

Indagini Dinamiche sui solai tarate sulle prove statiche



1 INTRODUZIONE

Un'indagine dinamica su una struttura o parte di essa ha lo scopo di identificare attraverso le vibrazioni i cosiddetti parametri modali, il DNA unico per ogni elemento, costituiti da frequenze principali, forme modali e coefficienti di smorzamento equivalente.

Da un'indagine dinamica eseguita sull'elemento solaio è possibile ottenere le seguenti informazioni:

- Parametri principali quali frequenze, forme modali e smorzamento;
- Individuazione di comportamenti anomali tra solai tecnologicamente simili nell'ambito dello stesso fabbricato;
- Valutazione del coefficiente α (omologo di n per prove statiche) per la classificazione dei tipi di vincoli dell'elemento;
- Valutazione del prodotto $E \cdot I$ dinamico equivalente da confrontare con l'omologo statico (utile per analisi FEM).

Nel paragrafo che segue si illustreranno brevemente alcuni aspetti teorici sulle quali si basano le ipotesi e le formule adoperate nelle successive elaborazioni, indicando quali tipologie di risultati è possibile ottenere e la loro utilità dal punto di vista applicativo.

2 ASPETTI TEORICI

Da qualche anno grazie allo sviluppo delle tecnologie, ma soprattutto ad una presa di coscienza della necessità di valutare una struttura non solo dal punto di vista statico ma anche dinamico, si stanno sviluppando test da eseguire in sito attraverso il concetto appunto della dinamica strutturale, analizzando dal singolo elemento strutturale all'intero fabbricato. Una di queste indagini è dedicata proprio all'analisi di elementi piani quali i solai. Ad oggi lo stato dell'arte di questa tipologia di indagini prevede l'uso di sensori accelerometrici o velocimetri che sulla base di indagini di tipo impulsivo e sull'elaborazione dei dati registrati attraverso trasformate di Fourier e funzioni di Cross-correlazione, permettono di ottenere i parametri dinamici dell'elemento quali frequenze principali, relative forme modali e smorzamenti equivalenti, per risalire anche indirettamente ad altri parametri come il modulo dinamico equivalente.

Il target di questo tipo di indagini è confrontare una famiglia di solai di una stessa tipologia strutturale onde valutarne la regolarità di comportamento modale, evidenziando quegli elementi che

mostrino comportamenti anomali come le basse frequenze, indice di elevate deformabilità, oppure forme modali non regolari, indice di problemi ai vincoli o di danni presenti nell'elemento.

Un'indagine dinamica prevede il posizionamento di sensori sul pavimento con piastre zavorra secondo uno schema a croce avendo un nodo al centro del solaio ed ulteriori nodi distribuiti ad un quarto della luce ed in prossimità degli appoggi in due direzioni principali. La prova prevede la sollecitazione del solaio con forze di tipo impulsivo ed un'acquisizione di pochi secondi. Il risultato è la valutazione della prima frequenza e relativa forma modale. Analizzando un certo numero di solai si cerca di capire se il comportamento è conforme o meno alla maggioranza degli elementi indagati.

In alcuni casi le prove dinamiche sono molto utili per valutare le frequenze di risonanza degli elementi per solai di tipo industriale, dove possono essere presenti macchinari a rotazione o comunque a vibrazione a frequenza costante.

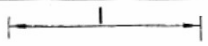
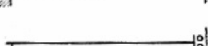
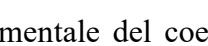
Uno degli approcci che viene adottato per confrontare elementi solai tra loro si basa sulla formula teorica vibrazionale di un elemento solaio, considerando una striscia unitaria vincolata all'estremità, escludendo quindi la collaborazione dei travetti laterali, così come si fa nella fase progettuale di un solaio:

$$f = \frac{\alpha_i}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{EI}{\mu A}}$$

Dove f è la frequenza principale al primo modo, α_i è funzione della tipologia di vincolo per l' i -esimo modo (vedi Figura 1), l la lunghezza libera di inflessione del solaio, μA è la massa della fascia di solaio a metro lineare, E e I sono rispettivamente il modulo dinamico equivalente ed il modulo di inerzia della sezione reagente, anch'esso equivalente perché considera il pacchetto solaio come omogeneo.

Il Confronto tra i vari solai indagati è effettuato in base alle prime frequenze di vibrazione, tenendo conto della lunghezza relativa di inflessione e attraverso il prodotto $E \cdot I$ dinamico equivalente (relativo cioè al pacchetto omogeneo di solaio considerato).

COEFFICIENTI α_i PER LE PULSAZIONI NATURALI DI OSCILLAZIONE DI TRAVI DI UNA CAMPATA (a sezione costante).

Schema della trave	Modo fondamentale	Modi successivi			
		$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i > 3$
	$i = 1$	3,5156	22,0336	61,7010	$\left(\frac{2i-1}{2}\pi\right)^2$
	$i = 1$	9,8696	39,4784	88,8264	$(i\pi)^2$
	$i = 1$	15,4213	49,9708	104,2441	$\left(\frac{4i+1}{4}\pi\right)^2$
	$i = 1$	22,3729	61,6696	120,9120	$\left(\frac{2i+1}{2}\pi\right)^2$
	$i = 1$	2,4680	22,2029	61,6853	$\left(\frac{2i-1}{2}\pi\right)^2$
	$i = 1$	5,5932	30,2280	74,6323	$\left(\frac{4i-1}{4}\pi\right)^2$
	(vedere fig. 5.34)	—	—	—	—

Per ponti in acciaio la prima frequenza è data con buona approssimazione da:
 $\omega_1 = \frac{1600}{l}$

Figura 1: Valori del coefficiente α in funzione delle condizioni di vincolo agli estremi

La valutazione sperimentale del coefficiente α è effettuata considerando le seguenti relazioni ricavate in letteratura tra i coefficienti R, Cv (o anche detto n) ed α :

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	semplice appoggio
$-\frac{1}{48}qL^2$	$-\frac{1}{32}PL$	$\frac{4qL^4}{384EJ}$	$\frac{6,5PL^3}{384EJ}$	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	incastro perfetto

