

Corso di aggiornamento
Progettazione strutturale e
Norme Tecniche per le Costruzioni

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

Spoletto
5-6 giugno 2015

04 - Dimensionamento degli isolatori

Principi generali

da seguire nella progettazione degli isolatori

- I dispositivi del sistema d'isolamento devono essere in grado di sostenere, senza rotture, gli spostamenti valutati per un terremoto avente probabilità di superamento pari a quella prevista per lo SLC
 - Per gli isolatori elastomerici si ammette in genere uno spostamento pari al doppio dell'altezza totale degli strati di gomma
 - Per i sistemi a comportamento non lineare occorre tener conto anche dello spostamento residuo allo SLD

Principi generali

da seguire nella progettazione degli isolatori

- Il carico massimo verticale agente su un isolatore elastomerico dovrà essere inferiore al carico critico N_{cr} diviso per un coefficiente di sicurezza 2

Questa prescrizione (ed altre indicazioni analoghe) sono in genere garantite dal produttore degli isolatori e riportate nelle schede tecniche fornite

Principi generali

da seguire nella progettazione degli isolatori

- Per minimizzare le differenze di comportamento degli isolatori, le tensioni di compressione a cui lavorano devono essere, per quanto possibile, uniformi

Se questo non è possibile, occorre valutare l'effetto di cedimenti differenziati sulla sovrastruttura

- Occorre evitare o limitare azioni di trazione negli isolatori

Scegliere la posizione degli isolatori (e gli interassi della maglia strutturale) in modo tale che il carico verticale di progetto agente sul singolo isolatore sotto le azioni sismiche risulti essere di compressione o, al più, nullo

Principi generali

da seguire nella progettazione degli isolatori

- Posizione isolatori:

Per minimizzare gli effetti torsionali le proiezioni del centro di massa della sovrastruttura sul piano degli isolatori del centro di rigidezza dei dispositivi di isolamento devono essere, per quanto possibile, coincidenti.

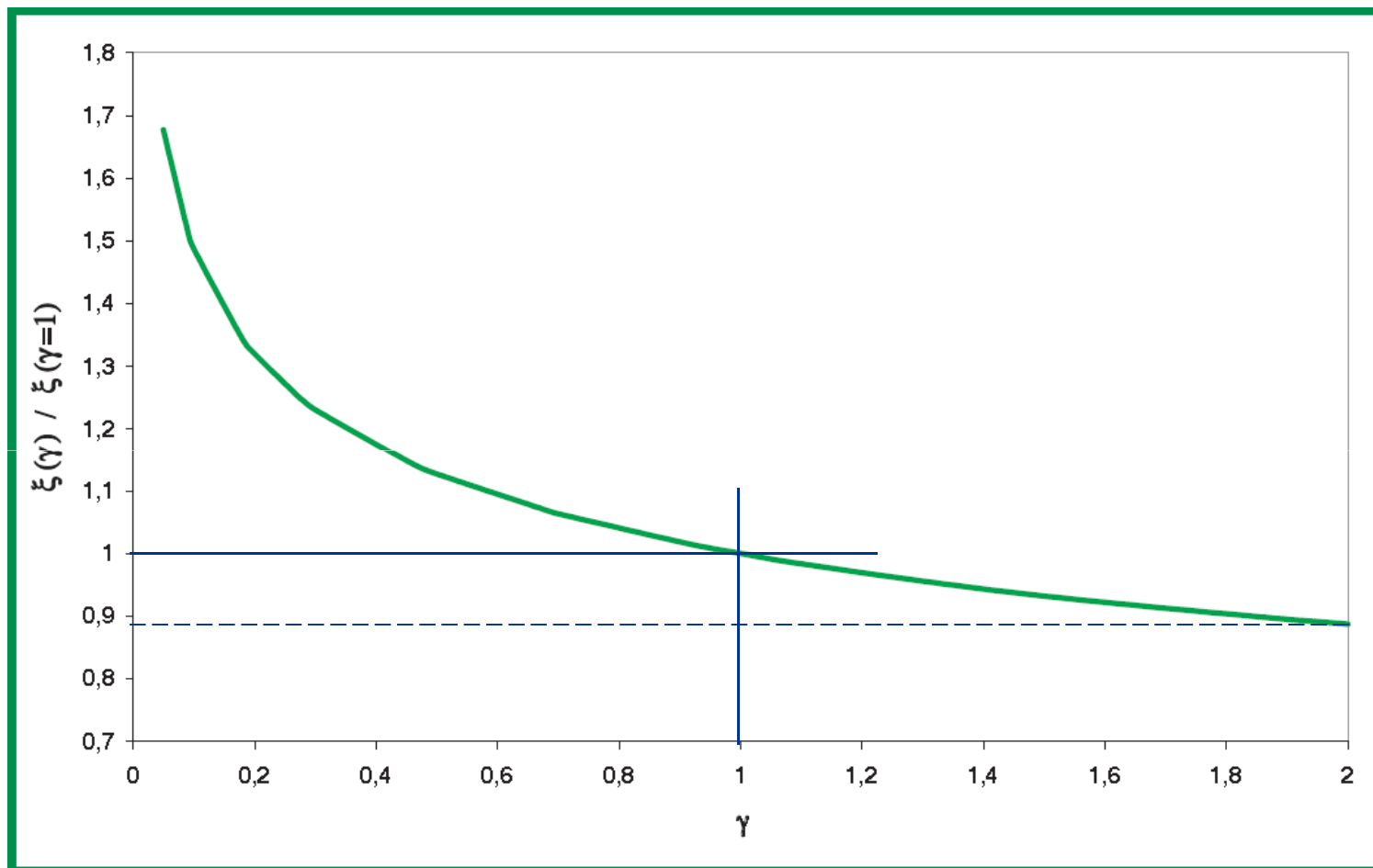
Parametri di progetto

- Smorzamento viscoso equivalente
è un dato progettuale iniziale
- Spostamento massimo richiesto dal sisma di progetto (SLC)
deve tener conto dell'incremento dovuto a possibili eccentricità proprie del sistema e dalla eccentricità accidentale
- Rigidezza orizzontale totale
necessaria per ottenere il periodo proprio voluto
- Carico verticale sopportabile
sia in presenza di sisma (SLV) che in assenza di sisma (SLU)

Parametri di progetto

smorzamento viscoso equivalente

- Il valore dipende dal tipo di isolatore prescelto, ma anche dall'entità della deformazione



