

INDAGINE SPERIMENTALE

“XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX”

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

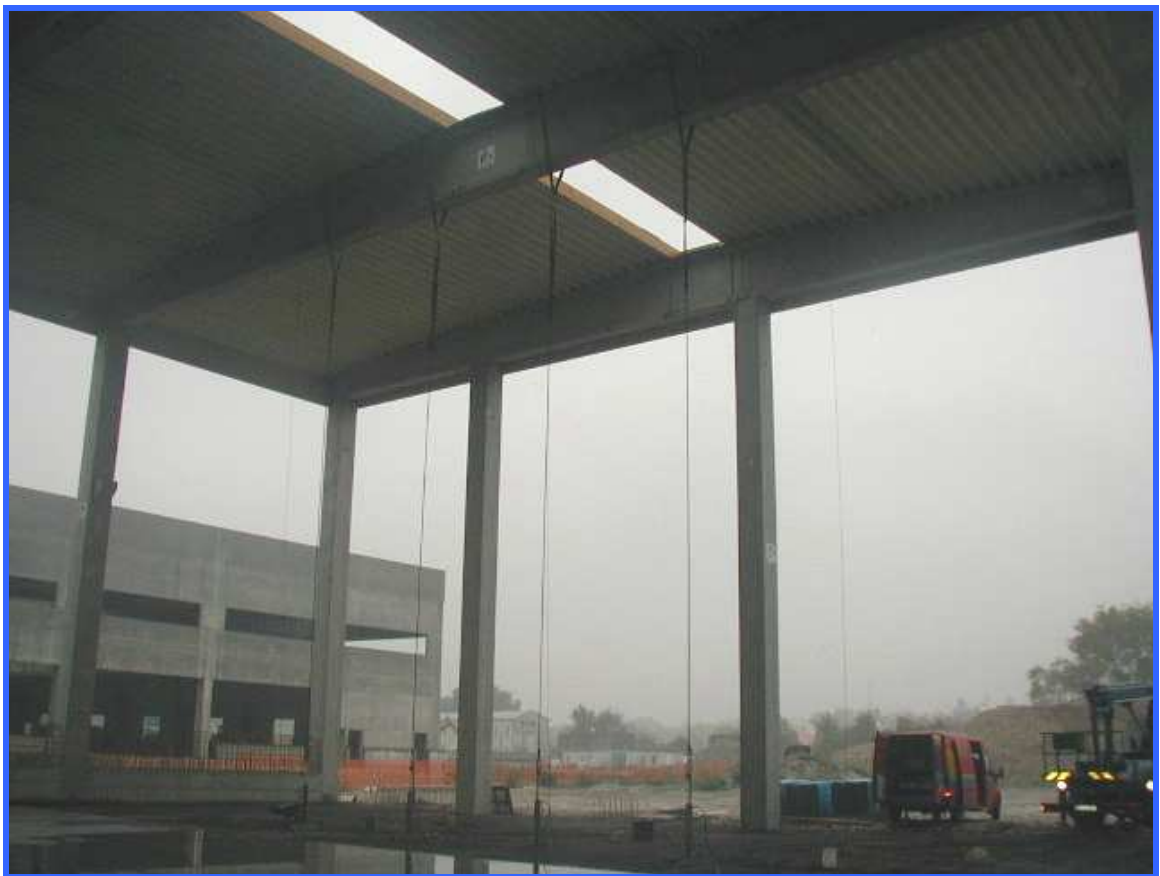
PROVA n. 2827/PD

20 ottobre 2005

Committente: xxxxxxxxxxxxxxxx

Collaudatore: xxxxxxxxxxxxxx

Relatore: **geom. Davide Morello**



fase di allestimento della prova

INDICE

1.0 PREMESSA	2
2.0 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE.....	3
3.0 DESCRIZIONE METODO INCLINOMETRICO.....	3
4.0 METODOLOGIA ESECUTIVA DELLA PROVA DI VERIFICA.....	4
5.0 DESCRIZIONE DELLA PROVA	5

1.0 PREMESSA

La *4 EMMÉ Service S.p.A.* è stata incaricata dalla xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx di effettuare una prova di carico su una delle travi facenti parte della copertura del xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx.

La scelta degli elementi strutturali da sottoporre a verifica, la determinazione e la disposizione dei carichi, il modo di rilevazione ed i punti di misura sono stati preventivamente concordati con l'ing xxxxxxxxx.

La prova di carico è stata eseguita il giorno **20 ottobre 2005**.

