

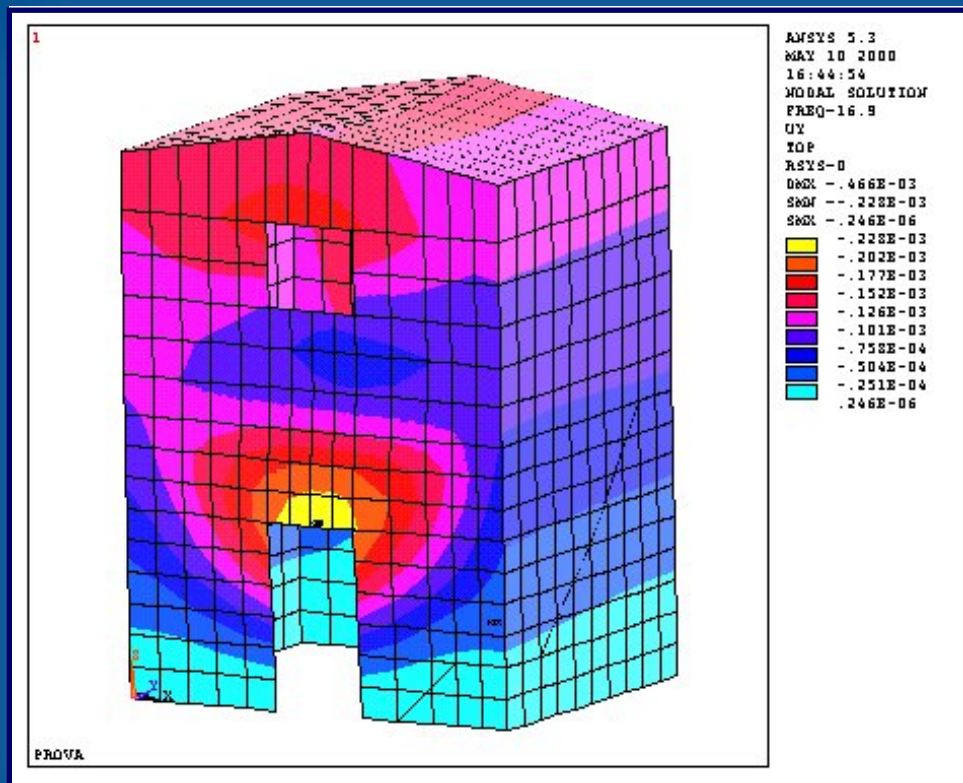
M2

EMMEDUE

Advanced
Building
System

Modello numerico a supporto dell'attivit  sperimentale

SISTEMA COSTRUTTIVO EMMEDUE



RITAM

ISRIM-UNIVERSIT  DI PERUGIA CSM

RITAM

ISRIM – UNIVERSITA' DI PERUGIA – CSM

**Laboratorio Ricerche e Tecnologie
per sistemi Antisismici, strutture e Materiali**

**SISTEMA COSTRUTTIVO
EMMEDUE**

**MODELLO NUMERICO A SUPPORTO
DELL'ATTIVITA' SPERIMENTALE**

Perugia 13.07.2000

Prof. Ing. Antonio Borri

Prof. Ing. Andrea Vignoli

RELAZIONE NUMERICA INTEGRATIVA

INDICE

1. Interpretazione dei risultati dell'attività sperimentale sul prototipo pag. 3
2. Modellazione numerica del prototipo e calibrazione delle caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali pag. 21
3. Esempi di assemblaggio pag. 80

RELAZIONE NUMERICA INTEGRATIVA

1. INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI DELL'ATTIVITÀ SPERIMENTALE SUL PROTOTIPO

Si riprendono le considerazioni sviluppate nella parte conclusiva del rapporto “Prove dinamiche sul sistema costruttivo EMMEDUE” del 04/02/2000, integrandole con ulteriori elaborazioni che hanno permesso di individuare alcune frequenze proprie del prototipo.

