

Back to basic

L'elemento finito Wall nella modellazione di edifici

1. Come Modellare una struttura con il FEM?

Con la "rivoluzione normativa" avvenuta nel campo della progettazione strutturale in questi ultimi tre anni, iniziata con l'introduzione dell'Ordinanza 3274/2003, le sue successive modifiche e, ad ottobre 2005, con l'entrata in vigore del D.M. 2005 (da tutti chiamato Testo Unico), la valutazione del comportamento delle strutture in campo dinamico è diventata una necessità imprescindibile praticamente in ogni situazione (sia nella progettazione del nuovo sia nella valutazione dell'esistente).

La necessità di eseguire per le strutture analisi in ambito dinamico (sia nel dominio del tempo, sia più spesso, in dominio delle frequenze) ha fatto nascere alcuni dubbi/quesiti tra gli ingegneri che per la prima volta si trovavano ad affrontare tali problemi nella pratica professionale:

Come eseguire un'analisi degli autovalori? Come vincolare la struttura al suolo? Come discretizzare le masse? Come modellare le rigidezze del diaframma di piano?

Bisogna sottolineare come l'apparente semplicità con la quale i softwares FEM permettono di modellare ogni struttura abbia portato negli ultimi anni ad una minore attenzione da parte del progettista ai problemi di modellazione, favorendo in molti casi la creazione di modelli con molti gradi di libertà al fine di rappresentare ogni dettaglio geometrico (anche quando questo non ha significato nell'analisi FEM) allo scopo di proseguire, dopo l'analisi e il design, ad una più comoda generazione automatica dei disegni delle carpenterie ed armature.

Tale considerazione ha comportato, nella generazione dei modelli FEM, ad osservare un utilizzo di elementi bidimensionali (plate/shell) anche in casi nei quali sarebbe possibile, e sicuramente molto più utile dal punto di vista del calcolo, una modellazione attraverso elementi più semplici monodimensionali (beam/truss).

L'utilizzo di elementi bidimensionali se da un lato permette di modellare facilmente (si legga senza pensare troppo al reale comportamento della struttura) pareti, platee, solette, dall'altro comporta alcuni svantaggi operativi:

- i) i risultati sono fortemente dipendenti dalla discretizzazione dell'elemento;
- ii) il comportamento membranale delle pareti viene descritto in termini di σ e $\tau \epsilon$ perdendo quindi l'utile schematizzazione dello stato tensionale descritto dai parametri di sollecitazione M, N e T.

Il fatto di dover eseguire analisi dinamiche sulle strutture, analisi per le quali ancora non si è acquisita la stessa sensibilità che si ha nelle analisi per carichi verticali, evidenzia ancora di più il problema di realizzare un modello ad EF che sia ragionato e che, soprattutto, consenta di cogliere l'effettivo comportamento strutturale dell'insieme.

In particolare diventa essenziale valutare l'efficienza del modello che si sta generando: il modello non è una rappresentazione con elementi finiti di una geometria, ma una valutazione dell'ingegnere del reale comportamento statico e dinamico della struttura. Nella realizzazione del modello dovranno essere tenute in conto valutazioni di tipo geometrico, elastico, di comportamento statico e dinamico del materiale, di comportamento dei nodi di telaio, di semplicità nell'interpretazione dei risultati numerici, etc.

2. Utilizzo dell'elemento Wall

L'elemento finito Wall è basato su una particolare formulazione sviluppata per descrivere il comportamento delle pareti di interpiano, con la duplice funzione di trasmettere i carichi verticali e di opporre una rigidezza tagliante alla deformazioni orizzontali.

