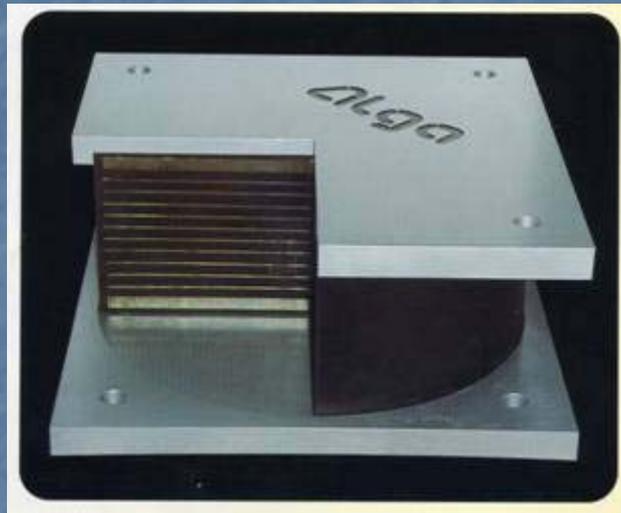


Sistemi non convenzionali di protezione sismica

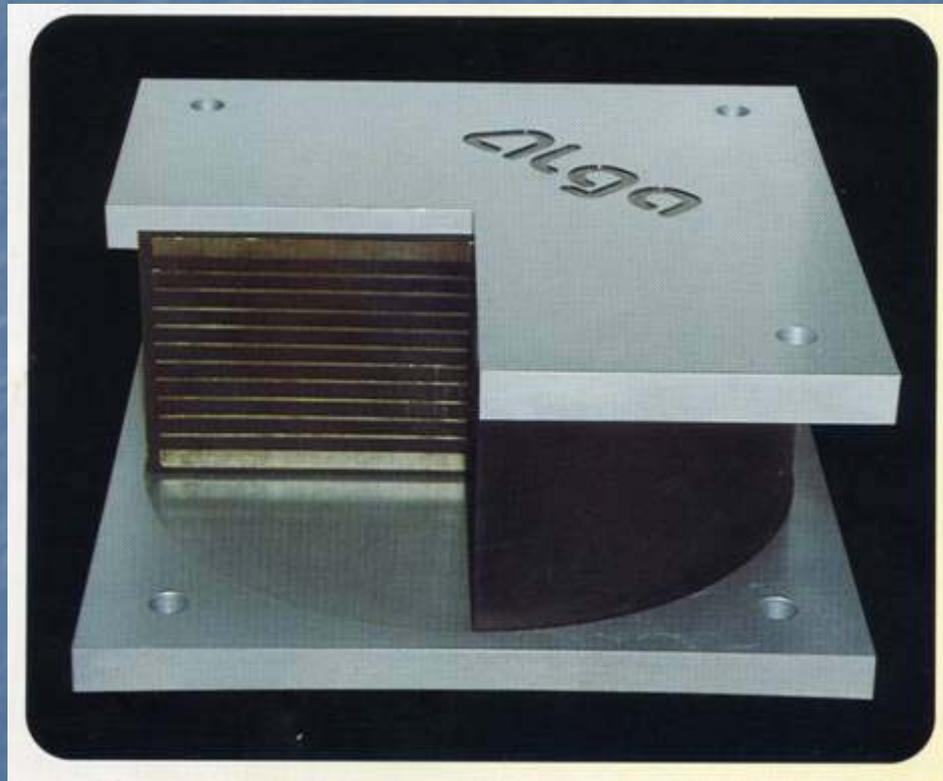
Dissipatori - Isolatori



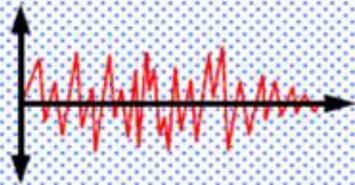
Teramo - 25 novembre 2006

ing. Antonio Perretti, PhD

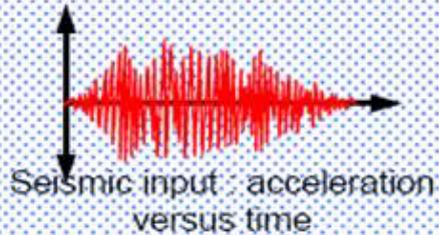
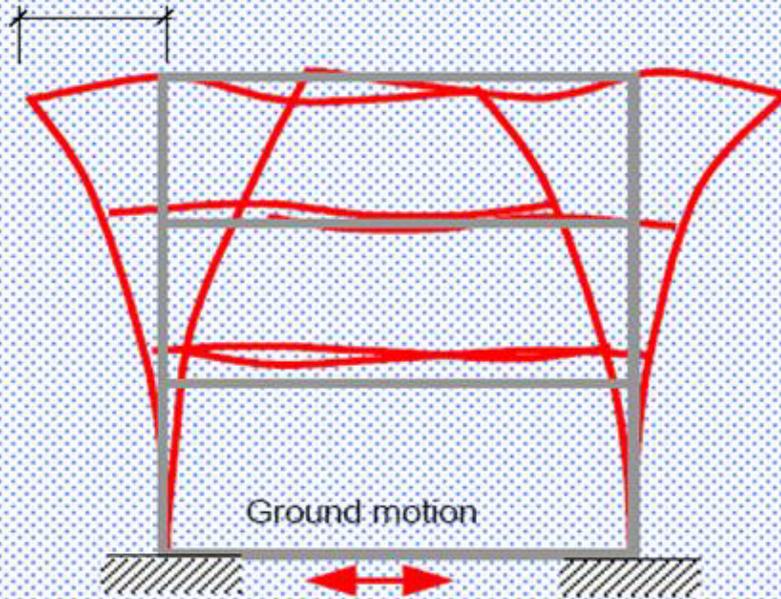
ISOLATORI ANTISISMICI (high damping rubber bearings-HDRB)



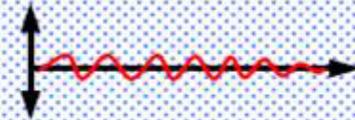
Response of top floor of a non-isolated structure: acceleration versus time



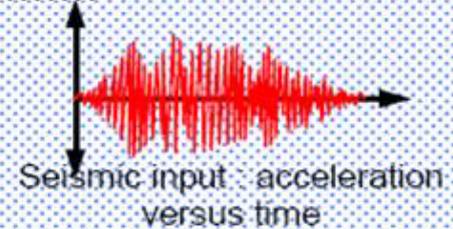
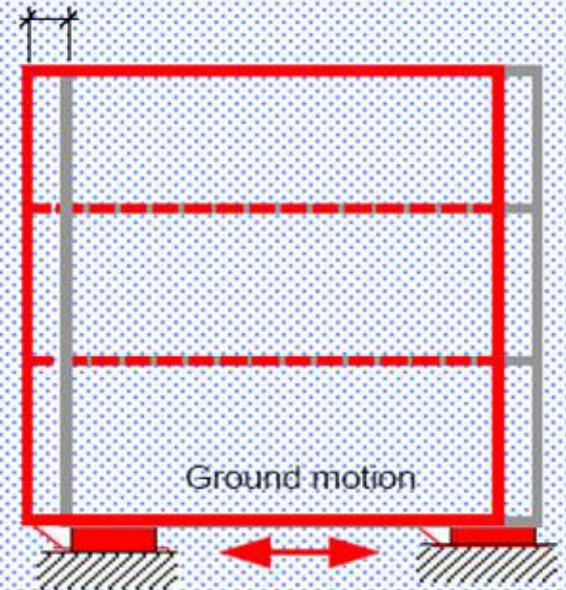
Displacement or deformation



Response of top floor of an isolated structure: acceleration versus time



Displacement



Spostamenti e deformazioni di edifici a base fissa e isolata

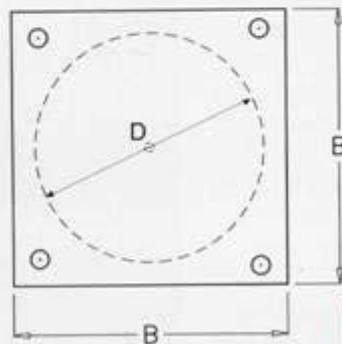
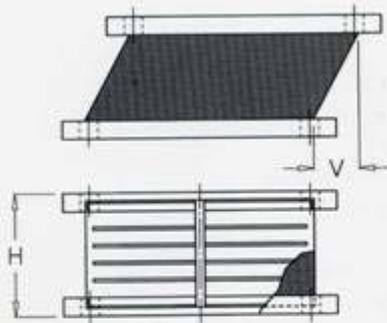
ISOLATORI ANTISIMICI **(high damping rubber bearings-** **HDRB)**

Tipo di mescola

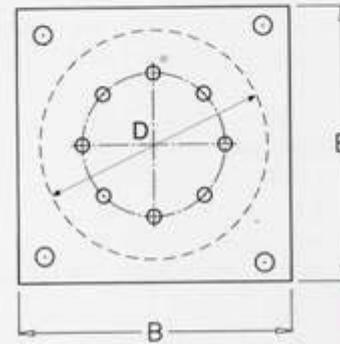
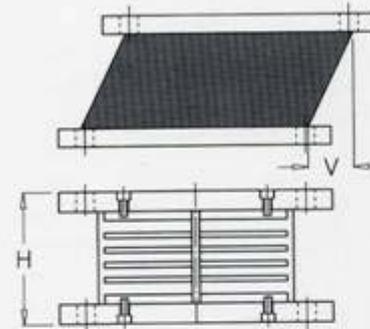
Tipo di attacco

ISOLATORI ANTISISMICI (high damping rubber bearings- HDRB)

SISTEMA D'ANCORAGGIO - ANCHOR SYSTEM

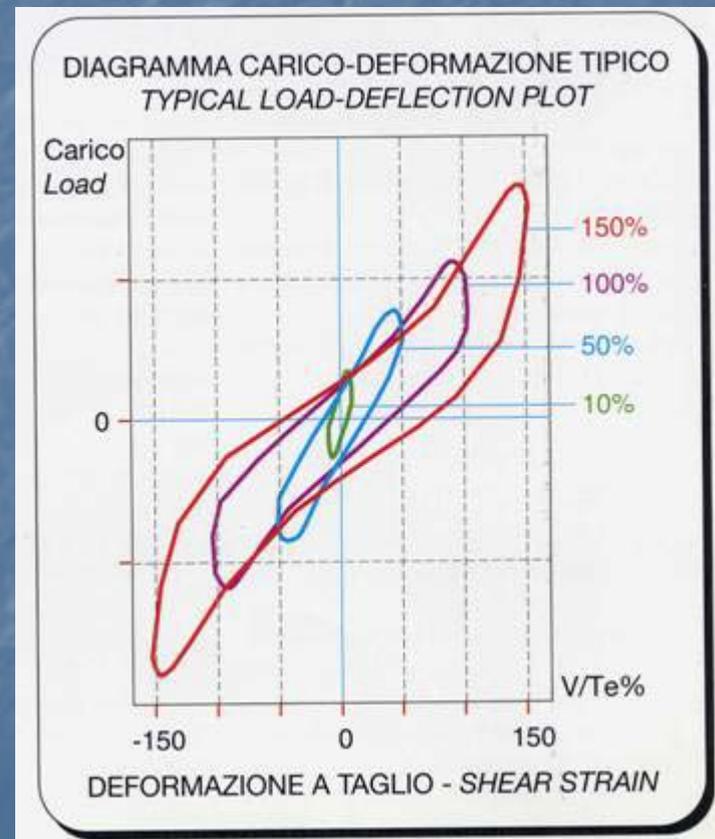
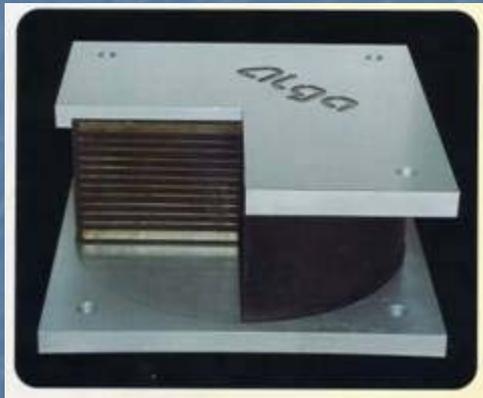