Figura 2: Valori di C_v per forza concentrata in mezzzeria

Tabella 1.5 - Corrispondenza tra R e C_v

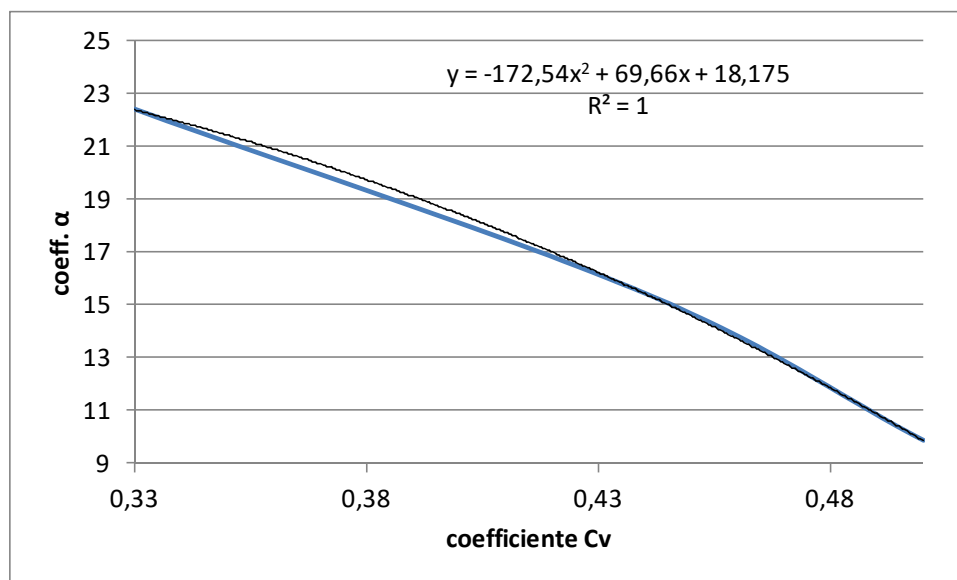
R	M _a =αFL	f	C _v	
0,69	/	$\frac{8PL^3}{384EJ}$	0,50	semplice appoggio
0,67	$-\frac{1}{32}PL$	$\frac{6,5PL^3}{384EJ}$	0,48	
0,65	$-\frac{1}{16}PL$	$\frac{5PL^3}{384EJ}$	0,44	
0,61	$-\frac{1}{10,7}PL$	$\frac{3,5PL^3}{384EJ}$	0,40	incastro perfetto
0,50	$-\frac{1}{8}PL$	$\frac{2PL^3}{384EJ}$	0,33	

Figura 3: corrispondenza tra R e C_v

Dove $R = V_{L/4}/V_{L/2}$ cioè il rapporto tra l'abbassamento ricavato ad L/2 ed L/4. La relazione che lega R e C_v è la seguente:

$$C_v = 0,895 R - 0,117$$

Per ricavare infine il coefficiente di vincolo dinamico α, si costruisce la curva passante per i tre punti ricavando la linea di tendenza con R = 1 ed ottenendo una funzione del tipo:



Dove $y = \alpha$ e $x = C_v$.

Per la valutazione del coefficiente di smorzamento equivalente si adopera il criterio del "decremento logaritmico". I vari punti di battuta sono ottimizzati per accentuare lo spostamento ai bordi del solaio ed al centro, valutando eventuali anomalie.

I parametri dinamici ritrovati, possono essere adoperati per realizzare un modello numerico FEM dei vari solai, considerando un pacchetto omogeneo di geometria e masse note, al fine di valutare i possibili abbassamenti teorici attesi, tenendo conto del rapporto tra i moduli EI_d sperimentali e il modulo EI_s ricavato dalla prova statica.

Infine, per meglio comprendere i risultati ottenuti dai confronti, si normalizzano tutti i moduli EI dinamici rispetto quello massimo, e si assoceranno fino a 4 categorie di qualità variabili da A per i solai che presentano una verosimiglianza del modulo superiore all'90%, B per valori compresi tra il 80%-90%, C per valori compresi tra 70%-80% e D per solai con valori inferiori al 70% (solai molto deformabili rispetto la media), rappresentati graficamente per essere meglio interpretabili.

3 PROCEDURE DI ESECUZIONE E STANDARDIZZAZIONE

La prova dinamica su solai FDT (Floor Dynamic Test) è applicabile laddove è necessario effettuare indagini su più solai di uno stesso organo strutturale, a patto che si esegua almeno una prova tradizionale di carico, necessaria a tarare il metodo.

Un approccio simile si ha quando, grazie alla taratura del metodo **NDT SONREB** sui risultati provenienti dai carotaggi, la **NTC** consente di sostituire la metà delle prove distruttive con un numero triplo di indagini non distruttive.

In base a tale logica le indagini proposte vengono riferite ad almeno una prova di carico tradizionale (statica) per ogni tipologia di solaio riscontrato.

Sulla base di quanto riportato finora la procedura andrà eseguita come segue:

- indagine tradizionale su solaio/solai campione;
- indagini FDT sui medesimi solai;
- indagini FDT sui restanti solai.

3.1 STRUMENTAZIONE FDT

Per l'esecuzione di indagini FDT verrà adoperato il seguente sistema:

- n.9 sensori accelerometrici PCB - 601A02;
- Acquisitore NI9215 - 9ch;
- Software per l'acquisizione ed elaborazione proprietario, in linguaggio LabView;
- Elemento sollecitante di massa nota costituito da palla medica deformabile da 5kg.

