.1.....	55
Tab. 14 - Determinazione carichi C.O.1.....	56
Tab. 15 - Determinazione carichi C.O.2.....	57
Tab. 16 - Coefficienti schema strutturale.....	58
Tab. 17 - Determinazione parametro $\lambda_s$ .....	59
Tab. 18 - Resoconto carichi C.O.1.....	60
Tab. 19 - Calcolo altezza piastra.....	60
Tab. 20 - Caratteristiche fisiche e meccaniche monotrefolo.....	61
Tab. 21 - Aliquote momenti agenti.....	68
Tab. 22 - Carichi agenti.....	71
Tab. 23 - Calcolo armatura: striscia centrale X1.....	75
Tab. 24 - Calcolo armatura: striscia di bordo X2.....	78
Tab. 25 - Calcolo armatura: striscia centrale Y1.....	81
Tab. 26 - Calcolo armatura: striscia di bordo Y2.....	83
Tab. 27 - Verifica punzonamento: pilastro centrale.....	86
Tab. 28 - Verifica punzonamento: pilastro di bordo.....	86
Tab. 29 - Verifica punzonamento: pilastro d' angolo.....	87
Tab. 30 - Calcolo armatura: strisce y1, y3, y7.....	108
Tab. 31 - Calcolo armatura: striscia y2.....	110
Tab. 32 - Calcolo armatura: strisce y4, y5.....	112
Tab. 33 - Calcolo armatura: striscia y6.....	113
Tab. 34 - Calcolo armatura: striscia x1.....	116
Tab. 35 - Calcolo armatura: striscia x2.....	117
Tab. 36 - Calcolo armatura: striscia x3.....	119
Tab. 37 - Calcolo armatura: striscia x4.....	121
Tab. 38 - Calcolo armatura: strisce x5, x6.....	123
Tab. 39 - Calcolo armatura: striscia x7.....	124
Tab. 40 - Condizioni ambientali.....	125



Tab. 41 - Valori limite fessurazione.....	126
Tab. 42 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione x.....	131
Tab. 43 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione y.....	132
Tab. 44 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione x.....	133
Tab. 45 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione y.....	134
Tab. 46 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione x.....	135
Tab. 47 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione y.....	136
Tab. 48 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione x.....	137
Tab. 49 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione y.....	138
Tab. 50 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 5, direzione x e y.....	139
Tab. 51 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 6, direzione x e y.....	139
Tab. 52 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 7, direzione x e y.....	140
Tab. 53 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 8, direzione x e y.....	140
Tab. 54 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 9, direzione x e y.....	141
Tab. 55 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione x.....	142
Tab. 56 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione y.....	143
Tab. 57 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione x.....	144
Tab. 58 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione y.....	145
Tab. 59 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione x.....	146
Tab. 60 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione y.....	147
Tab. 61 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione x.....	148
Tab. 62 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione y.....	149
Tab. 63 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 5, direzione x e y.....	150
Tab. 64 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 6, direzione x e y.....	150
Tab. 65 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 7, direzione x e y.....	151
Tab. 66 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 8, direzione x e y.....	151
Tab. 67 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 9, direzione x e y.....	152
Tab. 68 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione x.....	153
Tab. 69 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione y.....	154
Tab. 70 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione x.....	155
Tab. 71 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione y.....	156
Tab. 72 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione x.....	157
Tab. 73 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione y.....	158
Tab. 74 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione x.....	159
Tab. 75 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione y.....	160
Tab. 76 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 5, direzione x e y.....	161
Tab. 77 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 6, direzione x e y.....	161
Tab. 78 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 7, direzione x e y.....	162
Tab. 79 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 8, direzione x e y.....	162
Tab. 80 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 9, direzione x e y.....	163
Tab. 81 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione x.....	164
Tab. 82 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione y.....	165
Tab. 83 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione x.....	166



