

## Anticipazioni

### Procedure per la PREdefinizione del rischio

Ecco una scaletta per cercare di comprendere il livello di rischio senza effettuare una analisi tecnica sugli edifici.

- 1) Per edifici PROGETTATI **dopo il 2008** dovrebbe esserci corrispondenza tra normativa e realizzazione, per cui rischio potenzialmente BASSO, salvo nelle zone classificate 1 (almeno SEVERE, senza RED FLAG);
- 2) Per edifici PROGETTATI **dopo il 2003**, potrebbe non esserci completa corrispondenza tra normativa ed edificio, per cui si può adottare la seguente scala di rischio:

Zona	Prefabbricato	Gettato in opera	Ferro
4	Lieve	Lieve	Lieve
3	Moderato	Lieve	Lieve
2	Severo	Moderato	Lieve / Moderato (se alto o magazzino intensivo)
1	Severo con RR	Severo	Moderato/ Severo (se alto o magazzino intensivo)

- 3) Per edifici PROGETTATI **prima del 2003**:

Zona	Prefabbricato	Gettato in opera	Ferro
4	Lieve	Lieve	Lieve
3	Moderato/Severo	Moderato	Lieve
2	Severo	Severo	Moderato
1	Severo con RR	Severo con RR	Severo (Red Risk se alto o magazzino intensivo)

- 4) Verificare attentamente la presenza di scaffalature alte oltre 8 m. In tal caso verificare controventature ed ancoraggi al suolo;
- 5) Verificare la quota degli edifici, ricordando che più sono alti, più sono soggetti alle vibrazioni.
- 6) Verificare la presenza di perizie o altri documenti attestanti *l'agibilità sismica* (vedi dopo), oltre alla congruità con la *vita nominale* dell'edificio.

1° Criterio - anno di progettazione  
Caratteristiche costruttive  
Altezza degli edifici  
Scaffalature

## Ecco un riassunto degli argomenti trattati:

Anticipazioni .....	1
Procedure per la PREdefinizione del rischio.....	1
Ecco un riassunto degli argomenti trattati: .....	2
Definizioni .....	3
Sismicità .....	3
Pga - Peak Ground Acceleration, $a_g$ ed $\alpha_g$ .....	3
Valutazione della pericolosità .....	3
Normativa .....	4
Vita nominale della costruzione .....	4
Classe delle costruzioni.....	5
Sviluppo della normativa nel tempo.....	6
Sviluppi dopo il terremoto dell'Emilia .....	8
Ordinanza Protezione Civile - Agibilità sismica.....	8
Ordinanza PC - Agibilità sismica ed edifici industriali .....	8
Le nuove procedure (Decreto Legge Interventi urgenti per danni sisma - Capo I - ART.3 Comma 2).....	8
Mappe aggiornate .....	10
Il terremoto dell'Emilia - esperienze .....	12
Progettazione e normativa.....	12
Tessuto edilizio italiano .....	13
Analogie tra terremoti - cause più comuni nei crolli.....	18
Staffe inadeguate.....	18
Tamponamenti esterni .....	19
Le soluzioni costruttive.....	20
Strutture prefabbricate: catalogo delle tipologie esistenti.....	20
Strutture monopiano .....	20
Edifici multipiano .....	20
Edifici monopiano in zona sismica - l'opzione acciaio .....	21
Allegati .....	22
STRUTTURE PREFABBRICATE: SCHEDARIO DEI COLLEGAMENTI - maggio 2007 .....	22

## Definizioni

### Sismicità

[http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/view\\_ris.wp?contentId=RIS44](http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/view_ris.wp?contentId=RIS44)

La pericolosità sismica di un territorio è rappresentata dalla frequenza e dalla forza dei terremoti che lo interessano, ovvero dalla sua sismicità. Viene definita come la probabilità che in una data area ed in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco (Pga) di nostro interesse.

Sismicità = frequenza x intensità

### Pga - Peak Ground Acceleration, ag ed $\alpha_g$

**pga** Valore di accelerazione massima del suolo misurata nel corso di un terremoto o attesa in un determinato sito. È una grandezza di significato analogo ad ag, ma che tiene conto dell'influenza degli eventuali effetti di amplificazione del moto sismico dovuti alle caratteristiche del sottosuolo o alla topografia.

**ag** E' il principale parametro descrittivo della "pericolosità" di base utilizzato per la definizione dell'azione sismica di riferimento per opere ordinarie (Classe II delle Norme Tecniche per le Costruzioni). Convenzionalmente, è l'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in un intervallo di tempo di 50 anni.

**$\alpha_g$** =ag/g accelerazione massima del suolo espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g per tre percentili: 16, 50 ed 84%.

In altre parole: prendo i dati storici misurati diciamo nel punto "a" definito da latitudine e longitudine. Faccio una tabella e trovo l'accelerazione massima che si ripete ogni 16, 50 ed 84 anni. Prendo questo numero e lo divido per l'accelerazione di gravità (9,81 m/sec<sup>2</sup>): ottengo così un numero adimensionale che mi indica "con quanta violenza sono stato scrollato". Il valore medio, quello relativo ai 50 anni, rappresenta quello di riferimento per la norma.

Quindi, se dico che sono in zona 1, vuol dire che probabilmente (probabilità superiore al 10%, convenzione) nell'arco dei prossimi 50 anni, la mia accelerazione orizzontale del suolo superi il valore di 0,25 (vedi più avanti) x accelerazione di gravità (9,81) = 2,45 m/sec<sup>2</sup>.

Pga = valore di accelerazione massima

### Valutazione della pericolosità

L'approccio alla valutazione della pericolosità può essere di tipo deterministico oppure probabilistico. Il metodo deterministico si basa sullo studio dei danni osservati in occasione di eventi sismici che storicamente hanno interessato un sito, ricostruendo degli scenari di danno per stabilire la frequenza con cui si sono ripetute nel tempo scosse di uguale intensità. Tuttavia, poiché questo approccio richiede la disponibilità di informazioni complete sulla sismicità locale e sui risentimenti, nelle analisi viene generalmente preferito un approccio di tipo probabilistico. Attraverso questo approccio, la pericolosità è espressa come la probabilità che in un dato intervallo di tempo si verifichi un evento con assegnate caratteristiche.

<http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp>

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Opcm n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06)

Zona Sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	ag > 0,25
2	0.15 < ag ≤ 0.25
3	0.05 < ag ≤ 0.15
4	ag ≤ 0.05

Approccio deterministico  
=  
Danni osservati

Approccio probabilistico  
=  
Probabilità di accadimento

## Normativa

### Vita nominale della costruzione

[http://www.dica.unict.it/users/prossi/Files/Files%20Progetto/Lezione%2011%20Strutture%20\(Spettri%20Normativa\).pdf](http://www.dica.unict.it/users/prossi/Files/Files%20Progetto/Lezione%2011%20Strutture%20(Spettri%20Normativa).pdf)

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere deve essere precisata nei documenti di progetto.