A



E

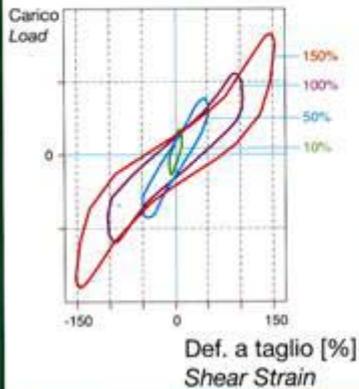
COMPORAMENTO DI ISOLATORI ANTISISMICI



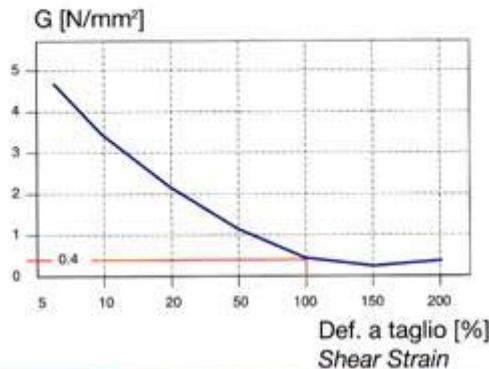
ISOLATORI ANTISISMICI (high damping rubber bearings-HDRB)

MESCOLA MORBIDA - SOFT COMPOUND

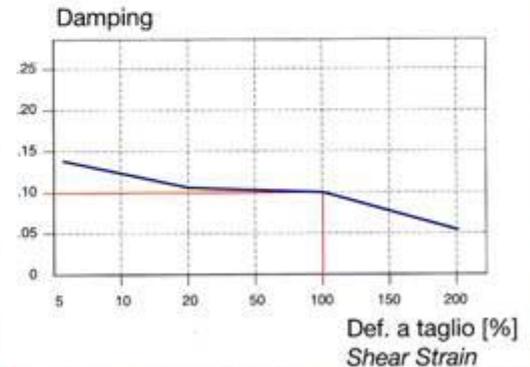
Carico/deformazione
Load/deflection



Modulo G/deformazione
G Modulus/deflection

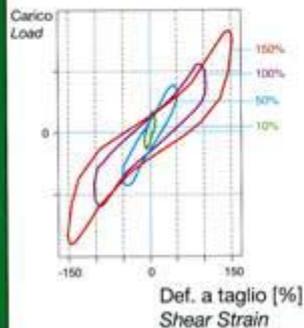


Smorzamento/deformazione
Damping/deflection

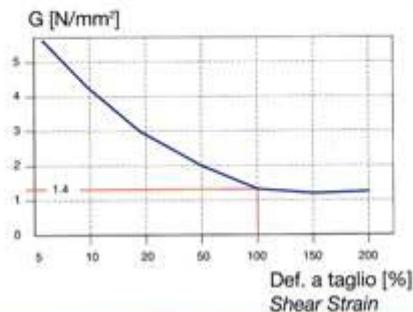


MESCOLA DURA - HARD COMPOUND

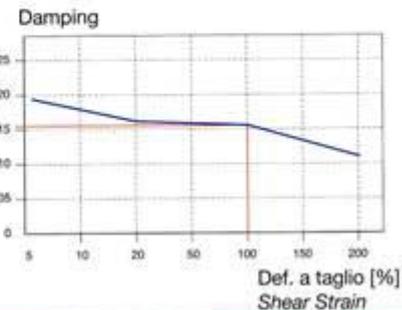
Carico/deformazione
Load/deflection



Modulo G/deformazione
G Modulus/deflection



Smorzamento/deformazione
Damping/deflection



ISOLATORI ANTISISMICI (high damping rubber bearings- HDRB)

Mescola morbida

HDS.A	Carico vert. Vertical load max [kN]	Deformazione Displacement max [mm]	Rigidezza orizzontale Horiz. stiffness at 100% strain [kN/mm]	Dimensioni - Dimensions Te = spessore totale gomma total rubber thk. [mm]			
	Fz	V	k _H	D	H	B	Te
HDS.A 300	350	112	0.35	300	177	380	80
HDS.A 400	850	146	0.48	400	210	480	104
HDS.A 500	1750	179	0.61	500	243	580	128
HDS.A 600	2000	218	0.72	600	274	680	156
HDS.A 700	3200	252	0.86	700	326	800	180
HDS.A 800	4800	280	0.99	800	374	900	204
HDS.A 900	7700	280	1.25	900	374	1000	204
HDS.A 1000	9200	280	1.50	1000	398	1140	210
HDS.A 1100	12000	280	1.81	1100	398	1240	210
HDS.A 1200	15000	280	2.15	1200	398	1340	210

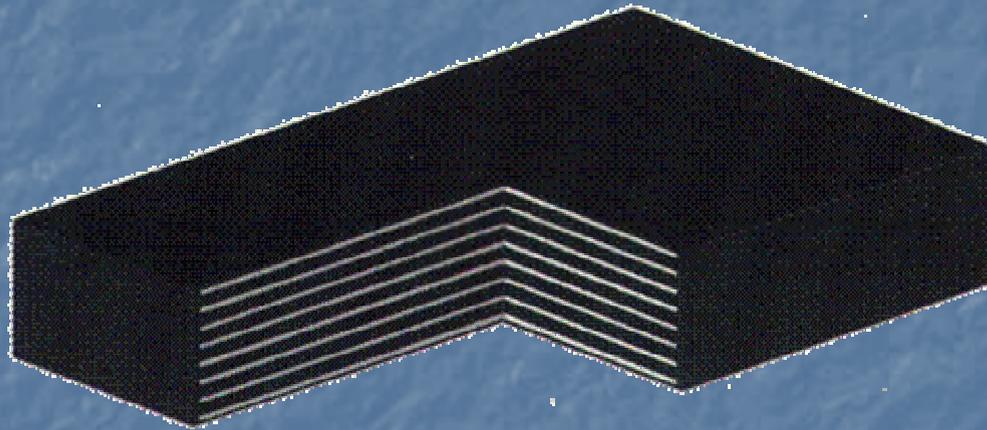
ISOLATORI ANTISISMICI (high damping rubber bearings- HDRB)

Mescola dura

HDH.A

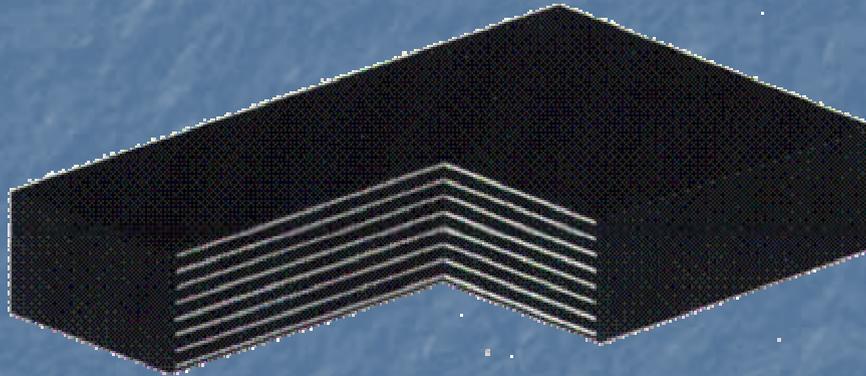
HDH.A	Carico vert. Vertical load max [kN]	Deformazione Displacement max [mm]	Rigidezza orizzontale Horiz. stiffness at 100% strain [kN/mm]	Dimensioni - Dimensions Te = spessore totale gomma total rubber thk. [mm]			
	Fz	V	k _H	D	H	B	Te
HDH.A 300	1000	112	1.24	300	177	380	80
HDH.A 400	1850	146	1.69	400	210	480	104
HDH.A 500	2900	179	2.15	500	243	580	128
HDH.A 600	4200	218	2.54	600	274	680	156
HDH.A 700	5700	252	2.99	700	326	800	180
HDH.A 800	7500	280	3.45	800	374	900	204
HDH.A 900	9500	280	4.37	900	374	1000	204
HDH.A 1000	11000	280	5.24	1000	398	1140	210
HDH.A 1100	14000	280	6.34	1100	398	1240	210
HDH.A 1200	16000	280	7.54	1200	398	1340	210

APPOGGI IN GOMMA



Gli appoggi in gomma sopportano carichi e deformazioni simultanei in ogni direzione e consentono rotazioni attorno ad un qualsiasi asse.

APPOGGI IN GOMMA

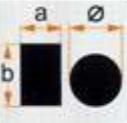
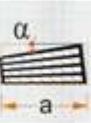
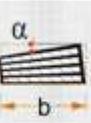
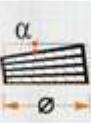
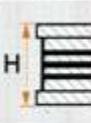


Per limitare lo slittamento ed aumentare la portata dell'appoggio la gomma viene opportunamente rinforzata con interposti lamierini metallici, efficacemente aggrappati agli strati di gomma, mediante vulcanizzazione in appositi stampi.

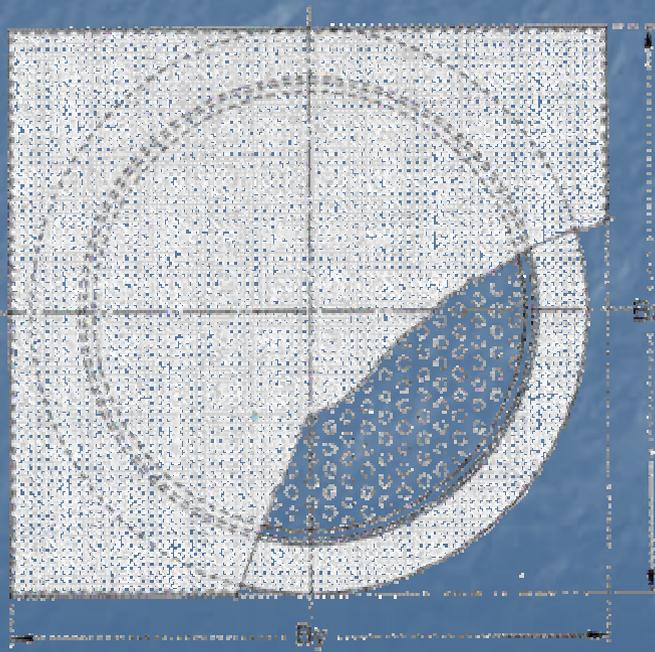
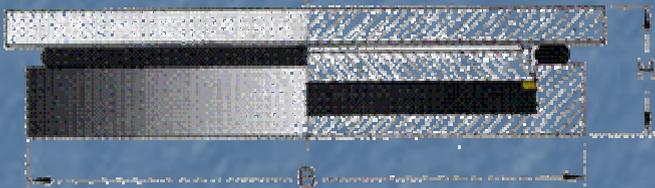
I lamierini sono di dimensioni leggermente inferiori a quelle degli appoggi stessi, in modo da risultare completamente inglobati nella gomma ed essere protetti dalla corrosione.