Parametri di progetto

smorzamento viscoso equivalente

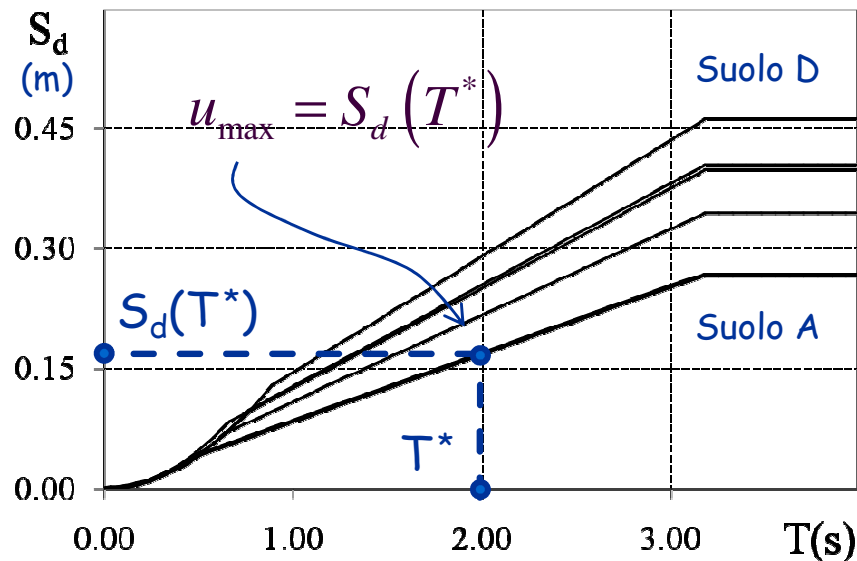
- Il valore dipende dal tipo di isolatore prescelto, ma anche dall'entità della deformazione
- Lo smorzamento varia in genere dal 10% al 15% e oltre
- Nelle analisi svolte si è immaginato di avere uno smorzamento del 10% per $\gamma=2$ (spostamenti doppi dell'altezza degli strati di gomma)

Parametri di progetto

spostamento massimo

- Spostamento laterale massimo e smorzamento viscoso equivalente

Lo spostamento laterale max richiesto all'isolatore si ricava dallo spettro in termini di spostamento in corrispondenza del periodo desiderato per la struttura isolata



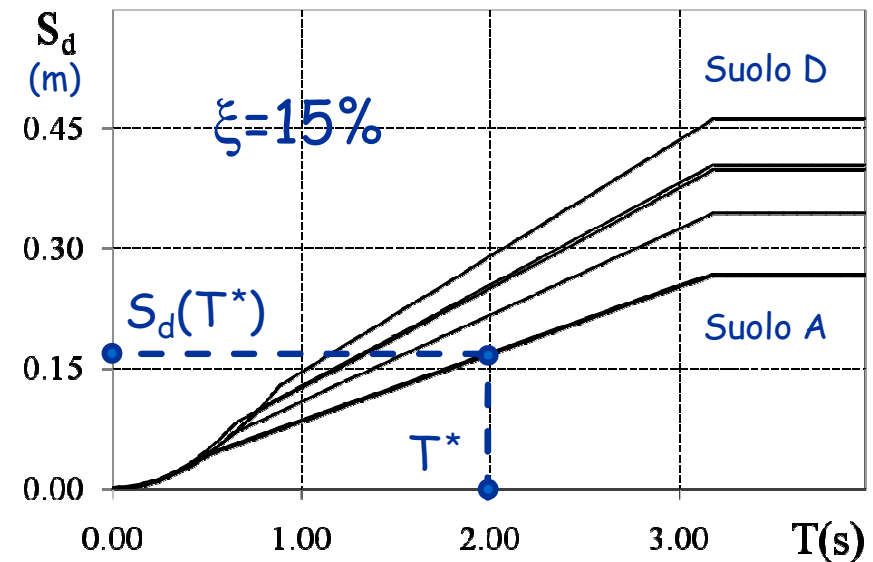
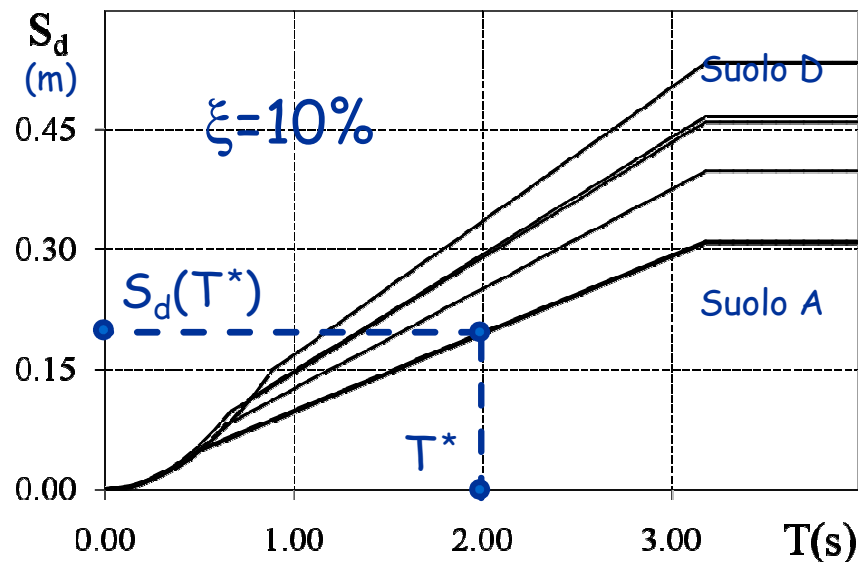
Lo spettro da utilizzare è

- riferito allo SLC della struttura
- definito per lo smorzamento viscoso equivalente corrispondente al primo modo di vibrazione della struttura (sostanzialmente quello dei dispositivi di isolamento e di eventuali dispositivi ausiliari)

Parametri di progetto

spostamento massimo

- La scelta di un determinato periodo della struttura isolata e del livello di smorzamento viscoso equivalente governano, su un predeterminato suolo di fondazione, l'entità dello spostamento max richiesto al dispositivo di isolamento