All'esecuzione della prova hanno assistito:

ing.	xxxxxxxxxxxxxx	Collaudatore
ing.	xxxxxxxxxxxxxx	Collaboratore Collaudatore
ing.	xxxxxxxxxxxxxx	Ispettore di cantiere – Direttore Operativo
ing.	xxxxxxxxxxxxxx	Tecnico di Cantiere

e per la *4 EMMÉ Service S.p.A.*:

ing.	Luciano Lionello	direttore del centro di Padova
geom.	Davide Morello	tecnico specializzato

2.0 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

Collaudatore GS03

La rilevazione delle deformazioni è stata effettuata con l'attrezzatura denominata GS03 costituita da:

- unità computerizzata di registrazione delle deformazioni GS03 AD 24;
- trasduttori di spostamento di tipo LVDT modello Schaevitz E 200 HQ;
- cella di carico bidirezionale classe 1 modello TCQ 200 kN;
- software di elaborazione 4 Emme Service S.p.A.

Sensori inclinometrici

Sono speciali trasduttori estensimetrici monodirezionali, atti a rilevare le rotazioni. Essi hanno dimensioni compatte e forma cilindrica, precisione del 99,8 %, accuratezza di lettura pari a 1/1000 di grado centesimale ed escursione massima di $\pm 3^\circ$. La calibrazione è stata effettuata in data 28 ottobre 2004 e documentata col Certificato di Taratura n.° 223/04.



Cella di carico

La cella di carico, collegata al display alfanumerico, è uno strumento a funzionamento estensimetrico che consente di rilevare il valore della forza applicata. La cella è installata direttamente sul martinetto utilizzato per l'applicazione del carico. La catena di misura, strumento – cavo – unità, comporta un errore massimo pari a $\pm 1,5\%$. La cella di carico ha le seguenti caratteristiche:

- escursione ± 250 kN;
- sensibilità 0,10 kN;
- linearità 99,4 %.



La calibrazione è stata effettuata in data 27 ottobre 2004 e documentata col Certificato di Taratura n.° 222/04.

Tutti gli strumenti sono stati tarati dal Laboratorio della 4Emme Service S.p.A. utilizzando dei sensori campione come previsto dalla procedura 7.6 del Manuale Qualità.

3.0 DESCRIZIONE METODO INCLINOMETRICO

Per misurare la deformazione orizzontale dell'impalcato si è utilizzato il metodo delle tangenti.

Sono stati impiegati gli inclinometri collegati mediante cavi elettrici all'acquisitore GS03 per la misura delle rotazioni.

Ricavate quindi le inclinazioni delle singole sezioni e calcolata la tangente, si procede ad elaborare la funzione interpolante delle tangenti. Per fare ciò è necessario risolvere un sistema d'equazioni di grado n (pari al numero di sensori utilizzati), dove le tangenti degli angoli rilevati sono i termini noti ed i coefficienti dell'equazione algebrica le incognite.

Tutto questo è svolto dal computer, utilizzando la regola di Cramer ed ottenuta la curva si procede all'integrazione, che rappresenta la deformata.

Dalla deformata è quindi possibile calcolare tutte le frecce necessarie

4.0 METODOLOGIA ESECUTIVA DELLA PROVA DI VERIFICA

Lo scopo dell'indagine è di verificare la corrispondenza dei risultati sperimentali con quelli derivanti dal calcolo teorico. Si eseguono sulle strutture di nuova costruzione o su strutture di cui si conoscono gli elementi costituenti (es. tipo di solaio, dimensione della trave, ecc.) ed i parametri caratteristici della forma (momento d'inerzia), del materiale (modulo d'elasticità) e delle condizioni di vincolo.

La prova di carico di verifica, è attuata applicando una o più forze concentrate che determinano uno stato di sollecitazione collegabile ad un carico distribuito.

La forza concentrata applicata è denominata *Forza equivalente* F_{eq} e definita come:

forza applicata su una linea di 1 metro, in corrispondenza della mezzeria di un solaio o di una trave, trasversalmente alle nervature, capace di indurre lo stesso momento massimo prodotto da un carico uniformemente distribuito q .

Il concetto della forza equivalente è esteso anche all'applicazione di forze concentrate su più linee (ai terzi, ai quarti luce, ecc), ed è intesa come *la forza somma di tutte le forze applicate*.

Per calcolare le F_{eq} partendo dal carico distribuito di prova q , si utilizza la formula:

$$F_{eq} = C_v \cdot b \cdot q \cdot L$$

dove:

C_v = coefficiente di vincolo; deriva dall'eguaglianza tra il momento dovuto al carico concentrato e distribuito;

b = interasse delle travi [m];

q = carico uniformemente distribuito di prova [kN/m²];

L = luce della struttura [m].

La metodologia alla base della prova di verifica si basa sulla determinazione sperimentale di C_v e b e sulla ricerca del limite del carico applicabile, aumentato gradatamente, considerando costantemente tre parametri: *Linearità, Ripetibilità, Permanenza*.

