

Corso di aggiornamento
Progettazione strutturale e
Norme Tecniche per le Costruzioni

**L'isolamento alla base nella progettazione sismica
e nell'intervento sull'esistente**

Spoletto
5-6 giugno 2015

07 - Controlli su materiali e dispositivi

La normativa e i controlli su materiali e dispositivi

Isolatori elastomerici

Prescrizioni di normativa

Gli isolatori devono avere pianta con due assi di simmetria ortogonali, così da presentare un comportamento il più possibile indipendente dalla direzione dell'azione orizzontale agente.

Ai fini della determinazione degli effetti di azioni perpendicolari agli strati, le loro dimensioni utili debbono essere riferite alle dimensioni delle piastre in acciaio, depurate di eventuali fori, mentre per gli effetti delle azioni parallele alla giacitura degli strati si considererà la sezione intera dello strato di gomma.

Le piastre di acciaio devono essere conformi a quanto previsto nelle norme per gli apparecchi di appoggio, ovvero

allungamento minimo a rottura	18%
spessore minimo pari a	2 mm per le piastre interne
	20 mm per le piastre esterne

Isolatori elastomerici

Prescrizioni di normativa

	Fornitura	Invecchiamento	Temperatura	Frequenza di prova
k_{eff}	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$
k_V	-30%	-	-	-
ξ_{eff}	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$

Le variazioni devono essere valutate con riferimento al 3° ciclo di prova. Le frequenze di prova per valutare le variazioni delle caratteristiche meccaniche sono 0.1Hz e 0.5Hz.

Le variazioni dovute al carico verticale, valutate come differenza tra i valori corrispondenti al carico verticale massimo ed a quello minimo, non dovranno superare il 15% del valore di progetto.

Prove su materiali e dispositivi

Prescrizioni di normativa

- Prove di accettazione sui materiali
- Prove di qualificazione dei dispositivi
- Prove di accettazione dei dispositivi

Prove di accettazione sui materiali elastomerici

Le prove di accettazione sui materiali sono quelle previste dalle norme sugli apparecchi di appoggio, con le seguenti variazioni ed aggiunte:

- le prove di invecchiamento vanno effettuate per 21 giorni a 70°C; la variazione del modulo G deve essere contenuta entro il 20% del valore iniziale;
- il modulo G deve essere determinato anche per una deformazione tangenziale pari a $\pm 100\%$.

Prove di qualificazione sui dispositivi elastomerici

Le prove di qualificazione sui dispositivi, possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili (rapporti di scala geometrica compresi tra 0.5 e 2, fattore di forma primario S_1 uguale, con tolleranza del $\pm 10\%$, fattore di forma secondario S_2 uguale o maggiore) e prodotti con gli stessi materiali di quelli provati.

Nota !

Le prove devono essere effettuate nell'ordine e con le modalità specificate a non meno di

- due giorni di distanza dalla vulcanizzazione per dispositivi di dimensioni inferiori ai 700 mm
- quattro giorni per dispositivi più grandi

così da avere una temperatura uniforme sull'intero dispositivo.

Prove di qualificazione sui dispositivi elastomerici

Prove di qualificazione

- Determinazione statica della rigidezza a compressione
- Determinazione statica del modulo di taglio
- Determinazione dinamica del modulo di taglio e dello smorzamento
- Determinazione delle curve G - γ e ξ - γ mediante prove dinamiche cicliche
- Valutazione della stabilità
- Valutazione della capacità di spostamento ciclico sotto carico verticale di progetto
- Valutazione dell'efficacia dell'aderenza elastomero-acciaio
- Determinazione delle caratteristiche di creep

Prove di qualificazione sui dispositivi elastomerici

Determinazione statica della rigidezza a compressione

tra il 30% e il 100% del carico verticale N di progetto, opportunamente scalato, in presenza di sisma, somma dei carichi verticali dovuti a permanenti ed accidentali moltiplicati per opportuni coefficienti ed alle eventuali azioni concomitanti (forze orizzontali, spostamenti e rotazioni);

Prove di qualificazione sui dispositivi elastomerici

Determinazione statica del modulo di taglio

sotto compressione costante e pari a 6 MPa, o al valore della tensione di compressione di progetto (con una tolleranza del $\pm 20\%$) se questa è superiore a 8 MPa.

