



INTERVENTI POST SISMA : TECNICHE DI PREVENZIONE E SICUREZZA



Capannoni industriali: problematiche e prospettive di intervento alla luce delle recenti "Linee guida per interventi locali e globali su edifici industriali monopiano non progettati con criteri antisismici"

Anna Marzo *ENEA Bologna - UNITA' UTSISM*
Laboratorio LAERTE



Contatti: anna.marzo@enea.it - 0516098645

**Palazzo dei Congressi – Sala Italia - Piazza della Costituzione
Bologna, 11 luglio 2012**

Attività' di supporto alla protezione civile

Terremoto Reggio Emilia-Modena (1996) - 4.8 Richter
valutazione agibilità/danno per varie tipologie di costruzioni, 
incluso il patrimonio culturale



 Terremoto Marche-Umbria (1997) - 5.8 Richter
valutazione agibilità/danno per beni culturali

Terremoto Molise & Puglia (2002) - 5.4 Richter 
valutazione agibilità/danno per varie tipologie di costruzioni,
supporto al Comune di San Giuliano nella post-emergenza e
ricostruzione, in particolare per il centro storico



Attività' di supporto alla protezione civile

Terremoto L'Aquila (2009) - 6.3 Richter
valutazione agibilità/danno per varie tipologie di costruzioni, incluso il patrimonio culturale, partecipazione a team per pronti interventi e demolizioni



Terremoto Emilia Romagna (2012) – 5.9 Richter
valutazione agibilità/danno per varie tipologie di costruzioni, progetti pilota per pronti interventi di messa in sicurezza e consolidamento di beni monumentali e di interesse pubblico

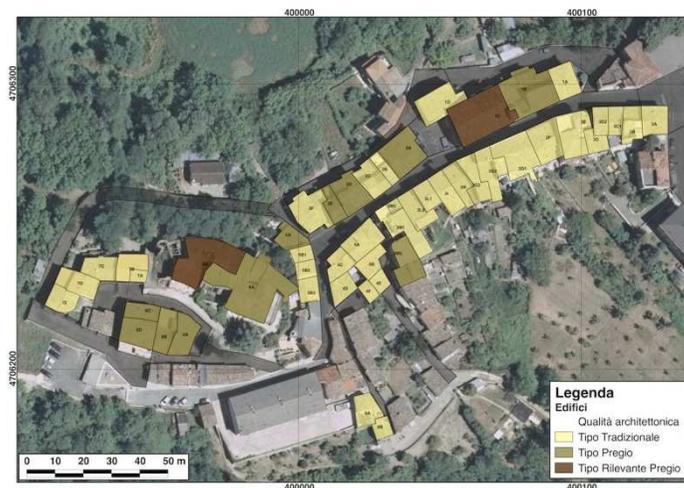


Azioni per la definizione dei piani di ricostruzione

- *Rilievi*
- *GPS*
- *laser scanner*
- *valutazioni di agibilità/danno*
- *definizione degli aggregati edilizi*
- *analisi architettonico-urbanistiche*
- *analisi di vulnerabilità (3 metodi a confronto)*
- *aspetti energetici e di sviluppo sostenibile*
- *analisi sociologica*

- *database georeferenziato GIS*
- *archivi innovativi open source GIS/CAD*
- *validazione e incrocio dei dati*
- *mappe di hazard, vulnerabilità e rischio*

- *linee guida per la ricostruzione*
- *patrimonio costruito e ambientale*
- *suggerimenti per tecniche di intervento*
- *valutazione dei progetti di ricostruzione*

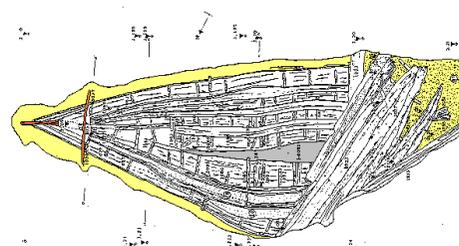


Ricerca sui sistemi innovativi di protezione sismica

ISOLAMENTO ALLA BASE DI EDIFICI

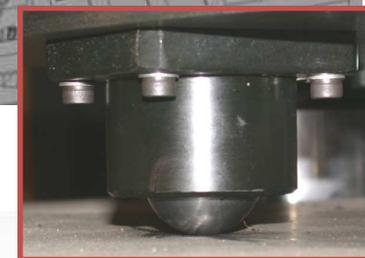
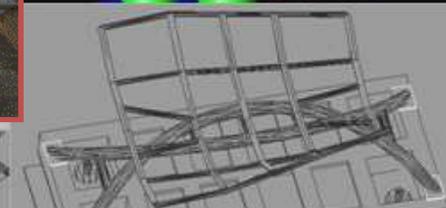
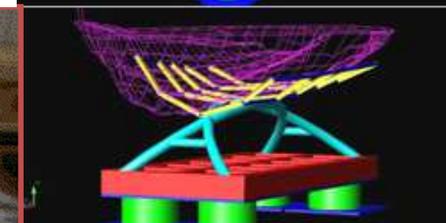
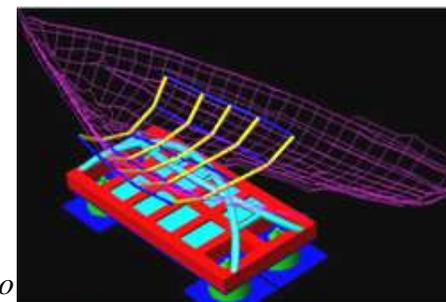
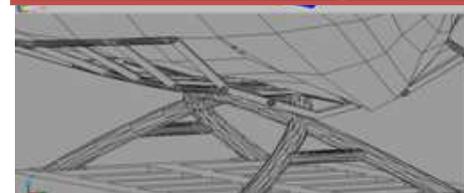


ISOLAMENTO OGGETTI DI PREGIO STORICO-ARTISTICO LA BARCA DI ERCOLANO



molla e sistema smorzante fluidodinamico

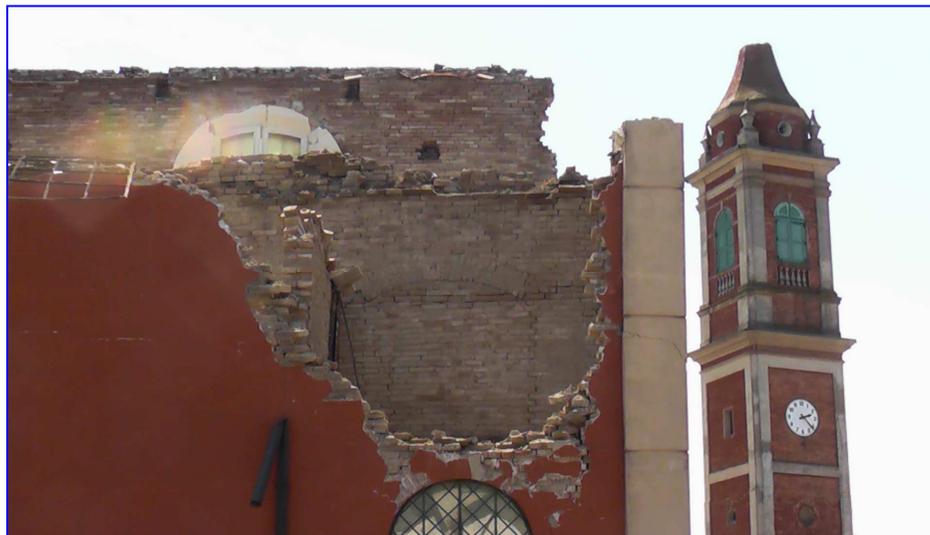
PROGETTO EU SPACE



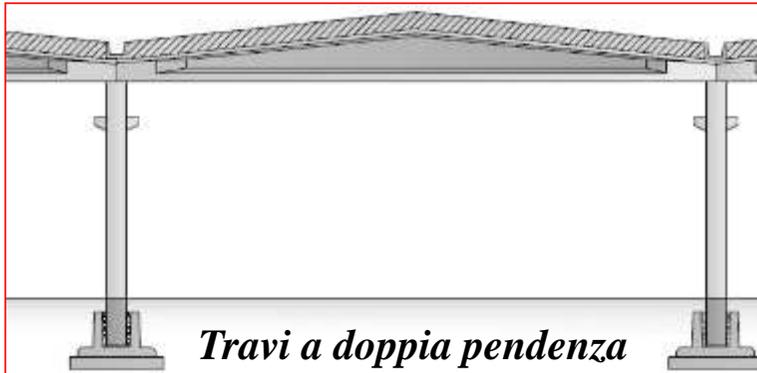
elemento a rotolamento

EDIFICI INDUSTRIALI: Tipologie monopiano rilevate

TERREMOTO EMILIA ROMAGNA 20 E 29 MAGGIO 2012



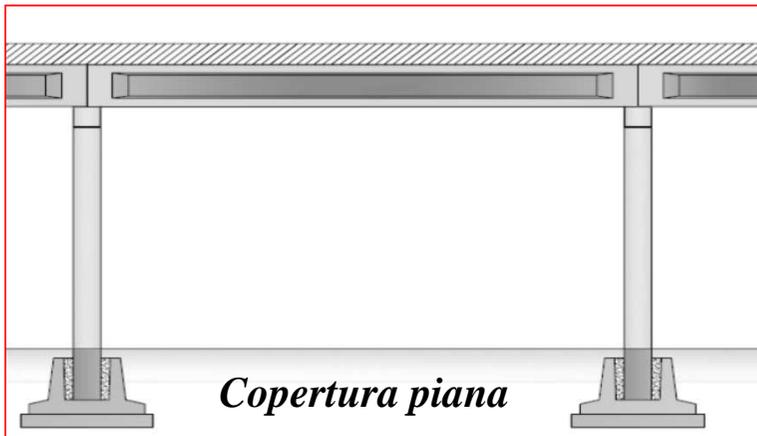
EDIFICI INDUSTRIALI: Tipologie monopiano rilevate



