



**INTERNATIONAL
HIRUN**

ENGINEERING SOLUTION

**Isolatori e giunti sismici, dissipatori,
appoggi per ponti e viadotti**



G&P[®]
intech
Distributore esclusivo

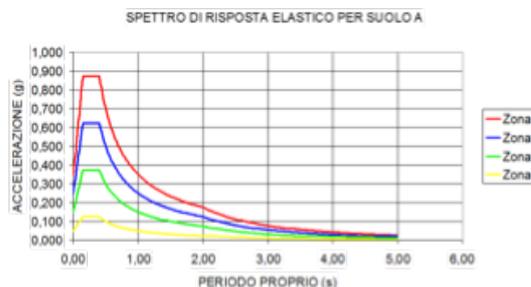
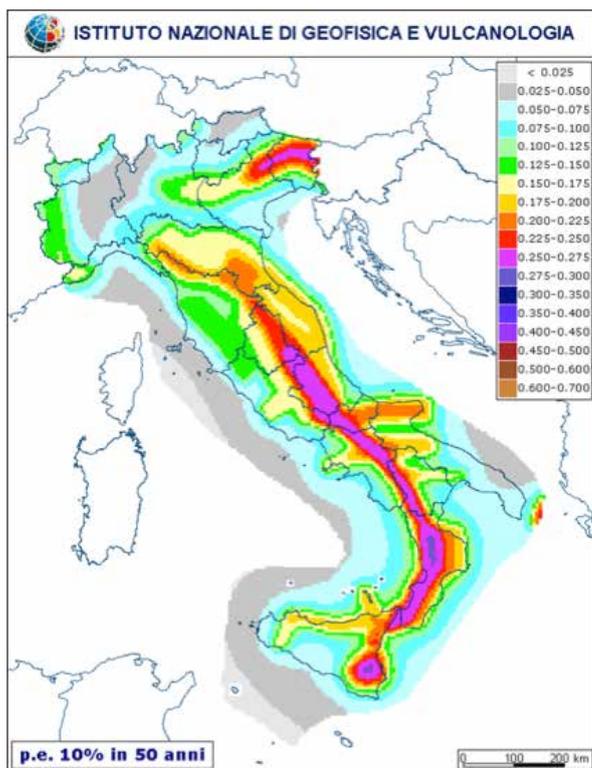
L'ISOLAMENTO SISMICO DELLE STRUTTURE

La protezione sismica delle strutture civili, industriali e infrastrutturali a mezzo dispositivi meccanici di isolamento e dissipatori, rappresenta un importante obiettivo dell'ingegneria strutturale allo scopo di minimizzare i danni alle costruzioni e di salvare vite in caso di terremoti di elevata intensità. In particolare l'assenza di danni è un requisito essenziale per alcune tipologie di strutture quali:

- strutture industriali che contengono componenti e materiali pericolosi (centrali nucleari, impianti chimici, ecc.)
- ponti e viadotti strategici di primaria importanza
- importanti edifici pubblici (prefetture, ospedali, centri di pronto intervento, centrali di comunicazioni ed energetiche)
- edifici strategici per la difesa del territorio nazionale
- patrimonio storico architettonico di grande pregio

La protezione sismica di una struttura esistente si può ottenere sia con rinforzi mirati per l'accresciuta domanda di resistenza in presenza di eventi sismici, per esempio a mezzo impiego di materiali compositi FRP-FRCM-SRG ampiamente utilizzati nel mercato nazionale ed internazionale, sia con l'impiego per strutture nuove ed esistenti in retrofit di particolari dispositivi, isolatori e dissipatori, in grado di ridurre la domanda sotto sollecitazione sismica.

Si riporta a seguire una carta dell'Italia dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia in cui sono riportate le zone geografiche di rischiosità sismica per un periodo di ritorno di 475 anni e un esempio di spettro di risposta elastico della struttura per un certo suolo e periodo proprio.



G&P intech azienda italiana già presente da molti anni nel mercato nazionale ed internazionale e nella ricostruzione post sismica all'Aquila ed in Emilia con proprie tecnologie di rinforzo strutturale, ha creato al proprio interno la Divisione HIRUN ENGINEERING con importanti partners internazionali produttori dei dispositivi di cui è distributrice in esclusiva, studi di ingegneria strutturale e ditte specializzate per il retrofit, per i settori degli isolatori sismici, dissipatori ed appoggi per ponti e viadotti.