APPOGGI IN GOMMA

Esempio

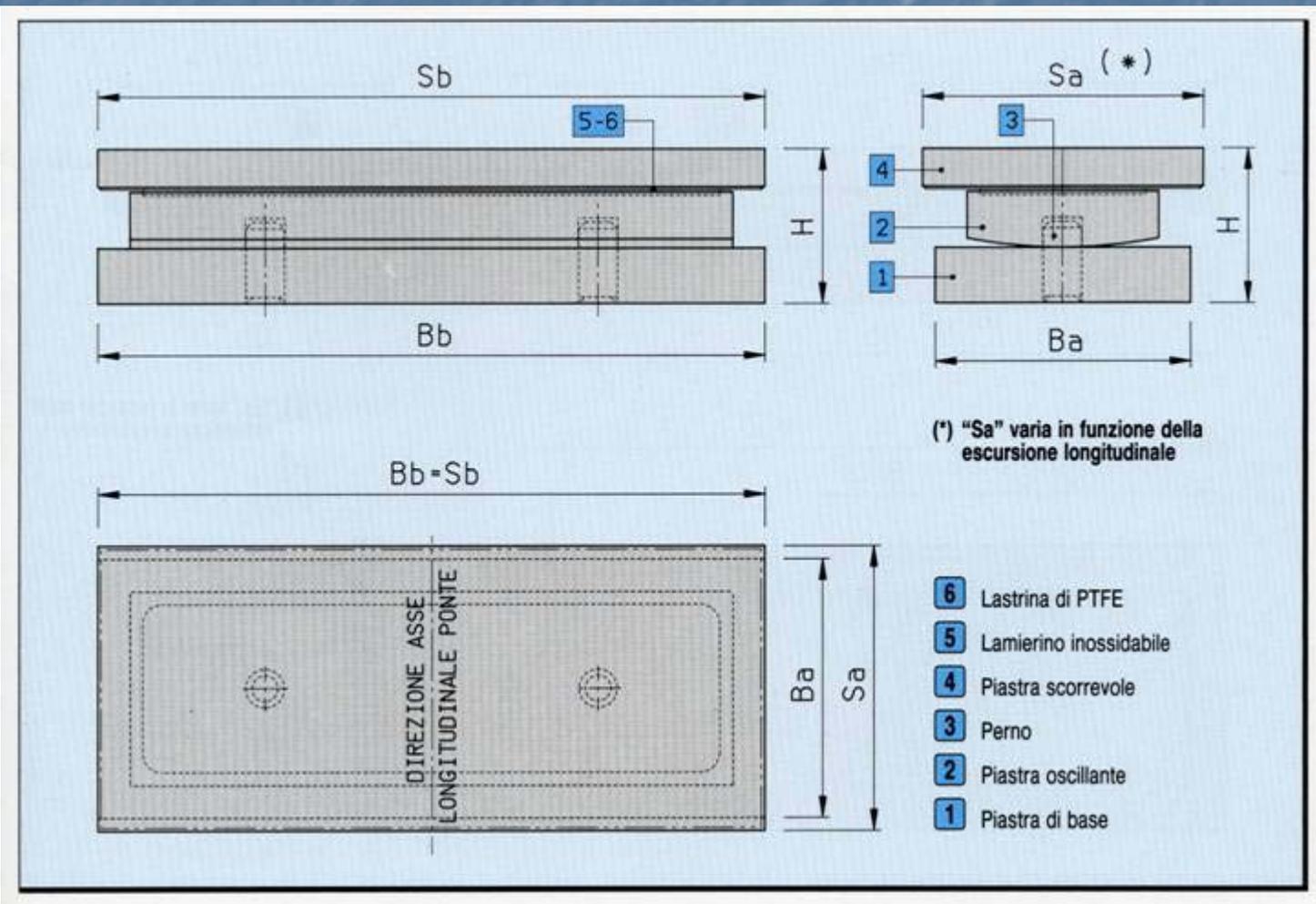
DIMENSIONI - DIMENSIONS [mm]													
DIMENSIONI IN PIANTA PLAN DIMENSIONS	PORTATA MASSIMA MAX LOAD	ESCURSIONE DISPLACEMENT		ROTAZIONE MASSIMA ATTORNO ALLOWABLE ROTATION OVER			NUMERO GOMME No. RUBBER LAYERS	SPESSORE TOT. GOMMA EFFECTIVE THICKNESS		ALTEZZA TOTALE APPOGGIO OVERALL THICKNESS			
		NB	NB2+5	a	b	∅		NB	NB2+5	NB	NB2/3	NB4	NB5
													
mm	kN	mm	mm	‰	‰	‰	n	mm	mm	mm	mm	mm	mm
∅ 350 350x450	1200 2360	26.6	23.1	7.5	6.0	12.0	3	38	33	54	81	121	61
		34.3	30.8	10.0	8.0	16.0	4	49	44	69	96	136	76
		42.0	38.5	12.5	10.0	20.0	5	60	55	84	111	151	91
		49.7	46.2	15.0	12.0	24.0	6	71	66	99	126	166	106
		54.6	52.4	17.5	14.0	28.0	7	82	77	114	141	181	121
		59.0	57.1	20.0	16.0	32.0	8	93	88	129	156	196	136

APPOGGI METALLICI A DISCO ELASTOMERICO



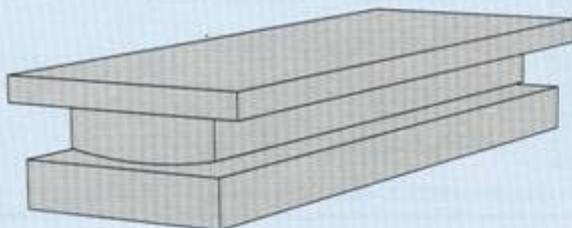
Portata KN	$B = B_x$ mm	B_y mm	H mm
500	210	260	57
750	230	280	57
1000	260	310	66
1250	290	340	70
1500	310	360	75
1750	340	390	80
2000	360	410	80
2250	380	430	85
2500	400	450	85
2750	420	470	90
3000	440	490	95
3500	480	530	95
4000	510	560	104
4500	540	600	108
5000	570	620	108
5500	600	650	113
6000	620	670	113
6500	650	700	113
7000	670	720	123
7500	700	750	123
8000	720	770	128
8500	740	790	128
9000	760	810	128
9500	780	830	128
10000	800	850	138
11000	840	890	138
12000	880	930	143
13000	910	960	143
14000	950	1000	148

APPOGGI A CONTATTO LINEARE



APPOGGI A CONTATTO LINEARE

Linear LM standard



Mod. LM - Appoggio mobile multidirezionale scorrevole con contatto acciaio/PTFE

Materiali - Finiture - Note

- 1** **2** **4** Acciaio laminato
- 3** Acciaio 39NiCrMo3
- 5** Inox X5CrNiMo17/12 **6** PTFE

Protezione anticorrosiva

Sabbatura a metallo bianco SA3
Verniciatura con più mani di prodotti a base epossidica

Note

Nella scheda: "Sistemi di fissaggio" sono indicati vari collegamenti alla struttura

Dati tecnici



- Rotazione consentita ± 0.015 rad
- Escursione trasversale ± 10 mm
- Escursione longitudinale ± 25 mm
- Pressione media sul CLS 20 N/mm²

Valori diversi saranno considerati a richiesta

Tabella dimensioni standard

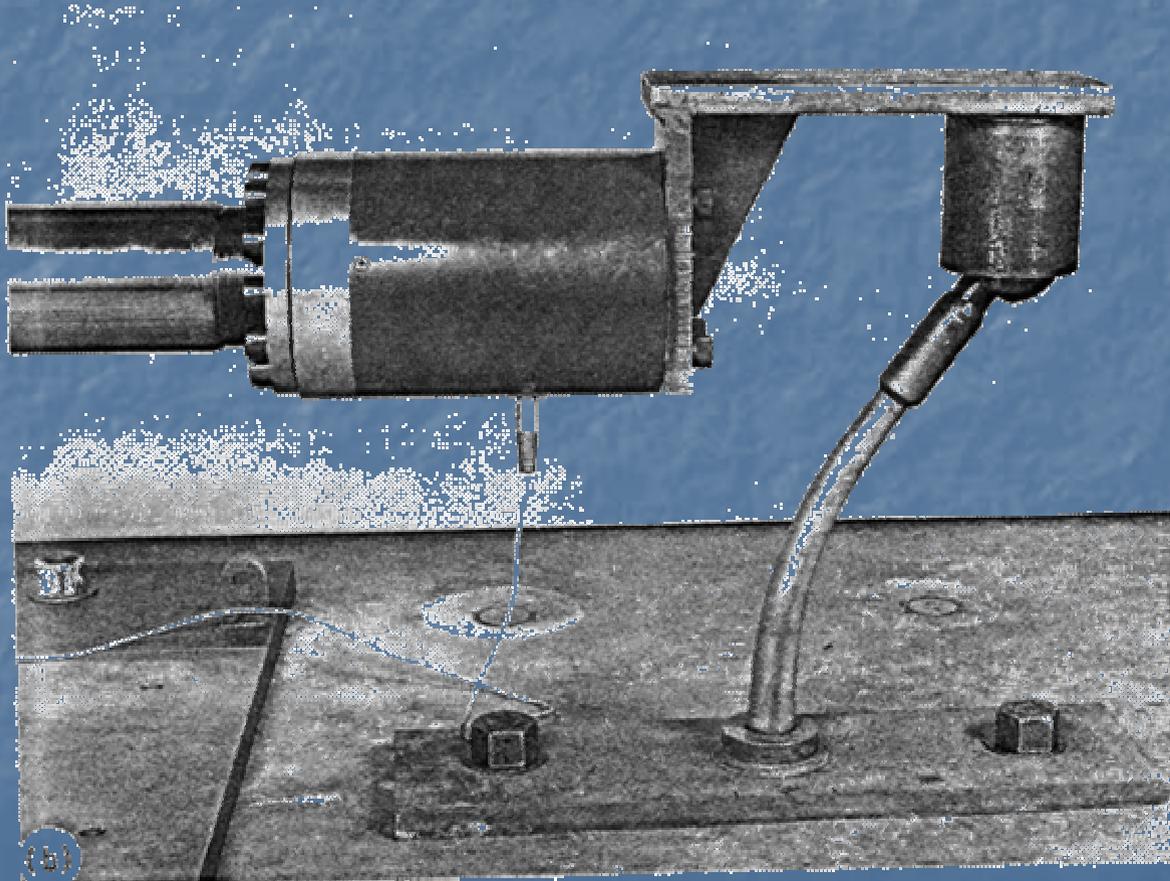
V Carico verticale [kN] - El/Et Escursioni [mm]

