



# TEST ANTISISMICI: IL MODELLO FEM

Si chiama Finite Element Method e rappresenta uno degli strumenti più interessanti di simulazione di comportamento sismico degli edifici.

di **Fabrizio Viola**, Studio Viola e Associati

**I**l Metodo FEM (Finite Element Method - Metodo degli Elementi Finiti), rappresenta oggi un notevole passo avanti per l'ingegneria moderna tramite cui è possibile progettare e verificare strutture complesse impensabili fino a poco tempo fa. Nelle analisi ingegneristiche, **l'obiettivo dell'analisi FEM è la simulazione computazionale dei sistemi strutturali al fine di evidenziare le zone critiche e i potenziali difetti.** Queste analisi sono importanti quando si vuole eseguire le verifiche di strutture complesse o studiare ingegneristicamente il comportamento di sistemi meccanici e macchine. Tramite una griglia geometrica definita *mesh*, il metodo FEM suddivide il modello geometrico in tanti piccoli elementi di facile calcolo. La soluzione finale viene trovata dal sistema "sommando" tutte le soluzioni parziali calcolate per ogni elemento. A fronte delle condizioni al contorno applicate, un'analisi FEM permette di ricavare spostamenti, deformazioni e tensioni presenti in un sistema strutturale. Se le classiche formule derivate dalla teoria della scienza delle costruzioni hanno validità solo in casi particolari e non per qualsiasi struttura, la simulazione FEM può invece affrontare un grande spettro di problemi. Strutture complesse possono essere totalmente calcolate e ottimizzate, individuando agevolmente i punti critici o deboli delle strutture, la buona o cattiva distribuzione delle masse, gli stati di sollecitazione,

gli stati di deformazione e i punti di rottura. **Il vantaggio del Metodo FEM consiste nell'immediata percezione visiva, attraverso la mappa cromatica, dei risultati analitici di calcolo.**

## IL FEM IN PRATICA: IL CASO DI CHIARI (BS)

Questo metodo di analisi ingegneristica è stato utilizzato, a partire dal 2005, per il recupero strutturale di tre edifici comunali, adibiti ad Archivio storico e museo della città di Chiari. Due di questi edifici sono strutturalmente collegati tra loro, a costituire un unico fabbricato, mentre il terzo corpo è addossato a un cortile interno, ed è in continuità con altri fabbricati esistenti non oggetto di questo intervento. I due imponenti palazzi, adibiti a museo, emeroteca e Archivio storico della città, assumono il ruolo di grandi archivi di pietra della comunità, di depositari della storicità del luogo e al tempo stesso custodi del futuro e inoltre fanno da quinta naturale alla Piazza, quale teatro della vita che accoglie i cittadini, spettatori d'eccezione, rendendoli partecipi di una ritrovata nuova concezione di vita comune. I palazzi, che un tempo ospitavano il Comune, le carceri e l'anagrafe, necessitavano di un consolidamento strutturale che mantenesse inalterati i caratteri architettonici dei fabbricati dello stato di fatto.

Lo scopo del progetto è stato quello di **collegare tra loro gli edifici suddetti, tramite la creazione di alcuni nuovi ambienti** interrati e integrati con i vani esistenti, così da creare un unico piano interrato comune. La maggiore difficoltà a livello strutturale si è riscontrata proprio nella creazione di tali nuovi ambienti interrati, che sussistono in parte sotto gli edifici esistenti e in parte sotto la pavimentazione delle due Piazze attigue. La modellazione strutturale degli edifici comunali, ha tenuto in considerazione la nuova zonizzazione sismica del territorio italiano,