TIPI DI COSTRUZIONE - Vita Nominale VN (in anni)		
1	Opere provvisorie - Opere provvisionali Strutture in fase costruttiva Le verifiche sismiche di strutture provvisorie o in fase costruttiva possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Vita nominale  
=  
Per quanti anni vivrà la  
costruzione

## Classe delle costruzioni

Si distinguono poi quattro classi di importanza:

**CLASSE I** costruzioni con presenza occasionale di persone;

**CLASSE II** costruzioni con normali affollamenti

**CLASSE III** costruzioni con affollamenti significativi

**CLASSE IV** costruzioni importanti per la protezione civile

## STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO (NTC 2008)

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

**Gli stati limite di esercizio sono:**

- ✚ **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- ✚ **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

**Gli stati limite ultimi sono:**

- ✚ **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- ✚ **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tab. 3.2.I.

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento  $P_{V_k}$  al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		$P_{V_k}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di PVR forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

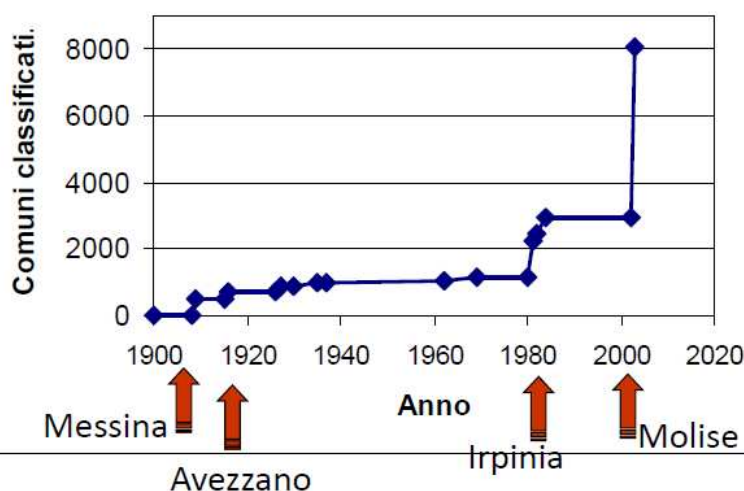
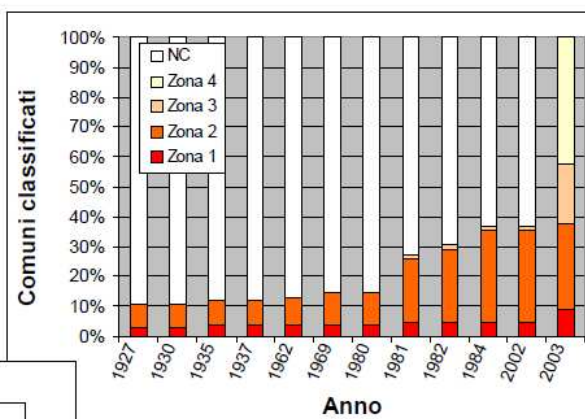
*Questo vuol dire che, se l'edificio è certificato VN3 (Vita Nominale), vuol dire che per oltre 100 anni avrà una probabilità di oltre l'81% di esser colpita da scosse orizzontali, senza per questo rimanerne danneggiata ... ed il 5% di crollare. In altre parole deve avere una probabilità del 95% di NON crollare!*

La classe dipende da quante persone ci sono

<p><b>Sviluppo della normativa nel tempo</b></p> <p>La definizione della sismicità dei siti è andata via via perfezionandosi al seguito dei nuovi eventi sismici e del progresso delle conoscenze scientifiche. L'aggiornamento delle zone sismiche in genere ha portato ad un appesantimento dell'azione di progetto prescritta dalle successive edizioni della normativa. Queste inoltre hanno subito una notevole evoluzione di criteri e regole di progettazione rispetto alle prime edizioni. Costruzioni progettate in epoche passate possono quindi risultare inadeguate in base alle conoscenze d'oggi.</p> <p>Solo con l'Ordinanza OPCM 3274 del 20.03.2003 si ha in Italia una norma (non impositiva) che vieta in zona sismica i vincoli per solo attrito <i>[ovvero strutture portanti orizzontali semplicemente appoggiate alle strutture portanti verticali: in questi casi il peso per esempio della trave fa sì che non si sposti rispetto al pilastro... normalmente in condizioni statiche]</i>, divieto che è ribadito nelle nuove Norme tecniche per le costruzioni (DM 14/01/2008). Anche l'Eurocodice 8 (EN 1998-1:2004) prevede questo divieto.</p>	<p>Prima della OPCM 3274 del 2003 (<i>per quanto NON impositiva</i>) NON vi erano vincoli in zona sismica</p>
<p>Solo nel 1974 si è avuta la Legge 2.2.74 n. 64, che ha introdotto specifici principi di progettazione sismica delle costruzioni, seguita l'anno dopo dal DM 3.3.75 con le relative norme tecniche applicative. Da allora fino praticamente al 2007 queste norme tecniche non hanno subito significative variazioni, salvo le regole per i dettagli costruttivi emanate con la Circ. Min. LL.PP 10 Aprile 1997, n. 65 associata al DM 16.01.96.</p> <p>Dalla cronologia qui sopra riportata, per le costruzioni in zona sismica si possono distinguere quattro periodi:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Un primo periodo che va indicativamente dal 1950 al 1974 di costruzioni progettate senza alcuna specifica regola (salvo la forza orizzontale) e quindi presumibilmente per molti aspetti carenti;</li> <li>2. Un secondo periodo che va indicativamente dal 1975 al 1996 di costruzioni progettate con specifiche norme che restavano inadeguate per gli aspetti di duttilità e soprattutto nei dettagli d'armatura;</li> <li>3. Un terzo periodo che va indicativamente dal 1996 al 2007 di costruzioni progettate con più specifiche regole di dettaglio.</li> <li>4. Un quarto periodo che inizia ora nel 2008 di costruzioni progettate con le nuove norme molto più affidabili e che non riguarda il patrimonio edilizio esistente.</li> </ol>	<p>&lt; 1974 - NON esistono regole  1974 ↔ 1996 - Norme inadeguate  1996 ↔ 2007 - più regole dettaglio  &gt; 2007 - nuove norme</p>

## Evoluzione della Normativa sismica

Evoluzione del numero di Comuni classificati sismici in Italia....ed eventi sismici collegati



## 2008 NTC08

Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni  
Decreto Ministeriale 14.01.2008

- *Continuano a esistere le 5 categorie di suolo.*
- *Introduce parametri di amplificazione di suolo e topografici.*
- *Diverso modo di calcolare l'azione sismica*
- *Cambia la filosofia di progettazione.*
- *Introduce distinte forme spettrali per la verifica dello SLO, SLD, SLV, e SLC.*



A seguito del terremoto dell'Aquila e del forte impatto sociale, economico e pubblico, le NTC 08, entrano in vigore il 01.07.2009, cancellando in un sol colpo i troppi periodi di transizione normativi che hanno di fatto ritardato l'utilizzo della nuova Normativa, maggiormente cautelativa rispetto ai criteri precedenti.

## **Sviluppi dopo il terremoto dell'Emilia**

### **Ordinanza Protezione Civile – Agibilità sismica**

<http://www.estense.com/?p=225128>

L'ordinanza numero 2 firmata dal capo della protezione civile Franco Gabrielli prevede le procedure per la valutazione della sicurezza e dell'agibilità sismica degli edifici ad uso produttivo colpiti dal terremoto. Bellissima intenzione. Peccato che la "agibilità sismica" non esiste. Non esiste a livello di definizione, di procedura operativa, di percorso tecnico di verifica. Con la conseguenza che la certificazione relativa non può essere rilasciata. E la fabbrica o il capannone sono costretti a rimanere chiusi.

