

POLITECNICO DI MILANO
Facoltà di Ingegneria Civile e Ambientale
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile

**CONSIDERAZIONI PRATICHE SULLA
REALIZZAZIONE DI EDIFICI IN C. A.
A SAN PAOLO IN BRASILE**

Relatore:

Prof. CLAUDIO BERNUZZI

Tesi di Laurea di

MARVIN AKBARI AFKHAMI

Matricola n. 783849

ANNO ACCADEMICO 2013/2014

Indice

Introduzione	5
1. Descrizione della struttura	6
2. Programmazione in cantiere	10
2.1. Introduzione	10
2.2. Modelli di programmazione.....	12
2.3. Modelli grafici	12
2.3.1. Cronoprogramma semplice.....	12
2.3.2. Il diagramma di Grant.....	13
2.3.3. Calcolo della durata delle attività	13
2.3.4. La struttura dei sistemi di programmazione reticolare	14
2.4. Organizzazione della forza lavoro	16
2.5.	17
2.6. Costi	17
2.6.1. Strumenti contabili utilizzati dalle società.....	17
3. Scavi e opere di sostegno.....	22
3.1. Considerazioni generali	22
3.2. Scavi aperti.	23
3.3. Opere provvisoriale di sostegno.	23
3.4. Funzioni e requisiti essenziali delle opere di sostegno	24
3.5. Criteri di progetto.....	24
3.6. Applicazione alla struttura in esame.....	25
3.6.1. Esecuzione dei diaframmi in c.a. scavati e gettati in opera	25
3.6.2. Escavatori.....	25
3.6.3. Benne mordenti.....	26
3.6.4. Perforazione	26
3.6.5. Scavo con benna mordente	26
3.6.6. Scavo con idrofresa.....	26
3.6.7. Controllo della verticalita'.....	27
3.6.8. Dispositivi per la formazione dei giunti	27
3.6.9. Armature	28
3.6.10. Getto del calcestruzzo.....	28
4. Fondazioni	31
4.1. Introduzione	31
4.2. Pali di fondazione	32
4.2.1. Pali infissi	33
4.2.2. Pali prefabbricati.....	33
4.2.3. Pali gettati in opera dentro cassaforma	34
4.2.4. PLATEA DI FONDAZIONE	38
5. Solai	41
5.1. Introduzione	41
5.2. Solaio in opera	41
5.3. Solaio a travetti prefabbricati e blocchi di completamento interposti	42
5.4. Pianificazione della posa in opera in sicurezza	43
6. Bibliografia	53

Elenco delle figure

Fig. 1.1: Render della struttura.....	6
Fig. 1.2: Render della struttura.....	7
Fig. 1.3: Render della struttura notturno.....	7
Fig. 1.4: Planimetria ultimo piano.....	8
Fig. 1.5: Planimetria secondo piano interrato.....	8
Fig. 2.1: Ciclo di vita del progetto.....	10
Fig. 3.1: Esempio di opere di scavo.....	29
Fig. 3.2: Esempio diaframmi per il sostegno a lungo termine del fronte di scavo....	29
Fig. 4.1: Pali infissi.....	35
Fig. 4.2: Pali prefabbricati.....	35
Fig. 4.3: Pali di tipo Franky.....	36
Fig. 4.4: Pali di tipo Simplex.....	36
Fig. 4.5: Pali di tipo Atlas.....	37
Fig. 4.6: Esempio di fondazione profonda.....	37
Fig. 4.7: Esempio di getto di platea di fondazione.....	39
Fig. 4.8: Armature di una platea di fondazione.....	40
Fig. 5.1: Posa in opera solaio con interblocchi in neopropilene.....	47
Fig. 5.2: Realizzazione banchinaggio e posa in opera pignatte senza protezioni.....	47
Fig. 5.3: Esempio di posa in opera solaio con travetti prefabbricati.....	48
Fig. 5.4: Posa in opera assistito delle travi del solaio.....	48
Fig. 5.5: Posa in opera rompitratta intermedi e puntelli.....	49

Introduzione

Il presente lavoro di tesi nasce a valle della mia esperienza lavorativa presso un'impresa costruttrice in Brasile.

Nel corso di quest'ultima ho avuto modo di collaborare nella gestione organizzativa prima e costruttiva poi di un cantiere situato nella città di San Paolo per la costruzione di un edificio adibito ad uso commerciale e residenziale.

Questo elaborato non vuole essere il report delle fasi organizzative e costruttive dell'opera sopracitata ma vuole sottolineare analogie e differenze tra le tecniche organizzative e realizzative proprie dell'edilizia continentale e quelle dell'edilizia brasiliana.

A tal fine ogni capitolo presenterà vari e approfonditi richiami alle le tecniche comuni per la realizzazione della lavorazione trattata e evidenzierà successivamente la tecnica con cui quest'ultima è stata realizzata nell'opera in esame.

Dopo la descrizione dell'edificio, in cui si evidenzieranno le principali caratteristiche strutturali e a grandi linee le tecniche di realizzazione, il capitolo 2 tratterà gli aspetti organizzativi di un cantiere edile, affrontano le scelte che devono essere compiute in termini di pianificazione delle attività di cantiere e tempi di realizzazione, evidenziando come tale aspetto gioca un ruolo sempre più chiave nella costruzione di un manufatto.

Infatti la variabile tempo e la variabile costo sono legate e preponderanti nella realizzazione di un'opera civile, la giusta ed attenta pianificazione di tempi e costi di sicuro ha un ruolo di primo piano al pari della progettazione strutturale ed architettonica ed è necessaria per trarre profitto da un'operazione immobiliare.

Nel capitolo 3 si affrontano le tecniche utilizzate durante opere di scavo e i sistemi di stabilizzazione a breve termine e a lungo del fronte di scavo.

Nel capitolo 4 si descrivono le opere di fondazione realizzate ed infine nel capitolo 5 le fasi di realizzazione dei solai e delle strutture verticali.

1. Descrizione della struttura

L'edificio oggetto del presente lavoro sorgerà a San Paolo in un contesto residenziale di alto livello. Nella quartiere del lotto sono presenti vari servizi e attività commerciali, compresa la metropolitana, infatti la stazione di "Oscar Freire" è situata pochi metri di distanza.

L'impresa costruttrice conta di rientrare nel breve dell'investimento vista la posizione strategica e l'alta richiesta del mercato di beni simili.

L'edificio è costituito da 5 piani fuori terra e tre piani interrati. La destinazione d'uso prevalente è dedicata ad attività commerciali.

I piani interrati saranno adibiti a parcheggi, autorimessa e magazzino.

La superficie in pianta dell'opera per ogni piano fuori terra sarà pari a circa 900 m².

Ad ogni piano sono previste minimo 10 unità immobiliari, quantità incrementabile vista la modularità sviluppata in fase di design architettonico funzionale.

Nelle figure sono rappresentati dei render della costruzione.

Il budget previsto per la costruzione dell'opera è pari a 4 000 000 real brasiliani ovvero pari a circa 1 300 000 euro, al netto di oneri, progettazione e ammortamenti.

Il piano finanziario per lo sviluppo della costruzione ha durata biennale, pari al tempo stimato di costruzione e ultimazione delle vendite.

Gli impresari contano di finanziarsi attraverso istituti di credito a fasi di avanzamento fino alla realizzazione del primo fuori terra

E poi iniziare a incamerare l'incasso delle vendite.

La parte strutturale dell'edificio sarà realizzata interamente in cemento armato, i particolari della costruzione verranno annunciati nei prossimi capitoli.

La data di inizio lavori è il 15 gennaio 2013 e la fine è prevista per il maggio del 2014.

Di seguito si propongono le planimetrie di alcuni piani dell'opera.



Fig 1.1: Render della struttura



Fig. 1.2: Render della struttura



Fig. 1.3: Render della struttura notturno

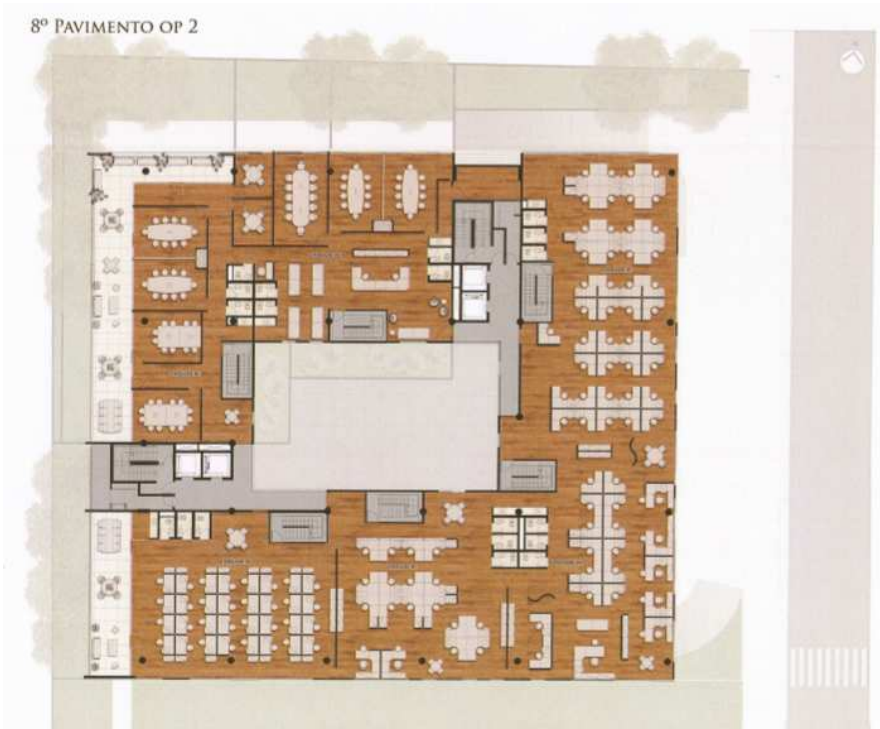


Fig. 1.3: Planimetria ultimo piano

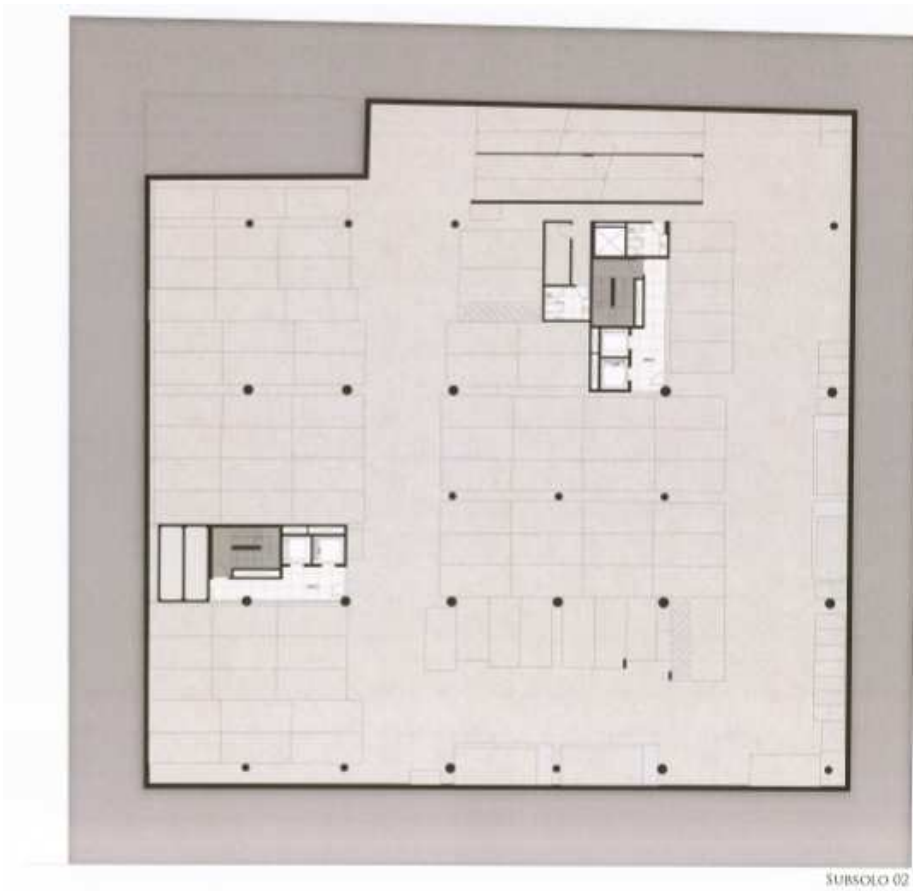


Fig. 1.4: Planimetria secondo piano interrato

2. Programmazione in cantiere

2.1. Introduzione

Con la parola progetto si intende il processo che porta al raggiungimento degli obiettivi. Non si deve quindi limitarne il significato alla sola fase progettuale, ma a tutto il processo che porta dall'ideazione alla realizzazione di un'opera architettonica.