Tab. 84 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione y.....	167
Tab. 85 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione x.....	168
Tab. 86 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione y.....	169
Tab. 87 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione x.....	170
Tab. 88 - Campata 1 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione y.....	171
Tab. 89 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione x.....	172
Tab. 90 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione y.....	173
Tab. 91 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione x.....	174
Tab. 92 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione y.....	175
Tab. 93 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione x.....	176
Tab. 94 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione y.....	177
Tab. 95 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione x.....	178
Tab. 96 - Campata 2 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione y.....	179
Tab. 97 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione x.....	180
Tab. 98 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 1, direzione y.....	181
Tab. 99 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione x.....	182
Tab. 100 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 2, direzione y.....	183
Tab. 101 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione x.....	184
Tab. 102 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 3, direzione y.....	185
Tab. 103 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione x.....	186
Tab. 104 - Campata 3 - Verifica fessurazione: Punto 4, direzione y.....	187
Tab. 105 - Verifica tensionale (t=3 gg).....	189
Tab. 106 - Verifica tensionale (t=28 gg).....	189
Tab. 107 - Verifica deformazione istantanee.....	191
Tab. 108 - Verifica deformazioni differite.....	192
Tab. 109 - Verifica SLU campata 1: Punto 1.....	193
Tab. 110 - Verifica SLU campata 1: Punto 2.....	194
Tab. 111 - Verifica SLU campata 1: Punto 3.....	194
Tab. 112 - Verifica SLU campata 1: Punto 4.....	195
Tab. 113 - Verifica SLU campata 1: Punto 5 e 6.....	195
Tab. 114 - Verifica SLU campata 1: Punto 7 e 8.....	196
Tab. 115 - Verifica SLU campata 1: Punto 9.....	196
Tab. 116 - Verifica SLU campata 2: Punto 1.....	197
Tab. 117 - Verifica SLU campata 2: Punto 2.....	197
Tab. 118 - Verifica SLU campata 2: Punto 3.....	198
Tab. 119 - Verifica SLU campata 2: Punto 4.....	198
Tab. 120 - Verifica SLU campata 2: Punto 5 e 6.....	199
Tab. 121 - Verifica SLU campata 2: Punto 7 e 8.....	199
Tab. 122 - Verifica SLU campata 2: Punto 9.....	200
Tab. 123 - Verifica SLU campata 3: Punto 1.....	200
Tab. 124 - Verifica SLU campata 3: Punto 2.....	201
Tab. 125 - Verifica SLU campata 3: Punto 3.....	201
Tab. 126 - Verifica SLU campata 3: Punto 4.....	202



<i>Tab. 127 - Verifica SLU campata 3: Punto 5 e 6.....</i>	<i>202</i>
<i>Tab. 128 - Verifica SLU campata 3: Punto 7 e 8.....</i>	<i>203</i>
<i>Tab. 129 - Verifica SLU campata 3: Punto 9.....</i>	<i>203</i>
<i>Tab. 130 - Forze di punzonamento.....</i>	<i>204</i>
<i>Tab. 131 - Verifica punzonamento campata 1: elementi 62166 e 62195.....</i>	<i>205</i>
<i>Tab. 132 - Verifica punzonamento campata 1: elementi 62157 e 62156.....</i>	<i>206</i>
<i>Tab. 133 - Verifica punzonamento campata 1: elementi 62167 e 62168.....</i>	<i>207</i>
<i>Tab. 134 - Verifica punzonamento campata 1: elementi 62172 e 62173.....</i>	<i>208</i>
<i>Tab. 135 - Verifica punzonamento campata 1: elementi 62188 e 62153.....</i>	<i>209</i>
<i>Tab. 136 - Verifica punzonamento campata 1: elementi 62152.....</i>	<i>210</i>





