

CORSO PROVE DI CARICO STATICO

Per la documentazione fotografica e gli esempi pratici si ringrazia :
Studio Tecnico Ing. Tiziano Lucca

Corso di formazione certificata per acquisire II° LIV. ISO 9712

Structural Surveys di Erion Lako – www.structuralsurveys.it

Prove di carico su pali – Tipi di Sperimentazione

I procedimenti di seguito descritti sono applicabili ad ogni tipologia di palo, indipendentemente dalla finalità della prova. È responsabilità del progettista della prova stabilire adeguati margini di sicurezza per le opere e per le persone che intervengono nella sperimentazione.

Le prove di carico su palo si suddividono in due tipi in relazione al loro scopo:

- 1) prove di progetto o su palo pilota;
- 2) prove di collaudo o su palo di esercizio.

Le prove devono essere eseguite da personale specializzato, nel rispetto delle vigenti normative.

Prove di carico su pali – Prove di Progetto

La prova di progetto è una prova eseguita con la finalità di confermare o precisare le ipotesi poste alla base del progetto; perciò le prove di progetto dovranno essere spinte fino a rottura e dovranno consentire il rilievo della curva carico-cedimento del palo e la determinazione del carico limite.

Indicando con Q_m il carico agente sul palo nelle condizioni più gravose di esercizio e con F_s il coefficiente di sicurezza prefissato, la prova deve essere spinta ad un carico massimo $Q_{max} \geq F_s * Q_m$

La prova è distruttiva; essa deve essere eseguita su un palo appositamente realizzato non appartenente alla palificata in progetto.

Per valori Q_m particolarmente elevati è consentito eseguire prove di progetto su pali di diametro inferiore di quello previsto (e comunque non inferiore al 50%).

Prove di carico su pali – Prove di Progetto

Affinché i risultati delle prove siano significativi, è necessario che il palo pilota:

- sia eseguito con le stesse modalità previste per i pali della palificata
- sia ubicato nell'ambito o nelle immediate adiacenze della palificata
- sia ubicato in prossimità di sondaggi e/o prove in sito

Poiché il comportamento dei pali può dipendere notevolmente anche da dettagli del procedimento costruttivo, è opportuno che il palo pilota sia costruito con le stesse modalità dei pali della palificata. I risultati delle prove su palo campione, congiuntamente a quelli rilevati dalle prove geotecniche, forniscono i dati per la corretta progettazione della fondazione

Prove di carico su pali – Prove di Collaudo

Per prova di collaudo si intende una prova eseguita su un palo scelto a caso nell'ambito della palificata, durante o dopo la costruzione di quest'ultima; la prova deve essere spinta fino ad un carico massimo di prova $Q_{\max} \geq 1,5Q_{es}$

La finalità della prova di collaudo è essenzialmente il controllo della corretta esecuzione e quindi della buona riuscita del palo, e la verifica della uniformità di comportamento dei vari pali di una palificata.

Prove di carico su pali – Numero di prove

Il numero di prove di progetto deve stabilirsi sulla base della quantità e della qualità delle conoscenze disponibili di carattere geotecnico, sull'affidabilità dei metodi di progetto utilizzati. In terreni con trascurabili variazioni in direzione orizzontale, una o due prove di progetto sono sufficienti.

Qualora tale condizione di omogeneità non sia verificata, il numero di prove di progetto dovrà crescere in ragione del grado di eterogeneità definito sulla base delle indagini in sito e/o di laboratorio disponibili

Prove di carico su pali – Numero di prove

Il numero e l'ubicazione delle prove di collaudo dovranno essere stabiliti in base all'importanza dell'opera ed al grado di omogeneità del terreno; esse cmq non dovranno essere inferiori a:

- 1 se il nr di pali è inferiore a 50
- 2 se il nr di pali è compreso tra 51 e 100
- 3 se il nr di pali è compreso tra 101 e 200
- 4 se il nr di pali è compreso tra 201 e 400
- 6 se il nr di pali è compreso tra 401 e 700
- 8 se il nr di pali è compreso tra 701 e 1000
- 10 se il nr di pali è superiore a 1000

Il nr di prove di collaudo potrà essere ridotto quando vengano effettuati controlli di integrità con metodi non distruttivi su almeno il 50% dei pali ed i risultati possano essere ritenuti soddisfacenti

Prove di carico su pali – Preparazione

- In alcuni pali di cls gettati in opera, soprattutto se si tratta di pali pilota, potrebbe essere opportuno aggiungere armature nella parte superiore per assorbire le maggiori sollecitazioni derivati dall'applicazione di un carico maggiore di quello massimo di esercizio.
- Per consentire il posizionamento del martinetto per l'esecuzione della prova, è necessario prevedere la realizzazione di un dado in cls armato avente la faccia superiore spianata e la faccia inferiore separata dal terreno affinché il carico non sia trasferito direttamente al terreno nel corso della prova.
- Per pali di grande diametro (≥ 80 cm), è sufficiente spianare la base superiore, arricchendo l'armatura di cerchiaggio all'estremità superiore del palo.

