

AMORTIZZATORI ELASTO-VISCOSI PRECOMPRESSI

Scheda tecnica n°: FT It C V 5 9 V01 – 06/24

- Fornisce un punto fisso in condizioni di esercizio
- Dissipa energia durante gli eventi sismici
- Centra nuovamente la struttura dopo un terremoto
- Pienamente operativo dopo un sisma
- Ottimale per ponti ferroviari in zone a moderata/alta sismicità

Descrizione

ISOSISM® PDS è un dispositivo sismico descritto come Fluid Spring Damper nella norma EN 15129.

Il dispositivo combina tre funzioni strutturali:

- Il punto fisso fino a una soglia definita
- Una molla con capacità di ricentraggio
- Dissipazione di energia come smorzatore viscoso

Campi di utilizzo

ISOSISM® PDS è destinato a progetti in cui:

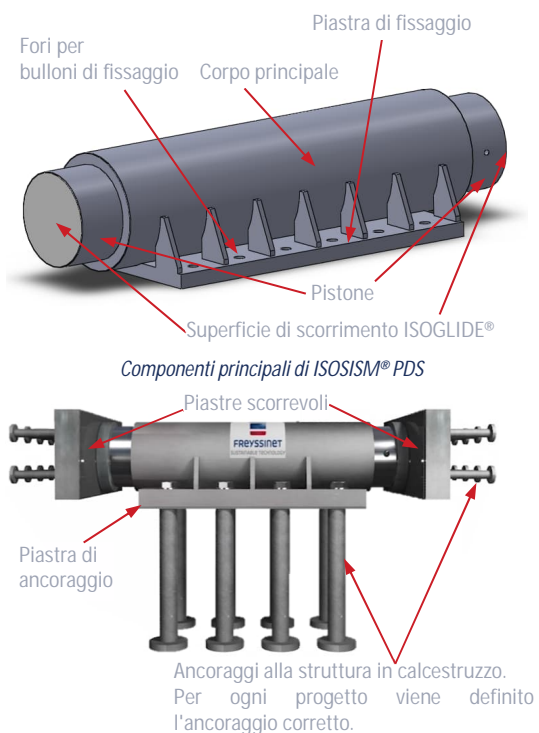
- La struttura non deve muoversi sotto carichi di esercizio, come frenatura e vento;
- I carichi sismici devono essere ridotti, per consentire un'ottimizzazione della progettazione strutturale;
- I carichi sismici sono superiori ai carichi di esercizio. È tipicamente il caso di zone a moderata/alta sismicità.

È una soluzione ottimale per ponti ferroviari con impalcato continuo, in zone a moderata/alta sismicità.

Concetto generale

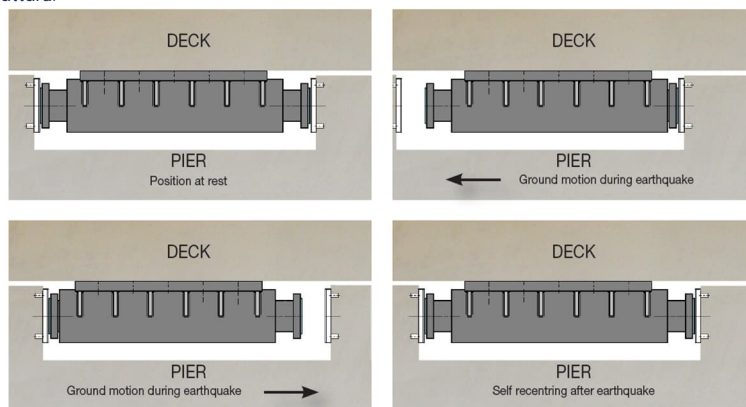
ISOSISM® PDS funziona lungo il suo asse principale di sviluppo. In direzione trasversale si comporta come un dispositivo a scorrimento libero.

Entrambe le estremità del dispositivo sono dotate di materiale di scorrimento a basso attrito a contatto con piastre in acciaio inox. Queste estremità possono essere dotate di cerniere sferiche.