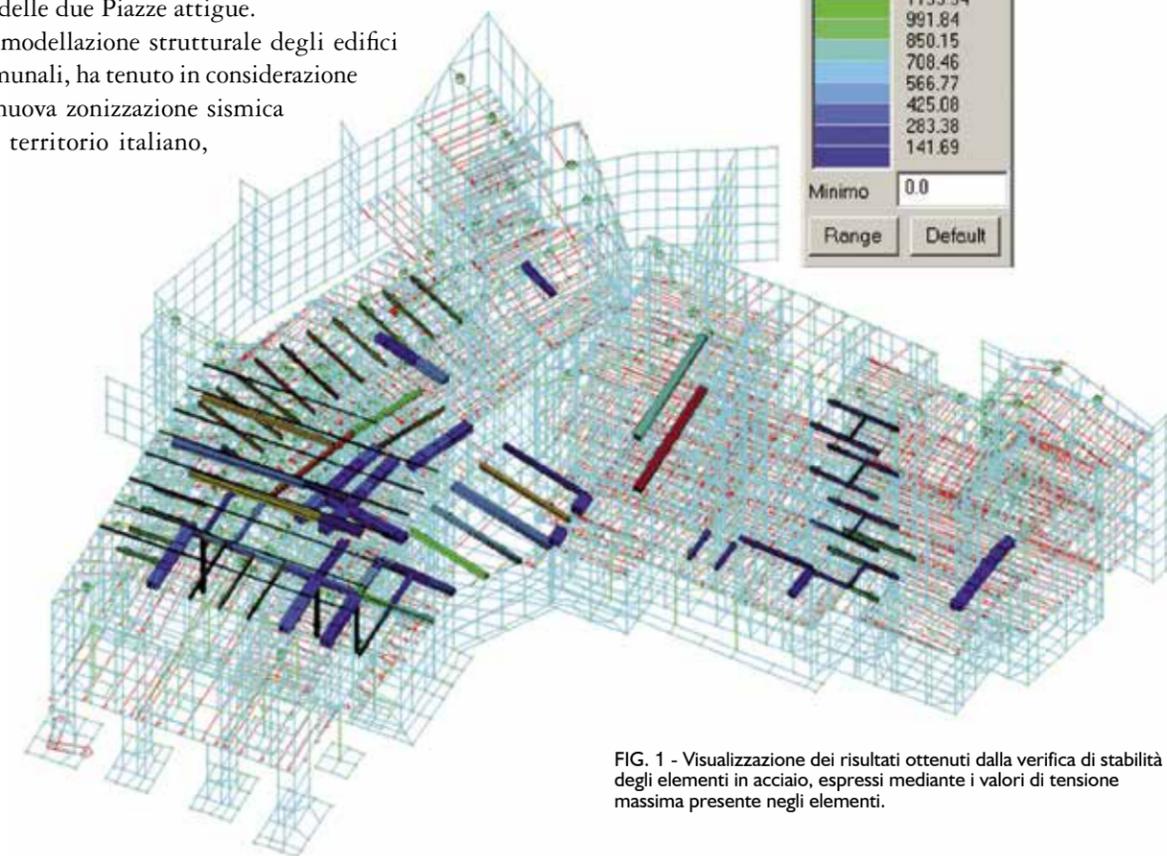


FIG. 1 - Visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica di stabilità degli elementi in acciaio, espressi mediante i valori di tensione massima presente negli elementi.

allegata alla O.P.C.M. 3274, in cui il comune di Chiari, è classificato zona di "Categoria 3". Per eseguire il calcolo, sono stati utilizzati i criteri della scienza e della tecnica delle costruzioni. La struttura è stata schematizzata a telaio nei piani principali e il criterio seguito nel calcolo è stato quello del metodo degli stati limite ultimi. La simulazione è stata effettuata con il metodo degli elementi finiti (FEM) con l'utilizzo del programma Supersap, avvalendosi del codice di calcolo ALGOR SUPERSAP. **Questo programma di calcolo applica il metodo degli elementi finiti per strutture di forma qualunque,** comunque caricate e vincolate, nell'ambito del comportamento lineare delle stesse. L'intervento ha riguardato una serie di operazioni da effettuarsi sugli edifici precedentemente descritti. Le strutture verticali sono state mantenute inalterate, in quanto l'intervento non ha comportato aumenti di carico sui solai i cui pesi

propri sono rimasti invariati, i sovraccarichi permanenti sono stati pressoché annullati rispetto allo stato di fatto e anche i sovraccarichi accidentali sono stati considerati minori (vedi fig. 1). Gli obiettivi primari dell'intervento consistevano principalmente nell'aumento del comportamento scatolare dei singoli edifici, nella diminuzione delle sollecitazioni statiche e nell'aumento delle resistenze murarie. Dopo la modellazione di carico, che esprime la distribuzione dei carichi sulla struttura, è stata prevista la modellazione dei materiali. Il programma ha consentito l'uso di materiali diversi individuati da una sigla identificativa e da un codice numerico. Attraverso il programma successivamente sono stati verificati i valori massimi di sforzo normale confrontando la sollecitazione normale di progetto con la sollecitazione normale ultima. L'analisi strutturale è stata condotta con il metodo degli spostamenti per la

valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici e con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi dinamici, tra cui quelli di tipo sismico (vedi fig. 2).