Questo perché "non è possibile per un collaudatore sapere come è costruito un edificio senza prima smontarlo ed esaminarlo a fondo. Servono indagini lunghe e onerose, altro che rapide".

Certificazione agibilità sismica  
Non esiste definizione

Problematiche nella valutazione pratica



Ordinanza

### **Ordinanza PC – Agibilità sismica ed edifici industriali**

Circolare del Consiglio Nazionale Ingegneri n. 72 del 11 giugno 2012:

L'attenzione si è posta particolarmente sugli edifici industriali che, in questo evento sismico, hanno mostrato la maggiore vulnerabilità ed il cui crollo ha causato la perdita di molte vite umane, anche in considerazione della necessità, più volte richiamata e da noi condivisa, di individuare con urgenza tecniche e procedure che consentano la ripresa delle attività.

Edifici industriali i più colpiti



Circolare

### **Le nuove procedure (Decreto Legge Interventi urgenti per danni sisma – Capo I – ART.3 Comma 2)**

L'accertamento dei danni provocati dagli eccezionali eventi sismici su costruzioni utilizzate alla data del 20 maggio 2012 deve essere verificato e documentato, mediante presentazione di perizia giurata, a cura del professionista abilitato incaricato della progettazione degli interventi di ricostruzione e ripristino degli edifici, ai sensi di quanto disposto dal decreto del **Presidente del Consiglio dei Ministri 5 maggio 2011**. Restano salve le verifiche da parte delle competenti amministrazioni.

Al fine di favorire la rapida ripresa delle attività produttive e delle normali condizioni di vita e di lavoro in condizioni di sicurezza adeguate, nei comuni interessati dai fenomeni sismici iniziati il 20 maggio 2012, di cui all'allegato I al presente decreto, il titolare dell'attività produttiva, **in quanto responsabile della sicurezza dei luoghi di lavoro ai sensi del D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 e successive modifiche e integrazioni, deve acquisire la certificazione di agibilità sismica rilasciata, a seguito di verifica di sicurezza effettuata ai sensi delle norme tecniche vigenti (cap. 8 – costruzioni esistenti, del decreto ministeriale 14 gennaio 2008), da un professionista abilitato, e depositare la predetta certificazione al Comune territorialmente competente. E Comuni trasmettono periodicamente alle strutture di coordinamento istituite a livello territoriale gli elenchi delle certificazioni depositate. Le asseverazioni di cui al presente comma saranno considerate ai fini del riconoscimento del danno.**

È necessaria una perizia giurata per ottenere i risarcimenti



Testo del decreto non formattato



Nelle more dell'esecuzione della suddetta verifica di sicurezza effettuata ai sensi delle norme tecniche vigenti, in via provvisoria, il certificato di agibilità sismica potrà essere rilasciato in assenza delle carenze strutturali di seguito precisate, o eventuali altre carenze prodotte dai danneggiamenti e individuate dal tecnico incaricato, o dopo che tali carenze siano state adeguatamente risolte:

- 1) Mancanza di collegamenti tra elementi strutturali verticali e elementi strutturali orizzontali e tra questi ultimi;
- 2) Presenza di elementi di tamponatura prefabbricati non adeguatamente ancorati alle strutture principali;
- 3) Presenza di scaffalature non controventate portanti materiali pesanti che possano, nel loro collasso, coinvolgere la struttura principale causandone il danneggiamento e il collasso.

In analogia a quanto disposto in occasione di precedenti eventi sismici che hanno interessato vaste porzioni del territorio nazionale, il livello di sicurezza dovrà essere definito in misura pari almeno al 60% della sicurezza richiesta ad un edificio nuovo. Tale valore dovrà essere comunque raggiunto nel caso si rendano necessari interventi di miglioramento sismico.

- Indicazioni tecniche:
- 1) Interconnessioni tra strutture portanti;
  - 2) Tamponamenti ancorati;
  - 3) Scaffalature controventate.

## Mappe aggiornate

L'introduzione dell'Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003, riguardante i "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", ha portato alla realizzazione di un'ulteriore mappatura, nella quale si rileva l'istituzione di una nuova zona, la quarta, che comprende tutte quelle aree non soggette a rischio sismico nelle normative precedenti (vedi fig. 11).

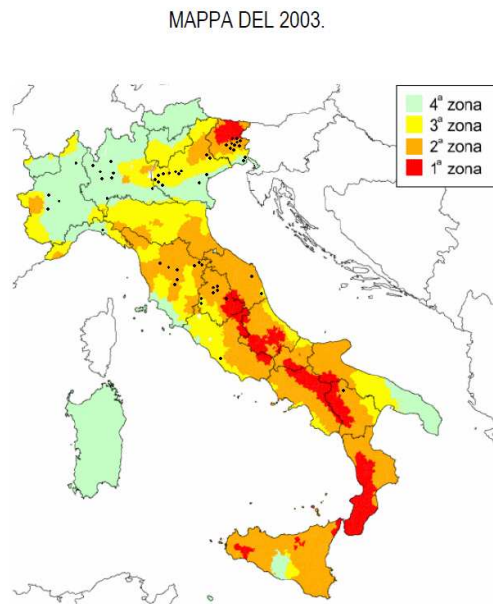


Fig. 11: classificazione sismica- mappa del 2003 ( dal sito dell'INGV <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>)

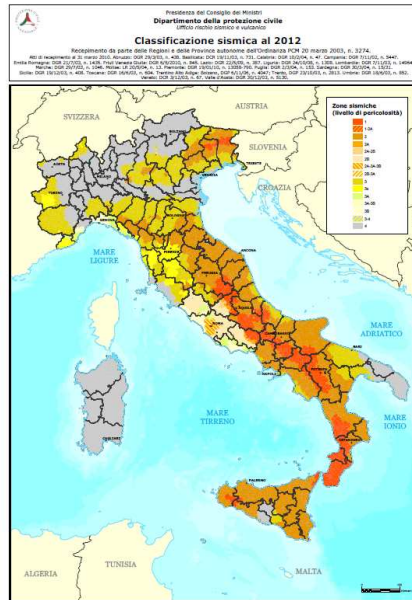
In particolare per questa categoria l'Ordinanza lascia facoltà alle singole regioni di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica, stabilendo però i criteri semplificati e le forze sismiche ridotte da considerare in fase di progettazione, e allo stesso tempo garantendo la presenza di sistemi controventanti nelle due direzioni ortogonali, con una minima resistenza alle azioni laterali.

L'introduzione di questa nuova classificazione porta a dei cambiamenti sostanziali per quanto riguarda la progettazione di edifici di nuova costruzione, ma porta dei cambiamenti anche per gli edifici esistenti, il cui dimensionamento strutturale potrebbe risultare carente.

Aspetti altrettanto importanti sono i criteri generali stabiliti nell'allegato 1 della stessa Ordinanza e scelti con metodo rigorosamente scientifico, anche nella valutazione del risultato, al fine di definire le future mappe di pericolosità.