Principio di funzionamento

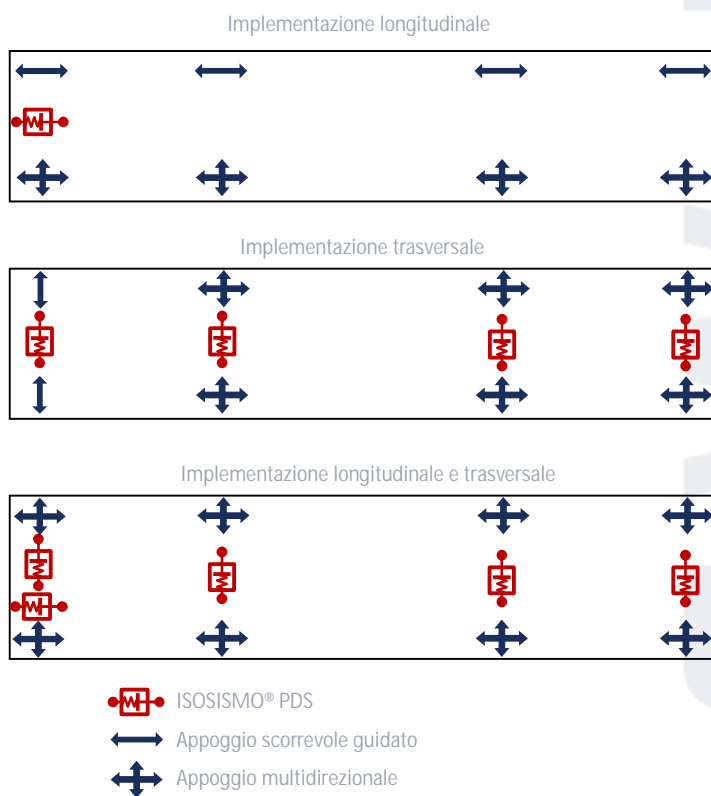
Prima e dopo un terremoto, ISOSISM® PDS blocca lo spostamento relativo tra la pila e l'impalcato. Durante un evento sismico, viene compresso e dissipa energia, per poi ricentrare la struttura.



Principio di funzionamento dell'ISOSISM® PDS

Implementazione nei ponti

Per una protezione longitudinale, una singola pila o spalla è solitamente dotata di ISOSISM® PDS poiché il dispositivo è il punto fisso in esercizio. Per una protezione trasversale, i dispositivi sono generalmente installati su ogni pila.



Disposizione tipica degli appoggi di un ponte con ISOSISM® PDS

AMORTIZZATORI ELASTO-VISCOSI PRECOMPRESSI



ISOSISM® PDS trasversale sul ponte di Portbou, Spagna

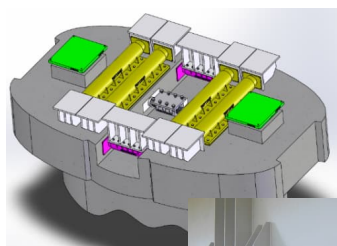


6 ISOSISM® PDS longitudinali di spalla - viadotto Loukkos, Marocco

Per strutture di grandi dimensioni in zone ad alta sismicità, un elevato smorzamento equivalente può essere ottenuto aggiungendo alcuni ISOSISM® FD in parallelo all'ISOSISM® PDS.



Pile con ISOSISM® PDS e FD trasversali - ponte Loukkos, Marocco



Pila centrale del viadotto El Hachef, Marocco. Dispositivi installati: 4 ISOSISM® PDS longitudinali, 2 ISOSISM® PDS trasversali, 1 ISOSISM® FD trasversale e 2 appoggi TETRON® CD GL multidirezionali

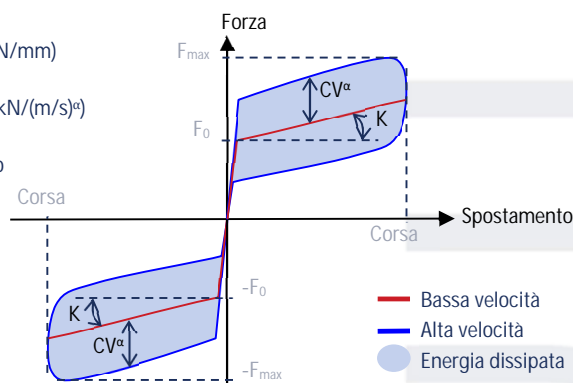
Legge di comportamento

Per l'implementazione nei software strutturali, ISOSISM® PDS è modellato con la seguente legge:

