FPC ITALIA

TECNOLOGIE INNOVATIVE DI ISOLAMENTO SISMICO:
un cambio di mentalità per la sicurezza non più rinviabile

ISOLAMENTO ALLA BASE: TECNICHE DI CALCOLO ED ESEMPI

Ing. Camossi

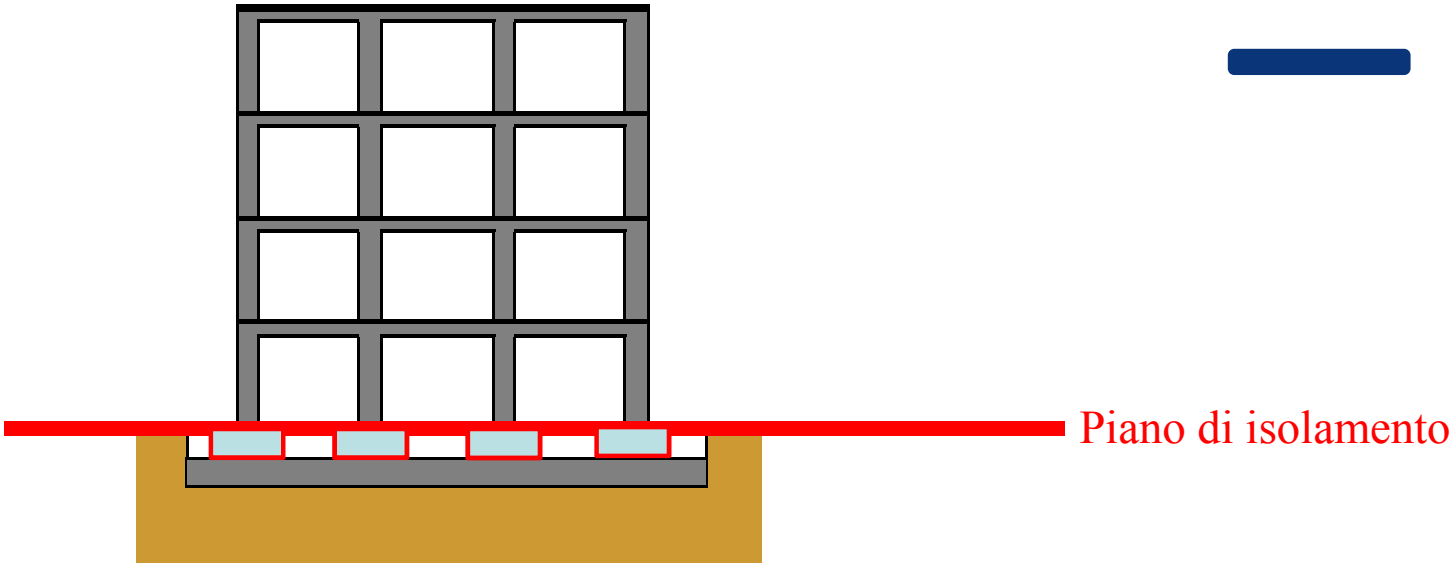
Ascoli Piceno
22-05-2018

ARGOMENTI

- L’isolamento sismico
- Approcci progettuali
- Applicabilità dell’isolamento sismico
- Installazione e Dettagli costruttivi
- Modellazione e Tipologie di analisi dinamiche
- Esempi applicativi

