

## **COSTRUZIONE PALO COL SISTEMA AD ELICA CONTINUA (CFA)**

La tecnologia CFA rappresenta una metodologia perfetta per interventi in centri urbani, in quanto elimina vibrazioni e disturbi alle strutture adiacenti e riduce le emissioni acustiche.

Il palo CFA consente di evitare la decompressione del terreno e l'utilizzo dei fanghi bentonitici di perforazione.

Ciò comporta una notevole semplificazione dello smaltimento del materiale di risulta.

Il palo CFA rappresenta una soluzione ideale per una vasta gamma di terreni coesivi ed incoerenti, sia in assenza che in presenza di falda, e grazie alla potenza delle nuove attrezzature anche l'attraversamento di banchi di rocce tenere (tufi, argille marnose, calcareniti), ghiaie e ciottoli.

### **FASE PRELIMINARE**

#### **Piano di lavoro**

Prima di cominciare i lavori, deve essere realizzato un piano di lavoro in grado di sostenere tutte le attrezzature coinvolte nella costruzione dei pali.

#### **Assemblaggio delle gabbie di armatura**

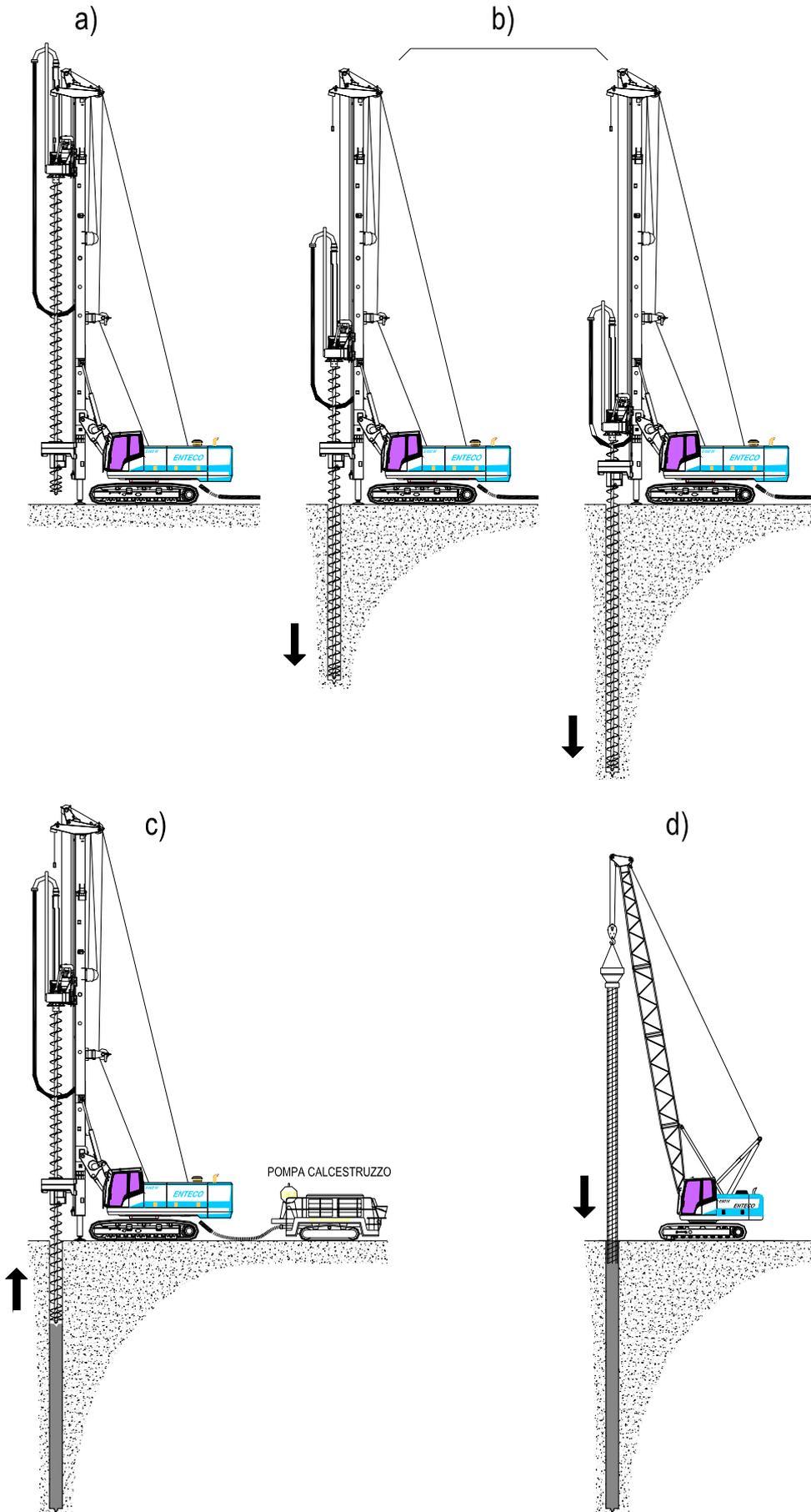
L'armatura, costituita da una gabbia d'acciaio, sarà costruita secondo progetto ed assemblata in stabilimento; se risulta necessario l'assemblaggio in sezioni, queste devono essere adeguatamente giuntate per mezzo di saldature o utilizzando dei morsetti metallici.