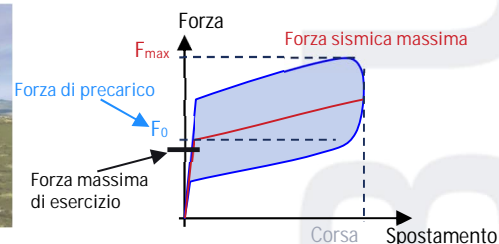
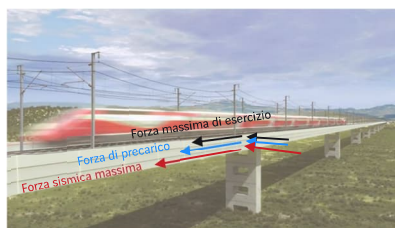
$$F = F_0 + Kx + C \cdot v^\alpha$$

Con i seguenti parametri:

- F: carico totale (kN)
- F_0 : precarico (kN)
- K: rigidità del dispositivo (kN/mm)
- X: corsa (mm)
- C: costante di smorzamento (kN/(m/s) $^\alpha$)
- V: velocità (m/s)
- α : esponente di smorzamento



Curva forza - spostamento di ISOSISM® PDS



Applicazione tipica di ISOSISM® PDS su un ponte ferroviario

Progetto

La designazione del dispositivo, come tipicamente utilizzata nei progetti, è definita da tre parametri:

- precarico (kN),
- forza massima (kN),
- corsa (mm).

Esempio: ISOSISM® PDS 1000-2000.100

Si tratta di un dispositivo elasto-viscoso precompresso con un precarico di 1000 kN, progettato per una forza massima di 2000 kN allo stato limite ultimo (SLU) e con una capacità di corsa di ± 100 mm.

Per una definizione completa del dispositivo, è necessario precisare i parametri di input/output, in linea con la tabella seguente.

Parametri di input/output	Valori tipici
Carico totale (F_{max})	da 500 a 4000 kN
Precarico (F_0)	da 250 a 2000 kN
Rigidità del dispositivo (K)	$C \approx 0.5 \cdot F_0 / d_{max}$
Spostamento sismico di progetto (d_{bd})	da ± 50 a ± 150 mm
Capacità di corsa (d_{max})	Fino a ± 200 mm
Costante di smorzamento (C)	$C \leq F_0 / V_{max}^\alpha$
Velocità massima (V_{max})	Fino a 1,5 m/s
Esponente di smorzamento (α)	0.12

Dati aggiuntivi:

- Norma applicabile (EN 15129, AASHTO, ecc.)
- Cerniere sferiche alle estremità scorrevoli
- Intervallo di temperatura di funzionamento
- Altri dati rilevanti per il progetto

AMORTIZZATORI ELASTO-VISCOSI PRECOMPRESSI

Definizione parametri dispositivo

ISOSISM® PDS è un dispositivo dimensionato a misura per ogni progetto. La definizione dei parametri ISOSISM® PDS è un processo che parte dal carico di esercizio:

1. Il precarico viene scelto più alto (di solito il 30% in più) rispetto ai carichi di esercizio, come la dilatazione termica, la frenatura e i carichi del vento.
2. Altri parametri sono determinati da un calcolo iterativo. La rigidezza e il coefficiente di smorzamento sono input, mentre la corsa, la velocità e la forza totale sono output. Per determinare i parametri ottimali sono generalmente necessarie alcune iterazioni spettrali o in time history.

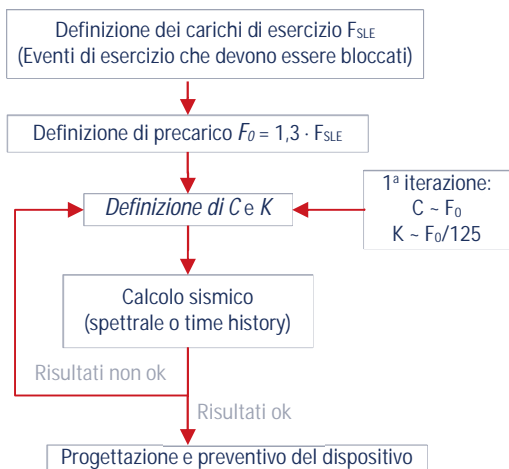


Diagramma di flusso di una struttura protetta con ISOSISM® PDS

Pre-progettazione del sistema di protezione sismica

Ai fini di una progettazione preliminare, è spesso utile stimare i risultati con il metodo spettrale monomodale, in linea con l'Eurocodice 8-2 §7.5.4 o altri codici. L'analisi non lineare in time history può quindi essere utilizzata in una fase successiva del progetto per ottenere risultati dettagliati.

