

PROVE DI CARICO VERTICALE STATICHE SU PALI MEDIANTE L'USO DI CATENE ESTENSIMETRICHE



Da alcuni anni è stata instaurata una stretta collaborazione tra **A.G.I.S.Co.** e il **Laboratoire Central de Ponts et Chaussées (LCPC)** - Centro di Ricerca appartenente al Ministero dei Lavori Pubblici francese - per fornire servizi specializzati nel settore delle fondazioni profonde (pali, micropali, diaframmi, ancoraggi, tiranti ecc.).

L'attività congiunta di **A.G.I.S.Co.** e **LCPC**, diretta dal prof. M. Bustamante, si esplica mediante l'utilizzo di speciali metodologie messe a punto per le prove di carico su pali.

Le prove di carico di tipo statico sono sicuramente tra i tests più significativi per lo studio e la verifica in scala reale del comportamento delle fondazioni e, in particolare, dell'interfaccia palo-terreno.

La metodologia di prova impiegata permette di ottenere e garantire la validità dei dati ottenuti, anche in considerazione degli oneri che esse comportano, premessa indispensabile alla successiva fase di interpretazione dei risultati.

I risultati della prova vengono riportati in una completa relazione interpretativa sul comportamento delle capacità portanti del terreno.

Tale relazione viene parzialmente prodotta durante

il corso della prova stessa per essere poi completata poco dopo il suo termine. La relazione viene eseguita sotto la supervisione di **LCPC** e del prof. Bustamante. Le informazioni ottenute da questo tipo di prove risultano di fondamentale importanza nella revisione del progetto delle fondazioni in quanto consentono di ottimizzare il dimensionamento delle strutture per quanto concerne diametri, lunghezze, ecc., nonché di proporre eventuali modifiche alle tecnologie di esecuzione prevedendone gli effetti.

Durante questa fase di lavoro è disponibile tutto il supporto ed il know-how dell'**LCPC** al fine di raggiungere i risultati auspicati dal progettista.

La strumentazione proposta e la metodologia di prova sono frutto di molti anni di sperimentazione realizzata presso numerosi cantieri sparsi in tutto il mondo, nelle più diverse condizioni climatiche e ambientali, per un totale di oltre 400 prove.

La strumentazione utilizzata ha il grande vantaggio di essere un sistema amovibile ed è costruita ed assemblata interamente in laboratorio.

Ciò garantisce un'alta affidabilità e precisione di misura. Il "cuore" del sistema è rappresentato da speciali "estensimetri amovibili" a strain-gage i quali assicurano

**ADVANCED
GEOTECHNICAL
INSTRUMENTATION
SYSTEMS AND
CONSULTING**

una sensibilità di misura pari a $1 \mu\epsilon$ (10^{-6} strain). Questi strumenti permettono di eseguire prove su qualsiasi tipo di fondazione profonda (pali trivellati, battuti, ecc., di qualsiasi diametro e lunghezza). E' così possibile testare pali molto lunghi (anche superiori a 100 metri). I principali vantaggi di questo metodo possono essere così riassunti:

Gli strumenti alloggiati negli stessi tubi di acciaio che sono già normalmente previsti per i controlli non distruttivi, senza necessità quindi di costi aggiuntivi.

L'installazione viene eseguita dopo la realizzazione del palo permettendo così di eliminare tutti gli inconvenienti legati alla posa in opera degli strumenti durante la fabbricazione del palo stesso.

L'installazione del sistema estensimetrico dopo la costruzione del palo elimina tutti i rischi di perdita di punti di misura.

In caso di guasti la strumentazione può essere in qualsiasi momento estratta dal palo, riparata e rimessa nella posizione originaria.

Il numero di punti di misura (massimo 14 per ogni verticale) e la distribuzione degli stessi viene stabilita di concerto con il Progettista, secondo il profilo geotecnico del terreno.

L'assemblaggio di due verticali strumentate, anche di significativa lunghezza (100 metri ad esempio), richiede uno o due giorni di lavoro. Il giorno seguente l'installazione è già possibile iniziare il test.

Le misure che si ottengono con questo metodo risultano mediate su una lunghezza significativa. Viene così evitata la misura puntuale che potrebbe essere non del tutto rappresentativa a causa di problemi locali, come quelli provocati da una non uniforme distribuzione del cls.

Le misure sono acquisite indifferentemente in modo manuale oppure in modo automatico con l'utilizzo di sistemi di acquisizione dati computerizzati. Quest'ultimo sistema è di grande aiuto nei casi in cui occorre mantenere il carico per tempi lunghi. Già durante lo svolgimento della prova vengono messi a disposizione informazioni sul comportamento del palo, utili anche per la corretta conduzione della prova in corso. Il rapporto definitivo viene normalmente consegnato al Cliente nel giro di pochi giorni dalla fine del test.

