PALI A ELICA CONTINUA (C.F.A.)

I pali realizzati con la tecnologia a elica continua (*Continuous Flight Auger*) sono pali trivellati gettati in opera, generalmente impiegati come pali di fondazione di medio e grande diametro (400÷1000mm). Essi costituiscono una valida alternativa ai pali trivellati con bentonite e rappresentano una metodologia esecutiva particolarmente adatta per interventi in centri urbani, in quanto vengono eliminati vibrazioni e disturbi alle strutture adiacenti e ridotte le emissioni acustiche.

1. DESCRIZIONE E PECULIARITÀ DEL PALO C.F.A.

La tecnologia C.F.A. è una metodologia esecutiva dei pali di fondazione che utilizza, come utensile di perforazione, un'elica continua (o coclea) dotata di un'asta cava e chiusa alla base con un dispositivo che impedisce l'entrata di terreno ed acqua durante lo scavo.

I pali C.F.A. sono eseguiti mediante l'infissione a rotazione nel terreno dell'elica continua, con utilizzo di una apposita rotary montata su torre guida. Parametri quali velocità di rotazione e di penetrazione possono essere variati a seconda delle caratteristiche geotecniche del terreno su cui si opera. Inoltre la falda acquifera non influenza in alcun modo le operazioni di perforazione.

Questa tecnologia consente di ridurre considerevolmente la decompressione del terreno attraversato. La presenza dell'elica durante tutte le fasi esecutive di scavo evita il franamento delle pareti: per questo motivo non si rendono necessari né i tubi di rivestimento, né la rischiosa e poco pratica metodologia con fanghi bentonitici per sostenere gli scavi. Ciò comporta una notevole semplificazione in termini di smaltimento dei materiali di risulta.

Questo tipo di pali è realizzabile in una vasta gamma di terreni coesivi ed incoerenti, sia in assenza che in presenza di falda acquifera.

Fig. 1: *Macchine operatrici in fase di esecuzione di pali C.F.A..*

2. ATTREZZATURE UTILIZZATE PER LA REALIZZAZIONE DEL PALO C.F.A.

Le attrezzature di perforazione che SCS Soc. Coop. utilizza per l'esecuzione di questa tecnologia di pali sono potenti macchine perforatrici idrauliche con elevati valori momento torcente (compreso tra 10.000 ÷ 30.000 kg/m) .

L'utensile di perforazione è costituito, come anticipato, da un'elica continua costituita da una batteria di elementi di lunghezza variabile da 1,5 a 6m. L'anima cava centrale dell'utensile permette il pompaggio del calcestruzzo al raggiungimento della profondità di scavo prevista dal progetto. In terreni di difficile attraversamento, quali terreni alluvionali ghiaiosi, la testa dell'elica può essere dotata di appositi inserti fresanti al Widiam (picchi). Le eliche disponibili hanno diametri variabili tra 300mm e 1.200mm.

Per motivi di sicurezza, durante la realizzazione dei pali, le macchine perforatrici sono dotate di pulitore per mantenere pulita l'elica di perforazione al fine di evitare l'eventuale proiezione di terreno estratto sia all'interno che al di fuori del perimetro di cantiere.

Fig. 2: *Utensili di perforazione dei pali C.F.A. (a sinistra) e particolari degli inserti fresanti e dell'anima cava (a destra).*

Sistema di acquisizione 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;
- 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;
- la quantità di calcestruzzo iniettato: consumo immediato e medio (sovraconsumo).