Sigla appoggio				Dimensioni [mm]				
Mod.	V	El	Et	Ba	Bb	Sa	Sb	H
LM 0600/50/20				140	260	180	260	77
LM 0800/50/20				140	340	180	340	82
LM 1000/50/20				150	340	190	340	92
LM 1250/50/20				150	420	190	420	92
LM 1500/50/20				170	450	200	450	111
LM 1750/50/20				180	490	210	490	116
LM 2000/50/20				180	560	210	560	116
LM 2500/50/20				200	630	230	630	131
LM 3000/50/20				240	630	270	630	151
LM 3500/50/20				240	730	270	730	155
LM 4000/50/20				280	730	290	730	175
LM 4500/50/20				280	810	300	810	175

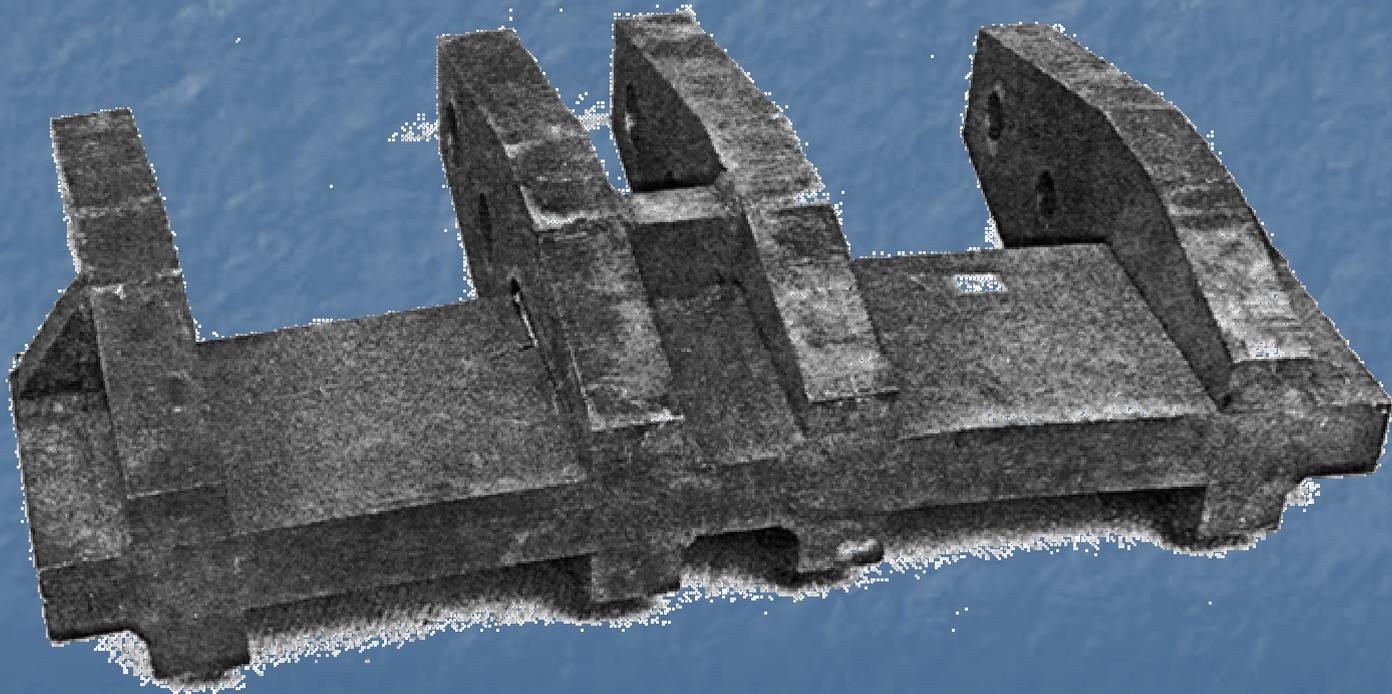
DISPOSITI DI DISSIPAZIONE ISTERETICA



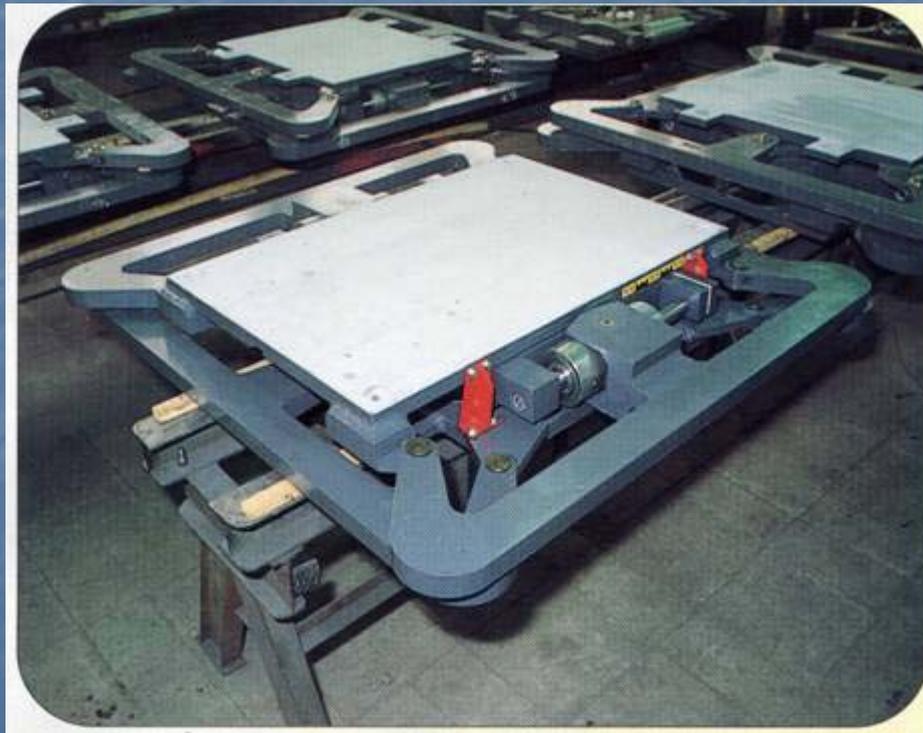
APPOGGI A SMORZAMENTO ISTERETICO



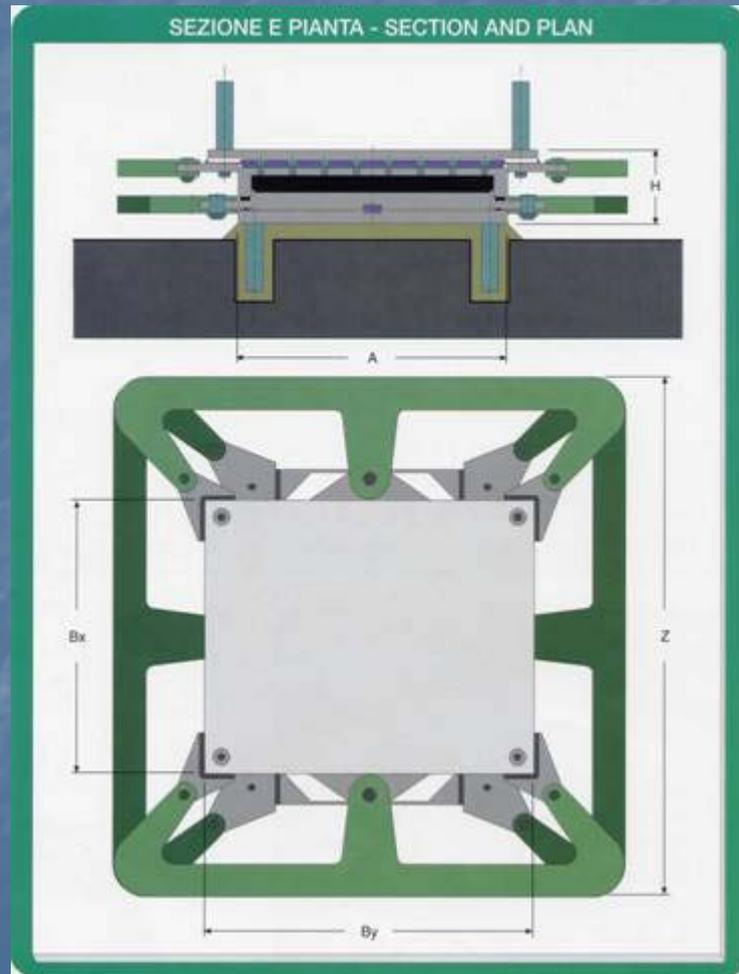
APPOGGI A SMORZAMENTO ISTERETICO



APPOGGI A SMORZAMENTO ISTERETICO



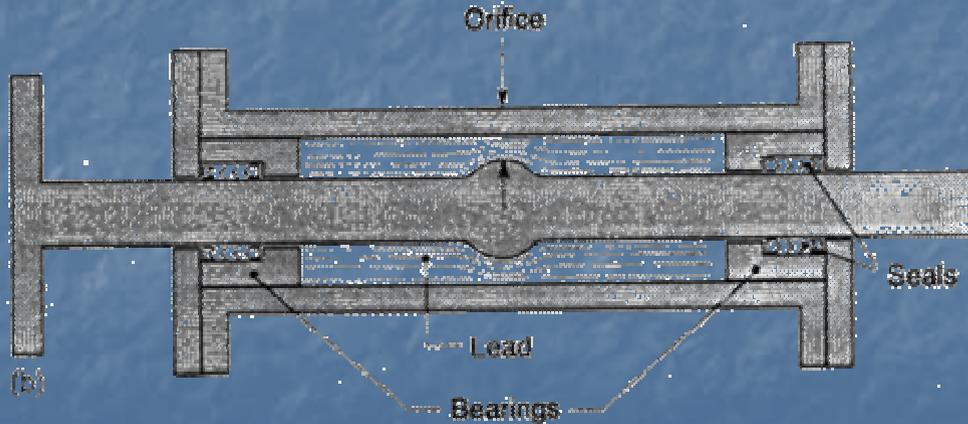
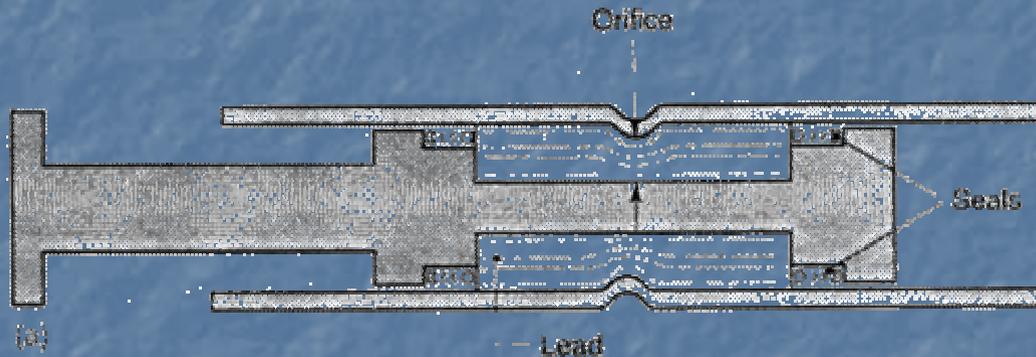
APPOGGI A SMORZAMENTO ISTERETICO



