

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

A cosa servono?

Le prove di carico delle strutture sono utili per il controllo globale, nella realtà, della buona esecuzione delle opere costruite, e delle sollecitazioni prodotte dai carichi applicati.

Le prove di carico più comuni sono:

1. Prove di carico su strutture in elevazione (solai, travi, rampe di scala)
2. Prove di carico su strutture di fondazione (pali, micropali)
3. Prove di carico su ponti e viadotti
4. Prove di carico su piastra

Esempi pratici



1. Prove di carico su strutture orizzontali

- 1.1. Prima di effettuare la prova di carico
- 1.2. Modalità di applicazione del carico
- 1.3. Determinazione del carico di prova
 - 1.3.1. Calcolo del carico concentrato (una forza)
 - 1.3.2. Calcolo del carico concentrato (più forze)
 - 1.3.3. Calcolo dell'altezza dell'acqua nei sacconi
 - 1.3.4. Prove di carico su scale
 - 1.3.5. Prove di carico su sbalzi
 - 1.3.6. Prove di carico su capriate
- 1.4. Esito di prova

2. Prove di carico su strutture di fondazione

3. Prove di carico su ponti e viadotti

4. Prove di carico su piastra

1.1. Prima di effettuare la prova

Le prove di carico si devono svolgere con le modalità indicate dal collaudatore che se ne assume la piena responsabilità, mentre, per quanto riguarda la loro materiale attuazione e in particolare per le eventuali puntellazioni precauzionali è responsabile il Direttore dei lavori.

Il programma delle prove deve essere sottoposto al Direttore dei lavori ed al progettista e reso noto al costruttore.

I carichi di prova devono essere tali da indurre le sollecitazioni massime previsto dal progetto. In relazione al tipo della struttura ed alla natura dei carichi, le prove devono essere convenientemente protratte nel tempo.

1.1. Prima di effettuare la prova

La freccia teorica di inflessione e , quindi quella sperimentale, non devono superare $1/1000$ ed $1/500$ della luce minima, rispettivamente per il sovraccarico (freccia istantanea) e per il carico totale (freccia a tempo indefinito).

Su un solaio di luce 6 m, la freccia istantanea per aumento di carico deve essere minore di 6 mm e la freccia totale minore di 12 mm.

1.2. Modalità di applicazione del carico

- Carico concentrato. Esistono due differenti metodi d'applicazione del carico concentrato che distinguono le prove in Prove a Tiro e Prove a Spinta.
- Carico distribuito. Serbatoi di gomma o piscine di varie dimensioni, che vengono stesi sul solaio e riempiti d'acqua fino al raggiungimento del carico desiderato.
- Carico distribuito con autocarri. La prova si attua utilizzando degli autocarri carichi di ghiaia.



Prova di carico con carico concentrato



Prova di carico con carico distribuito



Prova di carico con autocarri

1.3. Determinazione del carico di prova

1.3.1 Calcolo del carico concentrato (una forza)

Normalmente le prove di carico su solai vengono effettuate su strisce di larghezza limitata e nel senso parallelo alle nervature. La forza F da applicare in mezzeria al solaio è definita come:

“forza applicata su una striscia di 1 metro, trasversalmente alle nervature, capace di indurre lo stesso momento massimo prodotto dal carico distribuito di progetto”.

Per calcolare la forza F , considerando il comportamento della porzione unitaria di solaio come appoggiata – appoggiata si eguaglia il momento prodotto per un carico concentrato in mezzeria e il momento prodotto per carico distribuito.

1.3.1 Calcolo del carico concentrato(una forza)

- Momento massimo per carico distribuito:

$$M_{\max} = 1/8 * q * \ell^2$$

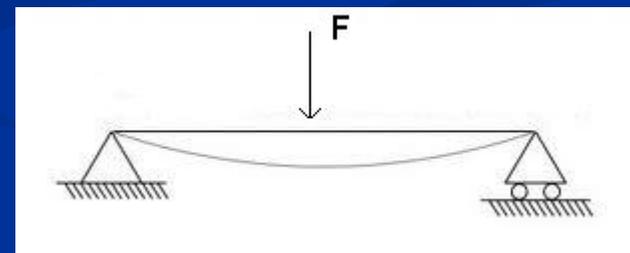
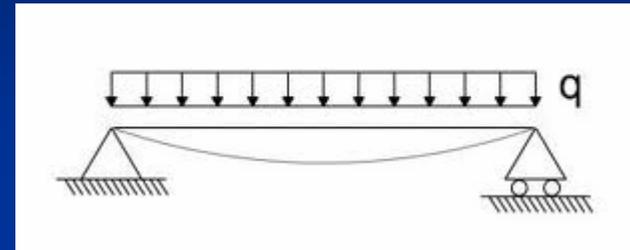
- Momento massimo per carico concentrato:

$$M_{\max} = 1/4 * F * \ell$$

- Forza equivalente:

$$F = 1/2 * q * \ell$$

dove q è il carico distribuito di progetto, ℓ la luce del solaio e il $1/2$ è il coefficiente di vincolo per il caso di semplice appoggio (0,44 semincastro, 0,33 incastro perfetto).