Parametri di progetto

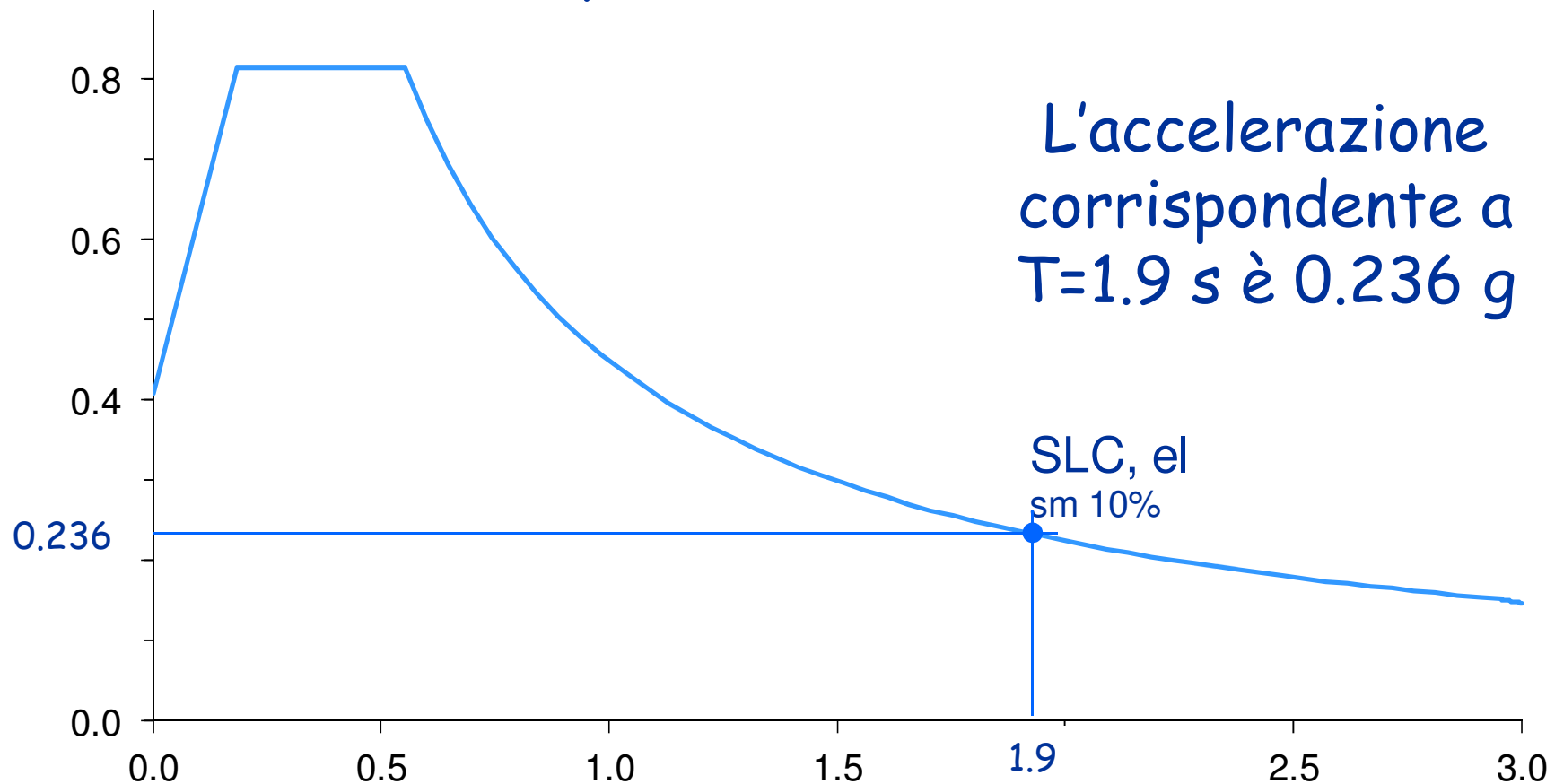
spostamento massimo

- Gli isolatori devono essere in grado di sostenere, senza rotture, gli spostamenti valutati per il terremoto corrispondente allo SLC
- Ho preferito determinare lo spostamento a partire dallo spettro di risposta in termini di accelerazioni, più comunemente usato, anziché direttamente da quello in termini di spostamento

Parametri di progetto

spostamento massimo

- Gli isolatori devono essere in grado di sostenere, senza rotture, gli spostamenti valutati per il terremoto corrispondente allo SLC



Parametri di progetto

spostamento massimo

- Gli isolatori devono essere in grado di sostenere, senza rotture, gli spostamenti valutati per il terremoto corrispondente allo SLC
- L'accelerazione corrispondente a $T=1.9$ s è 0.236 g
- Lo spostamento è legato all'accelerazione

$$u_{\max} = \ddot{u}_{\max} \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2 = 0.236 \times 9.81 \left(\frac{1.9}{2 \times 3.14} \right)^2 \times 10^3 = 212.1 \text{ mm}$$

Questo valore deve essere incrementato almeno di un 10% per tener conto della rotazione dovuta all'eccentricità accidentale

Parametri di progetto

rigidezza totale degli isolatori

- La rigidezza totale degli isolatori deve essere tale da fornire (per la massa prevista) il periodo prescelto

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad \Rightarrow \quad k = \left(\frac{2 \pi}{T} \right)^2 m$$

- Il peso totale dei 6 impalcati è 18991 kN
- La massa è quindi 1935.9 t

$$k = \left(\frac{2 \pi}{T} \right)^2 m = \left(\frac{2 \times 3.14}{1.9} \right)^2 \times 1935.9 \times 10^{-3} = 21.17 \text{ kN/mm}$$

Parametri di progetto

sforzo normale

- Dalle analisi preliminari svolte, si vede che lo sforzo normale dovuto a carichi verticali arriva al massimo a:

1844 kN in assenza di sisma

1225 kN in presenza di sisma

Parametri di progetto

- Spostamento massimo = circa 230 mm
- Rigidezza totale = 21.17 kN/mm
- Carico verticale sopportabile:
1225 kN in presenza di sisma
1844 kN in assenza di sisma
- Sulla base di questi dati si deve scegliere la tipologia ed il numero di isolatori

Nota: conviene usare isolatori tutti uguali tra loro

Parametri di progetto

- Spostamento massimo = circa 230 mm
- Rigidezza totale = 21.17 kN/mm
- Carico verticale sopportabile:
1225 kN in presenza di sisma
1844 kN in assenza di sisma
- Rigidezza totale ≤ 21.17 kN/mm
- Numero pilastri 27
- Vorrei mettere isolatori almeno sotto il 50% dei pilastri
- Rigidezza singolo isolatore = $0.78 \div 1.56$ kN/mm