1.1 Struttura dei dati e posizione degli strumenti

I dati della sperimentazione sono memorizzati in files ASCII e, dopo sette righe di intestazione che descrivono le caratteristiche generali dei dati, vengono organizzati in otto colonne, delle quali la prima contiene l'asse dei tempi, e le rimanenti sette le letture degli accelerometri.

I dati sono stati campionati contemporaneamente alla frequenza di 500 Hz. Sono stati analizzati i dati relativi a quattro diverse prove forzate; nelle prime due, la vibrodina forniva un'eccitazione sinusoidale in direzione Nord-Sud, mentre nelle altre due la vibrodina eccitava la struttura in direzione Est-Ovest.

Come noto sono stati strumentati due livelli della struttura: il livello del primo piano (livello 1) ed il livello di copertura (livello 2) che risulta strumentato a quote leggermente diverse a seconda dell'orientazione dei prospetti e più precisamente al colmo, per i prospetti Nod e Sud ed in corrispondenza della linea di gronda, per i prospetti Est e Ovest.

Le posizioni degli accelerometri cambiano da prova a prova secondo gli schemi riportati nella relazione descrittiva dell'attività sperimentale, che sono comunque riportati nel seguito per comodità di lettura.

I dati non hanno subito filtraggi o altri pre-trattamenti e provengono da accelerometri tipo PCB dotati di dispositivo di auto-bilanciamento.

1.2 Analisi dei dati per l'identificazione dinamica

I dati acquisiti sono stati filtrati con un filtro digitale passa-basso con frequenza di taglio a 50 Hz.

Successivamente è stato calcolato il tensore spettrale delle registrazioni opportunamente detrendate mediante un algoritmo FFT applicato a finestre

RELAZIONE NUMERICA INTEGRATIVA

temporali consecutive; la lunghezza di tali finestre è stata fissata nella minima potenza di 2 necessaria ad ottenere una risoluzione in frequenza pari a $r_f=0.05$

Hz, per cui, essendo $f_c=500$ Hz la frequenza di campionamento dei segnali, si ottiene:

$$n = 2^{\lceil \log_2(f_c/r_f) \rceil + 1} = 2^{14} = 16384 \text{ dati per ogni finestra.}$$

Il numero di finestre mediate per ottenere lo spettro dei segnali varia in funzione della lunghezza dei segnali stessi; si è comunque cercato di ottenere una sovrapposizione temporale fra due finestre consecutive pari al 10-15% della lunghezza di ogni finestra, cioè circa 2000 dati.

Gli spettri sono stati infine divisi per f^4 in modo da bilanciare l'aumento dell'intensità della forzante, proporzionale a f^2 .

Fissato un sistema di riferimento con l'asse x in direzione Est-Ovest, l'asse y in direzione Nord-Sud, e l'asse z equiverso con le quote crescenti, misurate a partire dallo spiccatto di fondazione si sono elaborati i segnali accelerometrici per ricavare i tre movimenti di piano rigido relativi ai due livelli considerati. Dal tensore spettrale delle misure accelerometriche, mediante la pre e post-moltiplicazione per la pseudoinversa della matrice di posizionamento degli strumenti, è stato possibile risalire al tensore spettrale dei movimenti di piano dei due livelli strumentati.

1.3 Prima serie di prove

Vibrodina applicata alla quota del solaio (livello 1) prospetto Nord, eccitazione Nord-Sud

In queste prove, i cui risultati sono riportati nella parte prima della presente relazione, il carico è stato applicato sul lato Nord a livello del primo solaio, con un'accelerazione imposta di $\pm 4 \text{ m/s}^2$ ($\cong 0.4 \text{ g}$) nel caso delle prime due eccitazioni e maggiore a $\pm 5 \text{ m/s}^2$ ($\cong 0.5 \text{ g}$) nelle altre due eccitazioni.