1.3.1 Calcolo del carico concentrato(una forza)

Per tenere conto della collaborazione offerta dalle zone laterali non caricate, per indurre una deformazione equivalente a quella che si otterrebbe caricando completamente il solaio, deve essere incrementato il carico unitario di calcolo.

Il parametro che deve tenere conto della fascia collaborante, può essere calcolato con la formula derivata dal metodo Genel che individua la relazione:

$$b=0,1 + 0,9*\delta*\varphi*\ell + (0,23/\delta)*\varphi*\ell$$

Il termine φ rappresenta il rapporto tra i momenti di inerzia longitudinale e trasversale e varia con il tipo di solaio.

1.3.1 Calcolo del carico concentrato(una forza)

Il valore di δ è calcolato mediante la formula:

$$\delta = 0,523 + 0,118 * \alpha$$

Con α che corrisponde al fattore moltiplicativo della formula generica di calcolo delle frecce dovute ai carichi distribuiti, valore che varia da un minimo di 1 per l'incastro perfetto a 5 nel caso del semplice appoggio.

1.3.1 Calcolo del carico concentrato (una forza)

Valori di C_v coefficiente di vincolo per forza concentrata in mezzeria

Momento di estremità carico distribuito	Momento di estremità carico concentrato	Freccia carico distribuito	Freccia carico concentrato	C_v	
0	0	$\frac{5qL^4}{384EJ}$	$\frac{8PL^3}{384EJ}$	0,50	<i>semplice appoggio</i>
$-\frac{1}{48}qL^2$	$-\frac{1}{32}PL$	$\frac{4qL^4}{384EJ}$	$\frac{6,5PL^3}{384EJ}$	0,48	
$-\frac{1}{24}qL^2$	$-\frac{1}{16}PL$	$\frac{3qL^4}{384EJ}$	$\frac{5PL^3}{384EJ}$	0,44	
$-\frac{1}{16}qL^2$	$-\frac{1}{10,7}PL$	$\frac{2qL^4}{384EJ}$	$\frac{3,5PL^3}{384EJ}$	0,40	
$-\frac{1}{12}qL^2$	$-\frac{1}{8}PL$	$\frac{qL^4}{384EJ}$	$\frac{2PL^3}{384EJ}$	0,33	<i>incastro perfetto</i>

1.3.1 Calcolo del carico concentrato (una forza)

Valori di δ calcolato tramite:

$$\delta = 0,523 + 0,118 * \alpha$$

Freccia carico distribuito	α'	δ	
$\frac{5qL^4}{384EJ}$	5	1,11	semplice appoggio
$\frac{4qL^4}{384EJ}$	4	1,00	
$\frac{3qL^4}{384EJ}$	3	0,88	
$\frac{2qL^4}{384EJ}$	2	0,76	
$\frac{qL^4}{384EJ}$	1	0,64	incastro perfetto

$\varphi = J_y/J_x$	Tipologia strutturale del solaio
1,00	solette in c.a.
0,50	solai in laterizio monolitici
0,38	solai in laterizio a camera d'aria
0,25	solai a camera d'aria con travi prefabbricate in cemento armato

Valori di φ , definito come J_y/J_x (rapporto fra momenti di inerzia longitudinale e trasversale).

1.3.1 Calcolo del carico concentrato (una forza)

Valori di b (fascia collaborante) per solaio in laterizio monolitici e solaio in laterizio a camera d'aria.

$$b = 0,1 + 0,9 * \delta * \varphi * \ell + (0,23 / \delta) * \varphi * \ell$$

		L [m]																				
$\varphi = 0,5$	c_v	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0
Sem. app.	0,50	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,7	3,7
	0,48	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5
	0,44	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3
	0,40	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1
Inc. perf.	0,33	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9

Solaio in laterizio monolitico

		L [m]																				
$\varphi = 0,38$	c_v	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0
Sem. app.	0,50	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9
	0,48	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7
	0,44	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5
	0,40	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3
Inc. perf.	0,33	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2

Solaio in laterizio a camera d'aria

1.3.1 Calcolo del carico concentrato (una forza)

Esempio Pratico. Calcolare la F da applicare alla mezzeria di un solaio in laterizio di luce 6 m con carico accidentale previsto in 300 daN/m².

