

PROVE DI CARICO SU SOLAIO

1. Scopo

La prova intende testare le strutture orizzontali, in termini di resistenza e di risposta elastica, sottoponendole alle massime sollecitazioni possibili in accordo con i propri carichi di esercizio.

Il test fornisce valido riferimento sia in merito al comportamento dei soli elementi portanti principali, sia in merito al loro inserimento sulle strutture verticali (appoggi).

2. Principi del metodo

Le strutture orizzontali di impalcato vedono la loro funzionalità strutturale sottoposta ai vincoli del comportamento elastico. Tale comportamento, scontato per i carichi di esercizio, viene preteso anche oltre la soglia delle sollecitazioni definite in condizione d'esercizio fino ad un limite che viene di volta in volta stabilito in funzione delle caratteristiche peculiari della struttura.

Il metodo d'analisi è classico: facendo riferimento agli schemi base della scienza delle costruzioni adottati per il calcolo, si studia la struttura sottoponendola ad un carico e monitorando gli spostamenti per definire la validità dello schema teorico (dal confronto tra i cedimenti teorici e quelli rilevati), la linearità elastica (dal confronto incrementale carico - cedimento) e la risposta elastica (presenza di cedimenti residui).

L'esito della prova va valutato sulla base dei seguenti elementi:

- le deformazioni si accrescano all'incirca proporzionalmente ai carichi;
- nel corso della prova non si siano prodotte fratture, fessurazioni, deformazioni o dissesti che compromettono la sicurezza o la conservazione dell'opera;
- la deformazione residua dopo la prima applicazione del carico massimo non superi una quota parte di quella totale commisurata ai prevedibili assestamenti iniziali di tipo anelastico della struttura oggetto della prova. Nel caso invece che tale limite venga superato, prove di carico successive devono indicare che la struttura tenda ad un comportamento elastico.
- la deformazione elastica risulti non maggiore di quella calcolata.

3. Campo di applicazione

Test su impalcati in ca, cap ed acciaio.

4. Norma di riferimento

D.M. 9 e 16/01/1996 D.M. 9 e 16/01/1996 - N.T.C. cap. 9.2

5. Apparecchiature

Di volta in volta si valuta l'opportunità di utilizzo delle seguenti strumentazioni:

5.1 Carichi

I modi di applicazione del carico (sempre noto con ragionevole precisione) più comuni sono:

- 1) mediante sacchi di cemento (dimensioni 50x38 cm e peso di 25kg/cad) o di altro materiale (calce, intonaci premiscelati di peso noto);
- 2) mediante vasche d'acqua o serbatoi da riempire in modo graduale con allaccio alla rete idrica o autobotte;
- 3) mediante martinetti idraulici contrastati sulle strutture sovrastanti. In quest'ultimo caso è necessario verificare preventivamente che le strutture usate come contrasto non vengano danneggiate dalle spinte esercitate dai martinetti;
- 4) altri metodi (camion carichi, rulli compressori – per i ponti- bramme metalliche, etc.).



Esempi di prova con
Zavorre di varia specie





Esempi di prova con
Serbatoi in tela o
Piscine

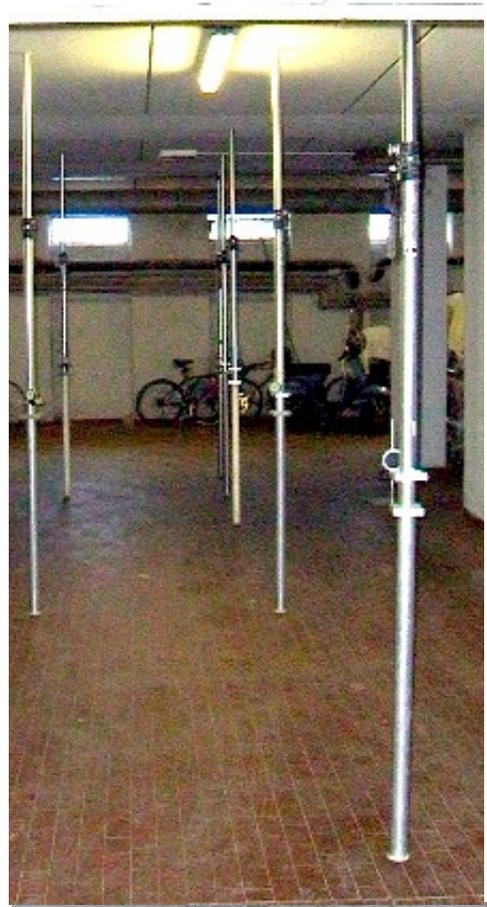






5.2 Spostamenti

1. aste comparatrici estendibili fino 7.4 m
2. comparatori centesimali corsa 50 e 10 mm della Borletti;
3. livelli ottici di precisione Salmoiraghi a lenti Zeiss (precisione 0.1 mm fino a distanza 30 m) con aste metriche.





