



**ORDINE DEGLI  
INGEGNERI**  
DELLA PROVINCIA  
DI CASERTA

**IN  
COLLABORAZIONE  
CON**



**SEMINARIO:  
CONTROLLI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI IN FASE DI  
ESECUZIONE DEI LAVORI ALLA LUCE DELLE NTC 2018**

***LE PROVE DI CARICO SU PALI E SOLAI***



**Tecnolab srl Laboratorio sperimentale di ingegneria**

Sede Legale Via Santella Parco La Perla - 81055 S. Maria Capua Vetere (CE)  
Sede Laboratorio Napoli, Via S. Maria del Pianto, 80 - 80143 Napoli (NA)

**ing. Andrea Basile**

Iscrizione C.C.I.A.A. n° 201023 e-mail: [itecnolab@virgilio.it](mailto:itecnolab@virgilio.it)  
Part. IVA 02856650615 sito: [www.tecnolabnapoli.it](http://www.tecnolabnapoli.it)  
Aut. Min. n° 51185 del 03/12/2003 Tel. 081.2507107 - Fax 081.19560514

# PROVE DI CARICO



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

**DECRETO MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DELL'INTERNO 17/01/2018  
NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI.**

**CIRCOLARE N. 617 DEL 02/02/2009**

***Dove vengono citate nella norma le “prove di Carico”***

#### **4.1.10.4 PROVE SU COMPONENTI (prefabbricati)**

Per verificare le prestazioni di un nuovo prodotto o di una nuova tecnologia produttiva ed accertare l'affidabilità dei modelli di calcolo impiegati nelle verifiche di resistenza, prima di dare inizio alla produzione corrente è necessario eseguire delle prove di carico su di un adeguato numero di prototipi al vero, portati fino a rottura. Tali prove sono obbligatorie, in aggiunta alle prove correnti sui materiali di cui al Capitolo 11, per le produzioni in serie controllata.

#### **4.4.16 VERIFICHE PER SITUAZIONI TRANSITORIE, CONTROLLI E PROVE DI CARICO (Legno)**

.... In aggiunta a quanto previsto al Capitolo 9, l'esecuzione delle prove di carico per le strutture con elementi portanti di legno o con materiali derivati dal legno, dovrà tener conto della temperatura ambientale e dell'umidità del materiale.

L'applicazione del carico dovrà essere in grado di evidenziare la dipendenza del comportamento del materiale dalla durata e dalla velocità di applicazione del carico....

#### **11.7.10.2 CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE (Legno)**

.... Per il legno lamellare e gli altri elementi giuntati di cui ai § 11.7.3, 11.7.4, 11.7.5 ed 11.7.6, in considerazione dell'importanza dell'opera, potranno essere effettuate, da un laboratorio di cui all'articolo 59 del DPR 380/2001, prove di carico in campo elastico anche per la determinazione del modulo elastico parallelo alla fibratura secondo le modalità riportate nella UNI EN 408:2012 o nella UNI EN 380:1994, ciascuna in quanto pertinente.....

# ***PROVE DI CARICO***



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

**DECRETO MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DELL'INTERNO 17/01/2018  
NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI.**

**CIRCOLARE N. 617 DEL 02/02/2009**

***Dove vengono citate nella norma le “prove di Carico”***

## **6.4.3.7 PROVE DI CARICO (PALI DI FONDAZIONE)**

### **6.4.3.7.1 Prove di progetto su pali pilota**

Le prove per la determinazione della resistenza del singolo palo (prove di progetto) devono essere eseguite su pali appositamente realizzati (pali pilota) identici, per geometria e tecnologia esecutiva, a quelli da realizzare e ad essi sufficientemente vicini....

### **6.4.3.7.2 Prove in corso d'opera**

Sui pali di fondazione, ad esclusione di quelli sollecitati prevalentemente da azioni orizzontali, devono essere eseguite prove di carico statiche per controllarne il comportamento sotto le azioni di progetto. Tali prove devono essere spinte ad un carico assiale pari a 1,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE. ....

## **6.6.4. PROVE DI CARICO**

### **6.6.4.1. PROVE DI PROGETTO SU ANCORAGGI PRELIMINARI**

Gli ancoraggi preliminari di prova (ancoraggi di progetto) - sottoposti a sollecitazioni più severe di quelle di verifica e non utilizzabili per l'impiego successivo - devono essere realizzati con lo stesso sistema costruttivo di quelli definitivi, nello stesso sito e nelle stesse condizioni ambientali.

### **6.6.4.2. PROVE DI CARICO IN CORSO D'OPERA SUGLI ANCORAGGI**

Le prove di carico in corso d'opera devono essere effettuate su tutti gli ancoraggi per controllarne il comportamento sotto le azioni di progetto. La prova consiste nell'applicazione di un ciclo semplice di carico e scarico; in questo ciclo il tirante viene sottoposto ad una forza pari a 1,2 l'azione di progetto Pd utilizzata per le verifiche SLE, verificando che gli allungamenti misurati siano nei limiti previsti e/o compatibili con le misure sugli ancoraggi preliminari di prova.

## Cap. 9 COLLAUDO STATICO

### 9.1. PRESCRIZIONI GENERALI

... Il collaudo statico di tutte le opere di ingegneria civile regolamentate dalle presenti norme tecniche, deve comprendere i seguenti adempimenti:

- a) *controllo di quanto prescritto per le opere eseguite sia con materiali regolamentati dal DPR 6 giugno 2001 n. 380, leggi n. 1086/71 e n. 64/74 sia con materiali diversi;*  
...
- e) *controllo dei verbali e dei risultati delle eventuali prove di carico fatte eseguire dal Direttore dei lavori.*  
...
- g) *esaminare le indagini eseguite nelle fasi di progettazione e costruzione come prescritte nelle presenti norme;*  
...
- i) *di effettuare tutti quegli accertamenti, studi, indagini, sperimentazioni e ricerche utili per formarsi il convincimento della sicurezza, della durabilità e della collaudabilità dell'opera, quali in particolare:*
  - *prove di carico;*
  - *prove sui materiali messi in opera, anche mediante metodi non distruttivi;*
  - *monitoraggio programmato di grandezze significative del comportamento dell'opera da proseguire, eventualmente, anche dopo il collaudo della stessa.*

## 9.2 PROVE DI CARICO

Le prove di carico, ove ritenute necessarie dal Collaudatore, dovranno identificare la corrispondenza del comportamento teorico con quello sperimentale. I materiali degli elementi sottoposti a collaudo devono aver raggiunto le resistenze previste per il loro funzionamento finale in esercizio.

Il programma delle prove, stabilito dal Collaudatore, con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese deve essere sottoposto al Direttore dei lavori per l'attuazione e reso noto al Progettista e al Costruttore.

**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, è responsabile il Direttore dei lavori.**

Le prove di carico sono prove di comportamento delle opere sotto le azioni di **ESERCIZIO**. Queste devono essere, in generale, tali da indurre le sollecitazioni massime di **ESERCIZIO PER COMBINAZIONI CARATTERISTICHE (RARE)**. In relazione al tipo della struttura ed alla natura dei carichi le prove possono essere convenientemente protratte nel tempo, ovvero ripetute su più cicli. Il giudizio sull'esito della prova è responsabilità del Collaudatore.

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.

Le prove statiche, a giudizio del Collaudatore e in relazione all'importanza dell'opera, possono essere integrate da prove dinamiche e prove a rottura su elementi strutturali.

Nel caso di costruzioni dotate di dispositivi antisismici, ai fini del collaudo statico, di fondamentale importanza è il controllo della posa in opera dei dispositivi, nel rispetto delle tolleranze e delle modalità di posa prescritte dal progetto, nonché la verifica della completa separazione tra sottostruttura e sovrastruttura e tra quest'ultima ed altre strutture adiacenti, con il rigoroso rispetto delle distanze di separazione previste in progetto.

Il collaudatore può altresì disporre specifiche prove dinamiche atte a verificare il comportamento dinamico della costruzione.

## **PROVE DI CARICO (C.9.2 Circ. 2008)**

Le prove di carico, ove ritenute necessarie dal Collaudatore statico, **hanno la finalità di identificare la corrispondenza fra comportamento teorico e sperimentale**. I materiali degli elementi sottoposti a prove devono aver raggiunto le resistenze previste per il loro funzionamento finale in esercizio.

**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 é affidata al Direttore dei lavori**, che ne assume la responsabilità.

## **PROVE DI CARICO (C.9.2 Circ. 2018)**

Le prove di carico, sia quelle esplicitamente disposte dalle NTC (quando non vi abbia provveduto la Direzione dei Lavori) sia quelle ritenute comunque necessarie dal Collaudatore statico, hanno la finalità di identificare la corrispondenza fra comportamento teorico e sperimentale.

**Il programma delle prove richieste dal Collaudatore statico, con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese (deformazioni, livelli tensionali, reazione dei vincoli, ecc.), deve essere:**

- sottoposto al Direttore dei lavori per l'attuazione;
- reso noto al Progettista, perché ne verifichi la compatibilità con il progetto strutturale;
- reso noto 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.

Di questo processo deve essere redatta idonea documentazione attestante gli esiti, anche formali, dei passaggi e delle azioni delle figure sopra richiamate.

Le prove di carico devono essere svolte con le modalità indicate dal Collaudatore Statico, mentre la loro materiale attuazione è affidata al Direttore dei lavori, ciascuno assumendone la relativa responsabilità.

Nelle prove si deve tenere conto di quanto indicato nel Cap. 4 delle NTC per i vari materiali. Per i ponti si deve tenere conto, inoltre, di quanto prescritto al § 5.1 e 5.2 delle NTC ed ai corrispondenti paragrafi della presente Circolare, rispettivamente per i ponti stradali e per quelli ferroviari.

Le prove di carico devono consentire di valutare il comportamento delle opere sotto le azioni di esercizio; a tale scopo deve essere applicata, quando possibile, la combinazione di carichi tale da indurre le sollecitazioni massime di esercizio. A tal fine, deve essere effettuato uno specifico calcolo della struttura o dell'elemento strutturale esaminato, applicando le azioni previste per la prova e determinando quindi lo stato tensionale e deformativo con il quale confrontare i risultati della prova stessa.



## 9.2.1 STRUTTURE PREFABBRICATE

In presenza di strutture prefabbricate poste in opera, fermo restando quanto sopra specificato, si devono eseguire **controlli** atti a verificare la rispondenza dell'opera ai requisiti di progetto; è inoltre fondamentale il controllo della posa degli elementi prefabbricati e del rispetto del progetto nelle tolleranze e nelle disposizioni delle armature e dei giunti, nonché nella verifica dei dispositivi di vincolo.

## 9.2.2 PONTI STRADALI

Fermo restando quanto sopra specificato, in particolare si dovrà controllare che le deformazioni sotto i carichi di prova, in termini di abbassamenti, rotazioni ecc, siano comparabili con quelle previste in progetto e che le eventuali deformazioni residue dopo il primo ciclo di carico, determinate come indicato più sopra, non risultino superiori al 15% di quelle massime misurate, ovvero successive prove di carico dimostrino che le deformazioni residue tendano ad esaurirsi.

Per i ponti a campata multipla, la **prova di carico** deve essere eseguita su almeno un quinto delle campate, secondo le modalità sopra precisate.

Per le opere di significativa rilevanza, le prove statiche andranno completate da prove dinamiche, che misurino la rispondenza del ponte all'eccitazione dinamica, controllando che il periodo fondamentale sperimentale sia confrontabile con quello previsto in progetto.

## 9.2.3 PONTI FERROVIARI

Oltre a quanto specificato al precedente § 9.2, le **prove di carico** dovranno essere effettuate adottando carichi che inducano, di norma, le sollecitazioni di progetto dovute ai carichi mobili verticali nello stato limite di esercizio, in considerazione della disponibilità di mezzi ferroviari ordinari e/o speciali. Le deformazioni residue dopo il primo ciclo di carico, determinate come indicato più sopra, non devono risultare superiori al 15% di quelle massime misurate, ovvero successive prove di carico devono dimostrare che le deformazioni residue tendano ad esaurirsi.

Per i ponti a campata multipla, la prova di carico deve essere eseguita su almeno un quinto delle campate, secondo le modalità precisate nel capoverso precedente.

Per le opere di significativa rilevanza, le prove statiche andranno integrate da prove dinamiche, che misurino la rispondenza del ponte all'eccitazione dinamica, controllando che il periodo fondamentale sperimentale sia confrontabile con quello previsto in progetto.

