

SismoCell

sistemi antisismici

**Riduzione degli effetti delle irregolarità nella
risposta sismica degli edifici prefabbricati**

Riduzione degli effetti delle irregolarità nella risposta sismica degli edifici prefabbricati

Quando la costruzione è irregolare, gli effetti dell'azione sismica tendono a concentrarsi in alcuni punti della stessa con maggiori probabilità di danni o crolli. Applicare i dispositivi antisismici Sismocell in questi casi consente di ridistribuire le sollecitazioni provocate dalle scosse consentendo una migliore risposta sismica della struttura. Vediamo come.

La regolarità strutturale è uno dei principali requisiti di un edificio antisismico e la normativa tecnica ne definisce i criteri, penalizzando le strutture che presentano irregolarità e definendole soggette, a parità di condizioni, a un'azione sismica maggiore. La differenza nella risposta sismica della struttura si traduce infatti oltre che in differenti sollecitazioni sugli elementi strutturali, anche in una **concentrazione di azioni in pochi punti della struttura irregolare.**



Sisma Emilia 2012 – crollo trave prefabbricata di copertura per effetto dell'irregolarità

Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018), nei primi paragrafi del capitolo dedicato ai criteri generali di progettazione antisismica, si legge che: *“Le costruzioni devono avere, quanto più possibile, struttura iperstatica caratterizzata da regolarità in pianta e in altezza.”*

La regolarità in pianta degli edifici industriali in c.a. monopiano è essenzialmente legata al fatto che la distribuzione di masse e rigidezze deve essere approssimativamente simmetrica rispetto alle due direzioni ortogonali dell'edificio.

Le **irregolarità nella struttura** possono essere indotte da molteplici cause, come:

- presenza di tamponamenti interni e/o esterni disposti nella larghezza dei pilastri e distribuiti in modo irregolare;
- presenza di porzioni di edificio con soppalchi pesanti;
- presenza di porzioni di edificio più rigide collegate alla struttura, generalmente zone uffici, ecc.

L'effetto degli elementi che provocano l'irregolarità può essere differente al crescere dell'azione sismica. A seconda dell'intensità del terremoto, i tamponamenti che irrigidiscono la struttura possono essere soggetti a ribaltamento fuori piano e quindi variare la propria configurazione durante il sisma.

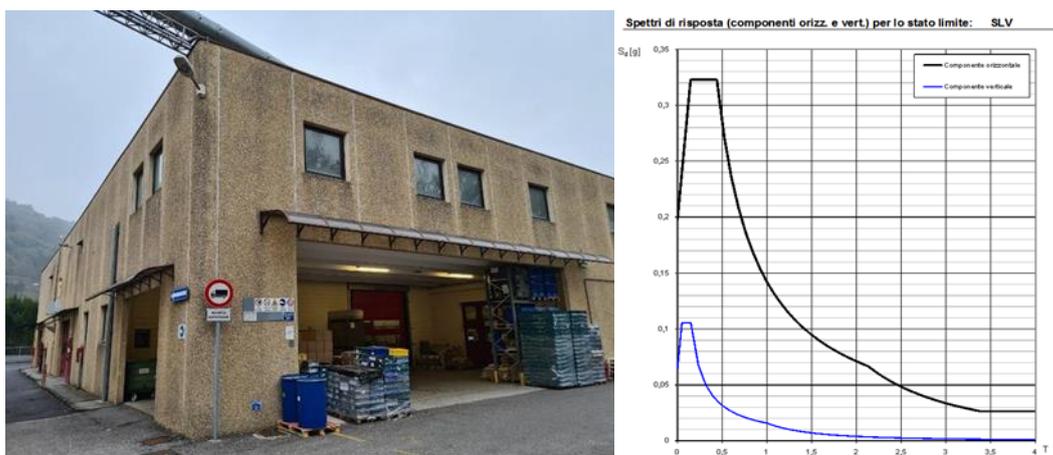
Sempre le NTC 2018, nel capitolo dedicato alle costruzioni esistenti, al paragrafo che riguarda i criteri di intervento, indica che dovranno essere curati gli aspetti relativi alla: *“riduzione delle condizioni (anche legate alla presenza di elementi non strutturali), che determinano situazioni di forte irregolarità (sia planimetrica sia altimetrica, degli edifici, in termini di massa, resistenza e/o rigidità)”*.

