

# Sisma Emilia-Romagna

MAGGIO 2012



Il 20 e 29 maggio 2012 due eventi sismici hanno colpito l'Emilia Romagna ed, in particolare, decine di città della parte settentrionale della regione, che costituisce uno dei centri più industrializzati del territorio nazionale. Le conseguenze di questi due eventi sono significative: 27 decessi, circa 400 feriti, 15000 sfollati, gravi danni strutturali, tra cui quelli diffusi alle strutture prefabbricate.

Gli eventi sismici hanno messo in luce le vulnerabilità degli edifici prefabbricati industriali, in quanto la maggior parte di essi sono stati costruiti prima dell'entrata in vigore delle recenti normative antisismiche e presentano carenze costruttive principalmente legate al trasferimento delle sollecitazioni orizzontali tra elementi strutturali. Spesso le connessioni tra travi e pilastri e tra elementi di copertura prefabbricati e travi sono state affidate all'attrito o a collegamenti spinottati non progettati con criteri anti-sismici.

Tali tipologie di connessione, o assenza di connessione, hanno provocato la perdita dell'appoggio e il conseguente crollo degli elementi strutturali.

Nel seguito vengono riportate alcune immagini dei danni subiti dalle strutture prefabbricate a seguito del terremoto del maggio 2012.



# AD

Ing. ALBERTO DOLCINO  
STRUCTURAL ENGINEERING

## STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA DELLE STRUTTURE PREFABBRICATE ESISTENTI

ANALISI STRUTTURALE  
E TIPOLOGIE DI INTERVENTO

# AD

Ing. ALBERTO DOLCINO  
STRUCTURAL ENGINEERING

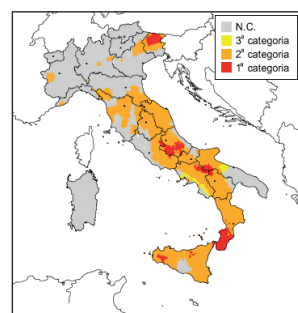
Loc. Brovotto Sup. 21 ■ 15060 Castelletto d'Orba ■ AL  
cell. 339 6315216 ■ alberto.dolcino@gmail.com ■ alberto.dolcino@pec.it  
www.ad-ingegneria.it  
p.iva: 02379210061 ■ cf: DLC LRT 86D29 F965F

[www.ad-ingegneria.it](http://www.ad-ingegneria.it)

# Quadro normativo

Le strutture prefabbricate hanno trovato largo impiego in tutto il territorio italiano, soprattutto in ambito industriale, grazie alla rapidità di costruzione, alla copertura di grandi luci con elementi precompressi e al migliore controllo dei materiali e degli elementi strutturali rispetto alle tradizionali strutture in cemento armato gettato in opera. La tipologia strutturale tipica è costituita principalmente da pilastri isostatici a tutta altezza inseriti in plinti a pozzetto o connessi alla fondazione tramite connettori metallici o l'inserimento delle chiamate della fondazione all'interno di tubi in acciaio corrugato nei pilastri successivamente riempiti con malte a basso ritiro.

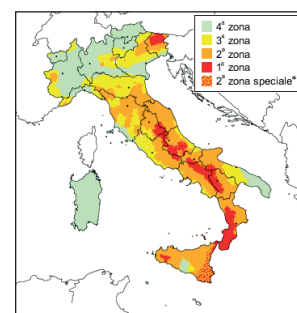
I collegamenti tra trave e pilastro e tra elementi di copertura e trave sono costituiti da connessioni spinottate. Il conseguente schema statico utilizzato in fase di progettazione è quindi costituito da telaio con incastro alla base del pilastro e collegamenti incernierati tra i restanti elementi strutturali. Sebbene le attuali norme tecniche per le costruzioni (D.M. 2008) prevedano l'utilizzo di connessioni meccaniche fra gli elementi strutturali prefabbricati, tuttavia tale obbligo sussiste in zona sismica dal D.M. 1987 e un'aggiornata zonazione sismica del territorio italiano risale all'O.P.C.M. 2004. Sono pertanto presenti numerosi edifici industriali sul territorio italiano in cui le connessioni trave-pilastro e trave-elementi di solaio sono affidate al solo attrito, sia perché costruiti prima del 1987 sia perché progettati senza considerare l'azione sismica. È stata proprio l'assenza o il sottodimensionamento delle connessioni tra gli elementi strutturali a provocare i danni maggiori agli edifici industriali nella sequenza sismica del maggio 2012 che ha colpito l'Emilia Romagna, poiché l'incapacità di trasferire le sollecitazioni orizzontali tra gli elementi strutturali ha causato la perdita di appoggio degli stessi e di conseguenza il loro crollo.