6. Modalità Esecutive

6.1 Operazioni preliminari:

Recepito Il programma delle prove con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese, stabilito dal Collaudatore, si fa opportuno studio delle previsioni teoriche di abbassamento deducendone la opportuna posizione e numero dei sensori di spostamento¹.

Lo sperimentatore prepara la zona da sottoporre a prova (generalmente disponendo i serbatoi etc..) e ove necessario procede all'approvvigionamento idrico.

Si applicano i sensori di spostamento distinguendo: zone di flessione (generalmente il centro dell'impalcato) e zone di vincolo(generalmente gli appoggi del solaio)

L'applicazione dei sensori (comparatori o aste metriche) viene controllata dallo sperimentatore che valuta la tenuta degli stessi in funzione delle condizioni al contorno annotando la numerazione su foglio di lavoro in modo da determinarne univocamente posizione e lettura.

¹ **N.T.C. cap. 9.2**

Il programma delle prove, predisposto dal Collaudatore statico, con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese (deformazioni, livelli tensionali, reazione dei vincoli, ecc.) va sottoposto al Direttore dei lavori per l'attuazione e reso noto al Progettista perchè ne convalidi la compatibilità con il progetto strutturale ed al Costruttore per accettazione.

Nel caso di mancata convalida da parte del Progettista o di non accettazione da parte del Costruttore, il Collaudatore statico, con relazione motivata, potrà chiederne l'esecuzione al Direttore dei Lavori, ovvero dichiarare l'opera non collaudabile.

Le prove di carico devono essere svolte con le modalità indicate dal Collaudatore statico che ne assume la responsabilità mentre la loro materiale attuazione è affidata al Direttore dei lavori, che ne assume la responsabilità.

Il giudizio sull'esito della prova è responsabilità del Collaudatore.

Nel caso di strutture esistenti da sottoporre a verifica in fase preliminare di progetto per l'acquisizione dei dovuti livelli di conoscenza, la figura del collaudatore viene sostituita dal calcolatore delle strutture.

Prima di iniziare le fasi di carico lo sperimentatore procede all'azzeramento del sistema di lettura.

6.2 Esecuzione della prova

Lo sperimentatore provvederà ad appuntare sul foglio di lavoro oltre alle misure del solaio da provare, il suo spessore e la tipologia strutturale (con dimensioni dei travetti) il preciso collocamento in pianta degli strumenti di misurazione numerandoli;

1. Lo sperimentatore procede a posizionare il carico gradualmente per step di carico (il carico totale viene diviso in step di carico precedentemente concordati con la D.L.)
2. Al termine dello step lo sperimentatore con misure precise e dettagliate annoterà sul foglio di lavoro:
 - a. ora;
 - b. temperatura;
 - c. fase di carico applicato;
 - d. lettura dello spostamento per ogni postazione (strumento di misurazione);
3. Dopo un tempo tot. (concordato con la D.L. e generalmente 5 min) lo sperimentatore procede alle operazioni di cui al punto 2 e verifica se ci sono incrementi negli spostamenti;
4. Se non vi sono ulteriori spostamenti lo sperimentatore procede al successivo step altrimenti ripete le operazioni elencate al punto 2 fino a quando non vi siano piu' incrementi negli spostamenti ed il sistema possa ritenersi stabilizzato. Lo sperimentatore procederà in questo modo fino al completo raggiungimento del carico massimo;
5. Al raggiungimento del carico massimo lo sperimentatore attenderà un tot. di tempo (concordato con la D.L. e generalmente 1 h) per l'assestamento del solaio e procederà con le operazioni riportate al punto 2. Se non vi sono incrementi negli spostamenti lo sperimentatore procederà alla fase di scarico rispettando step e tempi riportati nella fase di carico altrimenti lo sperimentatore procederà come descritto nei punti 3 e 4 per poi procedere allo scarico;
6. Avendo scaricato totalmente il solaio riportandosi nelle condizioni descritte nel 8.1 lo sperimentatore concluderà la prova quando ripetendo le operazioni di cui al punto 3 e al punto 4 non vi sia registrato dagli strumenti di misurazione 7.2 un residuo di spostamento pari al massimo del 10% dello spostamento piu' elevato registrato in fase di carico (generalmente nello strumento posto al centro della campata in fase di massimo carico).