Grazie alla modellazione strutturale agli elementi finiti, si sono potute **risolvere le equazioni che governano l'equilibrio della struttura analizzando i singoli elementi** e confrontando le sollecitazioni

agenti sulle strutture con le resistenze caratteristiche dei materiali. Le verifiche agli stati limite, effettuate tramite i programmi di calcolo, hanno portato alla verifica della struttura nel rispetto dei limiti imposta dalla nuova normativa D.M. 2008.

I modelli strutturali forniti dal programma hanno permesso lo studio delle sollecitazioni di sforzo normale, taglio e momento flottante, così come la realizzazione di modelli strutturali tridimensionali (vedi fig. 3). ■

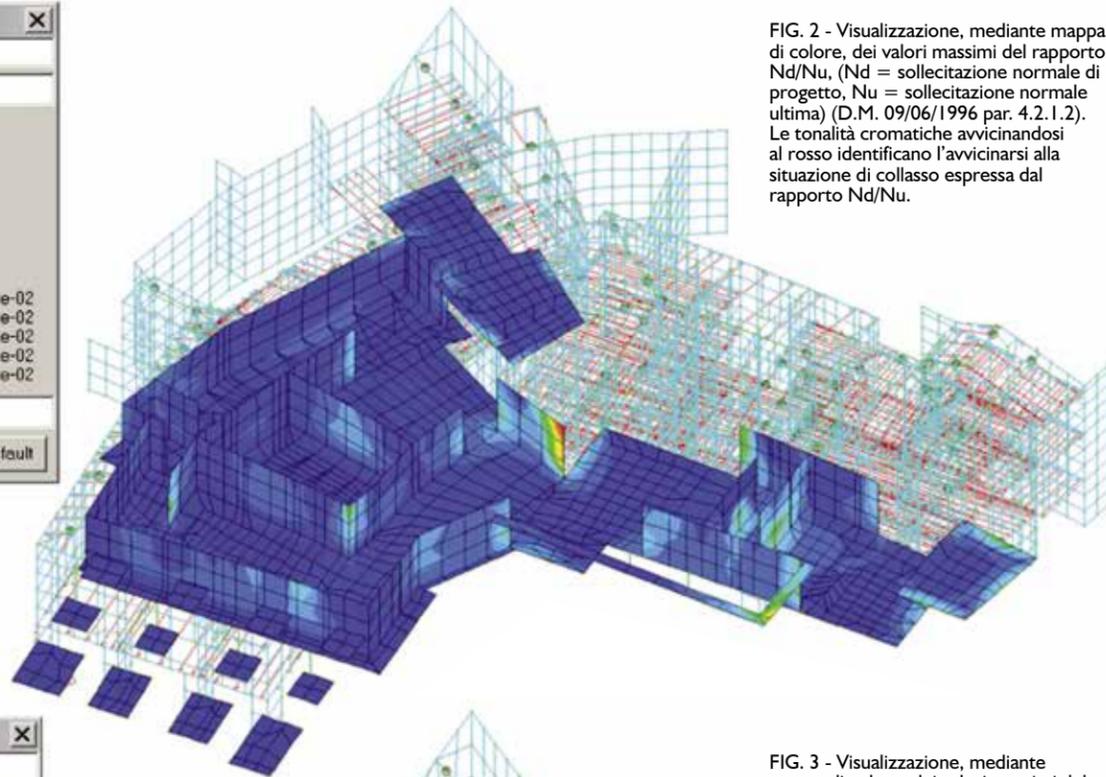
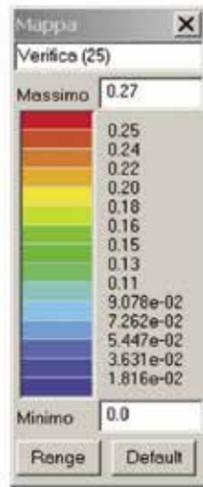


FIG. 2 - Visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori massimi del rapporto  $N_d/N_u$ , ( $N_d$  = sollecitazione normale di progetto,  $N_u$  = sollecitazione normale ultima) (D.M. 09/06/1996 par. 4.2.1.2). Le tonalità cromatiche avvicinandosi al rosso identificano l'avvicinarsi alla situazione di collasso espressa dal rapporto  $N_d/N_u$ .