Travi a doppia pendenza



Travi a doppia pendenza a 2 conci



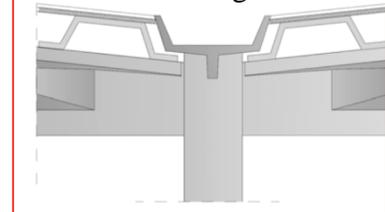
Copertura piana

Informazioni:

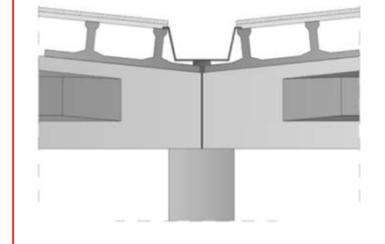
- .Capannoni prefabbricati
- .Epoca di costruzione: anni 1960-2000
- .Cemento armato precompresso
- .Monopiano o a due piani

Tipologia di tegoli

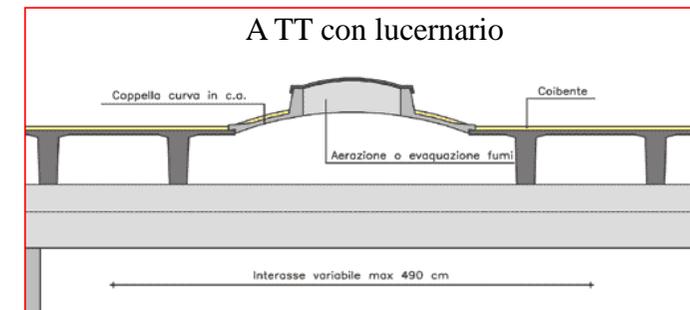
Ad omega



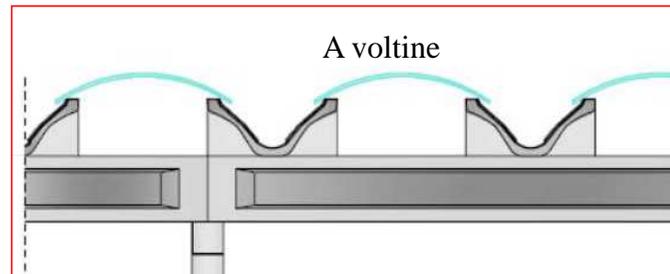
A TT rovesciati



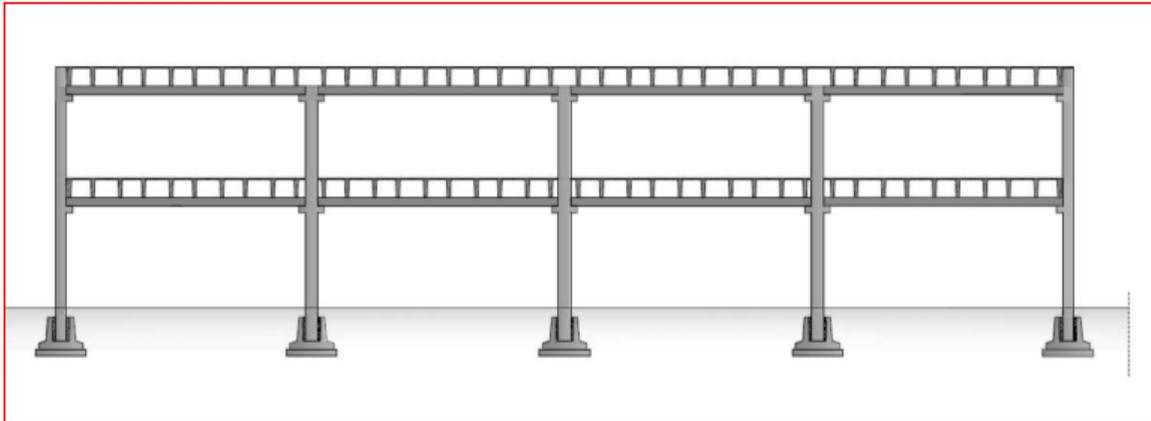
A TT con lucernario



A voltine



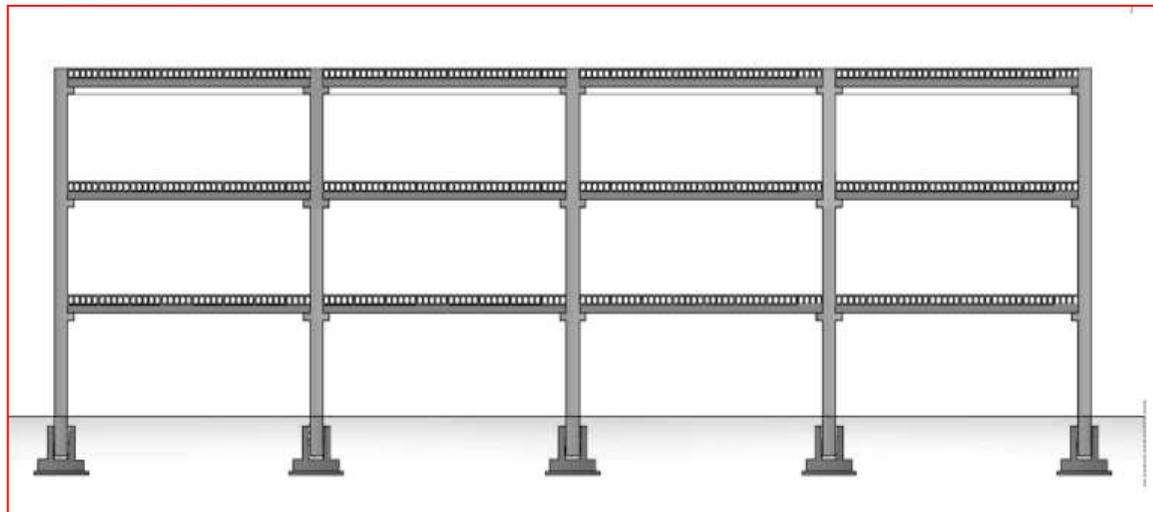
Due livelli



Informazioni:

- .Capannoni prefabbricati
- .Epoca di costruzione: anni 1960-2000
- .Cemento armato precompresso
- . Due piani o tre piani
- .Solai prefabbricati (tegoli alveolari o a doppio T) o anche gettati in opera