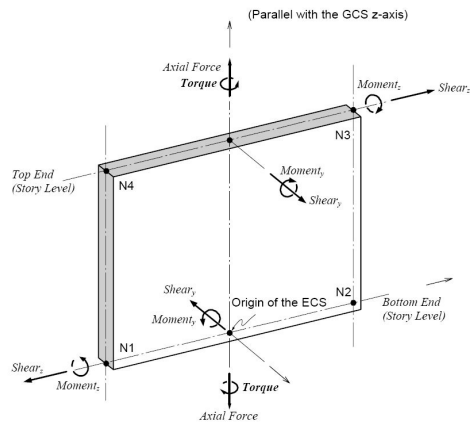
Pur essendo un elemento finito apparentemente simile a quello di un classico elemento bidimensionale a 4 nodi, la formulazione dell'elemento Wall prevede di rappresentare la risposta strutturale in termini di parametri di sollecitazione M, N, T, con notevole semplificazione delle operazioni di verifica e progetto delle sezioni della parete stessa.

L'elemento Wall prevede due varianti:

Wall Element Type 1: rigidezza nel piano e rigidezza rotazionale lungo la direzione verticale

Wall Element Type 2: rigidezza nel piano, rigidezza rotazionale lungo la direzione verticale, rigidezza flessionale fuori dal piano

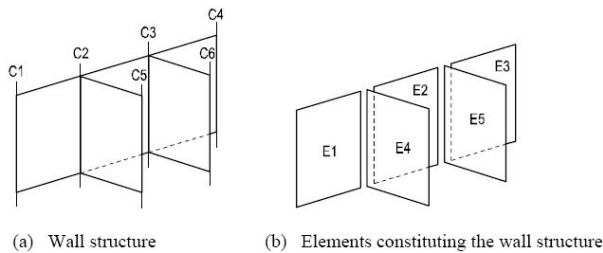
Nella Figura seguente sono indicati i parametri di sollecitazione, riferiti ad un asse che si immagina appartenente ad una colonna equivalente alla parete stessa, orientata secondo l'asse Z globale.



Elementi Wall contigui, che condividano due nodi, si comportano come un unicum strutturale, solidale ai fini della rigidezza: in tal modo si possono realizzare modelli costituiti da più elementi Wall, a rappresentare nuclei a L, U, nuclei chiusi, etc..

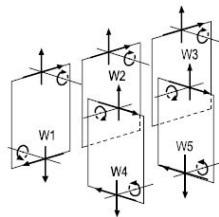
Indipendentemente da tale caratteristica (tipica degli elementi bidimensionali) è possibile ottenere le sollecitazioni composte per qualsiasi gruppo di elementi Wall: selezionando un gruppo di Wall (contigui o non) ed assegnando un ID comune, le sollecitazioni saranno riportate in maniera unitaria riferite ad un asse (lungo la direzione Z globale) individuato come baricentro dei diversi Wall, come riassunto schematicamente nella seguente Figura.

E# : Element number W# : Wall ID

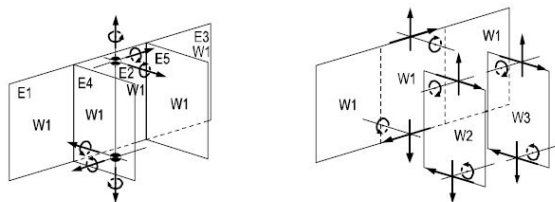


(a) Wall structure

(b) Elements constituting the wall structure



(c) Different wall IDs are assigned to each element



(d) Same wall ID is assigned to all elements

(e) W1 is assigned to Wall elements E1, E2 & E3. E4 and E5 are assigned with W2 and W3 respectively.

3. Restrizioni

L'elemento Wall è basato su una formulazione che si pone come "intermedia" tra quella specifica dell'elemento beam a due nodi e quella dell'elemento plate a 4 nodi. Si tratta quindi di un elemento finito non generalizzabile e per il quale è necessario siano rispettate alcune condizioni.

L'elemento Wall deve:

- essere di forma rettangolare, non distorta;
- collegare il Piano inferiore con il Piano superiore, senza discretizzazioni;
- essere generato con la sequenza i,j (Piano inferiore, e determina l'asse z locale) k,n (Piano superiore determinando così l'asse x locale in accordo con l'asse Z globale); l'asse y locale è determinato con la regola della mano destra;

- i 4 nodi devono giacere sullo stesso piano geometrico.