In tutte le fasi descritte ai punti 1,2,3,4,5,6,7 È compito dello sperimentatore controllare il comportamento elastico tramite il confronto incrementale carico - spostamento o il confronto tra spostamento teorico e reale. Qualora si manifestino segni di esposizione della struttura alla fase anelastica, lo sperimentatore interrompe la prova fino a nuove disposizioni di DL o Collaudo.

7. Esposizione dei risultati

Eseguita la prova completa, lo sperimentatore consegnerà al direttore di Laboratorio i fogli di lavoro.

Verrà redatto un Rapporto di Prova che, oltre a quanto previsto dalla predetta procedura, conterrà:

- la data di prova, il richiedente, il cantiere, i presenti alla prova;
- le caratteristiche di progetto e le dimensioni dell'impalcato;
- entità, distribuzione e tipologia del carico;
- posizione e tipologia dei sensori di spostamento;
- diagrammi risultanti;
- confronto con i cedimenti teorici e quantificazione dei cedimenti residui.

8. Riferimenti teorici

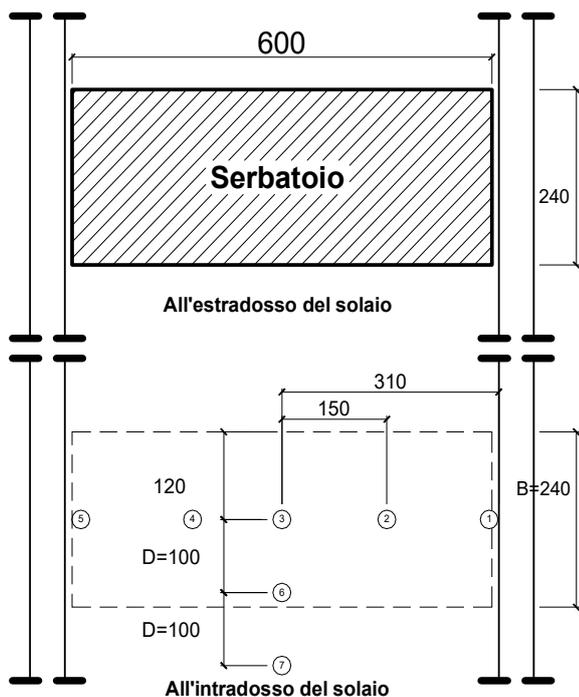
Il carico al mq che viene applicato è maggiore del carico di calcolo in quanto bisogna portare in conto la compartecipazione laterale delle fasce adiacenti al solaio stesso.

Al carico realmente applicato corrisponde un carico effettivo che viene calcolato in base alla formula

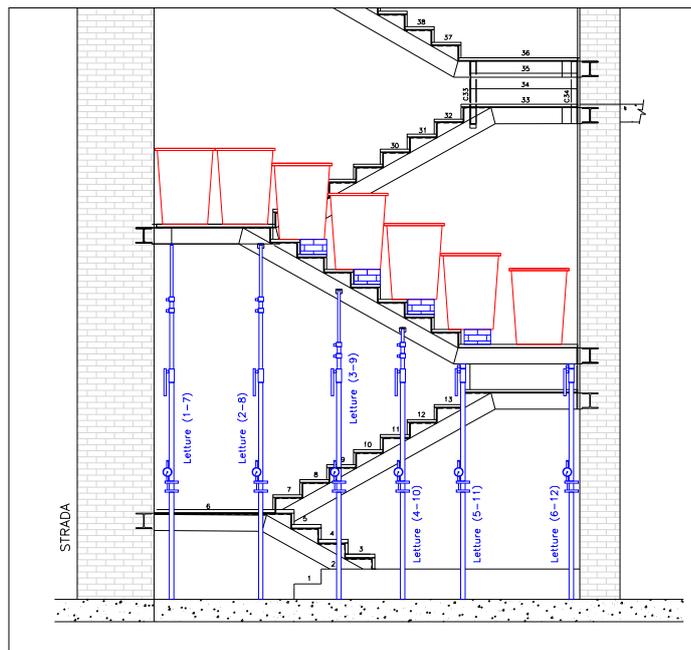
$$\text{Coefficiente di compartecipazione laterale} = C_p = 1 - \frac{y_2 + \sum y_i}{n \cdot y_2} \cdot \frac{B}{d} \text{ in \%}$$