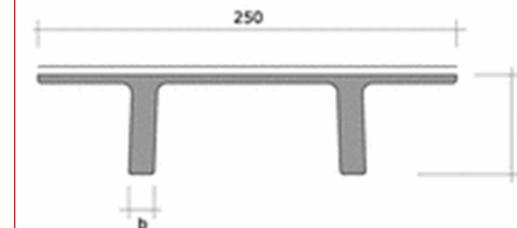
Tre livelli



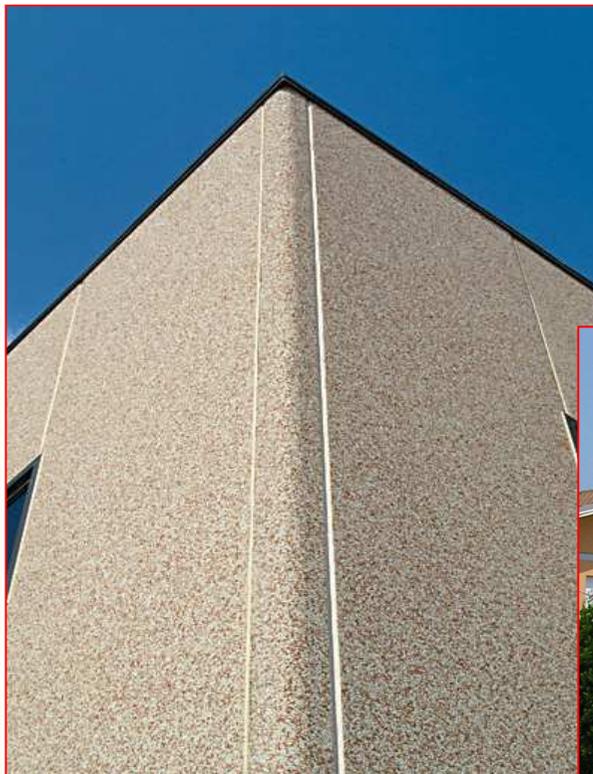
Pannelli alveolari



Tegoli TT



Pannelli prefabbricati orizzontali



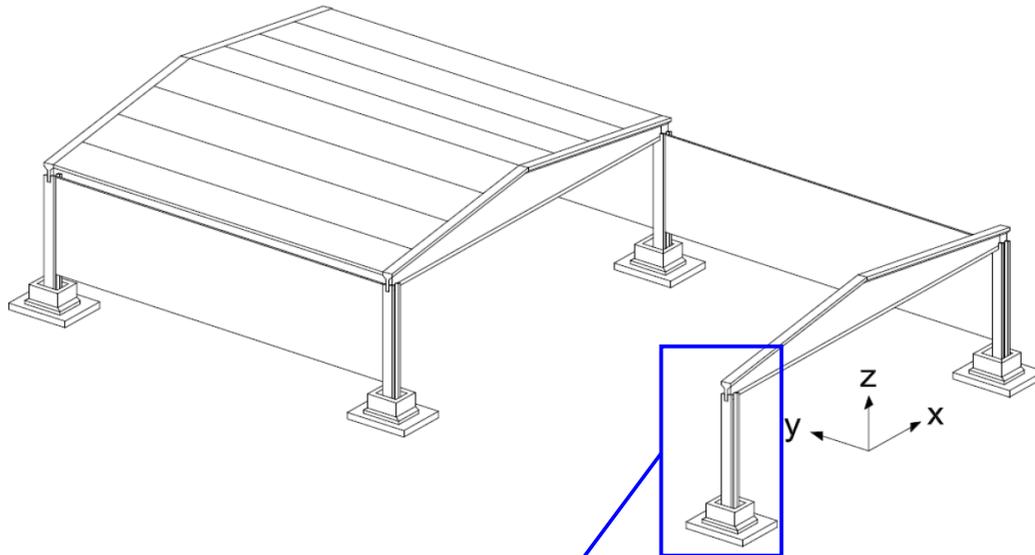
Pannelli prefabbricati orizzontali



Tamponature in muratura

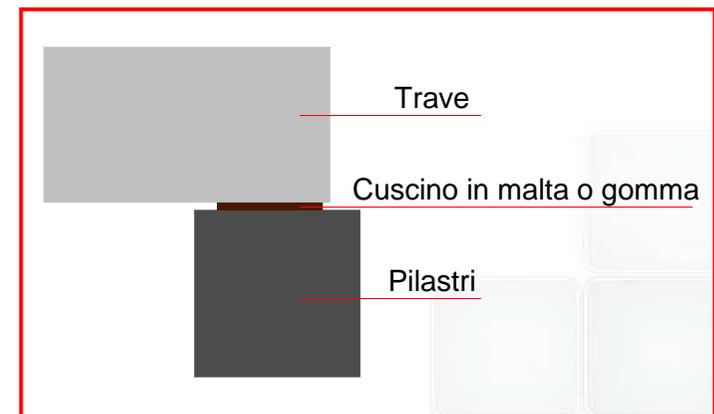
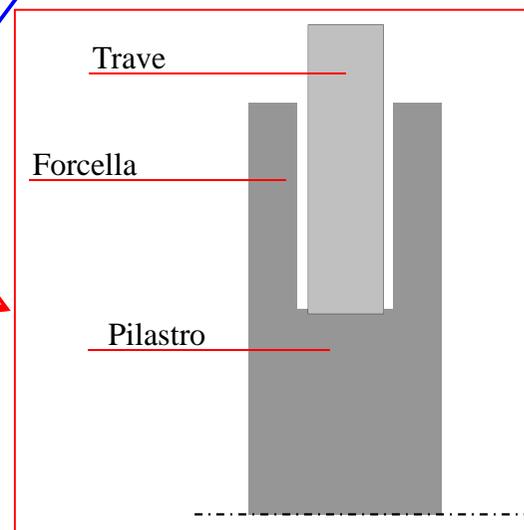
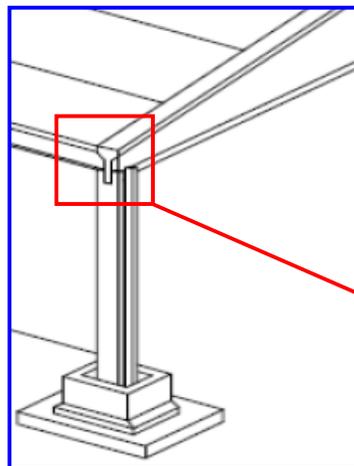
EDIFICI INDUSTRIALI: Collegamenti tra gli elementi strutturali

Collegamenti tra gli elementi strutturali e di completamento



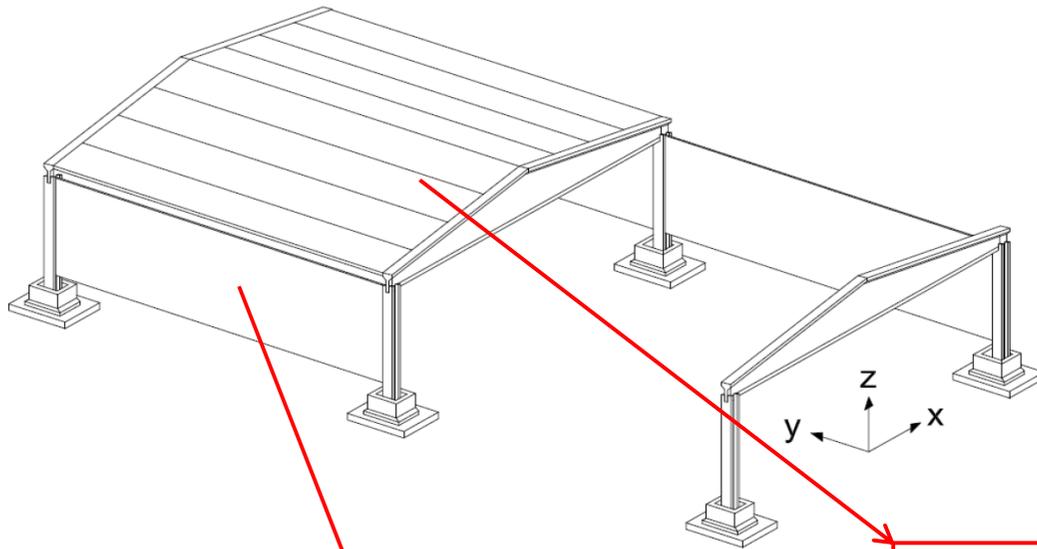
COLLEGAMENTI TRA ELEMENTI COSTRUTTIVI

- ✓ Tegoli collegati a secco sulle travi
- ✓ Travi semplicemente appoggiate ai pilastri o con pioli metallici inefficaci
- ✓ Pilastri incastrati alla base con plinto a bicchiere
- ✓ Pannelli di tamponamento ancorati ai pilastri mediante squadrette metalliche