Dati relativi agli isolatori

- Sono forniti dalle ditte che li producono

Tipologie:

- Isolatori elastomerici
- Isolatori a scorrimento

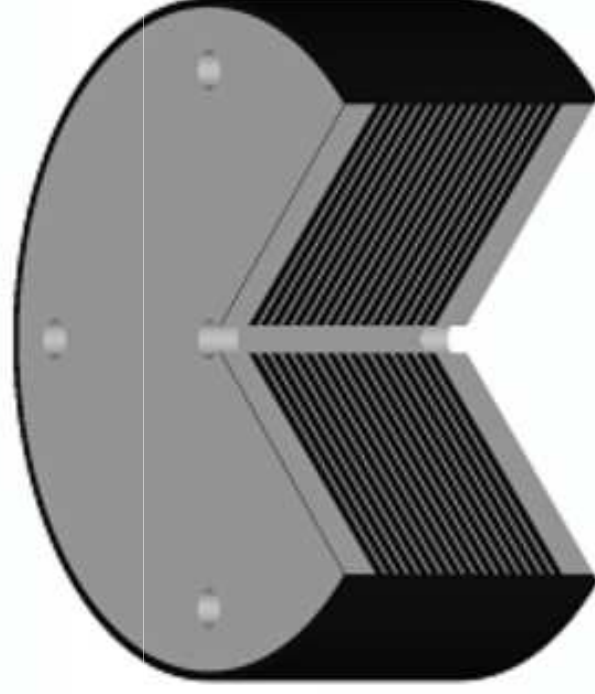
← Userò questi

Isolatori elastomerici

Gli isolatori elastomerici basano il loro comportamento sulla deformazione della gomma impiegata. Sono caratterizzati dall'alternanza di strati di elastomero e lamierini di acciaio solidarizzati mediante processi di vulcanizzazione a caldo.

La presenza dei lamierini è fondamentale, in quanto consente di confinare l'elastomero limitandone la deformabilità verticale a pochi millimetri (1-3 mm). Gli spessori sono molto piccoli, in genere:

- strati di elastomeri: 5-20 mm;
- lamierini: 2-3 mm.



Caratteristiche

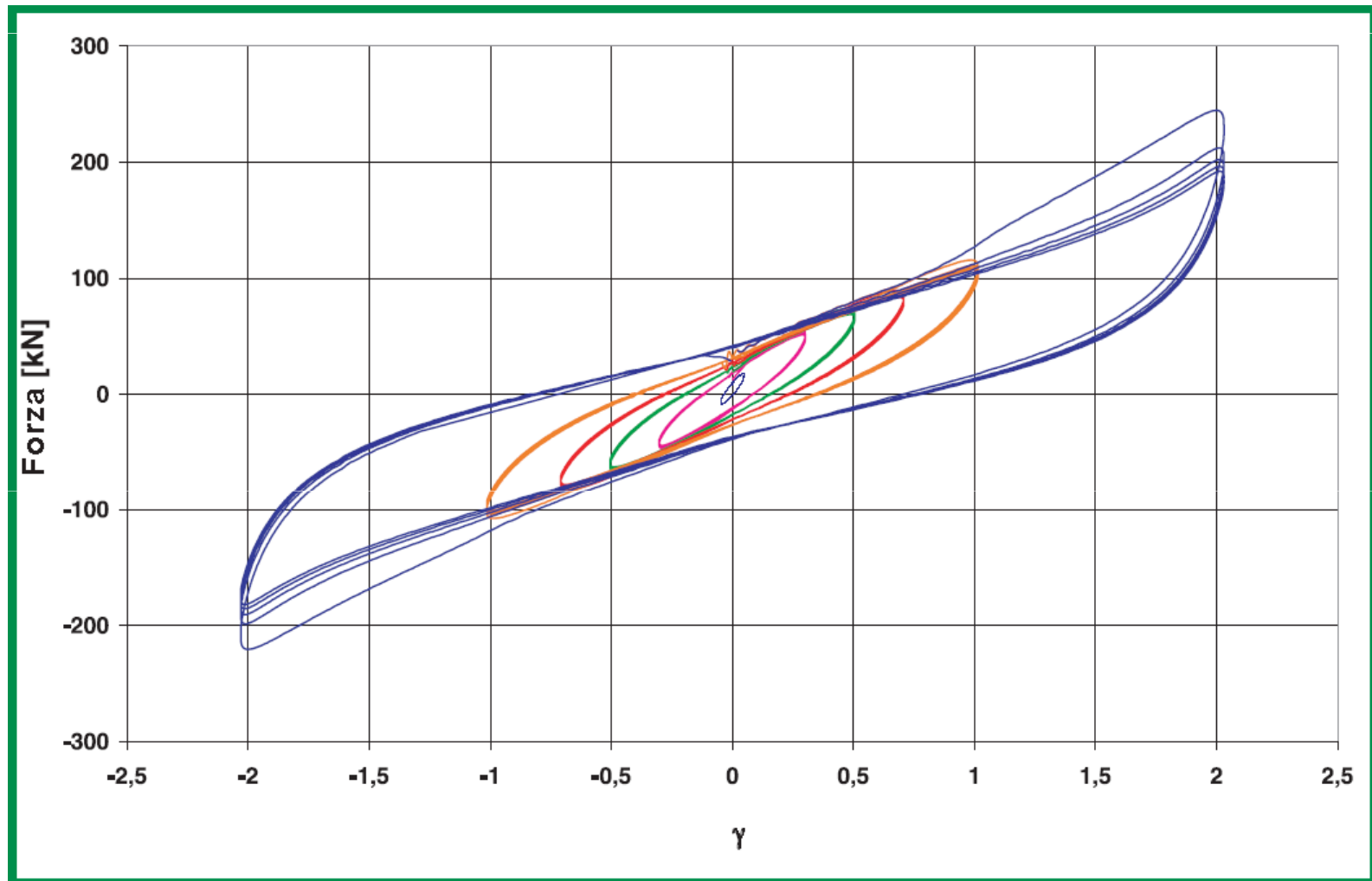
- Dati generali

PROPRIETÀ	MESCOLA		
	MORBIDA (SOFT - S)	NORMALE (NORMAL - N)	DURA (HARD - H)
Durezza (Shore A)	40	60	75
Modulo di elasticità tangenziale G_{din} a $\gamma = 1$ (MPa)	0.4	0.8	1.4
Coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ a $\gamma = 1$ (%)	10 / 15	10 / 15	10 / 15