In questo senso il progetto può essere scomposto in quattro fasi principali, che sono però in continua evoluzione, perché il progetto si modifica per seguire di pari passo i cambiamenti sia interni, sia esterni: la rappresentazione più verosimile di un progetto è quindi un diagramma ciclico detto ciclo di vita del progetto.



Fig. 2.1: Ciclo di vita del progetto

1. Obiettivi da raggiungere: è su questi che verrà alla fine decretato il successo o l'insuccesso di un progetto: su questi obiettivi è decisa l'accettazione del progetto da parte del committente e il progetto verrà valutato positivamente, stabilendo quindi che tutte le persone che vi hanno lavorato lo hanno fatto in maniera efficace e produttiva, valutazione che si ripercuoterà a cascata dai livelli più alti dell'organizzazione fino ai singoli operai. Gli obiettivi danno informazioni chiare sui requisiti generali con indicazioni di tempo, costo e standard di qualità, in maniera che siano anche facilmente controllabili in tutte le fasi del progetto. La valutazione dei tempi necessari è fatta sulla base dell'esperienza, mentre la stima dei costi in questa fase si basa su indicazioni parametriche. Anche le attività di suddivisione del progetto in sottounità facilmente controllabili (WBS) e di definizione delle risorse necessarie per la realizzazione competono alla fase di definizione del

progetto, ma sono poi riviste e sviluppate in maniera dettagliata dopo che sia stata approfondita l'elaborazione progettuale nella successiva fase di programmazione.

2. Programmazione delle attività del progetto: la programmazione considera le possibili strategie per raggiungere gli obiettivi fissati. Il project manager deve programmare il flusso delle attività per la realizzazione del progetto. Deve quindi stabilire l'elenco dettagliato delle attività ed il relativo tempo di esecuzione, verificando le risorse necessarie per ogni attività. Anche la valutazione economica del progetto viene calcolata in modo analitico per ogni singola attività.

Scopo specifico della programmazione del cantiere è l'individuazione delle durate delle singole attività lavorative e la definizione delle date di esecuzione (inizio e fine delle attività), nel rispetto dei vincoli di tipo tecnologico, contrattuale, normativo e logico – cronologico.

La determinazione dei tempi di esecuzione di processo è strettamente legata all'impiego delle risorse dedicate, al loro costo, ai procedimenti eseguiti e di conseguenza alla qualità prestazionale degli elementi realizzati. Perciò determinare i tempi del processo comporta l'analisi e lo studio dei costi delle risorse, delle loro disponibilità, del loro impiego e delle tecniche adottate e comporta la ricerca di una soluzione adeguata ai requisiti prestazionali e procedurali posti a base dell'intervento: comporta cioè la previsione di un modello gestionale da attuare in fase esecutiva.

Il livello di definizione e le finalità della programmazione sono differenziate in relazione alla capacità decisionale di chi la attua. Quindi si possono distinguere una programmazione svolta a livello strategico, per la definizione dell'intervento nell'ambito della strategia generale di impresa nell'ambiente competitivo del mercato, a livello tattico per l'individuazione e la ricerca della sequenza dei cicli fabbricativi, coordinati nell'ambiente multi-progetto di impresa, a livello operativo per la gestione delle attività e delle risorse di cantiere. Per questo si definisce la programmazione del cantiere programmazione operativa.

3. Esecuzione: consiste nel mettere in pratica quanto si è programmato, motivando le risorse umane al raggiungimento dell'obiettivo e controllando il lavoro svolto. Si deve monitorare la velocità di avanzamento del progetto sia sulla base della percentuale di lavoro fatto, sia sulla base della produzione fatturata al committente e dei relativi sostenuti. E' in questa fase che si comincia l'effettiva costruzione del progetto e si ha il maggiore esborso economico.

4. Verifica e controllo del cambiamento: è di fondamentale importanza tenere sotto controllo l'andamento del progetto non solo alla fine dell'opera, valutando il risultato complessivo, ma durante tutti i momenti della realizzazione secondo i criteri di verifica concordati con il committente. In questo modo è possibile applicare dei correttivi alla programmazione iniziale permettendo, ove possibile, di recuperare gli imprevisti, senza pregiudicare il risultato finale. Quindi se nella fase di controllo si ha una difformità rispetto al programma, si deve tornare alla fase di definizione degli obiettivi e di programmazione.

Se possibile si mantengono invariati gli obiettivi fissati, facendo però delle modifiche alla fase di programmazione, che si vanno ad attuare alla fase esecutiva.

Il momento che segna chiaramente il passaggio dalla fase di programmazione alla fase di esecuzione è l'appalto dei lavori all'impresa esecutrice.

Nei paragrafo successivo si analizzeranno i modelli di programmazione per sottolineare come la fase di programmazione sia fondamentale per la buona riuscita del progetto.

2.2. Modelli di programmazione

L'organizzazione di un intervento può essere fatta a livello di piano e a livello di programma:

- Piano: consiste nella determinazione della successione degli interventi secondo una logica che deriva da considerazioni tecniche, economiche, amministrative;
- Programma: consiste nella determinazione del piano in termini temporali con l'attribuzione della durata ai vari interventi.

I modelli di programmazione sono tecniche di rappresentazione di tutte le operazioni che compongono il progetto coordinandole opportunamente tra loro nel rispetto delle esigenze tecnologiche per

raggiungere l'obiettivo prefissato.

Sono rappresentazioni astratte della realtà, per la quale si usano simboli, relazioni, ecc., e, quindi, contengono un certo grado di approssimazione.

I modelli sono di due tipi:

- **MODELLI GRAFICI:** realizzano pianificazione e programmazione nello stesso tempo (la lunghezza del tratto che rappresenta ogni attività indica l'unità di tempo impiegate).
- **MODELLI MATEMATICI:** i due processi sono divisi:
 - la pianificazione consiste in un'analisi delle attività del progetto e la sequenza che devono seguire;
 - la programmazione consiste nello stimare la durata delle attività sia nel senso deterministico, sia in quello probabilistico.

Nei modelli più raffinati la programmazione consiste invece nello stimare la durata delle attività eseguendole con il minimo costo, cioè il tempo ed il costo sono legati strettamente nel programma. A tale scopo sono state elaborate varie tecniche per elaborare il planning (tecniche grafiche come i diagrammi di Gantt o i cronogrammi a scalette, tecniche reticolari come il PERT, il CPM, l'ALTAI, il PERT./COST, il PRISM, il MAP, il RAMPS, il GERT, tecniche reticolari simulative come il GERTS), ma tutte necessitano a monte del lavoro di analisi del processo; tale analisi può (e deve), quando è possibile, sfruttare dati di archivio schedulati a consuntivo di precedenti esperienze di lavoro simili.

2.3. Modelli grafici

Il cronogramma (o diagramma a barre) è una rappresentazione grafica a forma di barre, che mostra le date di inizio e di fine di ogni operazione in cui si può suddividere un progetto. Risulta immediato da comprendere e da impiegare e per questo motivo viene spesso usato per visualizzare i risultati di tecniche più sofisticate come quelle reticolari.

2.3.1. Cronoprogramma semplice

Nel cronogramma semplice su due assi cartesiani vengono riportati:

- in ascissa: i tempi di realizzazione;
- in ordinata: le attività, disposte normalmente partendo dall'alto secondo un criterio cronologico di esecuzione successiva delle lavorazioni.

La durata delle attività dipende da:

- condizioni ambientali;
- tecniche esecutive;
- risorse coinvolte (materiali, manodopera, macchine, attrezzature);
- possibilità di sovrapposizione delle singole attività.

Per la definizione della durata risulta fondamentale affrontare:

- lo studio delle tecniche esecutive;
- lo studio delle risorse (a disposizione per il cantiere);
- l'organizzazione del cantiere;
- la programmazione dei lavori.

Talvolta, per lavorazioni particolari, si scompongono le attività, e per ognuna di esse si genera un sottocronogramma. Ad es. la voce "pilastri" può essere scomposta in:

- preparazione delle casseforme;
- preparazione e posa dell'armatura;
- confezionamento del conglomerato cementizio;
- getto del conglomerato cementizio;
- disarmo dei casseri.

2.3.2. Il diagramma di Grant

E' un diagramma espresso su assi cartesiani che riporta in ascissa i tempi di realizzazione ed in ordinata le attività, sempre partendo dall'alto secondo un criterio cronologico di esecuzione successiva delle lavorazioni.

La data di inizio della attività produttive è distinta da quella di assegnazione dei lavori ed in quel lasso di tempo l'impresa effettua l'approfondimento tecnico-economico del progetto.

2.3.3. Calcolo della durata delle attività

Il calcolo della durata delle attività produttive avviene sulla base dei seguenti criteri:

- a) identificazione dei dati di partenza: si analizzano gli elaborati grafici del progetto, il capitolato speciale (che riporta la qualità dei materiali e delle opere), il computo metrico (che riporta la quantità dei materiali e delle opere);
- b) definizione delle attività: si identificano i procedimenti costruttivi, le lavorazioni e le risorse necessarie;
- c) definizione delle durate: si ricercano i tempi iniziali (T_i) e finali (T_f) delle singole lavorazioni per tentativi, per esempio tramite la definizione di scadenze precise prima per i procedimenti costruttivi e poi per le singole lavorazioni, effettuata sulla base dell'analisi delle tecniche costruttive e della predisposizione delle risorse dividendo le quantità riportate nel computo metrico per la produttività delle squadre di lavoro o delle macchine da impiegare;
- d) sovrapposizione delle singole attività: si studia la sovrapposizione delle attività per rispettare il tempo minimo imposto cercando di mantenere le risorse bilanciate all'intero del cantiere, ma evitando periodi di limitata attività (cantiere "vuoto") o di sovraffollamento;

- e) analisi delle risorse: si approfondisce lo studio delle risorse per verificare l'effettivo rispetto dei tempi, e si stabilisce di procedere con le risorse interne all'azienda o di ricorrere a risorse esterne (forniture di terzi);
- f) analisi delle tecniche costruttive: si approfondisce lo studio delle tecniche costruttive per definire l'effettiva possibilità di sovrapposizione fra le attività.

La stesura del cronoprogramma avviene tramite la formazione di barre della lunghezza della durata calcolata. Si possono riportare programmi generali (per lavori di lunga durata) od operativi (scomponendo il lavoro in gruppi di attività), oppure integrarli con l'importo delle singole attività, impiegando eventualmente barre di colore o di spessore diverso qualora si voglia riportare le durate a preventivo e a consuntivo in modo da avere sotto controllo l'andamento dei lavori.

L'unità di tempo impiegata può essere il giorno, la settimana, la decade, il mese (per grandi opere), oppure l'ora (per programmi particolari estremamente dettagliati e con attività rigidamente concatenate nella esecuzione).

Il diagramma di Gantt è un'evoluzione del cronogramma semplice che viene impiegato per programmare lavori di una certa consistenza allo scopo di controllare gli scostamenti fra tempo previsto e tempo impiegato.

Sul cronogramma si innestano simboli che rappresentano avvenimenti singolari significativi per la produzione (come inizio e fine attività, sospensione, ecc.).

2.3.4. La struttura dei sistemi di programmazione reticolare

Il diagramma di Gantt viene ancora oggi largamente adottato come strumento di pianificazione e di controllo nel settore delle costruzioni, ma la competitività delle imprese, la diminuzione dei margini di profitto, i cantieri spesso complessi richiedono una efficienza nel management aziendale non sempre ottenibile con questo strumento.

La dinamicità delle tecniche reticolari fornisce al management aziendale sia gli strumenti di comprensione dei punti critici e della loro collocazione all'interno del programma, sia le informazioni utili alle decisioni da prendere, per cui consente di affrontare gli eventuali scostamenti tramite la valutazione degli effetti alternativi al raggiungimento degli obiettivi, l'introduzione delle modifiche necessarie, l'aggiornamento periodico e l'individuazione di eventuali nuove attività critiche.

Vengono impiegate le tecniche reticolari della teoria dei grafi affiancando al modello matematico un modello grafico nel quale vengono riportate:

- le successioni delle attività;
- le interdipendenze fra le attività,
- la collocazione temporale delle singole operazioni.

I modelli matematici si basano su tecniche reticolari che, rispetto ai diagrammi a barre, hanno il vantaggio:

- di poter gestire cantieri complessi impiegando dei modelli di lavoro più realistici;
- di mettere in relazione le varie attività creando un reticolo (network);

- di essere preparati usando gli elaboratori elettronici per i calcoli velocizzando le operazioni e consentendo simulazioni in breve tempo.