RELAZIONE NUMERICA INTEGRATIVA

Nell'elaborazione dei risultati si è evidenziato un comportamento non simmetrico della struttura, rispetto al piano passante per il centro della vibrodina, perpendicolare al lato Nord, probabilmente dovuto alla non simmetria della struttura stessa per la presenza sul lato est del vano scala. Nel punto maggiormente sollecitato, che è risultato il colmo del tetto sul lato Sud, la struttura ha raggiunto un'accelerazione maggiore di $\pm 5 \text{ m/s}^2$ ($\cong 0.5 \text{ g}$), condizione verificatasi durante le due seconde prove quando l'oscillazione ha raggiunto una frequenza di 20 Hz. Inoltre in corrispondenza della prima e terza prova, quando si è applicata una sollecitazione avente carico massimo pari a 18.2 kN corrispondente alla frequenza di rotazione della vibrodina di 20 Hz, si è evidenziata la presenza di una frequenza di risonanza attorno ai 16-17 Hz.

Dalle grandezze rilevate dal vibrometro nel punto in cui collima il fascio laser, si può notare che nella seconda prova si ha uno spostamento di 0.132 mm.

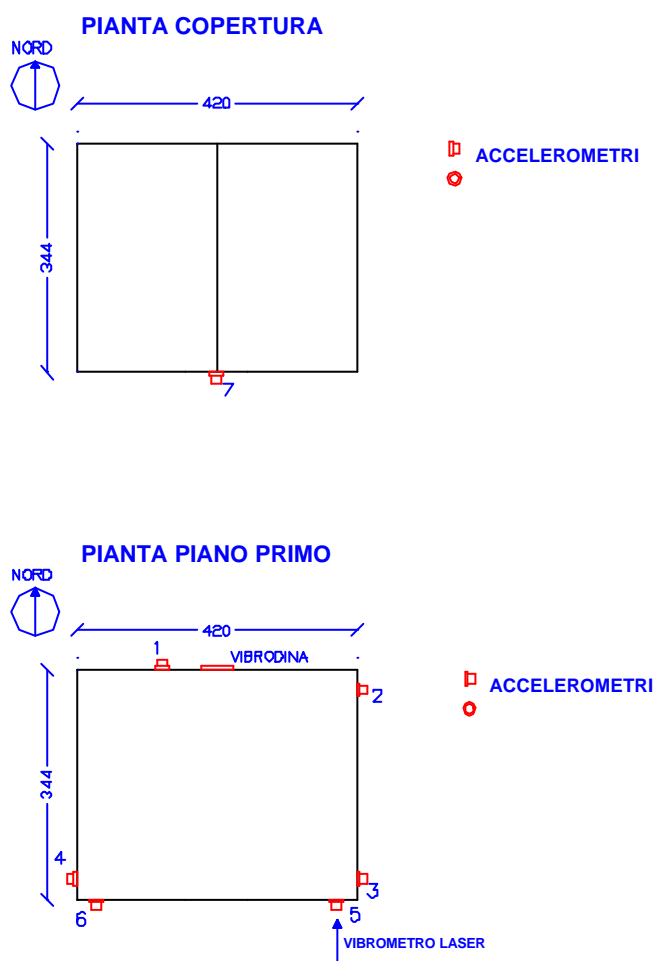


Fig. 1.1 - *Disposizione strumentazione (piante)*

RELAZIONE NUMERICA INTEGRATIVA

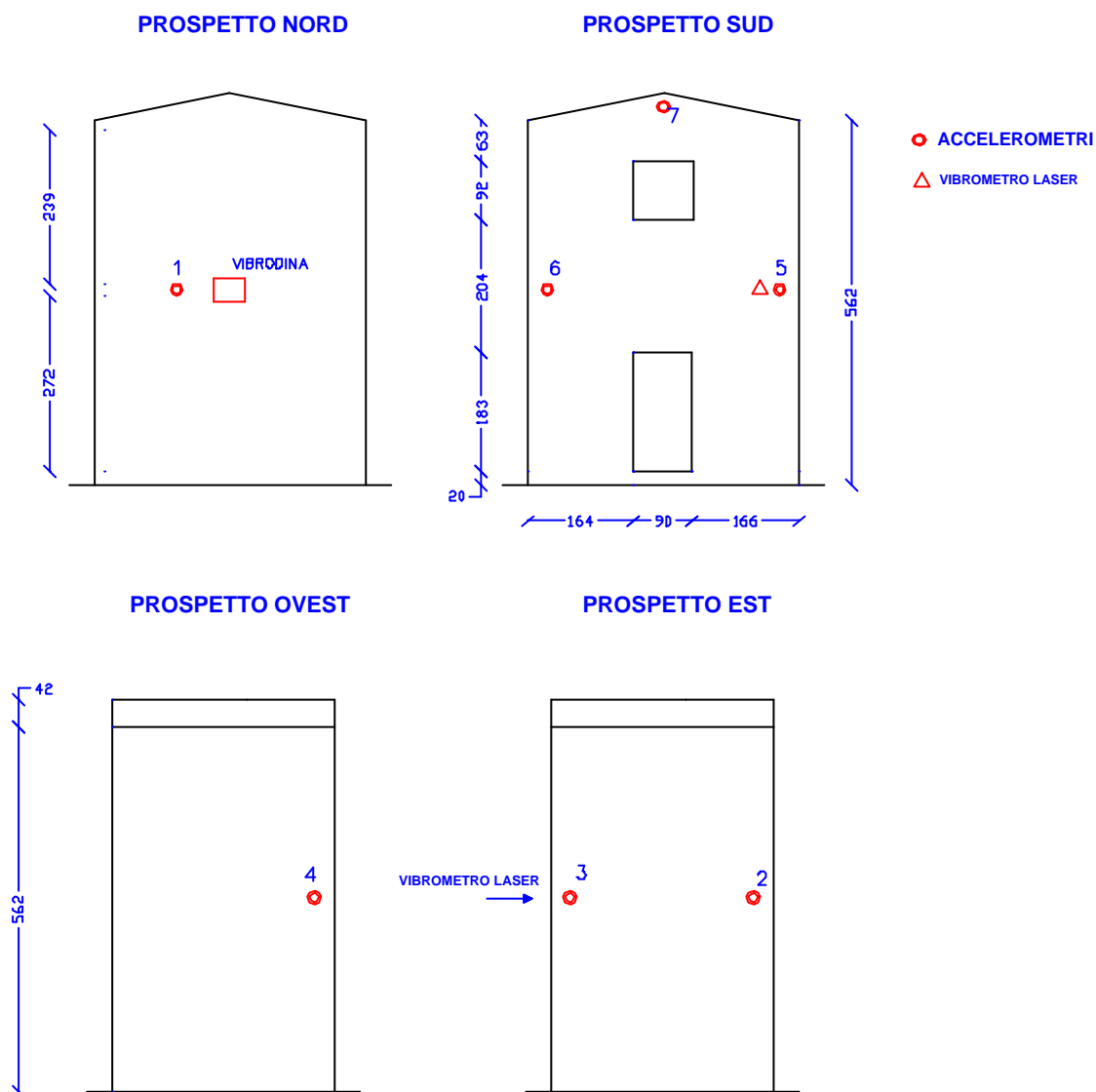


Fig. 1. 2 - *Disposizione strumentazione sui prospetti*

RELAZIONE NUMERICA INTEGRATIVA

1.3.1 Elaborazioni delle prove

Sono state elaborate le prove n. 1 e n. 3; nei grafici si è indicato in blu il livello 1 ed in verde il livello 2.