ISOLAMENTO SISMICO

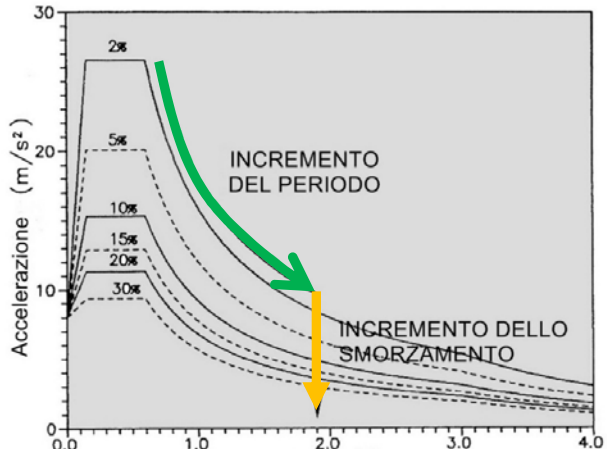
ISOLAMENTO SISMICO

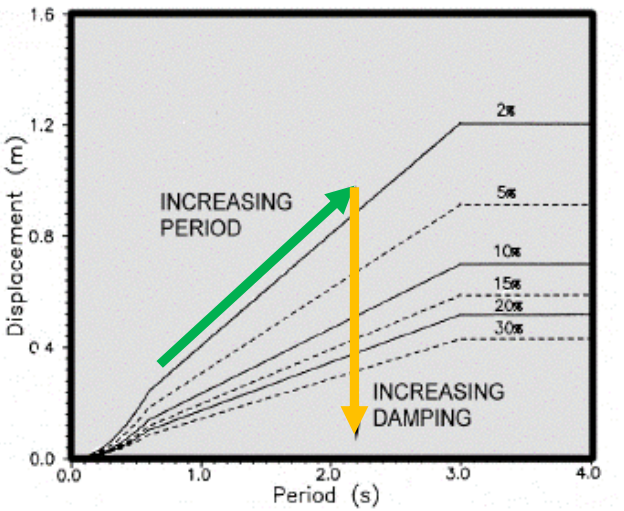


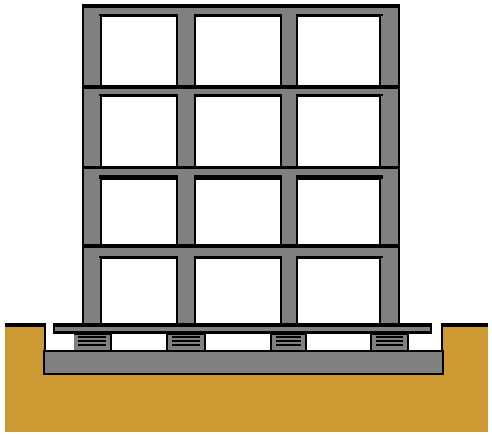
L'isolamento sismico alla base consiste nell'inserire **elementi deformabili** in cui **concentrare il danno** che permettono di **disaccoppiare il moto** terreno e della struttura

L'isolamento sismico alla base è l'unico sistema che permette di **proteggere** sia la **struttura** che le **parti non strutturali** ed il contenuto

EFFETTI ISOLAMENTO SISMICO

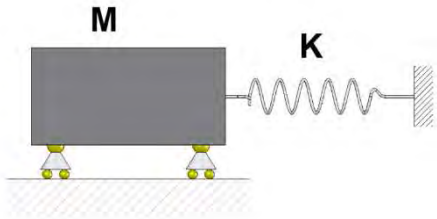






L'isolamento sismico

Oscillatore semplice a 1 g.d.l.



