

REALIZZAZIONE PARATIE DI PALI CON LA TECNOLOGIA C.S.P. (CASED SECANT PILES)

1. PARATIE DI PALI C.S.P.

Con la metodologia C.S.P. (*Cased Secant Piles*) si realizzano paratie di pali tra loro compenetrati, aventi cioè interasse inferiore al diametro stesso dei pali, il cui diametro varia solitamente fra 660 e 1.500 mm. Questa tecnica è utilizzata principalmente in quelle situazioni ove la logistica dell'area di intervento o la natura geologica del terreno su cui si deve intervenire rendono difficoltoso, se non impossibile, realizzare paratie di diaframma con pannelli in cls.

La serie di pali è costituita dai cosiddetti pali primari e da pali secondari: da questa classificazione deriva l'ordine di esecuzione degli stessi e la presenza o meno dell'armatura metallica. La procedura operativa, spiegata con maggior dettaglio di seguito, prevede la realizzazione dei pali primari e successivamente la perforazione dei secondari, che andrà a fresare o spesso carotare parzialmente i primari adiacenti.

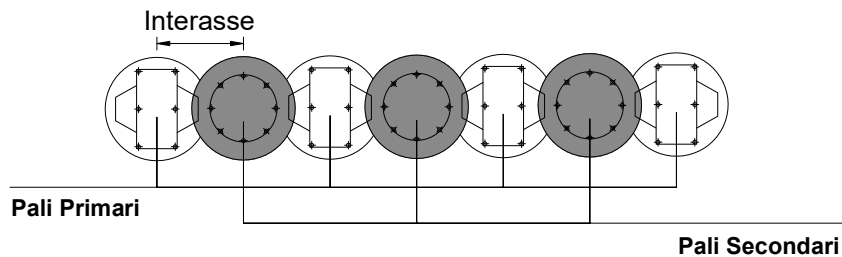


Fig. 1: Schema tipologico di una paratia di pali C.S.P. generica..



Fig. 2: Correa di guida per la successiva perforazione di pali C.S.P.

2. TECNICHE DI ESECUZIONE DELLE PARATIE DI PALI C.S.P.

La tecnologia di perforazione dei pali secanti si è evoluta grazie alla realizzazione di potenti macchine perforatrici particolarmente performanti. Questi pali possono venire eseguiti mediante semplice perforazione tubata (mediante perforatrici a singola testa rotary) oppure possono essere scavati ad elica continua, anch'essa sempre tubata (mediante perforatrici a doppia testa rotary).

In entrambe le metodologie sopra descritte il tubo di rivestimento ha alla sua base una scarpa tagliente realizzata in acciaio speciale in cui sono inserite delle placche di metallo duro (widiam) che hanno lo scopo di rendere possibile l'attraversamento di blocchi, trovanti e calcestruzzo non armato. Il risultato è sempre un foro incamiciato, all'interno del quale verrà successivamente introdotta la gabbia d'armatura e gettato il calcestruzzo per la costruzione del palo.

Questa tecnologia consente di ridurre considerevolmente la decompressione del terreno attraversato: la presenza dei tubi di rivestimento durante tutte le fasi esecutive di scavo evita infatti il franamento delle pareti. Questo tipo di pali è realizzabile in una vasta gamma di terreni coesivi ed incoerenti, sia in assenza che in presenza di falda acquifera.

Per questo specifico progetto, considerata la presenza di terreni particolarmente consistenti con ciottoli o trovanti, si prevede di utilizzare due perforatrici idrauliche a singola rotary, in grado di sviluppare 27.000÷32.000 kg/m di momento torcente. Esse saranno dotate di trascinatore (twister) per l'infissione del tubo camicia e di un pacco aste telescopico che porta gli utensili a scavare all'interno del tubo.



Fig. 3: Perforatrici idrauliche a singola rotary in uso alla scrivente SCS per la realizzazione di paratie di pali C.S.P. (a sx, Soilmec SR-70, a dx Liebherr LB-28-320).