Nota: dati forniti da FIP. La ALGA non mi ha risposto

Caratteristiche

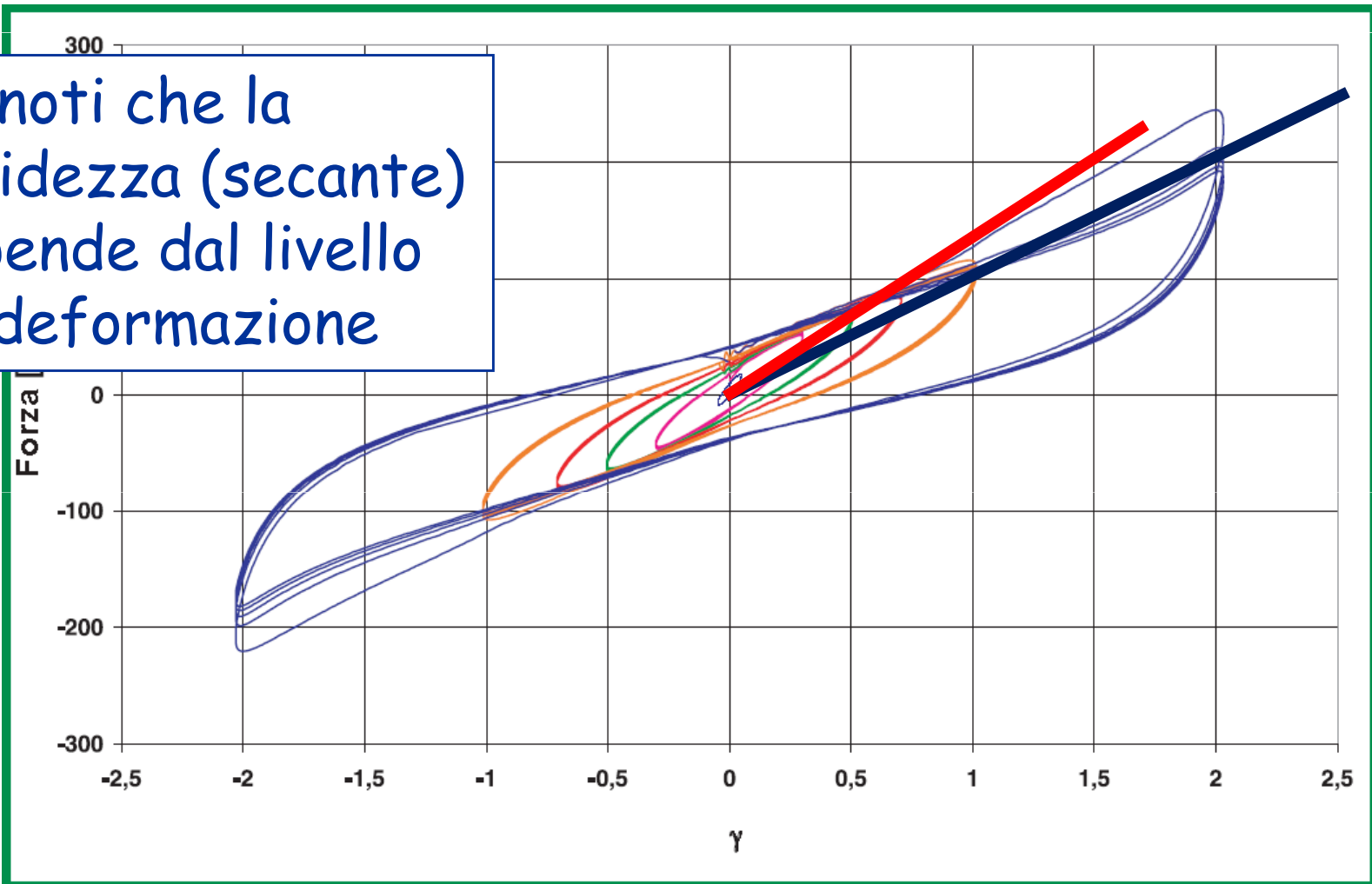
- Diagramma isteretico



Caratteristiche

- Diagramma isteretico

Si noti che la
rigidezza (secante)
dipende dal livello
di deformazione



Caratteristiche

SPOSTAMENTO 200 mm

SI-S	V kN	F _{ed} kN	K _e kN/mm	K _v kN/mm	D _g mm	t _e mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-S 300/100	105	960	0.28	304	300	100	188	238	350	100
SI-S 350/100	250	1500	0.39	389	350	100	178	228	400	128
SI-S 400/100	590	2650	0.50	625	400	100	178	228	450	166
SI-S 450/102	900	3570	0.62	725	450	102	190	240	500	220
SI-S 500/102	1420	5550	0.77	1038	500	102	190	240	550	270
SI-S 550/105	1830	6890	0.91	1148	550	105	187	237	600	316
SI-S 600/104	2220	8750	1.09	1313	600	104	180	230	650	362
SI-S 650/108	2760	10420	1.22	1424	650	108	181	231	700	418
SI-S 700/100	3110	11370	1.54	1722	700	100	177	227	750	535
SI-S 800/100	5040	14990	2.01	2711	800	100	177	227	850	694
SI-S 900/108	6670	21220	2.35	2954	900	108	190	250	950	905
SI-S 1000/112	8390	22590	2.81	3322	1000	112	200	280	1050	1327
SI-S 1100/112	11590	27460	3.29	4577	1100	112	200	280	1150	1600
SI-S 1200/112	13570	28700	4.04	5160	1200	112	196	276	1250	1865

SI-N	V kN	F _{ed} kN	K _e kN/mm	K _v kN/mm	D _g mm	t _e mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-N 300/100	210	1350	0.57	457	300	100	188	238	350	100
SI-N 350/100	510	2100	0.77	597	350	100	178	228	400	128
SI-N 400/100	1180	3720	1.01	912	400	100	178	228	450	166
SI-N 450/102	1810	4990	1.25	1082	450	102	190	240	500	220
SI-N 500/102	2640	7780	1.54	1494	500	102	190	240	550	270
SI-N 550/105	3650	9650	1.81	1683	550	105	187	237	600	316
SI-N 600/104	4470	10310	2.18	1953	600	104	180	230	650	362
SI-N 650/108	5520	10830	2.46	2148	650	108	181	231	700	418
SI-N 700/100	6230	11370	3.08	2617	700	100	177	227	750	535
SI-N 800/100	10090	14990	4.02	3934	800	100	177	227	850	694
SI-N 900/108	13350	21220	4.71	4277	900	108	190	250	950	905
SI-N 1000/112	16780	22590	5.61	5000	1000	112	200	280	1050	1327
SI-N 1100/112	21190	27460	6.79	6667	1100	112	200	280	1150	1600
SI-N 1200/112	22700	28700	8.08	7631	1200	112	196	276	1250	1865

