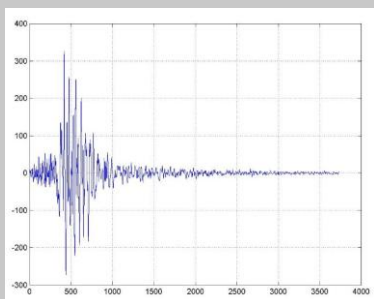


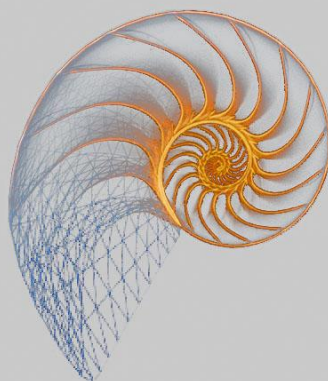
## Presentazione delle attività dello Studio

### SETTORE:



### PROGETTAZIONE ANTISISMICA EDIFICI PREFABBRICATI IN C.A. E C.A.P.

- EDIFICI NUOVI
- MIGLIORAMENTO SISMICO EDIFICI ESISTENTI
- VERIFICHE DI SICUREZZA SISMICA
- ADEGUAMENTO SISMICO



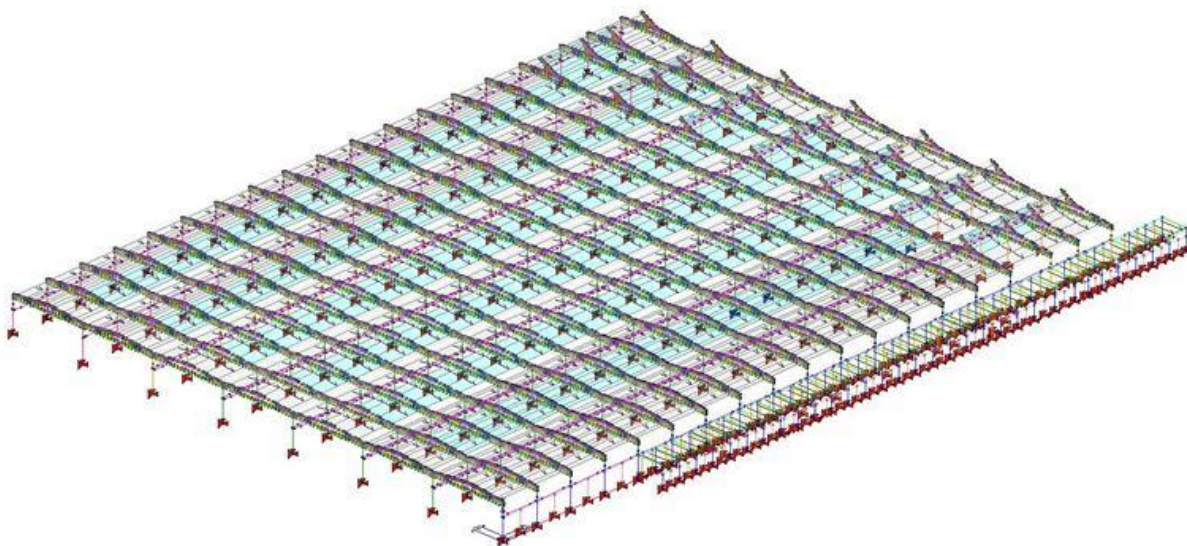
#### *Altri Settori:*

PROGETTAZIONE STRUTTURALE  
PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA  
RISTRUTTURAZIONI E RESTAURO  
RETI TECNOLOGICHE  
PREVENZIONE INCENDI  
PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA  
PROGETTAZIONE URBANISTICA