Partner principale per la produzione dei dispositivi sismici, appoggi e giunti è la Società HIRUN ENGINEERING con sede a Wuhan -Hubei di proprietà della Wuhan Marine Machinery Plant a sua volta controllata al 100% dalla Società di Stato cinese China Shipbuilding Industry Corporation (CSIC), una delle prime 500 aziende del mondo. L'attuale capacità produttiva è di 60.000 dispositivi annui. L'azienda opera in regine di qualità ISO 9000 certificata da CQC membro di IQNET, con i più severi controlli di qualità dalle materie prime al prodotto finito ai sensi della EN 1090. Al proprio interno ha inoltre una delle più importanti macchine di prova al mondo per i dispositivi sismici per i tests di qualifica e di accettazione ai sensi delle principali normative mondiali.



Produzione dispositivi a Wuhan



Macchina di prova dei dispositivi

I tecnici e gli ingegneri di G&P intech assieme ai partners Hirun Engineering sono in grado di fornire un'assistenza e una consulenza completa a progettisti e imprese di costruzione al fine di fornire la miglior soluzione tecnico-economica per la protezione sismica. La consulenza che G&P intech può fornire in funzione delle richieste del mercato va dal progetto della struttura sotto azione sismica, alla ottimizzazione del più idoneo sistema di protezione strutturale fino alla progettazione esecutiva dei dispositivi antisismici più idonei al tipo di struttura e alla loro fornitura ed installazione a mezzo di ditte specializzate.

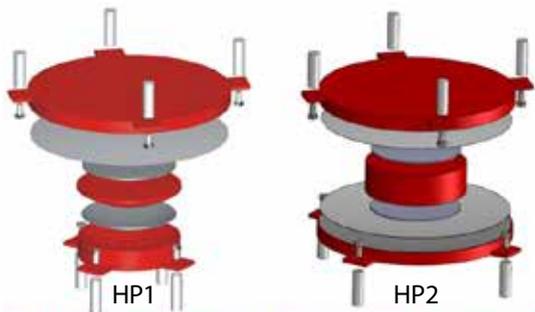


PRINCIPALI DISPOSITIVI IN LINEA DI PRODUZIONE

La gamma dei dispositivi principali prodotti marcati CE consiste delle seguenti tipologie:

ISOLATORI SISMICI: hanno la funzione di sopportare il peso della struttura, abbattere il periodo proprio delle strutture e quindi ridurre l'azione sismica, dissipare energia. Principali impieghi: edifici e strutture civili ed industriali in aree sismiche, ponti stradali.

• HSLIDE HP1 e HP2 isolatori a pendolo scorrevole (friction pendulum) a semplice HP1 e doppia HP2 superficie di scorrimento. Conformi alla EN 15129 Cap. 8.3, Annex ZA. Hanno un'elevata durabilità con manutenzioni minime.

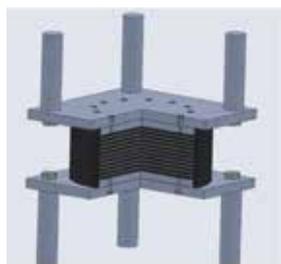


• HIDAMP – HILEAD : Isolatori elastomerici

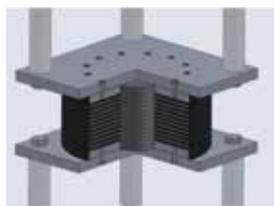
HDRB : Isolatori in gomma ed acciaio ad alta dissipazione di energia.

LRB : Isolatori in gomma ed acciaio con nucleo di piombo ad elevata capacità dissipativa.

Conformi alla EN 15129 Cap. 8.2.