SI-H	V kN	F _{ed} kN	K _e kN/mm	K _v kN/mm	D _g mm	t _e mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-H 300/100	370	2320	0.99	583	300	100	188	238	350	100
SI-H 350/100	900	3510	1.35	775	350	100	178	228	400	128
SI-H 400/100	1720	4680	1.76	1138	400	100	178	228	450	166
SI-H 450/102	3170	7510	2.16	1372	450	102	190	240	500	220
SI-H 500/102	4540	9380	2.70	1840	500	102	190	240	550	270
SI-H 550/105	5210	9820	3.17	2103	550	105	187	237	600	316
SI-H 600/104	5970	10310	3.81	2469	600	104	180	230	650	362
SI-H 650/108	6920	10830	4.30	2735	650	108	181	231	700	418
SI-H 700/100	7270	11370	5.39	3367	700	100	177	227	750	535
SI-H 800/100	10360	14990	7.04	4877	800	100	177	227	850	694
SI-H 900/108	15290	21220	8.25	5517	900	108	190	250	950	905
SI-H 1000/112	16910	22590	9.82	6381	1000	112	200	280	1050	1327
SI-H 1100/112	21190	27460	11.88	8289	1100	112	200	280	1150	1600
SI-H 1200/112	22700	28700	14.14	9602	1200	112	196	276	1250	1865

Legenda

V	Carico verticale massimo agente sul tiratore. In presenza di sistema corrisponde allo SLC
F _{ed}	Carico verticale massimo agente sull'isolatore in assenza di sistema (SLU), concomitante con rotazione D e spostamento orizzontale 10 mm
K _e	Rigidità orizzontale equivalente
K _v	Rigidità verticale
D _g	Diámetro e bastonero
t _e	Spessore totale gomma
h	Altezza esolite piastre di ancoraggio
H	Altezza totale isolite piastre di ancoraggio
Z	Lato piastre di ancoraggio
W	Peso isolatore esolite zincate

SPOSTAMENTO 250 mm

SI-S	V kN	F _{ed} kN	K _e kN/mm	K _v kN/mm	D _g mm	t _e mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-S 300/128	15	750	0.22	237	300	128	230	280	350	110
SI-S 350/125	100	1200	0.31	311	350	125	213	263	400	138
SI-S 400/125	290	2120	0.40	498	400	125	213	263	450	179
SI-S 450/126	530	2890	0.51	587	450	126	226	276	500	229
SI-S 500/126	1010	4500	0.62	841	500	126	226	276	550	294
SI-S 550/126	1410	5740	0.75	957	550	126	217	267	600	338
SI-S 600/129	1820	7100	0.88	1067	600	129	213	263	650	389
SI-S 650/126	2230	8940	1.05	1220	650	126	205	255	700	440
SI-S 700/130	2740	10600	1.18	1325	700	130	216	276	750	575
SI-S 800/130	4570	14990	1.55	2086	800	130	216	276	850	747
SI-S 900/132	5940	21220	1.93	2417	900	132	222	282	950	963
SI-S 1000/140	7670	22590	2.24	2658	1000	140	236	316	1050	1402
SI-S 1100/140	10720	27460	2.72	3662	1100	140	236	316	1150	1691
SI-S 1200/144	12850	28700	3.14	4013	1200	144	236	316	1250	1979

SI-N	V kN	F _{ed} kN	K _e kN/mm	K _v kN/mm	D _g mm	t _e mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-N 300/128	35	1060	0.44	357	300	128	230	280	350	110
SI-N 350/125	200	1680	0.62	478	350	125	213	263	400	138
SI-N 400/125	590	2970	0.80	729	400	125	213	263	450	179
SI-N 450/126	1070	4040	1.01	876	450	126	226	276	500	229
SI-N 500/126	2020	6300	1.25	1209	500	126	226	276	550	294
SI-N 550/126	2830	8040	1.51	1403	550	126	217	267	600	338
SI-N 600/129	3640	9950	1.77	1587	600	129	213	263	650	389
SI-N 650/126	4450	10830	2.11	1837	650	126	205	255	700	440
SI-N 700/130	5490	11370	2.37	2013	700	130	216	276	750	575
SI-N 800/130	9080	14990	3.09	3026	800	130	216	276	850	747
SI-N 900/132	11880	21220	3.85	3582	900	132	222	282	950	963
SI-N 1000/140	15350	22590	4.49	4000	1000	140	236	316	1050	1402
SI-N 1100/140	19590	27460	5.48	5334	1100	140	236	316	1150	1691
SI-N 1200/144	21170	28700	6.28	5935	1200	144	236	316	1250	1979

SI-H	V kN	F _{ed} kN	K _e kN/mm	K _v kN/mm	D _g mm	t _e mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-H 300/128	65	1810	0.77	456	300	128	230	280	350	110
SI-H 350/125	350	2890	1.08	620	350	125	213	263	400	138
SI-H 400/125	1040	4680	1.41	911	400	125	213	263	450	179
SI-H 450/126	1890	6390	1.77	1111	450	126	226	276	500	229
SI-H 500/126	3520	9380	2.18	1489	500	126	226	276	550	294
SI-H 550/126	4220	9820	2.64	1758	550	126	217	267	600	338
SI-H 600/128	4910	10310	3.09	2006	600	128	213	263	650	389
SI-H 650/126	5580	10830	3.69	2344	650	126	205	255	700	440
SI-H 700/130	6250	11370	4.14	2590	700	130	216	276	750	575
SI-H 800/130	9080	14990	5.41	3752	800	130	216	276	850	747
SI-H 900/132	13790	21220	6.75	4514	900	132	222	282	950	963
SI-H 1000/140	15470	22590	7.85	5105	1000	140	236	316	1050	1402
SI-H 1100/140	19590	27460	9.50	6631	1100	140	236	316	1150	1691
SI-H 1200/144	21170	28700	11.00	7468	1200	144	236	316	1250	1979