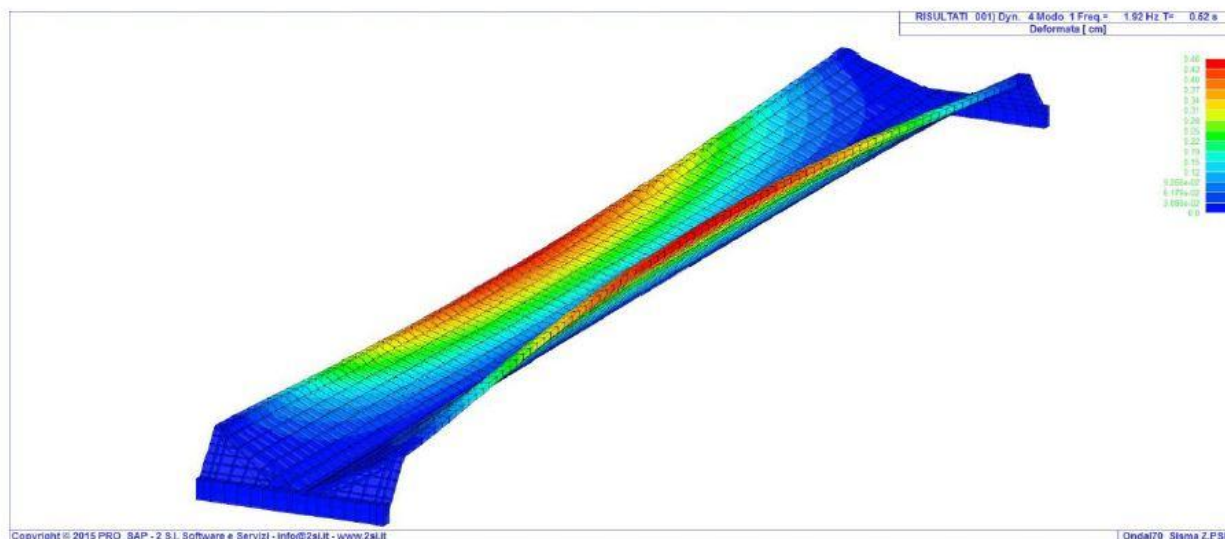
Lo studio **CPR Ingegneria** nasce nel 2003 dalla fusione di più studi di Ingegneria Civile. I campi di attività sono diversi. Nel presente documento si concentra l'attenzione solo sull' **Ingegneria sismica**, che è il primo e più importante settore di attività dello studio.

Lo studio tratta sia le **Opere private** che le **Opere Pubbliche**, partendo dalla Progettazione, fino alla Direzione Lavori, alla Contabilità, al Collaudo.

Nel presente documento si trattano solamente gli "Edifici prefabbricati in Cemento armato" e Cemento armato precompresso, con particolare riguardo alla progettazione antisismica.



*Modellazione di una struttura prefabbricata di grandi dimensioni con copertura "deformabile"  
Verifica sismica e Progetto di Miglioramento sismico al 60% dello spettro SLV*



*1° modo di vibrare del tegolo (governato dalla massa eccentrica dello shed): T=0,52 s*

*Tegolo soggetto ad azione verticale*

## ATTIVITA' DELLO STUDIO:

- 1) Progettazione di “**Edifici nuovi**”, con l'utilizzo di:
  - sistemi tradizionali
  - dispositivi dissipativi
- 2) Miglioramento sismico (o adeguamento) di “**Edifici esistenti**”, tramite:
  - sistemi tradizionali
  - dispositivi dissipativi
- 3) **Verifica sismica** di “edifici esistenti”
- 4) **Rinforzi delle fondazioni** (fondazioni dirette , fondazioni su pali)
- 5) **Studi specifici** per le strutture prefabbricate

- **Tecniche di progettazione tradizionali: l'aumento della resistenza strutturale**

E' la tecnica maggiormente utilizzata, in quanto è la più semplice da progettare e, normalmente, la meno costosa da realizzare. Essa prevede l'aumento della resistenza delle membrature fino al punto da resistere all'azione sismica di progetto, mettendo in conto la capacità di danneggiamento ciclico delle sezioni critiche della struttura. Tale danneggiamento si traduce in cicli di isteresi, e quindi smorzamento e dissipazione.

Si tratta di un approccio progettuale poco adatto per gli edifici prefabbricati, i quali presentano coperture di tipo pesante, solitamente di tipo “deformabile” e spostamenti ultimi di diversi centimetri (5-15 cm).