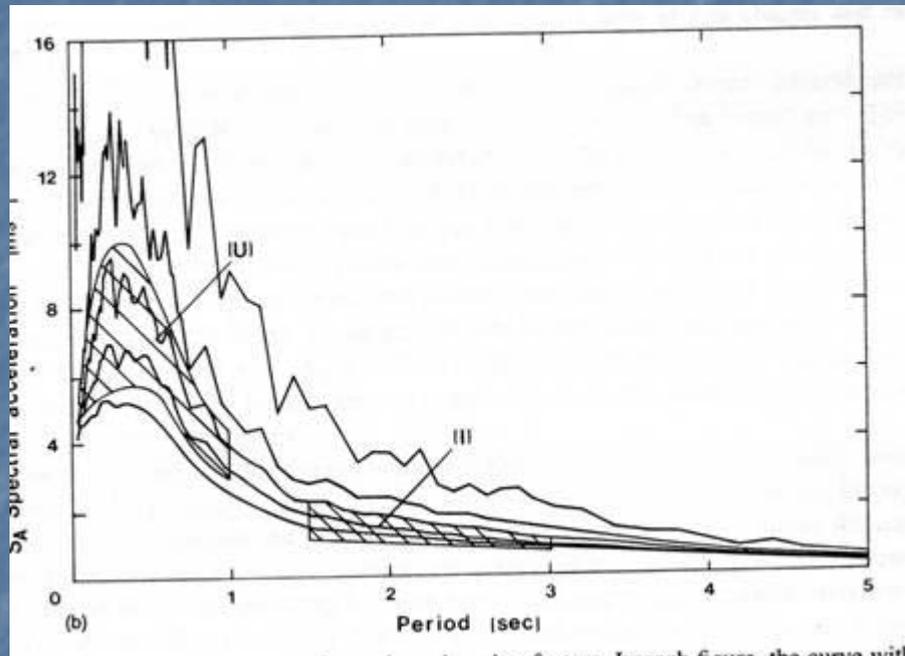
RITEGNI FLUIDODINAMICI



RITEGNI AD ESTRUSIONE DI PIOMBO

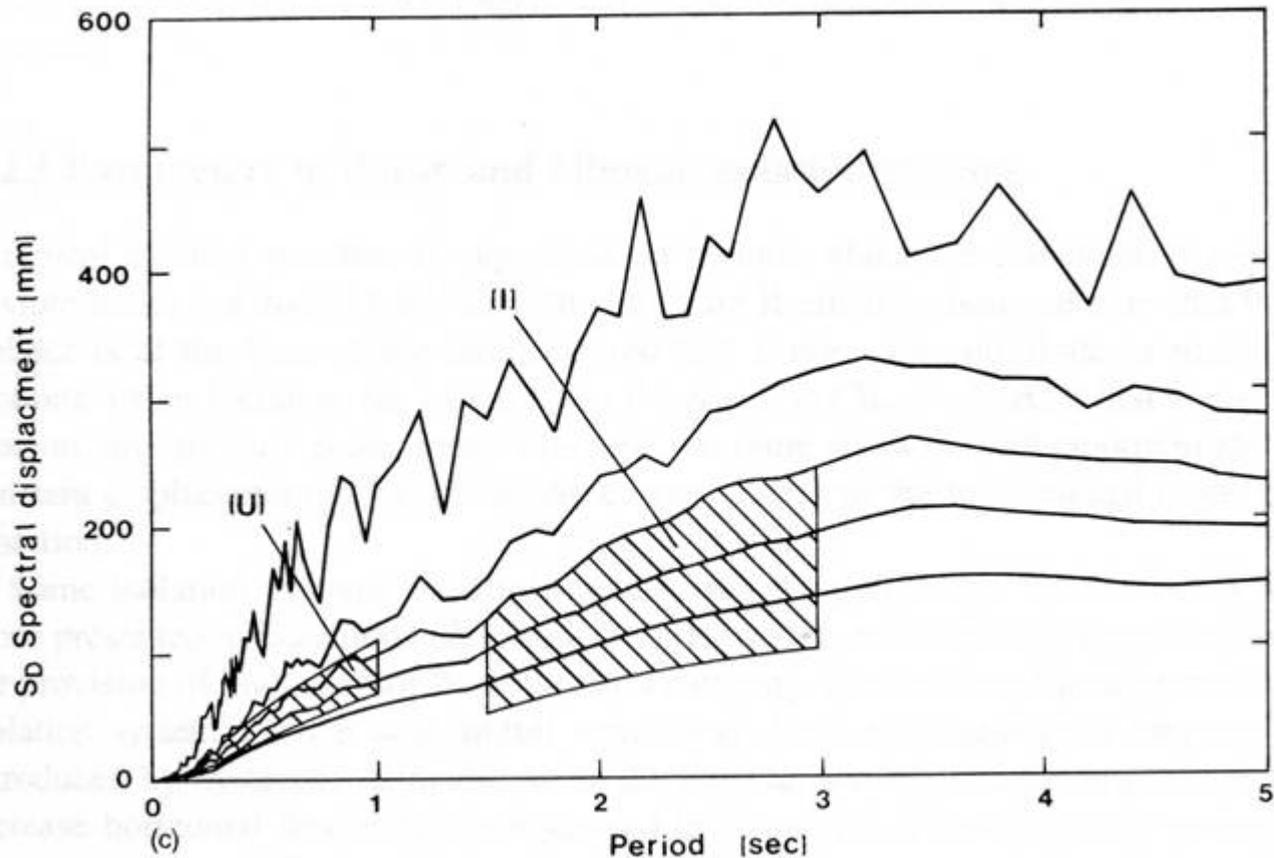


RITEGNI AD ESTRUSIONE DI PIOMBO

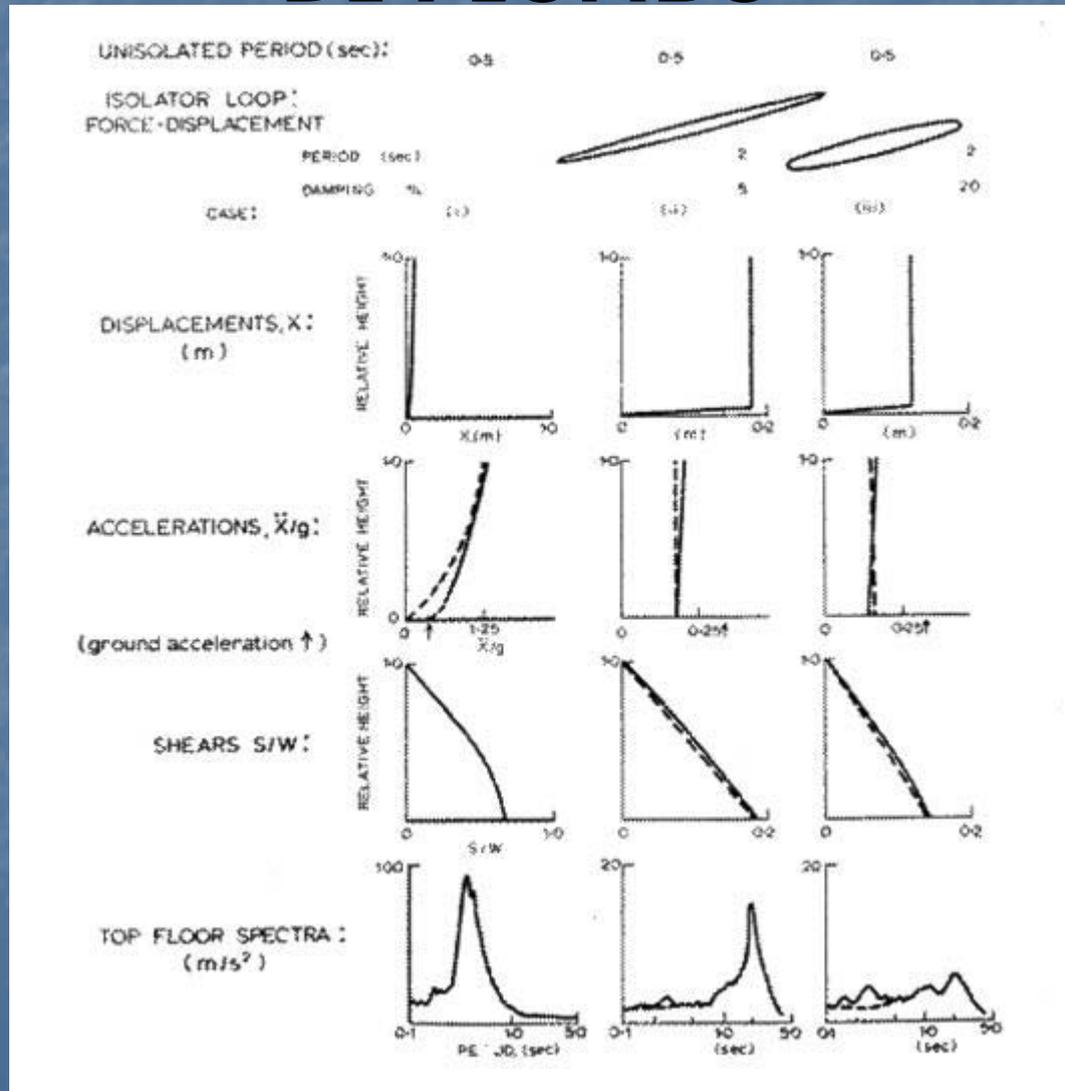


In each figure, the curve with

RITEGNI AD ESTRUSIONE DI PIOMBO

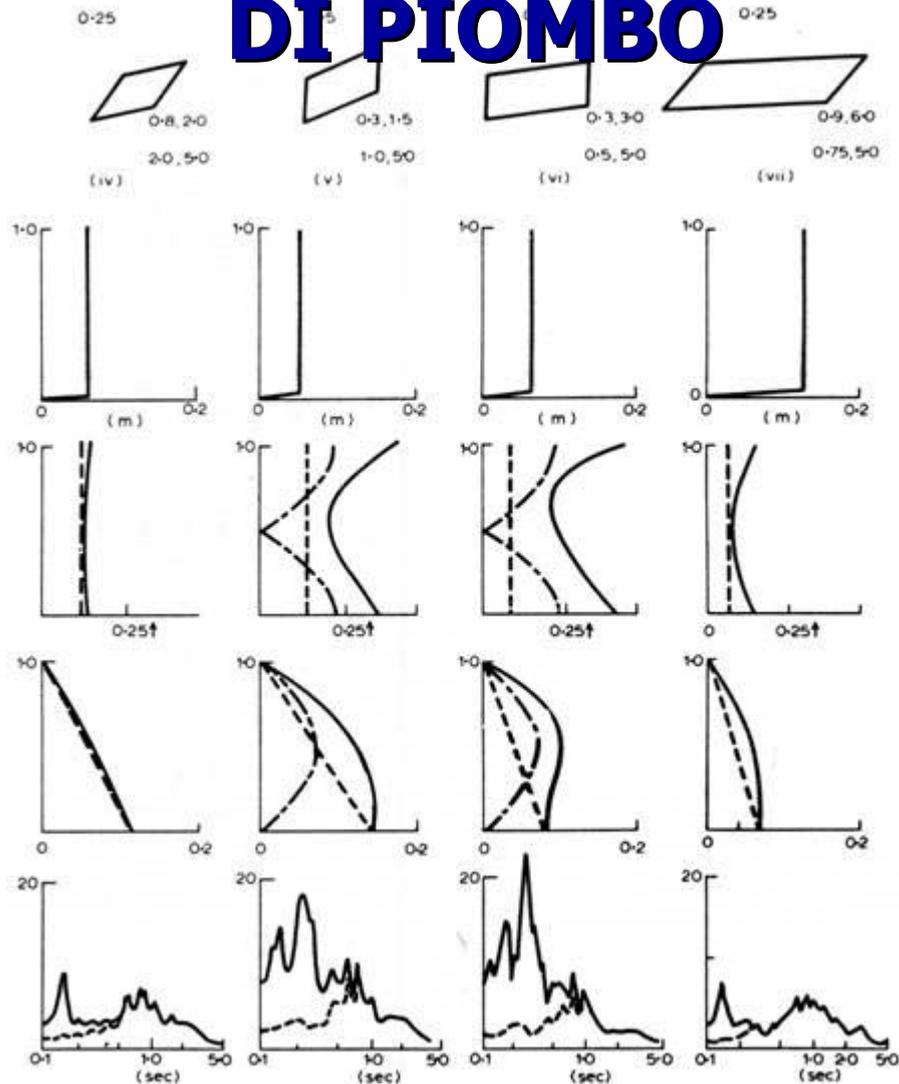


RITEGNI AD ESTRUSIONE DI PIOMBO

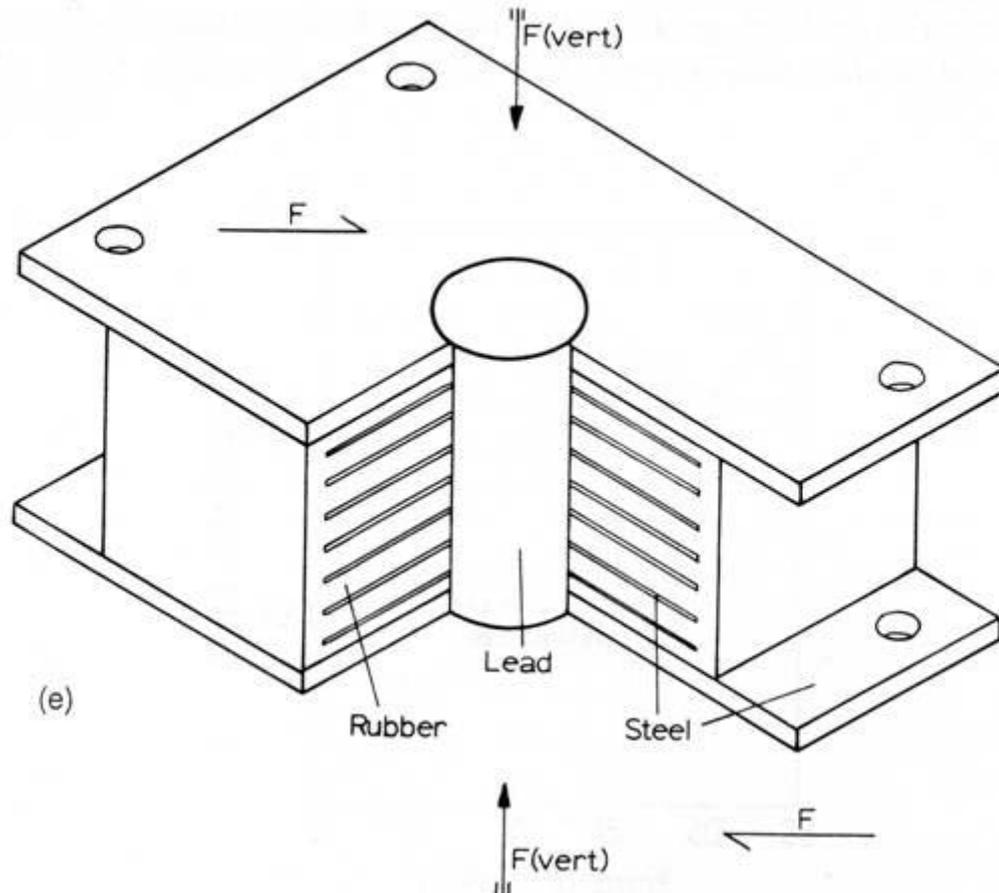


RITEGNI AD ESTRUSIONE

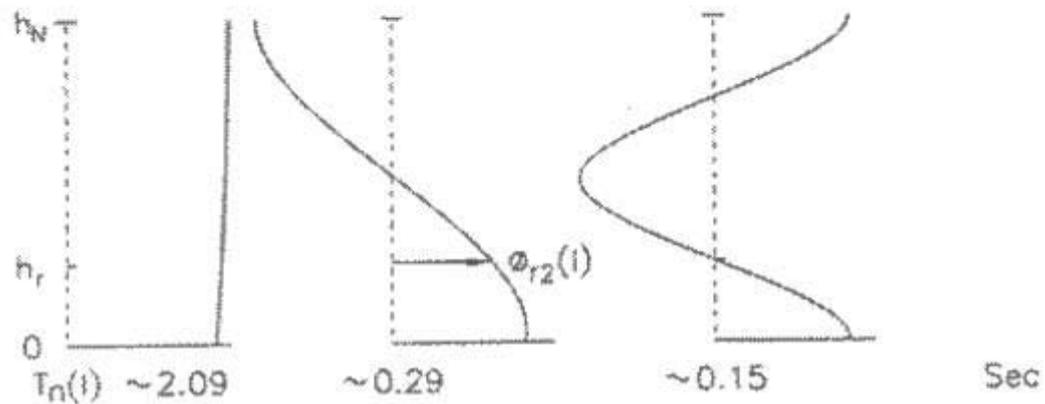
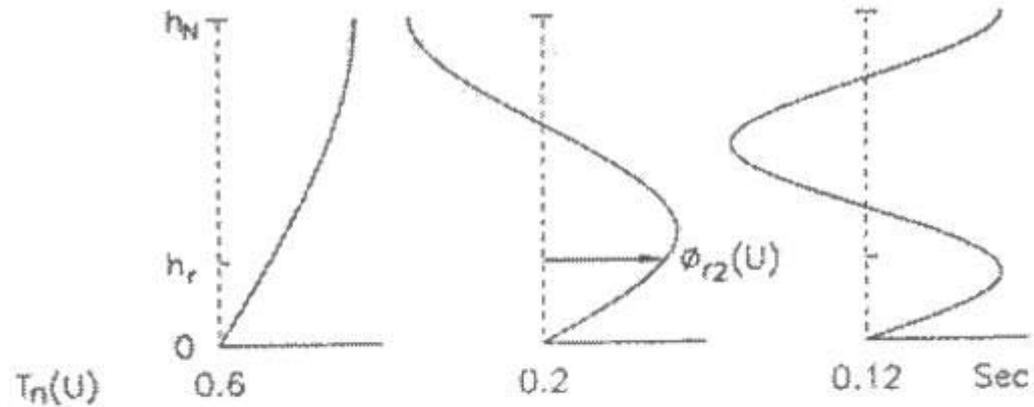
DI PIOMBO



RITEGNI AD ESTRUSIONE DI PIOMBO



RITEGNI AD ESTRUSIONE DI PIOMBO



L'ISOLAMENTO SISMICO IN ITALIA



Figure 18. Location of the isolated buildings in Italy (see Table 3) and new seismic classification.

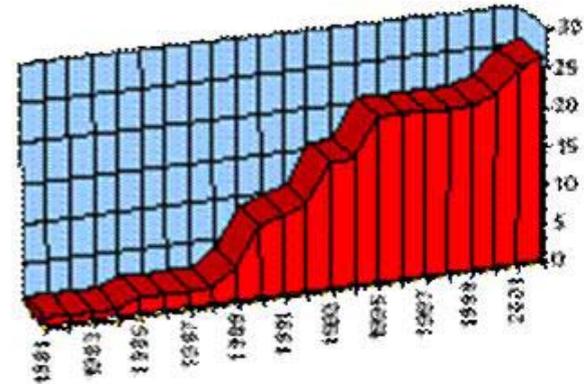


Figure 19. Total number of SI applications in Italy.

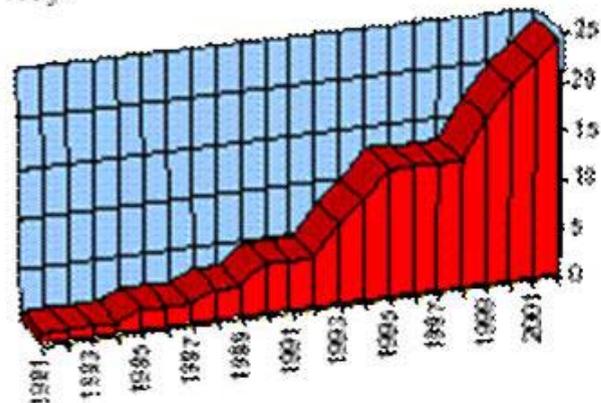


Figure 20. Total number of ED applications in Italy.

L'ISOLAMENTO SISMICO IN ITALIA

Table 3. Applications of SI in Italy

App n°	Place / Building / Year	Buildings (Tot)
1	Napoles, Fire Station, 1981	1
2	Naples, New Fire Station, 1985	1 (2)
3	Ancona, Civic Centre, 1989	1 (3)
4	Avezzano, Texas Instruments Building, 1989	1 (4)
5	Ancona, TELECOM Centre, 1990	5 (9)
6	Squillace, Apartments, 1992	1 (10)
7	Ancona, Italian Navy Medical Centre, 1992	1 (11)
8	Augusta, Italian Navy Hospital, 1993	1 (12)
9	Augusta, Apartments, 1993	4 (16)
10	Potenza, Università della Basilicata, 1995	5 (21)