3. TECNICA ESECUTIVA DI REALIZZAZIONE DELLE PARATIE C.S.P.

La procedura di realizzazione delle paratie di pali C.S.P. è schematicamente descritta di seguito:

FASE 1) Preparazione dei piani di lavoro

Preliminarmente alla realizzazione delle paratie in pali secanti verrà realizzato un piano di lavoro con una massicciata in misto stabilizzato di spessore almeno pari a 50 cm, con superficie pressoché orizzontale e con pendenza massima ammessa pari allo 1%, adeguatamente compattato in modo da evitare variazioni d'assetto delle attrezzature durante il loro funzionamento. La capacità portante della piattaforma di lavoro dovrà essere almeno pari a 2 kg/cmq.

La quota dei piani di lavoro dovrà essere posta almeno 1.5 m sopra la massima quota dei livelli piezometrici delle falde acquifere (freatiche e/o artesiane) presenti nel terreno o prevedibili nel periodo di esecuzione dei lavori di scavo dei pali.

FASE 2) Costruzione delle corree di guida

Per garantire una corretta disposizione planimetrica dei pali viene realizzato, mediante l'utilizzo di una apposita cassaforma metallica, un cordolo guida in cemento armato a conformazione compenetrata. Esso permette di identificare in maniera inequivocabile la posizione di tutti i pali e fornisce una guida verticale idonea all'avvio della perforazione, che altrimenti potrebbe subire delle deviazioni planimetriche dalla verticale, nei primi metri di perforazione.

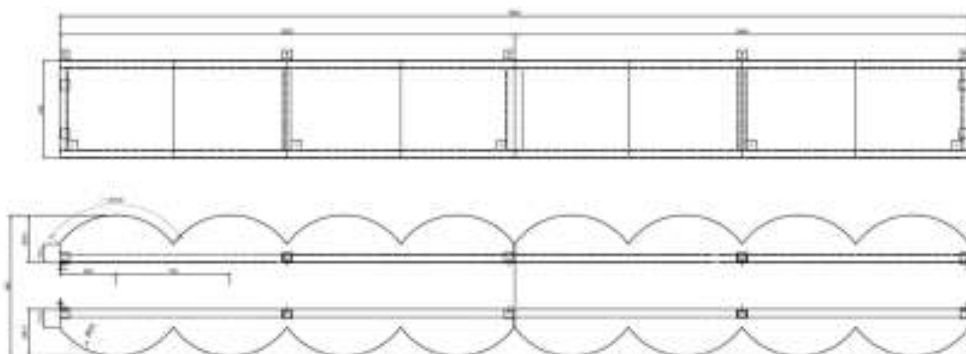


Fig. 4: Casseri metallici per la costruzione delle corree di guida.

FASE 3) Perforazione dei pali primari

Una volta realizzata la correa di guida, si procederà alla perforazione dei pali primari (cfr. schema fig.1). La perforatrice è dotata di trascinatori (twister), che rende solidale l'asta Kelly Bar, il tuboforma e la testa Rotary. Con questa conformazione il tuboforma, durante la fase di carotaggio della scarpa fresante al piede dello stesso, non può in nessun modo deviare dalla verticale, anche per il continuo controllo attivo della verticalità di cui sono dotate le perforatrici. L'azione combinata di appositi utensili di scavo anche intercambiabili (buckets, eliche, carotieri), muniti di inserti al widiam, utilizzati all'interno del tuboforma e la fresatura degli elementi taglienti posti sulla corona, non pongono limiti anche in presenza di grossi massi rocciosi (vd. anche foto allegate).

Considerate le profondità di scavo previste dal progetto, qualora le perforatrici idrauliche previste per la realizzazione delle opere accusassero problemi in fase di rotoinfissione della camicia metallica, verrà usata una morsa giracolonna.

FASE 4) Armatura e getto dei pali primari

Al termine della perforazione dei pali primari, verrà calata all'interno della camicia provvisoria, una gabbia di armatura di forma rettangolare. Essa sarà dotata di appositi distanziatori, costituiti da ferro più leggero (del diam. max. 6,0mm) o vetroresina, per garantire un corretto posizionamento assiale all'interno del palo.

Il getto verrà eseguito con l'ausilio di pompa calcestruzzo e tubo getto che verrà inserito all'interno della camicia metallica mediante argano di servizio della perforatrice e calato per tutta la lunghezza del palo; il tubo getto verrà di seguito collegato alla pompa per poter veicolare e quindi spingere il cls dal fondo del palo verso l'alto. Mano a mano che si prosegue con il pompaggio si procede al parziale recupero del tubo getto e della camicia di rivestimento. Si procede in questa maniera fino al completo riempimento del palo.

