

Il patrimonio esistente in cemento armato

Articolo di Mirco Sanguin, Responsabile Building e BIM CSPFea

Il patrimonio immobiliare italiano è composto per buona parte da edifici costruiti tra gli anni '60 e '80 e la maggior parte di questi ha la struttura in cemento armato. Tuttora le tipologie strutturali più utilizzate per gli edifici nuovi, prevedono sempre l'utilizzo del cemento armato anche se rispetto al classico telaio, ultimamente anche l'utilizzo di solette piene alleggerite, combinate con pareti piene, sta avendo sempre più successo.

La verifica di un edificio esistente: cosa dice la normativa

Ricordiamoci che anche gli edifici di più recente costruzione, compresi quelli nuovi la cui struttura è completamente realizzata, sono classificati come esistenti e come tali devono essere trattati anche a livello normativo, visto che le Nuove NTC 2018 e soprattutto la relativa Circolare applicativa, ne dedicano un vasto capitolo. Insomma, gli edifici esistenti in Italia sono perlopiù in cemento armato.

La verifica di un edificio esistente è richiesta quando:

- si verifica una riduzione evidente della capacità resistente della struttura o deformazioni dovute a problemi in fondazione; danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, ecc.) o da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni);
- vengono provati gravi errori di progetto o di costruzione;
- si cambia la destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi;
- si eseguono gli interventi strutturali o esecuzione di interventi che riducano la capacità e/o ne modificano la rigidità in modo consistente;
- si realizzano opere in assenza o difformità dal titolo abitativo o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.

Quando si fa una verifica di un edificio esistente, questa difficilmente risulta soddisfatta in quanto le attuali norme sono più restrittive di quelle precedenti, secondo le quali la struttura era stata progettata. Le ultime norme hanno innalzato sia la richiesta di domanda sismica che i minimi da normativa quindi, se una struttura a suo tempo era stata costruita senza grandi margini di sicurezza, di sicuro adesso non è conforme alla normativa vigente.

General Section Design e Auto-mesh Slab Wall Design

[Midas Gen](#) permette di analizzare e verificare edifici esistenti in cemento armato sotto ogni aspetto, sia le parti del telaio che quelle bidimensionali. Permette di creare sezioni di forma qualsiasi e di inserirle nelle analisi; usando poi il modulo GSD, General Section Design, sarà possibile anche verificare tutte queste tipologie di sezioni, di forma qualsiasi e con la possibilità di scegliere il legame costitutivo che si ritiene più opportuno, tra le

diverse tipologie presenti nel database. Per le pareti, solette o platee, è possibile eseguire le verifiche con il modulo ASWD, Auto-mesh Slab Wall Design. Questo applica la teoria di Wood-Armer prevista nell'EC2 considerando le sollecitazioni flettenti fuori piano, le sollecitazioni membranali e le considera anche contemporaneamente applicando la teoria del pannello sandwich, sempre prevista dall'EC2.

Il software permette di inserire le armature manualmente oppure effettuare un progetto simulato basato sulla normativa dell'epoca per individuare le presunte delle armature. Si potrà procedere poi con la verifica della struttura secondo le norme vigenti. Midas Gen permette di verificare oltre ai classici elementi trave, pilastro, parete e piastra, anche i nodi trave-pilastro esistenti applicando la formulazione riportata nella Circolare delle NTC2018.

Livello di Conoscenza e Fattore di Confidenza

Quando si eseguono delle verifiche su strutture esistenti bisogna sempre considerare anche il Fattore di Confidenza, FC, un fattore riduttivo da applicare alla resistenza sui materiali che può assumere il valore di 1, 1.2 oppure 1.35 a seconda del Livello di Conoscenza che si ottiene. Il Livello di Conoscenza è in funzione delle informazioni che si hanno riguardanti la geometria della struttura, i dettagli costruttivi, le proprietà dei materiali, le connessioni tra i diversi elementi e loro presumibili modalità di collasso. Logicamente più basso è l'FC meno si abbatte la resistenza del materiale e di conseguenza è più facile ottenere una verifica soddisfatta. Ma non è facile arrivare ad ottenere un $FC = 1$ perché per fare ciò, oltre al fattore economico, bisogna valutare anche la fattibilità di numerosi sondaggi in quanto spesso ci si trova a lavorare su edifici abitati dove è praticamente impossibile arrivare per esempio agli estradossi delle travi senza rovinare le pavimentazioni esistenti o alle colonne senza rovinare gli intonaci o cappotti.