11	Rapolla, Apartments, 2000	1 (22)
12	Città di Castello, IERP Apartments, 2001	3 (25)
13	Fabriano, Apartments (retrofit), 2003	1 (26)
14	Frosinone, Hospital	3 (29)
15	Soccavo, Civic Center (retrofit)	1 (30)
16	Solarino (SR), Apartments (retrofit)	2 (32)
17	Udine, Hospital	1 (33)
18	Foligno, Civil Protection Emergency Center	13 (46)
19	Apagni & Santa Croce, Nocera Umbra Churches (retrofits)	2 (48)
20	Mevale, House	1 (49)

SCOPO DELLA NORMATIVA

Il presente capitolo fornisce criteri e regole per il progetto degli edifici con isolamento sismico, nei quali un sistema d'isolamento sismico è posto al di sotto della costruzione medesima, o sotto una sua porzione rilevante, allo scopo di migliorarne la risposta nei confronti delle azioni sismiche orizzontali. La riduzione della risposta sismica orizzontale, qualunque siano la tipologia e i materiali strutturali dell'edificio, può essere ottenuta mediante una delle seguenti strategie d'isolamento, o mediante una loro appropriata combinazione:

- a) incrementando il periodo fondamentale della costruzione per portarlo nel campo delle minori accelerazioni di risposta;
- b) limitando la massima forza orizzontale trasmessa;
- c) dissipando una consistente aliquota dell'energia meccanica trasmessa alla costruzione.

SCOPO DELLA NORMATIVA

Le prescrizioni del presente capitolo non si applicano ai sistemi di protezione sismica basati sull'impiego di elementi dissipativi distribuiti a vari livelli, all'interno della costruzione.

