

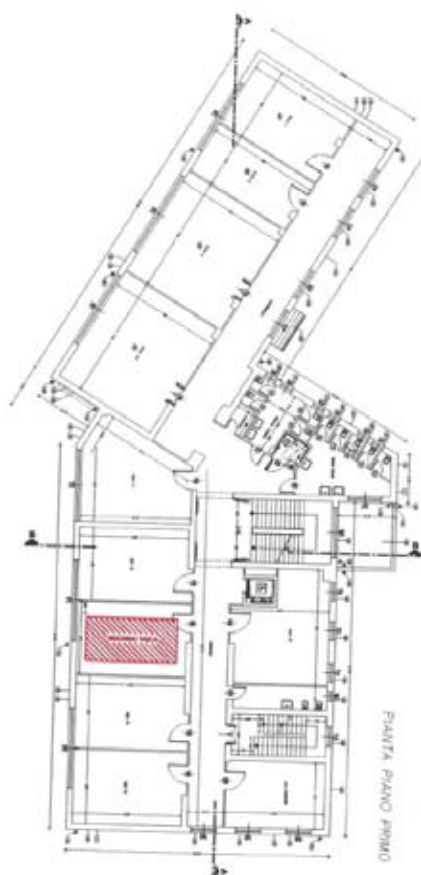
08. VERIFICA ANALITICA DEI RISULTATI

COMUNE DI SANT' EGIDIO
Provincia di TERAMO
SCUOLA MEDIA DI SANT' EGIDIO ALLA VIBRATA

INTERPRETAZIONE INGEGNERISTICA DELLE PROVE DI CARICO



Attraverso l'esecuzione di una prova di carico si intende stabilire l'effettiva portata del solaio più rappresentativo all'interno dell'edificio scolastico " SCUOLA MEDIA SANT' EGIDIO ALLA VIBRATA", sede della scuola media comunale. I risultati ottenuti saranno oggetto di valutazione al fine di garantire la sicurezza degli edifici e di prevenire eventuali crolli di solai. In particolare è stata eseguita una prova di carico (RAPPORTO DI PROVA N°227 DEL 30/03/2016) in corrispondenza di un' aula di seguito individuata in planimetria che è parsa la più rappresentativa dei solai presenti all'interno dell' istituto. Questo solaio presentano caratteristiche identiche (schema statico, luce, sezione resistente) a quelli presenti nelle aule dell' ala indagata, pertanto i risultati qui ottenuto potranno essere estesi anche ai solai delle aule adiacenti. Nelle figure seguenti sono riportate le impronte di carico e la posizione dei trasduttori per il rilievo degli abbassamenti di ciascuna prova di carico.



*Figura 1 – Scuola Media
Collocazione dei punti di misura per la prova di carico su primo impalcato (piano terra) dell'aula di valle.*

B. METODOLOGIA OPERATIVA

La prova è stata eseguita con sacconi d' acqua in PVC, non essendo possibile utilizzare martinetti a spinta o tiro, in quanto ci sarebbero state delle difficoltà di contrasto. Il carico viene applicato per mezzo di serbatoi in PVC, adagiati sul pavimento sovrastante l'estradosso della struttura da esaminare, che vengono riempiti d'acqua gradualmente e secondo step di carico preventivamente stabiliti sino al raggiungimento del carico limite o di progetto. Al fine di misurare le deformazioni indotte nella struttura in rapporto ai successivi step di carico vengono posizionati, all'intradosso della struttura, dei flessimetri elettrici con precisione centesimale, resi solidali al calpestio del piano sottostante. Tali sensori sono collegati ad un sistema d'acquisizione dati elettronico, che consente la lettura in tempo reale e la memorizzazione per la successiva elaborazione. Per il riempimento del serbatoio in PVC delle prove di carico è stata utilizzata l'acqua dell'impianto antincendio dell'edificio scolastico.



flessimetri elettrici



serbatoio in PVC



sistema di acquisizione elettronico

C. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Si rimanda alla 'RELAZIONE TECNICA (RAPPORTO DI PROVA N°227 DEL 30/03/2016) a firma dell' Ing. Erminio De Lauretis

Preliminarmente all'esecuzione delle prove di carico si è analizzato il comportamento teorico degli impalcati.