Prova n° 1

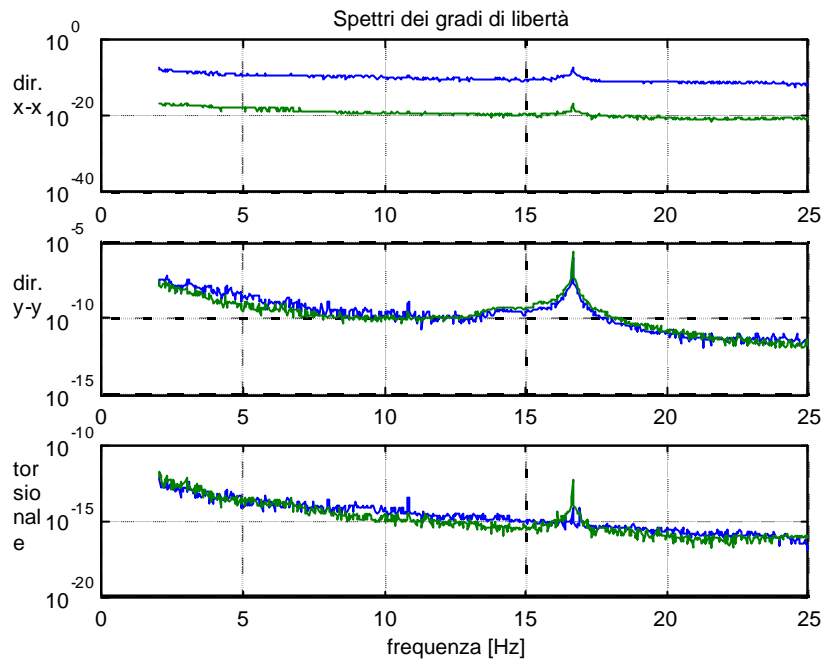


Fig. 1.3 - *Spettri dei movimenti di piano in direzione E-O, N-S e torsionale dei due livelli strumentati*

RELAZIONE NUMERICA INTEGRATIVA

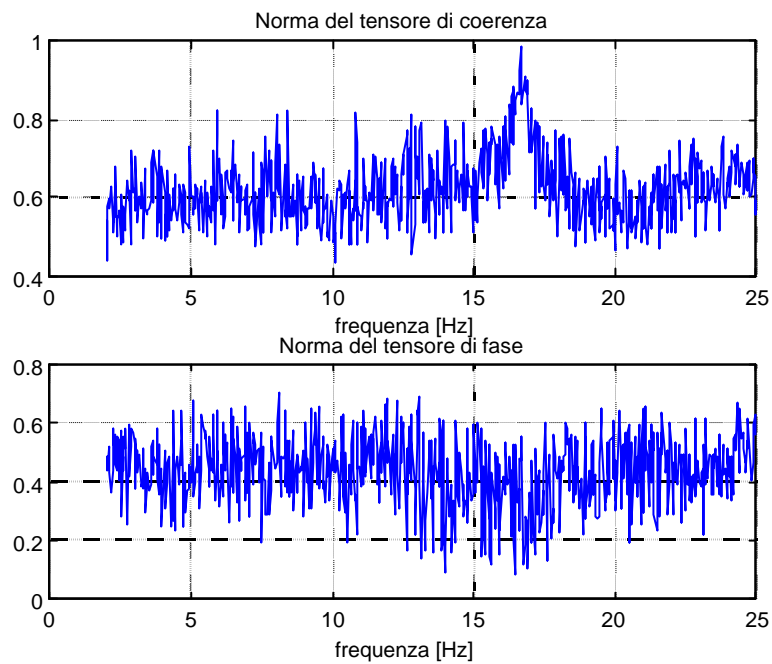


Fig. 1.4 - Norma del tensore di fase e del tensore di coerenza dei segnali in funzione della frequenza

Dall'analisi degli spettri dei movimenti di piano, si nota un picco vicino ai 16.3 Hz. La presenza di una risonanza in prossimità di tale frequenza verrebbe confermata dalla norma del tensore di coerenza vicina a 1 e dalla norma vicina a zero del tensore di fase.