Il modulo statico di taglio G e' convenzionalmente definito come il modulo secante tra le deformazioni di taglio corrispondenti agli spostamenti $0.27t_e$ e $0.58t_e$ ottenuti mediante prove di carico-scarico fino a uno spostamento massimo pari a t_e e in corrispondenza del 3° ciclo;

Prove di qualificazione sui dispositivi elastomerici

Determinazione dinamica del modulo di taglio e dello smorzamento

sotto compressione costante e pari a 6 MPa, o al valore della tensione di compressione di progetto (con una tolleranza del $\pm 20\%$) se questa è superiore a 8 MPa.

Il modulo dinamico di taglio G_{din} e lo smorzamento ξ sono valutati mediante prove cicliche sinusoidali alla frequenza di 0.5 Hz e $\gamma=1$ ed in corrispondenza del 3° ciclo.

In particolare, il modulo a taglio $G_{\text{din}} = Ft_e/(Ad)$ e' valutato come modulo secante in corrispondenza di $d/t_e=1$, con l'obbligo per G_{din} di ricadere nell'intervallo 0.35-1.50 MPa;

Prove di qualificazione sui dispositivi elastomerici

Determinazione delle curve $G-\gamma$ e $\xi-\gamma$ mediante prove dinamiche cicliche

per i seguenti valori di γ : 0.05, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0 γ_{\max} , e, comunque, per deformazioni corrispondenti, nel dispositivo reale, a spostamenti non inferiori a $\pm 0.1 d_2$, $\pm 0.2 d_2$, $\pm 0.3 d_2$, $\pm 0.5 d_2$, $\pm 0.7 d_2$, $\pm d_2$, effettuando almeno 5 cicli per ciascuna ampiezza;

γ_{\max} sarà preso pari a

1.5	se in corrispondenza di d_2 risulta $\gamma < 1.5$,
2	se $1.5 < \gamma < 2$.

Prove di qualificazione sui dispositivi elastomerici

Valutazione della stabilità

sotto compressione e taglio. La valutazione è effettuata accertandosi che il dispositivo rimanga stabile se assoggettato ad uno spostamento orizzontale pari ad $1.8 t_e$ in presenza di un carico verticale pari sia ad $1.5 N_{\max}$ che a $0.5 N_{\min}$ (indicando con N_{\max} e N_{\min} rispettivamente i valori massimo e minimo di N)

Valutazione della capacità di spostamento ciclico sotto carico verticale di progetto

sotto compressione costante e pari a 6 MPa, o al valore della tensione di compressione di progetto (con una tolleranza del $\pm 20\%$) se questa è superiore a 8 MPa. Il dispositivo deve sopportare almeno 10 cicli con spostamento massimo impresso almeno pari a d_2 .

Prove di qualificazione sui dispositivi elastomerici

Valutazione dell'efficacia dell'aderenza elastomero-acciaio

sotto compressione costante e pari a 6 MPa, o al valore della tensione di compressione di progetto (con una tolleranza del $\pm 20\%$) se questa è superiore a 8 MPa, a una deformazione $\gamma \geq 2.5$ senza che si verifichino danni.

Qualora in corrispondenza dello spostamento di progetto, il dispositivo subisca una deformazione $\gamma < 1.5$ il dispositivo può essere caratterizzato per una deformazione $\gamma = 2.0$;

Prove di qualificazione sui dispositivi elastomerici

Determinazione delle caratteristiche di creep

sotto compressione costante e pari al valore della tensione di compressione di progetto, con una tolleranza del $\pm 20\%$, della durata di almeno 7 giorni.