## Indice delle Figure

Fig. 1 - Pianta architettonica.....	3
Fig. 2 - Pianta fili fissi .....	4
Fig. 3 - Suddivisione blocchi.....	5
Fig. 4 - Giunto strutturale a sella.....	6
Fig. 5 - Suddivisione piastre: direzione trasmissione di carico.....	8
Fig. 6 - Suddivisione piastre: tipologia di vincolo.....	9
Fig. 7 - Suddivisione piastre: piastre alleggerite .....	9
Fig. 8 - Stato tensionale.....	10
Fig. 9 - Isostatiche in diverse situazioni di vincolo e rapporto $I_x$ e $I_y$ .....	11
Fig. 10 - Isostatiche piastra senza nervature.....	12
Fig. 11 - Risposta strutturale piastre: suddivisione in fasi .....	13
Fig. 12 - Azioni agenti .....	14
Fig. 13 - Deformata del piano medio .....	15
Fig. 14 - Deformata elemento infinitesimo .....	16
Fig. 15 - Individuazione linee di rottura .....	20
Fig. 16 - Meccanismo di collasso globale .....	23
Fig. 17 - Meccanismo di collasso locale .....	23
Fig. 18 - Individuazione cerniere plastiche .....	24
Fig. 19 - Tipologia guaina: guaina in polietilene (a sinistra) e guaina metallica (a destra) .	28
Fig. 20 - Disposizione cavi: precompressione ripartita.....	29
Fig. 21 - Parametri geometrici cavi di precompressione.....	30
Fig. 22 - Distribuzione sforzi nei cavi di precompressione .....	30
Fig. 23 - Distribuzione dei cavi: precompressione per strisce di appoggio .....	31
Fig. 24 - Perimetro critico pilastri di campata.....	40
Fig. 25 - Perimetro critico pilastri alle estremità .....	41
Fig. 26 - Valori parametro $\beta$ .....	42
Fig. 27 - Armatura punzonamento.....	43
Fig. 28 - Individuazione perimetri di verifica.....	44
Fig. 29 - Partizione verticale P.V.1 .....	55
Fig. 30 - Chiusura orizzontale C.O.1 .....	56
Fig. 31 - Chiusura orizzontale C.O.2 .....	57
Fig. 32 - Individuazione strisce metodo semplificato.....	68
Fig. 33 - Aliquote momenti agenti .....	69
Fig. 34 - Semplificazioni piastra .....	70
Fig. 35 - Individuazione strisce di calcolo.....	70
Fig. 36 - Schematizzazione a telaio.....	71
Fig. 37 - Diagramma momento SLU: striscia centrale X1 .....	73
Fig. 38 - Diagramma momento SLU: striscia di bordo X2 .....	76
Fig. 39 - Diagramma momento SLU: striscia centrale Y1 .....	79
Fig. 40 - Diagramma momento SLU: striscia di bordo Y2 .....	82



Fig. 41 - Stralcio disposizione dei cavi di precompressione .....	90
Fig. 42 - Proprietà cavi di precompressione .....	90
Fig. 43 - Disposizione cavi (a sinistra) e assegnazione forza di precompressione (a destra) .....	91
Fig. 44 - Mesh di dettaglio pilastro .....	92
Fig. 45 - Risultati analisi - SLU: $M_{xx}$ .....	94
Fig. 46 - Risultati analisi - SLU: $M_{yy}$ .....	94
Fig. 47 - Risultati analisi - SLU: $M_{xy}$ .....	95
Fig. 48 - Risultati analisi - SLE quasi permanente: $M_{xx}$ .....	95
Fig. 49 - Risultati analisi - SLE quasi permanente: $M_{yy}$ .....	96
Fig. 50 - Risultati analisi - SLE quasi permanente: $M_{xy}$ .....	96
Fig. 51 - Risultati analisi - SLE caratteristica: $M_{xx}$ .....	97
Fig. 52 - Risultati analisi - SLE caratteristica: $M_{yy}$ .....	97
Fig. 53 - Risultati analisi - SLE caratteristica: $M_{xy}$ .....	98
Fig. 54 - Risultati analisi - SLE caratteristica: $\sigma_{xx}$ superiore .....	98
Fig. 55 - Risultati analisi - SLE caratteristica: $\sigma_{xx}$ inferiore .....	99
Fig. 56 - Risultati analisi - SLE caratteristica: $\sigma_{yy}$ superiore .....	99
Fig. 57 - Risultati analisi - SLE caratteristica: $\sigma_{yy}$ inferiore .....	100
Fig. 58 - Risultati analisi - SLE caratteristica: $\sigma_{xy}$ superiore .....	100
Fig. 59 - Risultati analisi - SLE caratteristica: $\sigma_{xy}$ inferiore .....	101
Fig. 60 - Risultati analisi - SLE caratteristica: $\sigma_{xx}$ superiore .....	101
Fig. 61 - Risultati analisi - SLE caratteristica: $\sigma_{xx}$ inferiore .....	102
Fig. 62 - Risultati analisi - SLE caratteristica: $\sigma_{yy}$ superiore .....	102
Fig. 63 - Risultati analisi - SLE caratteristica: $\sigma_{yy}$ inferiore .....	103
Fig. 64 - Risultati analisi - SLE caratteristica: $\sigma_{xy}$ superiore .....	103
Fig. 65 - Risultati analisi - SLE caratteristica: $\sigma_{xy}$ inferiore .....	104
Fig. 66 - Suddivisione campata: strisce di calcolo .....	105
Fig. 67 - Individuazione campate omogenee .....	106
Fig. 68 - Individuazione punti di verifica .....	130
Fig. 69 - Risultati analisi - SLE quasi permanente: deformata direzione z.....	190