4. Il miglior modello FEM per un edificio

MIDAS/Gen, codice ad EF particolarmente adatto per supportare il progettista nella realizzazione di modelli ed analisi strutturali in presenza di sollecitazioni sismiche, offre una serie di elementi finiti e di tools specificamente sviluppate per generare ed analizzare modelli “ingegneristici” delle strutture.

Quale punto di partenza per generare un modello ad EF di un edificio da realizzare in zona sismica, si possono elencare alcune “regole” che spesso si rivelano particolarmente utili ed operative. Partendo dal presupposto che l’obiettivo è la caratterizzazione dinamica dell’edificio, in termini di forme modali, di periodi di vibrazione, così come di risposta dinamica completa, conviene realizzare un modello caratterizzato da:

- vincoli rigidi alla base (ed eventuale successivo modello separato delle fondazioni). Questa ipotesi è valida se gli spostamenti dell’edificio non interferiscono con strutture vicine);
- elementi beam per le colonne (eventualmente a sezione variabile “tapered beam”);
- elementi Wall per le pareti di taglio;
- elementi beam per travi di piano (eventualmente a sezione variabile “tapered beam”);
- elementi beam a larghezza equivalente (valutate secondo Grossmann, per esempio, e comunque eventualmente a sezione variabile “tapered beam”) per solette di piano che collaborano alla rigidezza laterale;
- carichi (pesi permanenti, propri e variabili) gestiti o mediante carichi nodali, di linea oppure mediante “floor load” a ripartizione automatica sulle travi;
- generazione delle masse per l’analisi dinamica a partire dai carichi permanenti e da quelli variabili mediante opportuni coefficienti;
- vincoli di diaframma di piano rigido (ricordando di verificare tale ipotesi o di garantirla nella pratica).

Un tale modello porta ad alcuni evidenti vantaggi:

- permette sempre una valutazione dello stato tensionale in termini dei parametri di sollecitazione M, N, T, da sempre l’ambito più confortevole per l’Ingegnere Civile e i per Codici di verifica;
- riduce i gradi di libertà totali del modello, diminuendo la possibilità di commettere errori, riducendo i tempi di elaborazione, e migliorando sensibilmente la leggibilità dei risultati e le necessarie operazioni di verifica del modello;
- consente di eseguire una analisi modale che con un numero limitato di modi di vibrare riesce a cogliere il comportamento globale della struttura coinvolgendo la maggior parte della massa;
- permette di cogliere con una certa facilità il comportamento globale della struttura in termini di ripartizione delle forze sismiche tra i vari elementi, nonché le principali caratteristiche globali del modello in termini di rigidezze di vario tipo e dei loro rapporti (rigidezza traslazionale e torsionale);
- si possono effettuare con facilità variazioni di mesh e valutazioni di sensitività;

5. Il miglior approccio all’analisi sismica

Il modello “ideale” sopra descritto è di fatto il miglior punto di partenza anche per analisi sismiche più complesse, ad esempio analisi non lineari. Tale approccio, infatti, consente agevolmente di:

- inserire smorzatori ed isolatori dinamici (i nonlinear link di MIDAS/Gen, Viscoelastic Damper, Gap, Hook, Hysteretic System, Lead Rubber Bearing Isolator, Friction Pendulum System Isolator) descritti nella loro formulazione più comoda in termini di parametri di sollecitazione M, N, T: elementi (dotati di rigidezza nonlineare) a due nodi o forze nonlineari connesse a due nodi;
- inserire modelli di plasticizzazione (isteretica e non) formulati in termini di sollecitazioni M, N, T, e relativi parametri di deformazione tipici, in MIDAS/Gen, nelle analisi elastoplastiche statiche, come l’analisi pushover, o dinamiche “nonlinear time-history”;
- inserire nelle pareti di taglio dei modelli semplificati di resistenza delle murature mediante delle cerniere plastiche con comportamenti **PMM**, **VMM**, **VP** (descritti, per esempio da Magenes, con un approccio sfruttabile dall’ingegnere, introdotte nella prossima Release 7 di MIDAS/Gen).

6. Riferimenti

MIDAS /Gen v6.7.1. Analysis Manual