Una volta completato l'assemblaggio la gabbia deve essere etichettata per consentirne il riconoscimento.

### **SEQUENZE ESECUTIVE**

La realizzazione dei pali CFA avviene secondo le seguenti fasi esecutive:

- Piazzamento della perforatrice
- Perforazione;
- Getto di calcestruzzo ed estrazione dell'elica
- Inserimento della gabbia di armatura



## **Piazzamento**

L'attrezzatura viene movimentata centrando la punta dell'elica nella posizione teorica del palo indicata sul piano di lavoro tramite un picchetto.

La verticalità è controllata con un indicatore a comando elettronico con video in cabina dall'operatore.

## **Perforazione**

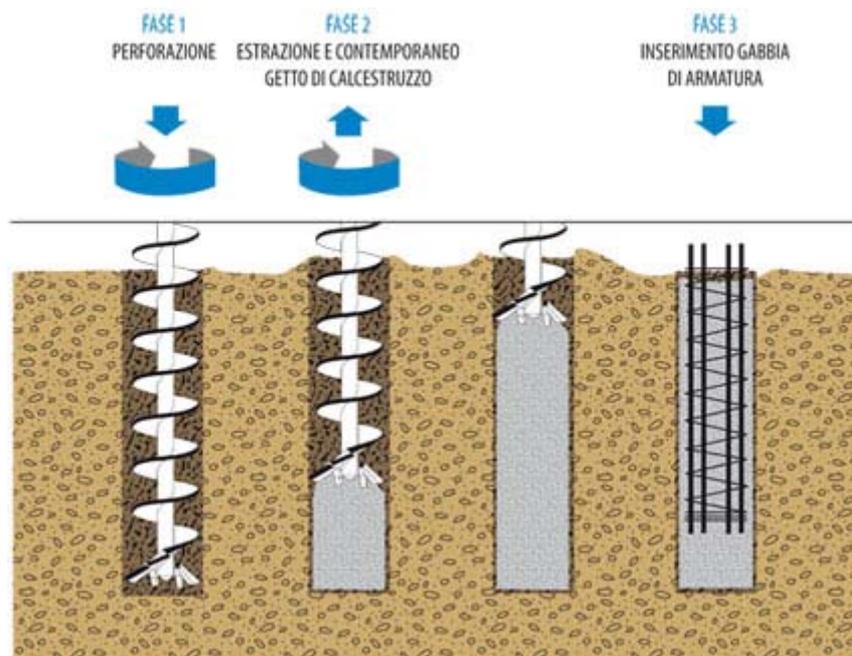
La perforazione si esegue mediante infissione di un utensile costituito da un piatto in acciaio di forma elicoidale saldato ad un'asta cava centrale munita, in corrispondenza dell'estremità inferiore, di denti che ne facilitano la penetrazione nel terreno (vedi figura 1).