Zona a rischio 4 definita  
DOPO il 2003 - NON a  
rischio sismico  
Ma sono le REGIONI  
che possono o meno  
obbligare alla  
progettazione  
antisismica

L'ultima mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, in riferimento all'Ordinanza PCM del 28 Aprile 2006 n.3519, All.1b è stata pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n.108 del 11/05/2006: in essa si osserva che negli anni Ottanta le zone in grigio erano considerate non sismiche e, in fase di calcolo delle strutture, potevano quindi essere completamente escluse le azioni orizzontali dovute a movimenti sismici del terreno. Pertanto alle poche costruzioni progettate con le norme dell'OPCM 3274 (post 2003) si può riconoscere la presunzione di adeguatezza essendo detta Ordinanza una norma aggiornata, al pari delle nuove norme ministeriali e dell'Eurocodice 8 in vigore.



2006 - Ultima mappa di classificazione

## Il terremoto dell'Emilia – esperienze

### Progettazione e normativa

[http://www.edilportale.com/news/2012/05/tecnologie/terremoto-in-emilia-ecco-perch%C3%A9-i-capannoni-sono-crollati\\_27870\\_12.html](http://www.edilportale.com/news/2012/05/tecnologie/terremoto-in-emilia-ecco-perch%C3%A9-i-capannoni-sono-crollati_27870_12.html)

Sicuramente l'intensità del sisma è un fattore importante nel crollo di una struttura, ma in questo caso ha avuto un ruolo determinante la grande vulnerabilità di questa tipologia strutturale.

I capannoni nella maggior parte dei casi sono stati costruiti senza dettagli sismici, *peraltro non richiesti dalla normativa dell'epoca di costruzione*. Quindi nodi tra travi e colonne senza connessioni meccaniche e piccoli appoggi. Tegoli di copertura semplicemente appoggiati. La maggior parte dei collassi è dovuta alla caduta delle travi dagli appoggi per limite di spostamento.

Il solo attrito garantisce il collegamento. [...] *In Italia è prassi comune realizzare i nodi a secco*.

Il problema è stato il ritardo dell'adozione della nuova mappa sismica che è avvenuta solo nel 2003. Tutte le costruzioni realizzate nella zona epicentrale prima di questa data non hanno nessuna capacità di resistere alle azioni sismiche. Oggi in quelle zone basta costruire seguendo la nuova norma tecnica e le mappe di pericolosità esistenti per essere sicuri.

Dipendenza delle costruzioni dalla normativa. Risvolto economico

Il profilo di rischio dei comuni interessati oggi dal sisma è cambiato, passando ad un livello pari a 3, in una scala che va da 4 a 1, in cui 1 rappresenta il tetto massimo di pericolosità. Il terremoto degli scorsi giorni in Emilia - sottolinea **Assobeton** - ha, viceversa, registrato accelerazioni che lo classificano di diritto nei gradini più alti della suddetta scala. Ma è solo con l'entrata in vigore (1° luglio 2009) delle Norme Tecniche delle Costruzioni (DM 14 gennaio 2008) che la normativa nazionale ha imposto una risposta ingegneristica più attuale alle sollecitazioni sismiche.








Assobeton - capannoni a norma

Giovanni Cardinale, Consigliere del con deleghe al lavoro e alle normative CNI (**Consiglio Nazionale Ordine Ingegneri**). Questa organizzazione strutturale, *conforme alla normativa tecnica vigente all'epoca della costruzione*, è caratterizzata da una efficiente prestazione nei riguardi dell'azione e della "storia" dei carichi verticali, ma risulta assolutamente non idonea a sopportare i forti spostamenti di cui sopra che, appunto, hanno determinato i crolli totali o parziali. Particolarmente colpite risultano le coperture a shed, magari con un altro elemento fortemente aggravante: i pesanti pannelli di tamponamento posti in posizione eccentrica rispetto ai pilastri. L'accelerazione del suolo conseguente al sisma ha prodotto forti spostamenti dei pilastri. La tipologia strutturale degli edifici industriali non possiede alcuna forma di ridondanza; strutture sostanzialmente isostatiche, caratterizzate da un insieme di elementi - travi principali, in calcestruzzo armato precompresso, caratterizzate da luci importanti e da elevato peso proprio, tegoli di copertura, pilastri - semplicemente appoggiati l'uno sull'altro.

Capannoni pensati per resistere a carichi statici verticali



Ingegneri - capannoni statici

<p><b>Tessuto edilizio italiano</b></p> <p>L'Italia è stata per lo più urbanizzata dal dopoguerra agli anni 80 con tecniche costruttive che rendono le abitazioni avviate al fine vita, non in grado di reggere un terremoto e che consumano energia quanto otto centrali nucleari."</p> <p>Tra le misure proposte dagli architetti italiani, rendere subito obbligatorio il "libretto dell'edificio", connesso a un database nazionale, in modo che ogni cittadino italiano conosca il livello di sicurezza delle abitazioni in cui vive e quello dei luoghi in cui lavora.</p> <p>Il <b>Consiglio Nazionale dei Geologi</b> chiede alle istituzioni di modificare le norme che hanno portato alla chiusura di tutti i dipartimenti di Scienze della Terra dell'Emilia Romagna, che garantiscono la preparazione di tecnici all'altezza di affrontare lo studio, la previsione e la gestione dei rischi naturali, e di "poter rivedere la zonazione sismica italiana, senza dover sottostare a pressioni, se non quella della corrispondenza con le conoscenze scientifiche".</p> <p><b>CNI</b> - [...] certo si può dire che tutti gli edifici industriali crollati erano stati costruiti prima del 2003, anno della classificazione del territorio come area a rischio sismico e, quindi come area in cui vigeva l'obbligo di adottare quei specifici procedimenti progettuali e quei dispositivi costruttivi che avrebbero evitato la vulnerabilità di cui alla prima domanda, e, quindi, i crolli disastrosi.</p>	<p>Gran parte delle abitazioni sono ormai obsolete</p>  <p>Articolo - sicurezza del territorio</p>
<p><b>Danneggiamenti registrati</b></p> <p>I principali danneggiamenti registrati negli edifici produttivi in seguito all'evento sismico del 20-29 maggio 2012 si possono così riassumere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Perdita di appoggio e danni alle connessioni tra elementi strutturali</li> <li> Collasso di elementi di tamponatura</li> <li> Danni ai pilastri</li> <li> Danni a scaffalature con conseguente perdita dei contenuti portati</li> </ul>	

## Perdita di appoggio

Perdita di appoggio della trave in un edificio monopiano prefabbricato con trave principale trasversale di non recente costruzione



Perdita di appoggio della trave e collasso della copertura

Perdita di appoggio della trave principale in un edificio monopiano prefabbricato costruito recentemente in ampliamento di un edificio esistente con connessioni trave-pilastri attritiva



Perdita di appoggio della trave per rottura della connessione



Perdita di appoggio di elementi di copertura a shed (a)  
particolare collegamento copertura-trave (b)

(a)



(b)



Inadeguatezza del vincolo trave-colonna con danneggiamenti locali del pilastro e rotazioni permanenti della trave in copertura





## Collasso di elementi di tamponatura

(a) Collasso pannelli orizzontali di tamponamento per (b) crisi a taglio del connettore inserito tramite apposita testa a martello nel profilato annegato nel pilastro



(a) Collasso imminente pannelli orizzontali di tamponamento a causa del sisma del 20 maggio e (b) collasso avvenuto degli stessi pannelli orizzontali a causa del sisma del 29 maggio