Viene quindi indicato che la regolarità strutturale è sicuramente uno degli aspetti principali da considerare negli interventi di miglioramento sismico delle strutture esistenti.

Caso pratico degli effetti delle irregolarità: confronto tra sollecitazioni

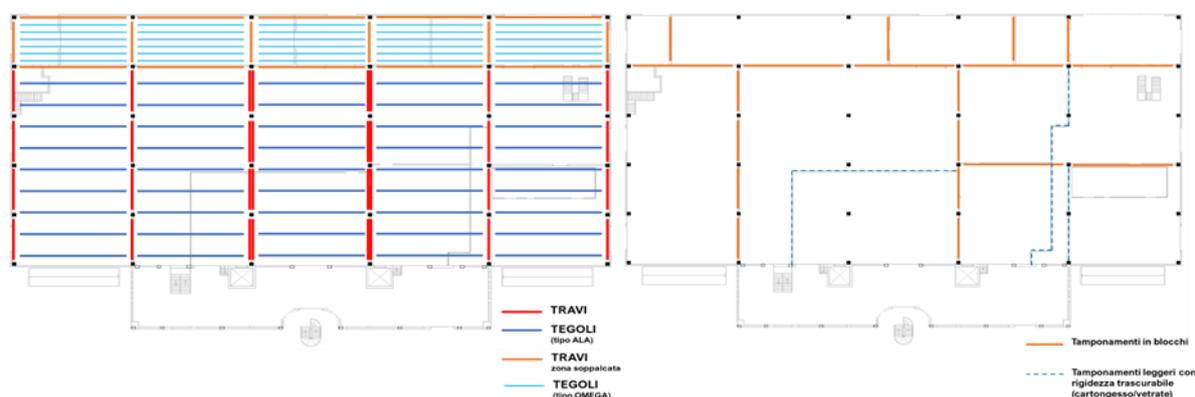
L'effetto della presenza di irregolarità nelle strutture prefabbricate è stato oggetto di valutazione in differenti casi concreti attraverso modellazioni numeriche. In tutte le situazioni analizzate è riscontrabile **il doppio effetto prodotto dalle irregolarità: incremento delle sollecitazioni e concentrazione dei valori massimi in poche posizioni**.

Di seguito un esempio reale con modelli numerici che evidenzia le differenze nella distribuzione di sollecitazioni negli elementi strutturali, nel caso di presenza di irregolarità in pianta o meno, in una struttura prefabbricata. Il confronto riguarda gli effetti di un sisma, in una zona a media intensità sismica, sul capannone esistente con le irregolarità in pianta e la stessa struttura in una situazione ideale, senza irregolarità.



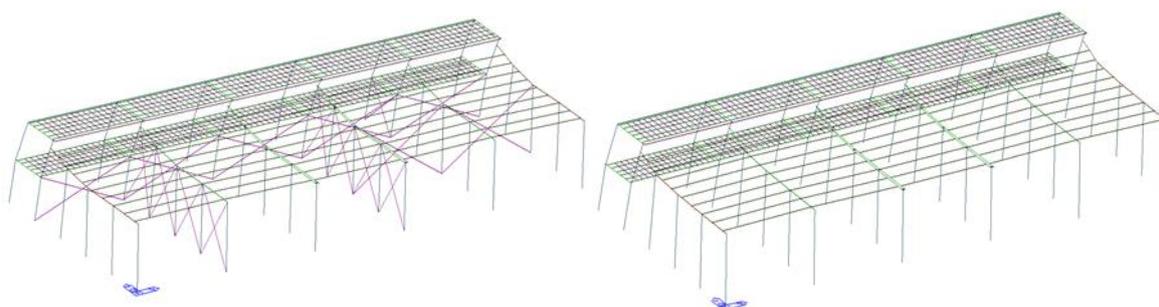
Capannone prefabbricato esistente e spettro sismico di sito

L'edificio in oggetto presenta una palazzina uffici sul fronte separata da un giunto dal resto del capannone e una parte a doppio livello su di un lato. I pannelli di tamponamento sono disposti su tutto il perimetro dell'edificio e sono posizionati esternamente rispetto al filo dei pilastri. Le principali irregolarità sono dovute alla presenza di tamponamenti interni in blocchi di calcestruzzo distribuiti in modo irregolare all'interno dell'edificio. A seguire le piante degli elementi strutturali in copertura e la distribuzione dei tamponamenti interni.