L'ingresso di terreno nella cavità centrale è impedito da una puntazza collocata al suo estremo inferiore.

Attraverso un Kelly bar (asta di perforazione) si applica la spinta dell'organo di cui è provvista la macchina all'utensile che contemporaneamente è posto in rotazione scendendo così nel terreno e producendo un foro di diametro pari all'elica. Il terreno rimosso viene raccolto nello spazio tra le spire dell'elica.

Raggiunta la profondità finale si comanda l'apertura della punta dell'utensile e si procede al getto del palo, sempre con il sistema automatico computerizzato di risalita: durante la fase di getto il calcestruzzo viene immesso attraverso l'asta cava e va a riempire il volume precedentemente occupato dal terreno. L'immissione del calcestruzzo avviene in modo continuo e controllato contemporaneamente al graduale sollevamento dell'utensile. Nel palo CFA non si ha quindi una fase di foro aperto da riempire con calcestruzzo, ma è lo stesso calcestruzzo che si crea lo spazio da colmare, spingendo sempre verso l'alto con una pressione positiva la base dell'utensile; terminato il getto si procede alla posa in opera dell'armatura metallica.

**Fig.1 - Fasi di esecuzione del palo CFA**



Al fine di controllare costantemente il valore della pressione di pompaggio del calcestruzzo si utilizza un trasduttore di pressione collocato in corrispondenza del manicotto in testa alla batteria di scavo; tale sensore è collegato ad un indicatore digitale posto all'interno della cabina di manovra della perforatrice in modo da risultare ben visibile dall'operatore.

Il getto terminerà a livello del piano di lavoro ( piano cingoli).

### ***Getto del calcestruzzo ed estrazione dell'elica***

Il getto del calcestruzzo avviene attraverso l'asta cava centrale utilizzando una pompa per calcestruzzo da 60-80 mc/ora.

Il calcestruzzo preconfezionato viene fornito mediante autobetoniera; il getto comincerà solo quando sarà assicurata la fornitura del calcestruzzo necessario al completamento dell'intero getto. In fase iniziale, al fine di lubrificare la superficie interna dei tubi, è necessario pompare attraverso i medesimi una quantità appropriata di miscela di polimeri biodegradabili.

Raggiunta la profondità richiesta il calcestruzzo viene pompato all'interno della batteria ad una pressione di circa 2 bar e la trivella viene sollevata di alcuni centimetri; la pressione raggiunta comporta l'espulsione della puntazza ed il riempimento dello spazio sottostante.

In fase di getto la pressione si riduce a 0.5-1 bar e contribuisce al sollevamento dell'elica e del terreno presente sulle sue spire; mentre il calcestruzzo occupa progressivamente la cavità realizzata, l'elica risale ruotando lentamente.

Per garantire l'integrità del palo occorre mantenere costantemente positivo il valore della pressione del calcestruzzo pompato ed eseguire un sollevamento lento e regolare.

### ***Inserimento della gabbia di armatura***

L'inserimento dell'armatura prevede l'impiego di una gru in grado di sollevare la gabbia più lunga e pesante prevista nel progetto; in alternativa potrà essere utilizzato l'organo di servizio della perforatrice.

Le gabbie più lunghe sono composte da elementi modulari (solitamente di 12 metri) che sono assemblati l'uno sull'altro a boccaforo.

Una volta che l'armatura è in posizione verticale, la gru di servizio si muoverà verso il foro già gettato per inserire la gabbia.

Nel caso in cui la gabbia sia composta da più elementi , la connessione è effettuata mediante morsetti.