(a) Pannelli orizzontali di tamponamento con nessun danno visibile in seguito del sisma del 20 maggio e (b) collasso avvenuto degli stessi pannelli orizzontali a causa del sisma del 29 maggio



Rottura attacco mensola di supporto pannello e conseguente crollo del pannello



Dettagli profili slabbrati o disconnessi in corrispondenza del pilastro



# Danni ai pilastri

Perdita di verticalità per probabile problema in fondazione

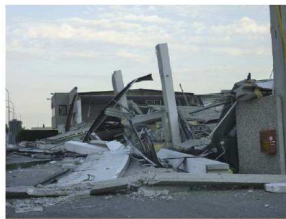


Collasso globale dell'edificio: perdita di verticalità del pilastro

Collasso dovuto alla rotazione dei pilastri in fondazione causata da fenomeni di liquefazione



Rotazione pilastro dovuta alla formazione di cerniera plastica alla base



Espulsione del copriferro alla base del pilastro con carenza di armature trasversali



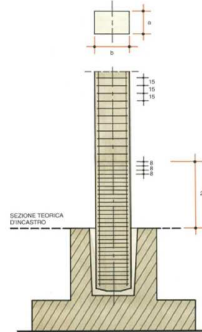
Cerniera plastica alla base del pilastro



Danneggiamento del pilastro tozzo causa interazione con la tamponatura che non si sviluppa per tutta l'altezza



Infittimento staffature alla base del pilastro





## Danni a scaffalature

Collasso scaffalature e conseguente perdita di contenuto



## Analogie tra terremoti – cause più comuni nei crolli

### Staffe inadeguate

Si cita, fra le diverse carenze strutturali derivanti dalle norme inadeguate, quella principale che consiste in una eccessiva spaziatura delle staffe nelle zone critiche dissipative dei pilastri. A proposito di staffe, facciamo riferimento al sito: <http://www.strutturista.com/2009/04/terremoto-in-abruzzo-le-staffe-queste-sconosciute/> la mancanza di staffe è evidente dalla visione delle immagini; iniziamo a parlare di questo problema, cercando di essere chiari e sufficientemente sintetici.

Consideriamo un pilastro soggetto a sforzo normale e momenti flettenti (sollecitazione di pressoflessione deviata); per effetto del carico di punta l'elemento e le armature in esso presenti tenderanno a "spanciare" verso l'esterno.



Non staffato



Ben staffato

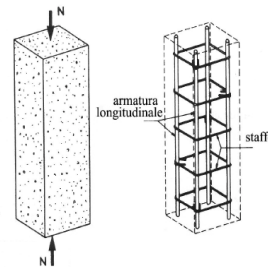
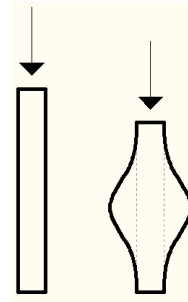
Per evitare che ciò accada è necessario un confinamento, qualcosa che possa opporsi allo spanciamento; per tale scopo si usano le staffe:

Le staffe, ovvero le armature trasversali, lavorano a trazione e hanno il duplice effetto di:

- ✚ Confinare il calcestruzzo;
- ✚ Cerchiare le armature longitudinali.

Quindi, una buona progettazione prevede:

- ✚ Presenza di staffe nei pilastri;
- ✚ Adeguato passo tra le staffe.



armatura longitudinale  
staffe



L'importanza delle staffe

## Tamponamenti esterni

Varie deficienze progettuali riscontrate in edifici prefabbricati che hanno subito gli effetti di terremoti anche all'estero hanno portato a cedimenti connessi a situazioni costruttive NON presenti in Italia, dove la prassi progettuale porta ad assetti strutturali più adeguati. Un esempio è il cedimento a taglio del pilastro corto che si è più volte manifestato, come per esempio nel terremoto di "Izmit" del 17 agosto 1999 in Turchia.

Nella normale prassi progettuale degli edifici prefabbricati industriali, l'analisi sismica viene riferita alla struttura "nuda" trascurando l'effetto irrigidente dei tamponamenti. Questo effetto in realtà è rilevante e conduce spesso ad una maggiore resistenza. Vi sono situazioni però in cui la presenza di tamponamenti porta ad una diversa risposta strutturale caratterizzata da una molto minore duttilità.

E' il caso rappresentato in Fig. 4 di un tamponamento, rigidamente connesso ai pilastri, arrestato ad una parziale altezza sotto la fascia finestrata. La parte libera di sommità dei pilastri resta molto tozza, con una maggiore rigidità che evoca maggiori forze sismiche ed un comportamento locale con rottura fragile a taglio. Se disgiunti dal tamponamento, gli stessi pilastri, con la loro complessiva snellezza, avrebbero invece un adeguato comportamento di tipo flessionale duttile.

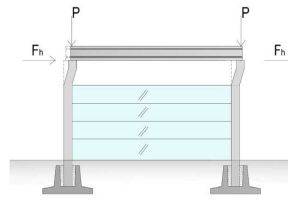


Fig. 4. cedimento a taglio del pilastro corto

Tamponamenti esterni -  
irrigidimento deve esser  
completo

## Le soluzioni costruttive

### Strutture prefabbricate: catalogo delle tipologie esistenti

La combinazione delle scosse ondulatorie e sussultorie può far sobbalzare l'elemento portato fuori dall'appoggio. Questo riguarda sia gli appoggi delle travi sui pilastri, sia quelli degli elementi di solaio o copertura sulle travi. Gli appoggi a secco con interposti cuscinetti in gomma senza altro connettore possono fornire un vincolo tra travi e pilastri sufficiente per le azioni statiche, ma vanno esclusi in zona sismica dove servono delle connessioni meccaniche in grado di trasmettere le azioni anche in assenza delle forze gravitazionali. Molte costruzioni prefabbricate di ogni epoca hanno appoggi a secco senza connettore, anche quando realizzate in zona sismica in quanto la pertinente normativa nazionale non forniva alcuna specifica regola al riguardo.

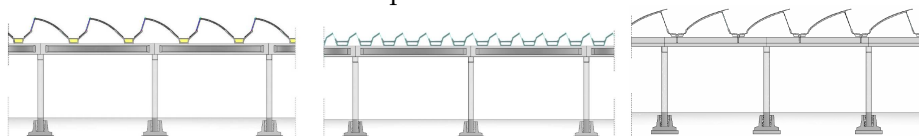
Nel caso d'interventi correttivi, questi saranno necessariamente estesi a notevoli porzioni di piano o copertura. Si dovrà verificare nel contempo l'adeguatezza delle unioni interessate all'azione diaframma nel nuovo contesto strutturale realizzato con gli irrigidimenti.

Mai più connessioni a secco tra pilastri e travi

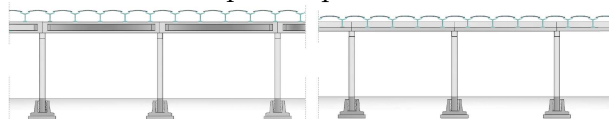
### Strutture monopiano

In linea di massima le coperture che possono presentare più criticità nelle fasi di progettazione degli edifici **monopiano** sono qui riportati:

Coperture a shed



Copertura piana a Y



Vincoli

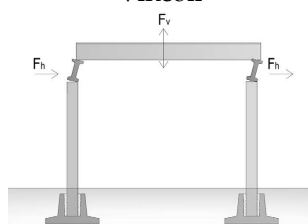


Fig. 3. Vincoli

Il corretto posizionamento e dimensionamento dei vincoli in una struttura prefabbricata che impediscono il possibile ribaltamento laterale, rappresenta un requisito fondamentale sia in zona sismica che in zona non sismica.

