

Emilia 2012

Gli eventi sismici del 2012 in Emilia hanno rappresentato un punto di svolta nella percezione del rischio sismico italiano:

1. La **zona colpita** era considerata, anche a livello normativo, a **media sismicità**, per cui il rischio sismico prima del 2012 era ritenuto marginale;
2. La zona colpita era ad **alta densità industriale**, con livelli tecnologici spesso di eccellenza;
3. La tipologia di **sollecitazione sismica è risultata particolarmente punitiva** per alcune tipologie costruttive, soprattutto in prossimità della zona epicentrale; la presenza di significative accelerazioni verso l'alto (in zone localizzate, in ragione della scarsa profondità della sorgente sismica) ha **inibito la resistenza attritiva** che spesso rappresenta una risorsa fondamentale per determinate tipologie di strutture;
4. Gli **eventi** si sono manifestati **in un periodo di transizione normativa**, con la coesistenza di strutture realizzate secondo concezioni di ingegneria sismica varie, più o meno moderne.

Da un punto di vista sociale, il primo punto è risultato come quello che ha maggiormente colpito l'opinione pubblica, perché un rischio spesso considerato remoto si è improvvisamente manifestato laddove si riteneva non sussistesse un vero pericolo. I principali eventi degli ultimi secoli, sicuramente risultati in bilanci molto più gravi, erano tuttavia localizzati in zone in cui la gente era conscia del rischio incombente, grazie alla memoria sismica delle generazioni precedenti.

Dal punto di vista delle strutture industriali, gli altri tre punti sono risultati particolarmente significativi.

Per molte realtà industriali emiliane, il terremoto ha significato perdita di vite umane, fermo di produzione, perdita di impianti, di clienti, di commesse, di competitività. Alla luce delle analisi condotte a posteriori, correggendo con interventi non troppo invasivi e costosi i noti difetti insiti nelle strutture prefabbricate realizzate prima dell'entrata in vigore delle normative moderne (Ordinanza 3274 del 2003, Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008), il bilancio del terremoto avrebbe potuto essere molto meno tragico.

La lezione dell'Emilia

Fino alla fine degli anni '80, ma anche durante gli anni '90, in zone ritenute non sismiche **era possibile "assemblare" le strutture prefabbricate** semplicemente appoggiando gli elementi (tegoli su travi, travi su pilastri, ecc.) l'uno sull'altro, senza presidi meccanici, affidando la resistenza ai carichi laterali al solo attrito. Anche la stabilità fuori piano di elementi primari, quali tipicamente le travi a doppia pendenza, doveva essere garantita solo a fronte di sollecitazioni di calcolo modeste, non paragonabili alle sollecitazioni indotte dal sisma anche in zone a media sismicità.



In Emilia si sono sommati gli effetti di terremoti superficiali (sollecitazioni di tipo *near fault*) e di difetti costruttivi intrinseci nelle strutture

IL RISCHIO SISMICO: CAUSE E CONSEGUENZE

prefabbricate, in una regione ad alta intensità industriale. Nelle zone epicentrali le componenti di accelerazione verticale, che a causa dell'amplificazione spettrale sono risultate prossime all'accelerazione di gravità per molte strutture, hanno di fatto inibito le forze attrittive che legavano le coperture, spesso realizzate con vincoli di semplice appoggio.

Senza il contributo "legante" attrittivo, i vari elementi strutturali non sono stati in grado di sviluppare un comportamento d'insieme unitario, di fatto potendo risultare in un moto non uniforme dei pilastri: la conseguente perdita di appoggio degli elementi di copertura ha portato, nei casi estremi, al collasso parziale o completo delle strutture.



Problemi analoghi si sono manifestati nei pannelli di tamponamento delle strutture prefabbricate, spesso collegati alla struttura portante principale mediante vincoli attrittivi o anchor channel, non progettati per reggere sollecitazioni ortogonali al proprio piano.



Anche il problema delle scaffalature e dei relativi carichi portati non è risultato secondario, ed è probabilmente la sorgente di rischio sismico più immediato per le utenze.



Alla luce di ciò, appare evidente come gran parte dei danni non si sia manifestata primariamente nelle strutture portanti (pilastri, fondazioni, travi), ma per effetto della carenza di collegamenti meccanici tra i vari elementi delle coperture o in elementi considerati secondari, quali i tamponamenti o le scaffalature.

