

Alcuni effetti indesiderati nella modellazione FEM di edifici

Abstract

Nell'analisi FEM di edifici, la modellazione numerica non sempre riflette la realtà costruttiva, trascurando effetti come sequenza costruttiva, deformazioni differite e plasticizzazione. Soluzioni come l'aumento della rigidità assiale e la modellazione per fasi possono risolvere alcuni casi. È essenziale un approccio critico del progettista.

Marco Albareti – consulente Namirial S.p.A.

Nell'analisi strutturale mediante il metodo degli elementi finiti (FEM), è fondamentale evitare il rischio di identificare il modello di calcolo con la realtà fisica della struttura. Sebbene il modello numerico rappresenti un'utilissima approssimazione, non tiene conto di tutti gli aspetti legati al comportamento effettivo della costruzione, come le modalità di costruzione, i fenomeni di plasticizzazione, viscosità, effetti di lungo termine e dipendenze temporali.

Uno degli aspetti critici riguarda l'applicazione della forza di gravità sull'intero modello come se la struttura fosse stata realizzata completamente in assenza di peso prima di ricevere i carichi che, in realtà, vengono applicati progressivamente durante la costruzione, compensando in queste fasi le deformazioni dovute ai pesi propri e alle azioni permanenti.

Pensiamo, ad esempio, una trave in cemento armato gettata in opera ai piani alti di un edificio che subisce deformazioni per il proprio peso e deforma la struttura che la sorregge: gli stessi effetti ai piani inferiori si sono già verificati; perciò, non possono avere effetto sulla trave appena realizzata, anche se in un modello FEM della struttura completa sottoposta agli stessi carichi succede il contrario. Inoltre, in strutture a più piani, il calcolo delle deformazioni differite dovute alla viscosità del calcestruzzo assume un ruolo rilevante, modificando nel tempo il quadro tensionale e il comportamento delle connessioni strutturali. Nella realtà, il comportamento strutturale è influenzato da effetti non considerati nel modello, come quelli derivanti dalla sequenza di costruzione e dalle deformazioni differite e plastiche. Tali fenomeni portano la struttura a stabilizzarsi in un proprio equilibrio, ridistribuendo le sollecitazioni e modificando lo stato tensionale nel tempo.

Sebbene nella maggior parte dei casi gli effetti di tali discrepanze siano inessenziali, in alcune situazioni possono assumere un ruolo significativo. Ciò avviene, ad esempio, negli edifici alti dove gli elementi verticali sono soggetti a sollecitazioni differenti a seconda della loro posizione (pilastri vicini a pareti o nuclei in cemento armato) o negli edifici in cui coesistono strutture verticali di materiali diversi (cemento armato, acciaio, muratura, legno). Un caso tipico è rappresentato dalle pareti dei vani scala, che sono prevalentemente sollecitate dal peso proprio, mentre i pilastri vicini sono soggetti a tensioni, quindi a deformazioni, più elevate, con conseguenti abbassamenti differenziali. In alcuni casi, si sono osservati sforzi di

Namirial S.p.A.

Sede legale, direzione, amministrazione, sviluppo, area commerciale e assistenza
Via Caduti sul Lavoro n. 4, 60019 Senigallia (AN)
Tel. +39.071.205380
Fax +39.199.401027