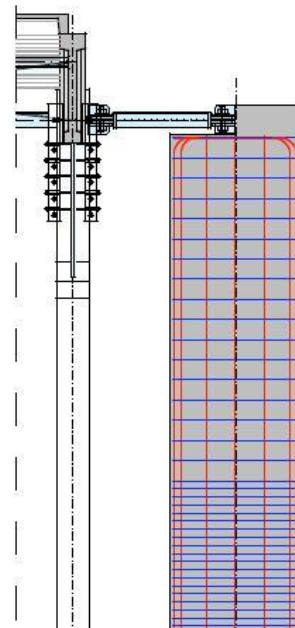
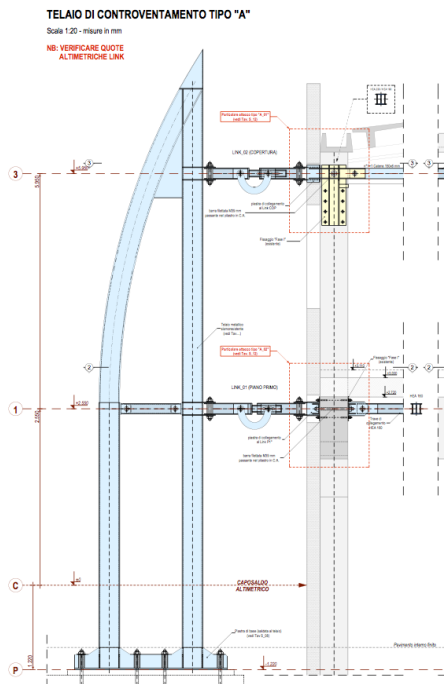
L'approccio progettuale in termini di resistenze, infatti, per gli edifici prefabbricati spinge il progettista ad alleggerire al massimo le coperture.



*Struttura prefabbricata con copertura in pannelli sandwich*

Volendo mantenere le tipologie costruttive attualmente in uso, si deve obbligatoriamente ricorrere al rinforzo delle sezioni, con conseguente aumento dei costi.

Nei casi di miglioramento o adeguamento dell'esistente, quando non è possibile aumentare la resistenza degli elementi strutturali esistenti, in quanto insufficienti o mancanti, o per limitazioni delle fondazioni, si ricorre all'aggiunta di nuove strutture sismo-resistenti, all'interno dell'edificio o all'esterno, con relativa fondazione.



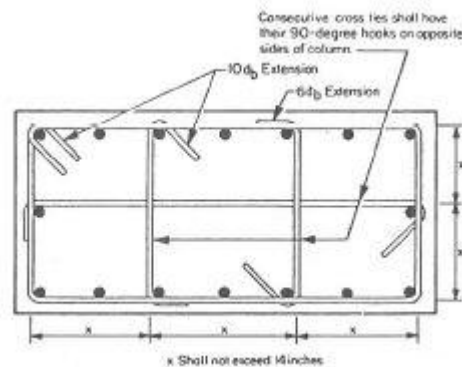
*Nuova struttura sismo-resistente in acciaio, esterna all'edificio*

*Nuova struttura sismo-resistente in CA, esterna all'edificio*

Spesso la committenza dimentica che questa tecnica progettuale (progettare in termini di resistenze) prevede che, a seguito di azione sismica sopra una certa soglia (oltre l'SLD), l'edificio si danneggi irrimediabilmente, al punto da dover poi essere demolito; la norma richiede solamente di evitare il crollo, preservando quindi la vita umana.



*Concio di pilastro senza confinamento efficace: danneggiamento grave dopo pochi cicli*



*Sezione in CA correttamente staffata, in grado di resistere a molti cicli*





*Pilastro in C.A. rinforzato e confinato tramite fibre di carbonio o con lamiere incollate  
Si ottiene: un aumento del momento ultimo, del taglio ultimo, della resistenza ciclica e della duttilità*

Questo approccio progettuale, usualmente attuato tramite l'adozione di spettri di risposta in accelerazione ridotti con l'utilizzo di una fattore di struttura, richiederebbe la presenza di una copertura a comportamento tipo "diaframma rigido", al fine di coinvolgere tutti i pilastri nel comportamento d'insieme.

Tale richiesta normativa molte volte viene disattesa, in quanto le strutture prefabbricate più recenti, realizzate spesso con tegole di grande luce e illuminazione tramite sheds, risultano fortemente deformabili. Il requisito dovrebbe essere soddisfatto tramite un controventamento della copertura; cosa fattibile ma che implica un certo aumento dei costi.

Un ulteriore problema di questo tipo di progettazione deriva dalla necessità di avere spostamenti considerevoli, soprattutto nella verifica SLU (5-15 cm). In questo senso i tamponamenti perimetrali, sia orizzontali che verticali, sono sempre un problema, in quanto occorre prevedere un aggancio scorrevole e delle lattonomie in copertura in grado di assecondarli.