# Le prove di carico sui solai

## Regole di base



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

La prova di carico su solaio essenzialmente si studia su un diagramma  
**FORZA - SPOSTAMENTO**

Cap. 3.1.4 NTC

Carico come dalla tabella Tabella 3.1.II

Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

**$Q_p = \text{azione SLE}$**

**Storia di carico**

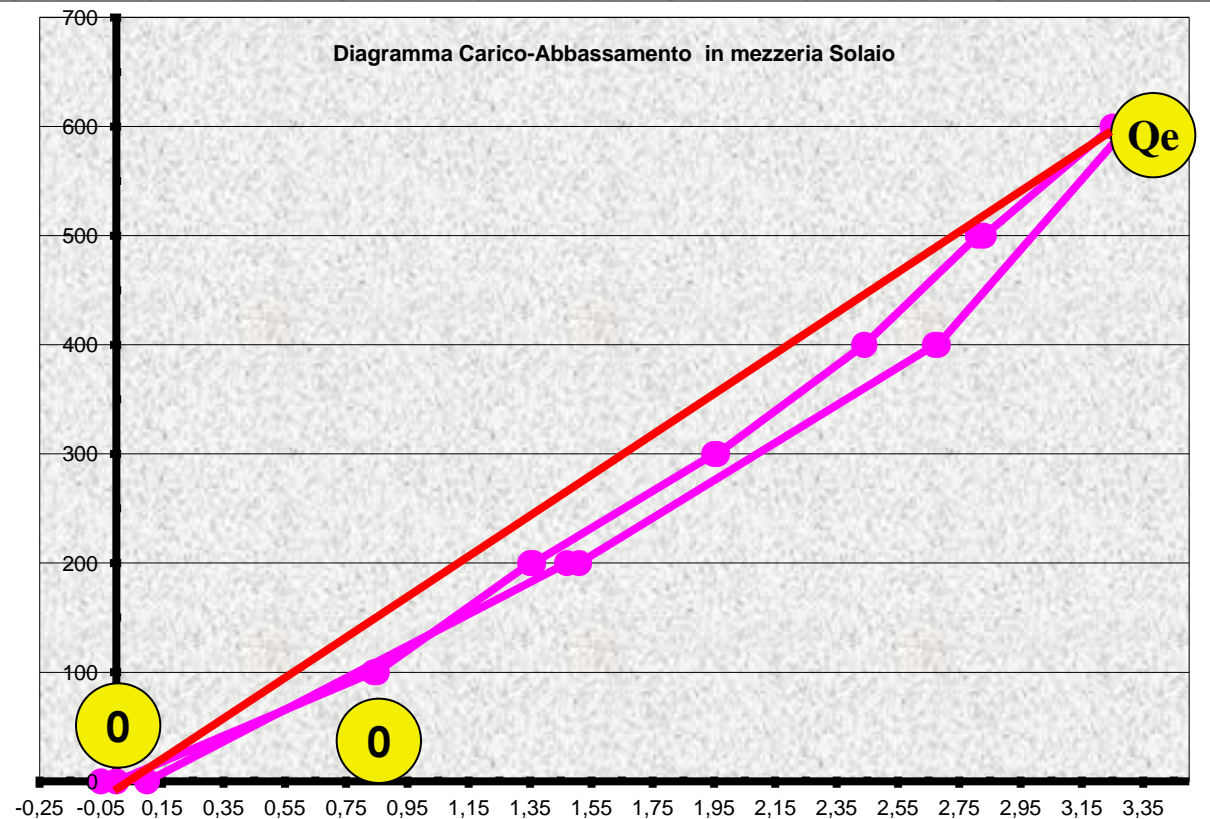
**Fase 1: 0 -  $Q_e$**

**Fase 2:  $Q_e - 0$**

$V_{0\%1}$	$V_{0\%2}$	$V_{1\%}$
[ mm ]	[ mm ]	[ mm ]
21%	103%	5%

$$V_{0\%} = \frac{V_{\max} \text{ reale}}{V_{\max} \text{ teorica}} \%$$

$$V_{1\%} = \frac{V_{\max} \text{ residuo}}{V_{\max} \text{ reale}}$$



# Le prove di carico sui solai

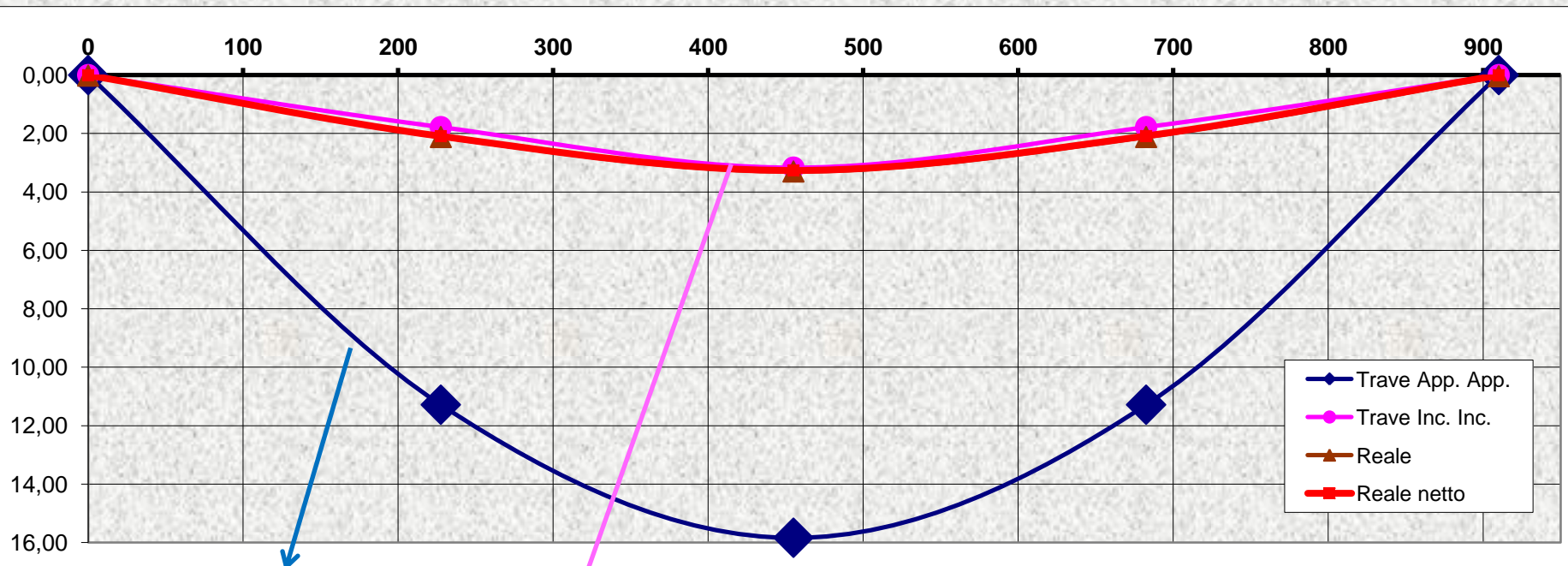
## Regole di base



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

Anche la prova di carico su solaio essenzialmente si studia su un diagramma  
**FORZA - SPOSTAMENTO**



$$V_{y0} = \frac{q}{24EI} (x^4 - 2 \cdot L \cdot x^3 + L^3 \cdot x)$$

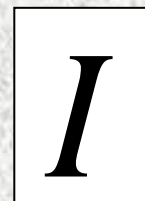
$$V_{\frac{L}{2}} = \frac{5qL^4}{384EI}$$

**Trave appoggiata - appoggiata**

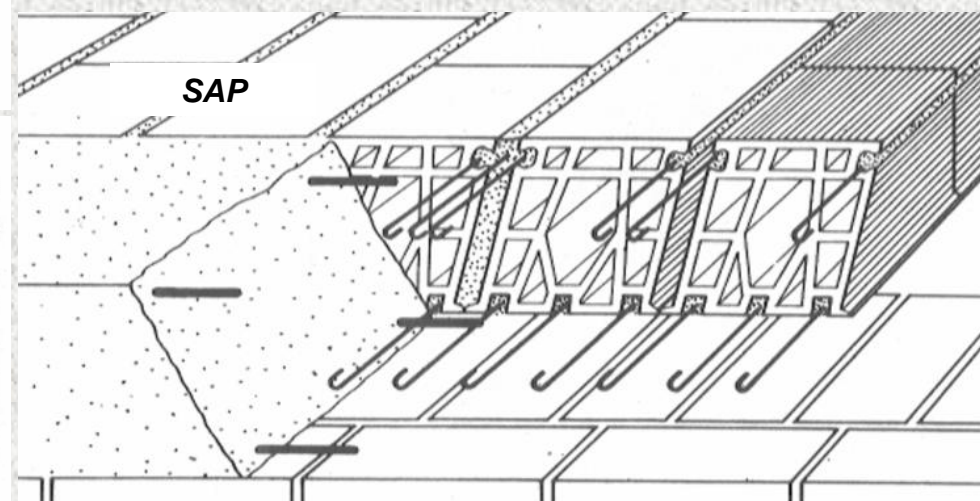
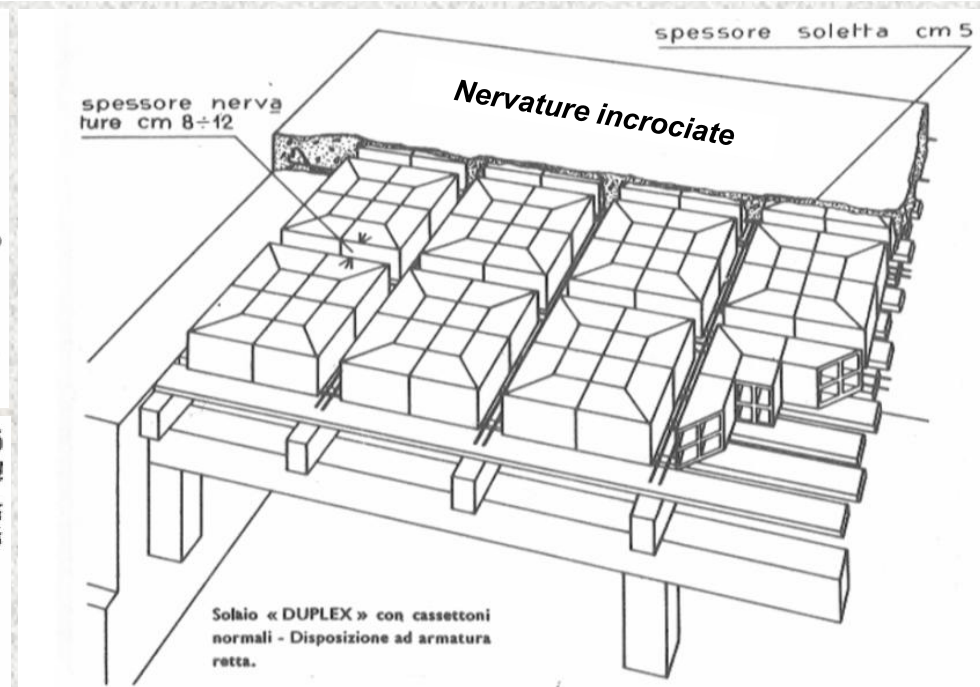
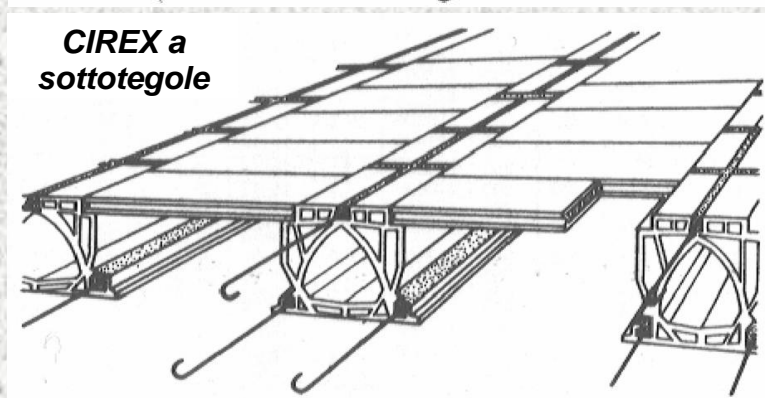
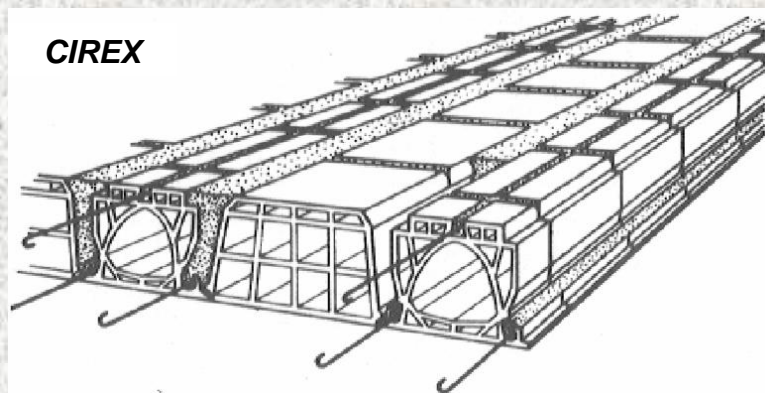
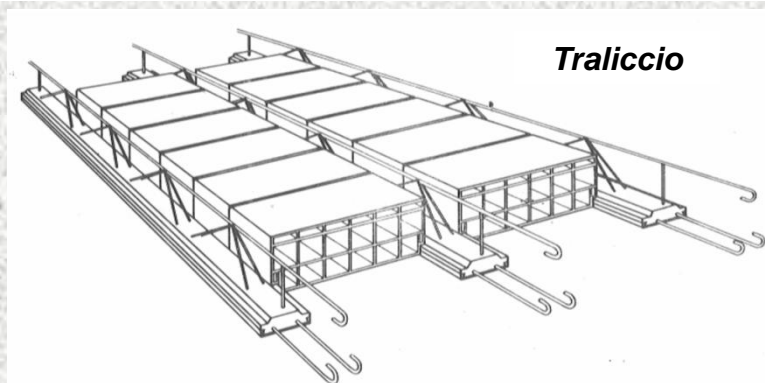
$$V_{yi} = \frac{q}{24EI} [x^4 - 2 \cdot L \cdot x^3 + L^2 \cdot x^2]$$