Per la prove nell' aule lo schema di calcolo è il medesimo, ovvero trave ad una campata e due appoggi (con o senza incastri alle estremità), con luce di calcolo pari a 6,46.

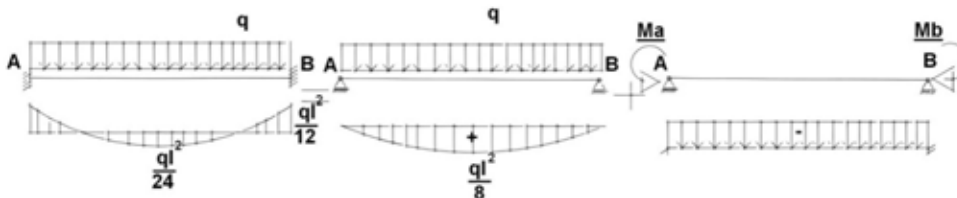
Il calcolo delle frecce è effettuato considerando la rigidezza (Il modulo elastico del calcestruzzo è stato valutato in 28500 Mpa) della sola sezione in calcestruzzo non fessurata e l'applicazione del carico di progetto da normativa (3,00kN/m²).

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

Cat.	Ambienti	q _k [kN/m ²]	Q _k [kN]	H _k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
	Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00	2,00	1,00
	Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	5,00	5,00	3,00

Cat. C1

In tali condizioni gli abbassamenti teorici sono riportati nelle tabelle seguenti:
Trave ad una campate semplicemente appoggiata / incastrata



Luce del solaio caricata parzialmente. I sacconi sono posizionati simmetricamente rispetto alla mezzeria cercando di coprire il più possibile l'intera luce del solaio. La condizione di carico che si sviluppa va confrontata con il carico distribuito di prova attraverso l'eguaglianza del momento massimo. Vediamo i casi più semplici esplicitando l'eguaglianza dei momenti del carico di prova col carico distribuito che si intende simulare.

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

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

Per il calcolo della freccia teorica si procederà inserendo il valore q_a nella formula :