La deformazione verticale per creep deve essere inferiore al 20% della deformazione statica sotto il carico N;

Il valore di riferimento della deformazione statica sarà assunto pari a quello misurato dopo 10 minuti dall'inizio dell'applicazione del carico.

Prove di qualificazione sui dispositivi elastomerici

Le prove di qualificazione devono essere effettuate
su almeno 4 dispositivi,
due per le prove senza invecchiamento e due per le prove dopo
invecchiamento artificiale, ottenuto mantenendo i dispositivi di
prova per 21 giorni a 70°C.

L'invecchiamento dovrà comunque essere preceduto dalla determinazione statica della rigidità a compressione e del modulo statico di taglio G , per valutare le caratteristiche dei dispositivi sottoposti a invecchiamento prima dell'invecchiamento stesso. I valori di G dopo l'invecchiamento non devono superare di 1.15 volte i valori di G prima dell'invecchiamento.

Prove di qualificazione sui dispositivi elastomerici

I dispositivi sottoposti a prove di qualificazione non potranno essere utilizzati nella costruzione.

I dispositivi sottoposti a prove di qualificazione potranno essere utilizzati nella costruzione previa verifica della loro perfetta integrità a seguito delle prove, da accertare attraverso la successiva effettuazione delle prove di accettazione ed il controllo dei relativi parametri di verifica.

Prove di qualificazione sui dispositivi elastomerici

La validità delle prove di invecchiamento potrà essere estesa a tutti i dispositivi realizzati con la stessa mescola, indipendentemente dai rapporti di forma.

Per qualificare lo stesso dispositivo per diversi valori della tensione di compressione le prove possono essere ripetute in sequenza sugli stessi dispositivi da qualificare, verificando che tra una prova e la successiva non si siano verificati danni ai dispositivi.

Prove di accettazione sui dispositivi elastomerici

Attenzione !

Le prove di accettazione devono essere effettuate su :

- almeno il 20% dei dispositivi
- almeno 4 dispositivi
- non più del numero di dispositivi da mettere in opera.

1. il modulo statico di taglio G non differisce di oltre il $\pm 10\%$ da quello delle prove di qualificazione
2. i risultati delle prove di seguito elencate soddisfano i limiti stabiliti per esse.

Prove di accettazione sui dispositivi elastomerici

Prove di accettazione

- misura della geometria esterna, che dovrà rispettare le tolleranze prescritte per gli apparecchi di appoggio, con la deroga dei dispositivi di altezza > 100 mm per i quali la tolleranza sulle altezze è di 6mm;
- determinazione statica della rigidità verticale tra il 30% e il 100% del carico verticale N ;
- determinazione del modulo statico di taglio G o del modulo dinamico di taglio G_{din} , con le modalità specificate per le prove di qualificazione; il modulo dinamico è da preferire poiché riduce le incertezze sul controllo del reale comportamento dinamico.
- valutazione di efficacia dell'aderenza elastomero-acciaio, con le modalità specificate per le prove di qualificazione, ma adottando per la deformazione γ il valore corrispondente allo spostamento d_2 .

Isolatori a scorrimento

Prescrizioni di normativa

Le superfici di scorrimento in acciaio e PTFE devono essere conformi alla normativa vigente per gli apparecchi di appoggio.

Gli isolatori a scorrimento devono essere in grado di sopportare, sotto spostamento massimo impresso pari a $1.2 d_2$, almeno 10 cicli di carico e scarico.

I cicli si riterranno favorevolmente sopportati se il coefficiente d'attrito (f), nei cicli successivi al primo, non varierà di più del 25% rispetto alle caratteristiche riscontrate durante il terzo ciclo, ossia

$$|f(i) - f(3)| / f(3) < 0.25$$

avendo indicato con

il pedice "(i)" le caratteristiche valutate all'i-esimo ciclo
il pedice "(3)" le caratteristiche valutate al terzo ciclo.