## **MATERIALE DI RISULTA**

Il materiale di risulta è scaricato sul terreno dal pulitore montato sulla perforatrice; mediante la pala meccanica; il materiale è caricato su autocarri per il trasporto nelle aree di discarica autorizzata

## **STRUMENTAZIONE DI ACQUISIZIONE DATI**

L'attrezzatura di perforazione viene generalmente dotata di una strumentazione elettronica in grado di rilevare e comunicare visivamente all'operatore, in tempo reale, i seguenti parametri:

In fase di perforazione:

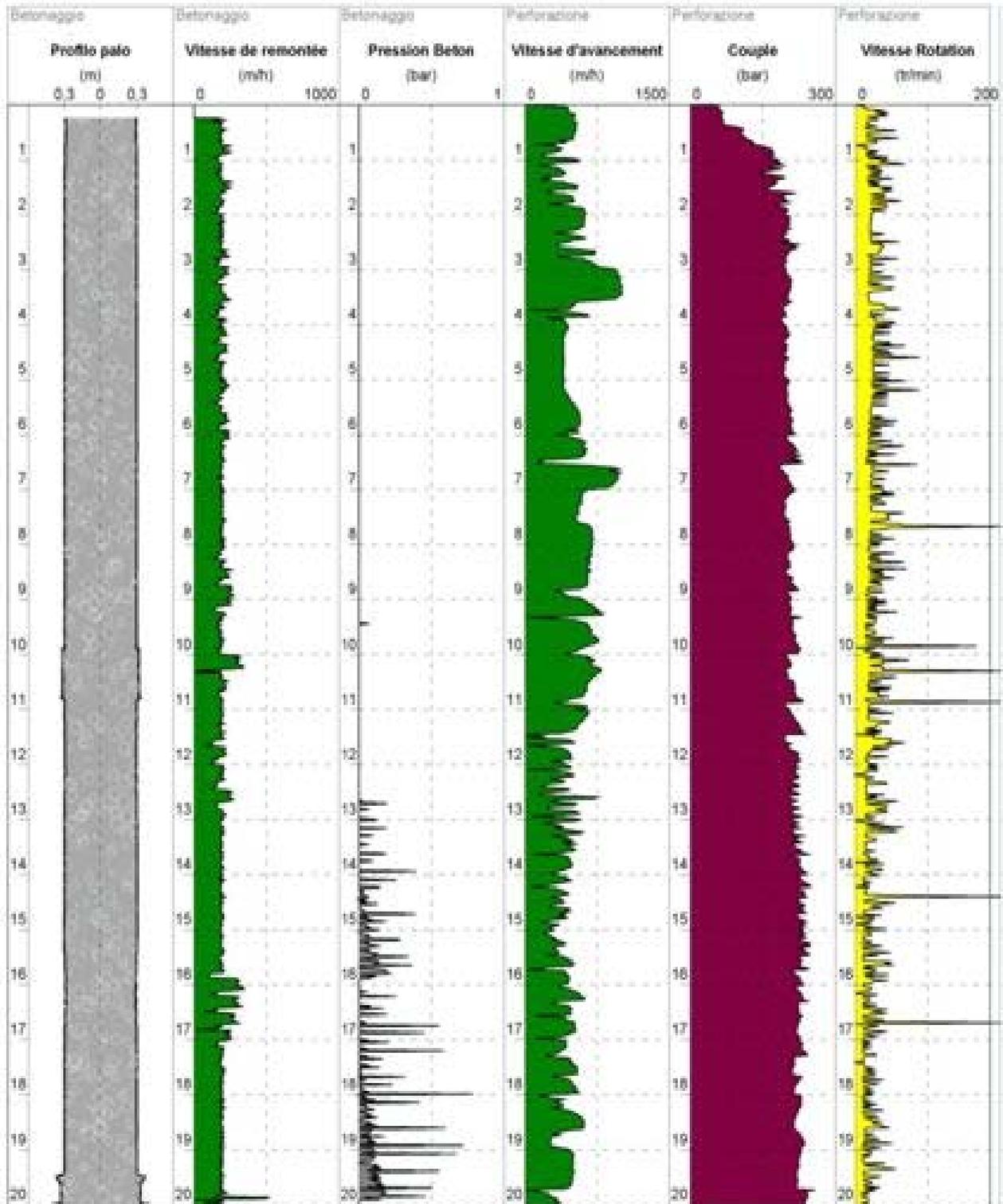
- Profondità;
- Velocità di avanzamento;
- RPM;
- Coppia di rotazione applicata sull'elica;