Tale reticolo viene creato tramite le seguenti fasi:

- a) definizione dell'elenco delle attività;
- b) creazione del reticolo evidenziando le relazioni logiche tra le attività;
- c) valutazione della durata di ogni attività e determinazione dei tempi di inizio e fine;
- d) valutazione delle risorse necessarie.

Le variabili fondamentali per la programmazione di un'opera sono:

- i tempi;
- i costi;
- le risorse.

Lo studio dei modelli matematici e statistici per agevolare il processo decisionale nelle imprese ha consentito di definire tecniche reticolari che mettono in relazione fra loro le variabili tempi, risorse e costi impostando modelli di simulazione dello sviluppo del progetto. Tutti i metodi devono misurarsi con il mercato che vuole semplicità di gestione, e che richiede:

- attendibilità del metodo: quanto più si scompone il progetto tanto più il metodo è attendibile, ma un numero molto elevato di attività (un profondo frazionamento consente di rappresentare bene sia i tempi che i costi che le risorse) richiede un forte approfondimento dei legami logici;
- analiticità del metodo: quanto più il metodo è analitico, tanto più sono approfonditi i legami fra le attività, ma gli elementi destabilizzanti dell'avanzamento risultano sempre meno identificabili chiaramente;
- automaticità del metodo: quanto più il metodo prevede un'elaborazione automatica ed integrata dei risultati, tanto più è necessario verificare i risultati, ma il vantaggio dell'analisi integrata automatica viene in parte ad annullarsi;
- completezza del metodo: quanto più il metodo è completo, tanto più la previsione a finire deve basarsi non sulla semplice rielaborazione periodica, ma su una continua revisione dei dati di input attraverso il meccanismo del feed-back.

Alcuni sistemi si occupano esplicitamente dei tempi (Pert-time probabilistico, Critical Path Method), altri approfondiscono i costi (Pertcostprobabilistico, CPM economico), altri ancora sono tesi all'ottimizzazione delle risorse, sia di un singolo progetto, sia di un'azienda o di un multiprogetto (Pert-risorse, Altai, ecc.).

Le tecniche reticolari, che vengono incontro alle esigenze di controllo continuo degli scostamenti dal piano originario e di introduzione tempestiva delle correzioni necessarie, si basano su un modello grafico che evidenzia le successioni, le interdipendenze e le collocazioni nel tempo delle singole attività cui viene associata una durata e che rende possibile calcolare il "tempo di esecuzione minimo" dell'intero processo ed individuare le cosiddette "attività critiche" che non possono subire variazione nella durata, poiché un loro slittamento temporale farebbe ritardare l'esecuzione totale del programma.

Le altre attività ammettono un "tempo massimo" di completamento e possono essere iniziate in ritardo rispetto a quanto preventivato, rimanendo nel rispetto dei tempi preventivati.

Associando le durate ad ogni attività e sviluppando l'analisi reticolare, sulla base di algoritmi specifici, il modello fornisce informazioni fondamentali sulla programmazione dei tempi, quali:

- la durata minima del processo;
- la sequenza di attività, che devono avere una durata totale coincidente con la durata massima del processo denominata "percorso critico".

Il piano definitivo si ottiene con la reiterazione dell'analisi temporale fino a soddisfare gli obiettivi temporali del processo.

Su questo documento viene creato il Piano di lavoro basato sulla schedulazione delle attività.

Il controllo del processo viene effettuato tramite il confronto tra i dati programmati e quelli rilevati in fase di esecuzione, e viene condotto con un sistema di rilevazione appositamente preparato.

Rispetto al Gantt, che raggruppa in una sola attività diverse lavorazioni rendendo approssimativa la stima del tempo richiesto, i sistemi reticolari analizzano e pianificano le singole lavorazioni del processo e la loro frequenza operativa, per cui sono in grado di specificare:

- quali lavori realizzare prima;
- quando approvvigionare i materiali e attivare le relative risorse finanziarie;
- quali lavori si stanno eseguendo in un determinato momento;
- quali scostamenti temporali rispetto al previsto si hanno in ogni momento del processo;
- quali sono le attività il cui prolungamento temporale induce un ritardo generale;
- quali azioni attivare per evitare o diminuire il ritardo;
- qual è il programma che minimizza i costi e consegue la durata ottimale.

Il responsabile della pianificazione razionalizza il diagramma reticolare sulla base dei seguenti quesiti:

- quale attività deve precedere quella presa in considerazione;
- quale attività può seguirla;
- quale attività può essere realizzata contemporaneamente ad essa.

2.4. Organizzazione della forza lavoro

Un altro aspetto fondamentale, come già detto, per la realizzazione del progetto è la gestione delle risorse umane e pertanto si riporta la gestione del personale del cantiere in esame.

Il personale amministrativo del cantiere era così formato:

- un responsabile finanziario;
- un responsabile di produzione;
- un contabile ;
- un controller della qualità;
- due assistenti tecnici;
- un direttore lavori.

A queste figure che costituiscono la squadra amministrativa di cui io facevo parte e che ha seguito dal nascere dell'opera il cantiere si sono affiancate altre squadre di operai nelle varie fasi di realizzazione.

In particolare una squadra di cinque operai ha realizzato i diaframmi, a questa si è sostituita una squadra di 6 operai per la realizzazione degli scavi.

Una squadra di 8 operai ha tirantato i diaframmi e dopo quest'ultima fase si sono sostituite 6 squadre di 12 operai, per un totale di 72 lavoratori, per la disposizione delle armature e il getto delle varie opere strutturali.

2.5. Costi

E' importante improntare un sistema di controllo dei costi per conoscere esattamente i costi di produzione, riducendo le incertezze sulla valutazione economica del progetto, per la riduzione dei margini di guadagno causata dalla forte concorrenza nel settore, che ha posto l'attenzione sul monitoraggio dettagliato dei costi, per la riduzione dei guadagni causata dall'aumento dei costi della manodopera, per avere gli strumenti per la pianificazione ed il controllo di gestione del progetto.

E' fondamentale per ogni project manager che debba verificare i costi di produzione del proprio progetto, soprattutto nel caso in cui questo venga realizzato all'interno dell'azienda.

2.5.1. Strumenti contabili utilizzati dalle società

La contabilità generale raccoglie l'insieme dei dati economici dell'azienda in un sistema di scritture contabili che definisce il reddito d'esercizio ed il capitale d'esercizio.

Il risultato finale tiene conto anche delle rimanenze finali, che nelle imprese edili hanno una certa rilevanza, con riferimento a lavori pluriennali e seguiti in proprio dall'azienda o su commessa, oppure a materiali in giacenza.

La contabilità industriale suddivide i costi aziendali in appositi centri di costo allo scopo di determinare i costi della singola commessa (progetto).

Consente la verifica periodica dell'andamento economico della singola commessa, permettendo quindi di valutare i costi sostenuti per il progetto in relazione agli obiettivi prefissati in fase di programmazione e di effettuare il controllo degli scostamenti.

La fonte dei dati della contabilità industriale è la stessa della contabilità generale (fatture di acquisto, bolle di consegna, ecc.), poi tali informazioni vengono suddivise in modo da attribuire al progetto la competenza.

In sostanza la totalità dei dati economici dell'azienda viene selezionato e suddiviso in conti in modo che sia rintracciabile l'insieme dei costi del singolo progetto.

La contabilità dei costi stabilisce secondo quali criteri si va a formare la voce di costo:

1. sistema a costi pieni (full costing), definisce che tutti i costi contribuiscono alla formazione del costo complessivo del progetto(anche i costi amministrativi concorrono a formare il costo di produzione);
2. sistema a costi variabili (direct costing), considera solo i costi variabili, cioè che variano all'aumentare della produzione;
3. sistema a costi variabili e costi fissi (direct costing integrato), valuta i costi fissi attribuibili direttamente al cantiere, separandoli dai costi fissi comuni per tutta l'azienda, e li somma ai costi variabili.

Nel sistema contabile che comprende i costi variabili ed i costi fissi specifici nel controllo dei costi del progetto, si determinano queste distinzioni:

- costi variabili: materiali, manodopera, noli, forniture;
- costi fissi specifici di cantiere: costi fissi legati direttamente al progetto quali il project manager, i materiali vari di consumo, l'energia elettrica e l'acqua, i ponteggi, l'impianto ed espunto cantiere, i trasporti interni, le pulizie, le assicurazioni, ecc. Non si deve dimenticare però che i costi fissi non dipendono dalla produzione, ma aumentano con l'aumentare della durata dei lavori. L'incidenza di questi costi è massima quando per qualche motivo il cantiere smette di produrre, ovvero si ferma.

I costi standard sono voci di costo determinati sulla base dell'esperienza in lavorazioni già eseguite in precedenza e rappresentano l'ipotesi di costo di ogni attività, nel caso in cui questa si svolga in situazioni analoghe, ovvero in condizioni standard. Essi rappresentano il livello di efficienza raggiungibile nella gestione del progetto.

Nella fase di programmazione, la valutazione dei costi segue il dettaglio dei diversi livelli della programmazione.

Partendo dal progetto preliminare in cui i costi sono stimati in maniera parametrica, fino al progetto esecutivo in cui vengono dettagliate analiticamente tutte le singole parti del progetto e valutate economicamente, con una stima analitica dei costi.

Per effettuare una valutazione analitica dei costi nel campo dell'architettura, lo strumento fondamentale è il computo metrico estimativo. Tale elaborato è costituito da due componenti principali:

- il computo metrico, in cui vengono stimate le quantità di tutte le lavorazioni rappresentate negli elaborati grafici
- analisi dei prezzi di ogni singola voce, da moltiplicare per le quantità calcolata nel computo metrico.

La somma dei prezzi totali di ogni articolo computato dà la stima dei costi totali dell'opera (costi per il committente).

Una volta noti i dati fondamentali del progetto trasformati da informazioni su elaborati grafici in un elenco di attività elementari, quantità e relativi costi nel computo metrico estimativo, il project manager ha la possibilità di programmare insieme con la direzione il budget di commessa o di progetto, dovrà considerare anche le informazioni strategiche aziendali sugli utili che il progetto porterà e le spese generali dell'azienda riferibili al progetto.

Si definiscono nel budget gli obiettivi economici del progetto in funzione dell'organizzazione tecnica e della strategia aziendale.

2.5.2. Computo metrico

Il computo metrico è la traduzione quantitativa del progetto: partendo dai disegni progettuali si individuano le diverse attività elementari da realizzare e se ne misurano le quantità, attribuendo ad ognuna la specifica unità di misura.

Le procedure per la redazione di quest'ultimo sono le seguenti:

- Si determina la quantità di tutte le opere con riferimento alla scomposizione in WBS e nello stesso ordine in cui verranno eseguite nella costruzione.
- Si suddividono le attività nelle varie categorie (scavi, fondazioni, opere in c.a., murature, coperture, ecc.).
- La quantità di ogni articolo deve essere arrotondata in eccesso.
- Si deve chiarire il metodo di misurazione adottato per ogni lavorazione.
- Si sceglie l'unità di misura coerente con il metodo di misurazione adottato.

- Si riporta il codice di riferimento per ogni singola voce: dell'attività da quantificare con relazione alla WBS.
- Oltre agli elaborati grafici bisogna considerare anche tutti i documenti che completano il progetto descrivendone i requisiti in termini qualitativi ed esecutivi.

La descrizione della voce da computare deve essere estremamente dettagliata, per chiarire inequivocabilmente le attività comprese in questa dicitura e quelle escluse che faranno capo ad un'altra voce di computo.

Ciò è di fondamentale importanza poiché la somma di tutte le voci di computo metrico descrive esattamente tutte le attività, i materiali, i mezzi d'opera impiegati nella costruzione del progetto. Se per errore dovesse mancare qualche attività, ritenendo che fosse già compresa in una voce di computo poco chiara, sicuramente all'atto della realizzazione di quella attività nasceranno problemi in cantiere che potrebbero inficiare la buona riuscita del progetto.

2.5.3. Budget

Il budget si utilizza per definire il programma di un progetto sotto l'aspetto economico in funzione dell'organizzazione tecnica e della strategia aziendale. Il direttore generale organizza una riunione specifica con il project manager e con le principali figure tecniche appartenenti al progetto, poiché la definizione del budget deve essere condivisa dal responsabile della commessa che ne risponde in prima persona.

In questa riunione vengono analizzati gli aspetti:

- organizzativi;
- tecnici;
- costi di materie prime/manodopera/attrezzature;
- costi di forniture;
- tempistiche;
- alla luce dei dati economici fondamentali del progetto, quali il contratto acquisito, il computo metrico estimativo, le spese generali e l'utile.

“Un budget è un programma di azione che è espresso in termini quantitativi, usualmente monetari, e che copre un predefinito arco temporale

Anche il budget segue i tre livelli di approfondimento della programmazione del progetto legati ai tre step progettuali richiesti anche dalla normativa italiana per gli appalti pubblici e ripresi in generale anche per i più importanti progetti privati.