Unità locale MODICA

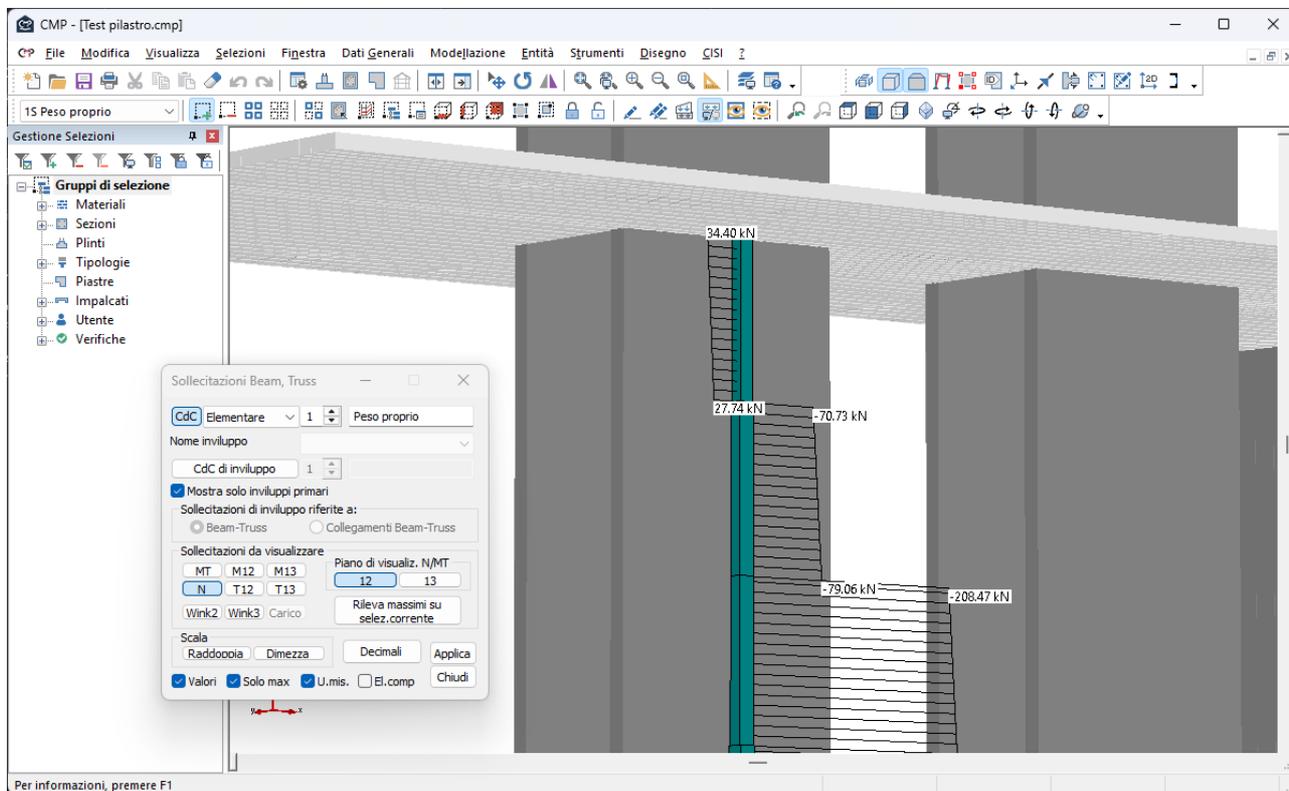
Sviluppo, area commerciale e assistenza
Via Sacro Cuore n. 114/C, 97015 Modica (RG)
Tel. +39.0932.763691
Fax +39.199.401027

Unità locale SANTA GIUSTINA

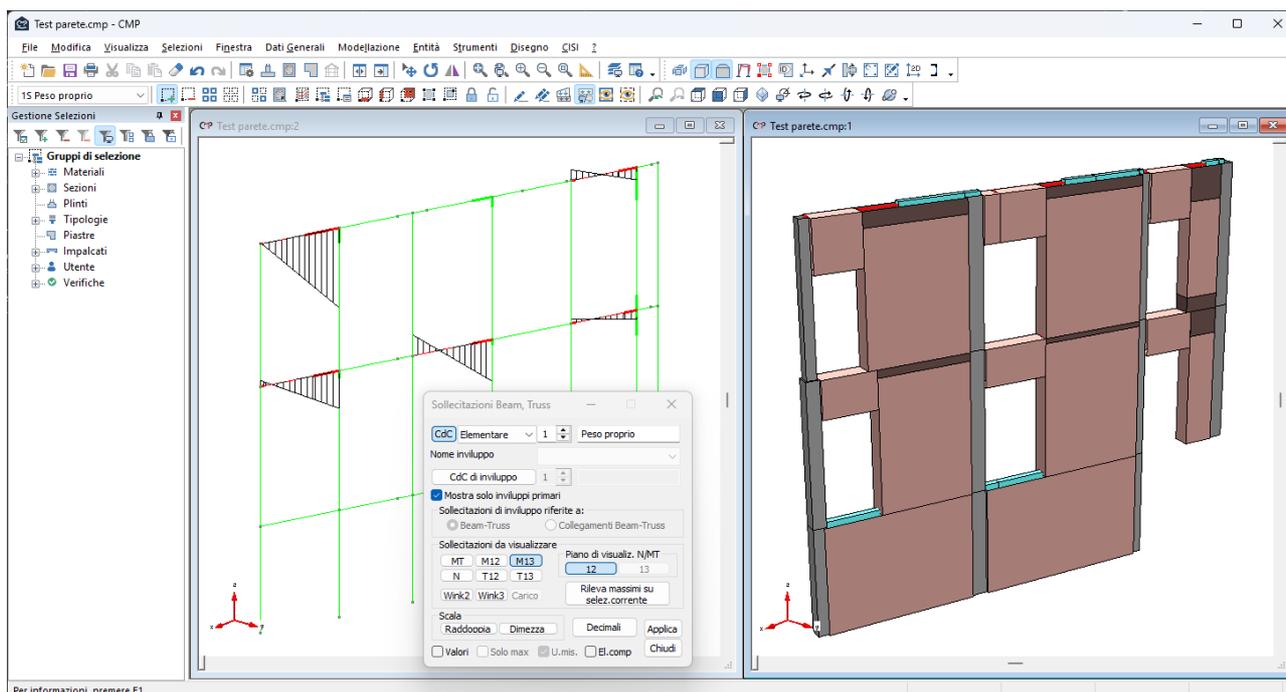
Sviluppo, commerciale e assistenza Software Strato
Via Casabellata n. 30, 32035 Santa Giustina (BL)
Tel. +39.0437.880126
Fax +39.199.401027



trazione nei pilastri agli ultimi piani di edifici alti, un fenomeno non riscontrabile nella realtà e che suggerisce possibili correzioni da apportare nella schematizzazione del modello numerico.