- *Ripetibilità*: è il rapporto percentuale, a parità di carico, tra i valori delle frecce (dedotti dal residuo) di due cicli diversi, > 95%.
- *Permanenza*: è il rapporto tra il residuo e la freccia massima, < 5%.
- *Linearità*: è il rapporto percentuale tra le tangenti alla curva d'isteresi passanti per i punti individuati dall'ultimo e dal primo carico, > 85%.

I valori indicati dei parametri di controllo non rappresentano un limite invalicabile poiché la loro determinazione non è matematica ma statistica. Va considerato che superando questi limiti si rientra in un comportamento statistico diverso rispetto a quello mantenuto da strutture progettate per resistere a quel carico.

Nell'analisi della struttura è importante la determinazione dell'*area d'isteresi*.

Quest'area calcolata percentualmente rispetto all'area di carico, nel diagramma forza-deformazione, rappresenta la percentuale di energia dissipata nel processo carico-scarico.

Superati determinati valori percentuali, non si può ipotizzare una perdita per normale dissipazione termica, ma bisogna supporre una trasformazione d'energia in lavoro di deformazione passando così dal regime elastico a quello plastico.

5.0 DESCRIZIONE DELLA PROVA

La prova in oggetto è stata eseguita su trave a T in c.a.p. di copertura individuabile nel fronte strada del magazzino all'altezza dell'ingresso (seconda trave).

La trave sviluppa una luce netta di 31,60 m.

Il carico è stato applicato con il metodo a "tiro" utilizzando quattro martinetti sistemati come da schema seguente, agenti mediante catene e vincolati a terra con tasselli meccanici.



ancoraggio superiore con fasce



ancoraggio inferiore con tasselli meccanici

Il calcolo della forza concentrata equivalente risulta:

$$L = 31,60 \text{ [m]}$$

$$b = 9,80 \text{ [m]}$$

$$q = 1,30 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$C_v = 0,61$$

$$F_{eq} = \frac{31,60 \times 9,80 \times 1,30 \times 0,61}{4} = 61,40 \text{ kN}$$

Sono stati posizionati n° 4 sensori inclinometrici rispettivamente in:

- ⊕ canale n° 14 – a 1,00 metri dall'appoggio
- ⊕ canale n° 15 – a 8,00 metri dall'appoggio
- ⊕ canale n° 16 – a 15,00 metri dall'appoggio
- ⊕ canale n° 17 – a 23,00 metri dall'appoggio