Il valore della fascia collaborante b nell'ipotesi di un appoggio semplice con $\delta=1,11$ e $\varphi=0,5$ risulta:

$$b=0,1+0,9*\delta*\varphi*\ell+(0,23/\delta)*\varphi*\ell=3,7 \text{ m}$$

Pertanto la forza da applicare in mezzeria è:

$$F=C_v*b*q*\ell=0,5*3,7*300*6=3330 \text{ daN}$$

1.3.2 Calcolo del carico concentrato (più forze)

Quando la luce del solaio ed i carichi di progetto sono elevati, bisogna ricorrere all'applicazione di più forze e si fa riferimento alla formula:

$$F' = C_v * b * q * \ell$$

dove F' è la somma delle forze applicate in più punti su strisce di 1 metro.

1.3.2 Calcolo del carico concentrato (più forze)

Nel caso di semplice appoggio e tre forze poste ai quarti di luce ed in mezzzeria l'eguaglianza dei momenti in mezzzeria diventa:

$$F*\ell/4 - F*\ell/12 = q*\ell^2/8$$

da qui

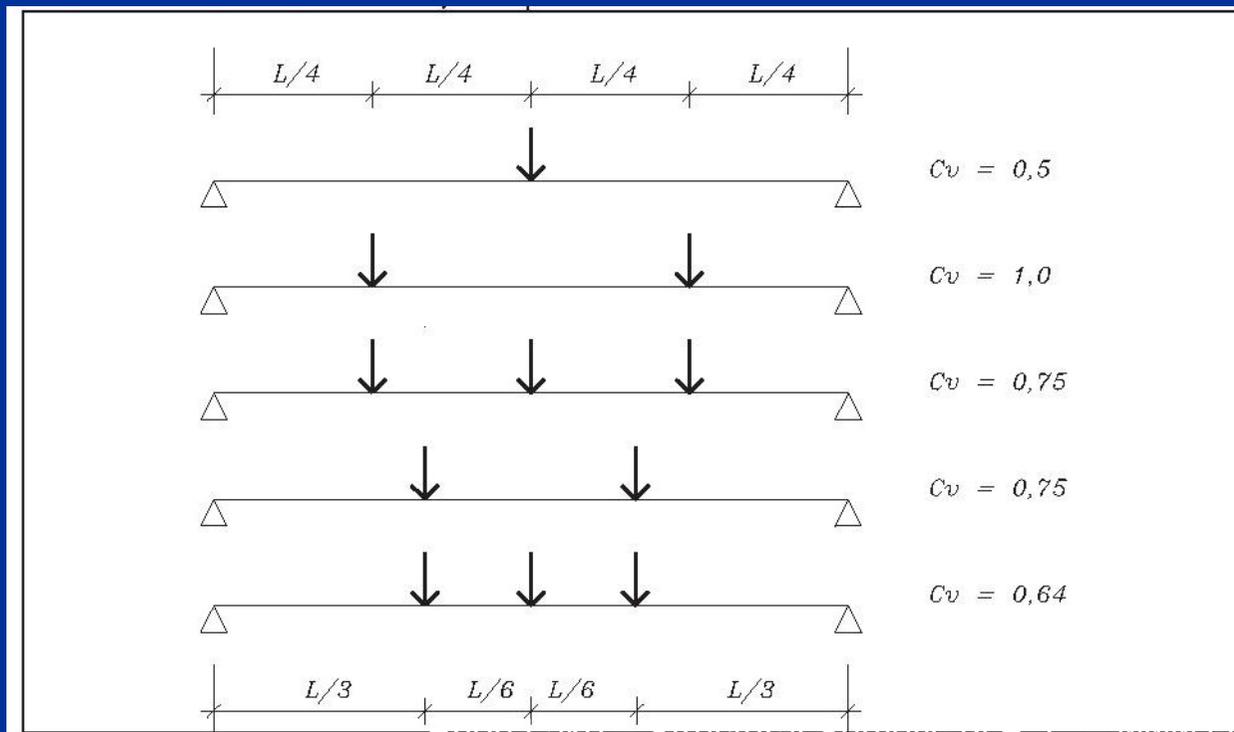
$$F=6/8*q*\ell$$

$$C_v=0,75$$

1.3.2 Calcolo del carico concentrato (più forze)

Valori di vincolo per tre forze

Momento di estremità carico distribuito	Momento di estremità carico concentrato	Freccia carico distribuito	Freccia carico concentrato	C_v	
/	/	$\frac{5qL^4}{384EJ}$	$\frac{17 PL^3}{384 EJ}$	0,75	semplice appoggio
$-\frac{1}{12}qL^2$	$-\frac{5}{16}PL$	$\frac{qL^4}{384EJ}$	$\frac{3,69PL^3}{384EJ}$	0,64	incastro perfetto