Come ogni dispositivo sismico che presenta una legge di comportamento non lineare, ISOSISM® PDS può essere implementato in un calcolo spettrale iterativo utilizzando un comportamento viscoelastico lineare equivalente come descritto dal grafico sottostante. L'Ufficio Tecnico di Freyssinet può supportarvi in questa progettazione.

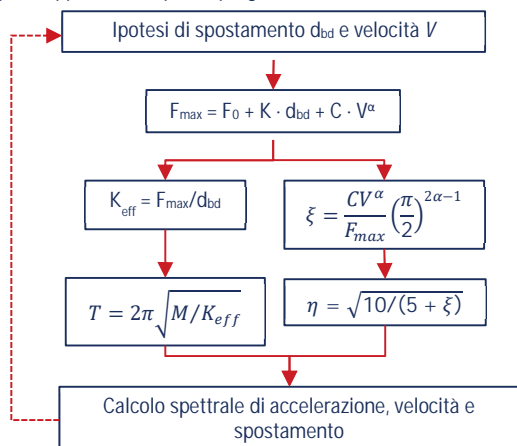
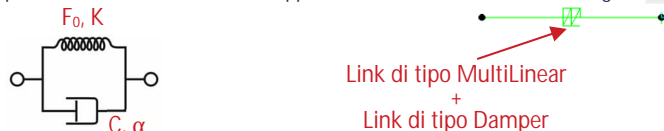


Diagramma di flusso del calcolo spettrale iterativo di una struttura protetta con ISOSISM® PDS

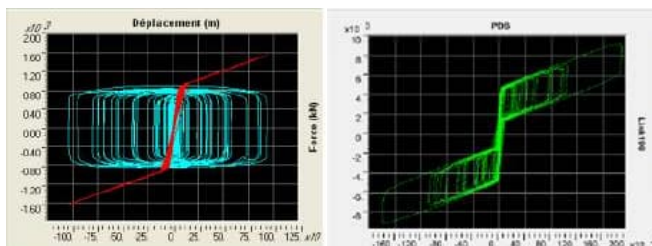
Modellazione PDS con software di calcolo strutturale

Il comportamento di ISOSISM® PDS è rappresentato da un modello Kelvin-Voigt con due link paralleli:



Il primo link è costituito da uno smorzatore viscoso e da una molla in serie (modello di Maxwell). Il secondo link è una molla bilineare (chiamata anche link elastico multilineare).

Per i software di calcolo strutturale in cui il modello Kelvin-Voigt non è disponibile, ISOSISM® PDS può essere modellato definendo due link in parallelo (smorzatore viscoso e molla bilineare).



Risultati tipici di un'analisi time history. La risposta complessiva ISOSISM® PDS (curva verde) è la somma delle risposte ottenute in ciascun link (curva rossa: molla bilineare; curva blu: smorzatore viscoso).

Fattori di modifica delle proprietà λ

I codici di progettazione strutturale spesso richiedono di tenere conto dei limiti superiore e inferiore dei parametri dei dispositivi sismici per progettare il sistema di protezione sismica.

La tabella fornisce i valori predefiniti di tali fattori:

Variazioni	F ₀	K	C
Tutti gli effetti, esclusa la temperatura	±15%	±15%	±15%
Tutti gli effetti, compresa la temperatura	±30%	±20%	±20%

Materiali

Di seguito sono elencati i materiali tipici utilizzati nell'ISOSISM® PDS:

- Componenti strutturali in acciaio:
 - grado S355J2 o superiore secondo EN 10025
 - grado 42CrMo4 o 30CrNiMo8 secondo EN ISO 683-2
- Materiale di scorrimento: materiale di scorrimento speciale ISOGLIDE certificato secondo il Benestare Tecnico Europeo ETA 17/0808
- Superfici di scorrimento: acciaio austenitico 1.4404+2B secondo EN 10088
- Bulloni strutturali: classe 10.9 secondo ISO 898
- Fluido viscoso: a base di silicone secondo EN 15129

Protezione dalla corrosione

ISOSISM® PDS è protetto contro la corrosione mediante verniciatura. Il sistema dipende dall'ambiente circostante e dalla norma di riferimento applicata. Freyssinet offre sistemi di verniciatura affidabili e ampiamente testati in conformità alle norme EN ISO 12944 e EN 1337-9:

Sistema	Ambiente	Durabilità
C4-H	Atmosfera altamente corrosiva	Alto
C4-VH		Molto alto
C5-H	Atmosfera estremamente corrosiva (marina o industriale)	Alto
C5-VH		Molto alto

Altri sistemi di protezione dalla corrosione possono essere proposti su richiesta.

