



TEST DI INTEGRITÀ CON MARTELLO STRUMENTATO SU PALI DA FONDAZIONE

METODO ECOMETRICO E DELL'AMMETTENZA MECCANICA (COMBINATI)



1. PREMESSA

Nel marzo 2014 si è proceduto, nell'ambito dell'intervento dei lavori di realizzazione della nuova conca di navigazione di Isola Serafini sul fiume Po nel comune di Monticello d'Ongina in provincia di Piacenza, al controllo dell'integrità di una serie di pali di fondazione aventi le seguenti caratteristiche:

- Lunghezza: 20,00 / 36,00 m;

- Diametro: 1200 / 2500 mm.

A seguire è riportata una descrizione delle prove e i grafici più significativi ottenuti per le due tipologie di palo.

2. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE E MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA PROVA

L'attrezzatura di prova è costituita da una centralina di acquisizione, da un accelerometro e da un martello dotato di una cella di carico. Prima di eseguire la prova vengono memorizzati i dati relativi al palo e sono impostati i fattori di elaborazione del segnale (velocità, filtri, amplificazione).

La prova consiste nell'imprimere sulla testa del palo un colpo di martello e nel registrare i valori di accelerazione e di forza misurati rispettivamente dall'accelerometro posizionato





sulla sommità del palo e dalla cella di carico del martello.

I segnali provenienti dalla cella di carico dinamica e la corrispondente velocità misurata sulla testa del palo sono mostrate a video in funzione del tempo; se il segnale è accettabile viene immediatamente inviato ad un convertitore A/D e registrato nella memoria fisica dell'acquisitore.

Per una buona riuscita della prova il palo in esame deve essere sconnesso dalle altre opere in via di realizzazione e dall'eventuale magrone già gettato in opera.

Anche la preparazione della testa del palo è importante per l'accuratezza e la validità della prova: è necessario che il calcestruzzo abbia raggiunto un'adeguata maturazione (circa una settimana dal getto) e che i pali si presentino con la testa pulita, priva di detriti e di acqua stagnante, con la superficie resa piana nel punto di posizionamento dell'accelerometro e di battitura con il martello.



Figura 1: particolare della strumentazione utilizzata ed esecuzione della prova.

3. DESCRIZIONE DEI RISULTATI

Dopo l'acquisizione si procede all'elaborazione matematica dei risultati restituendo:

- a. rappresentazione grafica del segnale nel dominio del tempo (metodo ecometrico);
- rappresentazione grafica dell'ammettenza
 v/F nel dominio della frequenza (metodo dell'ammettenza meccanica).

L'unione dei due metodi introduce notevoli benefici all'indagine in quanto, anche se entrambi i modi forniscono indicazioni sull'integrità del palo lungo tutto il fusto, l'analisi ecometrica offre delle indicazioni migliori sulla parte bassa del palo mentre, l'analisi in frequenza, le dà per la parte alta. Dall'interpretazione di entrambi i diagrammi si deducono le informazioni relative alla qualità del palo, quali:

- la lunghezza del palo;
- la continuità e l'eventuale presenza di difetti (in percentuale rispetto alla sezione nominale):
- il diametro e la sezione media efficace;
- la rigidezza del sistema palo-terreno;
- il profilo d'impedenza (indicativo del profilo del palo).

4. LIMITI DI APPLICAZIONE

Il test in questione è conforme alle norme ASTM D 5882.

La prova consente l'individuazione di difetti di un certo rilievo e non consente quindi l'individuazione di variazioni di sezione inferiori al dieci per cento. Non è inoltre possibile individuare variazioni graduali di sezione e/o curvature del fusto.





La lunghezza stimata dei pali è legata al valore della velocità di propagazione dell'impulso che è funzione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo. Non ha quindi significato determinare un valore della velocità univoco per tutti i pali, bensì ha senso considerare valori di velocità che differiscono fra loro fino a 500 m/s. Nel caso di calcestruzzi con diverso grado di maturazione tale intervallo può anche essere superato.

È bene ricordare che i metodi dinamici impulsivi sono metodi di indagine indiretta e devono essere usati per individuare, nell'ambito di una palificata, il palo o i pali suscettibili di anomalie costruttive o comunque caratterizzati da un comportamento anomalo rispetto al comportamento medio dei pali della palificata.