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

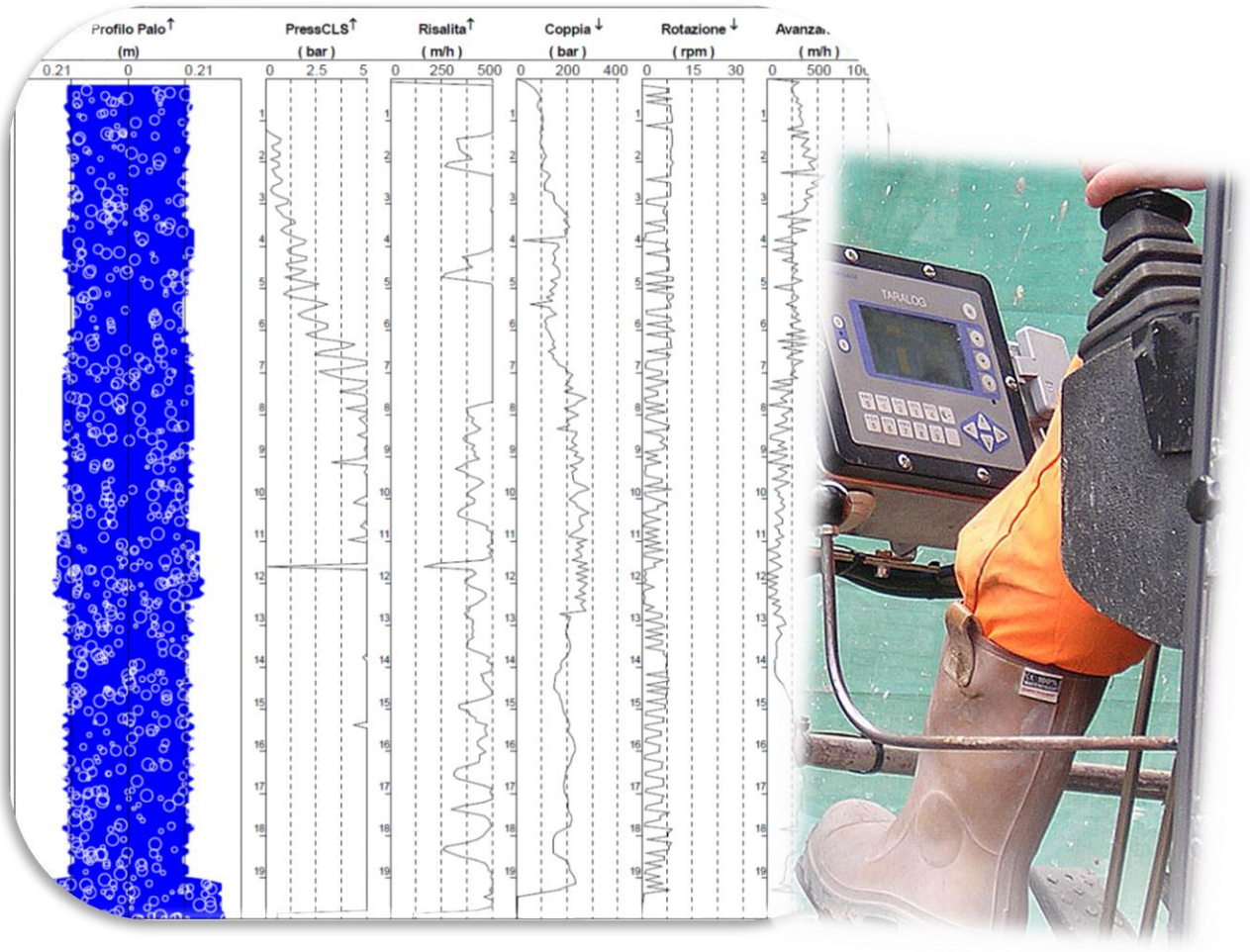


Fig. 3: *Monitor Jean Lutz (a destra) e restituzione grafica di un palo palo realizzato.*

3. TECNICA ESECUTIVA DI REALIZZAZIONE DEL PALO C.F.A.

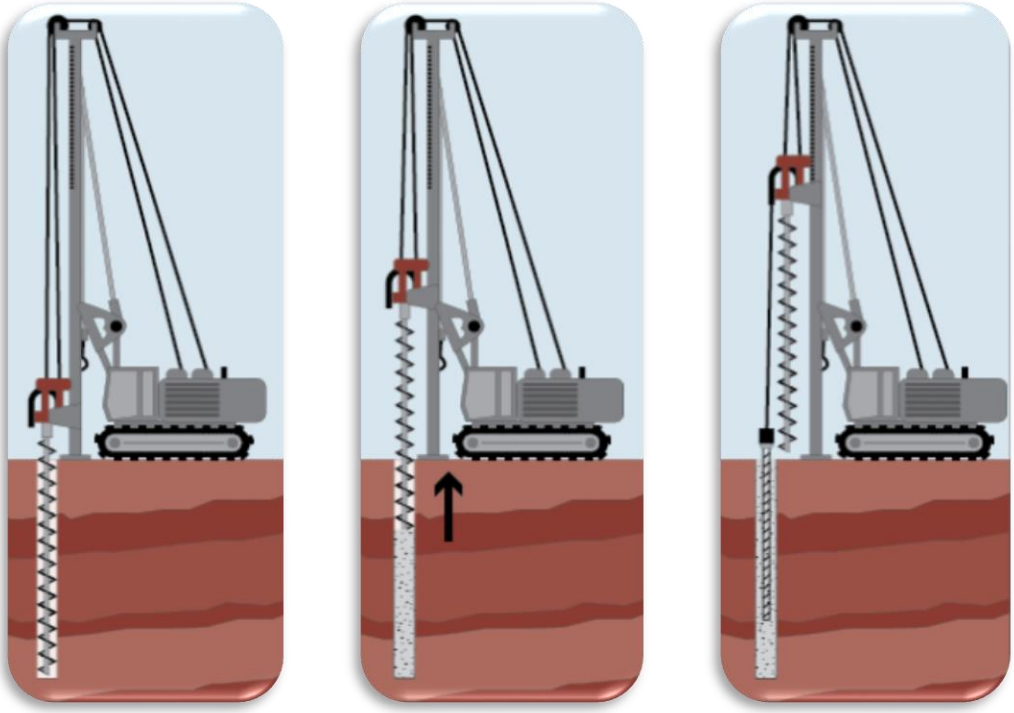
La procedura di esecuzione standard dei pali a elica continua è schematicamente descritta e rappresentata di seguito:

FASE 1) Posizionamento dell'attrezzatura di perforazione sulla verticale del foro e inizio della perforazione mediante infissione dell'elica continua nel terreno. L'argano di cui è provvista la perforatrice applica all'elica, mediante una Kelly bar, la spinta necessaria alla perforazione; contemporaneamente l'elica è posta in rotazione, scendendo così nel terreno e producendo un foro di diametro pari a quello dell'utensile. Il terreno asportato viene raccolto tra le spire dell'elica, che garantisce il sostegno del foro. A seconda della natura dei terreni attraversati e della macchina in uso, la profondità di scavo può spingersi fino a 35m.