HDRB



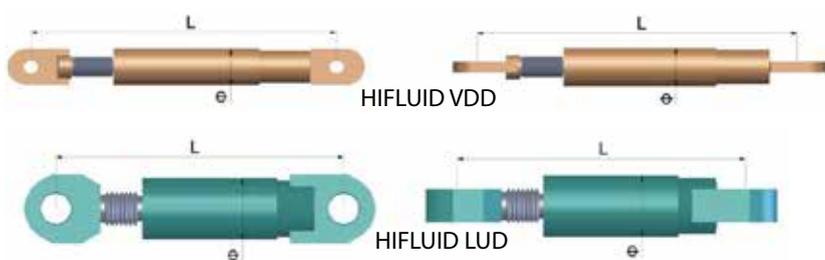
LRB



DISSIPATORI FLUODINAMICI HIFLUID VDD: hanno la funzione principale di dissipare energia indotta dal sisma, ridurre le vibrazioni e gli effetti del vento o di altre azioni dinamiche. Sono disponibili i dissipatori viscosi con capacità di ricentraggio. Principali impieghi: edifici e strutture civili ed industriali in aree sismiche, ponti stradali e ferroviari. Conformi alla EN 15129 Cap. 7. I materiali sono conformi alla EN 10025 e EN 10088.

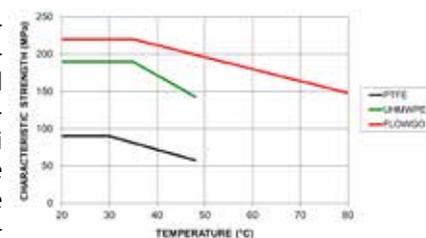
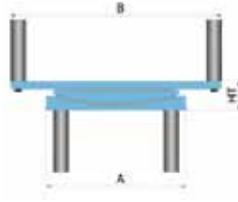
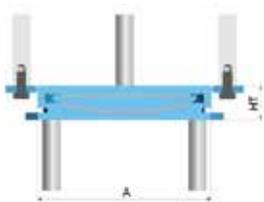
DISSIPATORI SHOCK TRASMITTER E ISTERETICI HIFLUID LUD: hanno la funzione principale di sviluppare la massima forza di progetto con limitati spostamenti. Reagiscono limitatamente a escursione termiche e movimenti lenti. Non dissipano quantità importanti di energia. Principali impieghi: edifici e strutture civili ed industriali in aree sismiche, ponti stradali e ferroviari. Conformi alla EN 15129 Cap. 5. I materiali sono conformi alla EN 10025 e EN 10088.

HIFLUID: Dissipatori viscosi fluidodinamici VDD e shock transmitter LUD



APPOGGI SFERICI HIFLOW: consentono la rotazione attorno ai tre assi e possono trasmettere il carico in ogni direzione senza spostamenti (tipo FS), oppure permettere lo spostamento in una direzione (tipo GS), oppure permettere lo spostamento nelle direzioni del piano (tipo SS). Conformi alla norma EN 1337.7. Di particolare evidenza è l'innovativo materiale di scorrimento impiegato FlowGo con resistenze a compressioni due volte superiori rispetto al PTFE e altri materiali impiegati e che consente superiori resistenze all'abrasione di un fattore 5 e temperature maggiori fino a 80°C (fig. a lato). Principali impieghi: edifici e strutture civili ed industriali in aree sismiche, ponti stradali e ferroviari. Hanno una durabilità superiore ai 100 anni con manutenzioni minime.

HIFLOW: Appoggi sferici di tipo fisso FS, con spostamento in una direzione GS e nel piano SS

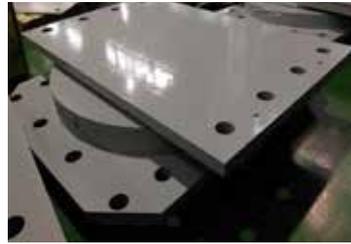


Resistenza a compressione vs. temperatura di materiali di scorrimento

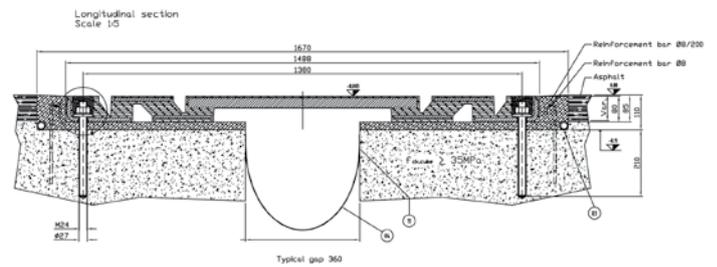


APPOGGI HIPOT: consentono la rotazione attorno ai tre assi e possono trasmettere il carico nelle tre direzioni senza spostamenti (tipo FP), oppure trasferire il carico in una direzione e consentire spostamenti nelle altre direzioni (tipo SP), oppure trasferire il carico in due direzioni e permettere lo spostamento in una direzione (tipo GP). Conformi alla norma EN 1337.2 e 1337.5 Principali impieghi: edifici e strutture civili ed industriali in aree sismiche, ponti stradali e ferroviari. Hanno una durabilità superiore ai 100 anni con manutenzioni minime.