Avremo dunque tre tipi di budget di progetto ad essi relativi.

Per le commesse, porzioni del progetto complessivo di esecuzione dell'opera architettonica, invece il momento principale è quello del contratto, o acquisizione dell'ordine.

Esistono diversi tipi di budget a seconda del momento in cui sono formulati rispetto all'evento del contratto:

- budget preliminare o obiettivo, valutato all'inizio della commessa, in base a stime di tipo parametrico, per decidere se tale lavoro sia di interesse dell'azienda e rientri all'interno del range di costi e tempi ritenuti accettabili per l'azienda stessa;
- budget preventivo, determinato in maniera analitica sulla base di tutti i documenti a disposizione in sede di offerta economica, prima della firma del contratto, permette una stima preventiva dei margini di contribuzione;

– budget esecutivo o di gestione, definito in maniera analitica sulla base degli elaborati allegati al contratto.

Il budget esecutivo si basa dunque principalmente sull'analisi dei documenti di tipo tecnico per quanto riguarda la relazione tecnica del progetto, il programma lavori, le previsioni sull'impiego del personale dell'azienda, e sull'analisi dei documenti di tipo economico-finanziari per il computo metrico estimativo, per la stima delle spese generali ed utile aziendale, per la previsione dei flussi monetari (cash-flow) e per la previsione dei costi finanziari.

3. Scavi e opere di sostegno

3.1. Considerazioni generali

Le strutture poste sotto il piano di campagna come i solai adibiti a parcheggio dell'edificio in esame e le fondazioni richiedono, per essere realizzate, opere di scavo e di sostegno del terreno circostante. In generale queste ultime possono essere provvisorie, se hanno il solo scopo di rendere possibile l'esecuzione delle strutture di fondazione, o definitive, se è prevista l'utilizzazione di volumi sotterranei.

Generalmente l'esecuzione degli scavi e delle opere temporanee e finalizzate all'esecuzione dei lavori, dette opere provvisoriale, è lasciato all'impresa esecutrice, mentre il progettista delle strutture ha il compito di verificare la fattibilità delle operazioni necessarie per eseguire le fondazioni dell'intera opera. Talvolta è necessario un vero e proprio progetto delle opere provvisoriale, corredato delle analisi di sicurezza degli scavi e delle strutture di sostegno, e lo studio del comportamento del terreno interessato dai lavori di scavo.

Indipendentemente dagli aspetti professionali della suddivisione dei compiti progettuali, visto che il progetto delle fondazioni di un'opera è necessariamente legato allo studio delle modalità esecutive e, in particolare, delle opere di scavo e di sostegno, è opportuno che l'analisi di queste preceda quella delle fondazioni.

In generale gli scavi vengono suddivisi in superficiali e profondi. Il criterio di classificazione resta peraltro impreciso e arbitrario. Più precisamente si possono distinguere scavi aperti, non armati, e scavi armati, o sostenuti.

La necessità di sostenere le pareti di uno scavo con opere provvisoriale, o definitive, dipende non soltanto dalle caratteristiche del terreno e dalla profondità degli scavi, ma anche, e soprattutto, dalle condizioni ambientali.

In particolare le limitazioni all'ampiezza degli scavi, per la presenza di altre opere e strutture adiacenti all'area interessata dallo scavo, o i vincoli di carattere idraulico, che impediscono sostanziali abbassamenti della superficie freatica, rendono spesso indispensabile l'adozione di strutture di sostegno degli scavi e, tra le varie tipologie, fanno preferire quelle che, come le palancole o le paratie, permettono di effettuare gli scavi dopo avere realizzato gli elementi resistenti.

I paragrafi che seguono descrivono le principali tecniche esecutive e le particolarità costruttive degli scavi di fondazione e delle relative strutture di sostegno.

3.2. Scavi aperti.

Gli scavi, per poter essere eseguiti con mezzi meccanici, devono avere le dimensioni minime che permettano il movimento di escavatori e di mezzi di carico.

Le scarpate hanno inclinazioni diverse a seconda della natura dei terreni. La scelta della profilatura delle scarpate (come la decisione se ricorrere a strutture temporanee di sostegno del fronte di scavo) è lasciata in generale alla responsabilità dell'impresa esecutrice e della direzione dei lavori.

La soluzione da adottare dipende principalmente dal grado di rischio accettabile, e questo a sua volta è strettamente connesso alle modalità esecutive dello scavo e in particolare, alla possibilità che uno smottamento del fronte investa persone che, anche occasionalmente, si trovino a poca distanza dal piede.

Perciò quando non esistono impedimenti ad ampliare le aree interessate dai lavori, è più conveniente diminuire la pendenza delle scarpate, impiegando solo mezzi meccanici, piuttosto che limitare i volumi di scavo adottando profilature di scarpate più acclivi e di maggiore rischio o, eventualmente, opere provvisionali di sostegno.

Per quanto concerne i mezzi di scavo, si possono impiegare escavatori frontali operanti entro lo scavo, o escavatori a cucchiaio rovescio operanti dall'alto. Nel primo caso l'altezza del fronte può raggiungere 4÷5 m; la larghezza minima per consentire l'operatività dall'interno degli scavi è dell'ordine di 7÷8 m .

Con gli escavatori a cucchiaio rovescio è possibile anche l'apertura di trincee strette (1÷1.5 m), operando dall'esterno. La profondità praticamente raggiungibile è di 3÷4 m.

Per scavi di profondità maggiori occorre operare per fasi successive. Se non è possibile operare all'interno dello scavo si utilizzano, con costi più alti e minore efficienza, escavatori drag line, che non possono però operare in spazi ristretti, né profilare le pareti dello scavo.

3.3. Opere provvisionali di sostegno.

Nei capitolati dei lavori con il termine provvisionali si definiscono strutture, o provvedimenti costruttivi, che siano temporanei e strumentali, necessari solo in fase costruttiva per realizzare un progetto.

Sono quindi opere che non costituiscono il fine diretto della progettazione, ma sono mezzi e strumenti appositamente realizzati per eseguire il lavoro.

Nei lavori di ingegneria che richiedono scavi, come quelli di fondazione, è spesso necessaria un'opera provvisoria per sostenere il terreno circostante, fino a quando non è stata realizzata la struttura definitiva.

Esempio caratteristico e tradizionale di opera provvisoria di sostegno sono le armature, o sbadacchiature, degli scavi.

L'evoluzione tecnologica ed i progressi compiuti nella conoscenza delle proprietà dei terreni hanno prodotto una grande varietà di opere provvisorie di sostegno, di cui solo alcune escono dirette derivazioni delle strutture puntellate tradizionali.

Possono infatti svolgere la funzione di opere provvisorie anche le palancole metalliche, le paratie in pali accostati, le pareti ancorate e chiodate, i trattamenti di consolidamento del terreno con aggiunta di leganti.

3.4. Funzioni e requisiti essenziali delle opere di sostegno

Le strutture di sostegno hanno la funzione di garantire condizioni permanenti di stabilità a corpi di terreno che, per forma, posizione o caratterizzazione meccaniche, non siano naturalmente in equilibrio.

L'azione di sostegno può esplicarsi su corpi di terreno naturale, per i quali in seguito a scavi vengano a mancare le condizioni preesistenti di equilibrio, come nel caso delle pareti di sostegno di opere sotterranee o dei muri che delimitano le trincee stradali, sostenendone le scarpate, o per corpi di terreno artificiali, ai quali si debbano dare forme altrimenti incompatibili con le condizioni di equilibrio, come si verifica per i rilevati di accessi a ponti e viadotti (spalle dell'opera), e per qualsiasi opera in terra di cui occorra delimitare l'area di appoggio.

Requisito essenziale delle strutture di sostegno è dunque quello di poter esercitare le forze necessarie per l'equilibrio del corpo di terreno interessato, in qualsiasi condizione che si possa verificare durante la vita dell'opera.

L'interazione tra struttura di sostegno e terreno dipende essenzialmente dalle caratteristiche meccaniche del terreno e dalla deformabilità della struttura ed è fondamentalmente indeterminata.

3.5. Criteri di progetto.

E' opportuno distinguere i criteri di progetto delle strutture di sostegno secondo l'azione che esse debbono esercitare: il sostegno di opere in terra, o di scavi. Nel primo caso non vi sono vincoli costruttivi particolari: si tratta infatti di strutture da costruire prima dell'opera in terra, che possono essere progettate senza speciali soggezioni alla condizione transitoria della fase costruttiva.

I criteri generali di scelta e di progettazione non saranno perciò diversi da quelli assunti per le altre strutture, in particolare per quelle interagenti con le stesse strutture di sostegno.

Ad esempio, le spalle di ponti che sostengono un rilevato di accesso, non hanno per questa funzione una specifica caratterizzazione nei criteri di progetto.

Le strutture di sostegno di fronti di scavo, invece, sono condizionate più dalle situazioni che si verificano durante la costruzione, che da quelle che si instaurano dopo.

L'ovvia constatazione che un muro di sostegno non può svolgere le sue funzioni finché non sia stato realizzato, ha una serie di implicazioni pratiche non trascurabili. Infatti durante la costruzione del muro, e proprio perché questa sia possibile, è necessario sostenere il fronte di scavo, o garantirne la stabilità temporanea, con mezzi d'opera o con adatti provvedimenti costruttivi.

Perciò questi finiscono per assumere spesso un'importanza fondamentale nella scelta della tipologia della struttura definitiva.

Ad esempio, la costruzione di un muro di sostegno per uno scavo da effettuarsi in adiacenza a strutture esistenti, come nel caso in esame, richiede onerose opere provvisorie.

In queste condizioni una paratia, che si costruisce prima di effettuare lo scavo, può rappresentare non solo la soluzione più sicura, ma anche quella economicamente più conveniente.

3.6. Applicazione alla struttura in esame

Per la struttura in esame si è effettuato uno scavo aperto e si sono realizzati dei diaframmi che non solo svolgeranno la funzione di opera di sostegno per lo scavo, ma costituiranno anche opera di sostegno definitiva. Pertanto si procede alla descrizione della posa in opera dei diaframmi.

3.6.1. Esecuzione dei diaframmi in c.a. scavati e gettati in opera

Nella esecuzione dei diaframmi dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti necessari a realizzare l'opera conformemente ai requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda il rispetto della verticalità e la impermeabilità dei giunti.

La distanza minima fra gli assi di due scavi attigui, in corso, appena ultimati o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire eventuali fenomeni di interazione. Qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo..) sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimare solo nell'imminenza del getto.

Di seguito si analizzeranno le attrezzature che verranno utilizzate.

3.6.2. Escavatori

Le caratteristiche degli escavatori e delle gru di servizio sono stati scelti in relazione alle capacità operative effettivamente necessarie per eseguire gli scavi ed i getti in conformità con le prescrizioni di progetto.

3.6.3. Benne mordenti

Le dimensioni delle benne mordenti dovranno corrispondere alle dimensioni nominali dei pannelli da scavare, a meno di prevedere lo scavo di pannelli multipli. Le benne mordenti possono essere a funzionamento idraulico o meccanico. Le benne possono essere manovrate mediante fune libera, o tramite aste di guida tipo Kelly. Le attrezzature Kelly possono essere del tipo monoblocco, o telescopico.

Nei Kelly telescopici i dispositivi di battuta devono essere tali da evitare rotazioni relative tra le varie aste.

L'ancoraggio dei Kelly sull'escavatore deve essere realizzato in modo da ridurre gli effetti di beccheggio dell'attrezzatura, conseguenti alla variazione di baricentro durante le manovre di scavo.

3.6.4. Perforazione

Prima dell'inizio dei lavori devono essere già stati redatti i disegni costruttivi di cantiere, contenenti la planimetria con i pannelli numerati, indicando i primari ed i secondari, e la sequenza di esecuzione degli stessi.

3.6.5. Scavo con benna mordente

Lo scavo con benna mordente viene eseguito in presenza di fango bentonitico in quiete.

Le lunghezze dei singoli elementi di scavo (pannelli) devono essere in funzione delle esigenze costruttive dell'opera, della natura del terreno, della profondità di scavo, della sicurezza delle opere adiacenti, e tenendo conto delle dimensioni caratteristiche degli attrezzi di scavo.

In ogni caso, la lunghezza massima di ogni singolo pannello non potrà superare i 6 metri

Durante la perforazione, il livello del fango dovrà costantemente essere mantenuto in prossimità del piano di lavoro. Nel caso di improvviso franamento, con o senza perdita di fango bentonitico, lo scavo verrà immediatamente riempito con calcestruzzo magro. Durante l'esecuzione dello scavo dovranno essere presi tutti gli accorgimenti ragionevoli al fine di prevenire la fuoriuscita del fango bentonitico al di là delle immediate vicinanze della zona di scavo.