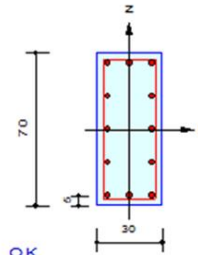
Analisi statiche o dinamiche, lineari o non lineari?

Altro fattore fondamentale per determinare l'Indice di Sicurezza di una struttura esistente, è la tipologia di analisi con la quale si vuole studiare la struttura. Si possono applicare analisi statiche o dinamiche, lineari o non lineari.

Più le analisi sono avanzate, maggiori sono le possibilità di trovare indici di sicurezza più elevati. Se si fanno le verifiche in campo lineare, l'indice di sicurezza è determinato dall'elemento più sfruttato, anche se questo non è tra gli elementi più "importanti" della struttura. Se invece si fanno le verifiche usando analisi non lineari, si possono sfruttare le iperstaticità della struttura andando a considerare il contributo degli elementi che lavorano anche oltre il loro limite elastico, considerando quindi anche il ramo plastico.

1. Design Condition

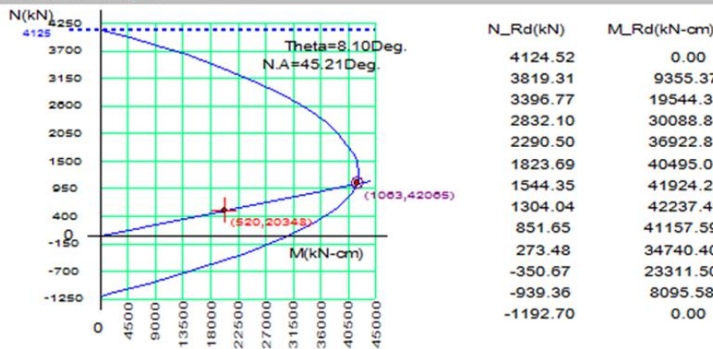
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018
 Member Number : 373 (PM), 373 (Shear)
 Material Data : $f_{ck} = 2.5$, $f_{yk} = 45$, $f_{yw} = 45 \text{ kN/cm}^2$
 Column Height : 320 cm
 Section Property : Pilastri 30x70 (No : 1)
 Rebar Pattern : 12 - 5 - P18 $A_{st} = 30.48 \text{ cm}^2$ ($R_{hst} = 0.015$)



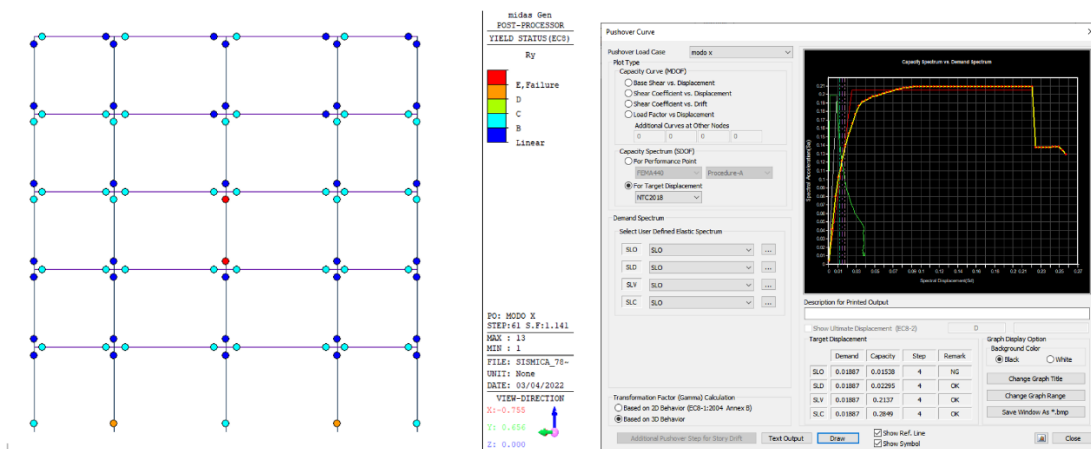
2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 35 (Pos : I)
 Concentric Max. Axial Load $N_{Rdmax} = 4124.52 \text{ kN}$
 Axial Load Ratio $N_{Ed} / N_{Rd} = 520.023 / 1062.68 = 0.489 < 1.000 \dots \text{OK}$
 Moment Ratio $M_{Ed} / M_{Rd} = 20347.7 / 42065.0 = 0.484 < 1.000 \dots \text{OK}$
 $M_{Edy} / M_{Rdy} = 20144.6 / 41645.1 = 0.484 < 1.000 \dots \text{OK}$
 $M_{Edz} / M_{Rdz} = 2867.29 / 5929.31 = 0.484 < 1.000 \dots \text{OK}$
 Normalized Axial Load Ratio $Nu_d / 0.55 = 0.175 / 0.55 = 0.318 < 1.000 \dots \text{OK}$