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{K}}$$

- **INSERIMENTO NELLA STRUTTURA DI <u>ELEMENTI DEFORMABILI</u>**

  <u>Aumento del Periodo</u> → **Riduzione accelerazioni**

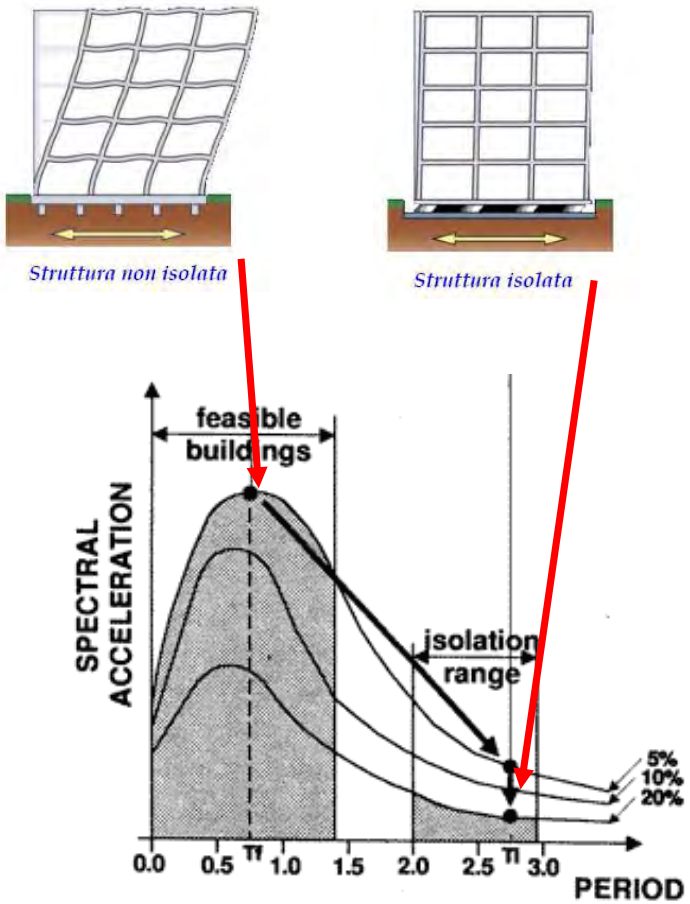
  → **Aumento spostamenti**

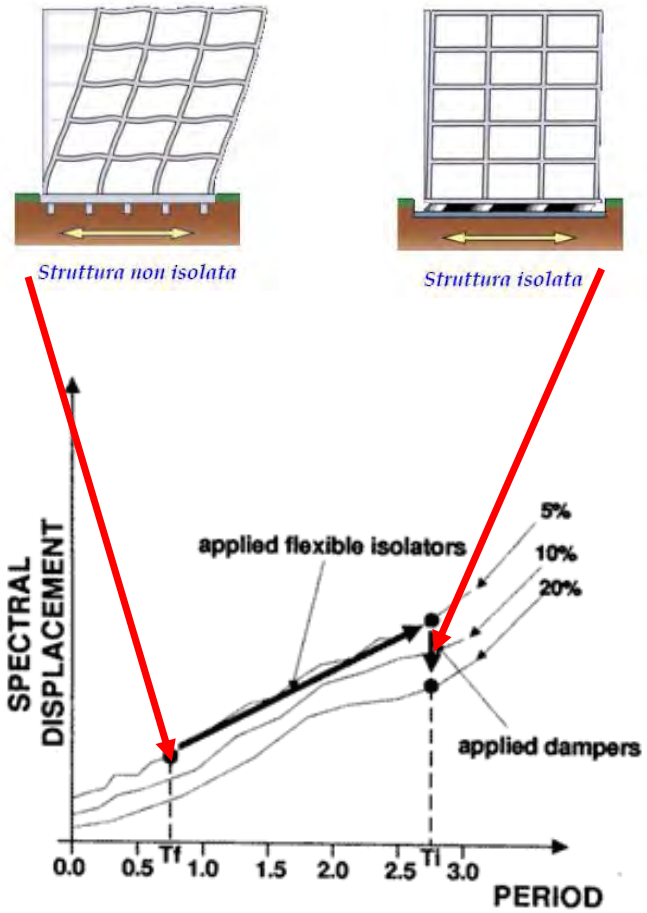
- **INSERIMENTO NELLA STRUTTURA DI <u>ELEMENTI DISSIPATIVI</u>**