Comparison Tables

Product Name	Signal Ranges	Channels	Sample Rate	Simultaneous	Resolution	Isolation	Connectivity
NI 9201	±10 V	8 Single-Ended	500 kS/s	No	12-Bit	250 Vrms Ch-Earth (Screw Terminal), 60 VDC Ch-Earth (D-SUB)	Screw Terminal, 25-Pin D-SUB
NI 9205	±200 mV, ±1 V, ±5 V, ±10 V	32 Single-Ended, 16 Differential	250 kS/s	No	16-Bit	250 Vrms Ch-Earth (Spring Terminal), 60 VDC Ch-Earth (D-SUB)	Spring Terminal, 37-Pin D-SUB
NI 9206	±200 mV, ±1 V, ±5 V, ±10 V	33 Single-Ended, 16 Differential	250 kS/s	No	16-Bit	600 VDC Ch-Earth	Spring Terminal
NI 9215	±10 V	4 Differential	100 kS/s/ch	Yes	16-Bit	250 Vrms Ch-Earth (Screw Terminal), 60 VDC Ch-Earth (BNC)	Screw Terminal, BNC
NI 9220	±10 V	16 Differential	100 kS/s/ch	Yes	16-Bit	250 Vrms Ch-Earth (Spring Terminal), 60 VDC Ch-Earth (D-SUB)	Spring Terminal, 37-Pin D-SUB