Al termine della perforazione si dovrà procedere all'accurata rimozione dei detriti rimasti sul fondo nonché alla sostituzione parziale od integrale del fango per ricondurlo alle caratteristiche prescritte per l'esecuzione del getto: il contenuto in sabbia del fango non dovrà essere superiore al 5%, la densità non potrà superare $1,15 \text{ t/m}^3$.

3.6.6. Scavo con idrofresa

Nelle prime fasi di scavo è previsto l'utilizzo della benna mordente, almeno fino al raggiungimento della profondità necessaria per il funzionamento della pompa di circolazione del fango incorporata nell'idrofresa.

La seconda attrezzatura (idrofresa) sarà impiegata in successione, per profondità di scavo superiori, fino al raggiungimento della quota di progetto.

Le due attrezzature, dunque, costituiranno un unico gruppo di scavo. In relazione alla natura dei litotipi presenti, si potrà effettuare un pre-scavo oltre la profondità minima richiesta per l'innesco della circolazione inversa del fango bentonitico, ottimizzando i tempi di impiego delle due attrezzature ai fini di un corretto e rapido completamento dello scavo.

3.6.7. Controllo della verticalita'

Per il controllo della verticalità dello scavo, e quindi dei pannelli, saranno utilizzati sistemi la cui precisione è commisurata alle profondità dei pannelli ed all'importanza dell'opera.

Potranno essere utilizzati inclinometri biassali da fissare sull'utensile di scavo, in modo da avere il controllo della perforazione a varie profondità. Poiché l'inclinometro non dà indicazioni circa l'eventuale rotazione del pannello, si provvederà, anche a misure più precise o integrative quali:

- rilievo della geometria del pannello mediante sonda ad ultrasuoni (tipo sistema KODEN);
- rilievo della rotazione mediante controllo della posizione delle funi di sospensione di un "pendolo" di massa un inferiore a 2000 kg. a forma di parallelepipedo a base quadrata, il cui lato è pari allo spessore del pannello meno 5 cm.

Sia la sonda che il pendolo saranno fatti discendere in corrispondenza delle estremità del pannello da misurare. Le misure saranno eseguite in risalita.

3.6.8. Dispositivi per la formazione dei giunti

Per la corretta formazione dei giunti, si utilizzeranno tubi-spalla di opportuna forma e dimensione:

- colonne semi-circolari;
- profilati piatti irrigiditi con colonne semi-circolari;
- "canne d'organo"

Di norma i tubi spalla saranno messi in opera, controllandone la verticalità con sistemi ottici, non appena completata la perforazione, e per tutta la profondità del pannello. Ad avvenuta presa del getto si provvederà alla loro rimozione, utilizzando un opportuno estrattore a morsa idraulica: se necessario la superficie del tubo spalla potrà essere preventivamente trattata con vernici disarmanti. Si avrà cura di pulire adeguatamente i tubi spalla prima del loro impiego.

Nello scavo dei pannelli adiacenti (pannelli secondari) si avrà cura di pulire con estrema cura l'impronta lasciata dal tubo-spalla, mediante opportuni raschiatori, la cui forma è ricalcata su quella del tubo spalla utilizzato.

I raschiatori saranno utilizzati a fine perforazione, fissandoli rigidamente sull'utensile di scavo. Qualora sia utilizzata l'idrofresa è possibile realizzare i giunti senza impiego dei tubi-spalla, provvedendo ad alesare i pannelli primari già gettato.

3.6.9. Armature

Completata la perforazione si provvederà alla posa in opera delle gabbie preassemblate, costruite in conformità con le specifiche tecniche vigenti.

3.6.10. Getto del calcestruzzo

Prima del getto si provvederà alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori di contenuto in sabbia.

Per la rimonta del fango di perforazione da sostituire prima del getto, si potrà utilizzare uno dei seguenti sistemi:

- eiettore (air lifting);
- pompa sommersa per fanghi;
- pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.

Avendo compiuto lo scavo con idrofresa l'eventuale dissabbiamento, se necessario, sarà condotto mantenendo l'utensile a fondo foro e prolungando la circolazione inversa del fango.

Il getto di calcestruzzo avverrà impiegando il tubo di convogliamento. Esso sarà costituito da sezioni non più lunghe di 2,00 m. di tubo in acciaio avente diametro interno 20 ÷ 25 cm.

L'interno del tubo sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature. Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2.0 cm.; sono escluse le giunzioni a flangia.

Il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0,5 - 0,6 m³, e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento. Prima di installare il tubo getto sarà eseguita una ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si provvederà all'estrazione della gabbia di armatura ed alle operazioni di pulizia, il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a 30 - 60 cm dal fondo della perforazione; al fine di evitare azioni di contaminazioni/dilavamento del primo calcestruzzo gettato, prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da un involucro di carta riempito con vermiculite granulare o palline di polistirolo.

Durante il getto il tubo convogliatore sarà opportunamente manovrato per un'ampiezza di 20 , 30 cm in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo. Previa verifica del livello raggiunto utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2,5 metri e massima di 6 metri all'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 3 o 4 metri di pannello.

E' prescritta una cadenza di getto non inferiore a 25 m³/ora.

Il getto di un pannello dovrà comunque essere completato in un tempo tale che il calcestruzzo rimanga sempre lavabile nella zona di defluimento.

In presenza di pannelli di lunghezza superiore a 4 m, o forma tale da richiedere l'impiego di due o più tubi getto, questi dovranno essere alimentati in modo sincrono per assicurare la risalita uniforme del calcestruzzo.

Per nessuna ragione il getto dovrà venire sospeso prima del totale riempimento del pannello. A pannello riempito il getto sarà proseguito fino alla completa espulsione del calcestruzzo contaminato dal fango di bentonite.

Di seguito sono rappresentate immagini d'esempio delle attività di scavo trattate in questo capitolo.



Fig. 3.1: Esempio di opere di scavo



Fig. 3.2: Esempio diaframmi per il sostegno a lungo termine del fronte di scavo

4. Fondazioni

4.1. Introduzione

Le fondazioni hanno il compito di distribuire il peso dell'edificio sul terreno in modo da evitare assestamenti che possano causare lesioni alla struttura sovrastante. Solitamente queste vengono realizzate in calcestruzzo o più raramente in pietrame.

Le dimensioni di qualsiasi tipo di fondazioni (continua o puntiforme) dipendono dalla struttura sovrastante e dalle caratteristiche del terreno, in ogni caso devono essere costruite ad una profondità tale da non essere raggiungibili dal gelo.

Nella bioedilizia si consiglia solitamente di ridurre al minimo l'uso del calcestruzzo in quanto mantiene a lungo l'umidità, ha scarsa traspirabilità, elevata conducibilità ed è facilmente aggredibile dagli agenti atmosferici, richiede, pertanto, complesse opere di isolamento termoacustico e l'utilizzo di additivi chimici specifici di forte impatto ambientale.

Tuttavia, il calcestruzzo armato, per motivi normativi e pratici, è la soluzione più consigliata per realizzare fondazioni. Si consiglia quindi l'utilizzo di cemento puro, assicurandosi l'assenza di additivi provenienti da scarti di altre lavorazioni industriali o prodotti chimici di sintesi.

Questi requisiti si trovano più facilmente nel cemento bianco che è quindi preferibile.

L'acqua che si accumula nella terra smossa attorno alla casa esercita una pressione contro i muri ed i pavimenti, tende a risalire per capillarità nei muri e può compromettere la struttura e il benessere ambientale all'interno.

Per evitare la risalita capillare è necessario prevedere un sistema di drenaggio perimetrale in grado di raccogliere ed espellere l'acqua accumulata.

Si tratta di riempire con un materiale poco capillare (per esempio pietrisco di calcare) lo spazio tra il muro perimetrale ed il terreno all'interno del quale si posano tubi drenanti forati con una pendenza di circa 1,5%.

Normalmente, i tubi di drenaggio sono realizzati in PVC perchè economici, per la produzione di questo materiale a base petrolchimica vengono emesse in ambiente enormi quantitativi di CO₂ ed è inoltre un materiale difficilmente riciclabile. In alternativa si possono utilizzare tubi in polietilene, in laterizio o in cemento.

I tubi in laterizio o cemento disponibili in commercio sono corti e meno maneggevoli.

La loro posa in opera risulta più complessa e il sistema di drenaggio deve essere progettato con maggiore attenzione.

È buona regola inserire nelle fondazioni perimetrali un nastro d'acciaio che funga da dispersore al quale possono essere collegate tutte le strutture metalliche degli impianti e la rete elettrica.

In questo modo si riduce l'intensità dei campi elettrici che si formano in prossimità della rete e si deviano le correnti vaganti.

Le fondazioni dell'edificio oggetto del presente lavoro sono costituite da una platea di fondazione di spessore pari a 1.5 m realizzata in cemento armato ordinario, da uno strato di magrone pari a 20 cm e da pali di fondazione.

Si è reso stato necessario l'utilizzo di pali di fondazione in grado di ripartire la pressione scaricata sul terreno dalla platea di fondazione viste le scarse caratteristiche meccaniche del terreno.

4.2. Pali di fondazione

I pali di fondazione sono un sistema di fondazione profonda che, per definizione, trasmette il carico della sovrastruttura al terreno in una parte più profonda rispetto ad una fondazione superficiale.

I motivi per cui si ricorre al loro impiego possono essere diversi e di seguito vengono riportati solo alcuni dei casi di impiego dei pali:

- scadenti caratteristiche meccaniche del terreno superficiale;
- necessità di limitare i cedimenti;
- necessità di assorbire carichi orizzontali;
- realizzazione di opere al largo delle coste;
- riportare i carichi a profondità non interessate da fenomeni di erosione;
- rinforzo di strutture esistenti.

I pali ovviamente non costituiscono l'unica soluzione del problema e quindi bisogna tener conto che la scelta può essere influenzata da diversi fattori, quali ad esempio:

1. caratteristiche geomeccaniche e condizioni di falda;
2. cedimenti totali e differenziali ammissibili;
3. accessibilità e posizione del sito, considerate in relazione agli effetti che si possono creare su strutture preesistenti;
4. condizioni geologiche quali, per esempio, eventi sismici, subsidenza, smottamenti;
5. i tempi per la realizzazione della soluzione, considerando anche incertezze e rischi che essa comporta;
6. naturalmente, i costi.

In base alle modalità esecutive i pali vengono distinti in:

1. pali eseguiti senza asportazione di terreno (pali infissi);

2. pali eseguiti con asportazione di terreno (pali trivellati).

Tutti i tipi di pali però conducono alla modifica dello stato tensionale iniziale e delle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione.

4.2.1. Pali infissi

I pali infissi possono essere (Figura 4.1):

1. realizzati in legno;
2. prefabbricati in conglomerato o in acciaio;
3. gettati in opera dopo aver preliminarmente infisso un tubo.

Con i pali di legno venivano realizzate le antiche palificate preistoriche nei terreni paludosi, ma anche in tempi più recenti città come Venezia e Amsterdam sono state edificate su pali in legno, ma la prima testimonianza storica è del IV secolo a. C. e viene da Erodoto.

La loro lunghezza è limitata, da 3 a 10 metri fino ad un massimo di 15 metri essendo sconsigliabili per il raggiungimento di profondità maggiori.

Questi pali presentano però una buona portanza e si conservano nel tempo quando sono completamente immersi in acqua dolce (sono sconsigliabili in acqua salata), anzi con il tempo il legno subisce un processo di pietrificazione.

4.2.2. Pali prefabbricati

Anche questo tipo di pali viene spinto nel terreno meccanicamente, sfruttando il loro peso o tramite utensili predisposti e, pertanto, sono sconsigliabili in depositi ghiaiosi o glaciali dove la presenza di un grosso masso erratico potrebbe ostacolare l'infissione.

Sono inoltre sconsigliabili in terreni scarsamente permeabili, argillosi poiché il manifestarsi di sovrappressioni interstiziali elimina ogni effetto di compattazione, per lo meno a breve termine. I pali infissi sono appropriati, invece, in terreni incoerenti sciolti.

Oltretutto a discapito dei pali trivellati c'è il fatto che devono essere dimensionati a priori e non possono essere variati in lunghezza durante la loro infissione, se non con onerosi provvedimenti.

Essi vengono realizzati con sezioni di forma varia (quadrata, cava centrifugata, ecc.) (Fig. 4.1) e il materiale con cui sono realizzati può essere l'acciaio o il cemento armato (Fig. 4.2).

I pali in acciaio possono avere un diametro che varia fra i 0,20 e i 3 m e una lunghezza anche superiore ai 100 metri; i pali in cemento armato possono avere, invece, un diametro compreso tra 0,20 e 0,70 m e una lunghezza massima di 30 metri.