*Controventamento di copertura in tegoli precompressi e sheds*

Il controventamento è comunque fattibile. Seppure costoso, ha il vantaggio di limitare gli sforzi nei fissaggi dei tegoli (i quali raggiungono livelli spesso inaccettabili) e limitare i danneggiamenti localizzati: rotture locali, danni ai serramenti, ecc.

- **La tecnica dell'isolamento alla base**

E' una tecnica tanto semplice concettualmente, ed intuitiva, quanto delicata dal punto di vista progettuale.

L'edificio isolato (normalmente alla base), se ben progettato, non subisce alcun danneggiamento durante l'evento sismico più violento, limitando anche il disagio e il panico degli occupanti. E' una tecnica estremamente indicata nel caso di edifici strategici.

Nel caso di edifici prefabbricati monopiano, è una tecnica economicamente conveniente solo se i dispositivi sono applicati sulla sommità dei pilastri. In caso di edifici pluripiano dotati di interrato, i dispositivi possono essere collocati al livello del Piano terra. In ogni caso occorre garantire una buona capacità di spostamento relativo fra le strutture, senza innescare effetti "P-delta" importanti, cosa evidentemente legata strettamente alla tipologia costruttiva.

A seguito di evento sismico, l'edificio non necessita di riparazioni, ma solo dell'ispezione o dell'eventuale sostituzione dei dispositivi di isolamento.

Questa tecnica, in generale, si può applicare a tutte le tipologie strutturali, con costi normalmente più alti delle tecniche tradizionali; tuttavia un conteggio di costi corretto va fatto caso per caso, e dovrebbe mettere in conto anche l'assenza di costi di riparazione a seguito dell'evento sismico violento. Nel caso specifico degli edifici prefabbricati, la tecnica può consentire di realizzare strutture in elevazione maggiormente snelle, riducendo i pesi e quindi i costi.



Isolatore elastomerico in fondazione

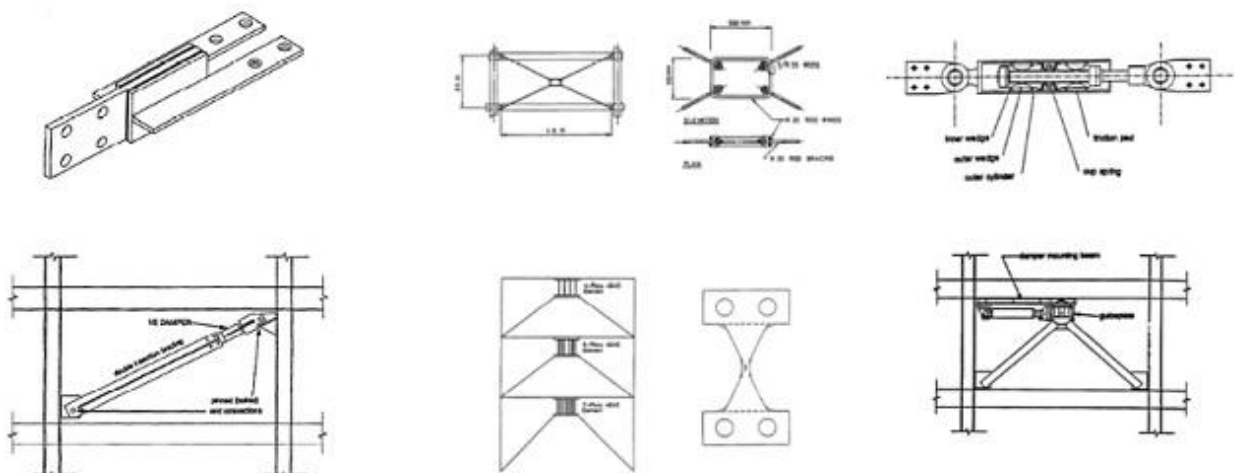
- **La tecnica della dissipazione**

E' la tecnica più delicata e complessa da progettare, ma di più facile applicazione pratica, economica e che porta vantaggi notevoli. Essa consiste nell'ottenere una dissipazione dell'energia sismica in ingresso tramite appositi dispositivi, evitando che essa si trasformi in energia elastica di deformazione delle strutture, cioè spostamenti, velocità, accelerazioni, e quindi forze.

La dissipazione, quando avviene con cicli di isteresi stabili e senza perdita di resistenza e rigidezza, determina sempre una riduzione degli spostamenti (al contrario dell'isolamento), con conseguente riduzione delle azioni sollecitanti sulla struttura. E' usuale ottenere una riduzione di forze del 30-50%, che può essere visualizzata in termini di smorzamento viscoso equivalente.