Figura 4: scheda tecnica NI9215 versione a 3ch per n.3 schede

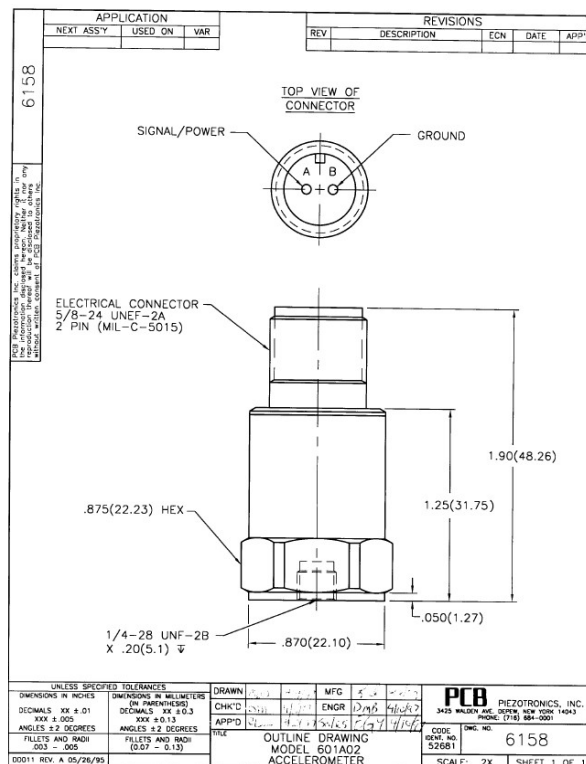
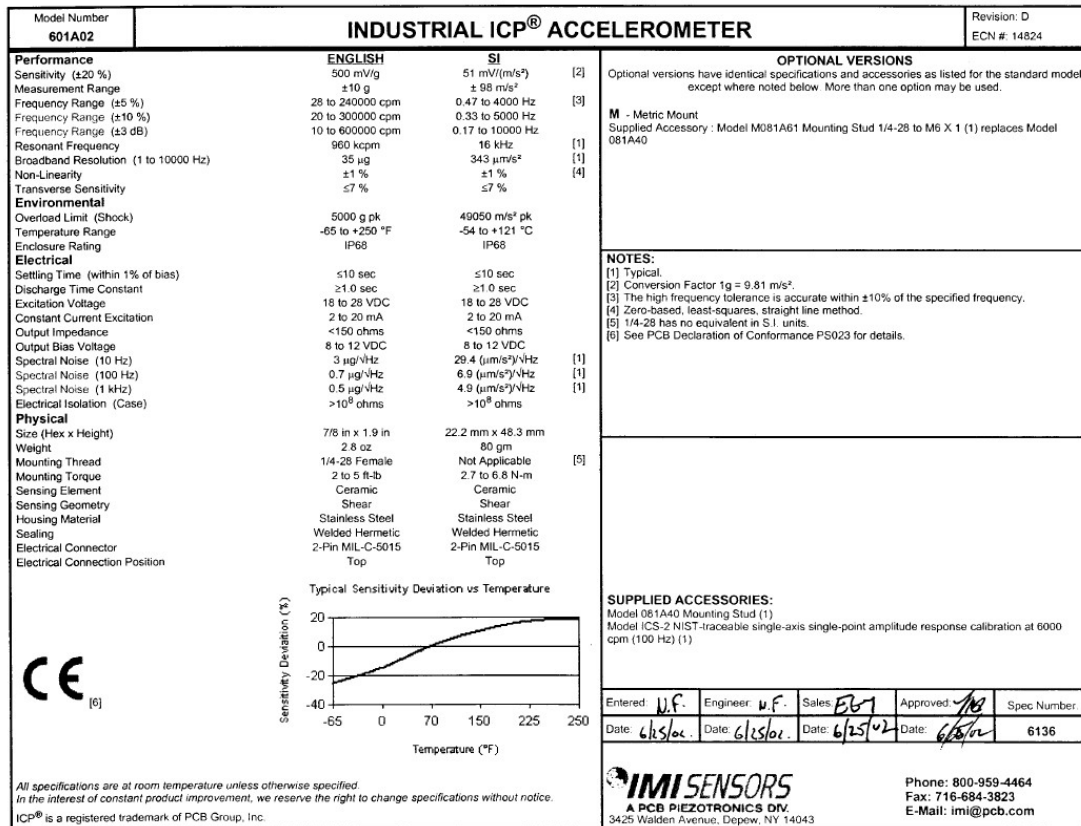
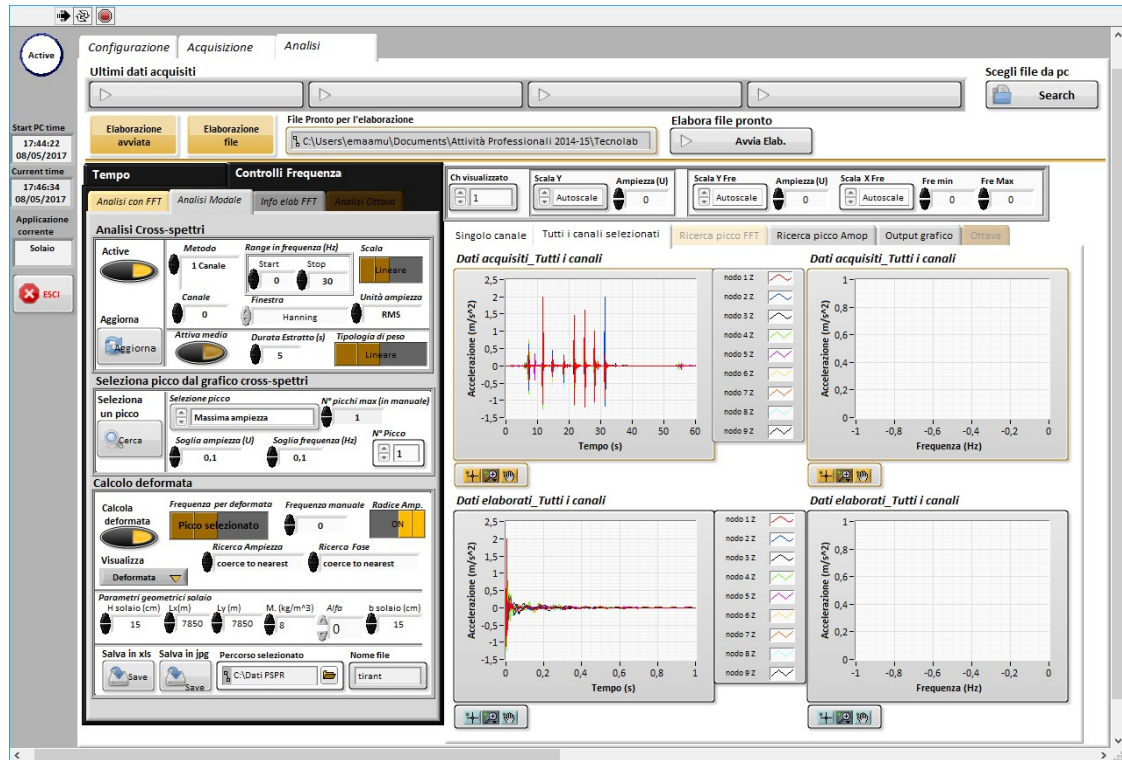
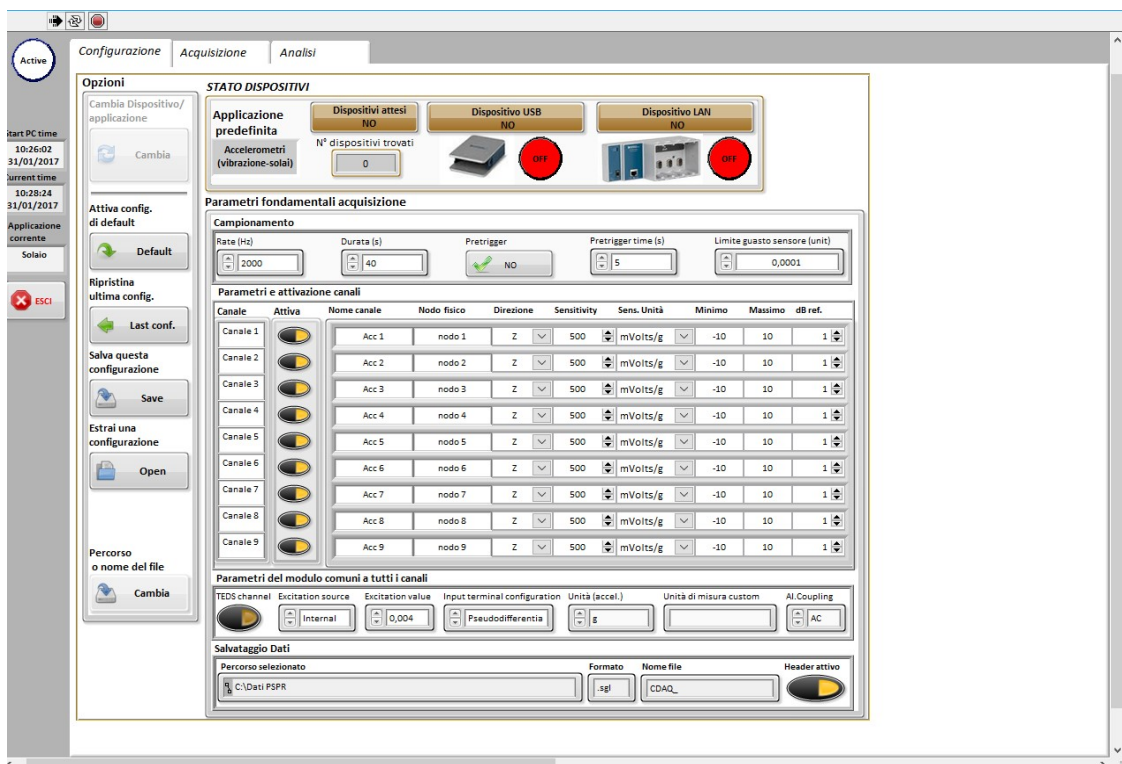