Prove di carico su pali – Preparazione

- Nel caso in cui i pali di prova sono pali battuti prefabbricati e siano installati in terreni prevalentemente granulari e saturi si raccomanda di eseguire la prova almeno tre giorni dopo l'installazione.
- Per pali della medesima categoria installati in terreni saturi a grana fine (argille, argille limose, limi argillosi, limi) la prova di carico (di progetto o collaudo) dovrà essere eseguita solo quando le sovrappressioni neutre indotte nel terreno dalla costruzione del palo possono ritenersi esaurite.
- Indipendentemente dal tipo di terreno, nel caso in cui il palo sia stato realizzato con calcestruzzo gettato in opera, la prova dovrà essere eseguita solo a completa maturazione del cls o comunque la resistenza a compressione abbia raggiunto almeno il doppio di quella max prevista sotto il carico max.

Prove di carico su pali – Attrezzature

- Il carico viene applicato mediante uno o più martinetti idraulici azionati da una pompa a mano o a motore.
- Il martinetto dovrà essere posto in maniera tale garantire l'assialità del carico applicato.
- Tra il martinetto e il palo(dado) si interporrà una piastra di acciaio, di dimensioni in pianta preferibilmente coincidenti con quelle della testa del palo
- La corsa del pistone del martinetto dovrà avere una corsa pari almeno al 10% del diametro del palo, opportunamente maggiorata per tener conto della deformabilità della struttura di contrasto.
- L'intero sistema per l'applicazione dei carichi deve essere tarato nel suo insieme presso un laboratorio autorizzato prima della prova.

Prove di carico su pali – Attrezzature

- La precisione della misura del carico non dovrà risultare inferiore al 5% sia in fase di carico che di scarico, e se ne dovrà dare conferma nel certificato di taratura.
- Il baricentro del contrasto dovrà essere prossimo all'asse del palo. Il peso totale dovrà eccedere di almeno il 20% il previsto carico di prova.
- Nel caso di struttura di contrasto con pali di ancoraggio, in assenza di una specifica progettazione, può ritenersi accettabile una distanza pari almeno 5 volte il valore max tra quello del diametro del palo da provare e quello del palo di ancoraggio (cmq non meno di 2 m).
- Tra la struttura di contrasto e il martinetto saranno disposti dei giunti sferici per garantire la verticalità del carico.

Prove di carico su pali – Attrezzature

- Gli spostamenti della testa del palo dovranno misurarsi mediante strumenti con risoluzione di 0,01 mm e fondo scala non inferiore a 50 mm.
- Tali strumenti in numero min. 3 saranno interposti tra la testa del palo e appositi travi di riferimento, poggianti su supporti saldamente infissi nel terreno.
- Nel caso di struttura di contrasto a zavorra, i supporti dovranno essere posti ad una distanza dal palo e dai sostegni laterali della zavorra pari ad almeno tre volte il diametro del palo (non meno di 3 m).
- Per tenere conto dell'influenza della temperatura ambientale, i trasduttori dovranno essere termo-compensati o corredati di curve di taratura. Sarà necessario provvedere al rilievo della temperatura mediante strumenti in grado di offrire una risoluzione della misura non inferiore a 0,5 ° C.

Prove di carico su pali – Modalità di applicazione del carico

Maintained Load ML. Il metodo più frequentemente utilizzato, secondo il quale il carico viene applicato al palo in incrementi successivi; ciascun carico progressivamente raggiunto nel corso della prova viene mantenuto costante per un periodo più o meno lungo.

Ciascun incremento di carico ΔQ deve essere non superiore a $0,25Q_{es}$; in tal modo nelle prove di collaudo spinte a $Q_{max} = 1,5 Q_{es}$ il carico viene suddiviso in sei incrementi di uguale intensità mentre, nelle prove di progetto il carico $Q_{max} = 3Q_{es}$ viene raggiunto con dodici incrementi.

Per evitare che fenomeni di deformazione differiti nel tempo influiscano sulla curva carico-deformazione, si suggerisce di prefissare la durata di ogni incremento (30'-1h in terreni granulari di elevata permeabilità, 1h-2h in terreni a grana fine di ridotta permeabilità).