Anche questa tecnica, come quella dell'isolamento, preserva l'integrità delle strutture portanti e limita i disagi e il panico degli occupanti.

Si attua tramite l'inserimento di appositi dispositivi in particolari zone della struttura. I dispositivi possono essere di tipo **isteretico** o **viscoso**.

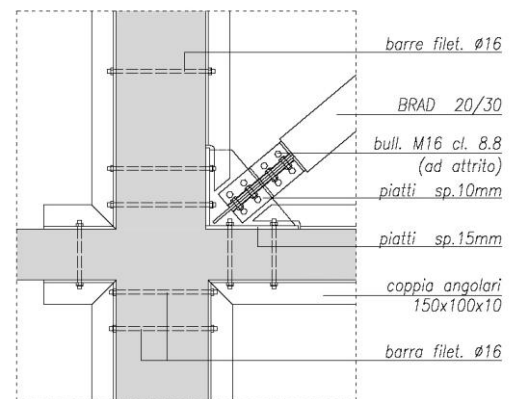


A seconda della collocazione nella struttura, si possono adottare dispositivi di tipo diverso. In tutti i casi si ottiene il medesimo effetto sulla struttura: la dissipazione dell'energia elastica immessa nel sistema strutturale. Questo si traduce in riduzione degli spostamenti elastici, quindi delle forze sollecitanti.

### Dispositivi isteretici

Da alcuni anni si trovano in commercio alcuni dispositivi a comportamento isteretico. In particolare, nel campo della prefabbricazione si possono utilizzare:

- *Dispositivi tipo "BRAD"*: Si tratta di dispositivi che lavorano con forze di 1-20 ton e spostamenti dell'ordine del centimetro, con soglia di snervamento di qualche millimetro. Il ciclo d'isteresi è estremamente stabile per molti cicli. Si applicano solitamente come controventi, collegandoli alla fondazione e ai nodo superiore "trave-pilastro".

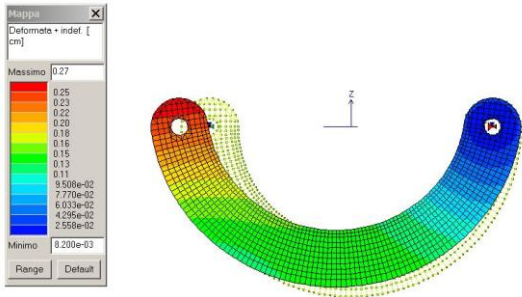


- *Dispositivi "a piolo"*: Si tratta di dispositivi che lavorano con forze limitate e spostamenti dell'ordine di diversi centimetri; altre tipologie, disponendo in serie gli elementi isteretici, garantiscono forze superiori. Solitamente si applicano in corrispondenza dei nodi strutturali





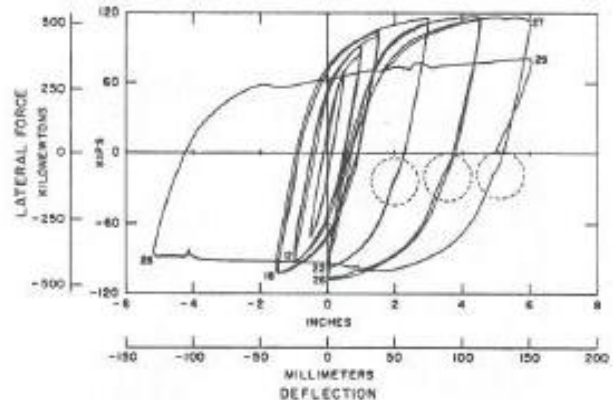
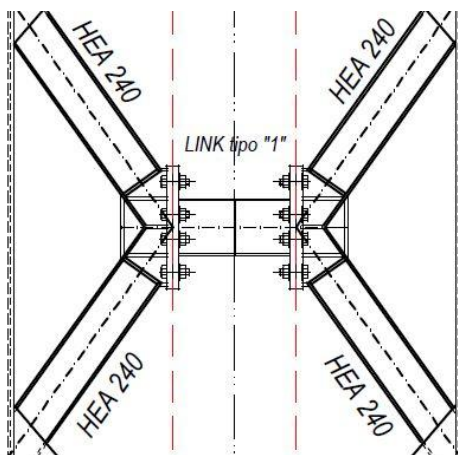
- Dispositivi a “falce di luna”: simili ai dispositivi a piolo. Solitamente si applicano in corrispondenza dei nodi strutturali



Esempio di dispositivo applicato agli appoggi dei tegoli, con vincolo a carrello.