HIPOT: Appoggi di tipo fisso FP, con spostamento in una direzione GP e nel piano SP



GIUNTI SISMICI E STRADALI IN ACCIAIO E GOMMA



TUTTI I DISPOSITIVI SONO FORNITI DI MARCATURA CE AI SENSI DELLE NORME NAZIONALI ED EUROPEE EN 15129, EN 1337

CERTIFICATE OF CONSTANCY OF PERFORMANCE
2004-CPR-0281.1

CURVED SURFACE SLIDING ISOLATOR
TRADE NAME: HISELE

Produced by: **WUHAN HIRUN ENGINEERING EQUIPMENT CO., LTD.**

EN 1337.2:2014

EN 1337.2:2014

EN 1337.2:2014

EN 1337.2:2014

CERTIFICATE
0370-CPR-1921

CERTIFICATE OF CONSTANCY OF PERFORMANCE

EN 1337.2:2014

CERTIFICATE
0370-CPR-1920

CERTIFICATE OF CONSTANCY OF PERFORMANCE

EN 1337.2:2014

CERTIFICATE
0370-CPR-1775

CERTIFICATE OF CONFORMITY OF THE FACTORY PRODUCTION CONTROL

EN 1337.2:2014

Tutti i dispositivi meccanici sono protetti con un ciclo di rivestimento anticorrosione secondo la EN 12944 per una durabilità molto elevata secondo EN ISO 12944-5:2007, C5-I (Industriale) e C5-M (marine) per atmosfere marine. I dispositivi metallici sono resistenti al fuoco e non richiedono particolari protezioni in tal senso.

I dispositivi in gomma-acciaio richiedono specifiche protezioni a riguardo.

Tutti i dispositivi sono forniti a richiesta con piastre, dispositivi di ancoraggio e prodotti di inghissaggio Resin 97 e Concrete Rock HF e che consentano comunque una rapida sostituzione dei dispositivi, ove necessario.

Vengono forniti assieme ai dispositivi i manuali tecnici per l'installazione e per la manutenzione ai sensi delle norme vigenti.

L'azienda è in grado di progettare e realizzare su commessa dispositivi speciali per progetti specifici nell'ambito di standard tecnici e normativi ai sensi delle EN 15129, ISO, AASHTO, TT/T sotto il controllo di Enti notificati europei e internazionali.

IL FRICTION PENDULUM NELL'ISOLAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI

L'isolamento alla base mediante "friction pendulum" a semplice o doppia superficie di scorrimento è una tecnologia relativamente recente, molto interessante da un punto di vista tecnico in quanto permette alla struttura esistente di avere una capacità resistente ad un evento sismico di gran lunga superiore rispetto a quella presente nella configurazione iniziale. Pertanto, quanto viene richiesto dalla recente normativa - ovvero che il miglioramento non sia inferiore all'80% della domanda sismica - è ampiamente superato. Il sistema di isolamento alla base offre i seguenti vantaggi:

POCA INVASIVITA': tale applicazione è limitata ad un solo piano di tutta l'intera struttura e quindi tutti gli interventi di adeguamento, rinforzo locale dei pilastri e inserimento dell'isolatore, riguardano solo quel livello specifico. Tutti i livelli superiori a quello di isolamento non richiedono nessun intervento, o in alcuni casi modesti interventi di rinforzo nodali, in quanto le sollecitazioni agenti sono notevolmente ridotte e quindi possono mantenere le caratteristiche architettoniche originarie. Il lavoro di taglio dei pilastri ed inserimento degli isolatori, tecnica di retrofit, può essere effettuato senza interferire con le attività svolte ai piani superiori;

PROTEZIONE PARTI NON STRUTTURALI: l'impiego di un sistema di isolamento sismico consente che la struttura lavori sempre in campo lineare e quindi non induce nessuna deformazione sostanziale negli elementi principali. Questa caratteristica preserva l'integrità ed annulla i danneggiamenti di tutti gli elementi non strutturali come i tamponamenti; inoltre garantisce un'assoluta protezione di quanto contenuto nella struttura. Gli oneri di manutenzione della struttura dopo un sisma sono praticamente azzerati;