Conformità alle norme

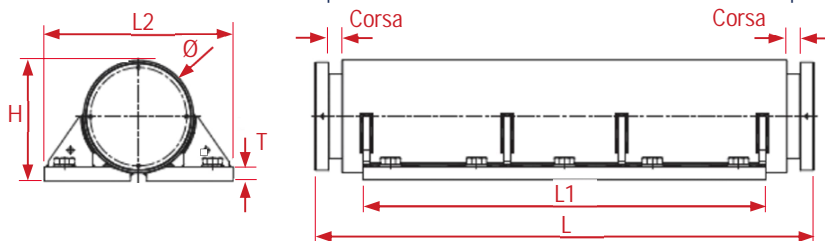
Gli ISOSISM® PDS sono tipicamente progettati per essere conformi ai requisiti dell'Eurocodice 8 e della EN 15129, in termini di fattori di sicurezza applicati allo spostamento di progetto, alla velocità, alla pressione, alle forze e alla resistenza dei materiali.

I dispositivi sono forniti con marcatura CE secondo la norma EN 15129. Se necessario, per la progettazione e i test è possibile utilizzare norme, requisiti e specifiche alternative.

AMORTIZZATORI ELASTO-VISCOSI PRECOMPRESSI

Dimensioni indicative

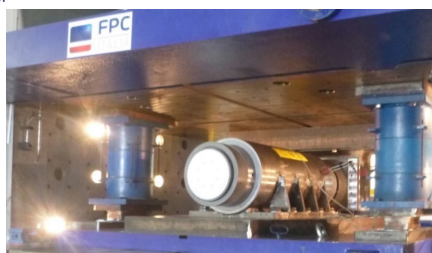
I dispositivi sono appositamente studiati e realizzati su misura per soddisfare le specifiche di progetto, in termini di parametri, valori e/o dimensioni. La tabella seguente mostra le dimensioni tipiche dei dispositivi per parametri abituali, la gamma è fornita a titolo indicativo. Altri modelli possono essere dimensionati su richiesta. La corsa indicata include eventuali fattori di sicurezza sullo spostamento che sono richiesti da alcune norme come quella europea (EN 15129).



Tipo	F ₀ [kN]	K [kN/mm]	Corsa [mm]	F _{max} [kN]	L [mm]	H [mm]	Ø [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	T [mm]
PDS 100-290.50	100	1.6	±50	290	780	155	130	520	260	25
PDS 100-290.100	100	0.8	±100	290	1140	165	130	780	260	35
PDS 250-670.50	250	3.0	±50	670	1040	215	180	760	360	35
PDS 250-670.100	250	1.5	±100	670	1510	230	180	1130	360	50
PDS 500-1210.50	500	5.0	±50	1210	1290	285	240	990	480	45
PDS 500-1210.100	500	2.5	±100	1210	1840	305	240	1440	480	65
PDS 750-1660.50	750	7.0	±50	1660	1390	320	270	1080	540	50
PDS 750-1660.100	750	3.5	±100	1660	1970	340	270	1560	540	70
PDS 1000-2000.50	1000	10.0	±50	2000	1470	345	290	1160	580	55
PDS 1000-2000.100	1000	5.0	±100	2000	2040	360	290	1630	580	70
PDS 1500-3000.50	1500	12.0	±50	3000	1710	415	350	1380	700	65
PDS 1500-3000.100	1500	6.0	±100	3000	2380	435	350	1950	700	85
PDS 2000-3610.50	2000	20.0	±50	3610	1810	460	390	1470	780	70
PDS 2000-3610.100	2000	10.0	±100	3610	2440	480	390	2000	780	90
PDS 2500-4520.50	2500	25.0	±50	4520	1880	505	430	1530	860	75
PDS 2500-4520.100	2500	12.5	±100	4520	2490	520	430	2040	860	90
PDS 3000-5420.50	3000	30.0	±50	5420	1960	545	470	1600	940	75
PDS 3000-5420.100	3000	15.0	±100	5420	2570	565	470	2110	940	95

Prove e collaudi

Come ogni dispositivo sismico, ISOSISM® PDS è qualificato sperimentalmente. Un protocollo di prove completo è fornito dalla norma EN 15129. Quando la norma EN 15129 non è applicabile si raccomanda di specificare almeno le seguenti prove.