- Link eccentrici

Un particolare tipo di dispositivo isteretico, abbastanza semplice e che non richiede alcuna certificazione all'origine, è il cosiddetto “Link eccentrico”. In pratica si tratta di inserire nella struttura sismo-resistente, normalmente metallica, un elemento metallico apposto in grado di dissipare l'energia deformandosi a flessione e taglio. Si tratta quindi di elementi dal costo modesto che non sono neppure classificati come “dispositivi”. Necessitano ovviamente di sostituzione in caso di evento sismico.



Link dissipativo inserito in una struttura metallica e relativo ciclo di isteresi

### Dispositivi fluido-viscosi (damper)

Tali dispositivi, prodotti in tutte le forme e di tutte le dimensioni, sono sostanzialmente dei banali ammortizzatori. Più precisamente sono dispositivi che trasmettono forze dipendenti dalla velocità.

Hanno il pregio di possedere cicli d'isteresi a regime estremamente stabili, tarati secondo le esigenze del progettista, e di non necessitare di sostituzione. Il costo varia da poche centinaia di euro a qualche migliaio di euro per i più grandi.

In genere si applicano nei nodi della struttura e fra pilastri e pannelli perimetrali.



*Collegamento trave-pilastro: appoggio scorrevole con dissipatore*

### CONCLUSIONI:

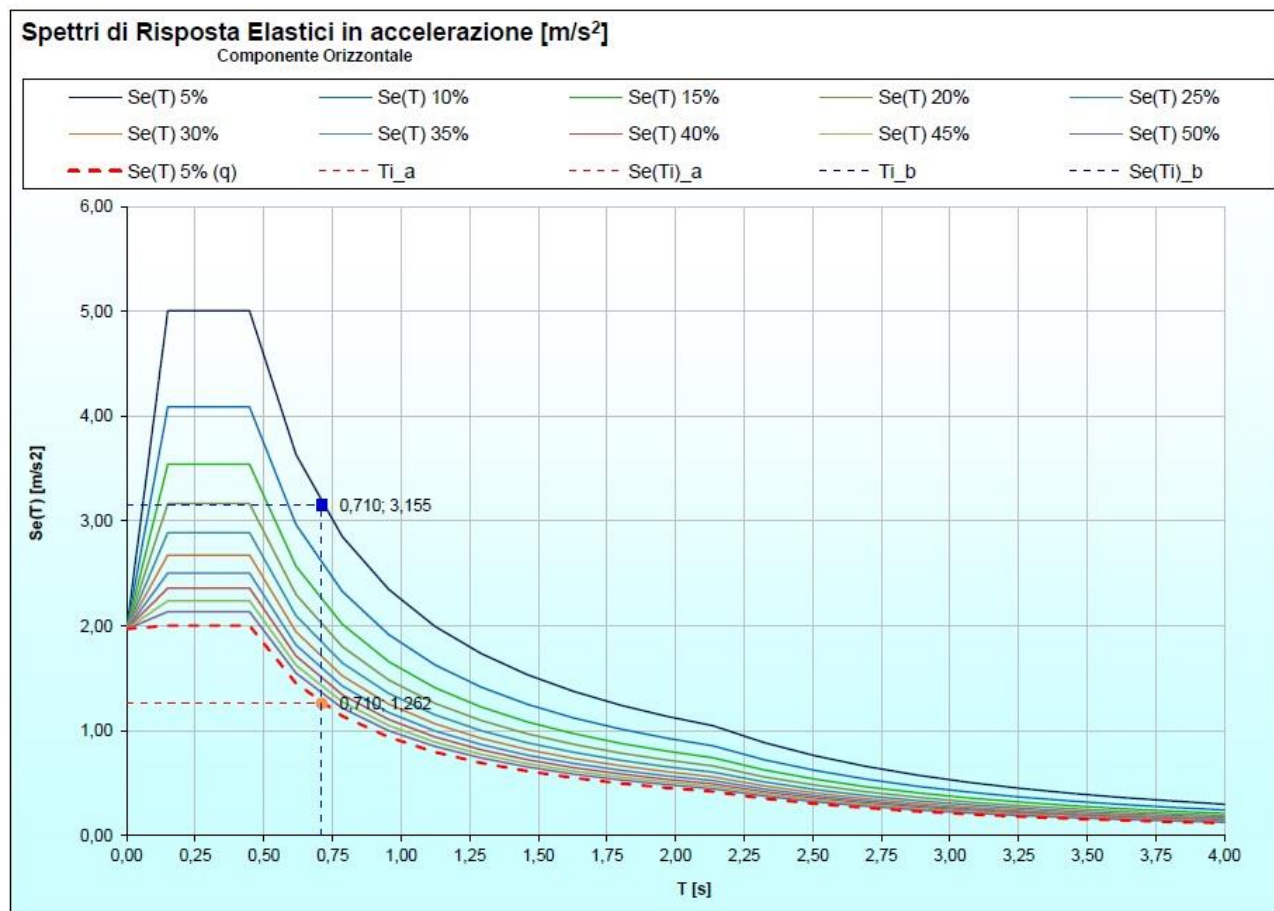
**La tecnica della dissipazione**, collaudata da diversi anni (anche se poco diffusa in Italia), è spesso utilizzata per il miglioramento o l'adeguamento sismico degli edifici esistenti, ma **può essere adottata utilmente anche nelle nuove progettazioni, consentendo di mantenere le attuali coperture di tipo "pesante", anche se di tipo deformabile**. Riducendo gli spostamenti ultimi riduce anche i problemi degli spostamenti relativi fra pilastri e tamponamenti.