FACILITA' DI INSTALLAZIONE: le modalità di intervento sono ben definite e l'esperienza sviluppata da G&P intech e dalle ditte esecutrici fiduciarie in questo settore consente una buona velocità di intervento; il tutto garantendo un assoluto livello di sicurezza;

BASSI ONERI DI MANUTENZIONE: gli isolatori a pendolo scorrevole sono completamente realizzati in carpenteria metallica e materiali sintetici di elevata qualità e resistenza alla corrosione e quindi non sono soggetti a nessun fenomeno di deterioramento. Tutti i dispositivi meccanici sono inoltre protetti, come già riportato, con un ciclo di rivestimento anticorrosione secondo la EN 12944 e la manutenzione può considerarsi marginale con controlli ai sensi di norma a partire da 15 anni dalla installazione. Inoltre a seguito di un evento sismico, nessuno degli elementi costituenti il dispositivo necessita la sostituzione: si richiede solo una supervisione straordinaria;

SEMPLICITA' NELLA PROGETTAZIONE: con l'utilizzo di questa tecnologia è sempre possibile effettuare un'analisi lineare semplificata, mantenendo lo smorzamento al di sotto del 30%. Questa è una notevole semplificazione per l'analisi dinamica ed anche per le verifiche di tutti gli elementi strutturali in quanto essi restano in campo lineare e non richiedono quindi sofisticate tecniche di calcolo;

CONVENIENZA ECONOMICA: il fatto di dover intervenire ad un solo livello dell'edificio fa in modo di abbattere anche i costi dell'applicazione di un sistema di adeguamento come quello dell'isolamento sismico.

PRINCIPIO DELL'ISOLAMENTO SISMICO

L'isolamento sismico si basa sul principio di disaccoppiare il comportamento dinamico della struttura rispetto al terreno. In fig. 1 è possibile vedere lo schema classico di posizionamento degli isolatori. È importante notare che per il perfetto utilizzo della tecnologia è necessario inserire gli isolatori tra due piani rigidi il primo al contatto col terreno mentre il secondo sulla struttura (fig. 2). Nel caso di mancanza di tali piani, è indispensabile che vengano creati mediante getti in calcestruzzo o travi in acciaio. Discorso a parte meritano le strutture in murature per le quali l'isolamento deve essere studiato diversamente.

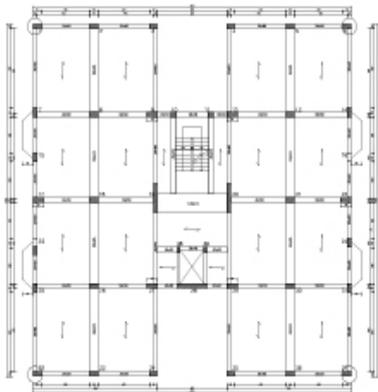


fig. 1

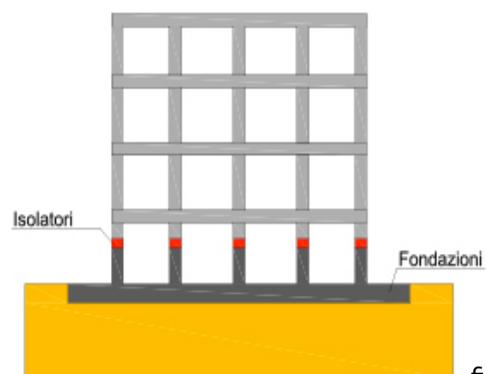


fig. 2

Con riferimento allo spettro di risposta del terreno della zona oggetto di lavoro, si può notare che per strutture tradizionali, cioè rigide, il periodo proprio di vibrazione sia inferiore ad un secondo. Ne consegue che le accelerazioni, derivanti da un tale sisma sono elevate. Grazie all'uso degli isolatori siamo in grado di inserire nell'edificio un elemento smorzante, ovvero avente la capacità di dissipare energia, (in alcuni casi può essere assunto ad un valore non superiore al 5%). Mentre la superficie di scorrimento dell'isolatore, che ha un ben definito raggio di curvatura, permette all'edificio di incrementare il periodo proprio di vibrazione, l'insieme di questi due vantaggi riduce drasticamente le accelerazioni di natura sismica.