Legenda

V	Carico verticale massimo agente sul tiratore. In presenza di sistema corrisponde allo SLC
F _{ed}	Carico verticale massimo agente sull'isolatore in assenza di sistema (SLU), concomitante con rotazione D e spostamento orizzontale 10 mm
K _e	Rigidità orizzontale equivalente
K _v	Rigidità verticale
D _g	Diámetro e bastonero
t _e	Spessore totale gomma
h	Altezza esolite piastre di ancoraggio
H	Altezza totale isolite piastre di ancoraggio
Z	Lato piastre di ancoraggio
W	Peso isolatore esolite zincate

Caratteristiche scheda (in dettaglio)

SI-S	V kN	F _{zd} kN	K _e kN/mm	K _v kN/mm	D _g mm	t _e mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
------	---------	-----------------------	-------------------------	-------------------------	----------------------	----------------------	---------	---------	---------	---------

Carico verticale
massimo, in assenza
di sisma (SLU)

Carico verticale
massimo, in presenza
di sisma (SLC)

Tipo mescola
S = soft (morbida)
N = normale
H = hard (dura)

Caratteristiche scheda (in dettaglio)

SI-S	V kN	F _{zd} kN	K _e kN/mm	K _v kN/mm	D _g mm	t _e mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
------	---------	-----------------------	-------------------------	-------------------------	----------------------	----------------------	---------	---------	---------	---------

Rigidezza verticale

Rigidezza orizzontale

Caratteristiche scheda (in dettaglio)

SI-S	V kN	F _{zd} kN	K _e kN/mm	K _v kN/mm	D _g mm	t _e mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
------	---------	-----------------------	-------------------------	-------------------------	----------------------	----------------------	---------	---------	---------	---------

Diametro

Spessore totale
gomma

Altezza (escluse
piastre ancoraggio)

Altezza (incluse
piastre ancoraggio)

Lato piastre
ancoraggio

Caratteristiche

scheda (in dettaglio) - spostamento 250 mm

SI-S	V kN	F _{zd} kN	K _e kN/mm	K _v kN/mm	D _g mm	t _e mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-S 300/128	15	750	0.22	237	300	128	230	280	350	110
SI-S 350/125	100	1200	0.31	311	350	125	213	263	400	138
SI-S 400/125	290	2120	0.40	498	400	125	213	263	450	179
SI-S 450/126	530	2890	0.51	587	450	126	226	276	500	239
SI-S 500/126	1010	4500	0.62	841	500	126	226	276	550	294
SI-S 550/126	1410	5740	0.75	957	550	126	217	267	600	338
SI-S 600/128	1820	7100	0.88	1067	600	128	213	263	650	389
SI-S 650/126	2230	8940	1.05	1220	650	126	205	255	700	440
SI-S 700/130	2740	10600	1.18	1325	700	130	216	276	750	575
SI-S 800/130	4570	14990	1.55	2086	800	130	216	276	850	747
SI-S 900/132	5940	21220	1.93	2417	900	132	222	282	950	963
SI-S 1000/140	7670	22590	2.24	2658	1000	140	236	316	1050	1402
SI-S 1100/140	10720	27460	2.72	3662	1100	140	236	316	1150	1691
SI-S 1200/144	12850	28700	3.14	4013	1200	144	236	316	1250	1979

- ✓ Spostamento massimo = circa 230 mm
- Rigidezza totale = 21.17 kN/mm
- Carico verticale sopportabile:
 - 1225 kN in presenza di sisma
 - 1844 kN in assenza di sisma

Caratteristiche

scheda (in dettaglio) - spostamento 250 mm

SI-N	V kN	F _{zd} kN	K _e kN/mm	K _v kN/mm	D _g mm	t _e mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-N 300/128	35	1060	0.44	357	300	128	230	280	350	110
SI-N 350/125	200	1680	0.62	478	350	125	213	263	400	138
SI-N 400/125	590	2970	0.80	729	400	125	213	263	450	179
SI-N 450/126	1070	4040	1.01	876	450	126	226	276	500	239
SI-N 500/126	2030	6300	1.25	1209	500	126	226	276	550	294
SI-N 550/126	2830	8040	1.51	1403	550	126	217	267	600	338
SI-N 600/128	3640	9950	1.77	1587	600	128	213	263	650	389
SI-N 650/126	4460	10830	2.11	1837	650	126	205	255	700	440
SI-N 700/130	5490	11370	2.37	2013	700	130	216	276	750	575
SI-N 800/130	9080	14990	3.09	3026	800	130	216	276	850	747
SI-N 900/132	11880	21220	3.86	3582	900	132	222	282	950	963
SI-N 1000/140	15350	22590	4.49	4000	1000	140	236	316	1050	1402
SI-N 1100/140	19590	27460	5.43	5334	1100	140	236	316	1150	1691
SI-N 1200/144	21170	28700	6.28	5935	1200	144	236	316	1250	1979

- ✓ Spostamento massimo = circa 230 mm
- Rigidezza totale = 21.17 kN/mm
- Carico verticale sopportabile:
 - 1225 kN in presenza di sisma
 - 1844 kN in assenza di sisma

Caratteristiche

scheda (in dettaglio) - spostamento 250 mm

SI-H	V kN	F _{zd} kN	K _e kN/mm	K _v kN/mm	D _g mm	t _e mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-H 300/128	65	1810	0.77	456	300	128	230	280	350	110
SI-H 350/125	350	2890	1.08	620	350	125	213	263	400	138
SI-H 400/125	1040	4680	1.41	911	400	125	213	263	450	179
SI-H 450/126	1880	6930	1.77	1111	450	126	226	276	500	239
SI-H 500/126	3520	9380	2.18	1489	500	126	226	276	550	294
SI-H 550/126	4220	9820	2.64	1753	550	126	217	267	600	338
SI-H 600/128	4910	10310	3.09	2006	600	128	213	263	650	389
SI-H 650/126	5580	10830	3.69	2344	650	126	205	255	700	440
SI-H 700/130	6250	11370	4.14	2590	700	130	216	276	750	575
SI-H 800/130	9080	14990	5.41	3752	800	130	216	276	850	747
SI-H 900/132	13790	21220	6.75	4514	900	132	222	282	950	963
SI-H 1000/140	15470	22590	7.85	5105	1000	140	236	316	1050	1402
SI-H 1100/140	19590	27460	9.50	6631	1100	140	236	316	1150	1691
SI-H 1200/144	21170	28700	11.00	7468	1200	144	236	316	1250	1979