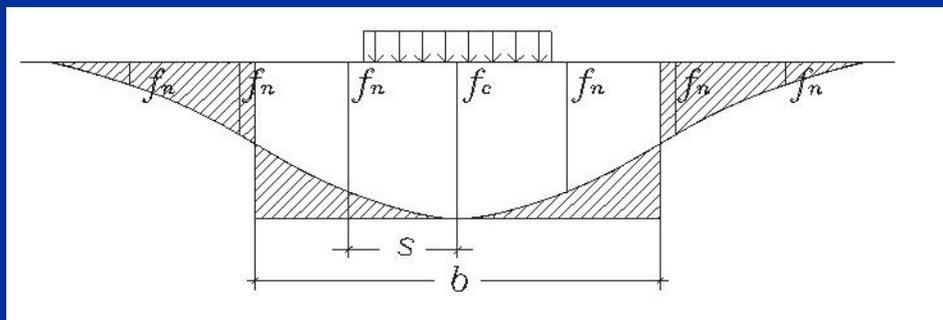
Valori di vincolo per più forze

1.3.2 Calcolo del carico concentrato (più forze)

Per determinare il valore della fascia trasversale collaborante b si fa riferimento ad un solaio di dimensione trasversale indefinita.

Caricando solo una porzione limitata di solaio, la deformata nella direzione trasversale sarà rappresentata da una sinusoide.

La sezione collaborante b è quella che si deformerebbe della stessa ampiezza del punto centrale caricato, racchiudendo la stessa area della deformata trasversale reale.



Essendo $A = \sum f_n * s = b * f_c$
ne deriva che:

$$b = (s * \sum f_n) / f_c$$

1.3.2 Calcolo del carico concentrato (più forze)

Nell'ipotesi di deformata trasversale simmetrica si potranno ridurre i punti di misura ad un sola parte della deformata trasversale utilizzando la formula:

$$b = (f_c * 2 * \sum f_i) * s / f_c$$

dove con f_i sono intese tutte le frecce misurate solo su mezza deformata trasversale depurate del cedimento degli appoggi.

Per l'esecuzione di una prova di carico di un solaio si procede ponendo almeno quattro sensori longitudinali (due agli appoggi, quarto luce, in mezzeria) e due trasversali su un solo lato generalmente a distanza $s = 1,2$ m. Si applica un carico minimo (generalmente 1000 daN), rilevando tutte le deformazioni indicate per calcolare C_v e b e da questi il rapporto tra q ed F .

1.3.2 Calcolo del carico concentrato (più forze)

Esempio pratico. Calcolare la forza equivalente F' da applicare ai quarti luce di un solaio in laterizio semplicemente appoggiato di luce 6 m con un carico accidentale previsto in 600 daN/m^2 .

Il valore di C_v è pari a 0,75 mentre il valore di b si calcola col metodo sperimentale.

Applicato un primo carico di 600 daN per singola forza si sono ottenuti le frecce:

$$C_1=0,02, C_2=0,3, C_3=0,5, C_4=0,02, C_5=0,32, C_6=0,16$$

1.3.2 Calcolo del carico concentrato (più forze)

Depurato il cedimento medio degli appoggi pari a 0,025 mm, si procede al calcolo del valore della fascia collaborante b:

$$b = (f_c * 2 * \Sigma f_i) * s / f_c = 3,2 \text{ m}$$

La forza equivalente, somma delle tre forze concentrate da applicare per simulare il carico distribuito risulta:

$$F' = C_v * b * q * \ell = 0,75 * 3,2 * 600 * 6 = 8640 \text{ daN}$$

pari a 3 forze da 2280 daN.

