



# Percorsi

# 4

**Percorsi progettuali Softing**

**Progettare edifici isolati sismicamente**

# Percorsi

## Progettare edifici isolati sismicamente

giugno 2006 – rev. 0

© 2006, Softing srl.

*Questo testo è stato redatto a cura della Softing srl. E' proprietà della Softing srl. La diffusione è consentita solo a patto che sia integra e che venga integralmente riportato il testo, il titolo e la proprietà. La copia parziale per inserimento o per citazioni è espressamente proibita se non è chiaramente citata la fonte. Questo testo contiene opinioni e consigli della Softing srl sui quali la Softing non assume alcuna responsabilità né in merito alla esattezza né alla applicabilità a casi specifici.*

### Introduzione

Questi “percorsi” sono delle indicazioni “passo passo” per soddisfare i requisiti di normativa e progettuali con i nostri programmi.

Si assume che siano già noti i comandi dei nostri programmi.

I nostri programmi non sono “procedurali” nel senso che non obbligano l’utente a un percorso unico ma sono pensati per poter soddisfare le esigenze di verifica e di progetto più ampie. Quindi questi “percorsi” sono uno dei tanti possibili e quelli che noi riteniamo più produttivi. Non è detto che siano i più adatti alle esigenze o ai gusti di tutti i progettisti che possono quindi seguire la strada che preferiscono.

I programmi di EasyWorld, mantenendo la generalità di impiego che è indispensabile in programmi per il progetto strutturale, sono stati arricchiti di funzioni ausiliarie, spesso affidate ai plug-in, per automatizzare al massimo il soddisfacimento delle esigenze di normativa consentendo un “percorso” progettuale secondo normativa piuttosto agevole.

Per rendere il più possibile proficuo l’uso di questi “percorsi”, abbiamo pensato di informare contemporaneamente su più aspetti:

- il percorso consigliato
- commenti e approfondimenti di normativa o di buon progetto **(riferimenti in colore rosso)**
- approfondimenti sull’approccio del software al problema e sviluppi previsti del nostro software **(riferimenti in colore blu)**

Per non appesantire la lettura abbiamo scritto le informazioni aggiuntive sotto forma di note affiancando al testo del “percorso” dei richiami alle note che abbiamo raccolto in fondo al “percorso”.

Questo percorso è anche accompagnato da una Relazione di calcolo completa redatta su un problema tipico svolto come nel percorso.

Se necessario, alla fine di questo testo troverete anche elementi di teoria da usare eventualmente nella vostra relazione di calcolo o come risposte tecniche a richieste della pubblica amministrazione.

Gli argomenti trattati in questo testo sono nostri consigli, soprattutto riguardo l'applicazione della normativa e quindi è compito del progettista valutarne l'applicabilità al proprio caso specifico e la validità in senso più generale. Infatti, nonostante gli sforzi che abbiamo profuso soprattutto per interpretare correttamente la normativa, non escludiamo vi possano essere degli errori o delle omissioni. Per quanto riguarda le note sugli "sviluppi futuri" si tratta di note sullo stato attuale di progetto del software, non costituiscono alcun impegno da parte nostra che tali progetti siano portati a compimento e lo sono nei termini descritti.

## Ringraziamenti

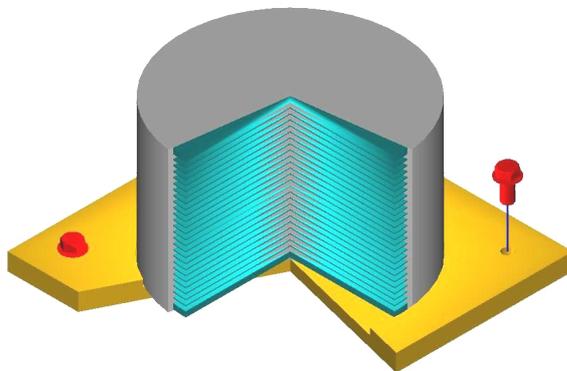
Questo Percorso è stato reso possibile solo dalla stretta collaborazione con la TIS S.p.a ([www.tis.it](http://www.tis.it)) e dalla disponibilità e competenza dell'ingegner Chiara Castino. Ringraziamo la TIS e la signora Castino.

## Premessa

Progettare edifici isolati sismicamente non è difficile. Sull'isolamento sismico vi è un'aura di mistero dovuta in larga parte al fatto che l'impiego di questa tecnica era subordinata alla approvazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Ora, con l'Ordinanza 3274, non è più così. Strumenti di calcolo evoluti, il miglioramento delle prestazioni degli isolatori, il consolidarsi delle tecniche costruttive hanno reso questa tecnica abbordabilissima. Purtroppo, sull'argomento, sono reperibili solo testi abbastanza accademici. Qui, in collaborazione con la TIS vogliamo dare delle "Istruzioni sull'uso" molto semplici.