Criticità negli edifici monopiano - i tetti a shed

### Edifici multipiano

La solidarizzazione strutturale nelle strutture **multipiano**, ottenuta sia dai vincoli meccanici delle travi ai pilastri che dai getti integrativi degli impalcati, rende i sistemi strutturali idonei per l'impiego in zona sismica. I sistemi costruttivi pluripiano, risultano idonei alla realizzazione di edifici, anche strutturalmente complessi, con destinazioni d'uso diversificate quali centri polifunzionali, commerciali, magazzini automatizzati, laboratori ed attività del terziario avanzato.

Maggiore rigidità e solidità degli edifici multipiano

## **Edifici monopiano in zona sismica - l'opzione acciaio**

L'intrinseca natura dei capannoni prefabbricati, caratterizzati da un'elevata massa degli elementi strutturali e non strutturali nonché da giunzioni in opera di non facile realizzazione quando si voglia garantirne qualità ed efficienza, si contrappone alle soluzioni in acciaio che, pur richiedendo manodopera specializzata rispetto alle costruzioni in calcestruzzo, si distinguono per versatilità, reversibilità, leggerezza ed efficienza anche (e soprattutto) nei confronti delle azioni sismiche.

Le elevate prestazioni meccaniche del materiale e dei prodotti strutturali in acciaio per carpenteria metallica garantiscono elevate prestazioni nei confronti delle azioni orizzontali sismiche i cui effetti sulla costruzioni risultano limitati grazie alla ridotta entità delle masse in gioco. Questo consente, con una scelta consapevole della tipologia.



Edifici in metallo

La ricerca della massima economicità che ha caratterizzato le scelte del recente passato, rendendo spesso preferibili le soluzioni prefabbricate in calcestruzzo, ha mostrato tutti i suoi limiti in occasione del sisma in Emilia, in Veneto ed in Lombardia, dove i maggiori danni si sono verificati proprio nelle costruzioni chiaramente di peggior fattura.

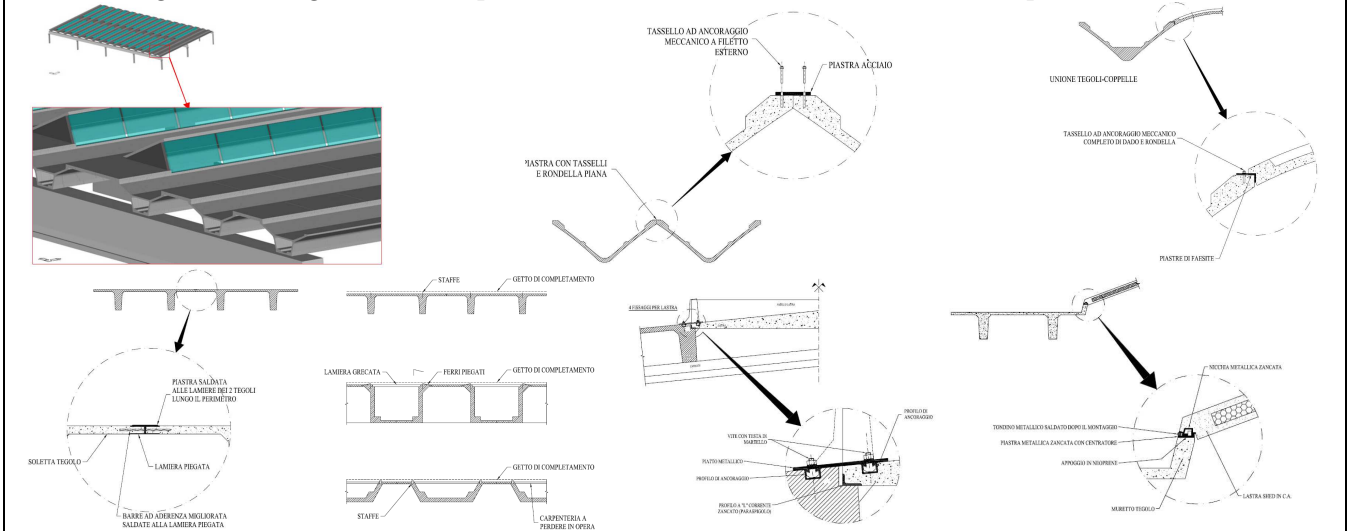
# Allegati

## STRUTTURE PREFABBRICATE: SCHEDARIO DEI COLLEGAMENTI – maggio 2007

Alle pagine successive sono riportati vari esempi di collegamento per mostrare come le soluzioni tecniche siano innumerevoli, tanto da rendere impossibile una valutazione del rischio trasferito all'assicurazione senza la possibilità di analizzare i progetti iniziali o, meglio, senza avere a disposizione una certificazione.