- ✓ Spostamento massimo = circa 230 mm
- Rigidezza totale = 21.17 kN/mm
- Carico verticale sopportabile:
1225 kN in presenza di sisma
1844 kN in assenza di sisma

Scelta isolatori

scheda (in dettaglio) - spostamento 250 mm

SI-N	V kN	F _{zd} kN	K _e kN/mm	K _v kN/mm	D _g mm	t _e mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-N 300/128	35	1060	0.44	357	300	128	230	280	350	110
SI-N 350/125	200	1680	0.62	478	350	125	213	263	400	138
SI-N 400/125	590	2970	0.80	729	400	125	213	263	450	179
SI-N 450/126	1070	4040	1.01	876	450	126	226	276	500	239
SI-N 500/126	2030	6300	1.25	1209	500	126	226	276	550	294
SI-N 550/126	2830	8040	1.51	1403	550	126	217	267	600	338
SI-N 600/128	3640	9950	1.77	1587	600	128	213	263	650	389
SI-N 650/126	4460	10830	2.11	1837	650	126	205	255	700	440
SI-N 700/130	5490	11370	2.37	2013	700	130	216	276	750	575
SI-N 800/130	9080	14990	3.09	3026	800	130	216	276	850	747
SI-N 900/132	11880	21220	3.86	3582	900	132	222	282	950	963
SI-N 1000/140	15350	22590	4.49	4000	1000	140	236	316	1050	1402
SI-N 1100/140	19590	27460	5.43	5334	1100	140	236	316	1150	1691
SI-N 1200/144	21170	28700	6.28	5935	1200	144	236	316	1250	1979

- Scelgo isolatori SI-N 500/126:
 - Spostamento ammissibile 250 mm
 - Rigidezza 1.25 kN/mm
- Se ne devono usare al massimo 16 → $k_{tot} = 20 \text{ kN/mm}$

Posizione isolatori

- Gli isolatori si mettono (usualmente) sotto i pilastri
- Vi sono 27 pilastri e dobbiamo disporre 16 isolatori
- Sotto 11 pilastri metteremo slitte

0	0	0					
0	0	0					
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

mettere x per indicare isolatori

altro simbolo = slitta

Posizione (schematica) dei pilastri

Posizione isolatori

- La posizione deve essere tale da avere il baricentro delle rigidezze degli isolatori il più possibile vicina al centro di massa (totale)

pilastro	x [m]	y [m]	k iso [kN/mm]	k x	k y
1	0.15	15.85	0.00	0.0	0.0
2	4.85	15.85	0.00	0.0	0.0
3	8.65	15.85	0.00	0.0	0.0
4	0.15	12.25	0.00	0.0	0.0
5	4.85	12.25	0.00	0.0	0.0
6	8.65	12.25	0.00	0.0	0.0
7	0.15	8.75	0.00	0.0	0.0
8	4.85	8.75	0.00	0.0	0.0
9	8.65	8.75	0.00	0.0	0.0
10	11.65	8.75	0.00	0.0	0.0
11	14.85	8.75	0.00	0.0	0.0
12	19.05	8.75	0.00	0.0	0.0

continua ...

26	19.05	0.15	0.00	0.0	0.0
27	22.65	0.15	0.00	0.0	0.0
			0	0.0	0.0

Assegnando in corrispondenza del pilastro la rigidezza degli isolatori è possibile calcolarne il baricentro

Coordinate dei pilastri

Posizione isolatori

- Scelta della posizione:
con Excel è facile disporre gli isolatori e calcolare automaticamente il loro baricentro

pilastro	x	y	k iso	k x	k y
	[m]	[m]	[kN/mm]		
1	0.15	15.85	1.25	0.2	19.8
2	4.85	15.85	1.25	6.1	19.8
3	8.65	15.85	1.25	10.8	19.8
4	0.15	12.25	0.00	0.0	0.0
5	4.85	12.25	0.00	0.0	0.0
6	8.65	12.25	0.00	0.0	0.0
7	0.15	8.75	1.25	0.2	10.9
8	4.85	8.75	0.00	0.0	0.0
9	8.65	8.75	1.25	10.8	10.9
10	11.65	8.75	0.00	0.0	0.0
11	14.85	8.75	1.25	18.6	10.9
12	19.05	8.75	0.00	0.0	0.0

continua ...

26	19.05	0.15	1.25	23.8	0.2
27	22.65	0.15	1.25	28.3	0.2
			20	205.8	115.9

x	x	x					
							mettere x per indicare isolatori
							altro simbolo = slitta
o	o	o					
x	o	x	o	x	o	x	
x	o	o	o	o	o	o	x
x	x	x	x	x	x	x	x

Posizione isolatori

- Scelta della posizione:
con Excel è facile disporre gli isolatori e calcolare automaticamente il loro baricentro

pilastro	x [m]	y [m]	k iso [kN/mm]	k x	k y
1	0.15	15.85	1.25	0.2	19.8
2	4.85	15.85	1.25	6.1	19.8
3	8.65	15.85	1.25	10.8	19.8
4	0.15	12.25	0.00	0.0	0.0
5	4.85	12.25	0.00	0.0	0.0
6	8.65	12.25	0.00	0.0	0.0
7	0.15	8.75	1.25	0.2	10.9
8	4.85	8.75	0.00	0.0	0.0
9	8.65	8.75	1.25	10.8	10.9
10	11.65	8.75	0.00	0.0	0.0
11	14.85	8.75	1.25	18.6	10.9
12	19.05	8.75	0.00	0.0	0.0

continua ...

26	19.05	0.15	1.25	23.8	0.2
27	22.65	0.15	1.25	28.3	0.2
			20	205.8	115.9

Operando per tentativi ho
ottenuto una buona soluzione
(eccentricità inferiore a 10 cm)

		Struttura		x CM	y CM
				10.23	5.76
			Δ	0.06	0.04
Isolatori			k tot	x	y
			20	10.29	5.79

Parametri della struttura con gli isolatori scelti

- 16 isolatori con $k=1.25 \text{ kN/mm} \rightarrow k_{\text{tot}} = 20 \text{ kN/mm}$
- Periodo della struttura isolata

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{1935.9}{20 \times 10^3}} = 1.95 \text{ s}$$

- Ordinata spettrale per SLC: 0.230 g
- Spostamento isolatori per SLC: 218.2 mm
- Ordinata spettro di progetto per SLV: 0.119 g