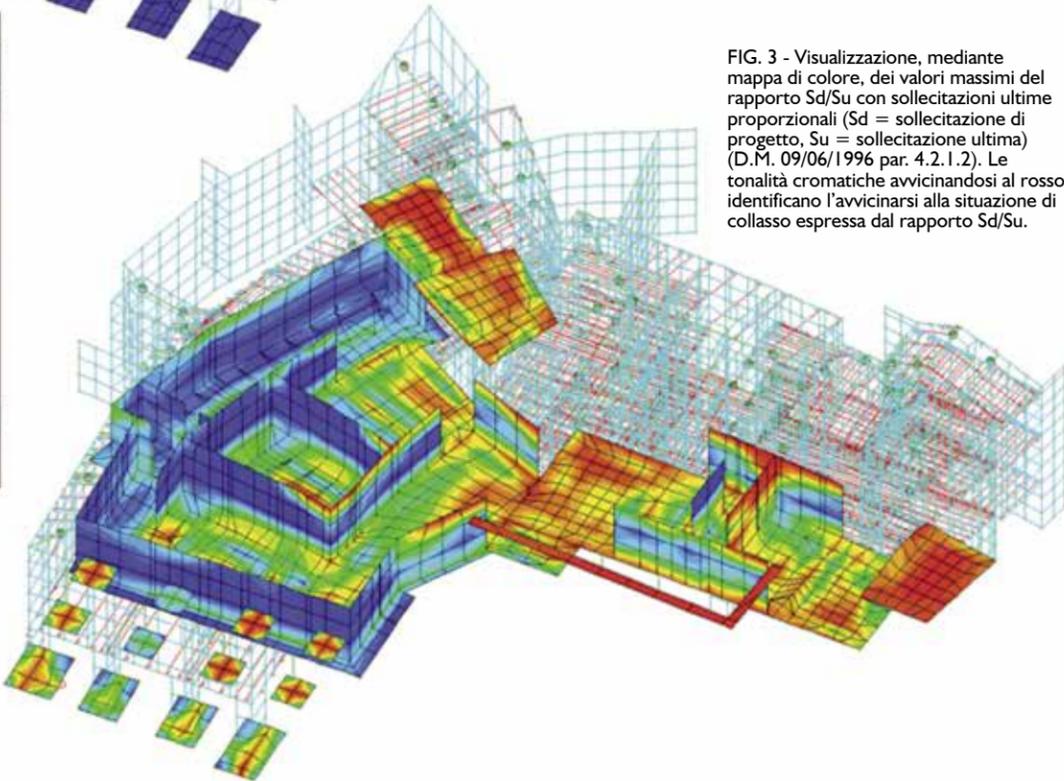
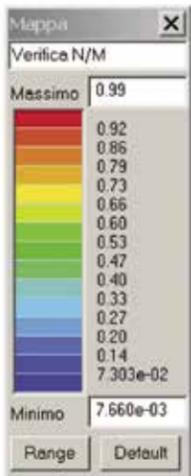


FIG. 3 - Visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori massimi del rapporto  $S_d/S_u$  con sollecitazioni ultime proporzionali ( $S_d$  = sollecitazione di progetto,  $S_u$  = sollecitazione ultima) (D.M. 09/06/1996 par. 4.2.1.2). Le tonalità cromatiche avvicinandosi al rosso identificano l'avvicinarsi alla situazione di collasso espressa dal rapporto  $S_d/S_u$ .

  
**isolmant**  
 benessere acustico e termico

Linea  
**XS**  
 ISOLMANT



**isolmantXS**

*Scegli la taglia giusta!*

Isolmant XS: piccola taglia, grandi prestazioni.



La gamma dei prodotti XS

Anche i cantieri più piccoli o i lavori di ristrutturazione meritano il massimo quando si parla di isolamento acustico. Per questo Isolmant ha pensato alla **Linea XS**, composta dai più performanti prodotti della gamma sottopavimento confezionati in un rotolo più piccolo: pratico e maneggevole, è l'ideale quando non serve un grande quantitativo di prodotto e permette di acquistare solo le quantità necessarie. In più ogni prodotto della **Linea XS** è fornito già completo degli accessori necessari per una corretta posa in opera, nelle quantità giuste.

**TECNASFALTI**

via dell'industria, 12 - loc. francolino 20080 Carpiano (Mi)  
 Tel. 02.9885701 • Fax 02.9885702 • [clienti@isolmant.it](mailto:clienti@isolmant.it)

[www.isolmant.it](http://www.isolmant.it)