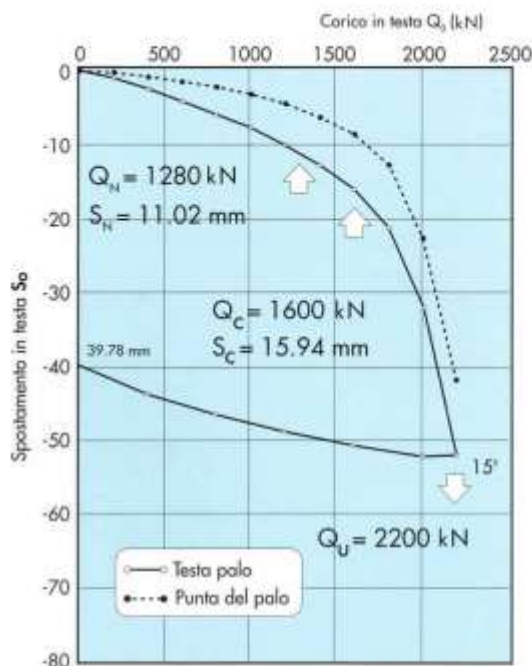


Fig. 1: Diagramma carico-cedimenti

Il rapporto è così organizzato:

Inquadramento geologico del sito con allegate tutte le prove geotecniche effettuate nel corso della campagna d'indagine e durante la perforazione (stratigrafie, prove pressiometriche, SPT, ecc.)

Caratteristiche del palo di prova (geometria, tipo di calcestruzzo, armatura, ecc.) e delle metodologie di esecuzione utilizzate.

Caratteristiche della struttura di reazione.

Risultati della prova di carico corredati da fotografie eseguite nel corso del test.

I dati ricavati nel corso delle prove vengono elaborati utilizzando opportuni algoritmi e quindi diagrammati secondo gli standard più comunemente usati (norme ASTM e ISSMFE). A titolo di esempio si riportano alcuni diagrammi, tra i più significativi, ottenuti nel corso di una prova di carico.

Nella fig. 1 si può osservare una tipica curva carico-cedimento riferita alla testa del palo.

Nella fig. 2 è riportata una caratteristica curva di flugge di un palo portato a rottura. Da questo tipo di analisi

è possibile ricavare il valore del carico critico (Q_c) nel caso in cui il palo viene portato al suo stato limite. La **fig. 3** riporta un esempio di elaborazione ottenuta in base ai dati ricavati dagli estensimetri: in questo caso il diagramma mostra la distribuzione del carico lungo l'intero fusto del palo con evidenziato il carico di punta.

Un altro esempio di elaborazione molto significativa dal punto di vista geotecnico è riportata nella **fig. 4**. Questo diagramma è composto da 6 curve, ciascuna delle quali si riferisce ad un livello strumentato (si tenga presente che il livello A è sempre situato alla quota più profonda, normalmente in corrispondenza della punta del palo).

Ogni curva fornisce il valore dell'attrito laterale calcolato, espresso in KPa, per ogni metro lineare di palo. L'attrito laterale è espresso in funzione dello spostamento Y_i . Per ogni livello, il valore Y_i è ottenuto come differenza tra lo spostamento in testa-palo e la variazione di lunghezza registrata dai livelli superiori a quello in esame.

Nella **fig. 5** è rappresentata schematicamente la catena di misura utilizzata durante le prove.

Le misure alla testa del palo vengono effettuate con numerosi comparatori di alta precisione collegati rigidamente ad un riscontro costituito da travi speciali. Queste ultime sono ancorate a loro volta al terreno ad una distanza dal palo tale da non essere influenzate dai cedimenti dello stesso.

Al termine di ogni campagna di prove i sensori, le apparecchiature e tutti i componenti della catena di misura vengono accuratamente controllati, verificati e collaudati in laboratorio così da essere pronti per il cantiere successivo.

In questo modo è possibile garantire la totale affidabilità del sistema e la perfetta ripetibilità dei risultati.