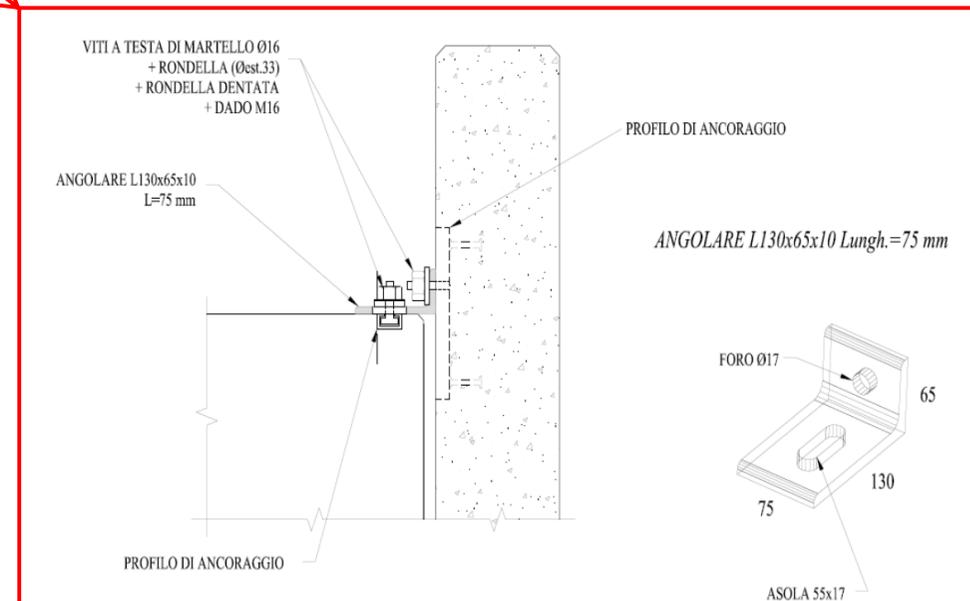
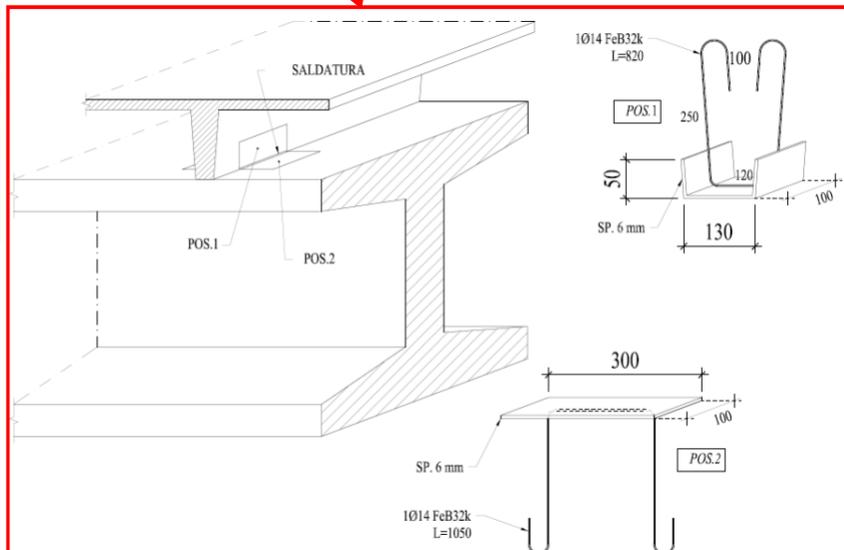
EDIFICI INDUSTRIALI: Collegamenti pannelli-struttura e tegoli-travi

Collegamenti tra gli elementi strutturali e di completamento



COLLEGAMENTI TRA ELEMENTI COSTRUTTIVI

- ✓ Tegoli collegati a secco sulle travi
- ✓ Travi semplicemente appoggiate ai pilastri
- ✓ Pilastri incastrati alla base con plinto a bicchiere
- ✓ Pannelli di tamponamento ancorati ai pilastri mediante angolari metallici



D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987: Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate

Circolare LL.PP. 16 Marzo 1989: Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate

Appoggi (2.4.1)

Gli appoggi vanno calcolati tenendo conto delle condizioni peggiori (tolleranza di produzione e montaggio, resistenze elementi collegati), tenendo conto delle variazioni termiche, della deformabilità delle strutture e dei fenomeni lenti. Per elementi di solaio o simili deve essere garantita una profondità dell'appoggio, a posa avvenuta, **non inferiore a 3 cm se e' prevista in opera la formazione della continuita' dell'unione, e non inferiore a 5 cm se definitivo**. Per appoggi discontinui (nervature, denti) i valori precedenti vanno raddoppiati.

Per le travi, la profondità minima dell'appoggio definitivo deve essere non inferiore a $8\text{ cm} + L/300$, con L la luce netta della trave.

$$\left. \begin{array}{l} > L=10\text{m} \quad \rightarrow \geq l_p \approx 11,33 \\ > L=20\text{m} \quad \rightarrow \geq l_p \approx 15 \end{array} \right\}$$

In zona sismica non sono consentiti appoggi nei quali la trasmissione di forze orizzontali sia affidata al solo attrito. Appoggi di questo tipo sono consentiti ove non venga messa in conto la capacità di trasmettere azioni orizzontali; l'appoggio deve consentire spostamenti relativi secondo quanto previsto dalle norme sismiche.

Per le costruzioni in zona sismica le unioni tra elementi devono essere in grado di assicurare all'insieme strutturale una adeguata duttilità di comportamento.

Per gli orizzontamenti in zona sismica, gli elementi prefabbricati devono avere almeno un vincolo che sia in grado di trasmettere le forze orizzontali a prescindere dalle resistenze di attrito. Non sono ammessi vincoli a comportamento fragile. Quando si assuma l'ipotesi di comportamento a diaframma gli elementi dovranno essere adeguatamente collegati tra di loro e con le travi o i cordoli di testata e laterali.

Edifici multipiano (2.11.1.1)

Per gli edifici multipiano qualora non sia comprovata la capacità dei nodi di assicurare il funzionamento a telaio, la stabilità della struttura deve essere ottenuta affidando integralmente le azioni orizzontali ad opportune strutture atte a funzionare come controvento.

Travi (2.11.1.2)

a) Forcelle.

Le forcelle che vincolano le travi dovranno essere verificate anche per un momento aggiuntivo di esercizio pari a:

$$M = V \times L / 300$$

con

V = reazione della trave; L = luce trave

$$\left. \begin{array}{l} > L=10m \quad \rightarrow M=V \times 3,33 \\ > L=20m \quad \rightarrow M=V \times 6,67 \end{array} \right\}$$

b) Spessore minimo.

*Lo spessore minimo di qualsiasi porzione facente parte della sezione trasversale deve essere **non inferiore a 5 cm**; e comunque **non inferiore a 5 volte il diametro dell'armatura di precompressione** ivi presente. Quando siano presenti cavi post-tesi, lo spessore deve essere **superiore di almeno 5 cm al diametro della guaina**.*

Anime e nervature dovranno essere armate su entrambe le facce

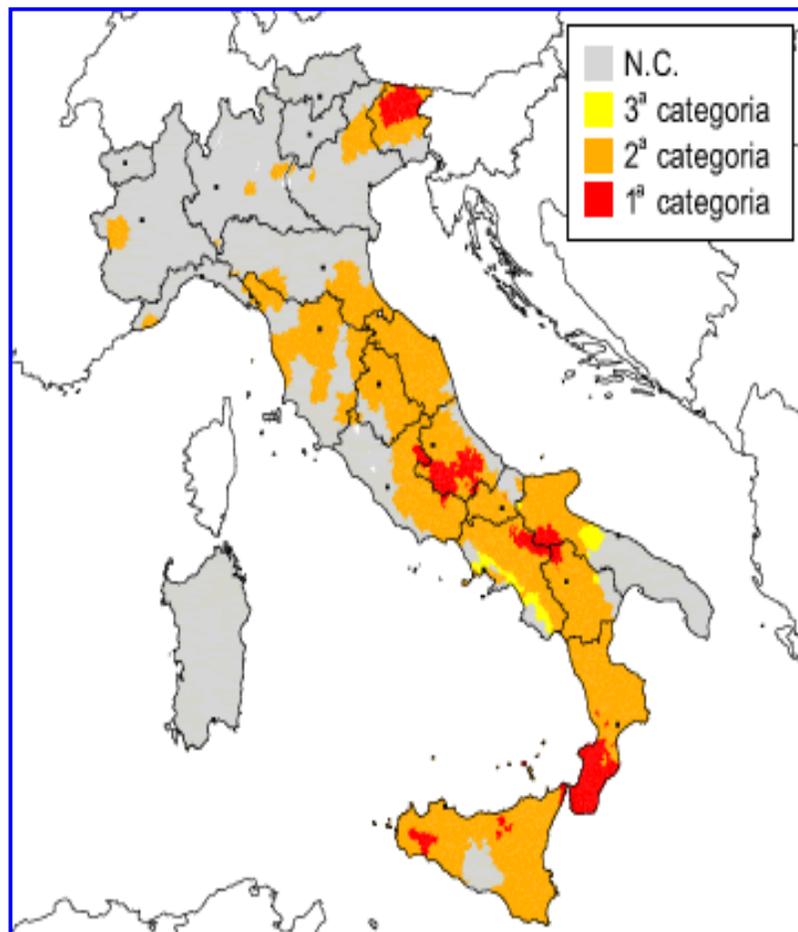
Fondazioni

La scelta e il dimensionamento delle fondazioni, oltre a garantire una adeguata sicurezza al sistema fondazioni-terreno, deve tendere a contenere i cedimenti relativi a livelli compatibili con il sistema strutturale scelto.