REQUISITI GENERALI

La sovrastruttura e la sottostruttura si devono mantenere sostanzialmente in campo elastico. Per questo la struttura potrà essere progettata con riferimento alle prescrizioni relative alle strutture con bassa duttilità (DC«B»).

REQUISITI GENERALI

Un'affidabilità superiore è richiesta al sistema di isolamento per il ruolo critico che esso svolge. Tale affidabilità si ritiene conseguita se il sistema di isolamento è progettato e verificato sperimentalmente secondo quanto stabilito nel punto 10.8 e negli allegati 10.A, 10.B.

Per i dispositivi costituenti il sistema di isolamento valgono, inoltre, le condizioni seguenti:

- I dispositivi saranno accompagnati da una relazione che illustri il comportamento meccanico sia di insieme che dei singoli componenti, così da minimizzare la possibilità del verificarsi di comportamenti non previsti.

REQUISITI GENERALI

- La definizione del comportamento meccanico del dispositivo sotto azioni orizzontali (sisma, vento, ecc.), sia ai fini della risposta del sistema strutturale che lo contiene che ai fini del dimensionamento del dispositivo stesso, sarà basata su un modello strutturale sufficientemente realistico (ove necessario non lineare, dipendente dallo sforzo assiale, ecc.) e su prove di laboratorio effettuate in condizioni più aderenti possibile alle condizioni reali in termini di accelerazione, velocità e spostamento. Eventuali modifiche di tale comportamento, sia in fase di costruzione che di messa in opera e nella successiva vita utile del dispositivo, possono essere ammesse solo con adeguate giustificazioni e verifiche, incluso il controllo che non siano state introdotte sfavorevoli sovra resistenze e sovra rigidzze rispetto alle richieste di progetto.

REQUISITI GENERALI

- Nell'ambito del progetto si dovrà redigere un piano di qualità riguardante sia la progettazione del dispositivo, che la costruzione la messa in opera, la manutenzione e le relative verifiche analitiche e sperimentali. I documenti di progetto indicheranno i dettagli, le dimensioni e le prescrizioni sulla qualità, come pure eventuali dispositivi di tipo speciale e le tolleranze concernenti la messa in opera. Elementi di elevata importanza, che richiedano particolari controlli durante le fasi di costruzione e messa in opera, saranno indicati negli elaborati grafici di progetto, insieme alle procedure di controllo da adottare.

REQUISITI GENERALI impianti

Tutte le condutture degli impianti che attraversano i giunti intorno alla struttura isolata dovranno non subire danni e rimanere funzionanti per i valori di spostamento corrispondenti allo SLD. Quelle del gas e di altri impianti pericolosi che attraversano i giunti di separazione dovranno essere progettati per consentire gli spostamenti relativi della sovrastruttura isolata corrispondenti allo SLU, con lo stesso livello di sicurezza adottato per il progetto del sistema di isolamento.

CARATTERISTICHE DEI DISPOSITIVI

Ai fini delle presenti disposizioni, i dispositivi facenti parte di un sistema di isolamento si distinguono in:

isolatori

dispositivi ausiliari.

Gli isolatori sono dispositivi che svolgono fundamentalmente la funzione di sostegno dei carichi verticali, con elevata rigidità in direzione verticale e bassa rigidità o resistenza in direzione orizzontale, permettendo notevoli spostamenti orizzontali. A tale funzione possono essere associate o no quelle di dissipazione di energia, di ricentraggio del sistema, di vincolo laterale sotto carichi orizzontali di servizio (non sismici).

CARATTERISTICHE DEI DISPOSITIVI

Tra gli isolatori si individuano:

- isolatori in materiale elastomerico ed acciaio,
- isolatori a scorrimento.

I dispositivi ausiliari svolgono fundamentalmente la funzione di dissipazione di energia e/o di ricentraggio del sistema e/o di vincolo laterale sotto carichi orizzontali di servizio (non sismici), rispetto alle azioni orizzontali. Tra di essi si distinguono:

- dispositivi a comportamento non lineare, indipendente dalla velocità di deformazione,
- dispositivi a comportamento viscoso, dipendente dalla velocità di deformazione,
- dispositivi a comportamento lineare o quasi lineare.

CARATTERISTICHE DEI DISPOSITIVI

Un sistema di isolamento può essere costituito unicamente da isolatori elastomerici, eventualmente realizzati con elastomeri ad alta dissipazione o comprendenti inserti di materiali dissipativi (ad es. piombo), oppure unicamente da isolatori a scorrimento o rotolamento, che inglobano funzioni dissipative o ricentranti per la presenza di elementi capaci di svolgere tali funzioni, oppure da un'opportuna combinazione di isolatori e dispositivi ausiliari, questi ultimi generalmente con funzione dissipativa, ricentrante e/o di vincolo.

Tutte le parti strutturali dei dispositivi, non direttamente impegnate nella funzione di isolamento, devono essere capaci di sopportare le massime sollecitazioni di progetto rimanendo in campo elastico, con un adeguato coefficiente di sicurezza.

ISOLATORI ELASTOMERICI

Gli isolatori elastomerici sono costituiti da strati di materiale elastomerico (gomma naturali o materiali artificiali idonei) alternati a piastre di acciaio, aventi prevalente funzione di confinamento dell'elastomero, e vengono disposti nella struttura in modo da sopportare le azioni e deformazioni orizzontali di progetto trasmesse (sisma, vento, dilatazioni termiche, viscosità, ecc.) mediante azioni parallele alla giacitura degli strati di elastomero ed i carichi permanenti ed accidentali verticali mediante azioni perpendicolari «agli strati stessi.

ISOLATORI ELASTOMERICI

Le piastre di acciaio saranno conformi alla **CNR 10018** o equivalente con un allungamento minimo a rottura del 18% e spessore minimo pari a 2 mm per le piastre interne e a 20 mm per le piastre esterne.

Gli isolatori debbono avere pianta con due assi di simmetria ortogonali, così da presentare un comportamento il più possibile indipendente dalla direzione della 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, mentre per gli effetti delle azioni parallele alla giacitura degli strati si considererà la sezione intera dello strato di gomma.

ISOLATORI ELASTOMERICI

Si definiscono due fattori di forma:

S_1 , fattore di forma primario, rapporto tra la superficie A' comune al singolo strato di elastomero ed alla singola piastra d'acciaio, depurata degli eventuali fori (se non riempiti successivamente), e la superficie laterale libera L del singolo strato di elastomero, maggiorata della superficie laterale degli eventuali fori (se non riempiti successivamente) ossia $S_1 = A'/L$;

S_2 , fattore di forma secondario, rapporto tra la dimensione in pianta D della singola piastra in acciaio, parallelamente all'azione orizzontale agente, e lo spessore totale t_e degli strati di elastomero (t_e è ottenuto come somma dello spessore dei singoli strati, maggiorando lo spessore dei due strati esterni, se maggiore di 3 mm, del fattore 1,4) ossia $S_2 = D/t_e$.

ISOLATORI ELASTOMERICI

Gli isolatori in materiale elastomerico ed acciaio sono individuati attraverso le loro curve caratteristiche forza - spostamento, generalmente non lineari, tramite i due parametri sintetici: la rigidità equivalente K_e , il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ_e .

La rigidità equivalente K_e , relativa ad un ciclo di carico, è definita come rapporto tra la forza F corrispondente allo spostamento massimo d raggiunto in quel ciclo e lo stesso spostamento ($K_e = F/d$) e si valuta come prodotto del modulo dinamico equivalente a taglio G_{din} per A/t_e .

Il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ_e si definisce come rapporto tra l'energia dissipata in un ciclo completo di carico W_d e $2\pi Fd$, ossia $\xi_e = W_d / (2\pi Fd)$.

ISOLATORI ELASTOMERICI

Le caratteristiche meccaniche (K_e e ξ_e) dei dispositivi reali, valutate in corrispondenza dello spostamento massimo di progetto d_2 , dovranno avere variazioni limitate come segue:

- nell'ambito della singola fornitura le differenze, rispetto al valore di progetto, non possono superare un valore massimo del $\pm 15\%$ ed un valore medio del $\pm 5\%$;
- le variazioni legate all'invecchiamento dell'elastomero, valutate come indicato nel seguito, non dovranno superare il **15%** del valore iniziale;
- le variazioni dovute a fattori ambientali (temperatura), valutate per le condizioni estreme di progetto dei fattori stessi e con riferimento al valore misurato in condizioni medie di tali fattori, non dovranno superare il $\pm 20\%$;

ISOLATORI ELASTOMERICI

- 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.
- le variazioni dovute alla velocità di deformazione (frequenza), valutate in un intervallo di $\pm 30\%$ del valore di progetto, non dovranno superare il $\pm 10\%$;

Gli isolatori elastomerici devono inoltre essere in grado di sostenere almeno 10 cicli con spostamento massimo impresso pari a $1,2 d_2$. I cicli si intendono favorevolmente sostenuti se saranno soddisfatte le seguenti condizioni:

- i diagrammi forza-spostamento mostreranno sempre un incremento di carico al crescere dello spostamento;

ISOLATORI ELASTOMERICI

- le caratteristiche meccaniche dei dispositivi (K_e e ξ_e), nei cicli successivi al primo, non varieranno di più del 15% rispetto alle caratteristiche riscontrate durante il terzo ciclo, ossia $|K_{e(i)} - K_{e(3)}| / K_{e(3)} < 0,15$ e $|\xi_{e(i)} - \xi_{e(3)}| / \xi_{e(3)} < 0,15$ avendo contrassegnato con il pedice (i) le caratteristiche valutate all'i-esimo ciclo e con il pedice (3) le caratteristiche valutate al terzo ciclo.

ISOLATORI ELASTOMERICI

Le caratteristiche meccaniche (K_e e ξ_e) dei dispositivi reali, valutate in corrispondenza dello spostamento massimo di progetto d_2 , dovranno avere variazioni limitate come segue:

- 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.
- le variazioni dovute alla velocità di deformazione (frequenza), valutate in un intervallo di $\pm 30\%$ del valore di progetto, non dovranno superare il $\pm 10\%$;

ISOLATORI ELASTOMERICI

Gli isolatori elastomerici devono inoltre essere in grado di sostenere almeno 10 cicli con spostamento massimo impresso pari a $1,2 d_2$. I cicli si intendono favorevolmente sostenuti se saranno soddisfatte le seguenti condizioni:

- i diagrammi forza-spostamento mostreranno sempre un incremento di carico al crescere dello spostamento;
- le caratteristiche meccaniche dei dispositivi (K_e e ξ_e), nei cicli successivi al primo, non varieranno di più del 15% rispetto alle caratteristiche riscontrate durante il terzo ciclo, ossia $\left| \frac{K_{e(i)} - K_{e(3)}}{K_{e(3)}} \right| < 0,15$ e $\left| \frac{\xi_{e(i)} - \xi_{e(3)}}{\xi_{e(3)}} \right| < 0,15$ avendo contrassegnato con il pedice (i) le caratteristiche valutate all'i-esimo ciclo e con il pedice (3) le caratteristiche valutate al terzo ciclo.