d = distanza tra i comparatori posti in direzione trasversale

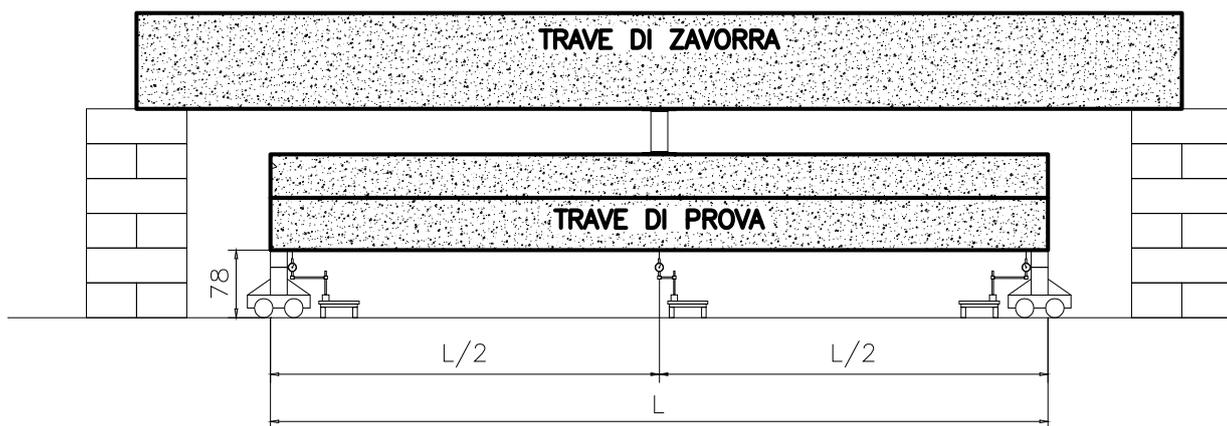
B = Larghezza del Serbatoio



Esempio di prova con carico a tutta campata

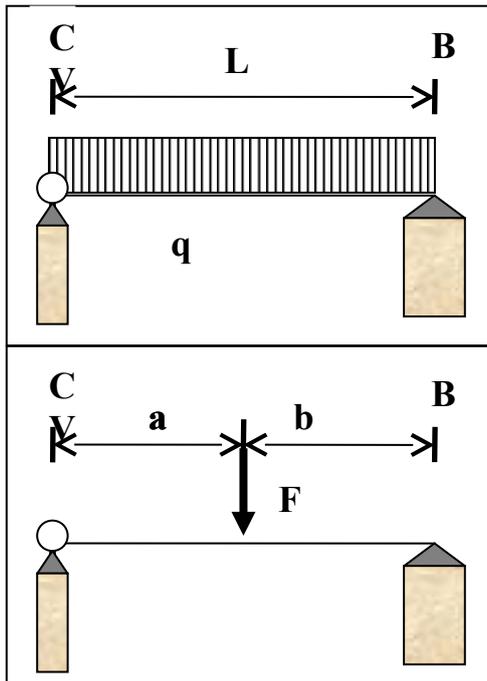


Esempio di prova su scala



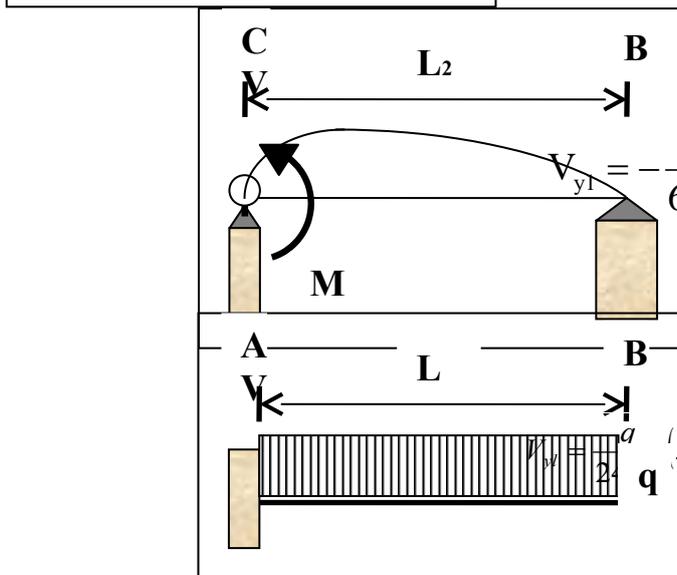
Esempio di prova in stabilimento su trave in cls precompresso