TERREMOTO DELL'IRPINIA 1980



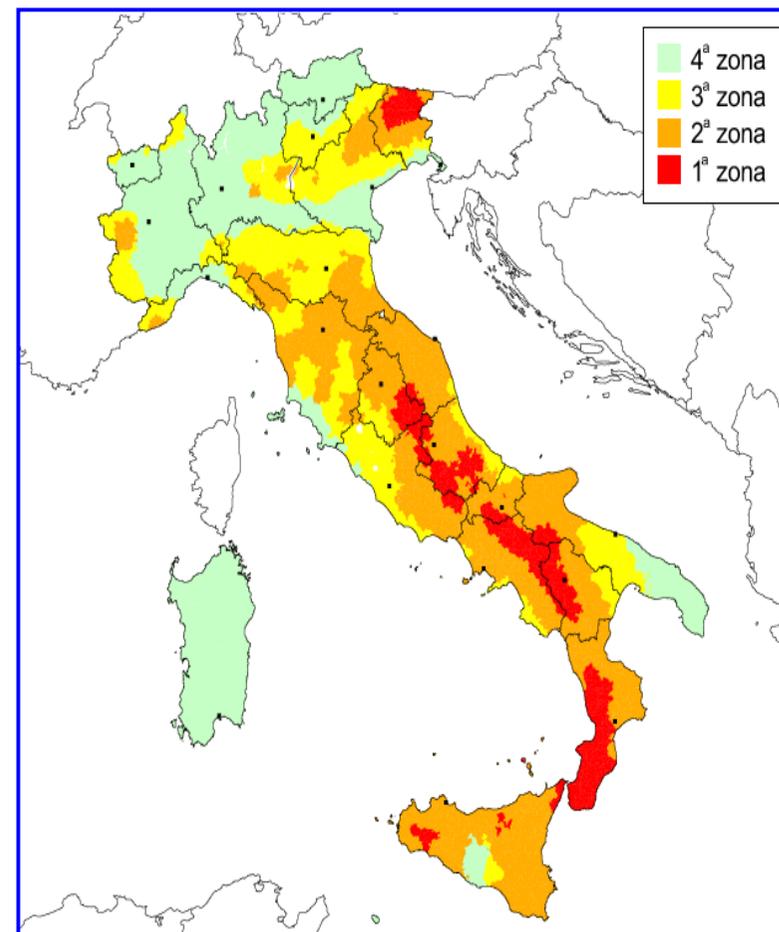
Classificazione sismica 1984



TERREMOTO DEL MOLISE 2002



Zonazione sismica 2003:OPCM 3274



Dal 2003....

OPCM 3274 – 20 marzo 2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica

Testo unico del 30 marzo 2005 – Norme tecniche sulle costruzioni

Edifici con struttura prefabbricata

Collegamenti

- Negli edifici a pannelli portanti l'idoneità dei collegamenti deve essere dimostrata sperimentalmente;
- I collegamenti tra elementi monodimensionali (travi e pilastri) devono essere sicuramente rigidi (garantire la congruenza tra spostamenti verticali ed orizzontali) ed il trasferimento delle azioni deve essere garantito da dispositivi meccanici. Nei vincoli a carrello lo spostamento dovuto al sisma deve essere ampiamente contenuto dal piano di scorrimento.

UNI ENV 1992-1-3 30-09-1995. **Eurocodice 2**. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-3: Regole generali. Elementi e strutture prefabbricate di calcestruzzo.

UNI ENV 1998-1-4 31-10-1999. **Eurocodice 8** - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 1-4: Regole generali – Azioni sismiche e requisiti generali per le strutture.

... al 2008

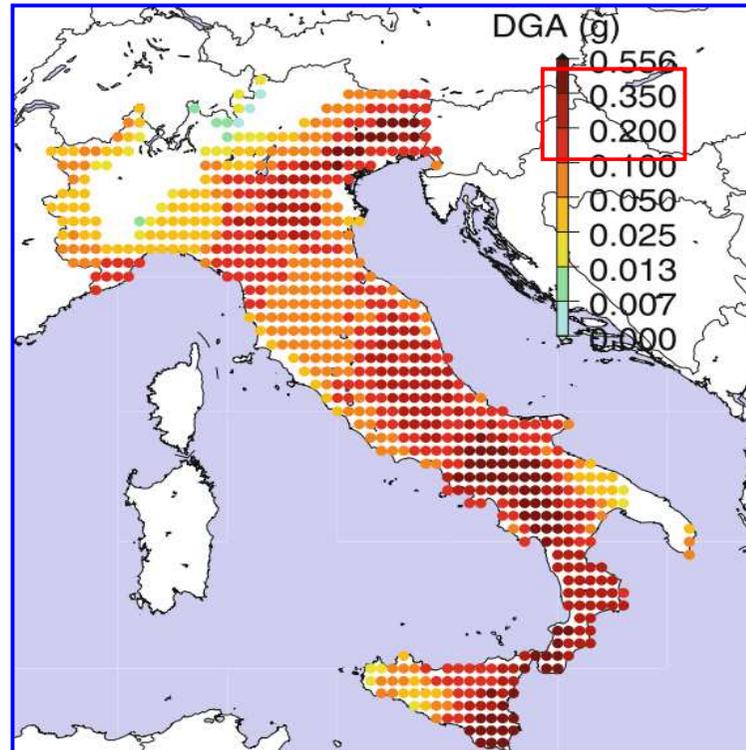
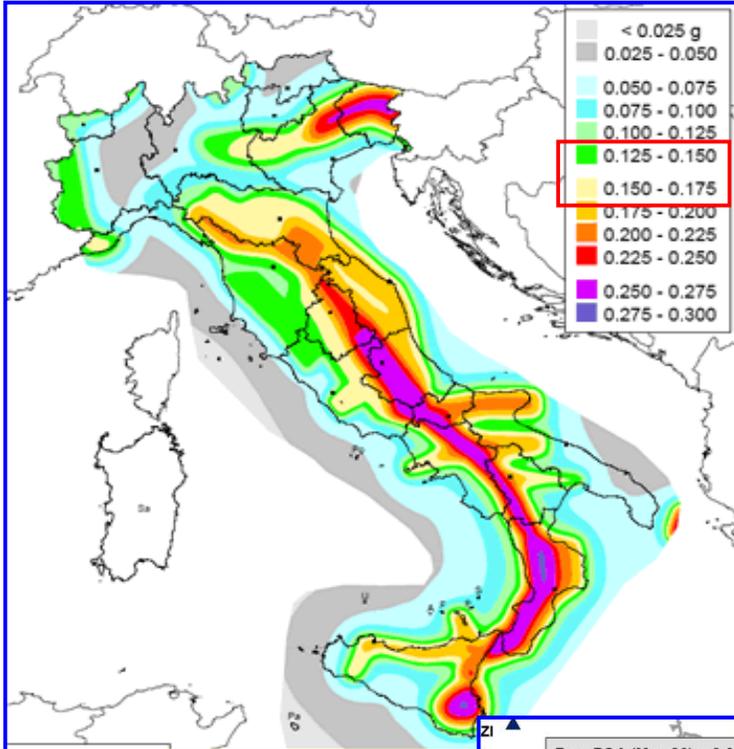
D.M. 14 Gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni

Cicolare 2 febbraio 2009 n. 617 – Istruzione per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14 gennaio 2008

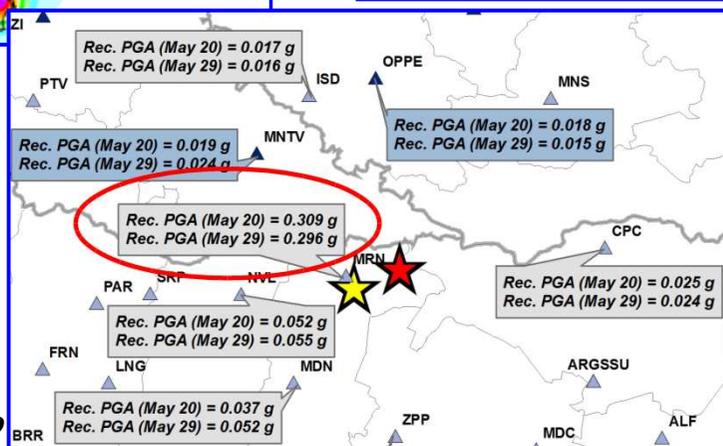
COSTRUZIONI CON STRUTTURA PREFABBRICATA (C 4.1 – C 7.4.5 – C 9.2.1 – C 11.8)

EDIFICI INDUSTRIALI: Evoluzione zonazione sismica

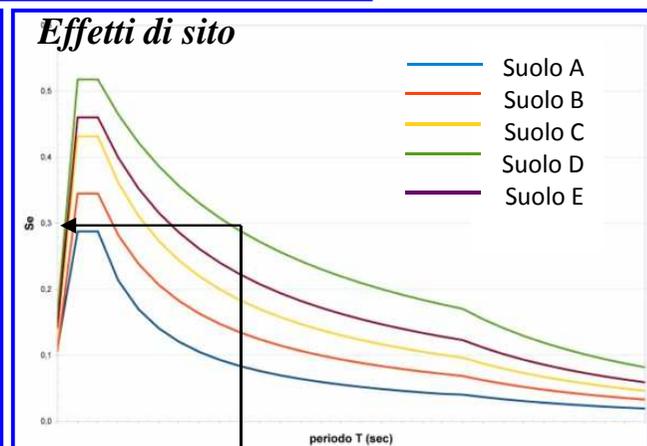
Mappa di pericolosità sismica 2006:OPCM 3519