Prove ISOSISM® PDS nel laboratorio ISOLAB

Movimento lento

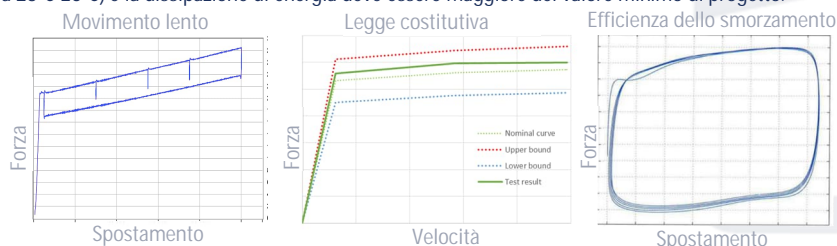
Verifica della rigidità statica (K) e del precarico (F₀) del dispositivo. A 23°C ±5°C, viene applicato un ciclo completo di spostamento assiale fino alla corsa massima, a una velocità costante di 0,1 mm/s. La forza, durante l'intero ciclo di spostamento, deve rientrare in una tolleranza del ±15 % del valore teorico.

Legge costitutiva

Ha lo scopo di verificare il coefficiente di smorzamento (C). A 23°C ±5°C, vengono applicati 3 cicli completi allo spostamento sismico di progetto e a diverse velocità (ad esempio, 1%, 25%, 50%, 75% e 100% della velocità sismica di progetto). La forza deve rientrare in una tolleranza del ±15 % del valore teorico. La forza è calcolata come l'intercetta del secondo ciclo isteretico con un asse parallelo all'asse della forza al 50% dello spostamento sismico di progetto.

Efficienza dello smorzamento

Ha lo scopo di verificare la capacità di dissipazione di energia. Si applicano 5 cicli sinusoidali ad uno spostamento e ad una frequenza impostati per non superare la dissipazione di energia corrispondente a due terremoti di progetto. La reazione deve essere compresa tra il ±15% del valore teorico (se testata a 23°C ±5°C) e la dissipazione di energia deve essere maggiore del valore minimo di progetto.



Tipica risposta sperimentale di ISOSISM® PDS

Queste prove vengono solitamente eseguite su almeno un dispositivo per tipo di ISOSISM® PDS.

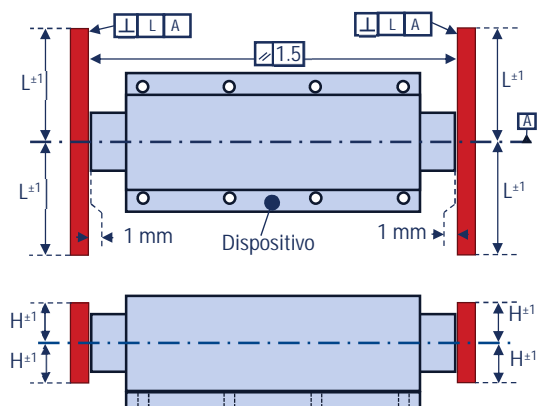
ISOSISM® PDS è stato testato dinamicamente tra -25°C e +50°C.

AMORTIZZATORI ELASTO-VISCOSI PRECOMPRESSI

Installazione

I dispositivi possono essere installati in direzione longitudinale o trasversale rispetto all'impalcato. Sono dotati ad ogni estremità di materiale di scorrimento a basso attrito per consentire i movimenti perpendicolari ad essi. Entrambe le estremità possono essere dotate di cerniere sferiche per consentire rotazioni di $\pm 2^\circ$ come richiesto dalla norma EN 15129. Le tolleranze generali di installazione sono le seguenti:

- Distanza di 1 mm tra la superficie di scorrimento e la piastra di scorrimento
- Perpendicolarità tra le piastre di scorrimento e l'asse del dispositivo
- Allineamento delle piastre di scorrimento