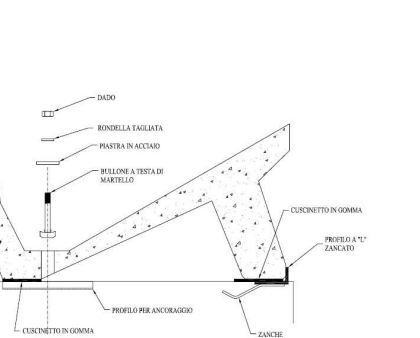
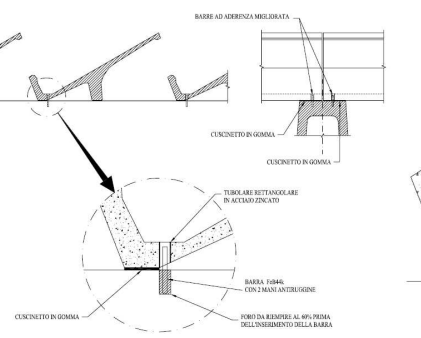
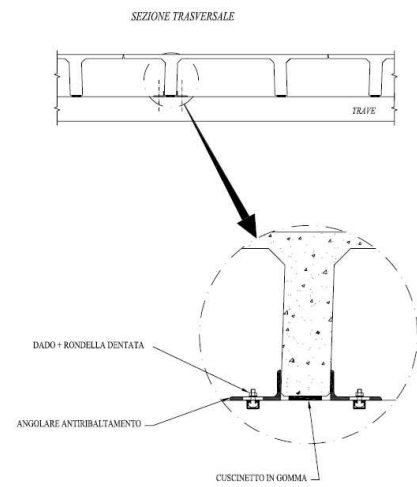
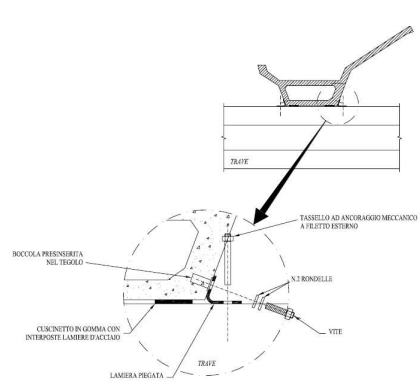
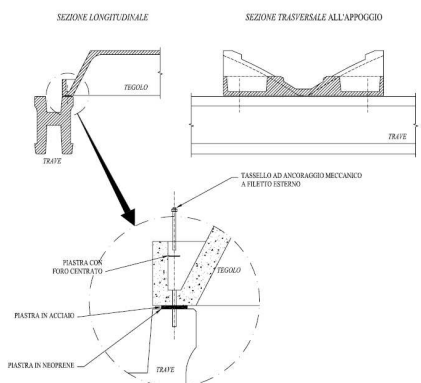
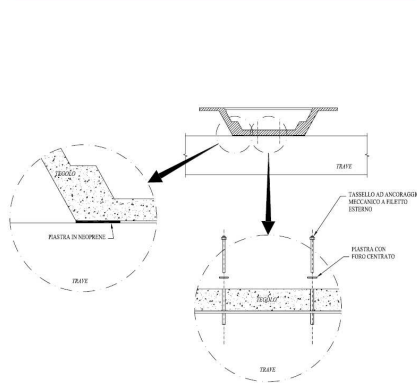
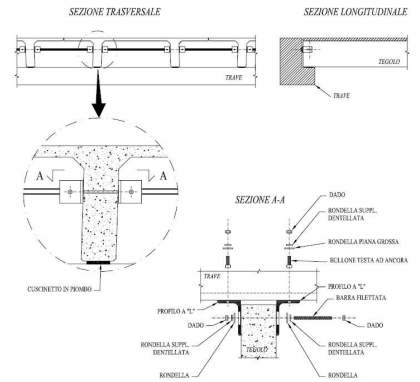
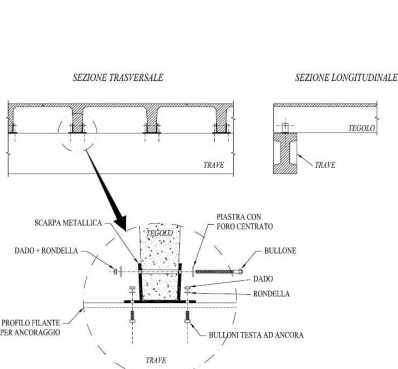
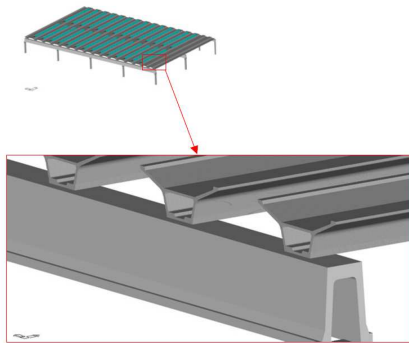
### COLLEGAMENTI TIPO 1

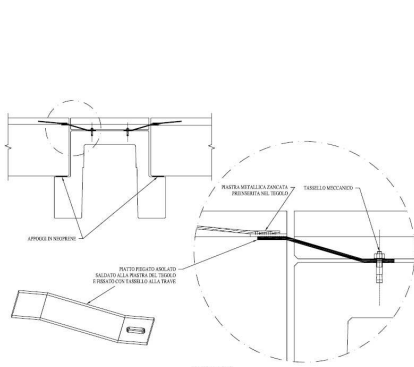
Questa categoria di collegamenti corrisponde alle unioni reciproche tra elementi di copertura o di solaio.



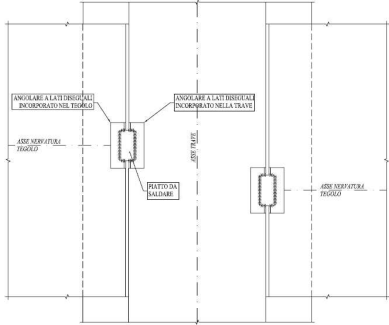
# COLLEGAMENTI TIPO 2

Questa categoria di collegamenti corrisponde alle unioni tra elementi di solaio e travi.

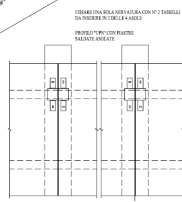
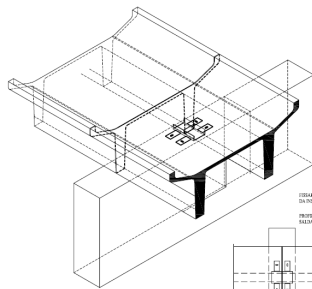
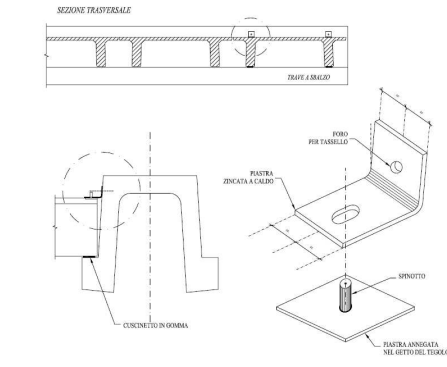
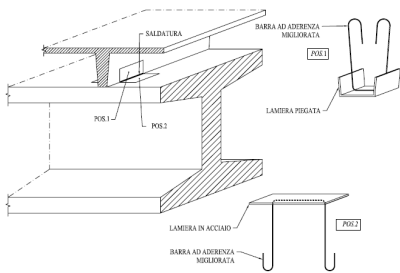
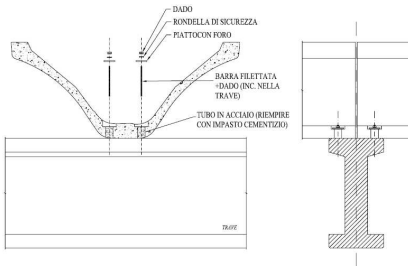




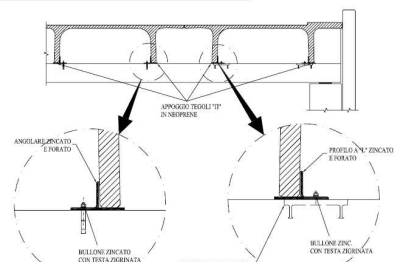
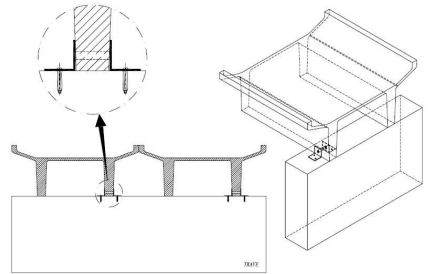
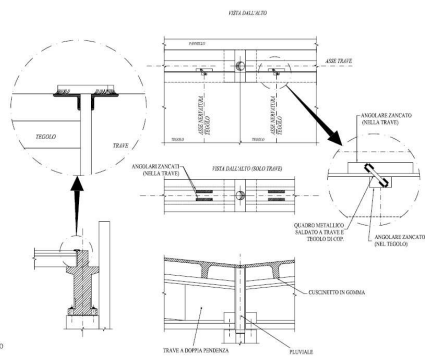
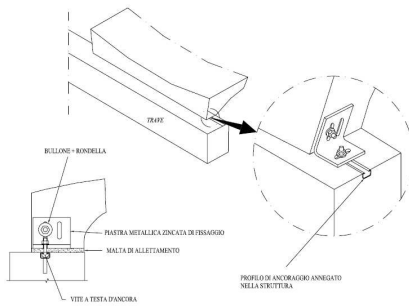
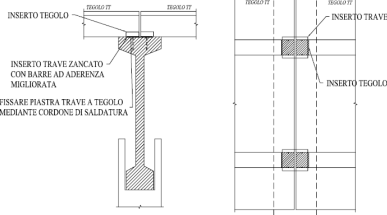
PIANTA