Le indicazioni così ottenute possono essere utilizzate per esprimere giudizi d'idoneità di una palificata o per indirizzare opportunamente eventuali indagini dirette supplementari.

5. INDIVIDUAZIONE DEI DIFETTI

Da un punto di vista teorico si può affermare che un palo è difettoso se presenta le seguenti condizioni:

- la distanza tra i picchi di riflessione nel diagramma ecometrico non corrisponde alla lunghezza del palo;
- lo scarto di frequenza tra i picchi delle curve di ammettenza non corrisponde a ciò che dovrebbe dare il sistema secondo la lunghezza dichiarata del palo;
- il valore della rigidezza rilevato è sensibilmente minore della media dei valori rilevati per pali dello stesso tipo;

 il valore dell'impedenza reale è maggiore della media dei valori registrati per pali dello stesso tipo.

6. COMMENTO AI RISULTATI SPERIMENTALI

Dall'esame dei segnali acquisiti in cantiere, si può osservare quanto segue:

- le lunghezze dei pali testati, ricavate dai diagrammi ecometrici, rispettano quelle dichiarate con valori della velocità di propagazione dell'onda di compressione nel calcestruzzo generalmente comprese tra 3800 e 4200 m/s;
- i pali testati si presentano integri per l'intera lunghezza senza difetti di rilievo. A conferma si sono elaborati i profili d'impedenza di ciascun palo ricavati dai diagrammi nel dominio del tempo mediante modellazione al computer;
- i diagrammi di ammettenza meccanica confermano le considerazioni ricavate dai diagrammi ecometrici;
- il valore dell'impedenza ricavato sperimentalmente per ciascun palo è inferiore al valore teorico ed è quindi indicativo di assenza di difetti lungo il loro fusto;
- le rigidezze dinamiche ricavate dai singoli diagrammi dell'ammettenza meccanica, sono in linea con il valore medio pari a 2,76 MN/mm per i pali da 1200 mm e 8,47 MN/mm per i pali da 2500 mm.

Si riportano a titolo di esempio i diagrammi ecometrici, di ammettenza e i profili d'impedenza riferiti a ciascuna delle due tipologie di palo prese in esame.





GRAFICI DI PALO CON CARATTERISTICHE D=1200 mm L=20 m

0.30 cm/s V 0.144 cm/s (0.205) F/Z 0.208 cm/s (0.281) 0.15 0.205 cm/s 20.00 L/D=17 (D=120 cm) 20.00 m (3844 m/s) 20.00 d 3844 m/s)

Figura 3: grafico della prova ecometrica.

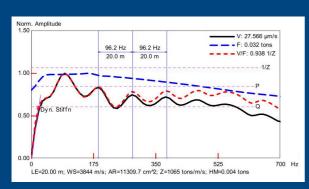


Figura 2: grafico della prova di ammettenza.

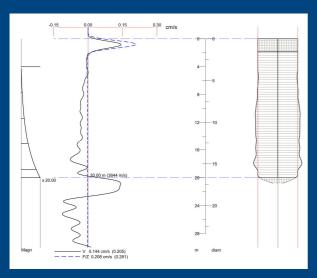


Figura 3: grafico con la ricostruzione del profilo longitudinale del palo.

GRAFICI DI PALO CON CARATTERISTICHE D=2500 mm L=36 m

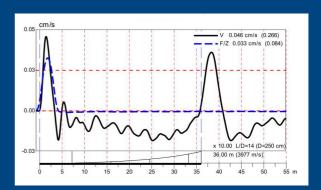


Figura 5: grafico della prova ecometrica.

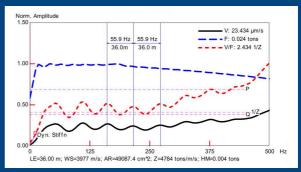


Figura 4: grafico della prova di ammettenza.

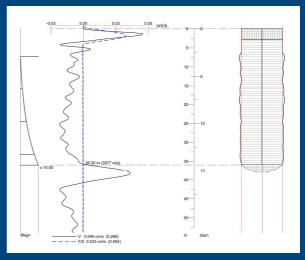


Figura 6: grafico con la ricostruzione del profilo longitudinale del palo