## Perché il progetto è facile

Per gli edifici, gli isolatori che vengono in genere impiegati sono di tipo elastomerico. Questi isolatori sono fatti di strati di una particolare miscela di gomma dalle proprietà dissipative alternati a lamiere di acciaio per migliorarne il comportamento sotto carico verticale.



Se si ha la necessità di avere una maggiore dissipazione (coefficiente di smorzamento  $> 15\%$ ), si può ricorrere ad isolatori più "sostanziosi" nei quali la gomma è dotata di cavità riempite di un materiale dalle notevoli capacità dissipative (coefficiente di smorzamento 20-28%).

Gli isolatori elastomerici hanno un comportamento descrivibile tramite relazioni lineari poiché si tratta di dispositivi elastici e, per i valori di deformazione comunemente utilizzati compresi fra il 50 ed il 200%, la rigidità si mantiene costante.

Si comportano, per intenderci, come le sospensioni delle automobili. Quindi agiscono come molle associate a smorzatori viscosi influenzando su due parametri del comportamento della struttura: lo smorzamento e il periodo.

È noto che all'aumentare del periodo la risposta in accelerazione diminuisce e altrettanto avviene aumentando lo smorzamento. Gli smorzatori elastomerici fanno entrambe le cose.

Certamente vi sono dei limiti: e in questo consiste un buon progetto. All'aumentare del periodo aumenta lo spostamento e gli apparecchi d'isolamento non possono spostarsi oltre un certo intervallo oltre il quale perdono di efficacia. O, più esattamente, il valore limite è relativo e non assoluto nel senso che la deformazione dell'isolatore non può superare il 200% dello spessore di gomma, ma basta aumentare lo spessore stesso per avere maggiori spostamenti. Le forze verticali che su essi agiscono non devono superare certi limiti in quanto, a isolatore deformato, la capacità portante anch'essa diminuisce. Ma, come si vede, sono concetti molto semplici.

## Il modello di calcolo

I testi in commercio presentano lunghi calcoli fatti “a mano” riportando tutti i passaggi presupponendo due cose non vere: la prima che il progettista abbia voglia di seguire i calcoli, la seconda che il calcolatore elettronico serva solo per fare, alla fine del libro, qualche bel disegno per sentirsi “alla moda”. Noi sappiamo invece che i progettisti usano il calcolatore come uno strumento di lavoro e quindi la loro prima preoccupazione è come usarlo per una struttura isolata.

È semplicissimo. Ve lo diciamo in due passi.

1) Generare uno spettro di risposta elastico con smorzamento equivalente dell'isolatore prescelto (tipicamente 10%). In Nòlian si fa con il plug-in gratuito di generazione degli spettri.

2) Nel modello, inserire delle molle (in Nòlian l'elemento Boundary) sotto i punti (generalmente a livello fondazioni ma l'isolamento può avvenire a qualunque livello dell'edificio) con rigidità “laterale” pari a quella degli smorzatori adottati e rigidità assiale che è tipicamente 800 volte quella orizzontale. La Norma prescrive che per evitare l'effetto rocking l'isolatore debba possedere una rigidità verticale almeno pari a 800 volte quella orizzontale) Questi dati si possono ricavare dal catalogo del produttore.

A questo proposito, ricordiamo che, in genere, i cataloghi dei produttori riportano solo dei valori tipici ma che gli smorzatori possono essere realizzati sui parametri richiesti dal progettista.

Forse è utile ricordare che la rigidità orizzontale  $K$  dell'isolatore è data dalla relazione  $K = G \times A / H$  dove  $H$  è l'altezza dell'isolatore,  $A$  l'area dell'isolatore e  $G$  il modulo di elasticità trasversale del materiale tipicamente compreso tra 0.4 e 1.4 MPa.

Le masse da applicarsi in questa analisi sono, così come previsto dalla normativa, i carichi permanenti ( $G_k$ ) e variabili ( $Q_k$ ) moltiplicati per i coefficienti  $g$  tabellati secondo la combinazione di carico che si vuole verificare (statica, sismica...)

Quindi il modello non presenta difficoltà alcuna.

## Le verifiche

Come abbiamo detto, per motivi fisici che si riflettono nella normativa, si può effettuare, per il tipo di isolamento di cui parliamo, un'analisi dinamica lineare. Quindi si può effettuare l'analisi sismica che si effettua normalmente su edifici senza isolatori. Non si deve apprendere alcuna nuova tecnica.

Abbiamo supposto qui di operare su un modello per il quale si sia già effettuato un predimensionamento degli isolatori. Fatta l'analisi avremo come primo dato lo spostamento dell'isolatore che, come avevamo detto, non deve superare il massimo spostamento di lavoro dell'oscillatore, valore fornito dal produttore. Dobbiamo dire però che questa non è una regola rigida: gli isolatori possono essere dimensionati teoricamente per qualunque spostamento, così come per qualunque carico verticale; il catalogo del produttore è utile per dare degli ordini di grandezza, ma è bene non rimanere vincolati ai valori riportati sul catalogo). Poi abbiamo lo sforzo verticale che non deve superare quello massimo supportato dallo smorzatore in fase sismica (cioè sotto massima deformazione orizzontale), anche questa ricavabile dal catalogo del produttore.