1.3.3 Calcolo dell'altezza dell'acqua nei sacconi

1. Quando la lunghezza del saccone coincide con la lunghezza della luce del solaio. La prova consiste nel distendere i sacconi lungo la luce del solaio, riempirlo d'acqua fino ad una altezza che consenta di arrivare al carico di prova. Il calcolo del carico distribuito effettivamente applicato, deve tener conto dell'effetto della bombatura utilizzando:

$$q_a = Q/A_f$$

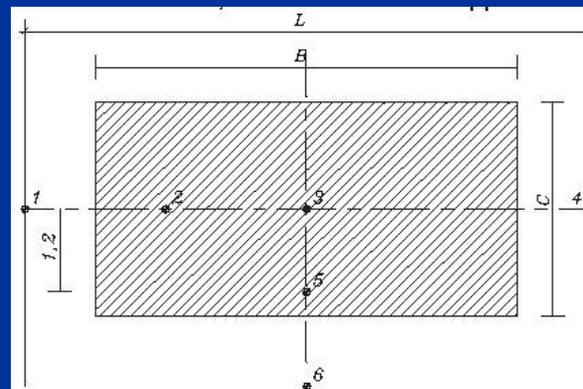
q_a - carico distribuito dell'acqua (kN/m²)

Q – quantità di acqua immessa (hl=kN)

A_f – impronta finale del saccone (m²)

1.3.3 Calcolo dell'altezza dell'acqua nei sacconi

2. Luce parzialmente caricata. Dove non è possibile coprire l'intera luce del solaio il carico distribuito di prova si trova eguagliando i momenti in mezzeria. Caso semplice appoggio:



$$q_a \frac{BL}{4} - q_a \frac{B^2}{8} = q \frac{L^2}{4} - q \frac{L^2}{8}$$

da cui

$$q_a = \frac{qL^2}{2LB - B^2}$$

1.3.3 Calcolo dell'altezza dell'acqua nei sacconi

Fascia collaborante. Anche in questo caso bisogna tener conto della fascia collaborante attraverso:

$$b = \frac{(f_c + 2\sum f_i) \cdot s}{f_c}$$

Pertanto se b è la fascia sperimentale calcolata il carico d'acqua dovrà essere incrementato del fattore b/C dove C è la larghezza del saccone.

1.3.3 Calcolo dell'altezza dell'acqua nei sacconi

La procedura di calcolo è sintetizzabile come a seguito:

- calcolare un carico d'acqua per metro quadro ipotizzando una dimensione finale dell'impronta che tiene conto dell'effetto bombatura del saccone;
- portare il livello di carico a circa il 50% e misurare il valore della fascia collaborante b ;
- calcolare la portata finale incrementando il carico calcolato del valore b/C ;

1.3.3 Calcolo dell'altezza dell'acqua nei sacconi

Esempio 1. Si vuole eseguire una prova di carico su un solaio di luce $L = 6,2$ m e carico da applicare di $4,0$ kN/m² utilizzando un saccone d'acqua che al massimo carico assume un'impronta di dimensioni longitudinali pari alla luce.

Ipotizzando di raggiungere un'altezza massima di circa 50 cm d'acqua, procediamo ad un primo carico per una altezza di 25 cm, procedendo, comunque, alla misura esatta del volume d'acqua inserito nel saccone.

Le deformazioni misurate a questo livello di carico sono:

$$S_1=0,01, S_2=0,38, S_3=0,74, S_4=0,01, S_5=0,66, S_6=0,2$$

1.3.3 Calcolo dell'altezza dell'acqua nei sacconi

Il valore della fascia collaborante b sarà:

$$b = \frac{(f_c + 2\sum f_i) \cdot s}{f_c} \quad b = 3,78$$

La quantità d'acqua da immettere per simulare il carico uniformemente distribuito q è: $Q = q b L = 4,0 \times 3,78 \times 6,2 = 9370 \text{ L}$.

Se invece si sta utilizzando una vasca a cielo aperto, dove non c'è ovviamente l'effetto forma del saccone, si misura l'altezza media del saccone, quindi $q = h_m \cdot C / b$ e se $C = 3\text{m}$:

$$h_m = q b / C = 4,0 \times 3,78 / 3,0 = 0,504 \text{ m}.$$

1.3.3 Calcolo dell'altezza dell'acqua nei sacconi

Esempio 2. Eseguire una prova di carico su un solaio di luce $L = 7,6$ m e carico da applicare di $5,0$ kN/m², utilizzando un saccone d'acqua che al massimo carico assume, come ipotesi, un'impronta di dimensioni pari a $6,0 \times 3,0$ m.