Figura 5: scheda tecnica sensori PCB-601A02



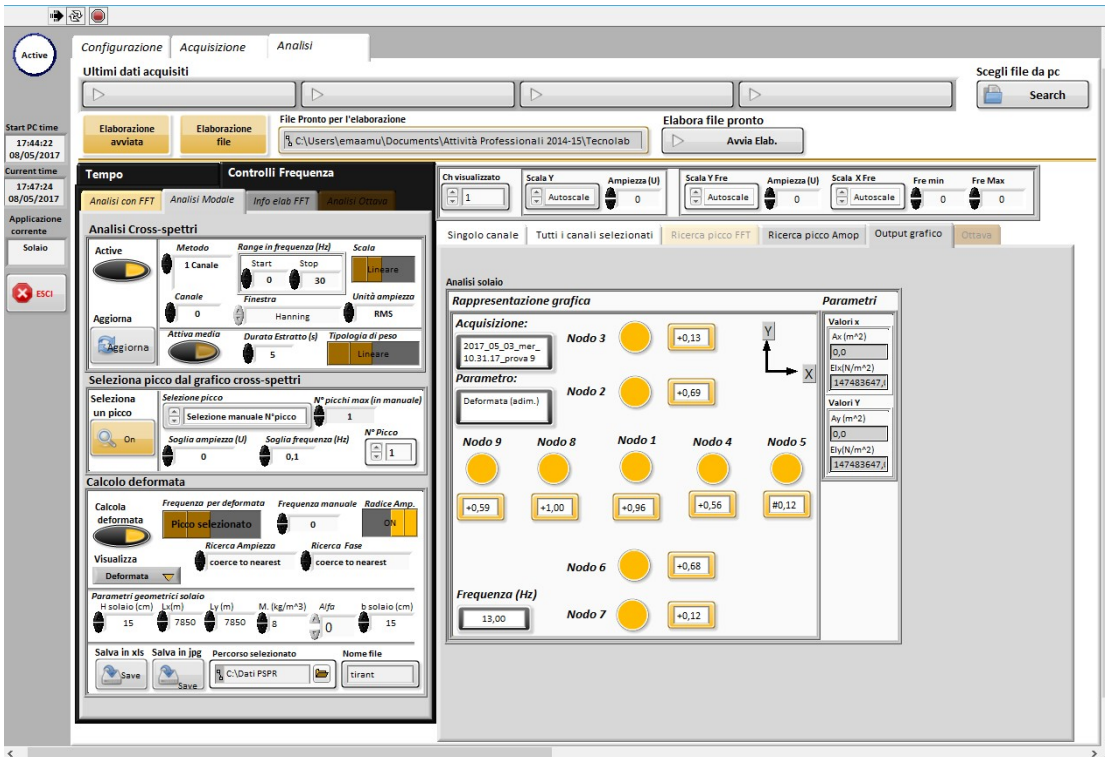
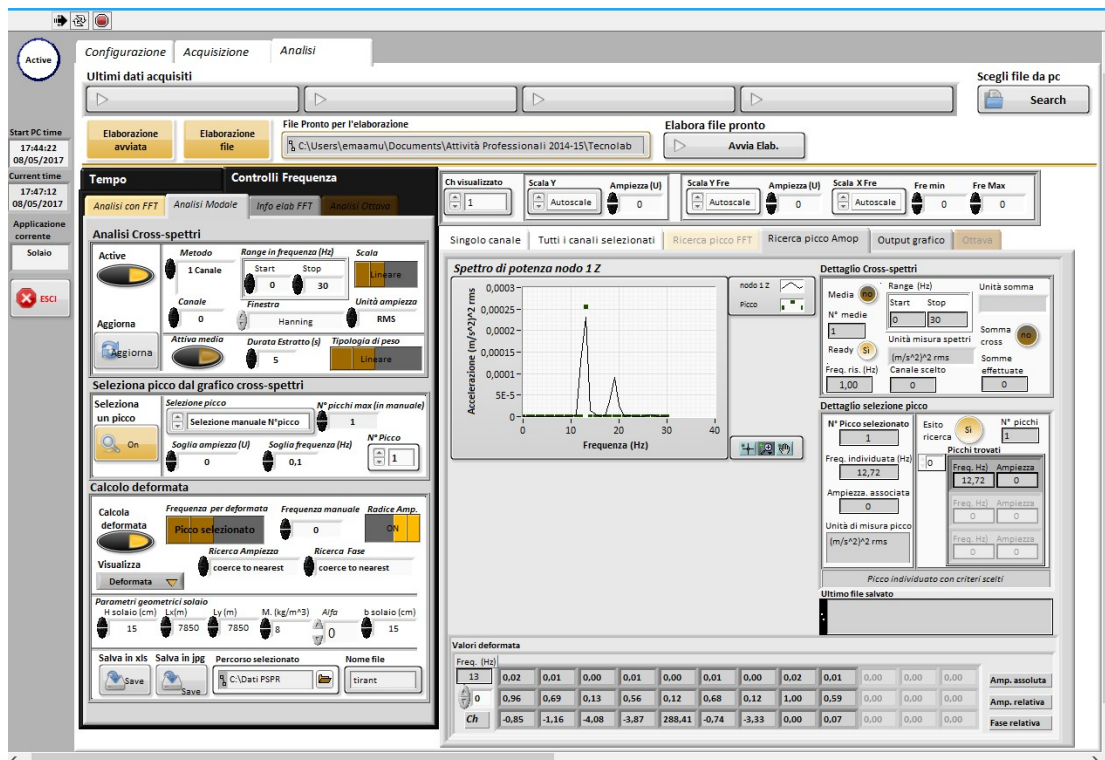


Figura 6: Sw di acquisizione ed elaborazione dati

3.2 FASI DELLA PROVA

3.2.1 Fase 1: posizionamento dei sensori

I n.9 sensori installati ognuno su opportune piastre triangolari di peso 1.5kg circa, sono appoggiati al solaio secondo uno schema a croce che vede un sensore al punto centrale del solaio, n.2 a circa $L/4$ secondo la direzione di orditura del solaio, n.2 sensori a circa 0.50m dal bordo sulla stessa orditura e n.4 sensori posti a distanza fissa (variabile per ogni prova), sui due lati, rispetto l'asse ortogonale all'orditura del solaio ed in mezzzeria (valutazione della forma modale a piastra).



3.2.2 Fase 2: posizionamento forzante impulsiva

La forzante di tipo impulsiva è applicata manualmente con una palla medica deformabile (che garantisce un solo rimbalzo evitando pertanto la generazione di frequenze basse) del peso di 5.0Kg in caduta da circa 1.50m di altezza.



Non potendo esercitare la forzante al centro del solaio (a causa della presenza dei sensori) si adotteranno due schemi di carico come mostrato di seguito, di cui il primo con quattro punti di battuta in asse con i sensori ad $L/4$ sui quattro quadranti e ulteriori quattro punti di battuta più vicini al sensore centrale (circa $1/2$ delle diagonali tra i punti di battuta esterni ed il sensore centrale).