$$V_{\frac{L}{2}} = \frac{qL^4}{384EI}$$

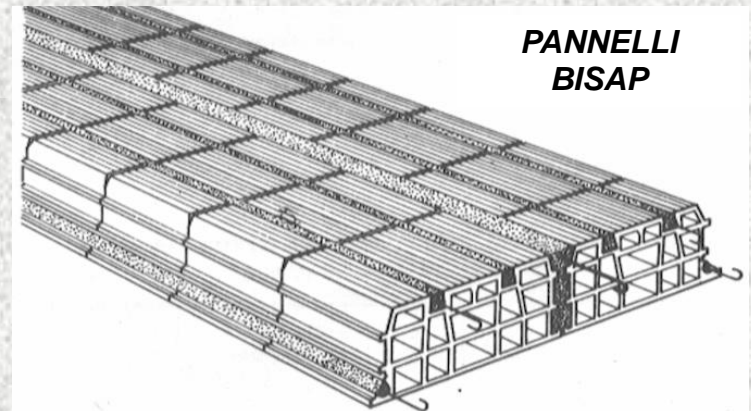
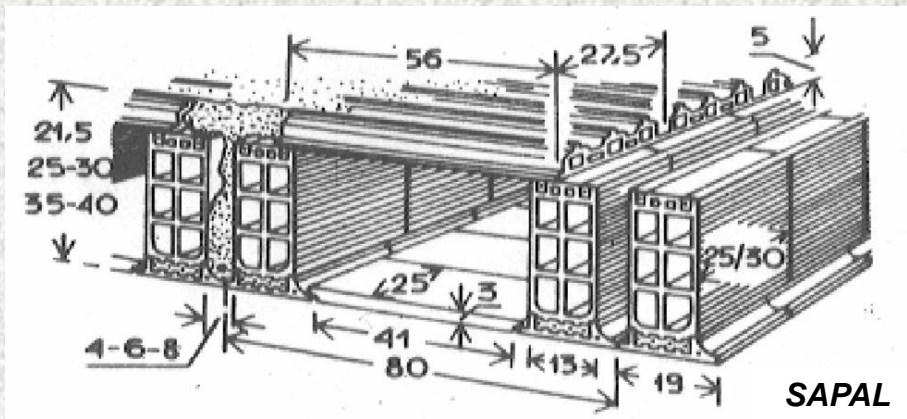
**Trave incastrata - incastrata**



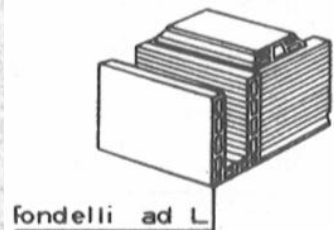
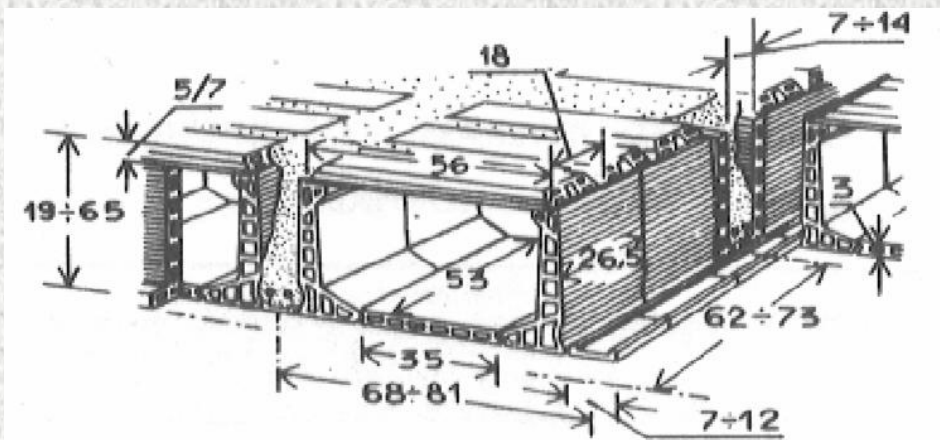
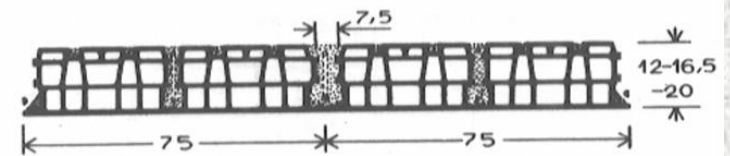
## Solaio in latero cemento



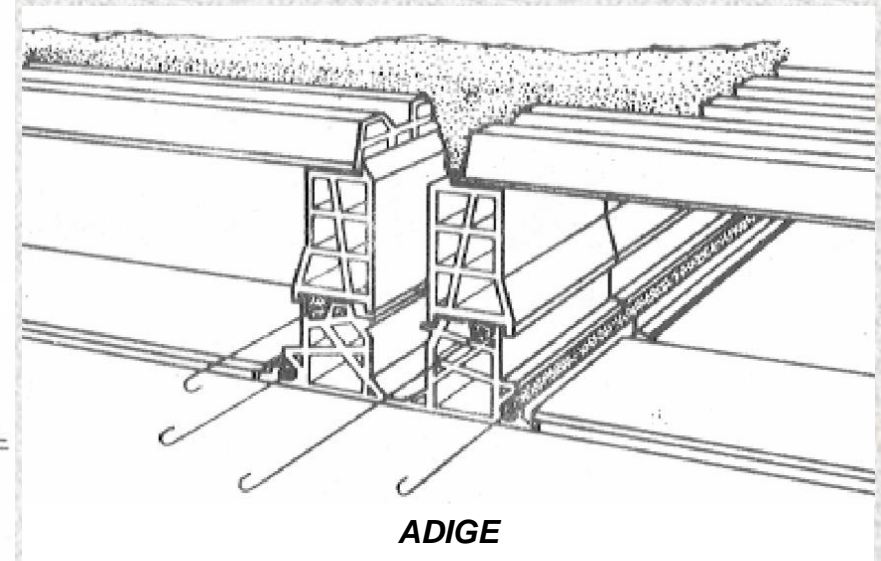
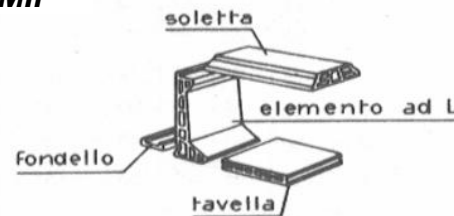
## Solaio in latero cemento



SEZIONE TRASVERSALE



**STIMP**



# Le prove di carico sui solai



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atrii di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
	≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00	

## Il carico

**Il carico da applicare è relativo solo ai carichi accidentali ed agli eventuali carichi permanenti non ancora realizzati**

**I carichi sono forniti dal calcolo strutturale e dalla Tabella 3.1.II**  
*Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici*

**In altri termini questi sono i carichi da considerare qualora il solaio da testare sia già pavimentato e siano già stati realizzati i carichi permanenti**

# Le prove di carico sui solai



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

## Il carico

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
D	<b>Ambienti ad uso commerciale</b>			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	<b>Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale</b>			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	<b>Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)</b>			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	<b>Coperture</b>			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

\* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

\*\* per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

***I carichi sono forniti dal calcolo strutturale e dalla Tabella 3.1.II***

***Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici***

I valori riportati nella Tab. 3.1.II sono riferiti a condizioni di uso corrente delle rispettive categorie. Altri regolamenti potranno imporre valori superiori, in relazione ad esigenze specifiche.

In presenza di carichi atipici (quali macchinari, serbatoi, depositi interni, impianti, ecc.) le intensità devono essere valutate caso per caso, in funzione dei massimi prevedibili: tali valori dovranno essere indicati esplicitamente nelle documentazioni di progetto e di collaudo statico.

# Le prove di carico sui solai

## Il carico



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

## Il carico





# Le prove di carico sui solai Il carico



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria



**Il carico**

# ***Le prove di carico sui solai*** ***Il carico***



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria



## ***Il carico su due campate***

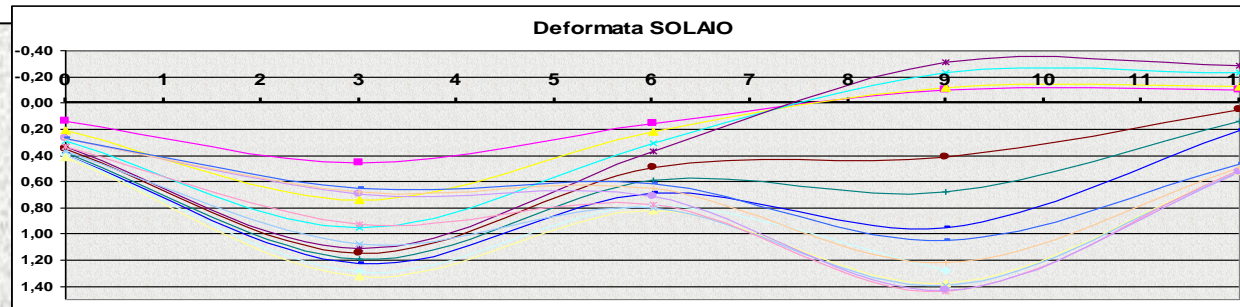
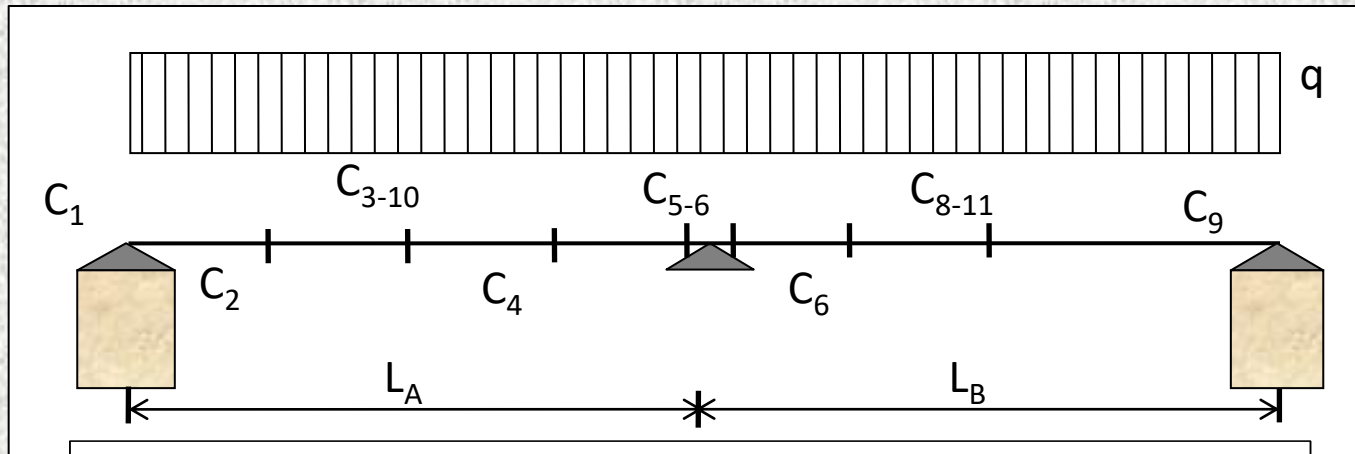