M-N Interaction Diagram



Quindi, per quanto riguarda le analisi, sarà possibile procedere con semplici analisi lineari, statiche o dinamiche, se si vuole procedere in maniera semplificata oppure utilizzare analisi più complesse come la pushover o la dinamica non lineare. L'analisi pushover si definisce attraverso l'uso di cerniere plastiche applicate agli elementi beam, column o wall. In queste cerniere verrà concentrata tutta la plasticità degli elementi. L'analisi pushover è un'analisi statica non lineare che ha lo scopo di studiare il comportamento della struttura una volta superato il punto di snervamento, valutando il fenomeno di danneggiamento e redistribuzione degli sforzi all'aumentare della spinta. Lo scopo è di cogliere il punto massimo oltre al quale si crea un meccanismo labile della struttura. Affinché l'edificio si presti bene a questo tipo di analisi, è necessario che il suo modo dominante non sia di tipo torsionale.

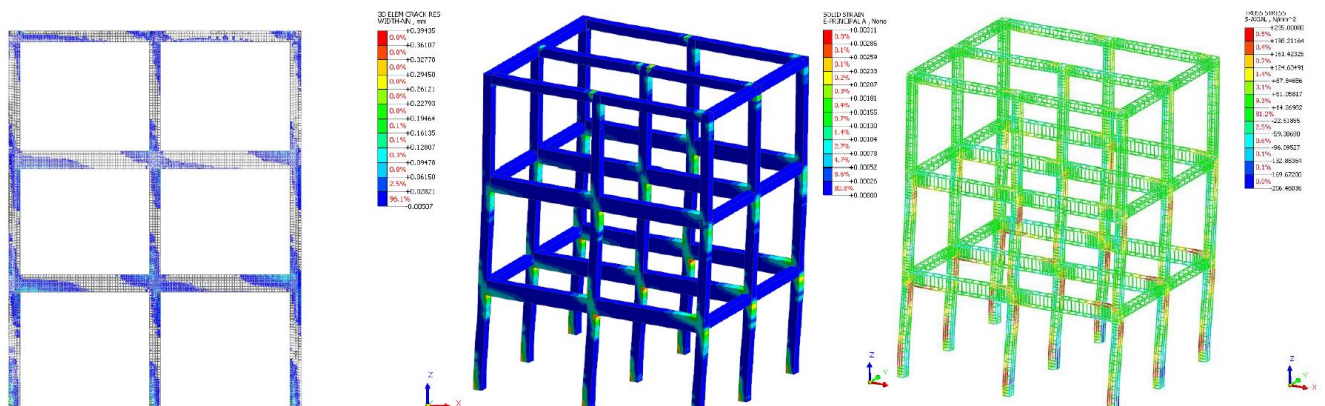
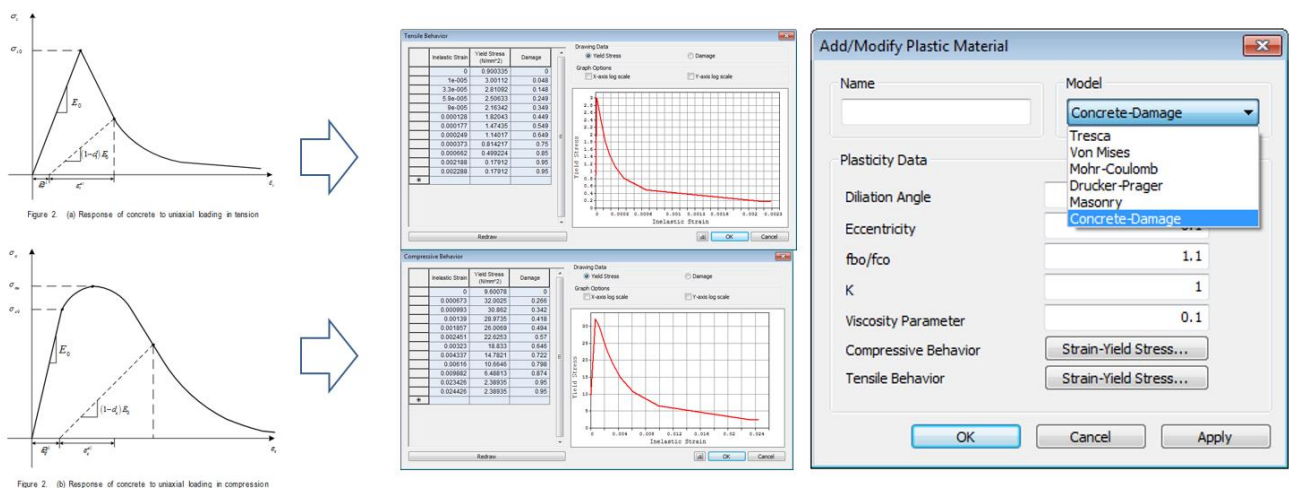