$$f = \frac{q_a B}{96EJ} (2L^3 - LB^2 + \frac{B^3}{4})$$

Incastro perfetto

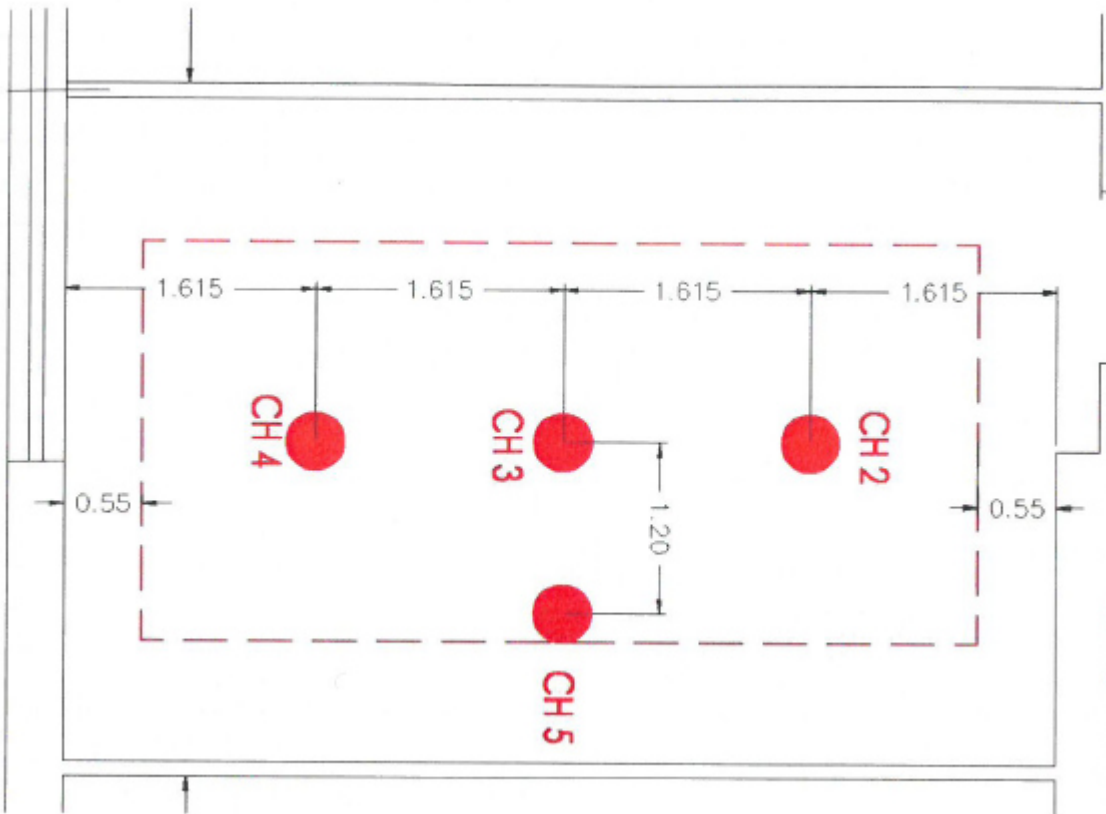
$$q_a \frac{BL}{4} - q_a \frac{B^2}{8} - q_a \frac{BL}{24} (3 - \frac{B^2}{L^2}) = q \frac{L^2}{4} - q \frac{L^2}{8} - q \frac{L^2}{12}$$

da cui

$$q_a = \frac{qL^2}{3LB - 3B^2 + \frac{B^3}{L}}$$

Per il calcolo della freccia teorica si procederà inserendo il valore q_a nella formula :

$$f = \frac{q_a B}{384EJ} (2L^3 - 2LB^2 + B^3)$$



La prova di carico è stata eseguita su un solaio di luce $L = 6,46$ mt e un carico da applicare di 6500 litri, utilizzando un saccone d' acqua che al massimo carico assume come ipotesi un' impronta di dimensioni pari a $5,4$ mt x $2,8$ mt.

Nell' ipotesi di semplice appoggio, tenuto conto che B è $5,4$ mt, per eguagliare il momento massimo bisogna applicare un carico teorico q_a di:

$$q_a = 3,00 \times 6,46^2 / 2 * 6,46 * 5,40 - 5,40^2 = 125,19 / 69,76 - 29,16 = 3,08 \text{ KN/ mq}$$

In prima approssimazione, ipotizzando di raggiungere un'altezza massima di circa 60 cm d'acqua, procediamo ad un primo carico per una altezza di 30 cm, procedendo, comunque, alla misura esatta del volume d'acqua inserito nel saccone.

Le deformazioni misurate a questo livello di carico sono:

Tabella 2	Carico nominale concentrato sulla porzione di solaio caricato (litri)									
		0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	6500	0
	CH 3	0	0,21	0,395	0,555	0,787	1,016	1,253	1,397	0,107
	CH 5	0	0,181	0,33	0,467	0,624	0,797	0,965	1,069	0,101
Data:	30/03/2016									
Ora:		10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	16:30
Temp.(°C)		18,0°	18,0°	18,0°	18,0°	18,0°	18,0°	18,0°	18,0°	18,0°

Si procede al calcolo del valore della fascia collaborante b attraverso la formula:

$$b = (0,555 + 2 * 0,467) * 1,2 / 0,555 = 1,489 * 1,2 / 0,555 = 1,786 / 0,555 = 3,21 \text{ mt}$$

Pertanto, per tener conto della collaborazione trasversale dobbiamo incrementare il carico del valore $b/C = 3,21 / 2,80 = 1,146$ ottenendo un carico $q'_a = q_a * b/C = 3,08 * 1,146 = 3,52 \text{ KN/mq}$

La quantità d' acqua quindi da immettere è pari a

$$Q = q'_a * A_f = 3,52 * 5,4 * 2,8 = 53 \text{ KN (ettolitri)}$$

Considerando che l' impronta del serbatoio riempiendosi diminuisce l' area di impronta si è deciso di riempire il pallone con 65 KN (ettolitri).