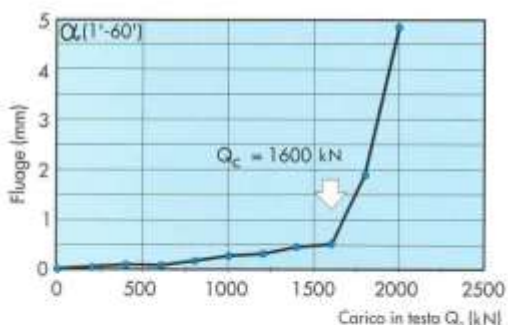


Fig. 2: Curva di Fluage

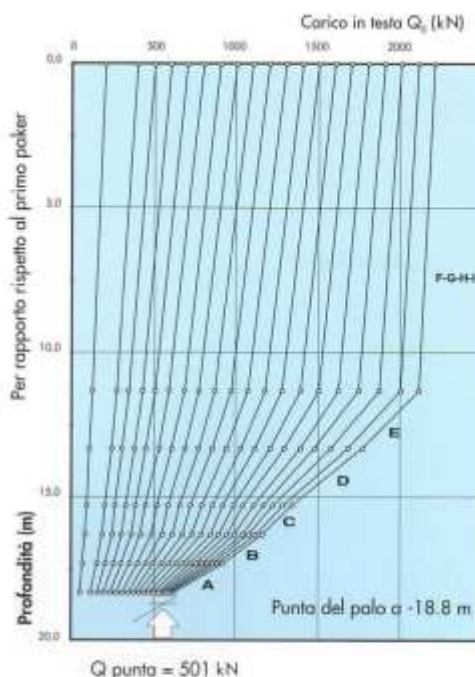


Fig. 3: Distribuzione del carico lungo il palo

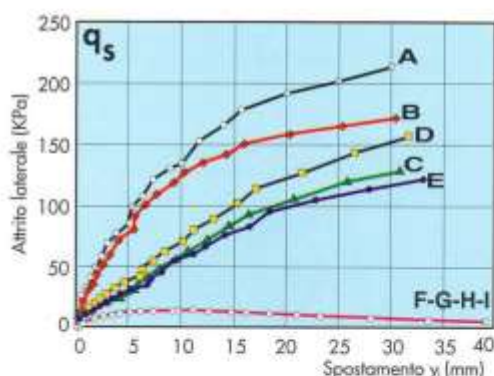


Fig. 4: Curve di mobilitazione dell'attrito

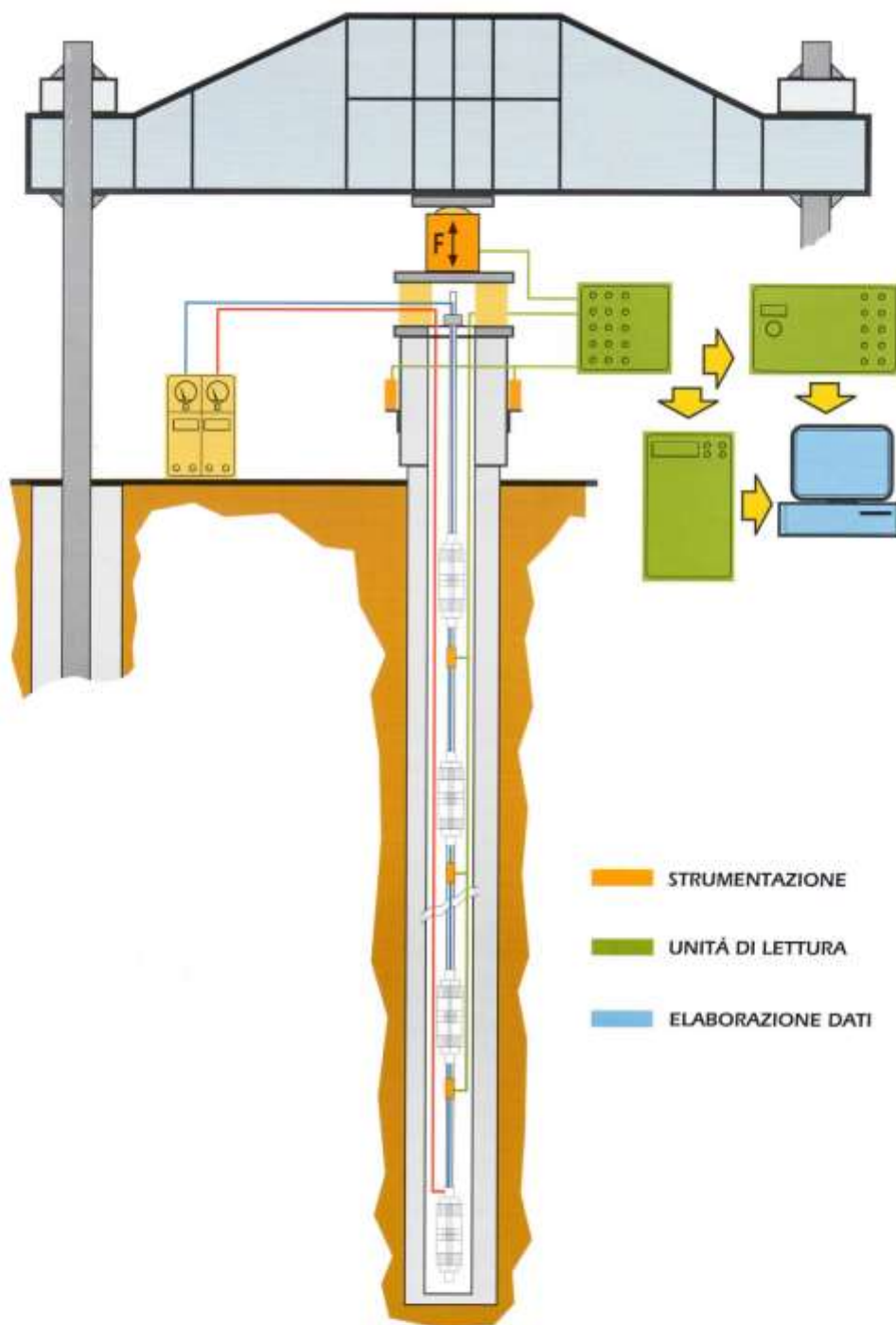


Fig. 5

AGISCO Srl

Via Aldo Moro, 2 - 20060 LISATE (Milano) ITALY

Tel. +39-2-9587690 Fax +39-2-9587381