NDSHA Method



PGA rilevati negli eventi del 20 e 29 maggio



EDIFICI INDUSTRIALI: Danni rilevati in seguito agli eventi sismici del 20 e 29 maggio – TRAVI A DOPPIA PENDENZA

Edificio travi a doppia pendenza: Perdita dell'appoggio e crollo della copertura



EDIFICI INDUSTRIALI: Danni rilevati in seguito agli eventi sismici 20 e 29 maggio – TRAVI A DOPPIA PENDENZA

Perdita dell'appoggio per rottura della forcina del pilastro e collasso copertura



EDIFICI INDUSTRIALI: Danni rilevati in seguito agli eventi sismici 20 e 29 maggio

Collasso dei pannelli di tamponamento

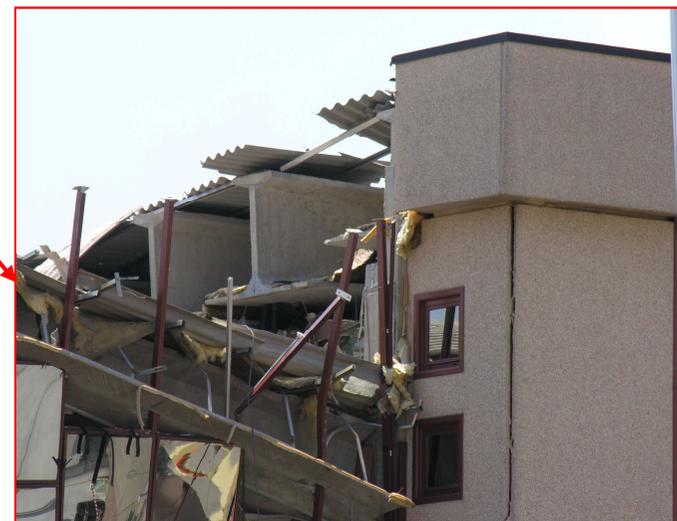
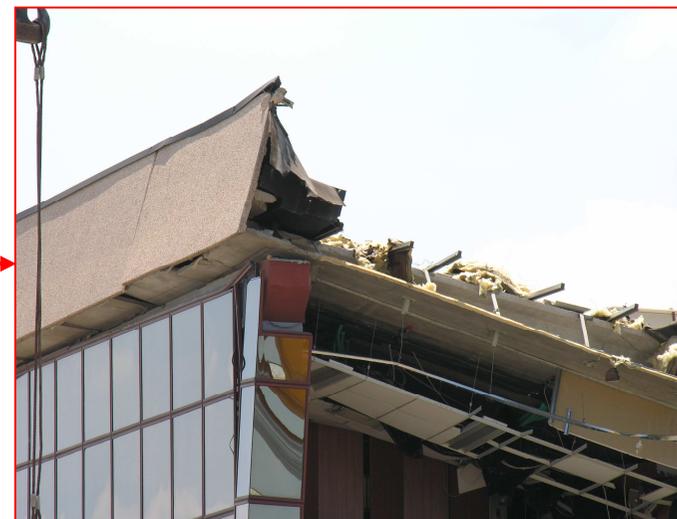


Particolari connessione pannello-pilastro



EDIFICI INDUSTRIALI: Danni rilevati in seguito agli eventi sismici 20 e 29 maggio

Collasso della trave: Separazione dei due conci di una trave a doppia pendenza



EDIFICI INDUSTRIALI: Danni rilevati in seguito agli eventi sismici 20 e 29 maggio – IMPORTANZA DELLE CATENE



Strutture miste c.a.p. e muratura: collasso a taglio dei maschi murari



EDIFICI INDUSTRIALI: Danni rilevati in seguito agli eventi sismici 20 e 29 maggio – IMPORTANZA DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI

Edificio privo di danni posizionato a pochi metri da uno crollato



D.L. 6 Giugno 2012 n. 74: *Interventi urgenti a favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismiche hanno interessato il territorio delle province di Bologna, Modena, Ferrara, Reggio Emilia, Mantova e Rovigo*

I titolari delle attività produttive devono acquisire la **certificazione di agibilità sismica**, previa verifica di sicurezza effettuata ai sensi delle norme tecniche vigenti (cap. 8 - costruzioni esistenti, delle NTC di cui al [DM 14 gennaio 2008](#)) (... *omissis*)

In attesa di **eseguire** la verifica di sicurezza, in via provvisoria, il certificato di agibilità sismica potrà essere rilasciato in assenza delle carenze strutturali di seguito elencate, 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.**

La verifica di sicurezza ai sensi delle norme vigenti dovrà essere effettuata **entro l'8 dicembre 2012** (6 mesi dalla data di entrata in vigore del decreto-legge).

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**. Per eseguire gli interventi eventualmente richiesti per il conseguimento del miglioramento sismico, ci saranno ulteriori 18 mesi di tempo.

Circolare del 25/06/2012 dell'Assessorato Sicurezza Territoriale, Difesa del Suolo e della Costa, Protezione Civile della Regione Emilia-Romagna (Autorizzazione sismica in fase di ricostruzione)

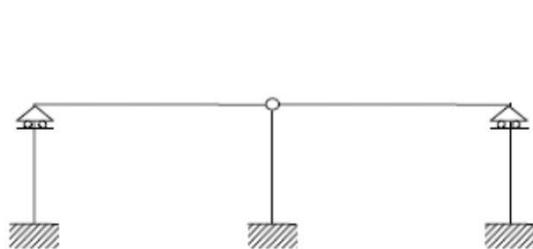
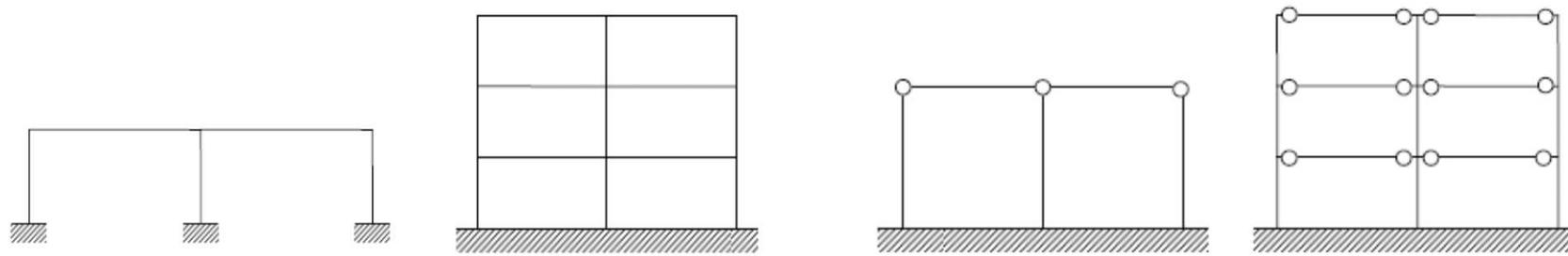
EDIFICI INDUSTRIALI: Quadro normativo



D.M. 14 Gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni

Cicolare 2 febbraio 2009 n. 617 – Istruzione per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14 gennaio 2008

Tipologie strutturali e fattori di struttura



- Strutture a telaio
- Strutture a pareti
- Strutture miste telaio-pareti
- Strutture a pannelli
- Strutture monolitiche a cella
- Strutture a pilastri isostatici

Tipologia	CD”B”	CD”A”
Struttura a pannelli	3,0	4,0 au/a1
Strutture monolitiche a cella	2,0	3,0
Strutture a pilastri isostatici	2,5	3,5

Il fattore q deve essere ridotto del 50% nel caso in cui i collegamenti non rispettino le indicazioni normative sui collegamenti e sugli elementi strutturali non può assumere un valore maggiore di 1,5

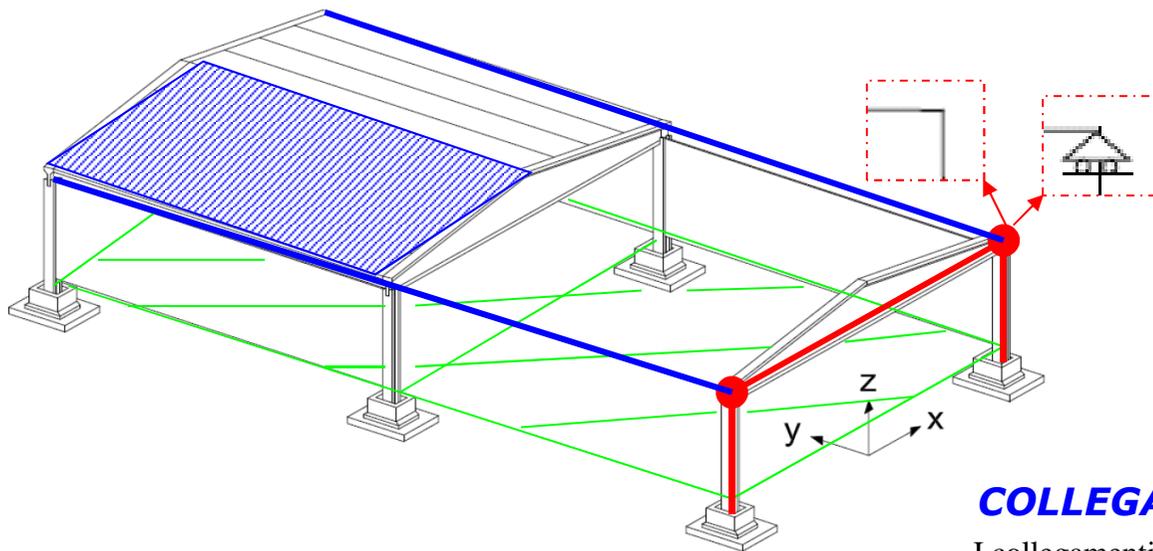
7.4.5.2 Collegamenti

I collegamenti tra gli elementi prefabbricati condizionano in modo sostanziale il comportamento statico dell'organismo strutturale e la sua risposta sotto azioni sismiche.