Nell'ipotesi di semplice appoggio tenuto conto che $B = 6,0$ m per eguagliare il momento massimo, è necessario applicare un carico teorico q_a (senza la collaborazione trasversale) di:

$$q_a = (5,0 * 7,6^2) / (2 * 7,6 * 6,0 * -6,0^2) = 5,23 \text{ kN/m}^2$$

1.3.3 Calcolo dell'altezza dell'acqua nei sacconi

Ipotizzando di raggiungere un'altezza di 60 cm si riempie il saccone fino a 30 cm d'altezza per calcolare la fascia collaborante b . Le frecce misurate sono $S_1=0,01$, $S_2=0,38$, $S_3=0,74$, $S_4=0,01$, $S_5=0,66$, $S_6=0,2$ $b=3,96$ m.

Pertanto, per tener conto della collaborazione trasversale dobbiamo incrementare il carico del valore:

$b/C = 3,96/3,0 = 1,32$ ottenendo un carico $q'_a = q_a * b/C = 5,23 * 1,32 = 6,91$ kN/m². La quantità d'acqua che si deve immettere sarà, pari a:

$$Q = q'_a * A_f = 6,91 * 6,0 * 3,0 = 124 \text{ kN (ettolitri-12400 l)}.$$

1.3.3 Calcolo dell'altezza dell'acqua nelle piscine

Piscina. Nell'ipotesi di semplice appoggio, per eguagliare il momento massimo sarà necessario applicare un carico teorico di acqua (q'_a):

$$q'_a = \frac{qL^2}{2LB - B^2}$$

Per applicare il q'_a si calcola l'altezza dell'acqua nella piscina;

$$Q = q'_a * A$$

dove: Q – quantità d'acqua in piscina, q'_a – carico teorico, A – area piscina. Allora l'altezza dell'acqua nella piscina è:

$$h = Q / (\rho * A)$$

dove: ρ – peso specifico dell'acqua.

1.3.3 Calcolo dell'altezza dell'acqua nelle piscine

Dopo che abbiamo applicato il carico teorico q'_a e misurato le frecce possiamo calcolare la fascia trasversale collaborante:

$$b = \frac{(f_c + 2\sum f_i) \cdot s}{f_c}$$

Tutte le frecce devono essere depurate del cedimento medio residuo degli appoggi.

1.3.3 Calcolo dell'altezza dell'acqua nelle piscine

Pertanto, per tener conto della collaborazione trasversale bisogna incrementare il carico del valore b/C ottenendo così il carico corretto da applicare:

dove: C – larghezza piscina

$$q_a = q'_a * b/C$$

L'altezza corretta dell'acqua in piscina sarà:

$$Q' = q_a * A, \quad h' = Q' / (\rho * A)$$

1.3.4 Prove di carico su scale

Per questo tipo di strutture la metodologia di calcolo adottata è la stessa.

Si tratta di calcolare la forza equivalente F che produce il massimo stato tensionale che in genere è il momento massimo.

La formula generale è sempre la $F = C_v * b * q * L$.

Il calcolo è semplice quando si tratta di struttura appoggiata o incastrata sui due lati opposti.

In questo caso C_v è sempre legato al grado di vincolo all'estremità della struttura stessa, mentre b è rappresentato dalla larghezza della scala.

1.3.5 Prove di carico su sbalzi

Prendiamo come esempio il caso del balcone.

Nella formula generale, $F = C_v * b * q * L$ la b è rappresentata dalla larghezza del balcone nell'ipotesi che questo non sia eccessivamente largo.

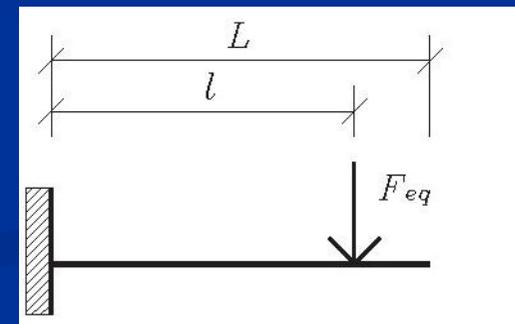
In caso contrario si misura b col metodo sperimentale.

Il valore di C_v dipende dalla posizione della forza rispetto alla luce dello sbalzo.