# Le prove di carico sui solai gli spostamenti



Tecnolab srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria



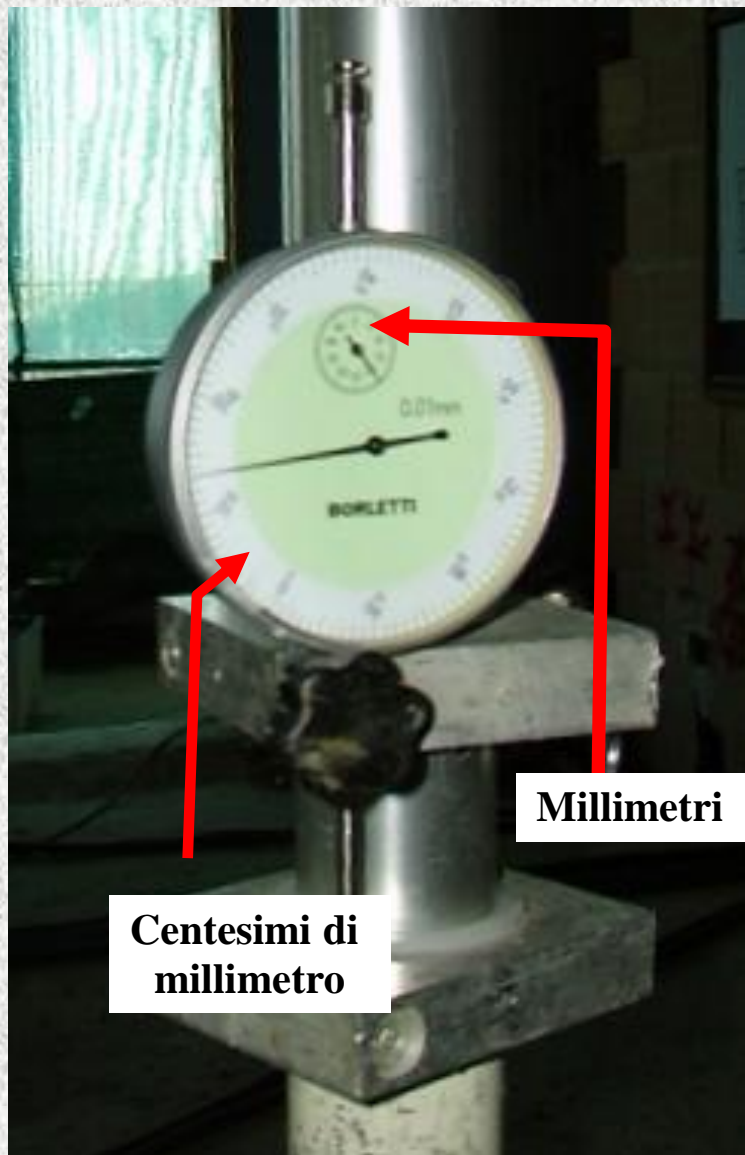
**Il carico e gli  
spostamenti  
su due  
campate**

# Le prove di carico sui solai gli spostamenti



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

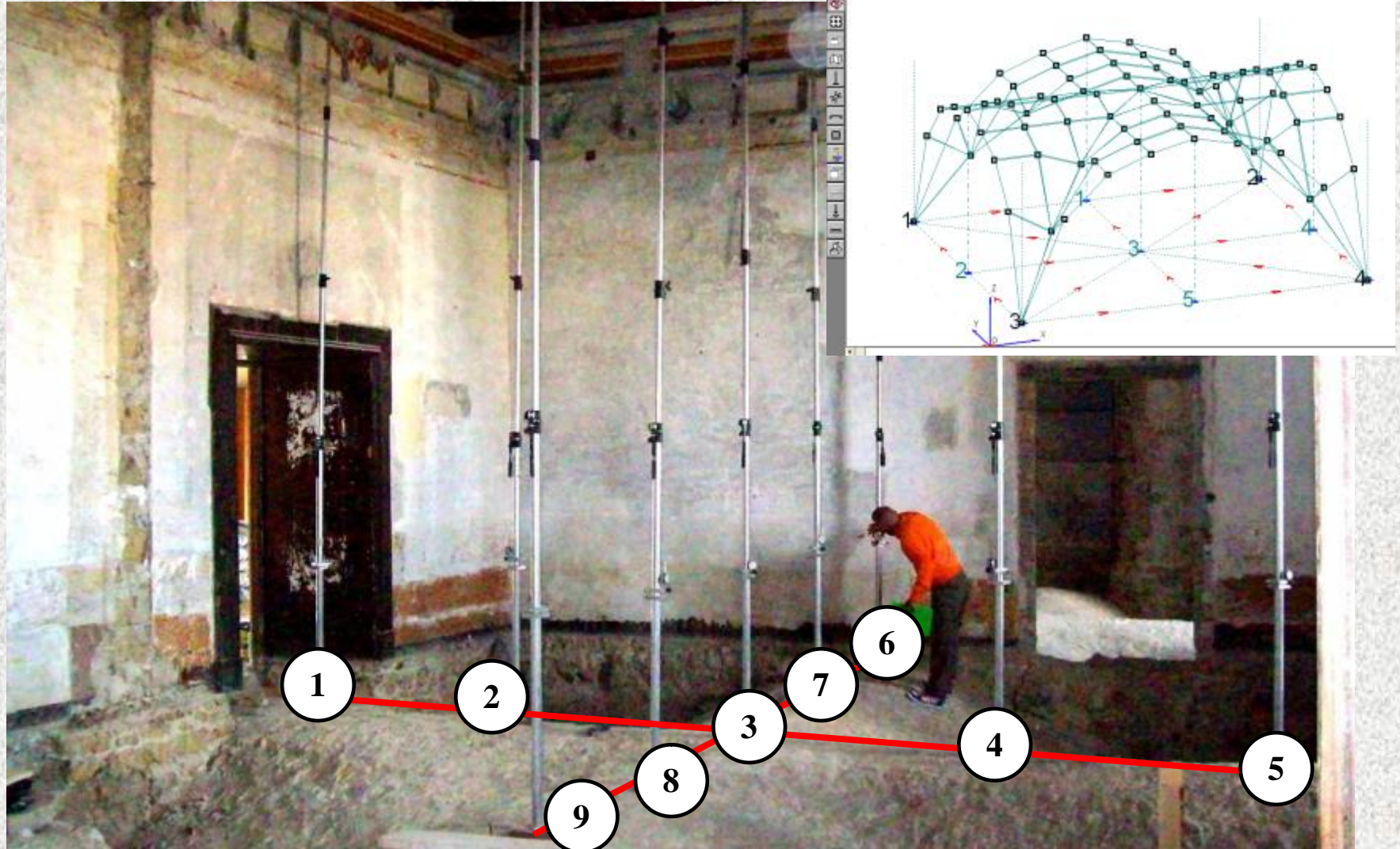


# Le prove di carico sui solai gli spostamenti **UN ESEMPIO**



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

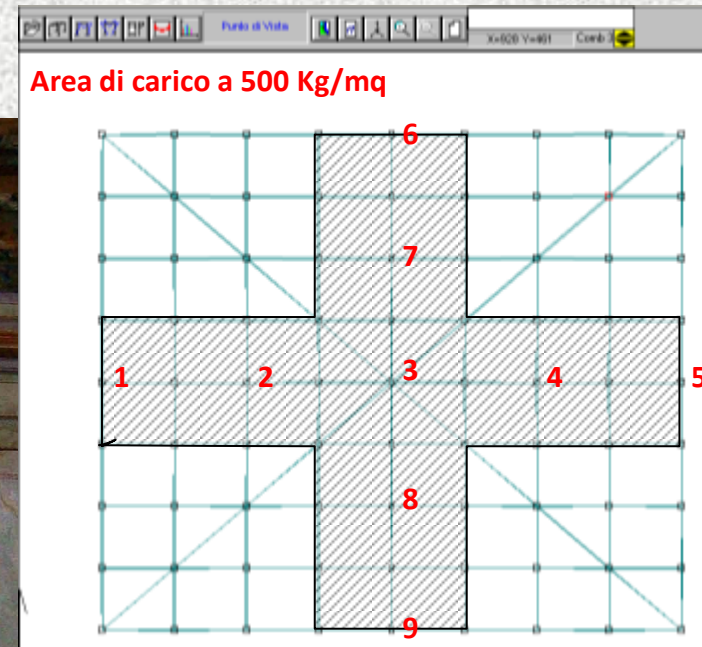


# Le prove di carico sui solai gli spostamenti UN ESEMPIO



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria



# Le prove di carico sui solai gli spostamenti



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

Spostamenti del Nodo		
Nodo n. 11+ 2761 :	201	Help Qk
Sigma sul Terreno:	NAN	
Spostamento //X:	5.198079E-03	Rotazione Piano YZ: 1.277633E-05
Spostamento //Y:	2.593934E-03	Rotazione Piano XZ: 3.148332E-05
Spostamento //Z:	3.399016E-02	Rotazione Piano XY: 4.302211E-06

Spostamenti del Nodo		
Nodo n. 11+ 2761 :	224	Help Qk
Sigma sul Terreno:	NAN	
Spostamento //X:	3.277106E-03	Rotazione Piano YZ: 1.558714E-05
Spostamento //Y:	3.110223E-03	Rotazione Piano XZ: 1.698799E-04
Spostamento //Z:	5.076981E-02	Rotazione Piano XY: 5.898595E-06

Spostamenti del Nodo		
Nodo n. 11+ 2761 :	202	Help Qk
Sigma sul Terreno:	NAN	
Spostamento //X:	3.850482E-03	Rotazione Piano YZ: 6.671543E-06
Spostamento //Y:	0.0037995	Rotazione Piano XZ: 2.989224E-06
Spostamento //Z:	8.075314E-02	Rotazione Piano XY: 7.316813E-07

Spostamenti del Nodo		
Nodo n. 11+ 2761 :	242	Help Qk
Sigma sul Terreno:	NAN	
Spostamento //X:	4.589582E-03	Rotazione Piano YZ: 1.231904E-05
Spostamento //Y:	3.115728E-03	Rotazione Piano XZ: 1.662935E-04
Spostamento //Z:	0.521124	Rotazione Piano XY: 9.225295E-07

Spostamenti del Nodo		
Nodo n. 11+ 2761 :	203	Help Qk
Sigma sul Terreno:	NAN	
Spostamento //X:	2.960981E-03	Rotazione Piano YZ: 3.348343E-06
Spostamento //Y:	1.688087E-03	Rotazione Piano XZ: 4.087769E-05
Spostamento //Z:	3.425322E-02	Rotazione Piano XY: 3.28387E-06

Spostamenti del Nodo		
Nodo n. 11+ 2761 :	200	Help Qk
Sigma sul Terreno:	NAN	
Spostamento //X:	2.976331E-03	Rotazione Piano YZ: 6.631367E-06
Spostamento //Y:	4.903723E-03	Rotazione Piano XZ: 1.694974E-05
Spostamento //Z:	5.397752E-02	Rotazione Piano XY: 3.502025E-06

Spostamenti del Nodo		
Nodo n. 11+ 2761 :	253	Help Qk
Sigma sul Terreno:	NAN	
Spostamento //X:	3.323419E-03	Rotazione Piano YZ: 1.186063E-04
Spostamento //Y:	3.506988E-03	Rotazione Piano XZ: 1.87925E-05
Spostamento //Z:	6.417581E-02	Rotazione Piano XY: 4.56938E-06

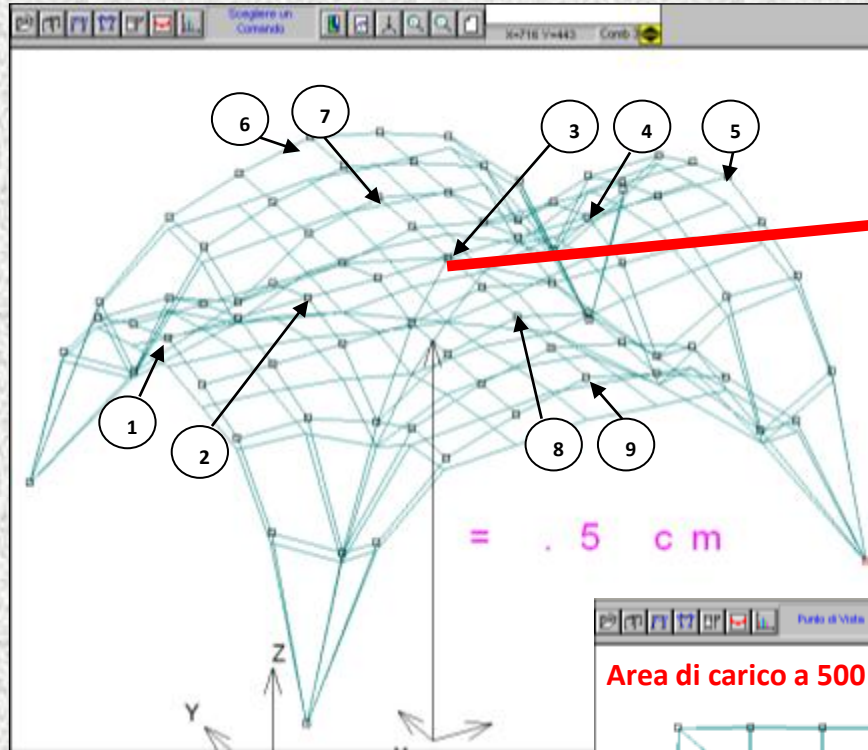
  

Spostamenti del Nodo		
Nodo n. 11+ 2761 :	217	Help Qk
Sigma sul Terreno:	NAN	
Spostamento //X:	3.487969E-03	Rotazione Piano YZ: 1.190252E-04
Spostamento //Y:	4.02397E-03	Rotazione Piano XZ: 7.740846E-06
Spostamento //Z:	6.342701E-02	Rotazione Piano XY: 2.605114E-06

Spostamenti del Nodo		
Nodo n. 11+ 2761 :	204	Help Qk
Sigma sul Terreno:	NAN	
Spostamento //X:	2.54158E-03	Rotazione Piano YZ: 1.297566E-05
Spostamento //Y:	2.722505E-03	Rotazione Piano XZ: 1.206221E-05
Spostamento //Z:	5.270395E-02	Rotazione Piano XY: 6.602394E-06

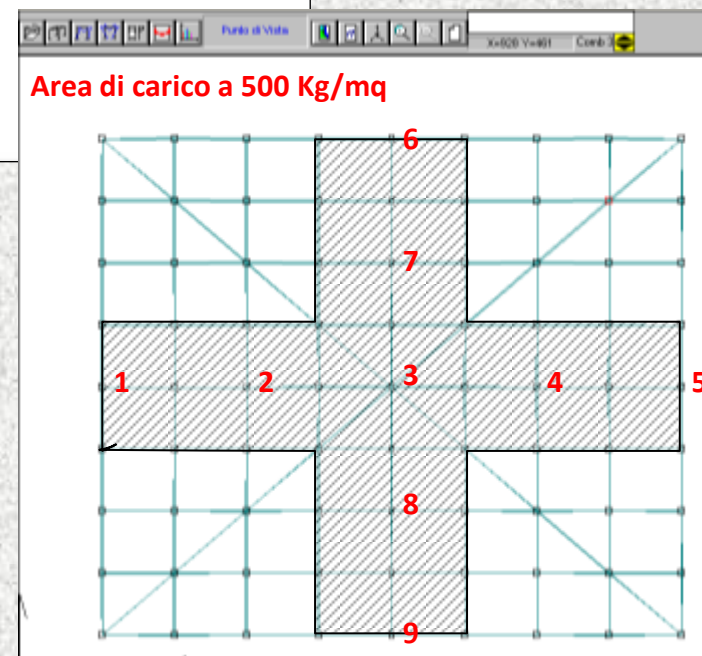
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9



Spostamento //Z: 8,075314E-02

8,075 mm

- 3



**UN ESEMPIO**

# Le prove di carico sui pali

## NORMA



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

### **6.4.3.6 CONTROLLI D'INTEGRITÀ DEI PALI**

In tutti i casi in cui la qualità dei pali dipenda in misura significativa dai procedimenti esecutivi e dalle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, devono essere effettuati controlli di integrità.