A questa condizione di carico si sono raggiunti i seguenti parametri in tabella:

Tabella 2	Carico nominale concentrato sulla porzione di solaio caricato (litri)									
		0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	6500	0
	CH 3	0	0,21	0,395	0,555	0,787	1,016	1,253	1,397	0,107
	CH 5	0	0,181	0,33	0,467	0,624	0,797	0,965	1,069	0,101
Data:	30/03/2016									
Ora:		10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	16:30
Temp.(°C)		18,0°	18,0°	18,0°	18,0°	18,0°	18,0°	18,0°	18,0°	18,0°

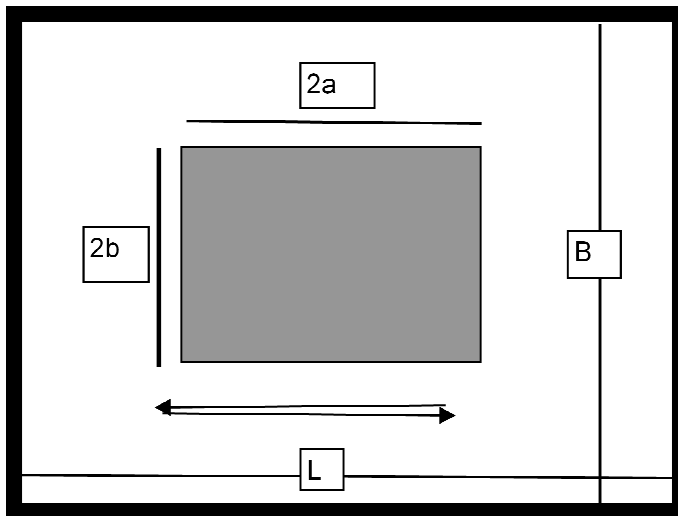
Si procede ora alla verifica dell' impronta di carico che risulta essere di $A_f = 5,4 * 2,8 = 15,12 \text{ mq}$

e pertanto il carico d' acqua applicato è $q'_a = Q / A_f = 65 / 15,12 = 4,29 \text{ KN}$

Tabella 2	Carico nominale concentrato sulla porzione di solaio caricato (litri)									
		0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	6500	0
	CH 3	0	0,21	0,395	0,555	0,787	1,016	1,253	1,397	0,107
	CH 5	0	0,181	0,33	0,467	0,624	0,797	0,965	1,069	0,101
Data:	30/03/2016									
Ora:		10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	16:30
Temp.(°C)		18,0°	18,0°	18,0°	18,0°	18,0°	18,0°	18,0°	18,0°	18,0°

A scarico avvenuto, il ritorno dei flessimetri si mostra sufficientemente positivo, denotando una corretta elasticità del solaio e consentendone l'omologazione per il carico richiesto, pari a 300 kg/m² .

**COLLAUDO STATICO : PROVA DI CARICO
SOLAIO A TRAVETTI MONODIREZIONALI:**



Luce del solaio:	L =	<input type="text" value="6,46"/>	m	
Larghezza del solaio	B =	<input type="text" value="2,8"/>	m	
Lungh. Area di carico	2a=	<input type="text" value="5,4"/>	m	
	a=			2,7
Largh. Area di carico	2b=	<input type="text" value="2,8"/>	m	
	b=			1,4
Interasse travetti	i =	<input type="text" value="0,5"/>	m	
Altezza travetti	h=	<input type="text" value="0,16"/>	m	
Base travetti	bo=	<input type="text" value="0,12"/>	m	
Spessore soletta	so=	<input type="text" value="0,04"/>	m	
Mom.inerzia travetti	Jx=	<input type="text" value=""/>	m ⁴	
	Jx=			7,353E-05 m ⁴
Mom.inerzia solettai	Jy=	<input type="text" value=""/>	m ⁴	
	Jy=			2,667E-06 m ⁴
Classe calcestruzzo:	Rck	<input type="text" value="25"/>	N/mm ²	
Mod. elastico cls	E cls=		28500 N/mm ²	