disposizione sensori inclinometrici

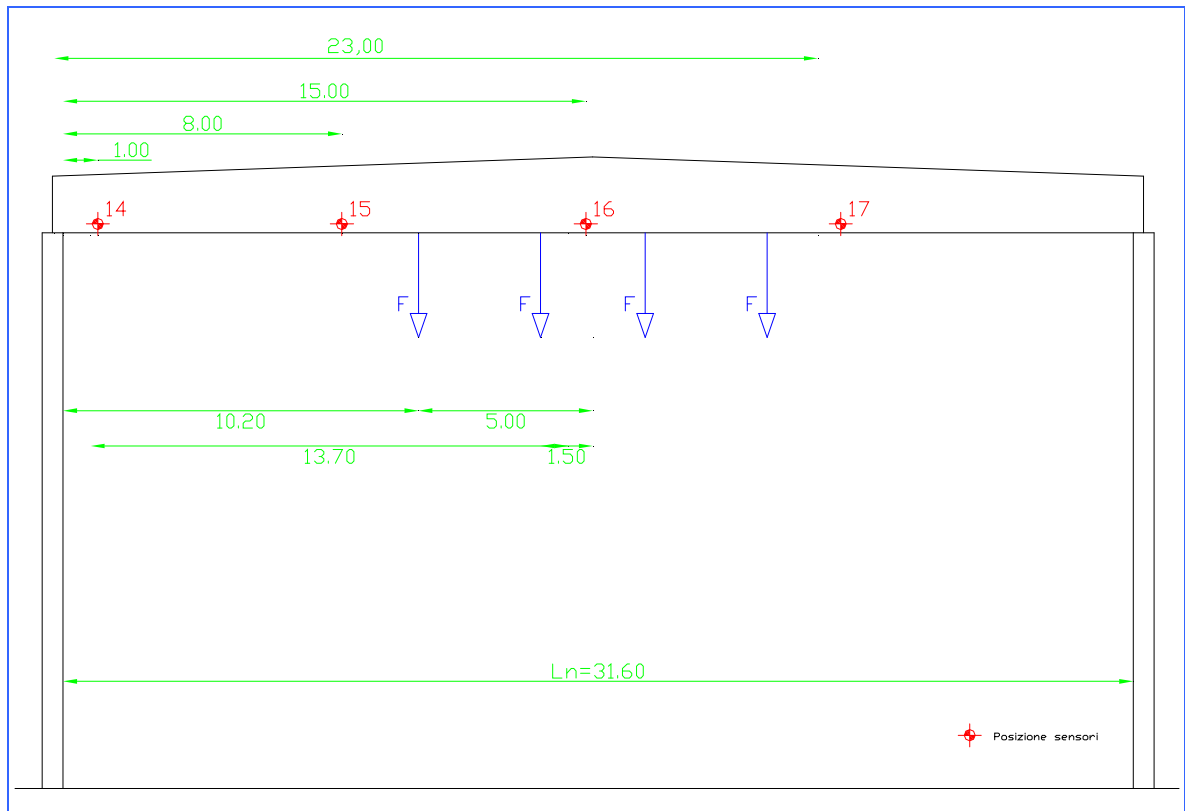
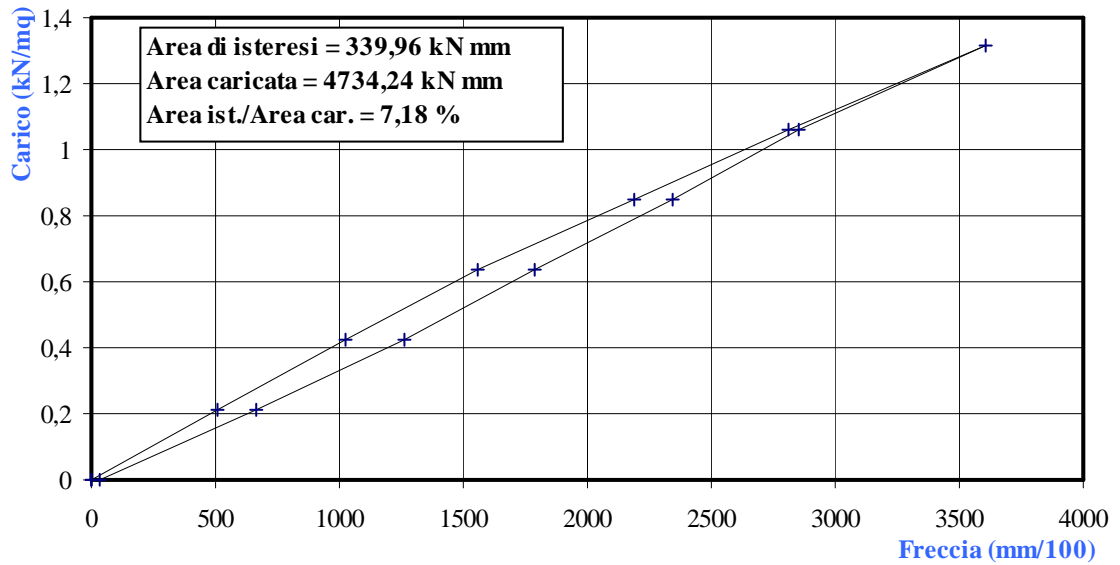
La struttura è stata sollecitata a diversi cicli di carico e scarico fino ad arrivare al carico massimo (III° ciclo) con il conseguimento dei seguenti valori:

Carico kN	Carico kN/mq	Ch. 14 (°)	Ch. 15 (°)	Ch. 16 (°)	Ch.17 (°)	Elaborazione mezzeria (mm)	Linearità %
0,0	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	
10,0	0,21	-0,031	-0,020	-0,002	0,019	5,06	
20,0	0,42	-0,067	-0,040	-0,004	0,038	10,26	99
30,0	0,64	-0,102	-0,062	-0,006	0,054	15,54	98
40,0	0,85	-0,140	-0,084	-0,009	0,076	21,90	92
50,0	1,06	-0,181	-0,108	-0,011	0,098	28,12	90
62,0	1,31	-0,208	-0,127	-0,015	0,112	36,08	87
50,0	1,06	-0,183	-0,111	-0,013	0,098	28,56	
40,0	0,85	-0,150	-0,090	-0,010	0,082	23,43	
30,0	0,64	-0,115	-0,070	-0,008	0,061	17,90	
20,0	0,42	-0,079	-0,050	-0,007	0,043	12,62	
10,0	0,21	-0,040	-0,026	-0,004	0,024	6,67	
0,0	0,00	-0,002	-0,001	0,000	0,001	0,31	

Ripetibilità 98 %

Residuo 0,86

**CURVA DI ISTERESI PER CARICO DISTRIBUITO
PROVA N° 2827 (elaborazione mezzeria)**



Schema posizione del carico e strumenti di misura

La società si assume la responsabilità per la precisione delle misurazioni effettuate, mentre l'elaborazione dei dati rappresenta un sussidio al collaudatore al quale spettano verifica ed approvazione.

Padova, 27 ottobre 2005

4 EME Service S.p.A.
Il Direttore del centro di Padova
ing. Luciano Lionello

Il relatore
Geom. Davide Morello