Terminato il getto si procederà alla completa rimozione della camicia di rivestimento. Qualora, a causa di una forte coesione tra il terreno e la camicia stessa, si rendesse difficoltosa la fase di estrazione, verrà nuovamente utilizzata la morsa giracolonna.

FASE 5) Perforazione dei pali secondari

Una volta eseguiti una serie di pali primari, e successivamente ad una parziale maturazione del cls gettato (24 ore), si procede con lo scavo dei pali secondari. Esso avverrà con le stesse modalità operative dei pali primari; in questa fase, la scarpa fresante al piede della camicia metallica sarà in grado di tagliare il calcestruzzo dei pali primari, oltre ad attraversare terreni compatti o cementati con ciottoli.

FASE 6) Armatura e getto dei pali secondari

Una volta completata la perforazione del palo secondario si procede all'inserimento della gabbia di armatura (di forma circolare), stoccata a terra e fornita in più tronconi. Il primo troncone viene sollevato dall'argano di servizio della perforatrice, agganciato con le catene e quindi sollevato e guidato sopra il foro dall'operatore che sta sulla macchina. A quel punto intervengono gli operai a terra che guidano la gabbia durante la discesa nel foro. Ad inserimento ultimato, la gabbia viene bloccata con un tubo messo di traverso al suo interno. Si procede successivamente con il sollevamento del secondo troncone di gabbia seguendo le stesse modalità di cui sopra. Questo viene posato sopra il ciuffo di ripresa della gabbia inferiore e, fatta la sovrapposizione, le due gabbie vengono giuntate apponendo dei morsetti di giunzione. Ultimata la fase di giunzione, la gabbia viene posata fino a fondo scavo.

Terminato l'inserimento della gabbia si procede al getto del cls, come da modalità operative precedentemente descritte.



Fig. 5: Paratia di pali C.S.P.

4. ATTREZZATURA PREVISTA E SQUADRE LAVORO

Per la realizzazione delle paratie laterali in pali C.S.P. della galleria artificiale, la scrivete impresa utilizzerà le seguenti perforatrici idrauliche (cfr. fig. 3):

- LIEBHERR LB-28-320 perforatrice idraulica a singola rotary da 100ton, e in grado di sviluppare 32.000 kg/m di momento torcente.
- SOILMEC SR-70 perforatrice idraulica a singola rotary da 86ton, e in grado di sviluppare 27.000 kg/m di momento torcente.

Per ciascuna macchina la squadra lavoro sarà composta da due persone, l'addetto perforatore e un manovale a terra per tutte le operazioni di supporto allo scavo.

5. SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI JEAN LUTZ

L'attrezzatura di perforazione è dotata strumentazione Jean Lutz in grado di automatizzare tutte le fasi di esecuzione del palo. Il monitor dell'apparecchiatura dà all'operatore la possibilità di controllare costantemente la costruzione del palo e misurarne tutte le principali caratteristiche del processo di realizzazione, quali:

- Inclinazione del mast di perforazione;
- Il profilo del palo realizzato (solo con metodologia C.F.A. tubata);
- la profondità e velocità di scavo;
- la coppia e la velocità di rotazione della trivella;
- la portata, il volume utilizzato e la pressione del getto di calcestruzzo (solo con metodologia C.F.A. tubata);
- la quantità di calcestruzzo iniettato: consumo immediato e medio (sovraconsumo) (solo con metodologia C.F.A. tubata).