SEZIONE



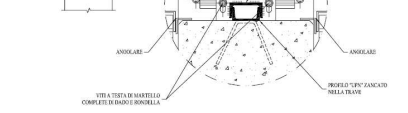
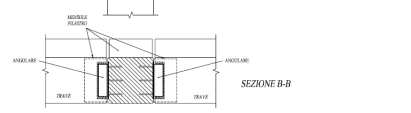
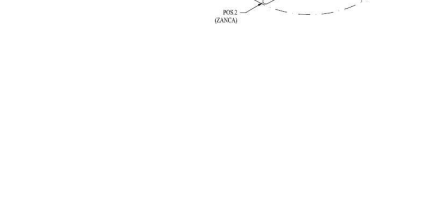
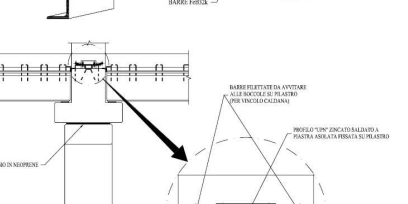
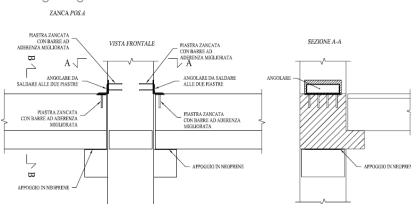
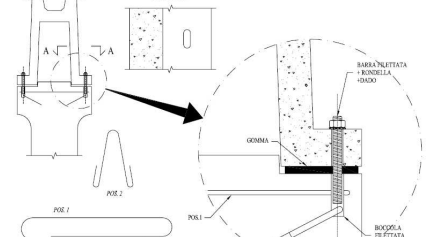
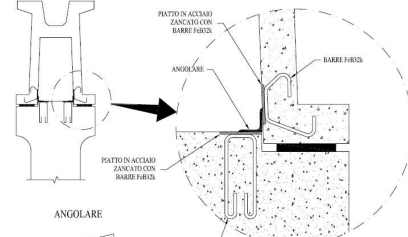
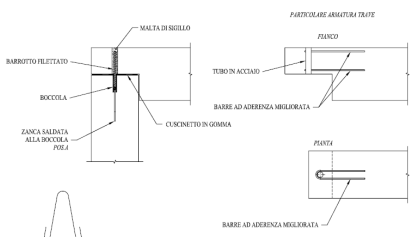
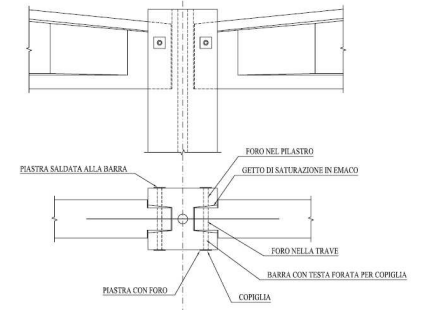
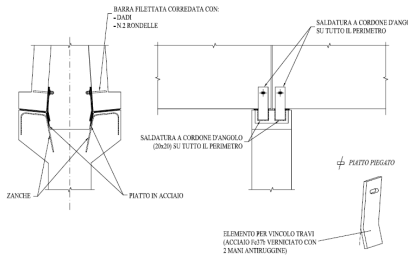
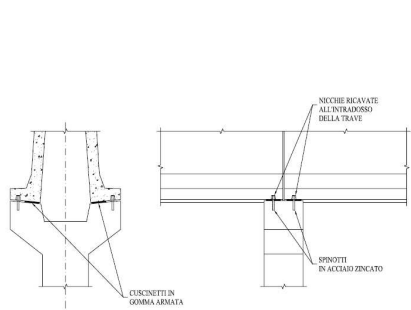
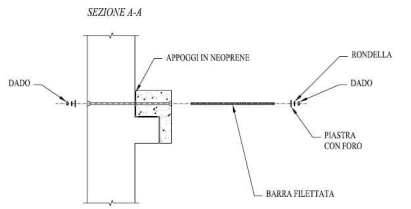
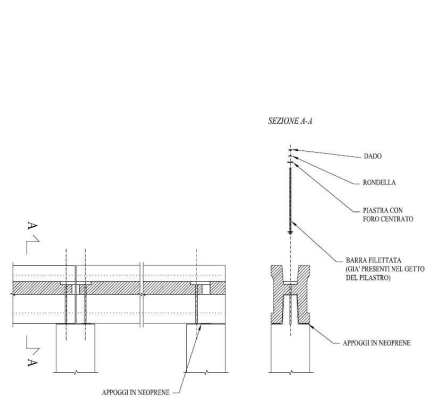
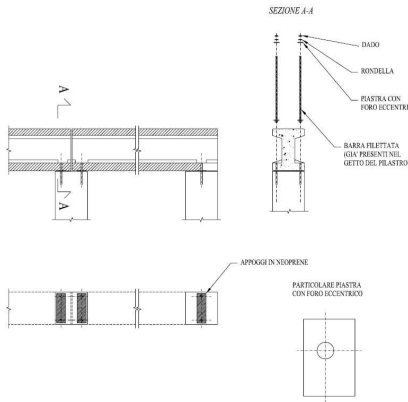
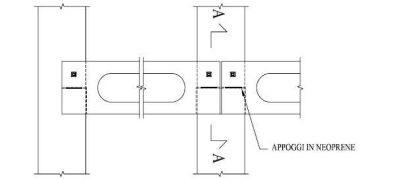
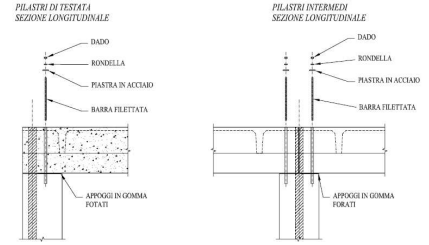
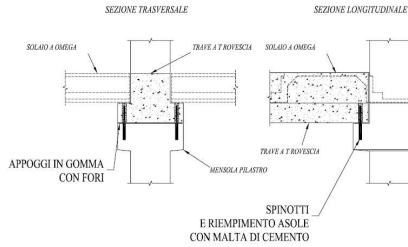
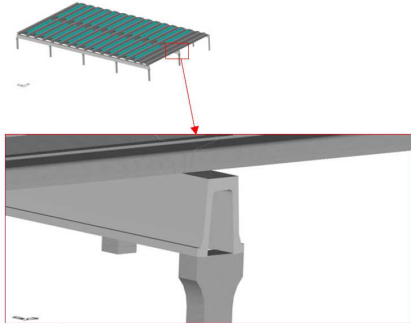
VISTA DALL'ALTO





# COLLEGAMENTI TIPO 3

Questa categoria di collegamenti corrisponde alle unioni tra travi e pilastri.



# COLLEGAMENTI TIPO 4

Questa categoria di collegamenti corrisponde alle unioni tra segmenti di pilastro e fondazioni.