Per i pali in cemento armato è fondamentale l'armatura in ferro per evitare che durante l'infissione il palo si rompa.

4.2.3. Pali gettati in opera dentro cassaforma

Questi pali si realizzano infiggendo dentro il terreno una cassaforma in cui viene poi gettato del calcestruzzo. Alcuni tipi di pali hanno cassaforma recuperabile, altri no.

I pali a cassaforma recuperabile possono essere realizzati utilizzando una cassaforma sul cui fondo viene creato un “tappo” di materiale inerte ben compattato. Si procede all'infissione dell'armatura fino alla profondità desiderata mediante una mazza battente.

Viene a questo punto espulso il tappo, che con l'aggiunta di calcestruzzo compattato va a costituire il bulbo di ancoraggio del palo e si procede al getto del fusto del palo di calcestruzzo entro la cassaforma che progressivamente viene recuperata (Fig. 4.3).

Questa tecnologia consente di realizzare pali aventi un diametro di 0,35-0,60 m che possono raggiungere la lunghezza di 20 m.

Altri pali a cassaforma recuperabile, invece, sono costituiti da tubi muniti di puntazza (Fig. 4.4) di lamiera (pali tipo Simplex) che si apre quando si inizia a sfilare il tubo consentendo così il getto di calcestruzzo fresco, che viene compattato con un apposito maglio man mano che il tubo viene estratto, ottenendo così una maggiore compattazione del terreno.

I pali Simplex possono essere armati con una gabbia metallica realizzata con ferri posti longitudinalmente collegati fra loro con una spirale. Il palo può essere reso adatto a sopportare forti carichi, creando alla base del palo stesso un bulbo, ottenuto riempiendo il tubo di calcestruzzo e sollevandolo di un tratto, riempiendolo nuovamente di calcestruzzo (Fig. 4.4).

I pali a cassaforma non recuperabile, come ad esempio i Raymond, utilizzano una cassaforma con superficie increspata e fondo chiuso infissa nel terreno mediante uno speciale mandrino.

Una volta messa in opera la cassaforma, si recupera il mandrino e si procede ad un controllo interno per verificare che essa non abbia subito deformazioni e che sia pulita.

Qualora servisse, prima del getto del calcestruzzo, viene messa in opera un'armatura metallica.

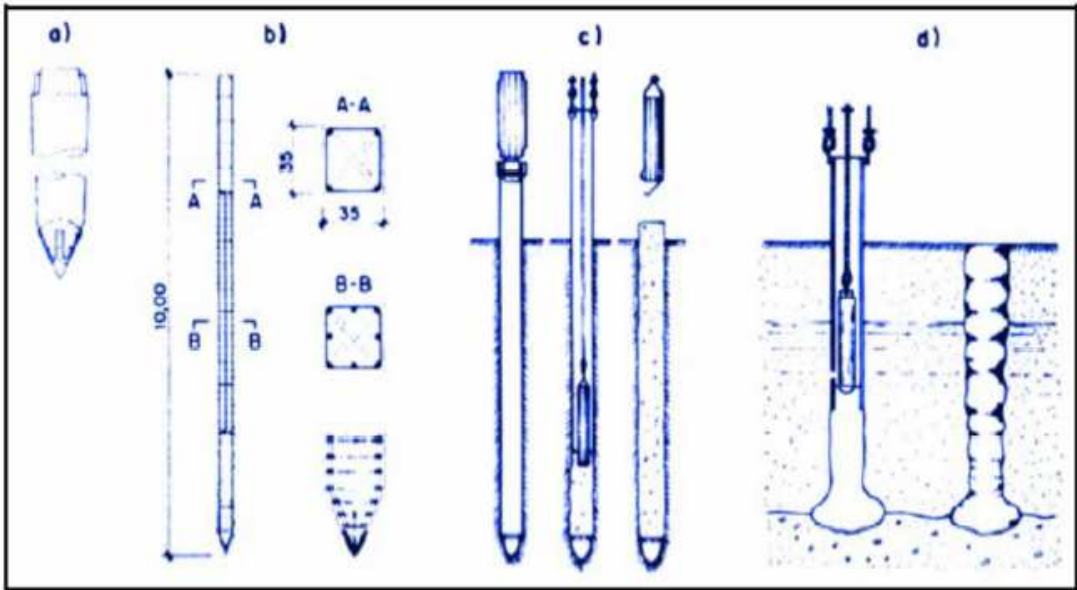


Fig. 4.1: Pali infissi

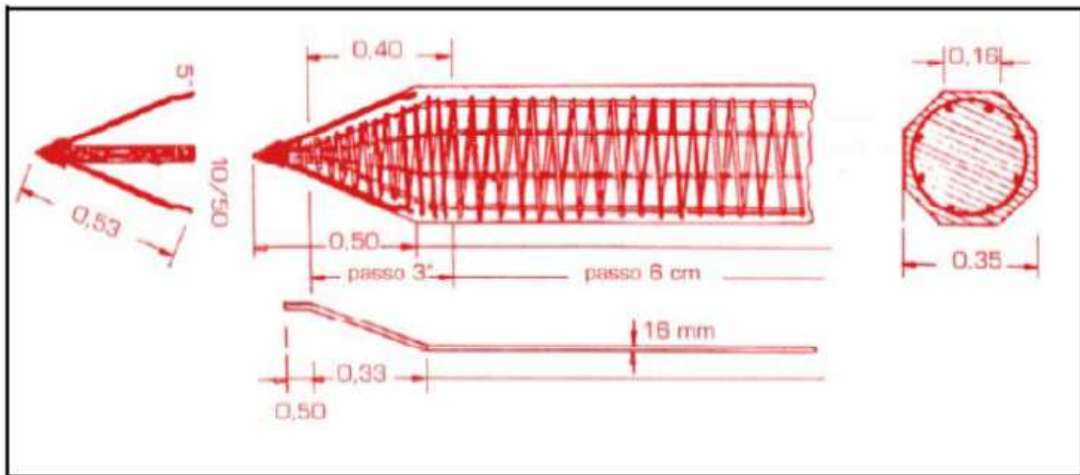


Fig. 4.2: Pali prefabbricati

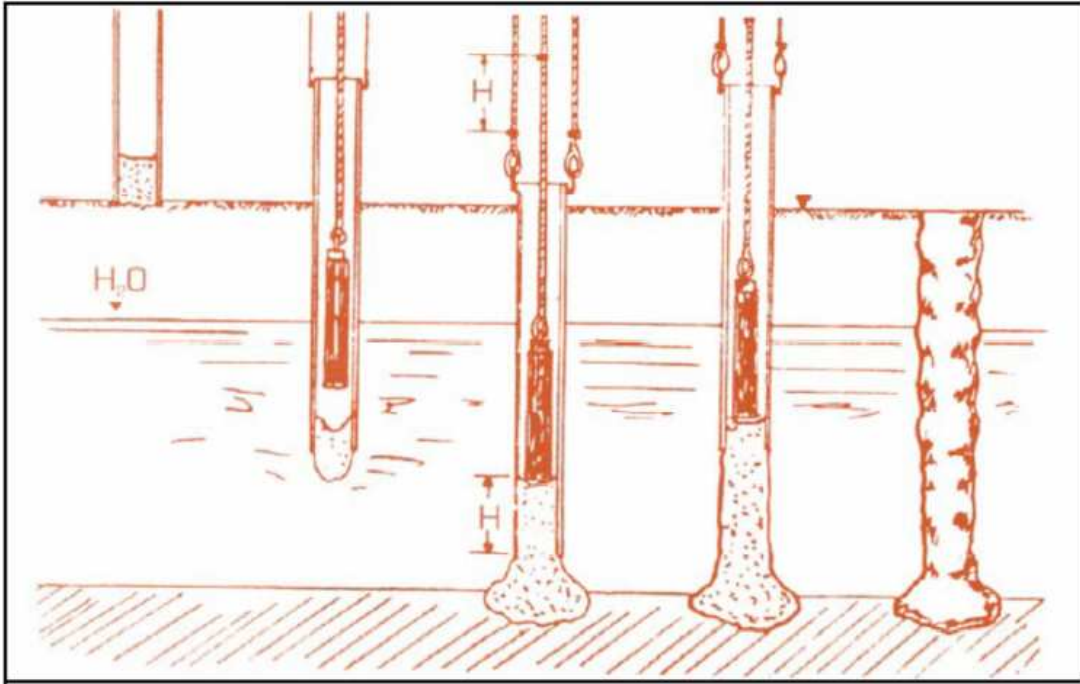


Fig. 4.3: Pali di tipo Franky

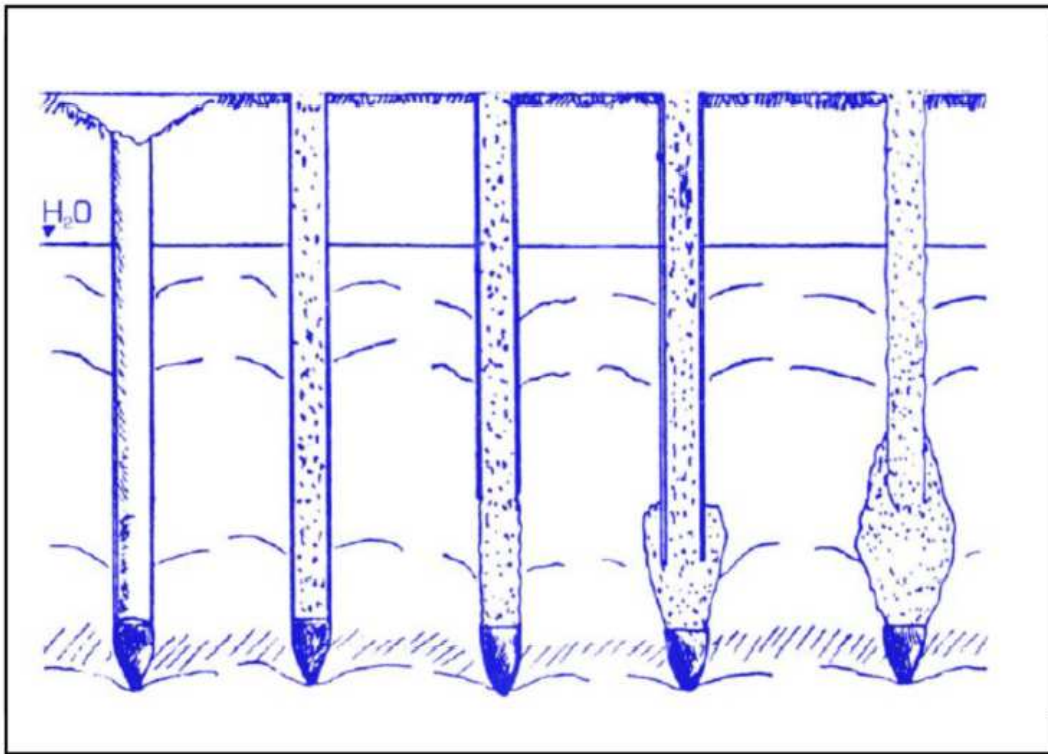


Fig. 4.4: Pali di tipo Simplex

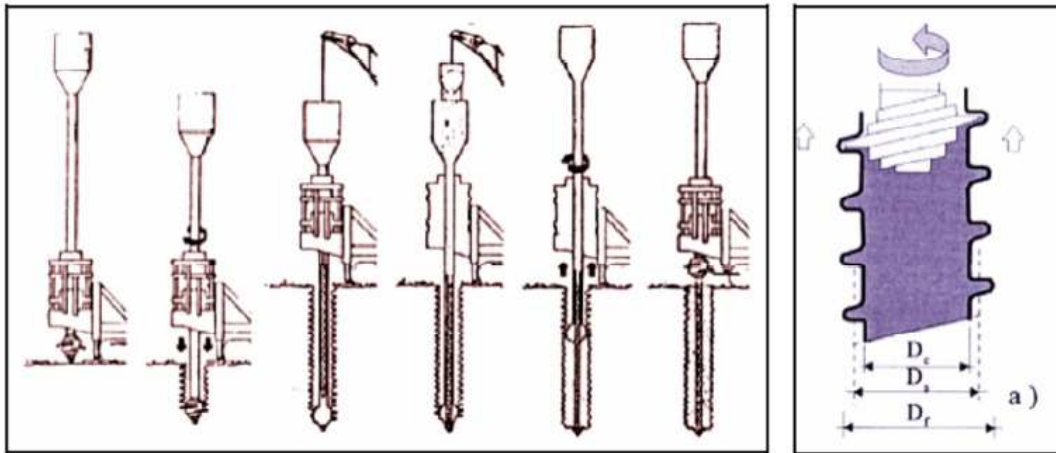


Fig. 4.5: Pali di tipo Atlas



Fig. 4.6: Esempio di fondazione profonda

4.2.4. PLATEA DI FONDAZIONE

La piastra di fondazione, detta anche platea, è fra le fondazioni superficiali, la tipologia che meglio si adatta a contrastare i cedimenti differenziali.