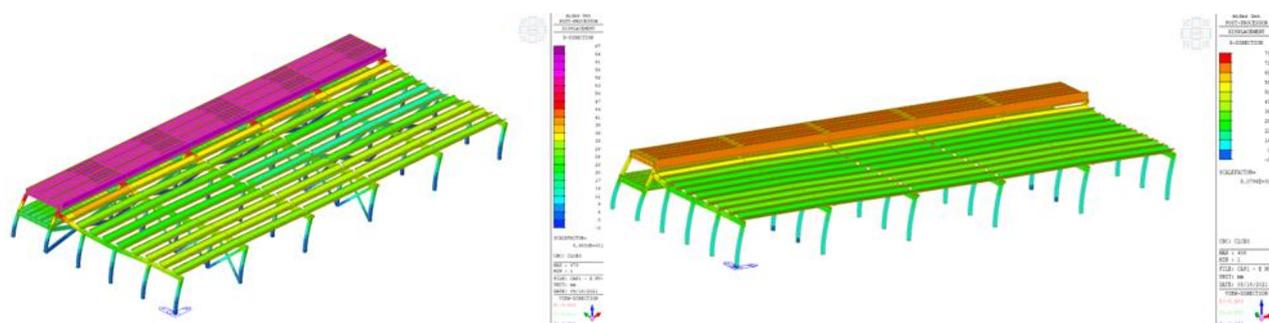
Piante degli elementi strutturali in copertura (sinistra) e distribuzione dei tamponamenti interni (destra)

La struttura prefabbricata in oggetto è irregolare, ma con l'aiuto di modellazioni numeriche è possibile operare un **confronto tra situazione reale e situazione ideale (regolare)**. Modellando la struttura con un software FEM, il primo confronto possibile tra una struttura con tamponamenti e una senza, può essere fatto in termini di **periodi propri di vibrazione**. Il primo periodo proprio nei due casi mobilita all'incirca la stessa massa strutturale (70%) ma con frequenze differenti di circa il 20%.



Primo modo di vibrare della struttura irregolare (1,27 sec - 67% massa) (sinistra) e regolare (1,55 sec - 70% massa) (destra)

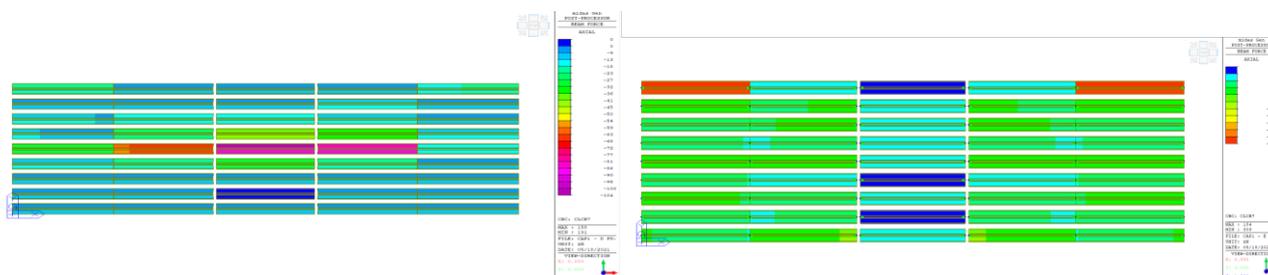
Il primo effetto dovuto alla presenza o meno di tamponamenti che generano irregolarità nella struttura, si traduce in **differenti spostamenti causati dall'azione sismica**. Nel caso di assenza di irregolarità, nel caso specifico, gli spostamenti risultano maggiori di circa il 18%.



Confronto degli spostamenti in presenza di irregolarità (sinistra) e senza irregolarità (destra)

Per quantificare le azioni sui collegamenti trave-pilastro e tegolo-trave (solitamente i primi interventi di messa in sicurezza sismica da realizzare nelle strutture prefabbricate non dimensionate per l'azione sismica), risulta utile valutare come variano le sollecitazioni assiali negli elementi di copertura.