CALCOLO DEI COEFFICIENTI TEORICI:

***Coefficiente maggiorativo per riduzione
2a: Cx***

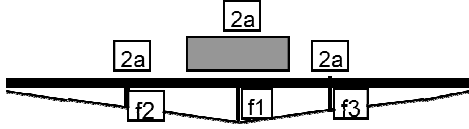
- trave appoggiata:	Cx =	1,0277
- trave incastrata:	Cx =	1,0044

Coefficiente maggiorativo per riduzione

2b: Cy

- bordi appoggiati:	alfa=	0,7486	
	Cy =		1,5399
- bordi incastrati:	alfa=	1,1126	
	Cy =		1,2668

**CALCOLO DEI COEFFICIENTI
SPERIMENTALMENTE:**

**Coefficiente maggiorativo per riduzione****2a: Cx**

- freccia in mezzeria :	f1 =	1,4	mm
- freccia a distanza 2a :	f2 =	0	mm
- freccia a distanza 2a :	f3 =	0	mm
Coefficiente per riduz. 2a	Cx =	1	

Coefficiente maggiorativo per riduzione**2b: Cy**

- freccia in mezzeria :	f1 =	1,4	mm
- freccia a distanza 2b :	f4 =	0	mm
- freccia a distanza 2b :	f5 =	0	mm
Coefficiente per riduz. 2b	Cy=	1	

**CALCOLO DEL CARICO DI PROVA
SULL'AREA (2a x 2b)**

Lungh. Area di carico	2a=	5,4	m
Largh. Area di carico	2b=	2,8	m
Area superficie caricata:	2a*2b =	15,12	m ²

Carico teorico mancante

(sono esclusi i carichi già applicati al solaio: peso proprio, massetti, pavimentazioni ecc.):

Carico permanente	qp =	2,5	KN/m ²
Carico variabile	qv =	2	KN/m ²
Coefficiente per riduz. 2a:	Cx =	1,8	
Coefficiente per riduz. 2b	Cy =	1,8	

Carico sull'area di carico **qa = 14,58 KN/m²**

Carico totale area caricata qt = 220,449 KN

Altezza acqua in serbatoio:	$h =$	1,458 m
peso blocco o sacco usato:	$p1 =$	0,25 KN
N° blocchi o sacchi /m ² /str.:	$n1 =$	6 n°/m ² /strato
N° totali di blocchi/sacchi:	$n° =$	881,8
N°strati di blocchi/sacchi:	$ns =$	9,7 strati
N°strati di blocchi/sacchi:	$ns =$	10 strati
N° totali di blocchi/sacchi:	$n°t =$	907,2 sacchi/blocchi
Carico sull'area di carico	$qa =$	14,58 KN/m²
Carico totale area caricata	$qt =$	220,449 6 KN
Incremento di carico %	$dq =$	+, % <30%

CALCOLO DELLA FRECCIA TEORICA:

Carico su area di prova:	$qt =$	429 daN/m ²
Carico su un travetto:	q	214,5 daN/m
Luce del solaio:	$L =$	646 cm
Lunghezza tratto caricato:	$2a =$	540 cm
Mom.inerzia travetti	$Jx =$	7353 cm ⁴
Mod. elastico cls	$E_{cls} =$	285000 daN/cm ²

Calcolo della freccia teorica:

- trave appoggiata:	$fa =$	22,465 mm
- trave incastrata:	$fi =$	4,605 mm
- trave semincastrata:	% incastro a sinistra	40,00% (0%=cern. 100%=incastrato)
	% incastro a destra	40,00% (0%=cern. 100%=incastrato)
	$fi =$	15,323 mm