La tecnologia che consente di ottimizzare entrambi i contributi è appunto l'isolamento alla base; i valori raggiungibili di smorzamento sono compresi tra il 10% ed il 30% mentre il periodo proprio di vibrazione può raggiungere valori anche superiori ai 3 secondi (Fig. 3).

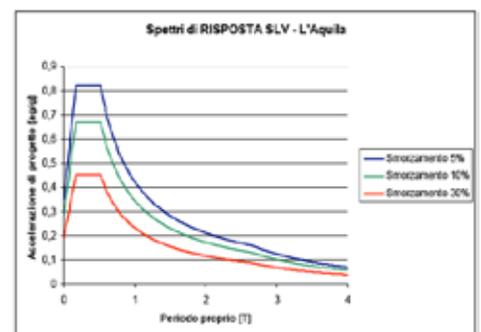


fig. 3

L'unione dei contributi anzidetti abbatte l'accelerazione sismica di progetto almeno dell'80%.

Nel caso riportato l'edificio è stato calcolato secondo la vecchia normativa ovvero con sollecitazioni orizzontali pari a circa il 7% del peso proprio. Con il nuovo regolamento sismico l'accelerazione, quindi la sollecitazione orizzontale, da esaminare per la zona in esame e considerando la struttura rigida sarà superiore al 50% del peso proprio. Con l'isolamento sismico alla base, come in seguito specificato, le sollecitazioni sismiche attese sono dell'ordine del 7%, non rendendo necessari interventi ai piani superiori.

SCELTA DELL'ISOLATORE

L'isolatore a pendolo offre un elevato vantaggio in fase di progettazione in quanto il centro delle masse coincide sempre con il baricentro delle strutture, pertanto si progetta una sola tipologia di isolatore, sempre uguale per tutti i pilastri, mentre nel caso di isolatori in gomma-acciaio HDRB, a parità di progetto, a volte si devono usare diverse tipologie di prodotti, oltre agli appoggi multidirezionali.

Nel nostro caso, inoltre, la possibilità di utilizzare un pendolo a doppia superficie di scorrimento permette di dimezzare lo spostamento con enormi vantaggi strutturali.

Durabilità e costi sono gli altri due vantaggi del pendolo rispetto al HDRB. Per quanto riguarda la posa, sempre a parità di carichi e di spostamenti, l'isolatore in gomma armata risulta sempre più ingombrante e pesante, pertanto nel caso di strutture esistenti appare chiaro che si predilige sempre quello ad attrito.

MODALITA' DI INTERVENTO IN RETROFIT

L'inserimento degli isolatori a pendolo in una struttura esistente avviene secondo una tecnologia che prevede il taglio dei pilastri con il temporaneo sostegno del carico verticale mediante apposite carpenterie metalliche e martinetti. Questa tecnologia consiste nell'applicazione su ciascun pilastro di due speciali morse in acciaio poste ad una opportuna distanza tra di loro (circa 70÷80 cm). Dopo aver accuratamente controllato il corretto posizionamento delle morse, si procede al loro serraggio al pilastro, mediante apposite barre in acciaio ad elevata resistenza. Mediante appositi martinetti idraulici si provvede in fase successiva a scaricare la parte di pilastro compresa tra le due morse.

Successivamente è possibile, per mezzo di una sega a filo diamantato, tagliare e, quindi, rimuovere un concio di calcestruzzo, ovviamente appartenente al tratto di pilastro scaricato, ed inserire al suo posto il dispositivo di isolamento, previa la posa in opera delle relative carpenterie di ancoraggio al pilastro. A tale intervento, se necessario, si può accoppiare anche quello di rinforzo strutturale del pilastro stesso mediante strati di tessuti in fibra di carbonio - CFRP, che dovrà, in tal caso, essere eseguito prima del taglio. Ulteriori vantaggi da tenere in considerazione per un intervento di questo tipo sono la semplicità e la rapidità delle operazioni sopra descritte comunque sempre realizzate da personale altamente qualificato. Si tratta, infatti, di operazioni che richiedono una modalità di applicazione molto precisa e delicata (anche se molto semplice dal punto di vista teorico) per poter assicurare la perfetta funzionalità di tutto il sistema. Anche dal punto di vista della sicurezza, questo tipo di intervento non presenta alcuna criticità: infatti, il fatto di operare contemporaneamente su solo un paio di pilastri ed avendo la possibilità di minimizzare le deformazioni indotte nella struttura (il detensionamento dei pilastri richiede uno spostamento relativo dell'ordine dei 2mm), ne garantiscono la stabilità strutturale per tutta la durata dell'intervento.