La differenza nella risposta sismica della struttura si traduce in **differenti sollecitazioni sugli elementi di copertura**, molto maggiori nell'ipotesi di collegamenti rigidi. Le sollecitazioni assiali massime sui tegoli nella configurazione irregolare risultano pari a circa 100 kN, mentre nella configurazione priva di irregolarità le sollecitazioni massime arrivano a circa 21 kN.



Confronto delle sollecitazioni nei tegoli in presenza di irregolarità (sinistra) e senza irregolarità (destra)

Lo stesso confronto è esteso alle travi dove nella condizione con irregolarità le sollecitazioni assiali massime risultano pari a circa 450 kN, mentre nel caso di edificio regolare le sollecitazioni massime sono limitate a circa 140 kN.



Confronto delle sollecitazioni nelle travi in presenza di irregolarità (sinistra) e senza irregolarità (destra)

Risulta quindi evidente come in presenza di irregolarità strutturali, per effetto dell'azione sismica, si generano, **sulle connessioni rigide realizzate con elementi metallici, delle sollecitazioni che difficilmente possono essere assorbite da carpenteria e ancoraggi post-installati**. In aggiunta, qualora i collegamenti fossero sufficientemente resistenti alle azioni sismiche, si verifica che la sollecitazione trasmessa sui pilastri risulterebbe ampiamente superiore alla resistenza di questi ultimi. Quindi, con la realizzazione dei soli collegamenti rigidi in una struttura irregolare, non si consegue in tal senso un beneficio da un punto di vista sismico. Al contrario, **collegamenti rigidi causano un incremento di sollecitazione sismica sulla struttura**.

Regolarizzazione del comportamento strutturale con dispositivi a fusibile dissipativo

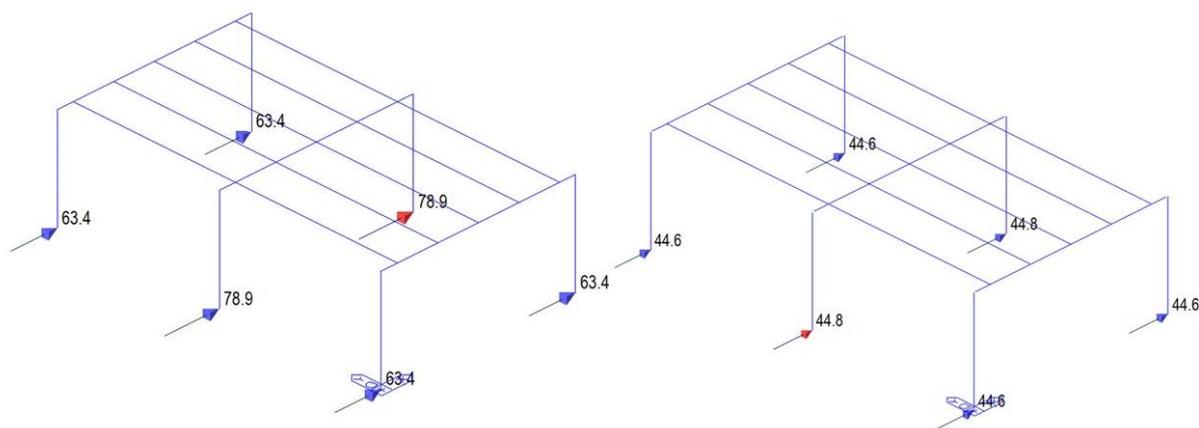
Per regolarizzare la struttura una possibile soluzione teorica può ovviamente essere quella di rimuovere tutte le tamponature interferenti. La soluzione è nella maggior parte dei casi nella pratica improponibile perché le partizioni generalmente in questa tipologia di edifici individuano ambienti con differente destinazione d'uso e spesso anche compartimentazioni antincendio.