## Criteri di posizionamento

Abbiamo anticipato la fase di calcolo e verifica per sfatare l'impressione che il "calcolo" sia complicato. Come si è visto, invece è banale.

Ora vediamo però alcuni criteri di progettazione. Infatti la verifica consiste nella validazione di una scelta progettuale e quindi preventivamente occorre un progetto. Con gli isolatori si ha una possibilità in più di dosare l'azione sismica sull'edificio, di ridistribuirne le rigidità.

Quando pensiamo a un edificio interamente isolato alla base possiamo pensare in termini di rigidità di tutto il sistema isolante e di massa dell'edificio tutto. Cioè possiamo pensare, in prima battuta, a un oscillatore elementare. Primo ovvio criterio progettuale è che gli isolatori vengano disposti in modo da ottenere la minima eccentricità possibile tra centro di masse e di rigidità (del sistema isolato). Quindi gli isolatori vanno disposti accuratamente e dimensionandoli anche in modo diverso uno dall'altro in modo che "lavorino" tutti insieme e non inducano torsioni. E' piuttosto intuitivo. Inoltre la rigidità "laterale" totale del sistema degli isolatori deve essere quella richiesta per ottenere le prestazioni volute. Cosa che si ottiene con un facile predimensionamento.

## Il predimesionamento

Ci poniamo l'obiettivo di ottenere un periodo di vibrazione (il primo periodo) di un valore di progetto prefissato da noi. La normativa impone un limite di 2 sec per gli edifici e 2.5 sec per i ponti, il limite è limitato all'applicazione dell'analisi lineare, è possibile utilizzare valori superiori del periodo purché si esegua un'analisi dinamica non lineare. Orientativamente diciamo che vorremmo un periodo di 2 sec. Abbiamo detto prima che possiamo, in prima battuta considerare il sistema isolato come un oscillatore elementare. Quindi dalla nota relazione:

$$K = 4 \text{ PIG} \sqrt{M/T}$$

otteniamo la rigidità totale orizzontale che deve avere il complesso degli isolatori per farci ottenere il periodo T richiesto alla nostra struttura di massa complessiva M.

Il periodo di progetto ci fornisce anche la accelerazione di progetto ottenuta dallo spettro elastico con smorzamento voluto. Entrando infatti in ascissa nel diagramma dello spettro, otteniamo l'accelerazione sismica  $S$ .

Quindi impiegando le note relazioni  $F = S M$  e  $d = F / K$  otteniamo lo spostamento  $d$  del sistema di isolamento. Tale spostamento non deve superare i limiti di uso dei dispositivi adottati non esiste un limite, il limite è dettato da considerazioni funzionali es. reperibilità dei giunti di collegamento per gli impianti, comunque spostamenti tipici ottenibili sono dell'ordine di grandezza di 150÷300 mma variabili in funzione della zona sismica e del terreno.

Sapendo il numero degli isolatori che vogliamo usare, si ottiene subito la rigidezza di ciascuno di essi che, insieme allo spostamento massimo e alla massima forza verticale, consentono di scegliere l'isolatore per il nostro progetto.

Va detto che non si devono necessariamente usare isolatori elastomerici per ogni base di pilastro. Si possono usare anche degli isolatori a slitta (ad attrito). Va detto però che tali isolatori hanno comportamento descrivibile con leggi non lineari per cui se se ne usano molti l'analisi dinamica lineare non è più ammessa e si deve ricorrere a un'analisi dinamica nel dominio del tempo. Va pertanto eseguita una verifica di linearità del sistema di isolamento. Analisi più complessa ma certamente possibile con Nòlian. **1. Analisi non lineare.**

La successiva fase di verifica, che per motivi espositivi abbiamo anticipato, confermerà le nostre scelte e così consentirà di verificare se il periodo di oscillazione di progetto è stato ottenuto. Un metodo iterativo di modifica-verifica ci consentirà anche di ottimizzare facilmente, se necessario, il progetto.

## Approfondimenti sul software

### 1 Analisi non lineare

L'analisi non lineare nel dominio del tempo esorbita lo scopo di questo Percorso che vuol solo essere un approccio al progetto con l'uso degli isolatori. Desideriamo solo informare che in Nòlian esiste la possibilità di eseguire analisi non lineari nel dominio del tempo con i metodi di Newmark e di Wilson. La figura seguente mostra, a titolo solo informativo, il ciclo isteretico di uno smorzatore della TIS ricavato sperimentalmente messo a confronto con il ciclo isteretico (in colore rosso) ottenuto modellando l'isolatore con Nòlian ed eseguendo un'analisi non lineare nel dominio del tempo. E' notevole la rispondenza del modello di calcolo con i dati sperimentali.