Ciascuna morsa è costituita essenzialmente da due traversi principali, disposti parallelamente al lato maggiore del pilastro, e da due traversi secondari, paralleli al lato minore; i traversi principali, tramite i quali si esercita l'80% circa della forza di serraggio, hanno anche la funzione di trasmettere, mediante 4 martinetti idraulici posti alle due estremità, lo sforzo verticale presente nel pilastro, mentre quelli secondari, tramite i quali si esercita il restante 20% della forza di serraggio, essendo più leggeri e maneggevoli, vengono posizionati per primi, consentendo un più agevole posizionamento dei traversi principali.

SCHEDA PROGETTO DEL DISPOSITIVO

A titolo di esempio si descrivono i dettagli del dispositivo riferito ad un pilastro di bordo tipo. Le caratteristiche principali da definire sono quelle che determinano il comportamento dinamico della struttura (periodo proprio di oscillazione): in un sistema come quello ipotizzato dipende esclusivamente dalle caratteristiche geometriche del dispositivo, ovvero il raggio di curvatura ed il coefficiente di attrito di progetto.

E' inoltre importante dire che il periodo di oscillazione non dipende dalla massa della struttura e quindi sono annullati tutti i contributi di eccentricità; questo fatto consente di disaccoppiare perfettamente il comportamento secondo gli assi principali e rende molto precisa l'approssimazione di calcolo conferita da un'analisi lineare.

Infatti, in questa fase di pre-dimensionamento si farà riferimento ad un'analisi lineare semplificata: ovvero si effettua un calcolo lineare iterativo che ovviamente tenga conto dello spettro di risposta della condizione di progetto (SLV) e delle caratteristiche di progetto geometriche stabilite; questo tipo di calcolo è reso necessario dal fatto che il comportamento della struttura dipende anche dallo spostamento.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti alla condizione SLV per il pilastro in esame:

W= massa sismica relativa al singolo dispositivo pari a 931 kN

R= raggio di curvatura della superficie sferica principali pari a 2050 mm

μ = attrito dinamico della superficie di scorrimento (determina lo smorzamento viscoso equivalente) pari al 3%

D= spostamento relativo della struttura secondo due superfici sferiche pari a 155 mm

Keff = rigidità orizzontale efficace pari a: $K_{eff} = W \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot (R-A)} \cdot \frac{\mu}{D} \right) = 0,4122 N/mm$

Teff= periodo proprio indipendente dalla massa della struttura pari a: $T_{eff} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{W}{K_{eff}}} = \sqrt{\frac{1}{\mu \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot (R-A)} \cdot \frac{\mu}{D} \right)}} = 3,06 sec$

ξ_{eff} = smorzamento efficace del sistema pari a: $\xi_{eff} = 2 \cdot \pi \cdot \left[\frac{\mu}{\mu \cdot \frac{1}{2 \cdot (R-A)} \cdot \frac{\mu}{D}} \right] = 2,8\%$

F= sollecitazione orizzontale massima di progetto pari a 64 kN

Tale valore di sollecitazione orizzontale è pari a circa il 6,8% della massa sismica; come stimato in precedenza tale valore è inferiore a quello utilizzato per il calcolo della sovrastruttura in accordo alla precedente normativa.