1.3.5 Prove di carico su sbalzi

Con P si intende la forza gravante su una striscia di 1 m, cioè $P = F/b$ e q il carico distribuito per metro quadro:

$$Pl = \frac{qL^2}{2} \quad \text{da cui} \quad P = \frac{1}{2}q \frac{L^2}{l}$$



Nella formula generale il valore C_v si determina in base ad l :

per $l = L/2$ comporta $C_v = 1,0$

per $l = L$ comporta $C_v = 0,5$

1.3.6 Prove di carico su capriate

Per le prove sulle capriate i carichi vengono applicati direttamente sui nodi superiori (preferibile), attraverso l'ancoraggio degli stessi a speciali catene che all'estremo inferiore vengono agganciate a martinetti oleodinamici di trazione.

Quando la pavimentazione è sufficientemente robusta, almeno 15 cm di calcestruzzo armato, i martinetti vengono bloccati a putrelle d'acciaio fissate al suolo tramite tasselli. In altre situazioni l'ancoraggio è costituito da normali pesi o da autocarri.

Questa tecnica ha il pregio di corrispondere alle effettive condizioni di progetto in quanto, il carico distribuito accidentale viene trasmesso, attraverso gli arcarecci, direttamente ai nodi sottoforma di carichi concentrati.

1.3.6 Prove di carico su capriate

Per determinare il valore della forza P da applicare su ogni nodo caricato, il calcolo è il seguente:

$$P = \frac{q \cdot i \cdot L}{n}$$

q = carico accidentale di prova [kN/m^2];

i = interasse delle capriate [m];

L = luce della capriata [m];

N = numero di nodi su cui è applicata la forza P .

1.4 Esito della prova

L'esito della prova sarà valutato:

- basandosi sulla correlazione carichi-spostamenti.
- verificando che le deformazioni si accrescano all'incirca in proporzione ai carichi.
- verificando che la deformazione residua non superi una quota parte di quella totale.
- verificando che la deformazione elastica risulti non maggiore di quella calcolata teoricamente.

La considerazione indispensabile è che durante la prova non si verifichino lesioni, deformazioni, dissesti che compromettano la sicurezza della struttura.

3. Prove di carico su ponti

Il carico di prova viene generalmente ottenuto con autocarri pieni di inerti, con i quali si possono produrre sollecitazioni che in alcuni casi siano superiori a quelli di progetto.

Per valutare le variazioni della struttura dovute alla sola temperatura si esegue un congruo numero di rilievi a ponte scarico, prima dell'inizio della prova e dopo lo scarico.

Per la determinazione delle quote dei punti di lettura, precedentemente apposti sull'impalcato, si impiega un Autolivello di precisione 0,01 mm ed una stadia invar.

Il caposaldo viene apposto esternamente alla campata presa in esame e considerato fisso.

4. Prove di carico su piastra

Le prove vengono effettuate secondo le indicazioni fornite dalla Norma CNR BU N. 146 del dicembre 1992.

Sulla zona di prova viene posizionata una piastra circolare di diametro 300 mm, su la quale viene appoggiato il martinetto di spinta contrastato da un sollevatore da cantiere.

Al martinetto viene agganciato la pompa oleodinamica mediante una tubazione a cui è stato inserito in linea il manometro.

Successivamente si posizionano tre trasduttori elettronici centesimali di spostamento, disposti a 120° fra loro lungo la circonferenza della piastra.

Un telaio di tubi “innocenti” ben appoggiato nel terreno, disposto lontano dalla piastra e dal contrasto, sostiene i trasduttori di spostamento, le cui aste appoggiano in tre punti (posti a 120°) sulla stessa.

4. Prove di carico su piastra

Le letture e gli incrementi di carico vengono effettuati secondo la tabella di carico solo dopo la stabilizzazione dei cedimenti.

I moduli di deformazione M_d e M_d' al primo e al secondo si valutano nell'intervallo 0,05 e 0,15 N/mm² corrispondente a “terreni di sottofondo e per strati di rilevato”.

$$M_d = (\Delta p / \Delta s) \times D$$

dove:

Δp è l'incremento di carico trasmesso dalla piastra alla terra (N/mm²)

Δs è il corrispondente incremento di cedimento (mm)

D è il diametro della piastra (300mm)