(vedi fig. 14)

3.2.3 Fase 3: acquisizione ed elaborazione

Il software di elaborazione utilizzato, scritto in linguaggio Labview, gestisce l'intera prova, dall'acquisizione all'elaborazione dei dati.

Tramite il programma è possibile elaborare per le n.8 battute:

- i parametri modali dell'elemento indagato
- i coefficienti di vincolo dinamico (omologhi di quelli statici)
- il prodotto **EI** dinamico equivalente

È possibile anche elaborare, oltre alla deformata, le accelerazioni, le velocità e gli abbassamenti registrati su ogni punto per ogni frequenza principale.



4 ELABORAZIONE DATI

4.1 POSIZIONE INDAGINI

Per ogni solaio si posizionano n.9 sensori accelerometrici secondo uno schema a croce di seguito riportato:

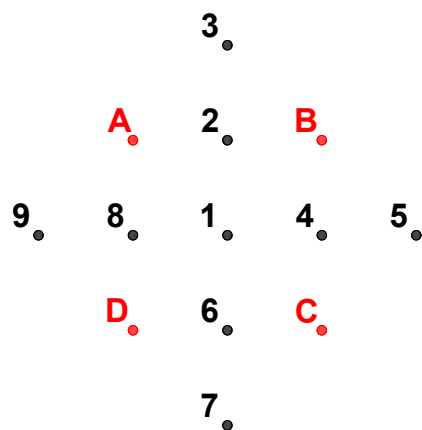
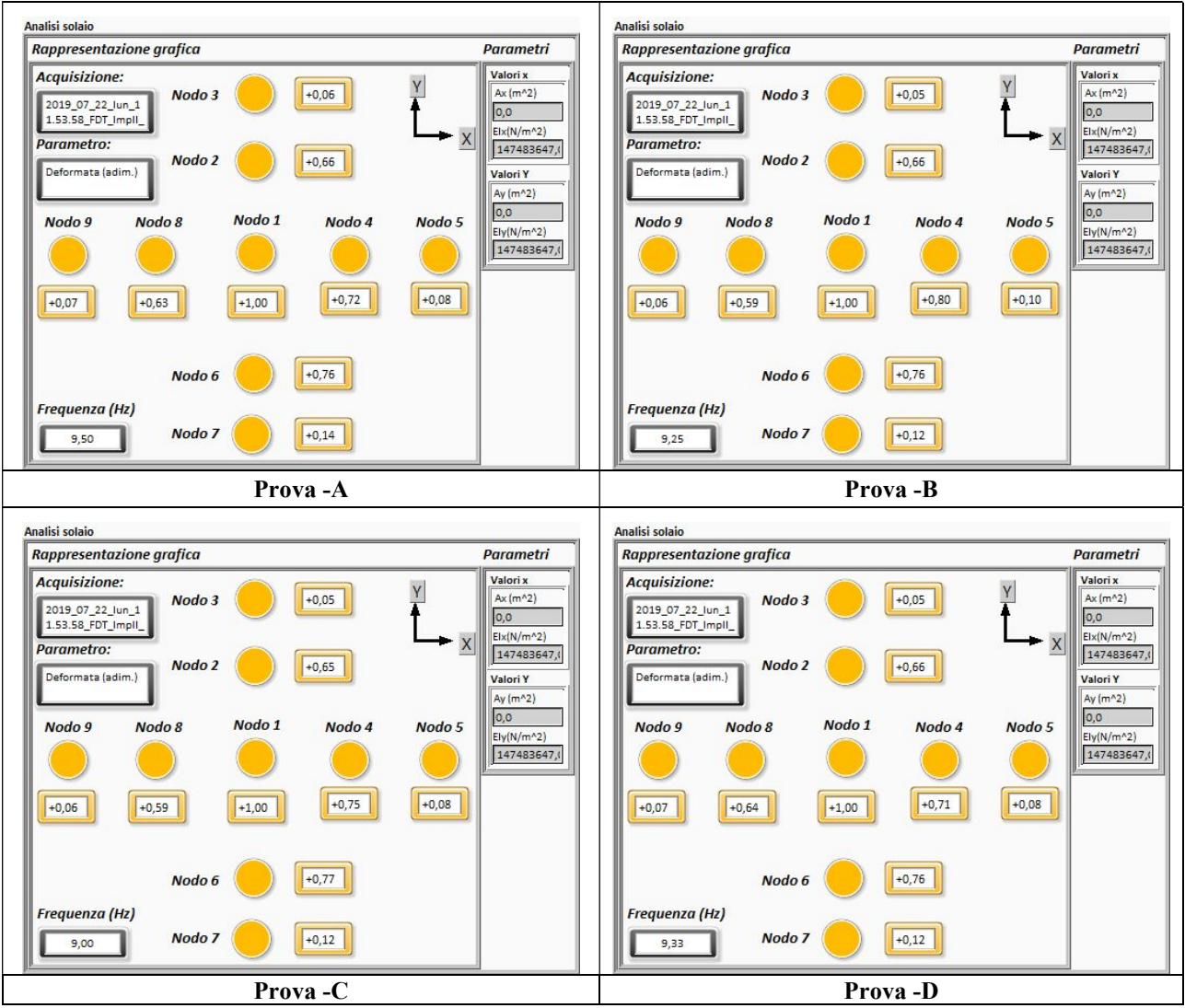


Figura 7: schema posizionamento sensori e punti di battuta (in rosso)

Le n.4 battute hanno lo scopo di sollecitare maggiormente un vincolo piuttosto che l'altro.