Per gli edifici prefabbricati a pannelli portanti l'idoneità dei collegamenti tra i pannelli con giunti gettati o saldati devono essere adeguatamente dimostrata mediante prove sperimentali.

I collegamenti tra elementi monodimensionali (trave-pilastro) devono garantire la congruenza degli spostamenti verticali e orizzontali, ed il trasferimento delle sollecitazioni deve essere assicurato da dispositivi meccanici. A questo vincolo può accoppiarsi, all'altro estremo della trave, un vincolo scorrevole. L'ampiezza del piano di scorrimento deve risultare, con ampio margine, maggiore dello spostamento dovuto alla azione sismica.

Per strutture a pilastri isostatici, il collegamento tra pilastro ed elemento orizzontale deve essere di tipo fisso (rigido o elastico). Le travi prefabbricate in semplice appoggio devono essere strutturalmente connesse ai pilastri o alle pareti. Le connessioni devono assicurare la trasmissione delle forze orizzontali nella situazione sismica di progetto senza fare affidamento sull'attrito. Ciò vale anche per le connessioni tra gli elementi secondari dell'impalcato e le travi portanti.



FONDAZIONI

- Valutazione di eventuali danni subiti e individuazione dei meccanismi attivatisi;
- Conoscenza del tipo di suolo per la caratterizzazione della risposta sismica con indagini appropriate (spandimento sismico);
- Valutazione della possibilità che si verifichino cedimenti differenziati;
- Rigidezza nei confronti della rotazione, atta a garantire l'incastro alla base dei pilastri;
- Resistenza nei confronti delle azioni laterali, trasmesse dal pilastro (in un contesto di gerarchia delle resistenze, la resistenza di tale elemento va sovradimensionata rispetto alla sovrastruttura)

PILASTRI-TRAVI

- Valutazione dei danni subiti e individuazione dei meccanismi attivatisi;
- Valutazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti;
- Valutazione e adeguamento di rigidezza, resistenza e duttilità nei confronti delle sollecitazioni di progetto, considerando lo schema statico idoneo (generalmente a mensola);

COLLEGAMENTI

- I collegamenti tra travi e pilastri e tra travi ed elementi di copertura non devono introdurre significativi momenti flettenti all'estremità degli elementi collegati non essendo essi dimensionati per assorbirli;
- Al fine di non modificare lo schema statico originario, i semplici appoggi devono essere trasformati in cerniere;
- Possono essere anche consentiti scorrimenti, purché questi siano in ogni caso limitati mediante ritegni opportunamente dimensionati.
- Deve essere contrastata la rotazione torsionale delle travi;
- Nel dimensionamento dei collegamenti, si deve fare riferimento al criterio di gerarchia delle resistenze (collegamenti duttili e più deboli degli elementi che collegano);
- I dispositivi di fissaggio impiegati (tipicamente tasselli) devono essere più resistenti dei dispositivi di collegamento da essi fissati.

EDIFICI INDUSTRIALI: Mitigazione della vulnerabilità

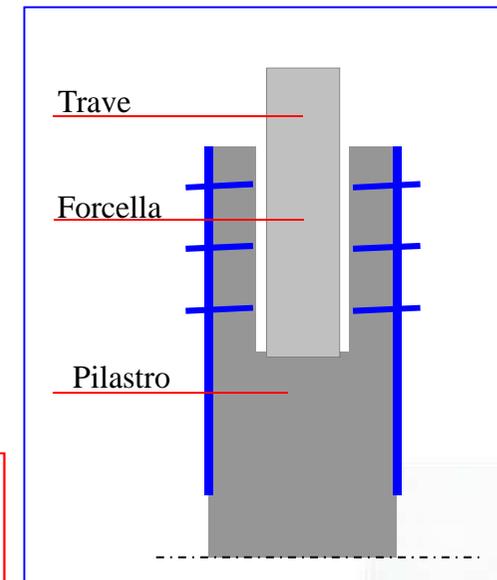
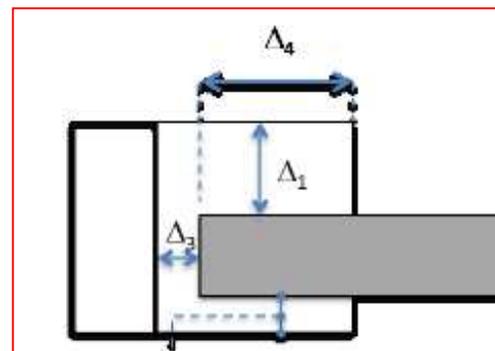
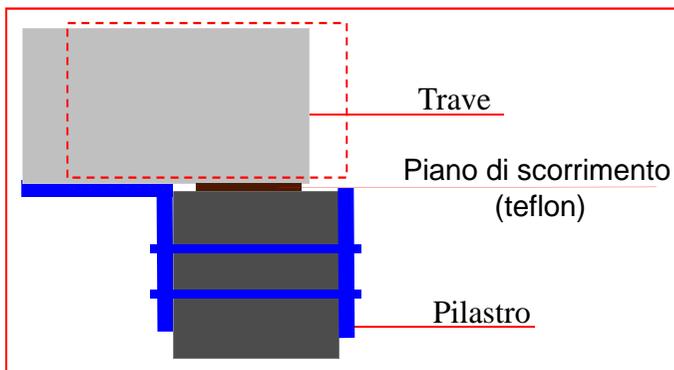
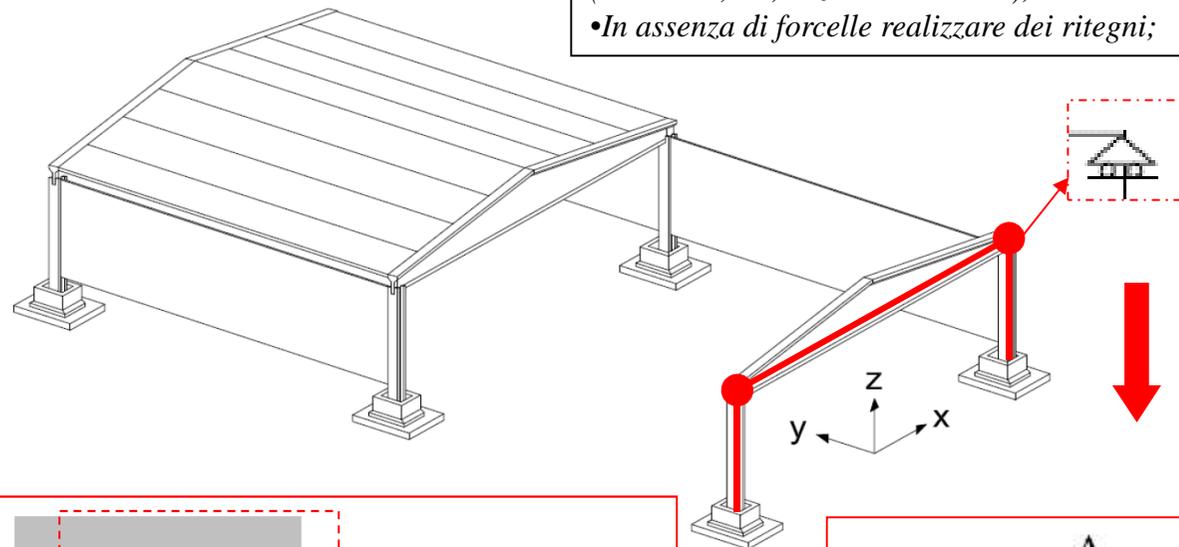


Linee di indirizzo per interventi locali e globali su edifici industriali monopiano non progettati con criteri antisismici (Giugno 2012)

Si tratta di linee di indirizzo che non hanno in alcun modo carattere prescrittivo e/o cogente; esse mirano a fornire alcune soluzioni tecniche (che certo non esauriscono un problema complesso e delicato quale quello in oggetto. Il singolo progettista si assume la piena responsabilità del progetto e dei dettagli costruttivi