Nell'opera in esame è stata con calcestruzzo armato a forma di parallelepipedo, con spessore pari a 200 cm, lunghezza e larghezza sono legati alla geometria della sovrastruttura.

La scelta dello spessore è legato fundamentalmente alle sollecitazioni di taglio o punzonamento provenienti dai pilastri.

L'area della fondazione, nettamente superiore alla soluzione di travi rovesce e graticci, consente di sfruttare meglio la capacità portante del terreno contrastando i cedimenti differenziali provocati da una distribuzione non uniforme dei carichi provenienti dalla sovrastruttura.

Ogni porzione di piastra, o platea, ha l'onere di sostenere un pilastro, che sorregge a sua volta una porzione della sovrastruttura, trasferendone il carico in fondazione.

Quest'ultima è realizzata sopra un getto di pulizia, che la protegge dalle aggressioni chimiche del suolo; si tratta di uno strato di conglomerato di calcestruzzo non armato, privo di armatura metallica, a basso contenuto di cemento, chiamato magrone, posizionato alla quota di scavo, di spessore pari a 20 cm.

Il piano di posa di una fondazione superficiale deve essere fissato rispettando alcuni criteri:

- superare lo strato superficiale di terreno vegetale ed eventuali
- stratificazioni di detriti, riporti e terreni che in generale abbiano
- caratteristiche meccaniche scadenti (1÷1.5 m dal p.c.);
- superare lo strato di terreno soggetto all'azione del gelo o a variazioni stagionali del contenuto di acqua;
- essere al sicuro dall'azione delle acque superficiali e dei fenomeni di erosione (soprattutto per le fondazioni delle pile di ponti);
- essere lontano dalla zona di oscillazione della falda freatica;
- avere stessa profondità per ogni elemento di fondazione.

La piastra di fondazione è stata gettata all'interno di una cassaforma in legno, disponendo un doppia orditura di barre ortogonali di acciaio da carpenteria, al lembo superiore ed al lembo inferiore, che avranno la responsabilità di sopportare le azioni di flessione.

I diametri dei ferri di armatura sono compresi fra 20 e 24 mm, distribuiti sul lembo inferiore del plinto, in posizione appropriata, con il rispetto del copriferro. Sono state disposte anche armature a taglio, rappresentate da staffe, posizionate in corrispondenza dei pilastri.

Dalla piastra di fondazione si dipartono anche i ferri di ripresa verticali staffati per il pilastro.

La profondità del piano di posa influenza la capacità portante del terreno di fondazione e i cedimenti indotti: maggiore è quest'ultima, più alta sarà la pressione

che è possibile trasmettere al terreno e minori i cedimenti della fondazione a pari pressione applicata.

Naturalmente, all'aumentare della profondità del piano di posa, cresceranno i costi di scavo, che rappresentano sempre un'importante percentuale dei costi totali da imputare alle fondazioni.



Fig. 4.7: Esempio di getto di platea di fondazione



Fig. 4.8: Armature di una platea di fondazione

5. Solai

5.1. Introduzione

Si definiscono solai quelle strutture bidimensionali piane caricate ortogonalmente al proprio piano, con prevalente comportamento resistente monodirezionale.

Fanno parte delle più generali "chiusure orizzontali" appartenenti all'apparecchiatura costruttiva all'interno delle quali svolgono il compito di assolvere alla sicurezza statica al fine di ripartire i carichi sulle travi perimetrali della struttura di elevazione dell'edificio.

La struttura portante di un solaio in generale può essere realizzata in legno, in calcestruzzo armato o in acciaio con la presenza o meno di altri materiali (ad esempio elementi in laterizio o panni di polistirolo), con funzione prevalente di alleggerimento.

I solai in laterocemento o solai misti, nella maggior parte dei casi, sono solai composti mediante accostamento di elementi in calcestruzzo armato, comunemente costituiti da travi (realizzate in opera o prefabbricate) denominate travetti, con funzioni prevalentemente resistive-strutturali, ed elementi di alleggerimento normalmente in laterizio o in polistirene espanso (EPS).

Di norma il solaio viene completato in opera con un getto di calcestruzzo fino a formare, al di sopra dell'estradosso dell'elemento di alleggerimento, una soletta in calcestruzzo, denominata caldana o cappa superiore, opportunamente armata (armatura di ripartizione), che ha le funzioni di ripartire il carico tra le varie nervature.

La cappa superiore, per buona pratica esecutiva, deve essere di almeno 50 mm al di sopra della faccia superiore degli elementi di alleggerimento, anche se la normativa tecnica a volte ne richiede uno spessore inferiore.

Vi sono generalmente due tipi di solai in laterocemento:

1. Solaio in opera
2. Solaio a travetti prefabbricati e blocchi di completamento interposti

Nell'edificio si esamina se sono posati solai del secondo tipo, ma per completezza si dà una descrizione anche di quelli del primo tipo.

5.2. Solaio in opera

I solai in opera rappresentano il tipo originario dei solai misti.

Vengono costruiti completamente in opera e sono costituiti da travetti in calcestruzzo armato, elementi di alleggerimento in laterizio (pignatte) e sovrastante caldana sempre in calcestruzzo armato.

Vengono realizzati assemblando in opera sopra i casseri, sia l'armatura a momento negativo che quella a momento positivo, disponendo in corrispondenza dei bordi dei travetti le file di pignatte, disponendo la rete elettrosaldata per la ripartizione dei carichi sopra l'estradosso delle pignatte utilizzando opportuni distanziatori e infine

eseguendo il getto di completamento fino alla realizzazione di una caldana di idoneo spessore.

5.3. Solaio a travetti prefabbricati e blocchi di completamento interposti

Un solaio di questo tipo realizzato nell'edificio in oggetto è normalmente costituito da travetti prefabbricati, blocchi interposti di completamento, ferri di armatura e successivo getto in cls.

I travetti prefabbricati sono sostanzialmente di due tipi:

1. i travetti a traliccio, con fondello in laterizio parzialmente gettato o con soletta in c.a. senza fondello in laterizio
2. i travetti in cemento armato vibrato, precompresso, con l'armatura resistente già inglobata nel getto del travetto

Nell'opera in esame si è utilizzato il primo tipo.

I travetti prefabbricati sono realizzati da una soletta in calcestruzzo di vario spessore (normalmente 2 - 5 cm.) e di varia larghezza (normalmente 10 - 12 cm.), che può essere contenuta o meno dal fondello in laterizio.

Nella soletta è annegata la parte inferiore del traliccio elettrosaldato, normalmente costituito da due correnti inferiori ed uno superiore, collegati tra loro con staffe continue o discontinue.

Il traliccio conferisce rigidità ai travetti garantendo così la trasportabilità e riducendo, rispetto ai solai completamente gettati in opera, la quantità dei puntelli e travetti da porre in opera come rompitratta.

I travetti sono relativamente "leggeri", pesando circa 10 kg/ml, così da poter essere movimentato anche a mano da due persone.

Nei travetti con fondello in laterizio, la presenza di tale fondello permette di eliminare la stesura del disarmante (con composti chimici spesso nocivi) nella zona da esso interessata.

I blocchi in laterizio, pur variando per dimensione, peso e forma, da produttore a produttore, sono molto simili tra loro, adattandosi alle caratteristiche del solaio da realizzare.

Ciò che interessa particolarmente ai fini della ricerca è la resistenza delle pignatte al camminamento: la normativa tecnica definisce la cosiddetta prova di resistenza al punzonamento, stabilendo che i blocchi di laterizio devono resistere a un carico concentrato P, applicato al centro della faccia superiore su di un'area di 5 x 5 cm., maggiore o uguale a 1,5 kN (circa 150 kg.) .

Normalmente nelle schede tecniche dei produttori viene inoltre segnalato che è necessario interporre assi di legno durante il camminamento sulle pignatte posate. I pacchi di pignatte hanno anch'essi dimensioni e pesi legati all'imballo e alle esigenze di trasporto: normalmente un pacco di pignatte pesa intorno ai 600 kg., con altezze intorno ai 110 cm.

5.4. Pianificazione della posa in opera in sicurezza

Nella posa in opera dei solai a travetti e blocchi in laterizio interposti, è purtroppo diffusa e consolidata l'abitudine di lavorare in quota senza particolari protezioni nelle zone laterali e nella zona sottostante, con pericoli di caduta dall'alto. E' pertanto fondamentale pianificare nel dettaglio le sequenze delle fasi lavorative, per individuarne i rischi e adottare le relative misure preventive e protettive. Alcune fasi lavorative qui descritte sono comuni ad altre tipologie di solaio, altre fasi sono invece specifiche per il solaio in oggetto e cambiano altresì in base al tipo di banchinaggio usato.

Per la posa del solaio in sicurezza si possono adottare diverse misure preventive e/o scelte progettuali differenziate in funzione dei materiali e delle opere provvisorie impiegati; la differenza fondamentale è però legata al tipo di banchinaggio utilizzato, che può essere realizzato in due tipologie fondamentali:

1. il banchinaggio parziale o discontinuo (semplici puntelli e travetti rompitratta intermedi);
2. il banchinaggio completo o continuo (puntelli, travetti rompitratta e tavole casseformi tra i travetti).

Affrontando le diverse fasi lavorative, indicheremo anche le varie modalità per eseguire le lavorazioni in sicurezza nelle due tipologie di banchinaggio indicate. Così come signaleremo anche i rischi e le misure preventive delle fasi lavorative comuni alle due tipi di banchinaggio, quali:

- lo scarico e lo stoccaggio dei vari materiali e delle attrezzature;
- il dimensionamento dei puntelli e dei rompitratta;
- la fase di sollevamento e movimentazione dei materiali (travetti e pignatte),
- la fase di posa in opera delle armature integrative a quelle dei travetti e di ripartizione (ferri longitudinali e reti elettrosaldate);
- la fase di getto del cls.

5.4.1. Stoccaggio e movimentazione dei materiali

Tutte le operazioni di movimentazione dei materiali, dai mezzi di trasporto al cantiere, nella zona di stoccaggio o direttamente all'impalcato, devono avvenire con tutte le precauzioni che le norme di sicurezza impongono, ed in particolare **ATTENENDOSI SCRUPOLOSAMENTE ALLE PRESCRIZIONI DEL FORNITORE**.

Il deposito dei materiali in cantiere deve essere eseguito su superfici piane e stabili, evitando di posare direttamente a terra il laterizio per impedire che esso assorba sostanze che possono causare efflorescenze o scarsa adesione dell'intonaco all'intradosso.

Le file di travetti tralicciati vanno separate con listelli in legno, posizionati su una medesima verticale, in corrispondenza del nodo tra staffe e correnti superiori . E' necessario sovrapporre un numero massimo di file di travetti come indicato dalle schede tecniche del produttore; in ogni caso è buona norma non superare le 6 - 8 file in altezza dei travetti sovrapposti.

Anche la distanza tra il punto di sollevamento e il bordo travetto, viene normalmente indicata nelle schede tecniche del produttore, in modo da garantire un sollevamento sicuro ed equilibrato.

Normalmente, per travetti tralicciati di medie dimensioni, i ganci vanno posti sui tralicci ad una distanza "d" dal bordo travetto pari a circa $1/5 - 1/6$ di L, con L che indica la luce del travetto.

Oltre alla distanza dal bordo travetto prescritta, è altresì importante la posizione del gancio di sollevamento, che va sempre posto al vertice del triangolo del traliccio.

Qualora si intenda sollevare più travetti contemporaneamente, bisogna avere a disposizione due tubi di grosso spessore opportunamente calcolati, a cui agganciare il tirante a 4 bracci di circa 4 m., così da avere un angolo al vertice di tiro stretto

5.4.2. Posa in opera banchinaggio trave laterale e travetti intermedi

Come anticipato per la posa di un solaio a travetti prefabbricati si possono utilizzare indifferentemente due tipi di opere provvisorie:

- la cassetta completa di sostegno, con intavolato pieno o, in altri termini,
- la cassetta parziale di sostegno, o banchinaggio discontinuo.

Normalmente, nei solai a travetti e pignatte, viene utilizzato quest'ultimo tipo di banchinaggio, proprio perché l'introduzione di travetti prefabbricati autoportanti permette la loro messa in opera con il semplice appoggio alle due estremità e sui "rompitratte" intermedi.