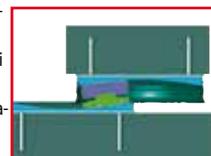
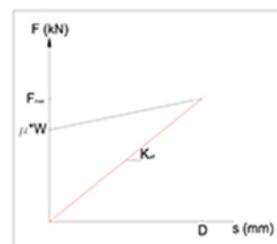
Inoltre, come ulteriore contributo di sicurezza, si considera che la progettazione del dispositivo a friction pendulum tenga conto di uno spostamento superiore: deve essere concordato ad uno spettro di risposta calcolato alla condizione di collasso (SLC):

D= spostamento relativo della struttura secondo due superfici sferiche pari a 260 mm

Si riporta a lato uno schema del dispositivo in condizioni di massimo spostamento alla condizione SLV:

Si consideri che per i dispositivi centrali e per quelli relativi ai vani scale ed ascensore i carichi di progetto saranno differenti: saranno di conseguenza modificate le dimensioni in pianta del dispositivo specifico:

- APPOGGIO INTERNO: dimensioni di ingombro 480x480 mm
- APPOGGIO DI VANO SCALA E ASCENSORE: dimensioni di ingombro 400x400 mm



Mediante prove di laboratorio, che riproducevano, quanto più accuratamente possibile, la situazione reale, si è determinato il coefficiente d'attrito sul quale è possibile fare affidamento in condizioni medie di temperatura ed umidità: variando la pressione esercitata sul calcestruzzo, il coefficiente d'attrito è risultato variare tra un minimo del 45% ed un massimo del 60%, per cui, nel dimensionamento delle morse, si tiene, cautelativamente, conto dei seguenti parametri:

| | |
|---|--|
| coefficiente d'attrito acciaio-clc. | $\mu = 0.40$ |
| coefficiente di sicurezza nei riguardi del carico verticale | 1.30 |
| coefficiente di sicurezza nei riguardi dell'attrito | 1.50 |
| coefficiente di sicurezza complessivo | $1.30 \times 1.50 = 1.95 \approx 2.00$ |

Indicato, pertanto, con V_0 il carico permanente agente sul pilastro, la forza di serraggio da esercitare con le morse dovrà, complessivamente, essere pari a: $F_s = 2.0 \times V_0 / \mu = 5 \cdot V_0$.

REFERENZE

Impiego degli isolatori sismici FRICTION PENDULUM HISLIDE e dissipatori HIFLUID secondo progetto in opere civili e strategiche.



Ospedale Regionale a Bursa (Turchia)



Edifici residenziali 7-15 piani Changshai (Cina)

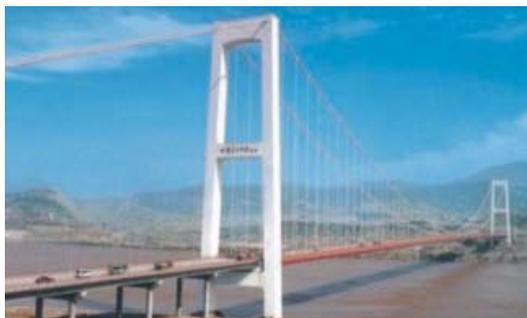


Edificio residenziale multipiano
Tainan City (Cina)



Posizionamento isolatori

Impiego dei FRICTION PENDULUM HISLIDE, dissipatori HIFLUID e appoggi HIFLOW - HIPOT per ponti e viadotti stradali - ferroviari



Nanjing 4° Yangtze River Bridge (Cina)

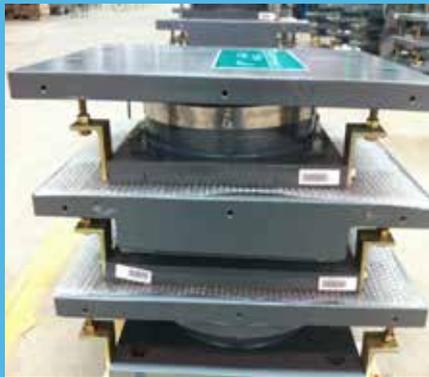


Dissipatori HIFLUID VDD e LUD



Autostrada Sebes-Turda L1 (Romania)

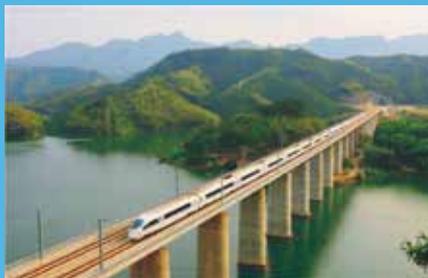




Appoggi sferici HIFLOW



Ponte stradale e ferroviario Wuhu Yangtze River Bridge (Cina)



Linea ferroviaria AV Wuhan - Guangzhou (Cina)



2° Ponte stradale Zhuhai (Cina)



Appoggi sferici HIFLOW