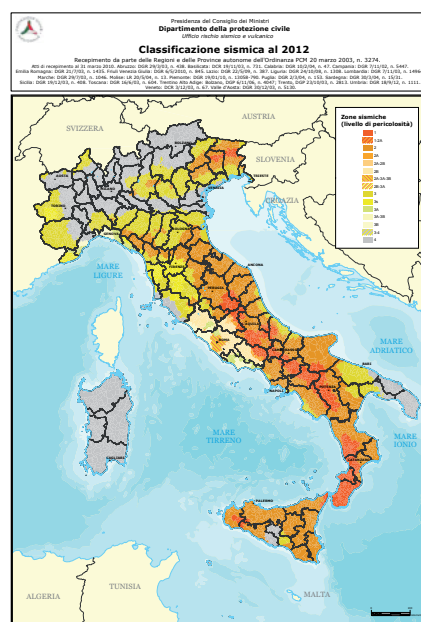
Mapa di classificazione sismica - 1984



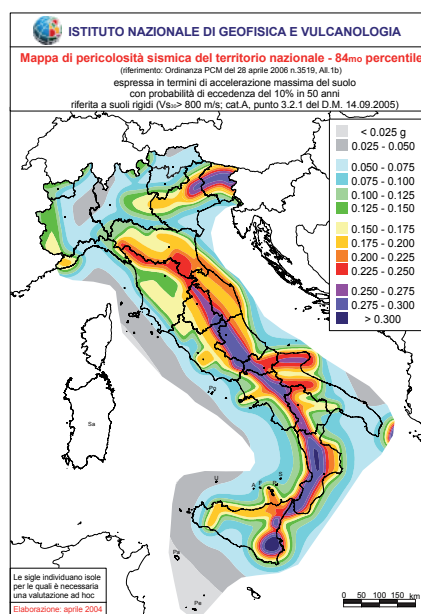
Proposta di classificazione sismica - 1998



Mapa delle zone sismiche O.P.C.M. 3274/2003



Classificazione sismica al 2012



Accelerazioni massime attese al suolo (OPCM 3519 del 28 aprile 2006)

# Studio di vulnerabilità sismica

Per la valutazione della sicurezza occorre realizzare un modello globale agli elementi finiti mediante apposito software, in modo tale da poter determinare, in base ai risultati delle analisi effettuate sul modello, il tipo di intervento. Il modello per la valutazione della sicurezza dovrà essere definito in relazione al comportamento strutturale attendibile della costruzione, tenendo conto delle indicazioni sotto riportati:

## Rilievo Geometrico-Strutturale

Il rilievo si compone di un insieme di procedure relazionate e mirate alla conoscenza della geometria esterna delle strutture e dei dettagli costruttivi. Tutti i singoli elementi costruttivi costituenti il fabbricato vengono rilevati, in termini di posizione e di geometria. La rappresentazione dei risultati del rilievo dovrà essere effettuata attraverso piante, prospetti e sezioni, oltre che con particolari costruttivi di dettaglio. Il rilievo comporta anche il rilevamento delle barre di armatura mediante il pacometro, strumento specifico per tale indagine. Questa fase consente di poter

determinare l'esatta posizione delle barre sia sulle travi che sui pilastri in previsione di realizzare fori per installare piastre metalliche.

## Caratterizzazione meccanica dei materiali

Per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si basa su documentazione già disponibile, su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali non invasive.

## Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

In base agli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive saranno individuati i "livelli di conoscenza" dei diversi parametri coinvolti nel modello, e definiti i correlati fattori di confidenza, da utilizzare come ulteriori coefficienti parziali di sicurezza che tengono conto delle carenze nella conoscenza dei parametri del modello.

## Azioni

I valori delle azioni e le loro combinazioni da considerare nel calcolo, sono quelle definite dalla NTC 2008

## TIPOLOGIE DI INTERVENTO

Gli interventi, volti alla riduzione della vulnerabilità sismica possono essere classificati in base alle seguenti categorie:

- Interventi di adeguamento atti a conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle NTC 2008;
- Interventi di miglioramento atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle NTC 2008;
- Riparazioni o interventi locali che interessino elementi isolati, e che comunque comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.

Le parti strutturali oggetto di intervento volte alla riduzione del rischio sismico, riguardano:

### Collegamento tegolo di copertura-trave principale

Esso può essere effettuato utilizzando delle squadrette metalliche (vincolo bilatero) oppure utilizzando dei cavetti in acciaio (vincolo monolatero)

### Collegamento trave principale-pilastro

Esso può essere realizzato mediante l'inserimento di sistemi di dissipazione energetica in modo da ridurre le sollecitazioni sugli elementi strutturali. I dispositivi di dissipazione possono essere oleodinamici, a celle con fibre di carbonio o meccanici con molle a tazza precomprese.