In fase di getto:

- Profondità;
- Velocità di risalita;

- Pressione e volume del calcestruzzo;
- Portata del calcestruzzo;

E' possibile abbinare la strumentazione elettronica con uno specifico software in grado di elaborare i sopra citati parametri; l'elaborazione dei dati acquisiti consente inoltre di rappresentare graficamente la geometria approssimativa del palo ottenuto( vedi figura 2).



## MATERIALI E LORO CONTROLLO

### a) Calcestruzzo

La buona riuscita del getto è condizionata dal CLS. Il calcestruzzo viene pompato in pressione utilizzando una pompa.

Un buon calcestruzzo da CFA deve avere:

- quantitativi medio-alti di parti fini

I componenti del mix design per il calcestruzzo sono i seguenti:

- Cemento;
  - Pietrisco (5/15);
  - Sabbia grossolana (0/7);
  - Sabbia (0/4);
  - Acqua;
  - Additivo/i
- Classi di consistenza superfluide (S5), con valori di slump maggiori di 23-25 cm, o calcestruzzo tipo SCC (autolivellante).
  - Mantenimento della lavorabilità 90 minuti

La lavorabilità è influenzata da molti fattori, tra i quali i principali sono:

- Rapporto acqua/cemento;
- Dimensioni degli aggregati e curva granulometrica;
- Contenuto di cemento;
- Presenza di additivi.

Lo "SLUMP" del calcestruzzo viene misurato col cono di **Abrams**.

Il cono di **Abrams** è uno stampo a forma di tronco di cono che serve a determinare la consistenza del calcestruzzo fresco (figure 3,4,e 5).

Solitamente è costruito in lamiera di acciaio zincato o inossidabile, è dotato di due manici per la sformatura e, nella parte inferiore, di due alette che servono a mantenerlo fermo nel corso del riempimento.

La prova che viene eseguita utilizzando il cono di Abrams prende il nome di **slump test** ed è una valutazione della deformazione che un impasto subisce per effetto del proprio peso, quando viene privato del recipiente che lo sostiene. Il recipiente tronco-conico viene riempito con tre strati successivi, costipando ogni strato con 25 colpi dati con un pestello (lunghezza 2'=61 cm, diametro 2/3"=1,6 cm punta arrotondata). Si livella la superficie e si estrae il cono con molta delicatezza, in un lasso di tempo fra i 5 e i 10 secondi. La prova deve essere eseguita entro 150 secondi, dai momenti in cui si versa il primo strato fino alla misurazione dell'abbassamento. Il calcestruzzo comincia così ad abbassarsi. Dalla misura dell'abbassamento relativo si deduce la consistenza dell'impasto: - asciutta (0-5 cm); - plastica (5-10 cm); - fluida (>10 cm).

L'abbassamento può avvenire in diversi modi: l'unico accettabile è lo slump vero, cioè un abbassamento regolare dell'impasto. Gli altri (slump di taglio, collasso) sono indice di qualche irregolarità nel confezionamento del calcestruzzo. Quando al primo tentativo si ottiene un abbassamento per scorrimento (abbassamento non idoneo) la prova viene ripetuta una seconda volta e se viene confermato lo stesso risultato del precedente tentativo, il calcestruzzo preso in esame è da scartare poiché non idoneo al test. Lo slump test non si effettua per il calcestruzzo autolivellante, per il quale si effettua il test del J-ring. In base al risultato dello slump test (secondo la normativa UNI EN 206-1), si individuano 5 classi di consistenza:

S1 (umida, minima lavorabilità) abbassamento fra 1 e 4 cm;

S2 (plastica) abbassamento fra 5 e 9 cm;

S3 (semifluida)abbassamento fra 10 e 15 cm;

S4 (fluida)abbassamento fra 16 e 21 cm;

S5 (superfluida, massima lavorabilità) abbassamento oltre i 21 cm.