FASE 2) Al raggiungimento della profondità di progetto, inizia la fase di sollevamento dell'utensile, in tempi determinati e automatizzati grazie alla strumentazione in dotazione (Jean-Lutz). In contemporanea avviene il pompaggio in pressione del calcestruzzo attraverso le aste cave, il quale esce dalla apposita valvola posta alla punta. Durante questa fase, l'elica risale ruotando lentamente mentre il calcestruzzo pompato occupa progressivamente lo spazio precedentemente scavato.

FASE 3) Quando l'utensile è stato estratto si procede, se richiesto, con la posa della gabbia d'armatura nel calcestruzzo (nel caso si rendesse necessario, tramite l'ausilio di un apposito vibratore) o idonei

profilati in acciaio. Le gabbie d'armatura, realizzate secondo progetto e costituite in elementi modulari di lunghezza variabile tra 6m e 12m, verranno sollevate mediante l'argano di servizio della perforatrice. Qualora la lunghezza del palo sia superiore ai 12m verranno assemblati più elementi direttamente a boccaforo mediante morsetti.



FASE 1) ***FASE 2)*** ***FASE 3)***

Durante la realizzazione del palo C.F.A. non si verifica mai una fase di foro aperto: l'immissione del calcestruzzo avviene infatti in modo continuo e controllato durante la lenta risalita dell'elica di perforazione fino al totale riempimento del foro. Inoltre il terreno di risulta scavato viene scaricato sul terreno adiacente al foro dal pulitore montato sulla macchina perforatrice e successivamente caricato, mediante escavatore, su autocarri per il trasporto nelle aree di discarica autorizzata.

4. PALI C.F.A. TUBATI (TECNOLOGIA C.A.P.)

Negli ultimi anni, allo scopo di migliorare ancor di più la tecnologia C.F.A. e renderne possibile l'esecuzione anche in presenza di stratigrafie critiche (riporti, trovanti), le principali case produttrici hanno messo a punto perforatrici di maggiori prestazioni con una seconda testa di rotazione agente in senso inverso (sinistrorso). Lo scopo è quello di infiggere, sempre a rotazione e in simultanea all'elica, un tubo forma azionato dalla apposita separata testa di rotazione. Analogamente all'elica continua anche le tubazioni di rivestimento possono essere munite di appositi denti taglienti fresanti ad alto rendimento.

Altra peculiarità importante della tecnologia a doppia testa è il fatto che permetta l'esecuzione d pali secanti (tecnologia C.S.P.) rendendo possibile esecuzione di paratie in pratica in qualsiasi terreno (anche gravoso) senza alcun pericolo di decompressione del terreno e garantendo una deviazione sulla verticale migliorativa rispetto a qualsiasi altra soluzione tecnologia.

Per la descrizione delle tecnologie C.A.P. e C.S.P. si rimanda a specifiche brochure tecniche.

5. VANTAGGI DELLA TECNOLOGIA C.F.A.

I vantaggi dell'utilizzo della tecnologia C.F.A., se confrontati con le altre metodologie esecutive, possono venire sinteticamente riassunti come segue.

Assenza di decompressione del terreno scavato

- Il terreno scavato non subisce detensionamenti perché sempre sostenuto, durante la fase di perforazione, dall'elica continua e dal materiale compreso tra le sue spire;
- Il terreno asportato viene istantaneamente sostituito dal calcestruzzo pompato in pressione e ciò comporta un miglioramento nell'aderenza palo-terreno;
- Aumento della portata per attrito laterale e di punta rispetto ai tradizionali pali trivellati con bentonite.

Ampia gamma di terreni su cui interventire

- 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.

Processo di installazione senza vibrazioni e limitata rumorosità

- l'utilizzo di un utensile di questo tipo, unito alla tecnica di perforazione a rotazione, garantisce l'assenza di vibrazioni od urti verso le strutture adiacenti al sito di lavoro;
- la limitata rumorosità permette l'uso di questa tecnologia nei centri abitati.

Materiale di risulta non contaminato

- scavo in assenza di fluidi/bentonite, con materiale di risulta costituito esclusivamente da terreno naturale incontaminato, conferibile presso opportuni centri di raccolta autorizzati.

Rapidità ed economia di esecuzione

- la modalità operativa per la realizzazione dei pali C.F.A. garantisce una produzione giornaliera elevata, rendendoli quindi economicamente vantaggiosi rispetto ai tradizionali pali trivellati.

  La produzione in cantiere dipende principalmente dai seguenti fattori:

- diametro del palo;
- coppia e forza premente;
- densità del terreno;
- capacità di costipamento del suolo;
- capacità di pompaggio di cls da parte della pompa.

6. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PALI C.F.A.