E' proprio nell'uso del banchinaggio discontinuo che permangono più alti i rischi di caduta dall'alto e, di conseguenza, è necessario adottare specifiche misure preventive . Completata l'esecuzione del primo ordine di pilastri il banchinaggio del solaio potrà iniziare solo quando :

- a. il ponteggio perimetrale sia completo fino alla quota del solaio in costruzione, con specifico parapetto che supera la quota solaio di almeno 1 m.;
- b. siano tutte protette le aperture sul solaio di imposta, con particolare

attenzione al vano scala, che deve essere chiuso con assito spessore 5 cm. e luce max 1,80 ml.

5.4.3. Posa puntelli, travetti e assito per le travi di bordo solaio

La posa del banchinaggio per le travi laterali del solaio, dovrà avvenire secondo le seguenti sottofasi.

1. Va messa in opera la quota di imposta del solaio, fissando ai pilastri un traverso
2. orizzontale come riferimento per la quota prestabilita dell'intavolato della trave ;
3. si allestiscono a terra i portali rovesciati con morale sostenuto da due puntelli, quindi si capovolge il portale sistemandolo alla quota prestabilita dai traversi sui pilastri ;
4. si controventano i correnti con listelli di legno;
5. si posizionano sui correnti stocchetti di morali trasversali ai correnti stessi, che costituiranno la base dell'assito della travi;
6. si raffittiscono i puntelli sui correnti precedentemente innalzati e controventati e si livella il piano;
7. si posano le tavole dell'intavolato banchinaggio;
8. si ripete l'operazione in tutte le luci dei pilastri.
9. In alcune delle fasi lavorative richiamate è necessario che un operatore salga in quota, a livello del solaio, per l'esecuzione delle singole lavorazioni, con evidente rischio di caduta dall'alto;

Possono essere altresì utilizzati ponti su cavalletti (nel caso di solai non più alti di 3 ml.) oppure, per le travi perimetrali all'edificio, si potrà utilizzare il ponteggio precedentemente allestito (fig. 5.5). Nella figura 5.5 sono altresì già previsti i montanti annegati nei getti dei pilastri sui quali potrà essere tesata la linea vita alla quale si ancoreranno i lavoratori in quota.

5.4.4. Posa in opera puntelli e rompitratta intermedi

La posa in opera dei rompitratta intermedi è indispensabile per sostenere il piano complessivo del solaio a secco (travetti, pignatte, ferro e persone) e il peso del cls in fase di getto.

La posa dei rompitratta è semplice, richiede semplici chiodature, il livellamento della quota di appoggio del solaio e la controventatura dei puntelli; il personale opera con scale doppie per le chiodature in quota e a terra per il livellamento puntelli.

5.4.5. Posa in opera travetti e elementi interposti con banchinaggio discontinuo

La fase di posa in opera dei travetti e delle pignatte con banchinaggio discontinuo è una fase altamente pericolosa per le possibili cadute nel vuoto sottostante, sia lateralmente che centralmente al solaio che si sta posando.

Solitamente gli operatori posano travetti e pignatte senza adottare idonee misure di prevenzione, camminando in quota sulle banchine in costruzione, con il rischio costante di caduta nel vuoto.

5.4.6. Posa ferri di armatura e rete elettrosaldata

Per il puntellamento si ricorda l'esigenza di mantenere puntelli e rompitratta in numero

e caratteristiche tali da rispettare le indicazioni del produttore degli elementi del solaio

(vedi schede tecniche caratteristiche solaio); per un maggior approfondimento si rimanda a quanto specificato nella scheda relativa ai puntelli.

Prima del getto (e normalmente prima anche della posa dei ferri), andranno segnalati i punti nei quali dovranno essere realizzate le relative forometrie.

Elementi leggeri in polistirolo o materiali similari impediranno un getto nella zona a disposizione per le forometrie.

E' inoltre buona norma predisporre le protezioni sui ferri di ripresa dei pilastri, sfruttando i classici funghetti con cappello arrotondato in plastica dura .

5.4.7. Fase del getto del calcestruzzo

Durante la fase di getto del calcestruzzo, è fondamentale applicare le seguenti misure preventive:

_ la chiusura preventiva di ogni apertura verso il vuoto, con intavolati e/o robusti parapetti in metalli o in legname;

_ la verifica puntuale del mantenimento del corretto puntellamento sottostante, mettendo in tiro i puntelli eventualmente allentati;

_ evitare, in ogni caso, di sovraccaricare quantitativi di calcestruzzo. in un'area ristretta, Soprattutto prima del getto del calcestruzzo è indispensabile controllare adeguatamente che i

puntelli con i travetti rompitratta sistemati corrispondano almeno a quelli minimi previsti nelle schede tecniche del produttore del solaio

Viene prima effettuato il getto delle travi con relativa vibrazione, quindi il getto della soletta.



Fig. 5.1: Posa in opera solaio con interblocchi in neopropilene



Fig. 5.2: Realizzazione banchinaggio e posa in opera pignatte senza protezioni



Fig. 5.3: Esempio di posa in opera solaio con travetti prefabbricati

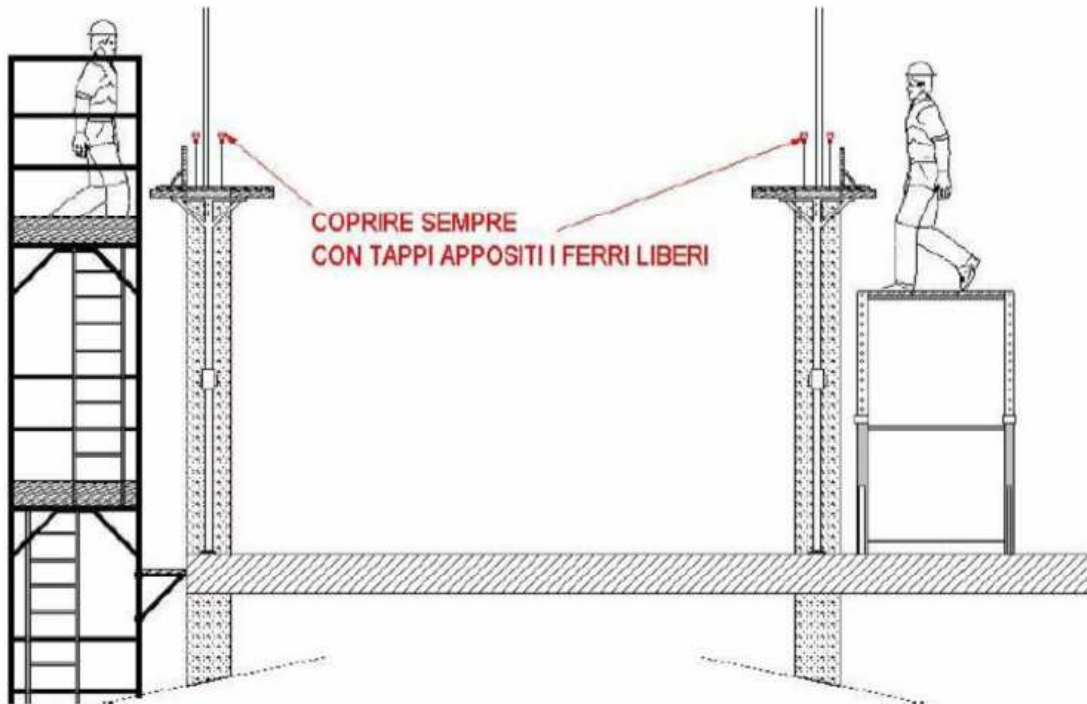


Fig. 5.4: Posa in opera assistito delle travi del solaio

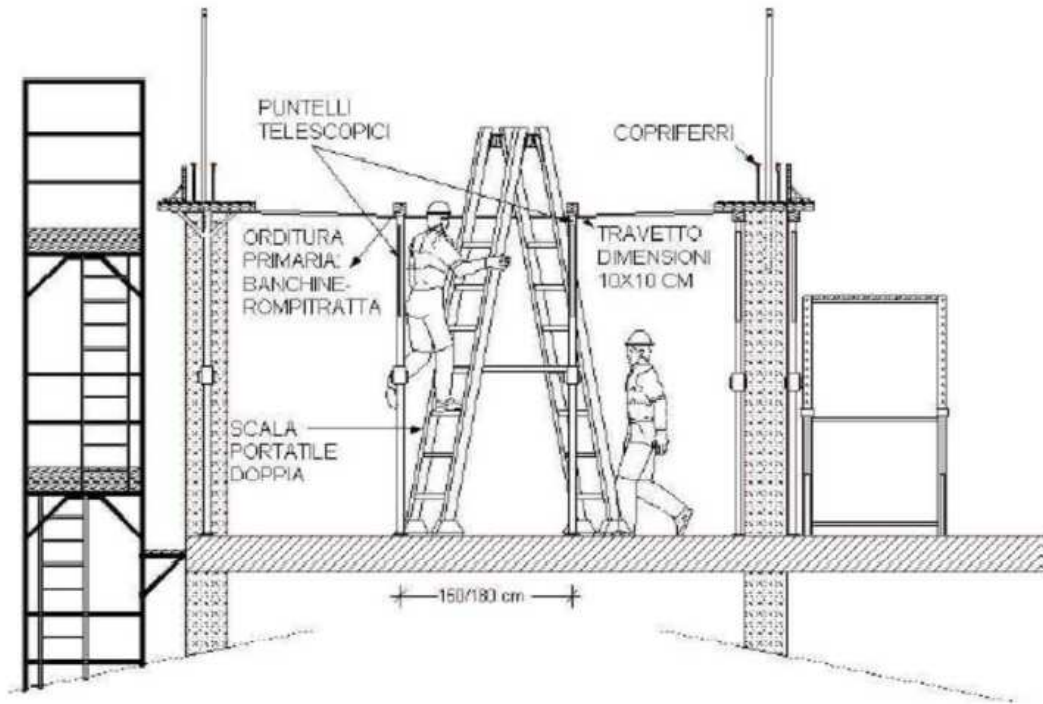


Fig. 5.5: Posa in opera rompitratta intermedi e puntelli

6. Conclusioni

Il progetto descritto in questo lavoro di tesi al momento della mia partenza non era ancora ultimato, infatti io ho potuto seguire il cantiere fino al raggiungimento del secondo piano fuori terra.

Nel corso della tesi le immagini inserite non sono provenienti dal cantiere dell'opera oggetto del seguente lavoro perchè non mi è stato concesso il permesso di poter inserire immagini del cantiere da parte dell'impresa di costruzione.

Detto ciò nel corso della tesi si sono descritte le fasi di realizzazione dell'opera in esame, fornendo sempre un'impostazione tale da poter confrontare le tecniche costruttive italiane e quelle proprie dell'edilizia brasiliana.

Le tecniche di fondazione e ritegno dello scavo sono del tutto simili a quelle italiane correnti.

Si è notato che le procedure e le tecniche per i solai brasiliane sono molto similari a quelle italiane ma risalenti all'edilizia tipica degli anni '80 italiane, dunque si nota una certa arretratezza.

I mezzi a disposizione sono anch'essi datati e molte volte sono mezzi provenienti dal vecchio continente di terza o quarta mano.

Il campanello d'allarme più grande resta la sicurezza, di cui si è fortemente parlato nel capitolo descrivente la posa in opera dei solai. Purtroppo la voce sicurezza sembra non essere recepita all'interno di un cantiere brasiliano, ma per un paese che si ritiene al fine della sua fase sviluppo quest'ultima deve essere un caposaldo.

Infine si nota come le tecniche di programmazione del cantiere rimangono al passo con i tempi, testimoniando come la classe dirigenziale si sia formata in paesi esteri quali U.S.A. o paesi europei.

Ciò rispecchia le due anime del paese, l'anima "ricca" in grado di fornire ai propri figli un'adeguata istruzione e portando in dote al paese un ampio bagaglio di cultura e gli strumenti per un continuo miglioramento e l'altra quella povera, quella degli operai, non tutelata con scarse misure per l'attuazione e la garanzia della sicurezza.

7. Bibliografia

D. Allodi(2008) , *Project Management per l'Architettura*, Francoangeli , Milano.

M. A. Bragadin (2008), *La Programmazione dei Lavori con i Metodi Reticolari* , Politecnica , Maggioli Editore.

C. Cestelli Guidi, *Geotecnica e tecnica delle fondazioni 2* , Ed. Hoepli, Milano.

D. Concato (2013), *Dispense del corso organizzazione del cantiere II parte*, Università di Ferrara.

A. Dondi et al. (2007), *Posa in opera dei solai procedure di sicurezza condivise*, Libra Società di ingegneria Srl.

M. A. Petrerà(2010), *Analisi e confronto di strumenti informatici per la programmazione operativa dei lavori: il caso del "People Moreover" di Bologna*, Università di Bologna.

M. Picone (1984), *Tecnologia della produzione edilizia*, UTET.

R. Sansoni, *Pali e fondazioni su pali*, Ed. Hoepli, Milano.

Simonini (2006) , *Pali trivellati e micropali* , Master, Rovigo.