5 ESEMPIO DI ELABORAZIONE, FORME MODALI E FREQUENZE FONDAMENTALI



5.1 ESEMPIO CONFRONTO TRA SOLAI - STIMA DEGLI ABBASSAMENTI

Di seguito si riporta una tabella che sintetizza i risultati delle elaborazioni. Nello schema sono riportati i numeri dei solai, le quattro battute secondo quanto riportato in precedenza, i dati geometrici, ed i dati della prova dinamica tra cui gli abbassamenti registrati alla prima forma modale in mezzeria ed ai nodi 2 o 6 (a seconda del lato di battuta) per ricavare lo stato di vincolo (C_v), la frequenza del primo modo e i valori necessari a calcolare lo smorzamento relativo secondo il metodo del decremento logaritmico. Infine si valuta, dalla formula inversa riportata al capitolo 2, il prodotto $E \cdot I$ dinamico, caratteristico della deformabilità del "pacchetto" di solaio al lordo degli elementi non strutturali quali massetti, pavimenti e intonaci se presenti.

SOLAI SCUOLA IST MARCONI BACOLI																	
EDIFICIO		DATI GEOMETRICI			DATI DI CALCOLO PROVA DINAMICA												
SOLAIO	BATTUTA	μ (N/m²)	H (m)	L (m)	V (nodo 1) (mm)	V (nodo 2-6) (mm)	R (-)	Cv' (-)	α (-)	f (Hz)	A (t)	A (t+T)	k	δ	ξ (%)	El _d (Nm²)	
Imp.III.2	A	6000	0.35	6.70	1.06E-03	7.26E-04	0.69	0.50	10.04	8.00	0.0139	0.0034	8.00	0.175	2.79%	3.03E+08	
	B				1.41E-03	9.78E-04	0.69	0.50	9.87	8.00	0.0136	0.0053	6.00	0.156	2.49%	3.13E+08	
	C				1.20E-03	8.64E-04	0.72	0.50	9.87	8.00	0.0129	0.0045	7.00	0.149	2.38%	3.13E+08	
	D				1.07E-03	7.68E-04	0.72	0.50	9.87	8.00	0.0147	0.0036	8.00	0.175	2.78%	3.13E+08	
Imp.II.1	A	5000	0.30	6.65	5.32E-04	3.52E-04	0.66	0.48	12.32	9.50	0.0129	0.0052	8.00	0.113	1.80%	2.29E+08	
	B				1.41E-03	9.30E-04	0.66	0.47	12.53	9.25	0.0199	0.0082	7.00	0.126	2.00%	2.10E+08	
	C				1.17E-03	8.98E-04	0.77	0.50	9.87	9.00	0.0237	0.0064	10.00	0.131	2.08%	3.21E+08	
	D				1.02E-03	7.76E-04	0.76	0.50	9.87	9.33	0.0165	0.0034	10.00	0.158	2.52%	3.45E+08	
Imp.II.2	A	5000	0.30	6.70	1.26E-03	8.97E-04	0.71	0.50	9.87	9.00	0.0184	0.0071	8.00	0.120	1.91%	3.30E+08	
	B				1.03E-03	7.32E-04	0.71	0.50	9.87	9.00	0.0148	0.0067	6.00	0.131	2.09%	3.30E+08	
	C				1.75E-03	1.38E-03	0.79	0.50	9.87	9.00	0.0259	0.0115	6.00	0.135	2.15%	3.30E+08	
	D				1.17E-03	9.26E-04	0.79	0.50	9.87	9.00	0.0168	0.0066	9.00	0.104	1.66%	3.30E+08	
Imp.II.3	A	5000	0.30	6.65	6.71E-04	4.83E-04	0.72	0.50	9.87	9.67	0.0134	0.0026	9.00	0.180	2.87%	3.70E+08	
	B				7.18E-04	5.16E-04	0.72	0.50	9.87	9.67	0.0143	0.0036	8.00	0.174	2.78%	3.70E+08	
	C				6.27E-04	4.62E-04	0.74	0.50	9.87	9.33	0.0197	0.0031	7.00	0.266	4.24%	3.45E+08	
	D				2.69E-04	1.98E-04	0.74	0.50	9.87	9.33	0.0095	0.0018	9.00	0.184	2.93%	3.45E+08	
Imp.III.1	A	5500	0.32	6.66	2.53E-03	1.86E-03	0.74	0.50	9.87	8.33	0.0208	0.0093	9.00	0.089	1.41%	3.04E+08	
	B				2.35E-03	1.71E-03	0.73	0.50	9.87	8.33	0.0166	0.0085	10.00	0.067	1.06%	3.04E+08	
	C				2.24E-03	1.63E-03	0.73	0.50	9.87	8.33	0.0159	0.0080	10.00	0.068	1.09%	3.04E+08	
	D				2.30E-03	1.67E-03	0.73	0.50	9.87	8.33	0.0206	0.0075	10.00	0.101	1.62%	3.04E+08	
Imp.III.3	A	5500	0.32	6.64	6.11E-04	4.46E-04	0.73	0.50	9.87	8.67	0.0122	0.0032	9.00	0.149	2.38%	3.25E+08	
	B				7.13E-04	5.18E-04	0.73	0.50	9.87	8.33	0.0091	0.0037	7.00	0.129	2.06%	3.00E+08	
	C				5.35E-04	3.86E-04	0.72	0.50	9.87	8.33	0.0125	0.0025	9.00	0.181	2.87%	3.00E+08	
	D				6.46E-04	4.78E-04	0.74	0.50	9.87	8.33	0.0103	0.0027	10.00	0.136	2.16%	3.00E+08	
LEGENDA																	