Esempio di colonna in trazione per effetto del peso proprio



Sollecitazioni di momento flettente anomale su architravi dovute a deformabilità assiale su ritzi di materiale differente

Possibili soluzioni

1. **Aumento della rigidità assiale dei pilastri:** quando l'interazione tra deformabilità assiale e flessionale è ridotta, come spesso accade negli edifici civili intelaiati e controventati con schemi semplici, si può intervenire aumentando la rigidità assiale dei pilastri. Questo approccio mantiene inalterata la distribuzione delle sollecitazioni trasmesse dagli elementi inflessi e riduce significativamente gli effetti indesiderati dovuti alle deformazioni degli elementi verticali. Un metodo semplice, ma efficace, consiste nell'aumentare l'area che contribuisce alla rigidità nel calcolo FEM a condizione che il software consenta questa modifica senza alterare altri parametri critici, come il peso proprio o i dati di verifica.
2. **Modellazione della costruzione per fasi:** introdurre una sequenza costruttiva nel modello FEM consente di simulare meglio il comportamento reale della struttura, tenendo conto degli effetti progressivi delle deformazioni e dei carichi applicati durante la costruzione. Questo approccio consiste nel calcolare la parte di modello che viene costruita via via, ad esempio definendo come “inesistenti” i piani superiori al primo, poi quelli superiori al secondo e così via e calcolando su ognuno di questi



modelli parziali gli effetti dei carichi permanenti, in modo che le sollecitazioni e le deformazioni di ogni fase costruttiva si verifichino solo sulla parte di struttura effettivamente esistente al momento dell'applicazione dei carichi senza effetti su ciò che verrà costruito in seguito, come, nel nostro esempio, i piani superiori. Questo metodo consente di riprodurre gli effetti delle costruzioni progressive e delle deformazioni differite nel tempo, risultando particolarmente utile per la valutazione della risposta effettiva di edifici multipiano.

3. **Combinazione delle due strategie:** In alcuni casi, una soluzione ottimale può consistere nell'integrazione di entrambe le strategie, aumentando la rigidità assiale dei pilastri in una prima fase, corrispondente alle condizioni di carico permanenti, e utilizzare la rigidità ordinaria nelle condizioni successive alla costruzione, in cui le interazioni fra deformabilità assiale e flessionale degli elementi possono diventare significative, come in caso di azioni orizzontali di breve durata come vento e sisma. Questa strategia permette di ottenere modelli numerici più accurati e realistici, riducendo l'incidenza degli errori di modellazione e garantendo un'analisi più coerente con il comportamento strutturale reale.

L'approccio di CMP Analisi Strutturale

Il [software di calcolo, progetto e verifica delle strutture](#) CMP Analisi Strutturale di Namirial consente di applicare le strategie definite ai punti precedenti: ogni proprietà statica della sezione che interviene nel calcolo FEM può essere definita a piacere dall'utente, mantenendo peso proprio e resistenza coerenti con la forma e il materiale della sezione stessa.

È inoltre possibile raggruppare le condizioni di carico elementare, tipicamente pesi propri, carichi permanenti strutturali e non strutturali, carichi verticali variabili, vento, sisma, in fasi costruttiva, ciascuna delle quali può avere un proprio schema statico, riguardo ad esempio ma non solo, a vincoli, proprietà dei materiali, delle sezioni, della cedevolezza del suolo di fondazione e di esistenza / inesistenza di elementi strutturali in una certa fase.

Namirial è costantemente al lavoro per migliorare e ampliare queste possibilità che spesso non sono considerate ma possono fare la differenza nella soluzione pragmatica di problemi progettuali.

Conclusione

L'[analisi FEM](#) è uno strumento potente per la progettazione strutturale, ma deve essere utilizzata con consapevolezza. La modellazione numerica non sempre riflette fedelmente la



realtà costruttiva e l'applicazione rigida della teoria non garantisce necessariamente risultati migliori. Il progettista deve quindi esercitare un giudizio critico, valutando l'adeguatezza del modello e considerando gli effetti di costruzione, deformazioni differite e fenomeni di lungo termine. Solo un approccio equilibrato, che integri competenza tecnica e esperienza pratica, può portare a soluzioni affidabili e sicure.