I principali vantaggi di questa analisi sono i seguenti:

- valutare i rapporti di sovreresistenza α_u/α_1 per la determinazione di q ;
- verificare l'effettiva distribuzione della domanda inelastica negli edifici progettati con il fattore di riduzione q ;

- verificare le conseguenze della perdita di resistenza di un elemento sulla stabilità dell'intera struttura;
- l'individuazione delle zone critiche dove si ha maggiore richiesta di duttilità;
- valutazione della capacità di edifici esistenti.

Oltre alle cerniere plastiche concentrate, Midas Gen dà la possibilità di definire modelli a plasticità diffusa, come il modello a fibre per elementi trave, pilastro e setti, che possono funzionare con un'analisi pushover o in dinamica non lineare. Oltre a questi, è disponibile un sofisticato modello costitutivo, il *Concrete Damage Plasticity Model*, da applicare a modelli FEM composti da elementi plate o solidi.



Un'altra analisi disponibile in Midas Gen per la valutazione di edifici esistenti è l'analisi dinamica non lineare *Time History*. Nell'analisi dinamica non lineare la risposta della struttura è calcolata integrando direttamente l'equazione non lineare del moto del sistema utilizzando un modello tridimensionale e degli accelerogrammi. L'analisi dinamica non lineare è sicuramente il tipo di analisi più completo a disposizione: permette di conoscere sollecitazioni e deformazioni degli elementi della struttura nel tempo. D'altra parte, è anche quello più complesso e la sua applicazione richiede particolare attenzione.

Due sono gli aspetti più delicati:

- l'individuazione di un modello che sia in grado di descrivere il comportamento post-elastico sotto i cicli di carico scarico e la conseguente dissipazione di energia,

- la scelta degli accelerogrammi da utilizzare come input: essi devono infatti essere rappresentativi degli eventi attesi nella zona in cui è situato l'edificio in studio.

Qualsiasi sia la scelta da parte dell'ingegnere sul metodo di analisi, con **Midas Gen** si sarà in grado di far fronte alla richiesta avendo a disposizione tutte le più sofisticate analisi numeriche necessarie per la valutazione di tutte le tipologie di strutture esistenti, non solo in cemento armato, anche di grandi dimensioni.