Alcuni esempi di schemi tipo



$$V_{yi} = \frac{q}{24EI} [xL^3 - 2x^3L + x^4]$$

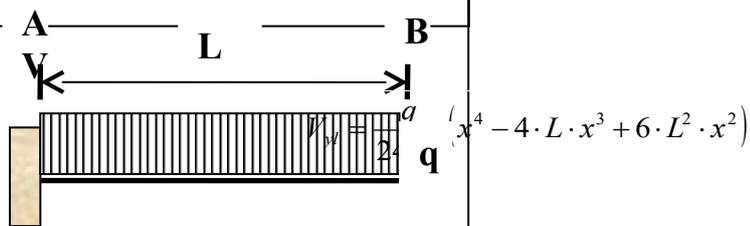
$$V_{\frac{L}{2}} = \frac{5q}{384EI}$$



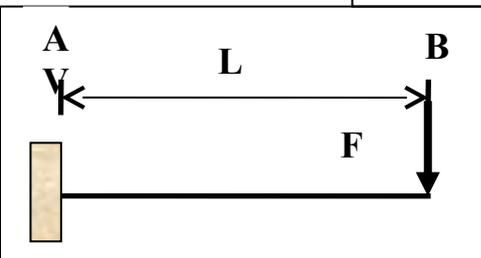
$$V_{yi} = \frac{Fb}{6EIL} [x^3 - (L^3 - 3 \cdot L^2 \cdot x)] \quad x < a$$

$$V_{yi} = \frac{F}{12EI} [x^3 - (L^3 - 3 \cdot L^2 \cdot x)] \quad a = b = \frac{L}{2}$$

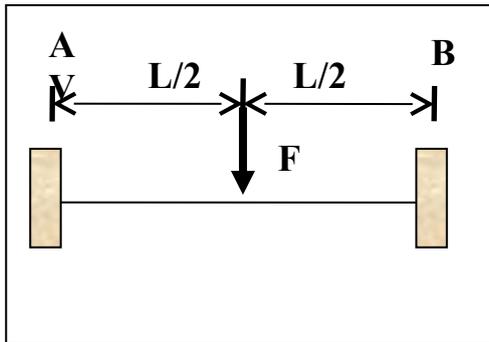
$$V_{yi} = -\frac{M}{6 \cdot E \cdot I \cdot L_2} (x^3 - L_2^2 \cdot x)$$



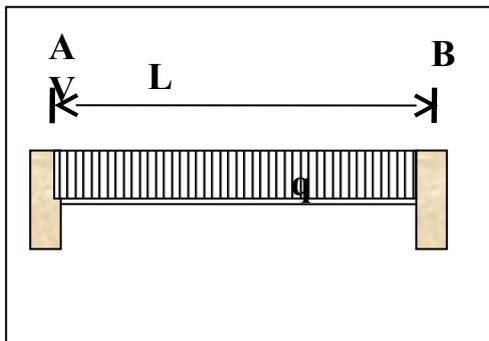
$$V_{yi} = \frac{q}{24EI} (x^4 - 4 \cdot L \cdot x^3 + 6 \cdot L^2 \cdot x^2)$$



$$V_{yi} = \frac{F}{6EI} (x^3 - 3 \cdot L \cdot x^2)$$

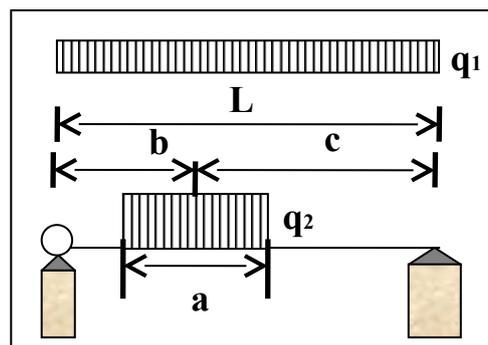


$$V_{yi} = \frac{F}{48EI} [3L - 4x] x^2 \quad x < \frac{L}{2}$$



$$V_{yi} = \frac{q}{24EI} [x^2 L^2 - 2x^3 L + x^4]$$

$$V_{yi} = \frac{q}{384EI}$$



$$M_{\max 2} = q_2 \cdot \left(\frac{a \cdot b \cdot c}{L} - \frac{a^2}{8} \right)$$

$$M_{\max 1} = M_{\max 2} \Rightarrow \frac{q_1 \cdot L^2}{8} = q_2 \cdot \left(\frac{a \cdot b \cdot c}{L} - \frac{a^2}{8} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{q_1 \cdot L^2}{8} = q_2 \cdot \frac{a}{8} \cdot \frac{(8 \cdot b \cdot c - a \cdot L)}{L} \Rightarrow q_1 \cdot L^2 = q_2 \cdot \frac{(8 \cdot a \cdot b \cdot c - a^2 \cdot L)}{L}$$

$$\Rightarrow q_2 = q_1 \cdot \frac{L^3}{(8 \cdot a \cdot b \cdot c - a^2 \cdot L)}$$