Il controllo dell'integrità, da effettuarsi con prove dirette o indirette di comprovata validità, deve interessare almeno il 5% dei pali della fondazione con un minimo di 2 pali.

Nel caso di gruppi di pali di grande diametro ( $d \geq 80$  cm), il controllo dell'integrità deve essere effettuato su tutti i pali di ciascun gruppo se i pali del gruppo sono in numero inferiore o uguale a 4.

### **6.4.3.7.1 Prove di progetto su pali pilota**

*Le prove per la determinazione della resistenza del singolo palo (prove di progetto) devono essere eseguite su pali appositamente realizzati (pali pilota) identici, per geometria e tecnologia esecutiva, a quelli da realizzare e ad essi sufficientemente vicini.*

*L'intervallo di tempo intercorrente tra la costruzione del palo pilota e l'inizio della prova di carico deve essere sufficiente a garantire che il materiale di cui è costituito il palo sviluppi la resistenza richiesta e che le pressioni interstiziali nel terreno si riportino ai valori iniziali.*



# Le prove di carico sui pali

## NORMA



Tecnolab srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

### Prove di verifica in corso d'opera

### Cap. 6.4.3.7.2 NTC

*Sui pali di fondazione devono essere eseguite prove di carico statiche di verifica per controllarne principalmente la corretta esecuzione e il comportamento sotto le azioni di progetto. Tali prove devono pertanto essere spinte ad un carico assiale **pari a 1,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.***

*In presenza di pali strumentati per il rilievo separato delle curve di mobilitazione delle resistenze lungo la superficie e alla base, il massimo carico assiale di prova può essere posto pari a 1,2 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.*

*Il numero e l'ubicazione delle prove di carico devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione. In ogni caso, per ciascun sistema di fondazione il numero complessivo di prove non deve essere inferiore a:*

- 1 se il numero di pali è inferiore o uguale a 20,
- 2 se il numero di pali è compreso tra 21 e 50,
- 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100,
- 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200,
- 5 se il numero di pali è compreso tra 201 e 500,
- il numero intero più prossimo al valore  $5 + n/500$ , se il numero  $n$  di pali è superiore a 500.

*Fermo restando il numero complessivo delle prove di carico minimo sopra indicato, il numero di prove di carico statiche può essere ridotto se sono eseguite prove di carico dinamiche sostitutive, da tarare con quelle statiche di progetto su pali pilota, e siano effettuati controlli non distruttivi su almeno il 50% dei pali, per verificarne lunghezza e integrità strutturale. In ogni caso, deve essere eseguita almeno una prova di carico statica.*

# Le prove di carico sui pali

## Regole di base



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

Anche La prova di carico su palo essenzialmente si studia su un diagramma  
**FORZA - SPOSTAMENTO**

**$Q_p = 1,5$  azione SLE**

**$Q_e =$  azione SLE**  
 **$Q_p = 1,5 Q_e$**

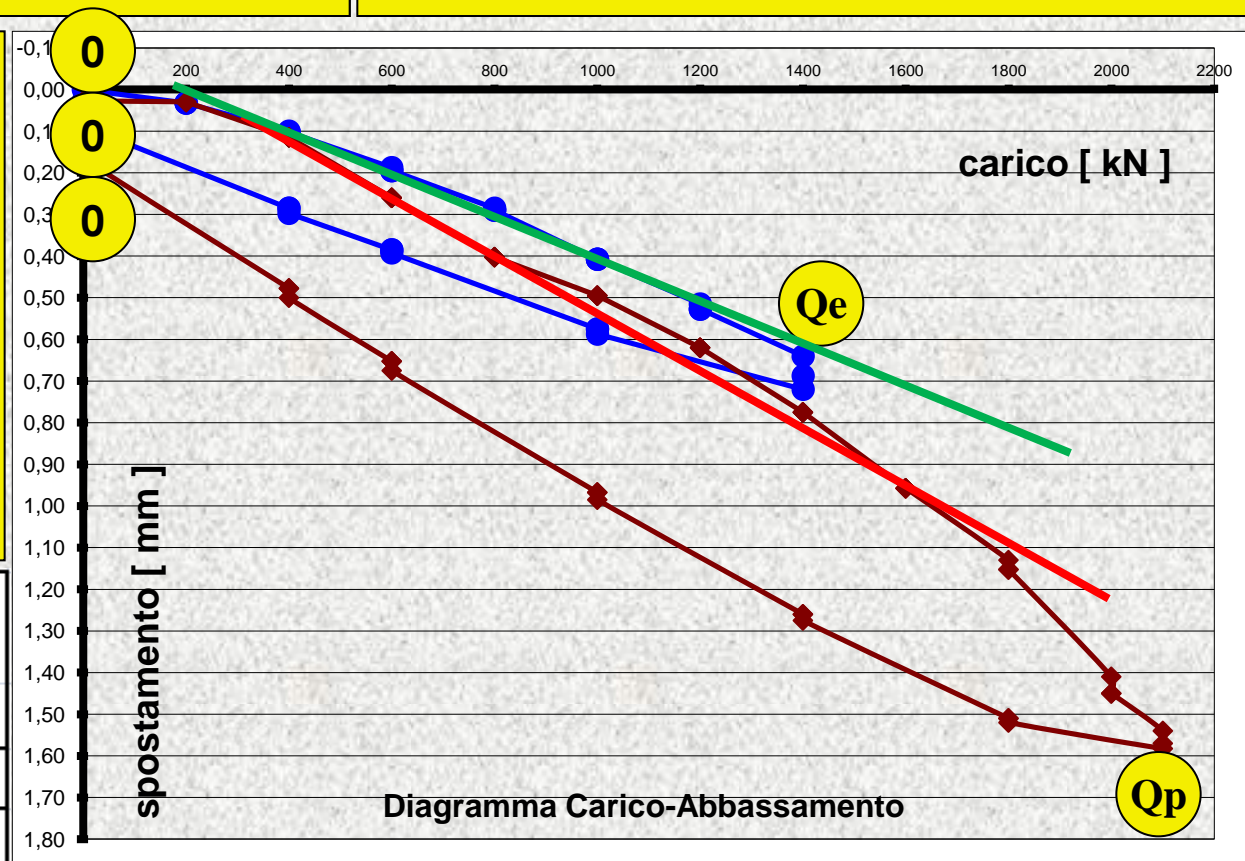
**Storia di carico**

**Fase 1: 0 -  $Q_e$**

**Fase 2:  $Q_e$  - 0**

**Fase 3: 0 -  $Q_p$**

**Fase 4:  $Q_p$  - 0**



V max [ mm ]	V residuo [ mm ]	V residuo [ % ]
0,72	0,03	4%
1,58	0,10	6%

# Le prove di carico sui pali

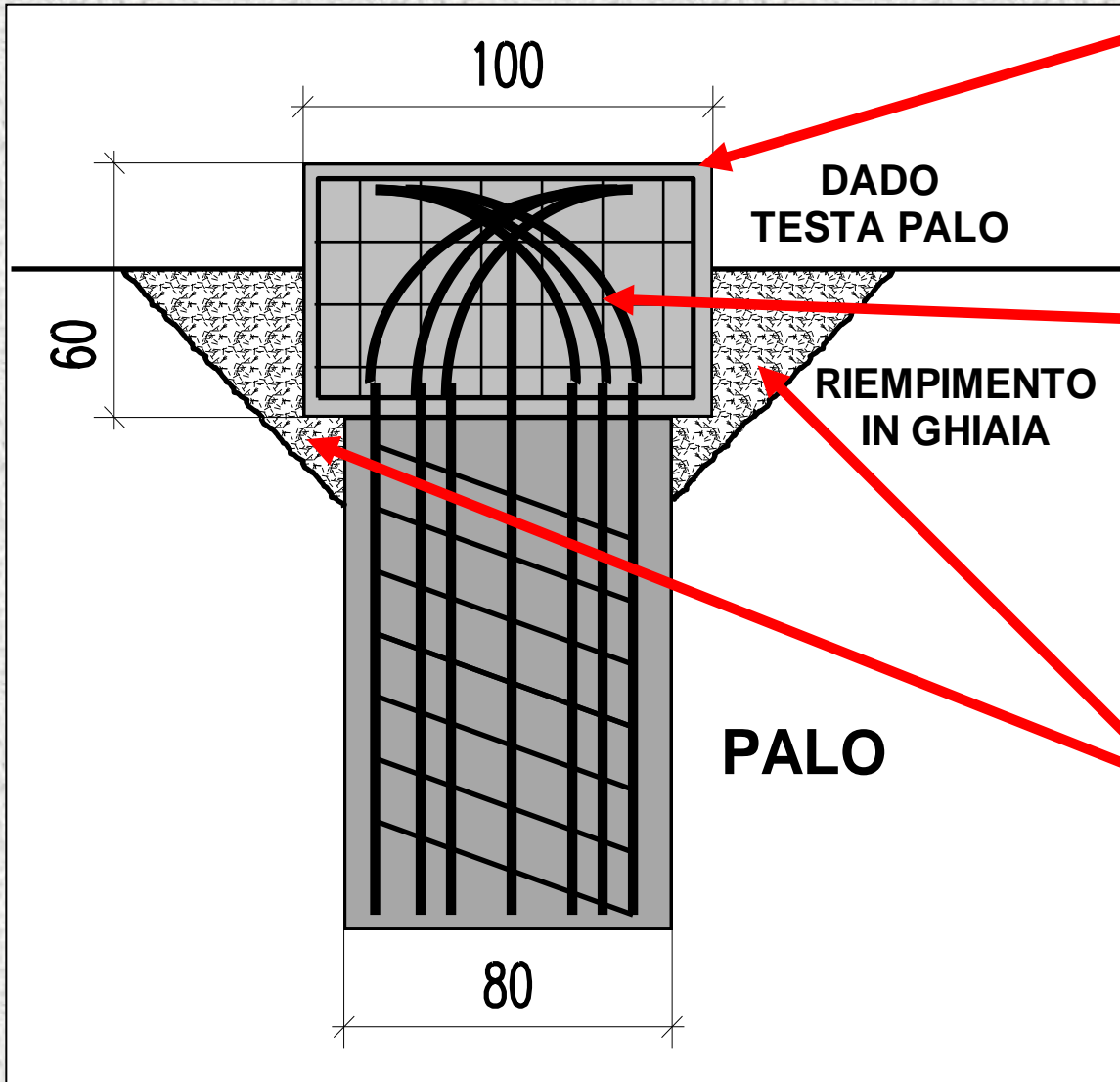
## Regole di base



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

**La prova di carico deve essere eseguita PRIMA di costruire il PLINTO !!!!**



**Viene realizzato un "DADO TESTA PALO", in C.A. ove vengono ripiegati i ferri di armatura del palo**

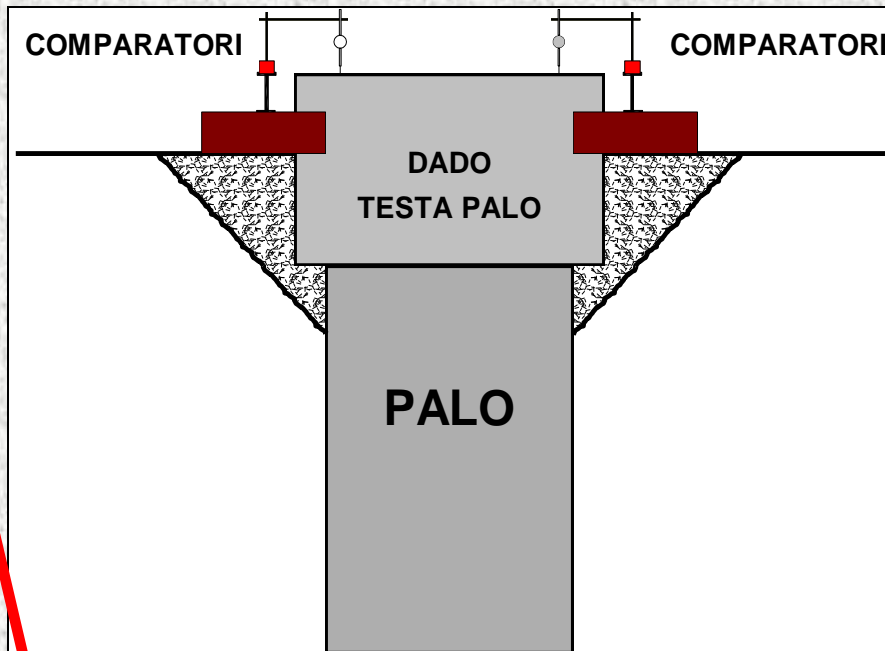
**Il carico viene applicato sul "DADO TESTA PALO", e lì vengono applicati anche i DEFORMOMETRI centesimali per la lettura di spostamento**