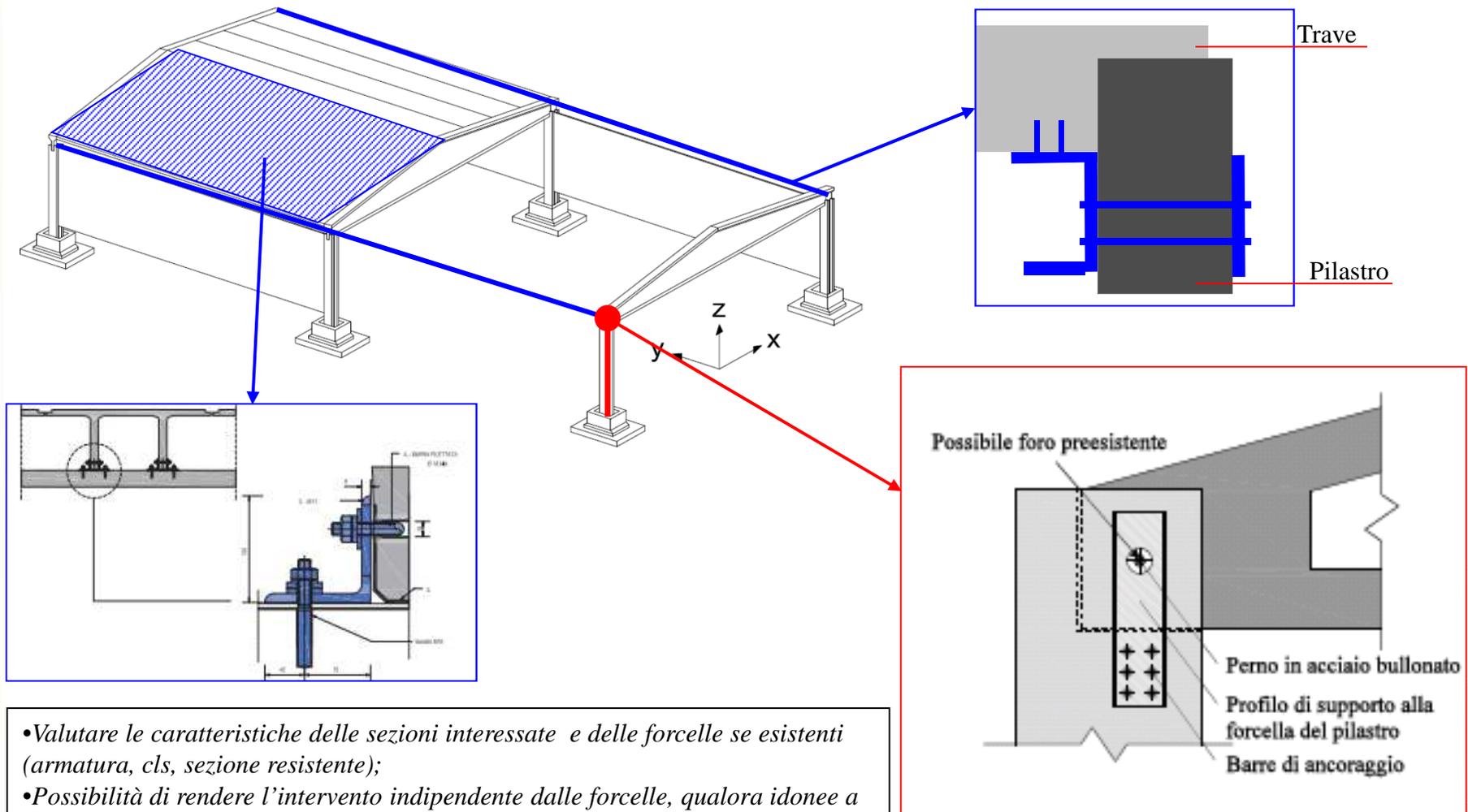
APPOGGI SCORREVOLI

- Valutare le caratteristiche della sezione di pilastro interessata e delle forcelle, se esistenti (armatura, cls, sezione resistente);
- In assenza di forcelle realizzare dei ritegni;

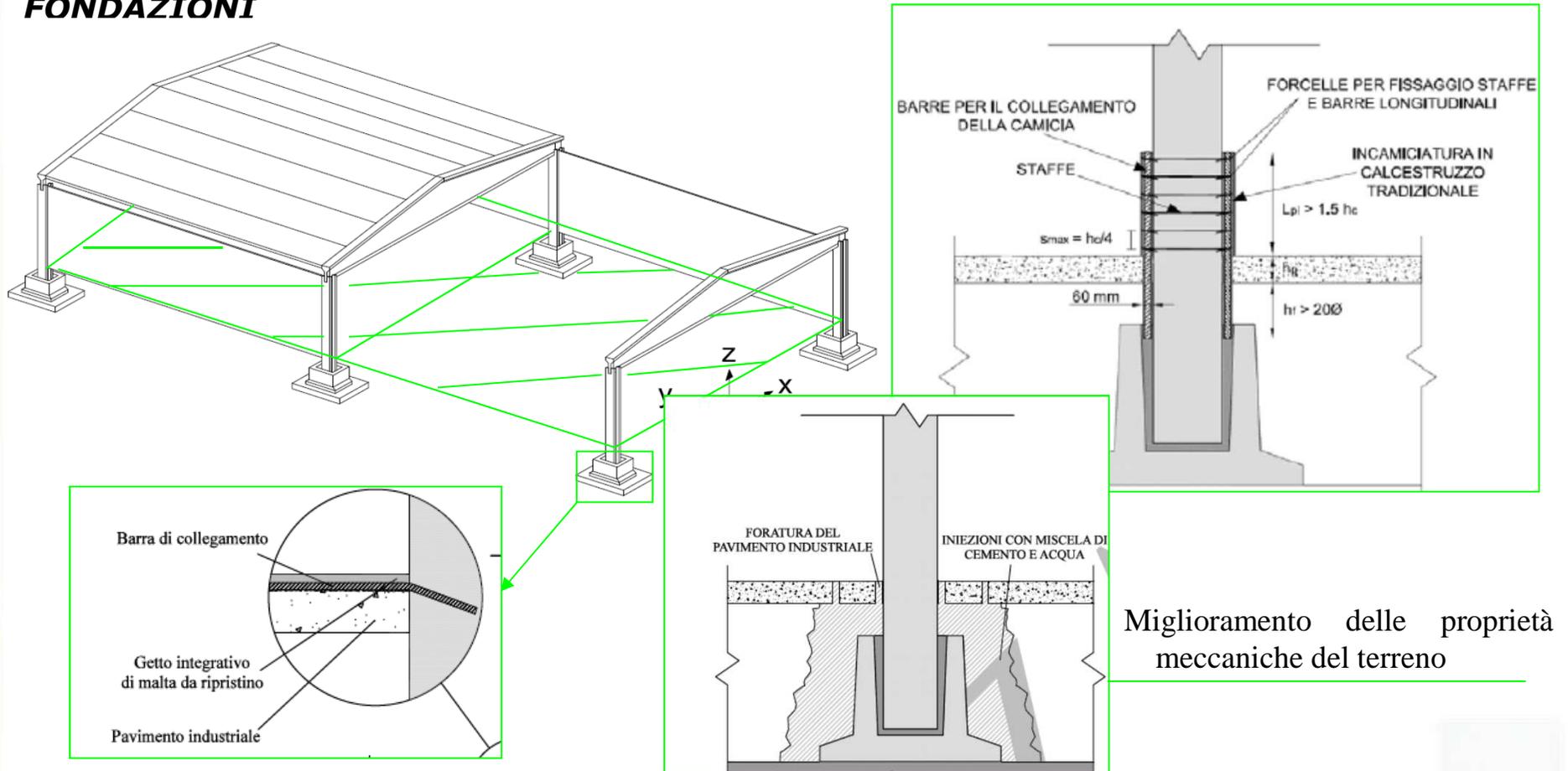


COLLEGAMENTI TRA GLI ELEMENTI STRUTTURALI

COLLEGAMENTI CON PROFILI FORMATI A FREDDO



FONDAZIONI



Requisiti degli elementi di fondazione:

- *adeguata rigidezza nei confronti della rotazione, sufficiente a garantire l'incastro alla base dei pilastri.*
- *adeguata resistenza nei confronti delle azioni laterali, trasmesse dal pilastro (sovradimensionare per la gerarchia delle resistenze)*

Categorie di intervento:

- *-Collegamento plinto con pavimentazione industriale (se di adeguato spessore e rigidezza). Esso evita il rinforzo dei plinti, demolizioni significative di quota parte del massetto industriale, o di altre operazioni, comunque di costosa e non rapida esecuzione.*
- *L'intervento deve essere realizzato in modo da non variare la posizione dell'estradosso del massetto (barriere architettoniche)*

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