Una volta raggiunto il carico max. si dovrà procedersi allo scarico con un numero di decrementi pari alla metà degli incrementi, mantenuti per un tempo pari alla metà di quello adottato nella fase di carico..

A palo scarico, le misure dovranno proseguire per un tempo pari a quello adottato nella fase di carico.

Prove di carico su pali – Modalità di applicazione del carico

Si possono effettuare uno o più cicli di scarico e ricarico per determinare le aliquote reversibili e irreversibili del cedimento a vari livelli di carico

Tabella 5.1.2. Prove di collaudo

fase	Incremento ΔQ	Carico sul palo Q	Durata dell'incremento		Tempo pro- gressivo	
			G	GF	G	GF
1	$0.25 \cdot Q_{lim}$	$0.25 \cdot Q_{lim}$	30'	60'	30'	1h
2	$0.25 \cdot Q_{lim}$	$0.50 \cdot Q_{lim}$	30'	60'	1h	2h
3	$0.25 \cdot Q_{lim}$	$0.75 \cdot Q_{lim}$	30'	60'	1h30'	3h
4	$0.25 \cdot Q_{lim}$	Q_{lim}	30'	60'	2h	4h
5	$0.25 \cdot Q_{lim}$	$1.25 \cdot Q_{lim}$	30'	60'	2h30'	5h
6	$0.25 \cdot Q_{lim}$	$1.50 \cdot Q_{lim}$	30'	60'	3h	6h
7	$-0.50 \cdot Q_{lim}$	Q_{lim}	15'	30'	3h15'	6h30'
8	$-0.50 \cdot Q_{lim}$	$0.50 \cdot Q_{lim}$	15'	30'	3h30'	7h
9	$-0.50 \cdot Q_{lim}$	0	30'	60'	4h	8h

Tabella 5.1.1. Prove di progetto

Fase	Incremento ΔQ	Carico sul palo Q	Durata dell'incremento		Tempo pro- gressivo	
			G	GF	G	GF
1	$0.25 \cdot Q_{lim}$	$0.25 \cdot Q_{lim}$	30'	60'	30'	1h
2	$0.25 \cdot Q_{lim}$	$0.50 \cdot Q_{lim}$	30'	60'	1h	2h
3	$0.25 \cdot Q_{lim}$	$0.75 \cdot Q_{lim}$	30'	60'	1h30'	3h
4	$0.25 \cdot Q_{lim}$	Q_{lim}	30'	60'	2h	4h
5	$0.25 \cdot Q_{lim}$	$1.25 \cdot Q_{lim}$	30'	60'	2h30'	5h
6	$0.25 \cdot Q_{lim}$	$1.50 \cdot Q_{lim}$	30'	60'	3h	6h
7	$0.25 \cdot Q_{lim}$	$1.75 \cdot Q_{lim}$	30'	60'	3h30'	7h
8	$0.25 \cdot Q_{lim}$	$2 \cdot Q_{lim}$	30'	60'	4h	8h
9	$0.25 \cdot Q_{lim}$	$2.25 \cdot Q_{lim}$	30'	60'	4h30'	9h
10	$0.25 \cdot Q_{lim}$	$2.50 \cdot Q_{lim}$	30'	60'	5h	10h
11	$0.25 \cdot Q_{lim}$	$2.75 \cdot Q_{lim}$	30'	60'	5h30'	11h
12	$0.25 \cdot Q_{lim}$	$3 \cdot Q_{lim}$	30'	60'	6h	12h
13	$-0.50 \cdot Q_{lim}$	$2.50 \cdot Q_{lim}$	15'	30'	6h15'	12h30'
14	$-0.50 \cdot Q_{lim}$	$2 \cdot Q_{lim}$	15'	30'	6h30'	13h
15	$-0.50 \cdot Q_{lim}$	$1.50 \cdot Q_{lim}$	15'	30'	6h45'	13h30'
16	$-0.50 \cdot Q_{lim}$	Q_{lim}	15'	30'	7h	14h
17	$-0.50 \cdot Q_{lim}$	$0.50 \cdot Q_{lim}$	15'	30'	7h15'	14h30'
18	$-0.50 \cdot Q_{lim}$	0	30'	60'	7h45'	15h30'

Prove di carico su pali – Esecuzione delle misure

In linea di massima le misure degli spostamenti della testa del palo si eseguiranno a 2', 5', 10', 15', 20', 40' e poi ad intervalli regolari di ogni 20', contati a partire dall'istante $t=0$, di applicazione del generico incremento. Agli stessi tempi si eseguiranno le misure di temperatura e di pressione del circuito oleodinamico.

Prove di carico su pali