### PROGETTAZIONE:

L'utilizzo dei dispositivi dissipativi richiede normalmente oneri di progettazione superiori alla norma e una certa esperienza (ed anche un certo intuito) da parte del progettista.

Dal punto di vista dei metodi adottabili per l'analisi strutturale, le strutture che utilizzano dissipatori viscosi richiedono normalmente tecniche di progettazione onerose, tipo *"time history"*, lineari o non lineari. Nel caso di utilizzo di dispositivi *"isteretici"* è *possibile utilizzare* tecniche di analisi semplificate, di tipo lineare con fattore di struttura, o non lineari tipo *pushover*, a condizione che però l'impalcato abbia un comportamento non deformabile. Negli altri casi si ricorre sempre ad analisi nel dominio del tempo.

Il risultato è l'ottenimento di smorzamenti viscosi equivalenti del 30-50% forniti solo dai dispositivi:



*Spettro in accelerazione ridotto per effetto dei soli dispositivi dissipativi (smorzamento al 50%)  
La struttura resta in campo elastico.  
Tutte le strutture (comprese le fondazioni) sono dimensionate per le forze di progetto ridotte*

NB: Tutti questi dispositivi, in base alla normativa vigente, devono essere certificati e marchiati dal produttore, al fine di garantire il corretto funzionamento in opera.

- **Verifica sismica di edifici esistenti**

Un'attività molto richiesta attualmente è quella della **Verifica sismica di edifici esistenti**, sia per le **Attività produttive** (nell'ottica del D Lgs 81-2008), che per altre tipologie di edifici.

Le tecniche di analisi degli edifici sono abbastanza complesse e delicate, in quanto devono tenere conto del reale comportamento delle sezioni critiche, le quali presentano quasi sempre staffature non efficaci dal punto di vista sismico, e delle effettive resistenze al taglio. Su questo aspetto occorre anche segnalare che la normativa vigente consente di mettere in conto resistenze al taglio non cautelative.

La verifica ha anche lo scopo di individuare le possibili tecniche di intervento per raggiungere il miglioramento sismico almeno al 60% dell'azione di progetto rispetto al nuovo.

- **Interventi di rinforzo in fondazione**

Nel campo delle **Fondazioni**, lo studio progetta fondazioni dirette, su pali, su micropali, per le zone sismiche o per le opere di miglioramento sismico.

Nel caso di edifici prefabbricati, spesso le fondazioni sono di tipo isolato, di tipo “diretto” o su pali.

Le tecniche di rinforzo in fondazione sono di diverso tipo:

- Rinforzo della fondazione tramite pali o micropali;
- Rinforzo della fondazione tramite collegamento alla pavimentazione in CA;
- Rinforzo di fondazioni a bicchiere prefabbricato tramite collegamento del bicchiere stesso alla zattera sottostante.

Per un elenco completo dei lavori svolti, e maggiori informazioni, visitare il sito: [www.cpr-ingegneria.it](http://www.cpr-ingegneria.it)