**Ai lati ed al di sotto del DADO TESTA PALO viene realizzato uno scavo con riempimento in ghiaia onde minimizzare gli attriti di tale elemento col terreno e non interferire col sistema di prova**

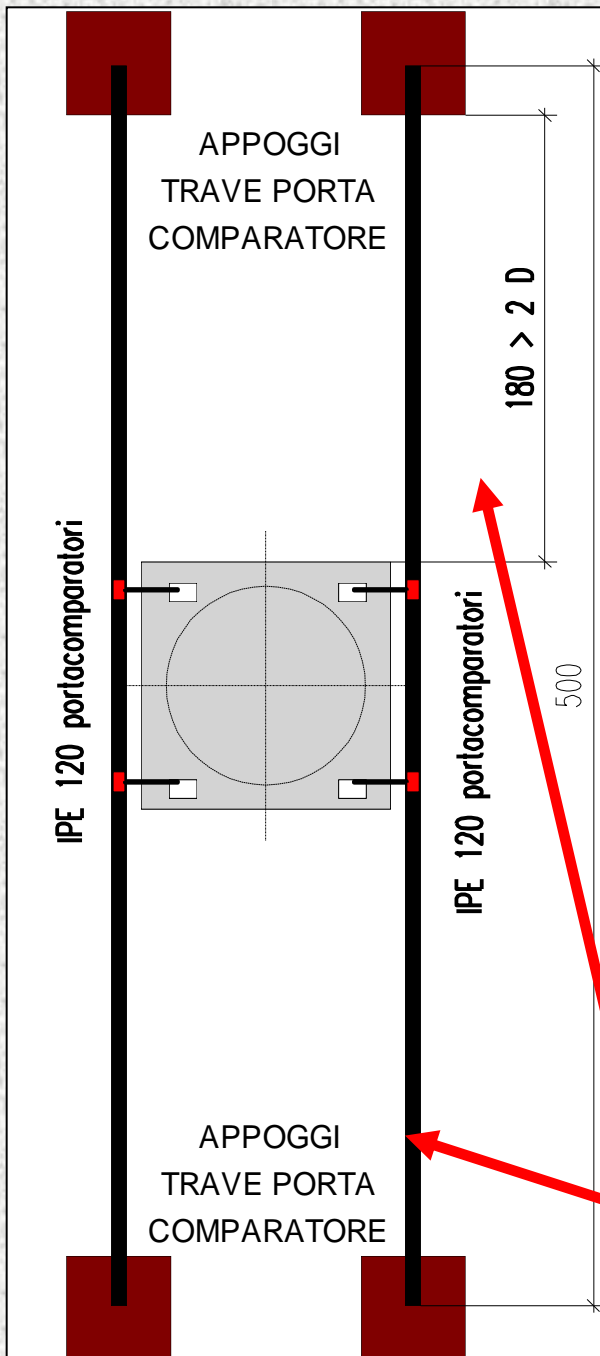


## Le prove di carico sui pali Regole di base (lettura spostamenti)

**IL DADO TESTA PALO è quindi un elemento fondamentale per l'applicazione del carico e per la lettura degli spostamenti**



**N.B.. Le travi porta comparatore vanno appoggiate ad una distanza non inferiore a  $2D$  dal filo del palo e da ogni altra fonte di disturbo**



# Le prove di carico sui pali Regole di base (lettura spostamenti)



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria



Millimetri

Centesimi di  
millimetro

# Le prove di carico sui pali Regole di base (Forza applicata)

**$Q_p = 1,5$  azione SLE**

**SISTEMA DI CONTRASTO**

CERNIERA

MARTINETTO

SPESORE

DADO  
TESTA PALO

PALO

CERNIERA

MARTINETTO

SPESORE



# Le prove di carico sui pali Regole di base (Forza applicata)



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

MODELLO	T001
Volume Olio	3912 cm <sup>3</sup>
Corsa	15 cm
AREA	260,83 cm <sup>2</sup>