Isolatori a scorrimento

Prescrizioni di normativa

Detto d_{dc} lo spostamento massimo di progetto del centro di rigidità del sistema d'isolamento, corrispondente allo SLC,

qualora l'incremento della forza nel sistema di isolamento per spostamenti tra $0,5 d_{dc}$ e d_{dc} sia inferiore all' 1.25% del peso totale della sovrastruttura, gli isolatori a scorrimento debbono essere in grado di garantire la loro funzione di appoggio fino a spostamenti pari ad $1.25 d_2$.

Si deve verificare che il coefficiente d'attrito sia sempre inferiore al valore di progetto per variazioni nell'ambito della fornitura, della temperatura e della frequenza di prova.

Prove di accettazione sui materiali

Prescrizioni di normativa

Le prove di accettazione sulle superfici di scorrimento sono quelle previste dalle norme per gli apparecchi di appoggio.

Prove di qualificazione sui dispositivi a scorrimento

Le prove di qualificazione sui dispositivi, che possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili (rapporti di scala geometrica compresi tra 0.5 e 2) e prodotti con gli stessi materiali di quelli provati sono le seguenti:

Prove di accettazione

- Determinazione statica del coefficiente d'attrito
- Determinazione dinamica del coefficiente d'attrito
- Valutazione della capacità di spostamento ciclico sotto carico verticale di progetto

Prove di qualificazione sui dispositivi a scorrimento

Determinazione statica del coefficiente d'attrito

per almeno tre valori della compressione, costanti durante la prova, pari a

- carico verticale N di esercizio
- carico di progetto sotto azioni sismiche N_{\max} e a N_{\min} , opportunamente scalati;

Prove di qualificazione sui dispositivi a scorrimento

Determinazione dinamica del coefficiente d'attrito

per almeno tre valori della compressione, costanti durante la prova,
pari a

- carico verticale N di esercizio,
- carico di progetto sotto azioni sismiche N_{\max} e N_{\min} , opportunamente scalate,

per tre valori della velocità (frequenza),
pari a

- velocità di progetto
- velocità di progetto variata del $\pm 30\%$.

Prove di qualificazione sui dispositivi a scorrimento

Valutazione della capacità di spostamento ciclico sotto carico verticale di progetto

sotto compressione costante e pari al valore della tensione di compressione di progetto, con una tolleranza del $\pm 20\%$. Il dispositivo deve sopportare almeno 10 cicli con spostamento massimo impresso almeno pari a d_2 .

Prove di accettazione sui dispositivi a scorrimento

Attenzione !

Le prove di accettazione devono essere effettuate su :

- almeno il 20% dei dispositivi
- almeno 4 dispositivi
- non più del numero di dispositivi da mettere in opera.

Qualora gli isolatori fossero dotati di elementi o meccanismi supplementari atti a migliorarne le prestazioni sismiche, su almeno un dispositivo completo di tali parti supplementari verrà anche condotta una prova "quasi statica", imponendo almeno 5 cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima pari a $\pm d_2$.

Il dispositivo non potrà essere utilizzato nella costruzione, a meno che il suo perfetto funzionamento non sia ripristinabile con la sostituzione degli elementi base.

Sistemi isolati alla base

Collaudo

Il collaudo statico deve essere effettuato in corso d'opera; al riguardo si segnala che di fondamentale importanza è il controllo della posa in opera dei dispositivi, nel rispetto delle tolleranze e delle modalità di posa prescritte dal progetto, nonché la verifica della completa separazione tra sottostruttura e sovrastruttura e tra quest'ultima ed altre strutture adiacenti, con il rigoroso rispetto delle distanze di separazione previste in progetto.

Il collaudatore può disporre l'esecuzione di speciali prove per la caratterizzazione dinamica del sistema di isolamento atte a verificare, nei riguardi di azioni di tipo sismico, che le caratteristiche della costruzione corrispondano a quelle attese.