La consistenza è una caratteristica che viene indicata in progetto: generalmente per getti verticali (pilastri e plinti) è possibile utilizzare le classe S3-S4, mentre per getti orizzontali o molto armati può essere necessaria la classe S5. Là dove siano necessari impasti ancora più fluidi, si utilizza il calcestruzzo autolivellante (SCC).



**fig. 3** - Cono di Abrams



**Fig. 4** Riempimento del cono di Abrams con calcestruzzo fresco.



**Fig. 5** Sollevamento del cono di Abrams

In tutti i documenti di trasporto dovrà essere chiaramente indicato quanto segue:

- ora di partenza dalla centrale di confezionamento
- ora di arrivo in cantiere
- corrispondenza delle caratteristiche prescritte del calcestruzzo

Sul documento di trasporto dovranno essere successivamente sempre annotati l'ora di inizio e di fine scarico.

Non saranno accettati e verranno respinti trasporti di calcestruzzo che abbiano impiegato più' di 60 minuti nel percorrere il tragitto tra la centrale di confezionamento ed il cantiere.

La fornitura del calcestruzzo dovrà avvenire con regolarità, evitando di avere intervalli di tempo tra una fornitura e l'altra sia lunghi che troppo ravvicinati.

Verranno inoltre respinti carichi di calcestruzzo non rispondenti alle caratteristiche prescritte.

Eventuale aggiunta di acqua dovrà essere espressamente autorizzata dal confezionatore e riportata su ogni singolo documento di trasporto. Sono tassativamente vietate eventuali aggiunte d'acqua arbitrariamente effettuate. In quest'ultimo caso, il carico di calcestruzzo verrà rifiutato e al trasportatore verrà interdetto ogni ulteriore ingresso in cantiere.

La botte dell'autobetoniera dovrà essere sempre in movimento, sia durante il tragitto di trasporto, sia durante eventuali attese in cantiere e nella fase di scarico del calcestruzzo.

Durante tutte le fasi di getto, la D.L. procederà ad eseguire sui campioni di calcestruzzo fresco l'esecuzione delle prove descritte in precedenza( Slump Test).

Analogamente la D.L. secondo le modalità che saranno preventivamente stabilite riguardo al numero delle prove, procederà alla effettuazione di test sul calcestruzzo indurito descritti in precedenza.

La D.L. struttura potrà richiedere, a suo insindacabile giudizio, eventuali ulteriori controlli e prove sul calcestruzzo fresco e maturato, in accordo con quanto prescritto nelle vigenti normative tecniche.

## **b) Armatura**

I documenti dell'acciaieria devono indicarne: numero, tipo (con riferimento all'ordine di acquisto e al disegno) e peso.

Il certificato dell'acciaieria attesterà la classe di resistenza dell'acciaio.

I controlli e le prove sui campioni di acciaio delle barre di armatura saranno effettuati in accordo con quanto prescritto nelle vigenti normative tecniche.

Si tengano inoltre presenti le seguenti raccomandazioni

- A parità di sezione totale del ferro privilegiare elevati valori del rapporto diametri-numero delle barre;
- Minor numero possibile di giunzioni fra elementi di gabbia;
- Conferire alla gabbia una terminazione conica verso il fondo, in modo da agevolare la penetrazione della medesima nel calcestruzzo.
- Adottare un copriferro: MAI inferiore a 8-10 cm;
- In funzione delle condizioni del terreno, della qualità del cls, dell'esperienza del personale è oggi possibile installare gabbie fino a profondità di 25 metri.