I dati acquisiti vengono registrati e memorizzati su scheda di memoria, per ottenere la scheda grafica del palo realizzato

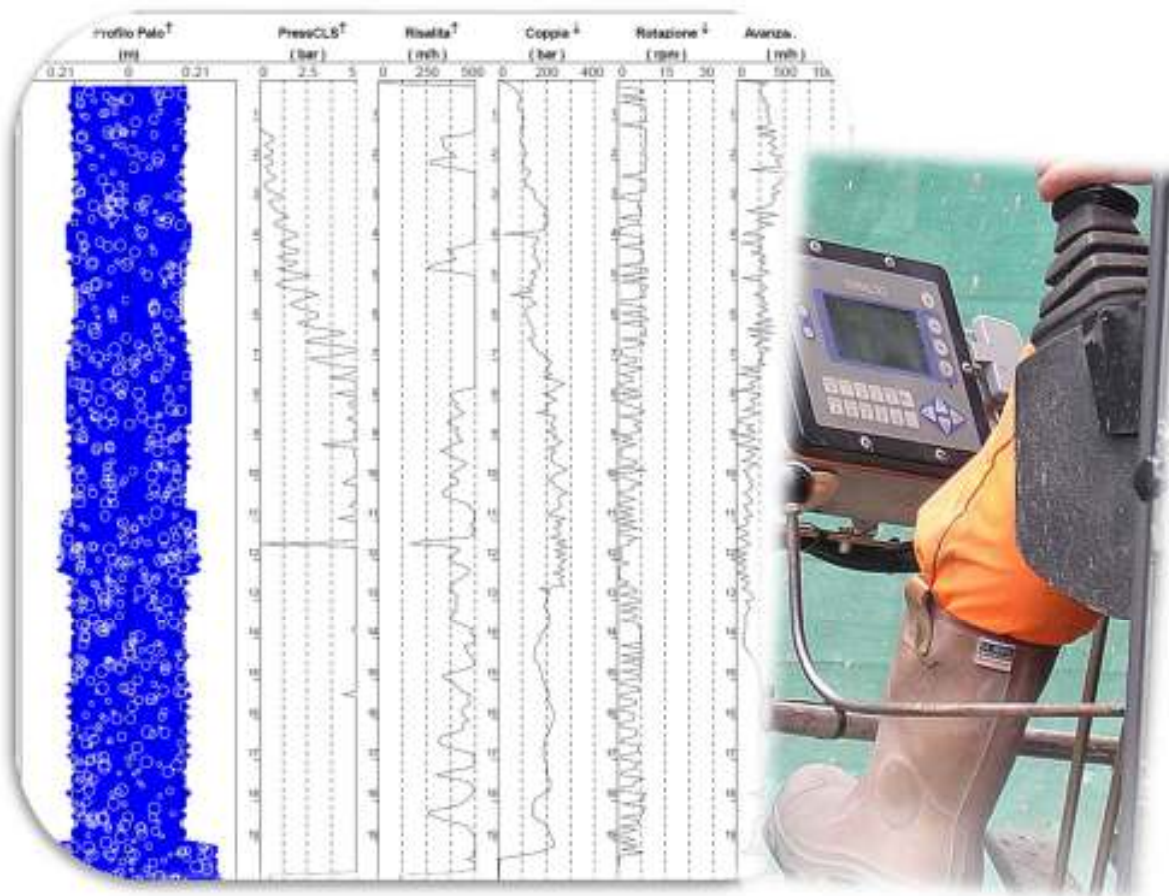


Fig. 6: Monitor Jean Lutz (a destra) e restituzione grafica di un palo palo realizzato.

6. VANTAGGI DELLA TECNOLOGIA C.S.P.

I vantaggi dell'utilizzo della tecnologia C.S.P. possono venire sinteticamente riassunti come segue.

- **Assenza di decompressione del terreno scavato:** Il terreno scavato non è soggetto a detensionamenti perché sempre sostenuto (durante la fase di perforazione dalla camicia di rivestimento; durante la fase di getto dal cls stesso gettato)
- **Ampia gamma di terreni su cui intervenire:** Il metodo si rivela molto efficiente in terreni coesivi e incoerenti, ma anche, mediante elementi fresanti al widiam, in livelli cementati o più grossolani, con presenza di ciottoli o trovanti. È inoltre possibile, per la presenza di questi ultimi, attraversare elementi preesistenti in muratura e cls. non armato.
- **Processo di installazione senza vibrazioni e limitata rumorosità,** tipici di sistemi a vibroinfissione, verso le strutture adiacenti al sito di lavoro. La limitata rumorosità è consigliata per l'uso di questa tecnologia nei centri abitati.
- **Scavo in assenza di fluidi/bentonite,** con materiale di risulta costituito esclusivamente da terreno naturale incontaminato, conferibile presso opportuni centri di raccolta autorizzati. L'assenza di fanghi di perforazione comporta inoltre minori ingombri del cantiere dovuti all'assenza degli impianti di preparazione dei fanghi di perforazione, e di conseguenza minore disagio per la pulizia del cantiere e per la viabilità.
- **Ridotto sfrido di calcestruzzo,** per l'assenza di sbulbature del palo dovute allo scavo con camicia metallica.
- **Assenza di impianti di miscelazione e dissabbiamento,** necessari nei cantieri di diaframmi tradizionali o con idrofresa.