ISOLATORI ELASTOMERICI

Gli isolatori elastomerici devono inoltre essere in grado di sostenere almeno 10 cicli con spostamento massimo impresso pari a $1,2 d_2$. I cicli si intendono favorevolmente sostenuti se saranno soddisfatte le seguenti condizioni:

- i diagrammi forza-spostamento mostreranno sempre un incremento di carico al crescere dello spostamento;
- le caratteristiche meccaniche dei dispositivi (K_e e ξ_e), nei cicli successivi al primo, non varieranno di più del 15% rispetto alle caratteristiche riscontrate durante il terzo ciclo, ossia $|K_{e(i)} - K_{e(3)}| / K_{e(3)} < 0,15$ e $|\xi_{e(i)} - \xi_{e(3)}| / \xi_{e(3)} < 0,15$ avendo contrassegnato con il pedice (i) le caratteristiche valutate all'i-esimo ciclo e con il pedice (3) le caratteristiche valutate al terzo ciclo.

ISOLATORI A SCORRIMENTO

Gli isolatori a scorrimento sono costituiti da appoggi a scorrimento (acciaio-PTFE) caratterizzati da bassi valori delle resistenze per attrito.

Le superfici di scorrimento in acciaio e PTFE devono essere conformi alla norma EN 1337-2

ISOLATORI A SCORRIMENTO

Gli isolatori a scorrimento dovranno avere un coefficiente d'attrito compreso tra 0 e 3% e l'attrito valutato in corrispondenza dello spostamento massimo di progetto d_2 , dovrà avere variazioni limitate come segue:

- nell'ambito della singola fornitura le differenze rispetto al valore di progetto non potranno superare un valore massimo del $\pm 50\%$ ed un valore medio del $\pm 15\%$;
- le variazioni legate all'invecchiamento non dovranno superare il 15% del valore iniziale;
- le variazioni dovute a fattori ambientali (temperatura), valutate per condizioni estreme dei fattori stessi e con riferimento al valore misurato in condizioni medie di tali fattori, dovranno variare di non più del $\pm 20\%$;

ISOLATORI A SCORRIMENTO

- 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 30% del valore di progetto;
- le variazioni dovute alla velocità (frequenza), valutate in un intervallo di $\pm 30\%$ del valore di progetto, non dovranno superare il $\pm 10\%$.

Gli isolatori a scorrimento devono inoltre 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 15% rispetto alle caratteristiche riscontrate durante il terzo ciclo, ossia $f_{(1)} - f_{(3)} / f_{(3)} < 0,15$, avendo contrassegnato con il pedice (i) le caratteristiche valutate all'i-esimo ciclo e con il pedice (3) le caratteristiche valutate al terzo ciclo. Inoltre gli isolatori a scorrimento debbono essere in grado di garantire la loro funzione di appoggio fino a spostamenti pari ad $1,5 d_2$.

ISOLATORI A SCORRIMENTO

Gli isolatori a scorrimento dovranno avere un coefficiente d'attrito compreso tra 0 e 3% e l'attrito valutato in corrispondenza dello spostamento massimo di progetto d_2 , dovrà avere variazioni limitate come segue:

- 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 30% del valore di progetto;
- le variazioni dovute alla velocità (frequenza), valutate in un intervallo di $\pm 30\%$ del valore di progetto, non dovranno superare il $\pm 10\%$.

ISOLATORI A SCORRIMENTO

Gli isolatori a scorrimento devono inoltre 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 15% rispetto alle caratteristiche riscontrate durante il terzo ciclo, ossia $f_{(1)} - f_{(3)} / f_{(3)} < 0,15$, avendo contrassegnato con il pedice (i) le caratteristiche valutate all'i-esimo ciclo e con il pedice (3) le caratteristiche valutate al terzo ciclo. Inoltre gli isolatori a scorrimento debbono essere in grado di garantire la loro funzione di appoggio fino a spostamenti pari ad $1,5 d_2$.

ISOLATORI A SCORRIMENTO

Gli isolatori a scorrimento devono inoltre 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 15% rispetto alle caratteristiche riscontrate durante il terzo ciclo, ossia $f_{(1)} - f_{(3)} / f_{(3)} < 0,15$, avendo contrassegnato con il pedice (i) le caratteristiche valutate all'i-esimo ciclo e con il pedice (3) le caratteristiche valutate al terzo ciclo. Inoltre gli isolatori a scorrimento debbono essere in grado di garantire la loro funzione di appoggio fino a spostamenti pari ad $1,5 d_2$.

INDICAZIONI PROGETTUALI

- L'alloggiamento dei dispositivi d'isolamento ed il loro collegamento alla struttura devono essere concepiti in modo da assicurarne l'accesso e rendere i dispositivi stessi ispezionabili e sostituibili. È necessario anche prevedere adeguati sistemi di contrasto, idonei a consentire l'eventuale ricentraggio dei dispositivi qualora, a seguito di un sisma, si possano avere spostamenti residui incompatibili con la funzionalità dell'edificio e/o con il corretto comportamento del sistema d'isolamento.
- Ove necessario, gli isolatori dovranno essere protetti da possibili effetti derivanti da attacchi del fuoco, chimici o biologici. In alternativa, occorre prevedere dispositivi che, in caso di distruzione degli isolatori, siano idonei a trasferire il carico verticale alla sottostruttura.

INDICAZIONI PROGETTUALI

- I materiali utilizzati nel progetto e nella costruzione dei dispositivi dovranno essere conformi alle corrispondenti norme in vigore.
- Gli isolatori soggetti a forze di trazione o a sollevamento durante l'azione sismica dovranno essere in grado di sopportare la trazione o il sollevamento senza perdere la loro funzionalità strutturale. Tali effetti andranno debitamente messi in conto nel modello di calcolo ed il comportamento degli isolatori a trazione dovrà essere verificato sperimentalmente.

CONTROLLO DI MOVIMENTI INDESIDERATI

- Per minimizzare gli effetti torsionali, la proiezione del centro di massa dell'edificio sul piano degli isolatori ed il centro di rigidità dei dispositivi di isolamento debbono essere, per quanto possibili, coincidenti. Inoltre, nei casi in cui il sistema di isolamento affidi a pochi dispositivi le sue capacità dissipative e ricentranti rispetto alle azioni orizzontali, occorre che tali dispositivi siano, per quanto possibile, disposti perimetricamente e siano in numero staticamente ridondante.
- Per minimizzare le differenze di comportamento degli isolatori, le tensioni di compressione a cui lavorano devono essere per quanto possibile uniformi.
- Per evitare o limitare azioni di trazione negli isolatori, gli interassi della maglia strutturale dovranno essere scelti in modo tale che il carico verticale V di progetto agente sul singolo isolatore sotto le azioni sismiche e quelle concomitanti, risulti essere sempre di compressione o, al più, nullo.

CONTROLLO DEGLI SPOSTAMENTI SISMICI DIFFERENZIALI DEL TERRENO

- Le strutture del piano di posa degli isolatori e del piano su cui appoggia la sovrastruttura devono essere dimensionate in modo da assicurare un comportamento rigido nel piano suddetto, così da limitare gli effetti di spostamenti sismici differenziali;
- La condizione precedente si considera soddisfatta se un diaframma rigido costituito da un solaio in c.a. oppure da una griglia di travi progettata tenendo conto di possibili fenomeni di instabilità è presente sia al di sopra che al di sotto del sistema di isolamento e se i dispositivi del sistema di isolamento sono direttamente fissati ad entrambi i diaframmi, oppure attraverso elementi verticali il cui spostamento orizzontale in condizioni sismiche sia minore di $1/40$ dello spostamento relativo del sistema di isolamento. Tali elementi dovranno essere progettati per rispondere in campo rigorosamente elastico, tenendo anche conto della maggiore affidabilità richiesta ai dispositivi di isolamento.

CONTROLLO DEGLI SPOSTAMENTI RELATIVI AL TERRENO ED ALLE COSTRUZIONI CIRCOSTANTI

- Adeguato spazio dovrà essere previsto tra la sovrastruttura isolata e il terreno o le costruzioni circostanti, per consentire liberamente gli spostamenti sismici in tutte le direzioni.
- Le eventuali connessioni, strutturali e non, fra la struttura isolata e il terreno o le parti di strutture non isolate devono essere progettate in modo tale da assorbire, con ampio margine di sicurezza, gli spostamenti relativi previsti dal calcolo. Particolare attenzione, a tale proposito, deve essere posta negli impianti.
- Occorre anche attuare adeguati accorgimenti affinché l'eventuale malfunzionamento delle connessioni a cavallo dei giunti non possa compromettere l'efficienza dell'isolamento.

SPETTRI DI PROGETTO

In generale gli spettri elastici definiti al punto 3.2.3. verranno adottati come spettri di progetto, assumendo $T_D=2,5$ s. Le ordinate spettrali per $T>4$ s saranno assunte pari all'ordinata corrispondente a $T=4$ s. Gli spettri di progetto allo stato limite di danno si ottengono dividendo le ordinate spettrali per 2,5.

In alternativa all'impiego delle forme standard dello spettro di risposta elastico di cui al punto 3.2.3. associate al valore di a_g fornito nel par. 3.2.1. per le diverse zone sismiche, è consentito l'impiego di spettri di risposta specifici per il sito considerato, caratterizzati dalle probabilità di superamento richieste per ciascuno dei due stati limite, ricavati direttamente sulla base di conoscenze geosismotettoniche e geotecniche, oppure da dati statistici applicabili alla situazione in esame. Le ordinate di tali spettri, in corrispondenza dei periodi propri di interesse per il sistema, non potranno essere assunte inferiori alle ordinate dello spettro elastico standard applicabile, in relazione al profilo di suolo.

PROPRIETA' DEL SISTEMA DI ISOLAMENTO

Le proprietà meccaniche del sistema di isolamento da adottare nelle analisi di progetto, derivanti dalla combinazione delle proprietà meccaniche dei singoli dispositivi che lo costituiscono, saranno le più sfavorevoli che si possono verificare durante la sua vita utile. Esse dovranno tener conto, ove pertinente, dell'influenza di:

- entità delle deformazioni subite in relazione allo stato limite per la verifica del quale si svolge l'analisi,
- variabilità delle caratteristiche meccaniche dei dispositivi nell'ambito della fornitura,
- velocità di deformazione (frequenza), in un intervallo di variabilità di $\pm 30\%$ del valore di progetto,
- entità dei carichi verticali agenti simultaneamente,
- entità dei carichi e delle deformazioni in direzione trasversale a quella considerata,
- temperatura, per i valori massimo e minimo di progetto
- cambiamento delle caratteristiche nel tempo (invecchiamento)

PROPRIETA' DEL SISTEMA DI ISOLAMENTO

Si dovranno, pertanto, eseguire più analisi per ciascuno stato limite da verificare, attribuendo ai parametri del modello i valori estremi più sfavorevoli ai fini della valutazione delle grandezze da verificare e coerenti con l'entità delle deformazioni subite dai dispositivi. In generale i valori massimi degli spostamenti del sistema d'isolamento si otterranno attribuendo i valori minimi alle caratteristiche di rigidezza, smorzamento, attrito, mentre i valori massimi delle deformazioni e tensioni nella struttura si otterranno attribuendo a tali caratteristiche i valori massimi.

Nella progettazione degli edifici in categoria d'importanza III, si possono adottare i valori medi delle proprietà meccaniche del sistema di isolamento, a condizione che i valori estremi (massimo oppure minimo) non differiscano di più del 20% dal valor medio.

Ringraziamenti

- Si ringrazia l'ing. P. Rossi per il materiale messo a disposizione.