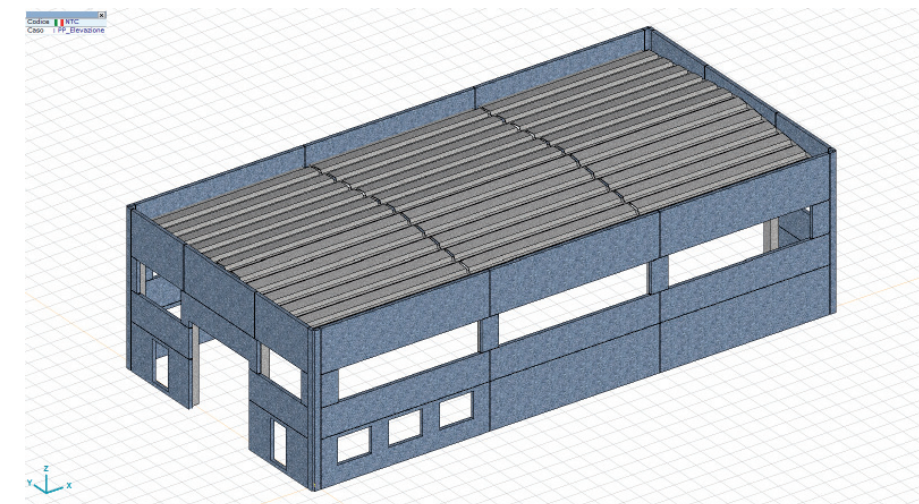
### Collegamento pannelli di tamponamento-struttura portante

Per evitare la caduta dei pannelli prefabbricati di chiusura orizzontali e verticali si possono aggiungere delle connessioni che entrano in funzione alla rottura dei collegamenti esistenti. Tali connessioni devono essere in grado di incassare gli spostamenti relativi, indotti dal sisma, tra i pannelli e gli elementi strutturali. Si possono utilizzare squadrette metalliche con fori con asolatura orizzontale, oppure cavetti in acciaio.

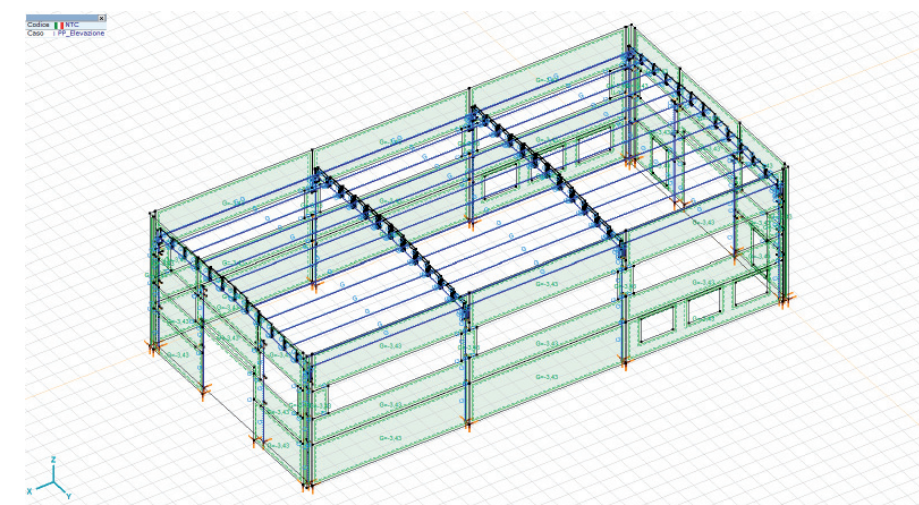
### Rinforzo alla base del pilastro

Il rinforzo può avvenire mediante il collegamento della base dei pilastri al pavimento industriale per mitigare gli spostamenti relativi delle fondazioni. Per aumentare la resistenza a flessione e/o a taglio alla base può essere realizzata una fasciatura del pilastro con materiale polimerico fibrorinforzato (FRP); inserire degli angolari e calastrelli in acciaio; incamicatura con calcestruzzo armato tradizionale o con calcestruzzo fibrorinforzato ad alte prestazioni (HPFRC)

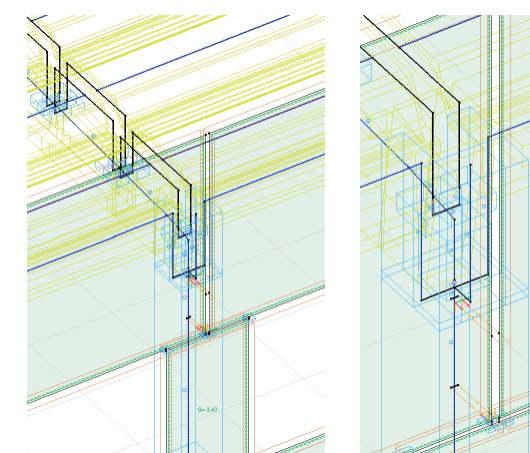
# degli edifici prefabbricati



Vista 3D del modello solido agli elementi finiti



Vista 3D del modello unifilare agli elementi finiti



Particolari della modellazione della struttura prefabbricata

Le parti inserite negli elementi strutturali al fine di ridurre la vulnerabilità sismica della struttura prefabbricata globale, saranno progettati e verificati in base alle normative vigenti. Nello specifico saranno progettate e verificate:

- dispositivi di dissipazione
- piastre di ancoraggio
- ancoranti ad espansione ad alte prestazioni
- cavi in acciaio
- tutte le parti accessorie