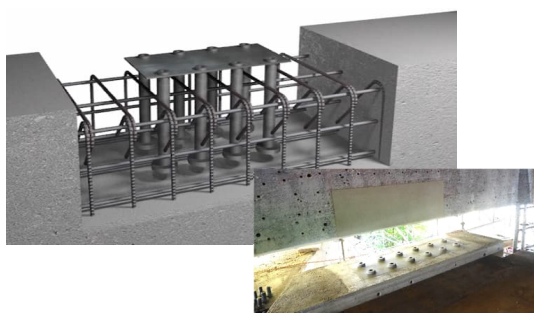


Il dispositivo, gli ancoraggi e le piastre di scorrimento possono essere installati contemporaneamente o separatamente. Il rispetto delle tolleranze può essere ottenuto mediante:

- Utilizzo di una dima di installazione
- Per una struttura in calcestruzzo, utilizzando apposite predisposizioni per gli ancoraggi
- Per una struttura in calcestruzzo, fissare gli ancoraggi con un getto di 2ª fase, una volta che tutte le parti sono ben regolate
- Per una struttura in acciaio, utilizzando supporti regolabili (che possono essere imbullonati o saldati)



Esempio di dima di installazione



Esempio di contropiastra prefabbricata con relative zanche



Esempio di dispositivi installati prima del fissaggio delle piastre di scorrimento a un telaio in acciaio



Esempio di installazione delle piastre di scorrimento su una pila prima del fissaggio del dispositivo all'impalcato



Esempio di installazione di dispositivo completato

Ispezione e manutenzione

Si consiglia un'ispezione periodica per verificare l'integrità del dispositivo e dell'ambiente circostante. L'ispezione deve essere ripetuta dopo un terremoto o un evento eccezionale.

Le attività di ispezione includono ad esempio:

- Presenza etichetta identificativa
- Assenza di corrosione
- Coppia di serraggio dei bulloni di ancoraggio
- Assenza di elementi che impediscano il movimento del dispositivo o della struttura
- Assenza di difetto visibile nel dispositivo
- Assenza di difetto visibile nella struttura attorno al dispositivo

Freyssinet può dare un'assistenza completa, grazie ai servizi offerti dalla nostra Business Unit locale, per preparare le procedure iniziali, ispezionare e mantenere il prodotto durante la sua vita, in collaborazione con il committente finale per prolungare la vita utile e garantire la sostenibilità.

AMORTIZZATORI ELASTO-VISCOSI PRECOMPRESSI

Garanzia di qualità

Freyssinet progetta e produce tutti i dispositivi forniti ai suoi clienti nei suoi stabilimenti e garantisce la qualità dei suoi prodotti gestendo attentamente i processi: dalla progettazione alla produzione e al collaudo, fino all'installazione in cantiere grazie alle squadre specializzate in tutto il mondo. Questo approccio integrato, che abbraccia prodotti e servizi, non ha rivali e ci consente di adattare le soluzioni a un'ampia gamma di condizioni.

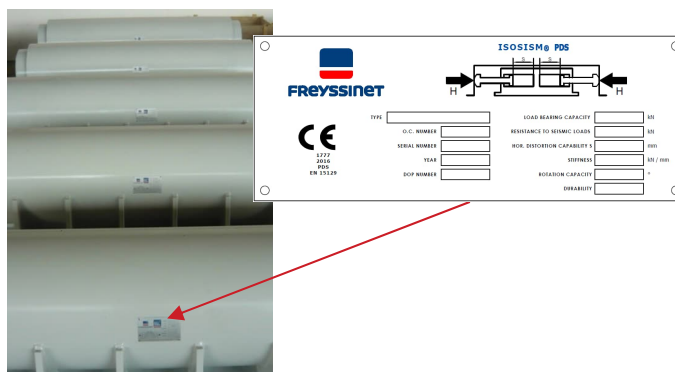
Tutti i dispositivi Freyssinet sono sviluppati e progettati dall'Ufficio Tecnico interno che garantisce la conformità alle norme applicabili e alle specifiche di progetto. Il coordinamento tra la progettazione, la produzione e la scelta dei materiali è fondamentale per ottimizzare le soluzioni e offrire prodotti affidabili e durevoli.