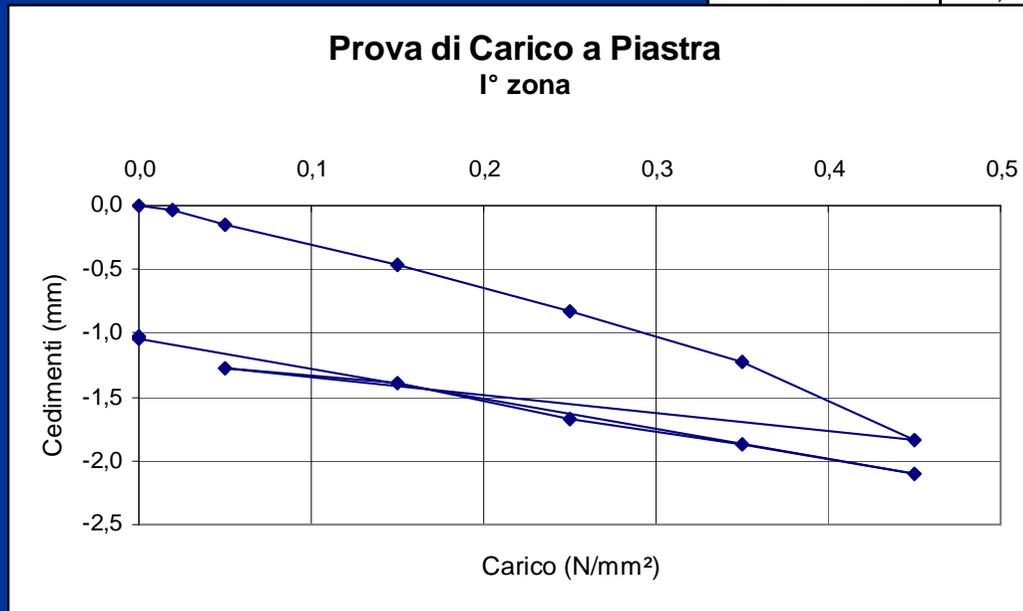
La prova eseguita a doppio ciclo di carico permette di determinare con il primo ciclo il modulo $M_d = (\Delta p / \Delta s) \times D$ convenzionalmente indicativo della portanza, con il secondo $M_d' = (\Delta p / \Delta s) \times D$ consente di valutare, mediante il rapporto $M_d / M_d' (\leq 1)$ il grado di costipamento dello strato in esame, che risulta tanto più prossimo all'unità quanto migliore è la qualità del costipamento.

4. Prove di carico su piastra

Nella tabella seguente indichiamo i moduli di deformazione M_d e M_d' calcolati per terreni di fondazione con: $\Delta p = \Delta p' = 0,1 \text{ N/mm}^2$ compreso fra 0,05 e 0,15 N/mm^2 .

Grado di costipamento $M_d / M_d' = 0,39$

Data	Pressione N/mm^2	Forza kN	Media mm	Canale 1 mm	Canale 2 mm	Canale 3 mm
21/12/10 14.02.19	0,00	0,000	-0,001	0,000	0,000	-0,003
21/12/10 14.04.30	0,02	1,440	-0,039	-0,049	-0,041	-0,026
21/12/10 14.06.27	0,05	3,660	-0,156	-0,158	-0,148	-0,162
21/12/10 14.08.15	0,15	10,800	-0,461	-0,433	-0,425	-0,526
21/12/10 14.10.53	0,25	18,010	-0,828	-0,753	-0,719	-1,012
21/12/10 14.12.34	0,35	25,210	-1,226	-1,129	-1,017	-1,532
21/12/10 14.14.35	0,45	32,410	-1,833	-1,756	-1,488	-2,254
21/12/10 14.16.58	0,05	3,660	-1,268	-1,262	-1,102	-1,440
21/12/10 14.18.22	0,15	10,810	-1,386	-1,364	-1,221	-1,573
21/12/10 14.20.57	0,25	18,020	-1,668	-1,614	-1,472	-1,919
21/12/10 14.22.42	0,35	25,210	-1,864	-1,783	-1,614	-2,195
21/12/10 14.24.24	0,45	32,420	-2,105	-2,006	-1,776	-2,532
		0,000	-1,037	-1,485	-0,588	-1,037
		0,000	-1,034	-1,484	-0,584	-1,034
		0,000	-1,023	-1,472	-0,574	-1,023



I° Zona	Δp (N/mm^2)	Δs (mm)	M_d (N/mm^2)
I° Ciclo			
II° Ciclo			

Bibliografia

D.M. 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni

O. Belluzi – Scienza delle costruzioni – Zanichelli

E. Giangreco – Teoria e tecnica delle costruzioni – Liguori

S. Lombardo, V. Venturi – Collaudo statico delle strutture –
Dario Flaccovio

P. Pozzati – Teoria e tecnica delle strutture – UTET, Torino

L. Viggiano - Il Collaudo Statico – Pirola

S. Martinello – Prove in sito – Pubblicato da 4Emme

Per la documentazione fotografica si ringrazia:

Studio Tecnico Ing. Tiziano Lucca