- μ (N/m²) = peso specifico equivalente a metro quadro compreso degli elementi non strutturali; - h (m) = altezza equivalente del solaio incluso elementi non strutturali; - A (m²) = area equivalente ricavata come $h \cdot \text{larghezza unitaria}$; - L (m) = lunghezza della fascia unitaria del solaio; - V (nodo 1) = abbassamento misurato dalla prova dinamica all'i-esima battuta, ottenuta per doppia integrazione sulla prima frequenza modale secondo la nota formula $S_a = S_d/\omega^2$, dove ω è la pulsazione pari a $2 \cdot \pi \cdot f$; - V (nodo 2-6) = abbassamento ai nodi 2 o 6 ricavati come al punto precedente; la scelta del nodo di riferimento è funzione della posizione dei punti di battuta; per il nodo 2 sono considerate le battute comprese tra il nodo centrale 1 ed il suddetto; viceversa per il nodo 6; - R = è il rapporto tra V (nodo 1) e V (nodo 2 o 6); - C_v = rappresenta il coefficiente di vincolo del solaio per prove dinamiche (vedi paragrafi precedenti); - α = è un valore proporzionale a C_v che rappresenta il tipo di vincolo del solaio per il caso dinamico, esso è tabellato (vedi paragrafi precedenti); - f = è la frequenza fondamentale (primo modo di vibrare) del solaio registrata dalla prova; - $A(t, t+\Delta t)$ = è il valore in accelerazione del segnale, registrato ad ogni battuta, filtrato con filtro passa banda, sulla prima frequenza fondamentale; di solito si considerano il primo picco dopo la battuta e il k-esimo picco successivo (dal 2° al 5°). Tali parametri servono ad applicare il metodo del decremento logaritmico per la valutazione dello smorzamento equivalente; - k = è il numero di picchi consecutivi come al punto precedente;- δ = è un parametro pari a: $(1/k) \cdot \ln[A(t)/A(t+\Delta t)]$; - ξ = è lo smorzamento equivalente al primo modo pari a: $\delta/(2 \cdot \pi)$; - EI_d = è il prodotto tra il modulo elastico dinamico e l'inerzia della sezione valutati in forma indiretta dalla seguente relazione: $(4 \cdot (3,14^2) \cdot (f^2) \cdot (L^4) \cdot \mu \cdot A)/(\alpha^2)$; Nota Bene: il prodotto $\mu \cdot A$ è la massa a metro lineare su una fascia di 1m di solaio trasversale, per tanto l'area della sezione coincide con l'altezza h.
--

Figura 8: tabella risultati indagini dinamiche con restituzione modulo dinamico $E \cdot I$

TABELLA DI CONFRONTO TRA PROVE DINAMICHE CON VALORI MEDIATI E PROVA STATICA														
ELEMENTO	DATI DI CALCOLO PROVA DINAMICA								DATI DI CALCOLO PROVA STATICA					k = $\Delta EI_d / EI_s$
	Cv'	α	f (Hz)	δ	ξ (%)	EI_d (Nm ²)	ΔEI_d (%)	CLASSE	q (kg/ml)	Cv	L (m)	EI_s (Nm ²)	V _{max} (mm)	
Imp.III.2	0.50	9.91	8.00	0.16	2.61%	3.11E+08	-	A	515.00	0.45	6.70	1.70E+07	3.56	18.27
Imp.II.1	0.49	11.18	9.27	0.13	2.10%	2.76E+08	11.08%	B	515.00	0.45	6.65	1.51E+07	3.89	18.27
Imp.II.2	0.50	9.87	9.00	0.12	1.95%	3.30E+08	-6.38%	A	515.00	0.45	6.70	1.81E+07	3.35	18.27
Imp.II.3	0.50	9.87	9.50	0.20	3.20%	3.57E+08	-15.07%	A	515.00	0.45	6.65	1.81E+07	3.25	18.27
Imp.III.1	0.50	9.87	8.33	0.08	1.30%	3.04E+08	2.13%	A	515.00	0.45	6.66	1.66E+07	3.55	18.27
Imp.III.3	0.50	9.87	8.42	0.15	2.37%	3.07E+08	1.29%	A	515.00	0.45	6.64	1.68E+07	3.48	18.27

Figura 9: tabella riassuntiva parametri EI dinamici, coefficienti di smorzamento e frequenze principali; valutazione degli abbassamenti dei solai

LEGENDA
Cv' = rappresenta il coefficiente di vincolo del solaio per prove dinamiche (vedi paragrafi precedenti);
α = è un valore proporzionale a Cv che rappresenta il tipo di vincolo del solaio per il caso dinamico, esso è tabellato (vedi paragrafi precedenti);
f = è la frequenza fondamentale (primo modo di vibrare) del solaio registrata dalla prova;
δ = è un parametro pari a: $(1/k) \cdot \ln[A(t)/A(t+\Delta t)]$;
ξ = è lo smorzamento equivalente al primo modo pari a: $\delta/(2 \cdot \pi)$;
EI_d = è il prodotto tra il modulo elastico dinamico e l'inerzia della sezione valutati in forma indiretta dalla seguente relazione: $(4 \cdot (3,14^2) \cdot (f^2) \cdot (L^4) \cdot \mu \cdot A) / (\alpha^2)$
ΔEI_d (%) = variazione del prodotto EI dinamico tra i vari solai in riferimento al solaio campione; i valori negativi indicano solai meno deformabili i valori positivi i solai più deformabili;
CLASSE = rappresenta la classe di qualità in confronto con il solaio testato staticamente (cap.2);
q (kg/ml) = carico massimo effettivo a metro lineare raggiunto durante la prova statica;
V _{L/4} (mm) = abbassamento massimo registrato ad L/4 della luce;
V _{L/2} (mm) = abbassamento massimo registrato ad L/2 della luce;
Cv = rappresenta il coefficiente di vincolo del solaio per prove statiche;
EI _s = (IN ROSSO) è il prodotto tra il modulo elastico statico e l'inerzia ricavati dalla prova statica; (IN NERO) è il prodotto tra il modulo elastico statico e l'inerzia ricavati come rapporto tra il prodotto E*I dinamico ricavato da ogni prova dinamica ed il coefficiente k INTESO COSTANTE PER TUTTI I SOLAI;
VL/2 (mm) = (IN ROSSO) rappresenta il valore di abbassamento massimo in mezzeria ottenuto dalla prova statica; (IN NERO) rappresenta il valore di abbassamento massimo in mezzeria, ottenuto dalla formula inversa noti il carico effettivo a metro lineare, la lunghezza di inflessione del solaio, il coefficiente di vincolo Cv ed il prodotto stimato E*I statico di cui al punto precedente (formula inversa cap.2, fig.2).

Figura 10: quadro riassuntivo parametri elaborati e confronto con la prova di carico statica