Prova n° 3

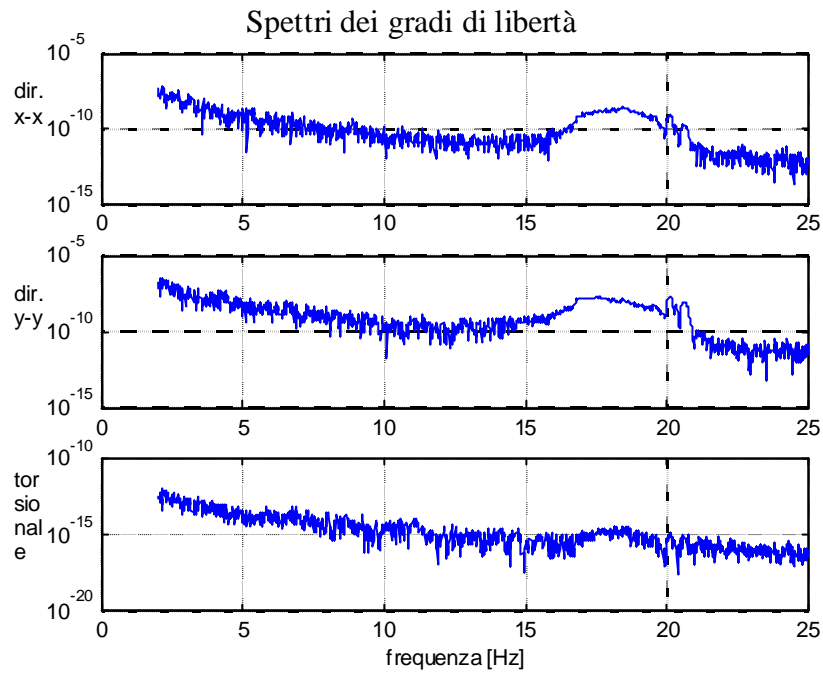


Fig. 1.5 - Spettri dei movimenti di piano in direzione E-O, N-Setorsionale del livello 1

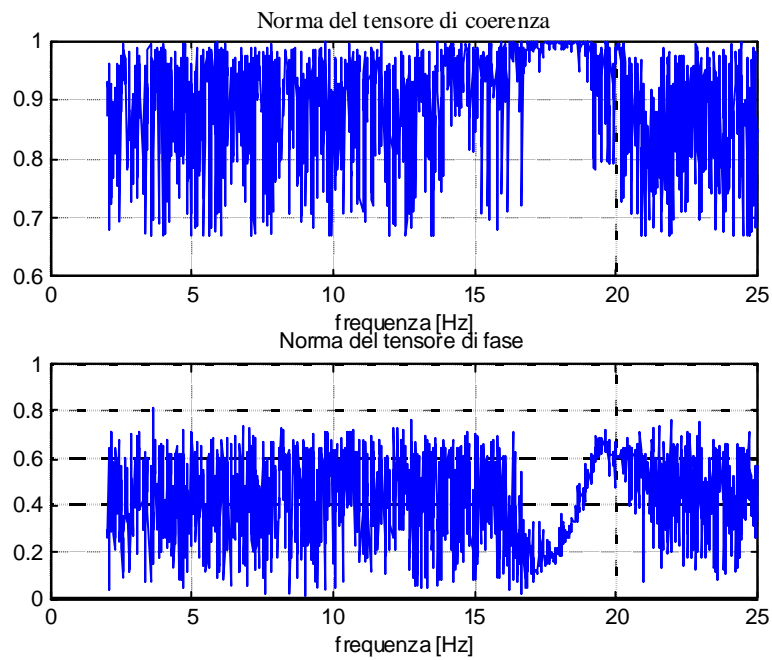


Fig. 1.6 - Norme del tensore di fase e del tensore di coerenza dei segnali in funzione della frequenza