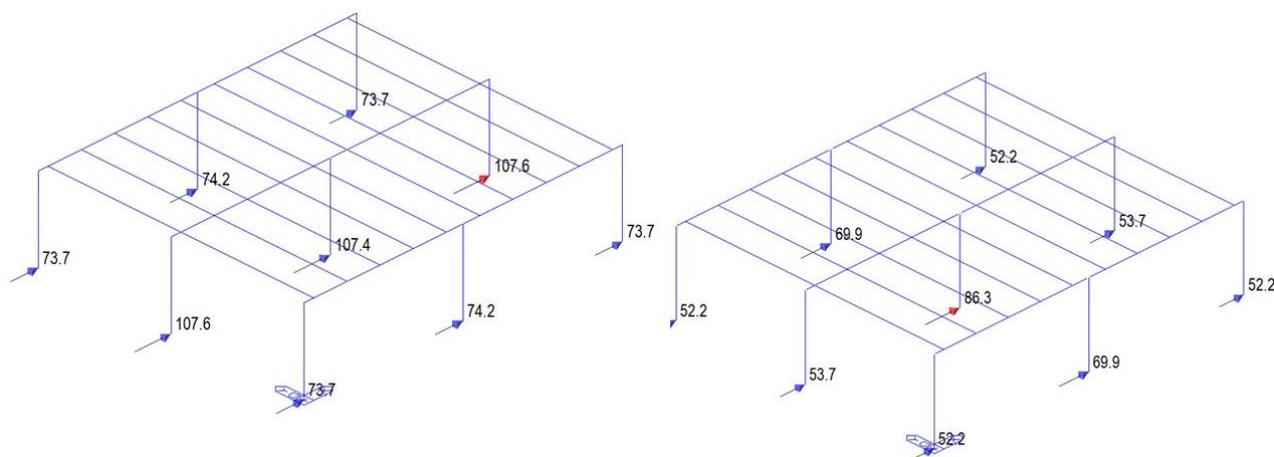
Tamponamento che realizza una compartimentazione antincendio, interferente con la struttura.

Un'alternativa per la regolarizzazione del comportamento strutturale è l'impiego di **dispositivi a fusibile dissipativo Sismocell**. I dispositivi sono pensati per consentire lo spostamento reciproco degli elementi collegati al raggiungimento della soglia di attivazione, caratteristica della specifica taglia impiegata. La forza trasmessa dal dispositivo rimane pressoché costante fino al raggiungimento del fine corsa. Questa peculiarità dei **dispositivi Sismocell** consente di **ridurre le sollecitazioni che si concentrano in pochi punti sulla struttura irregolare**.

L'effetto di **“ridistribuzione” delle sollecitazioni dei dispositivi** Sismocell, con conseguente regolarizzazione del comportamento strutturale, è stato verificato anche con modellazioni numeriche non lineari. La modellazione dei dispositivi è stata realizzata considerando due differenti tipologie di capannone industriale, a singola campata e a doppia campata. In entrambi i casi, le sollecitazioni indotte dall'azione sismica, in assenza di dispositivi, sono più elevate nei pilastri centrali dove si scarica maggiore massa sismica. Con l'inserimento dei dispositivi si verifica, oltre alla riduzione del taglio totale alla base dei pilastri, una ridistribuzione con **riduzione del taglio nei pilastri centrali**.



Confronto taglio alla base in dir. X con collegamenti a cerniera (sinistra) e con dispositivi Sismocell (destra) in modelli a singola campata



Confronto taglio alla base in dir. X con collegamenti a cerniera (sinistra) e con dispositivi SismoCell (destra) in modelli a doppia campata

L'inserimento di **dispositivi a fusibile dissipativo SismoCell** migliora il comportamento sismico delle strutture, anche in assenza di irregolarità. Questi, consentono di ridistribuire le sollecitazioni tra gli elementi strutturali, riducendole e rendendole più uniformi. Questo effetto è evidente nei grafici riportati sopra, che mostrano come la **sollecitazione di taglio alla base dei pilastri**, in presenza di dispositivi, sia **ridotta e distribuita in modo uniforme**.

In presenza di irregolarità, come tamponamenti o altri elementi irrigidenti la struttura, l'effetto di regolarizzazione è ulteriormente amplificato. Questo perché i dispositivi limitano la forza trasmessa ai punti di maggiore sollecitazione, riducendo la probabilità che la struttura subisca danni in caso di evento sismico.