bar	forza applicata Kg
95,8	25000
191,7	50000
287,5	75000
383,4	100000



**MANOMETRO**



**SISTEMA DI POMPAGGIO**

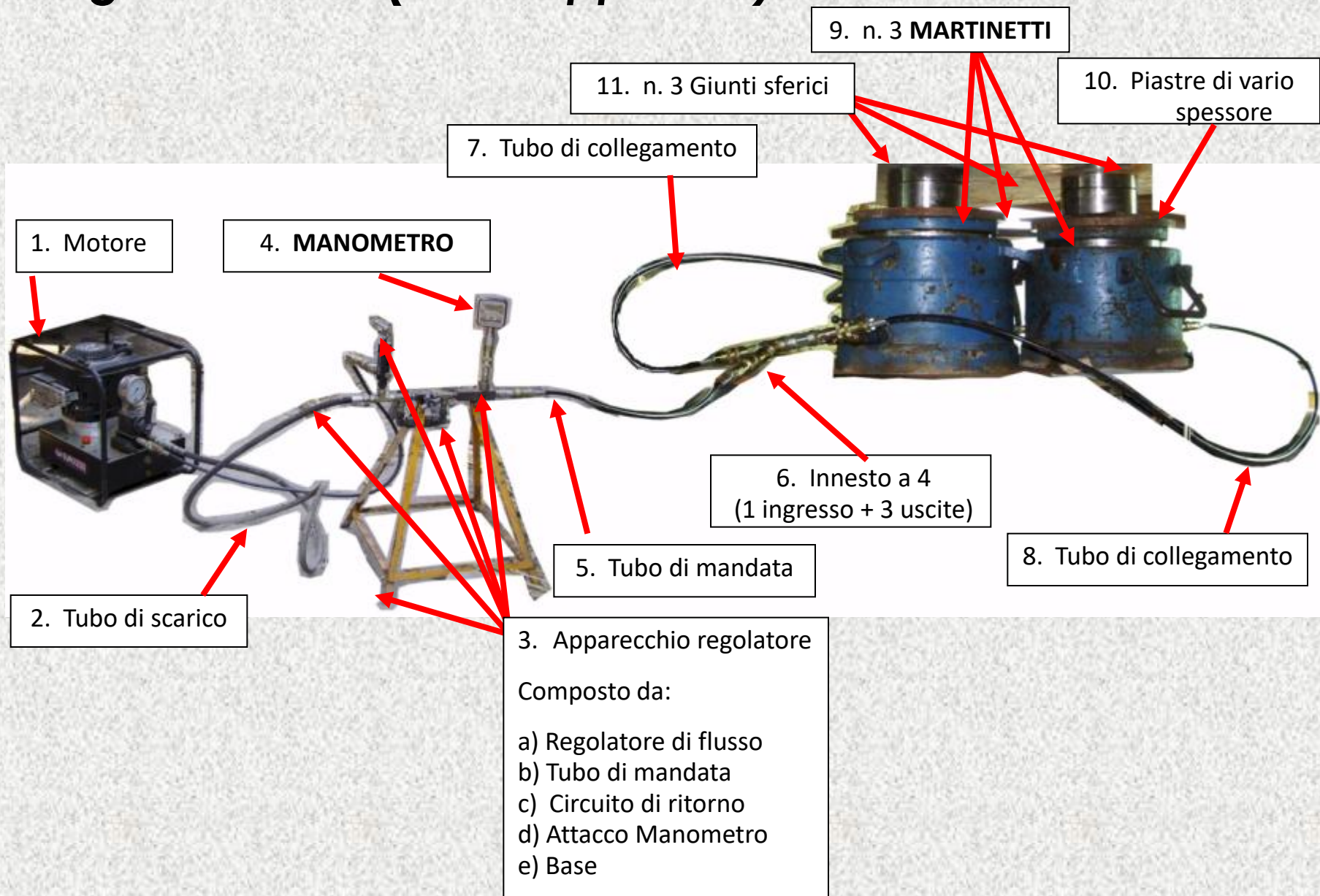


# Le prove di carico sui pali Regole di base (Forza applicata)



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria





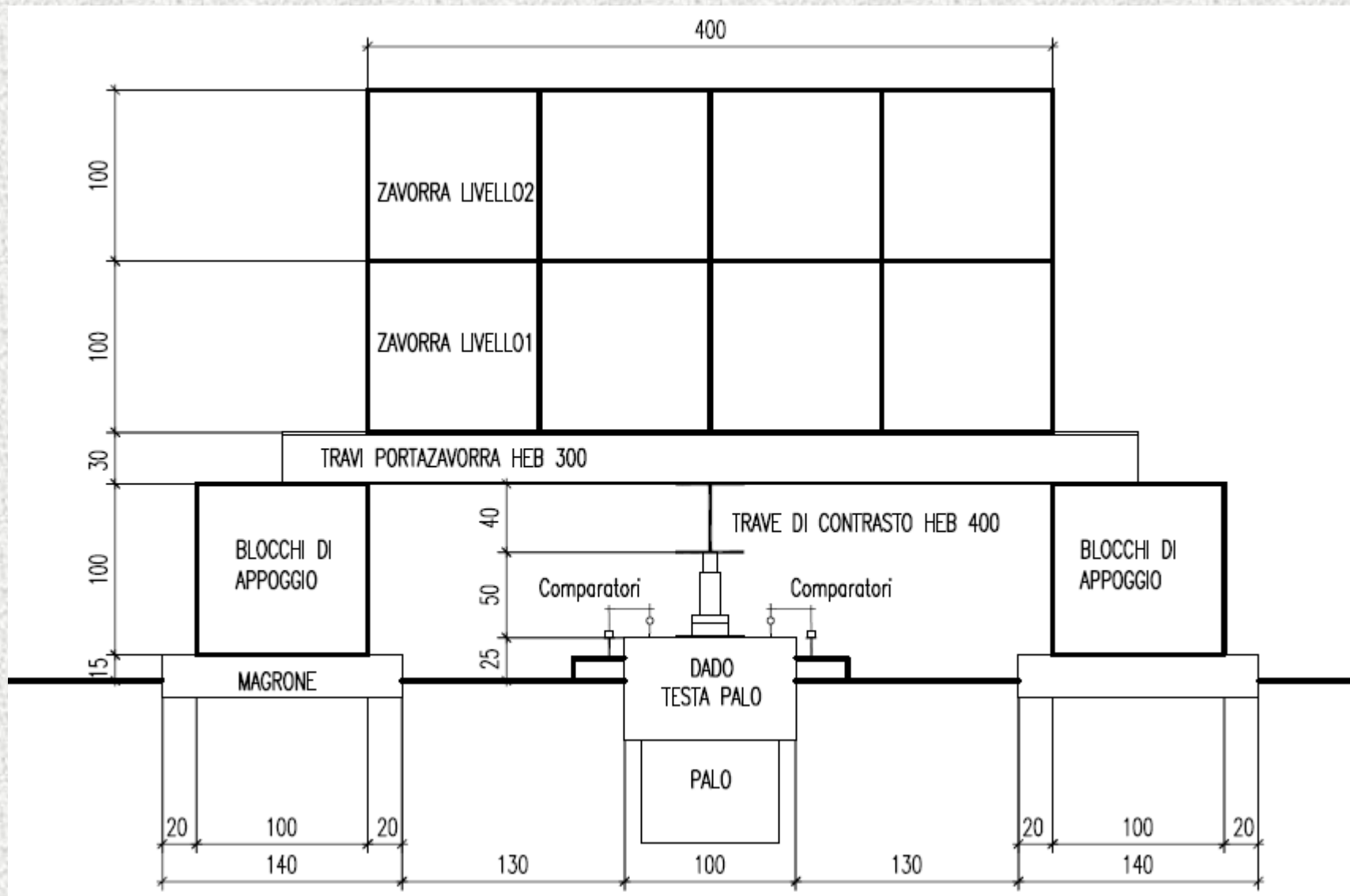
# Le prove di carico sui pali

## IL SISTEMA DI CONTRASTO A ZAVORRA



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria



# *Le prove di carico sui pali*

## **IL SISTEMA DI CONTRASTO A ZAVORRA**



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria



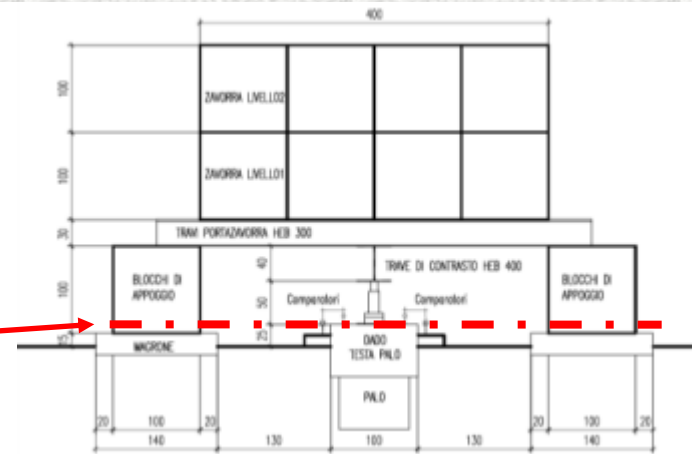
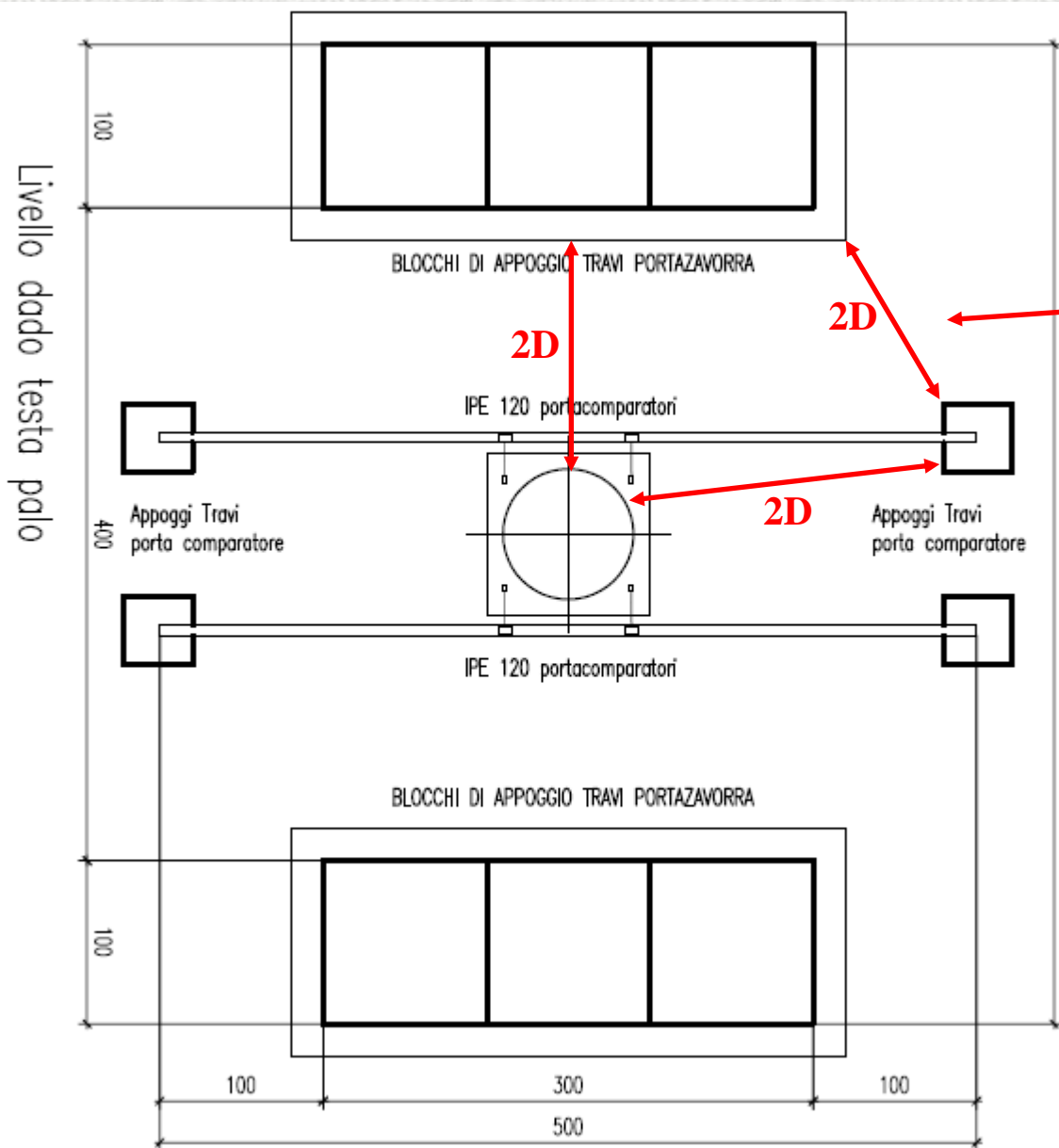
# Le prove di carico sui pali

## IL SISTEMA DI CONTRASTO A ZAVORRA



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria



**Il sistema deve prevedere una distanza almeno  $2D$  tra il filo delle le fondazioni dei BLOCCHI DI APPOGGIO, il filo del palo e gli appoggi delle travi portacomparatore**

**Nel caso in cui non fosse rispettata questa regola, l'attivazione del sistema di contrasto potrebbe interferire con la lettura degli spostamenti**

# Le prove di carico sui pali

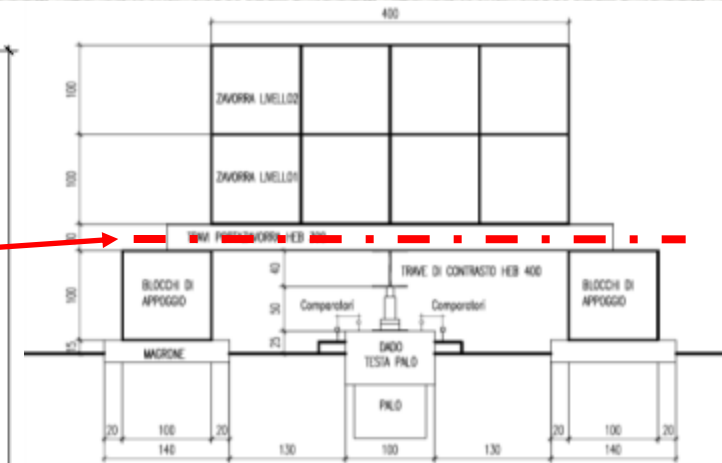
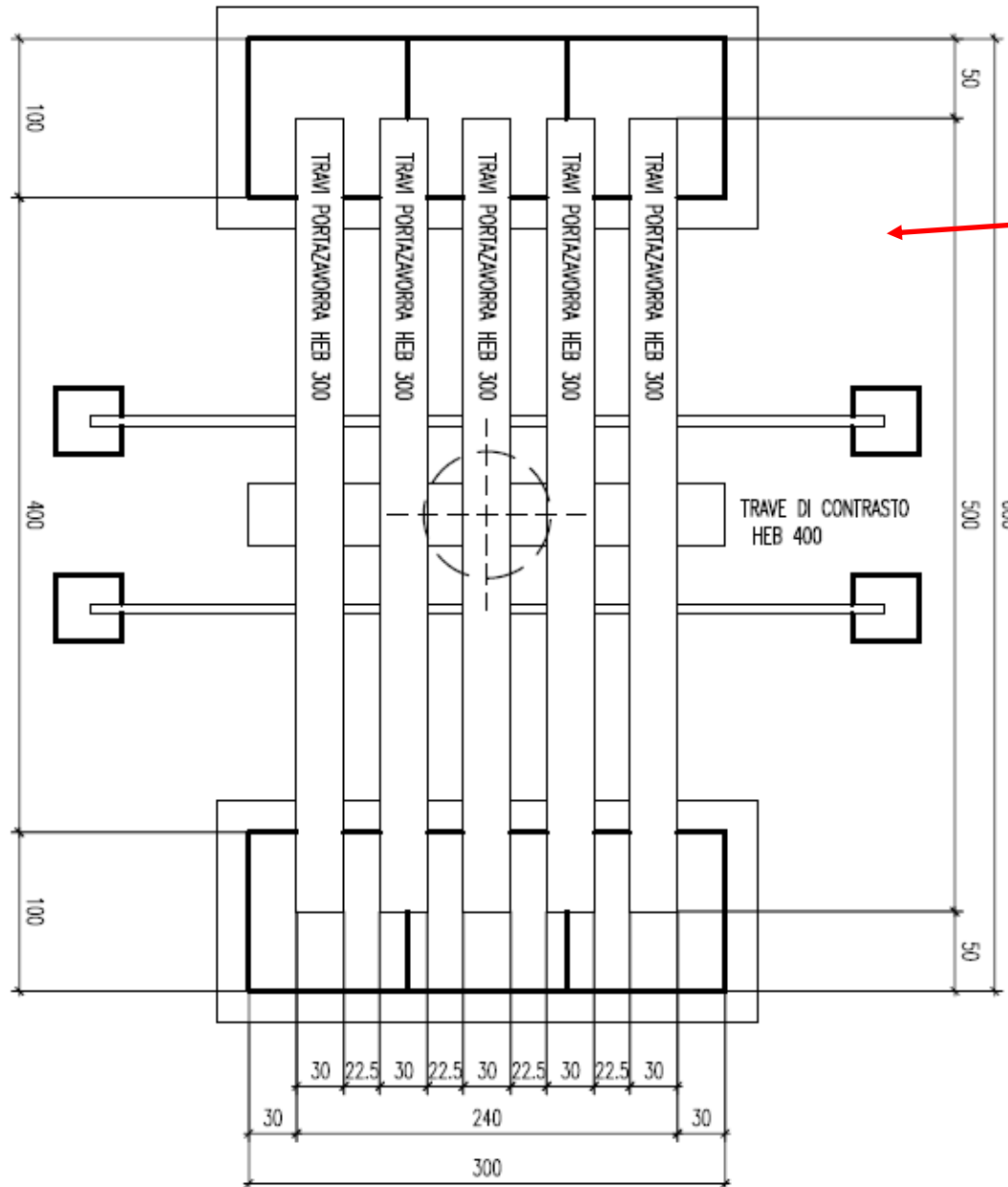
## IL SISTEMA DI CONTRASTO A ZAVORRA