In sintesi, la principale causa di risposte sismiche inadeguate in edifici prefabbricati è da ricercare nella **MANCANZA O INADEGUATEZZA DEI COLLEGAMENTI**:

- **Mancanza di collegamento** tra travi e pilastri ed elementi di copertura;
- **Mancanza di collegamento** tra i plinti di fondazione;
- **Vincoli privi di duttilità** oppure che non consentono spostamenti relativi;
- **Vincoli dotati di eccessiva rigidità**, non compatibili con le richieste di spostamento.

Infine va ricordato che la risposta di una struttura alle sollecitazioni di natura sismica è frutto sì delle **caratteristiche intrinseche del terremoto** (tipologia di onde, profondità, accelerazione, velocità, durata, ecc.) ma anche delle proprietà dinamiche della struttura investita dall'evento

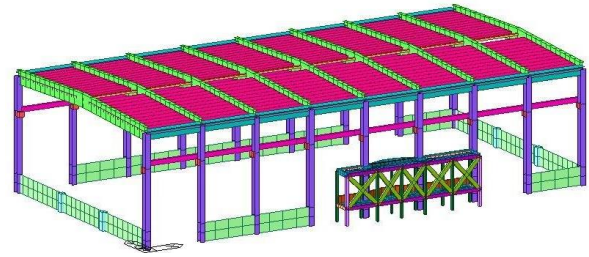
sismico. L'interazione tra struttura e suolo dipende poi anche dalla **configurazione geologica e geomorfologia del terreno** su cui è sita la costruzione in analisi: le informazioni che definiscono un terremoto fanno infatti riferimento allo scuotimento relativo al suolo rigido e la presenza di particolari configurazioni geometriche e materiali del sottosuolo possono determinare **pericolosi effetti locali di amplificazione delle sollecitazioni** che in taluni casi possono portare a comportamenti del tutto inaspettati. Il ruolo giocato dagli **effetti di sito** è quindi tutt'altro che trascurabile così come anche recentemente confermato dall'esperienza maturata in Emilia dove le caratteristiche del sottosuolo hanno determinato un'alterazione della forma dell'onda sismica tale da sollecitare maggiormente gli edifici meno rigidi quali appunto campanili ed edifici industriali.

Come intervenire

In questo passaggio dell'iter decisionale subentra la necessità di conoscere la struttura e le sue vulnerabilità specifiche, al fine di trovare un **equilibrio tra prestazione accettabile in caso di sisma e sostenibilità dei costi**.

Un'analisi di vulnerabilità di dettaglio correttamente eseguita consente di:

- **Individuare** le principali **criticità**;
- **Associare ad ogni vulnerabilità un indice sintetico numerico**, che correli la domanda sismica con la capacità dell'elemento;
- **Definire gli interventi necessari a ad eliminare le vulnerabilità riscontrate**;
- **Definire il grado sicurezza ottenibile in seguito a varie configurazioni di intervento, e i relativi costi**.



La normativa prevede tre tipologie di intervento: locale, di miglioramento o di adeguamento sismico; di seguito si pone l'attenzione sugli ultimi due. Gli interventi di **miglioramento sismico** sono quelli per i quali si migliora genericamente il comportamento della struttura da un punto di vista sismico; quelli di **adeguamento** portano invece la capacità resistente della struttura ad un livello pari a quello richiesto a edifici di nuova costruzione.

L'adeguamento prevede lavorazioni diffuse, spesso anche su pilastri e fondazioni, che nella maggior parte dei casi comportano costi eccessivi, oltre a pesanti interferenze con l'attività produttiva.

Il miglioramento sismico risulta essere una possibilità più accessibile di intervento, spesso compatibile con la normale attività produttiva, a patto che il livello di sicurezza sismico raggiunto sia accettabile.

In generale, una capacità sismica superiore al **65-70%** della richiesta sismica (prestazione che una struttura analoga a quella esistente analizzata, e nella medesima località, ma nuova, dovrebbe soddisfare) **rappresenta una sufficiente garanzia di prestazione accettabile** sotto la maggior parte dei terremoti.

La nuova versione delle NTC18, entrata in vigore il 22 Marzo 2018, indica che una struttura esistente con un indice di vulnerabilità sismica superiore all'80% può essere considerata adeguata.