Tutte le fasi del processo sono in accordo al sistema di qualità ISO 9001 e alla marcatura CE.

Identificazione

Ogni ISOSISM® PDS è dotato di un'etichetta identificativa ben visibile, che indica:

- Tipo
- Anno di produzione
- Numero di serie
- DoP n° (solo in caso di marcatura CE)
- Carico assiale
- Precarico
- Rigidezza K
- Corsa assiale
- Capacità di rotazione alle estremità scorrevoli

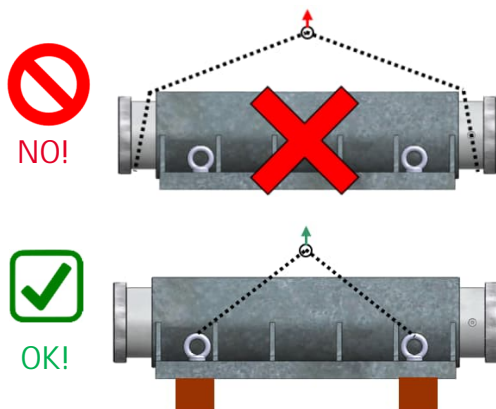


Imballaggio - Stoccaggio

L'imballaggio viene eseguito in modo da proteggere tutti i bordi dei dispositivi da eventuali urti che possano danneggiare gli elementi funzionali o il rivestimento contro la corrosione.

L'imballaggio consente di movimentare il dispositivo nei seguenti modi:

- Tramite carrello elevatore (su pallet)
- Tramite imbracature



Nel caso in cui sia previsto uno stoccaggio prolungato in cantiere, al momento dell'ordine potrà essere richiesto un rivestimento in film termoretraibile.

AMORTIZZATORI ELASTO-VISCOSI PRECOMPRESSI

Elenco principali referenze ISOSISM® PDS

La tabella seguente elenca i progetti nei quali sono stati utilizzati ISOSISM® PDS. In alcuni di essi sono stati utilizzati anche smorzatori idraulici (ISOSISM® FD).

Anno	Paese	Ubicazione	Tipo di struttura	Tipo di dispositivo ISOSISM®	Precarico F ₀ (kN)	Forza massima (kN)	Corsa (mm)	Quantità
2009	Spagna	Porto Bou	Alta velocità ponte ferroviario	PDS	1200	3250	±50	8
				PDS	2200	2800	±20	20
2010	Azerbaijan	Merdakan	Ponte stradale	PDS	850	2500	±100	10
				PDS	1780	5000	±100	2
				FD	-	1000	200	6
				FD	-	2000	200	6
2012	Svizzera	Mels	Ponte stradale	PDS	580	1650	±105	2
2015	Algeria	Britouta-Zeralda	Ponte ferroviario	PDS	1513	3883	±180	3
				PDS	1513	3883	±160	3
				PDS	1513	3883	±150	10
				PDS	1513	3883	±140	10
				PDS	1513	3883	±120	28
				FD	-	4000	418	15
				FD	-	3600	180	6
FD	-	2000	150	2				
2015	Marocco	Hachef	Alta velocità ponte ferroviario	PDS	1036	2048	±96	10
				PDS	1100	1857	±103	10
				PDS	1700	3599	±157	49
				PDS	2200	4490	±184	16
				PDS	2300	4837	±197	4
				PDS	3000	5098	±67	4
				FD	-	2736	167	64
				FD	-	2912	315	20
FD	-	2912	360	4				
2015	Marocco	Loukkos	Alta velocità ponte ferroviario	PDS	750	1575	±100	4
				PDS	850	1536	±65	8
				PDS	1250	3137	±100	32
				PDS	2200	4218	±83	12
				PDS	2250	4780	±144	8
				FD	-	2290	262	24
FD	-	3040	150	42				
2016	Etiopia	Awash-Kombolcha-Hara Gebeya I	Ponte ferroviario	PDS	1513	3883	±120	34
2017	Etiopia	Awash-Kombolcha-Hara Gebeya II	Ponte ferroviario	PDS	1513	3883	±120	23
2018	Svizzera	Pont sur le Rhône	Ponte stradale	PDS	1100	1985	±123	16
				FD	-	1160	90	4



ISOSISM® PDS su Pont sur le Rhône (prima dell'installazione delle piastre di scorrimento)

COMPETENZA SISMICA IN TUTTO IL MONDO