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

Livello Travi porta zavorra



**Il sistema deve sorreggere tutta la zavorra e la trave sottostante ove si contrasta il martinetto**

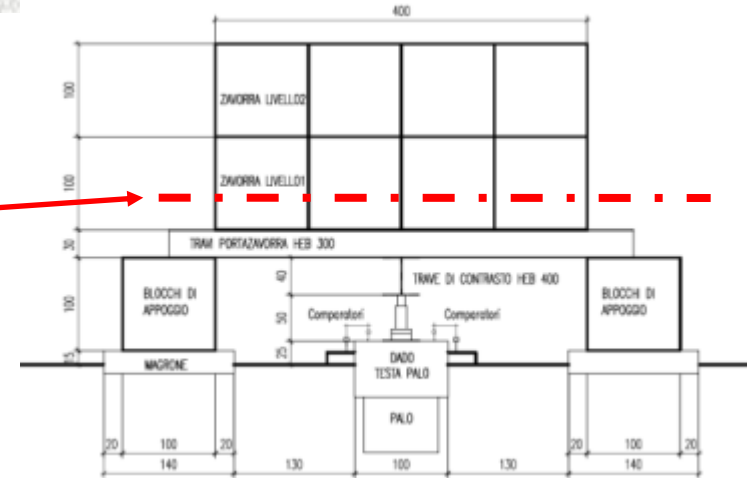
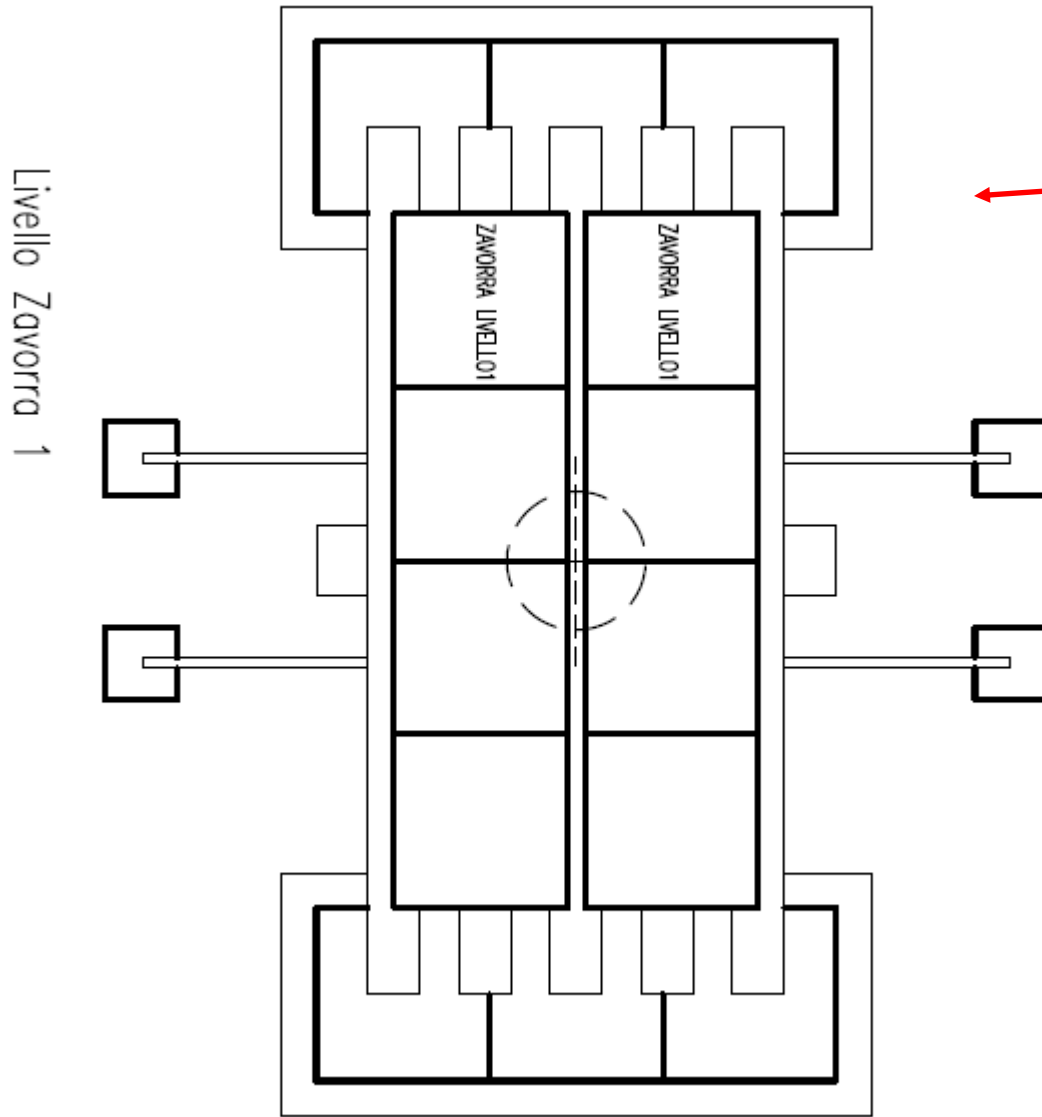
# Le prove di carico sui pali

## IL SISTEMA DI CONTRASTO A ZAVORRA



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria



*I vari livelli di zavorra devono assicurare il contrasto con un peso complessivo (tra travi e cubi) pari ad almeno  $1.2 Q_{max}$  di prova =  $Q_p = 1.5 Q_e$*

# Le prove di carico sui pali IL SISTEMA CON TRAVE DI CONTRASTO



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

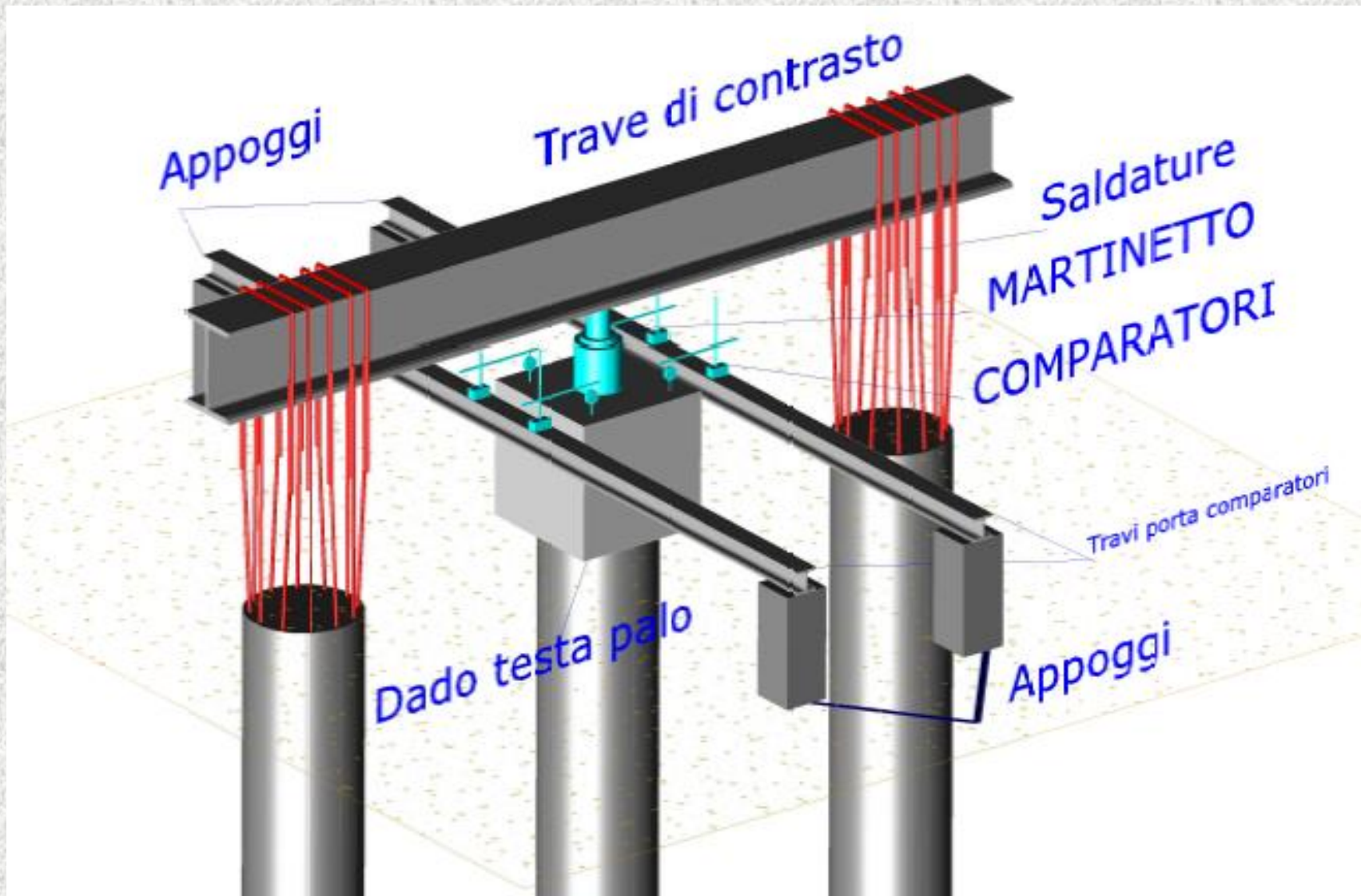


# Le prove di carico sui pali IL SISTEMA CON TRAVE DI CONTRASTO



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

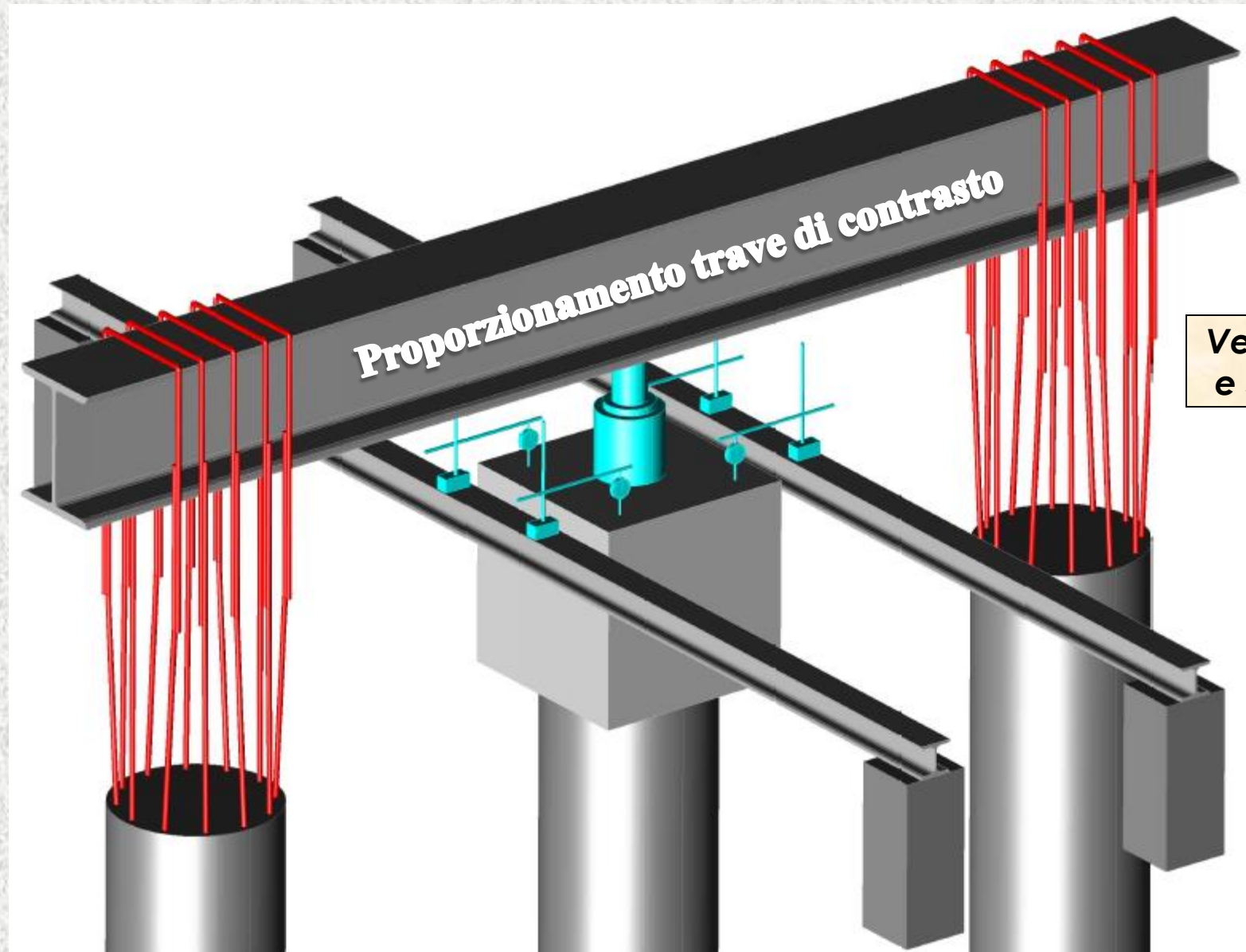


# Le prove di carico sui pali IL SISTEMA CON TRAVE DI CONTRASTO



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria



**Verifica Ferri  
e Saldature**



# Le prove di carico sui pali

## IL SISTEMA CON TRAVE DI CONTRASTO



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria

F	L1	L2	L=L1+L2	M=FxL1xL2/L	M=FxL1xL2/L	fy	W richiesta
Kg	m	m	m	Kg m	Kg cm	Kg/cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>
71.000	1,2	1,2	2,4	42600,00	4260000	2600	1638

profilo	h	peso	W	I	E	$\sigma_f$	$\frac{FL^3}{48EI}$	peso totale
IPE	cm	Kg/ml	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	cm	Kg
500	50	90,7	1930	48200	7100000	2207	0,06	218

profilo	h	peso	W	I	E	$\sigma_f$	$\frac{FL^3}{48EI}$	peso totale
HEB	cm	Kg/ml	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	cm	Kg
300	30	66,3	1680	25166	7100000	2536	0,11	159

Forza su fingo palo in trazione = F1 =	35500	Kg
n. ferri di attesa = n =	8	
Diametro ferri = $\phi$ =	16	mm
Area ferro disponibile = Af =	16,08	cmq
Sforzo sul singolo ferro = $\sigma_f$	2207,10	Kg/cm <sup>2</sup>
Sforzo limite ferro = fy	2600	Kg/cm <sup>2</sup>
lunghezza saldatura calcolata = Ls =	10	cm
Sforzo sulla saldatura = $\sigma_{fs}$	443,75	Kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza limite saldatura = fys	500,00	Kg/cm <sup>2</sup>

L1 ed L2

sono le distanze in asse dai pali in trazione al palo in compressione

F = Carico di prova

$$\sigma_f < f_y$$

$$\sigma_{fs} < f_{ys}$$

Occorre quindi un profilo

IPE 500

oppure

HEB 300

ancorato ai pali in trazione con

n. 8  $\phi$  16

con cadauno saldature per

10 cm

# Le prove di carico sui pali IL SISTEMA CON TRAVE DI CONTRASTO



**Tecnolab** srl

Laboratorio sperimentale di ingegneria



*Un esempio di  
danneggiamento  
della trave di  
contrasto per errata  
progettazione*