- **Garanzia di tenuta idraulica della paratia realizzata**
- **Garanzia di elevata verticalità del palo** (massima deviazione pari a 1%)
- **Geometria della paratia finitea più regolare ed esteticamente più gradevole**, qualora non siano previste coperture.

7. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PALI C.F.A.





PALI CFA RIVESTITI A METODOLOGIA CAP

Le fasi di esecuzione dei pali CAP sono le seguenti:

- 1) Costruzione di una correa di guida in cemento armato a conformazione tangente. Normalmente la correa viene realizzata mediante l'utilizzo di una apposita cassaforma metallica con inserti a perdere in polistirolo: tali inserti visualizzano la futura posizione dei pali il cui interesse risulta uguale al diametro degli stessi.
- 2) Perforazione dei pali con utilizzo di testa rotary principale a rotazione destrorsa e contemporaneo approfondimento di un tubo di rivestimento "rotoinfisso" con testa rotary secondaria, a rotazione sinistrorsa. Il tubo di rivestimento ha alla sua base una scarpa tagliente realizzata in acciaio speciale in cui sono inserite delle placche di metallo duro (widia) che hanno lo scopo di rendere possibile l'attraversamento anche di blocchi, trovanti e calcestruzzo non armato. Nella perforazione viene comunemente usato un singolo elemento di tubo di rivestimento.
- 3) Terminata la perforazione del palo si prosegue con il getto realizzato sempre con la nota metodologia di getto C.F.A. dove con questa tecnologia il calcestruzzo (autocompattante ed ad alto grado di slump) viene pompato in pressione attraverso l'asta vuota della trivella per formare il palo. Il calcestruzzo in pressione forza il dispositivo di chiusura alla base della trivella, e quindi riempie il vuoto, man mano che la trivella viene estratta.

La pressione ed il flusso del calcestruzzo sono visualizzati sull'apposito monitor Jean Lutz pile integrity recorder durante tutto il corso dell'operazione del getto.

Le attrezzature più moderne sono dotate di una serie completa di strumenti in grado di automatizzare tutte le fasi di esecuzione e misurare tutte le caratteristiche principali del processo di realizzazione dei pali, quali: la profondità di scavo, la pressione del getto di calcestruzzo, il flusso di calcestruzzo all'interno dell'asta e la quantità totale di calcestruzzo pompato.

La strumentazione consente all'operatore la possibilità di controllare costantemente la costruzione del palo e può essere collegata elettronicamente ad un registratore di dati che fornisce inoltre: il nome del progetto, il numero del palo, data, tempo di costruzione e diametro del palo.

Una caratteristica interessante della strumentazione è che fornisce ulteriori dati sull'integrità del palo. Infatti, collegandola ad un piccolo computer è possibile, calcolando il volume del calcestruzzo iniettato ogni 25 cm circa, confrontare il profilo reale del palo con il profilo teorico. E' possibile in questo modo visualizzare qualsiasi anomalia o difetto di costruzione.

- 4) Al termine dell'iniezione di calcestruzzo si procede all'inserimento dell'armatura. L'utilizzo di calcestruzzo "autocompattante" rende possibile l'armatura del palo anche per lunghezze superiori ai 20 mt. L'armatura deve essere particolarmente rigida e pertanto assemblata con saldatura.

La tecnologia CAP genera poco rumore ed assenza di vibrazioni.

L'attrezzatura è quindi particolarmente indicata per uso nelle città (bassa rumorosità ed assenza di vibrazioni) o ambienti particolari e dove il tempo esecutivo e lo spazio a disposizione sono limitati.



Nella foto si nota la differenza tra pali realizzati con metodologia c.f.a.(a sinistra) e con metodologia c.a.p. (a destra).