  <u>Aumento dello smorzamento</u> → **Riduzione accelerazioni**

  → **Riduzione spostamenti**

EFFETTI ISOLAMENTO SISMICO



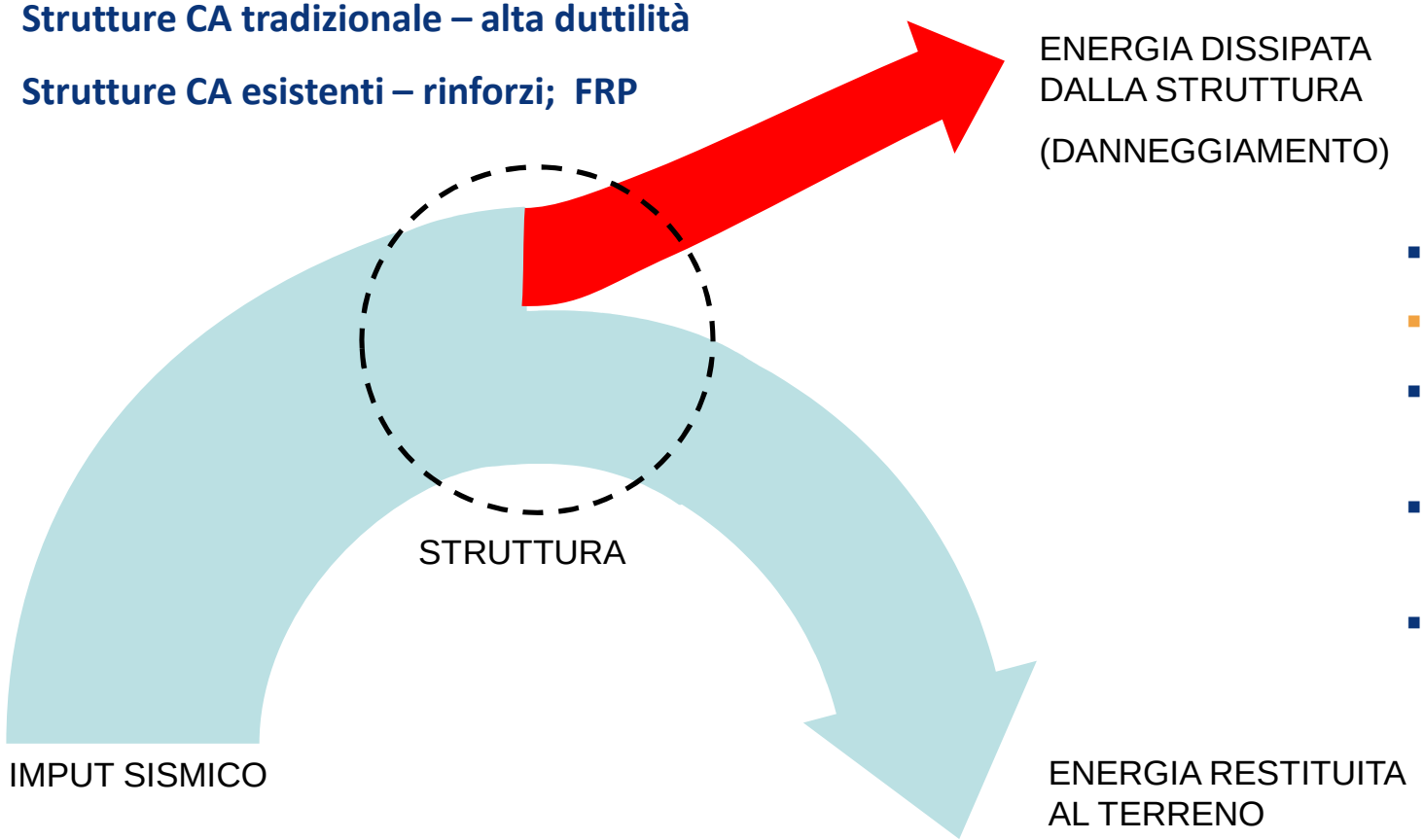


APPROCCIO PROGETTUALI

Approcci progettuali

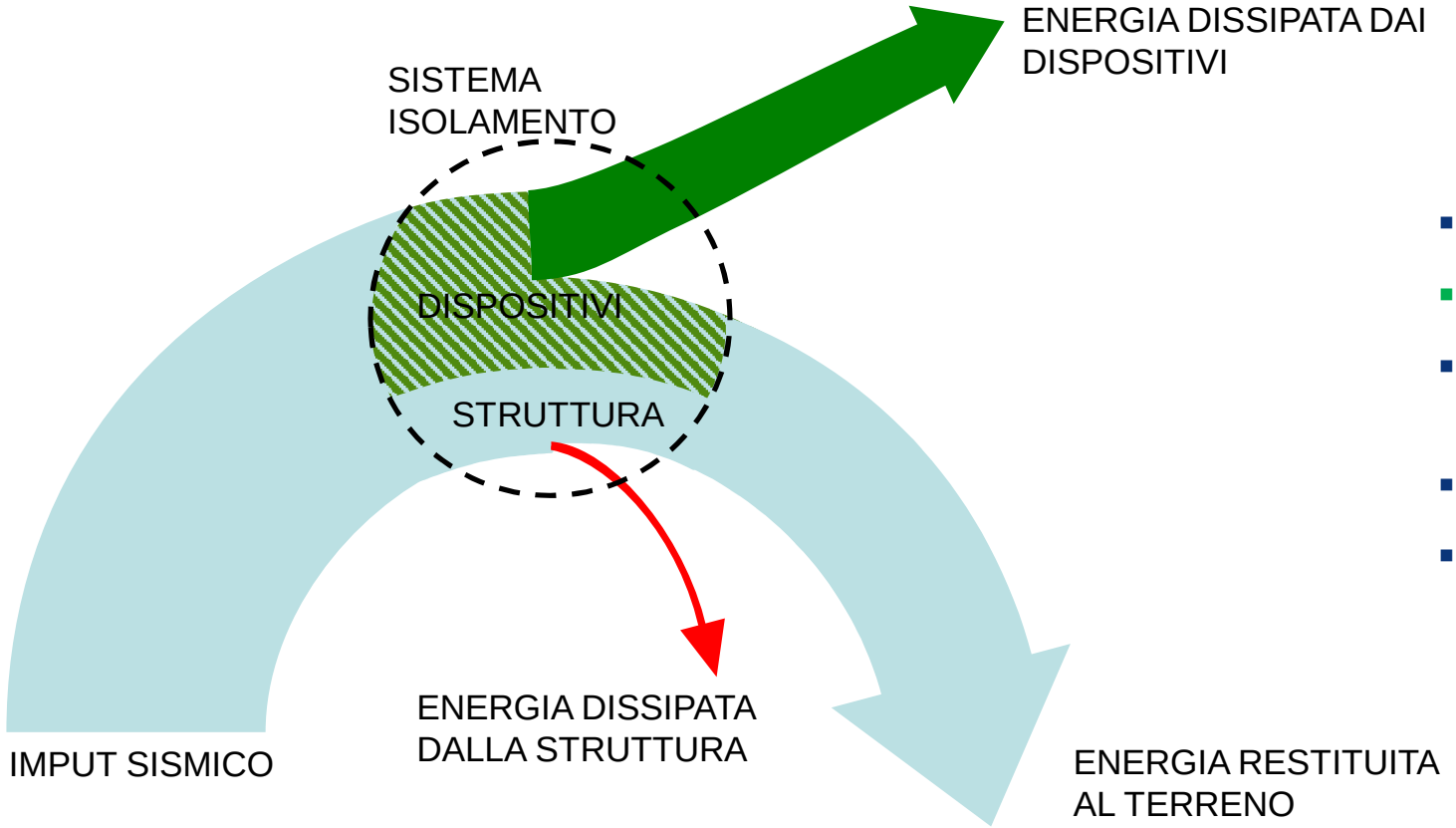
APPROCCIO – PROGETTO IN DUTTILITA'

- Strutture CA tradizionale – alta duttilità
- Strutture CA esistenti – rinforzi; FRP



- Struttura campo plastico
- danneggiamenti
- Operatività NON garantita dopo sisma
- Necessità di riparazione dopo sisma
- Protezione elementi non strutturali

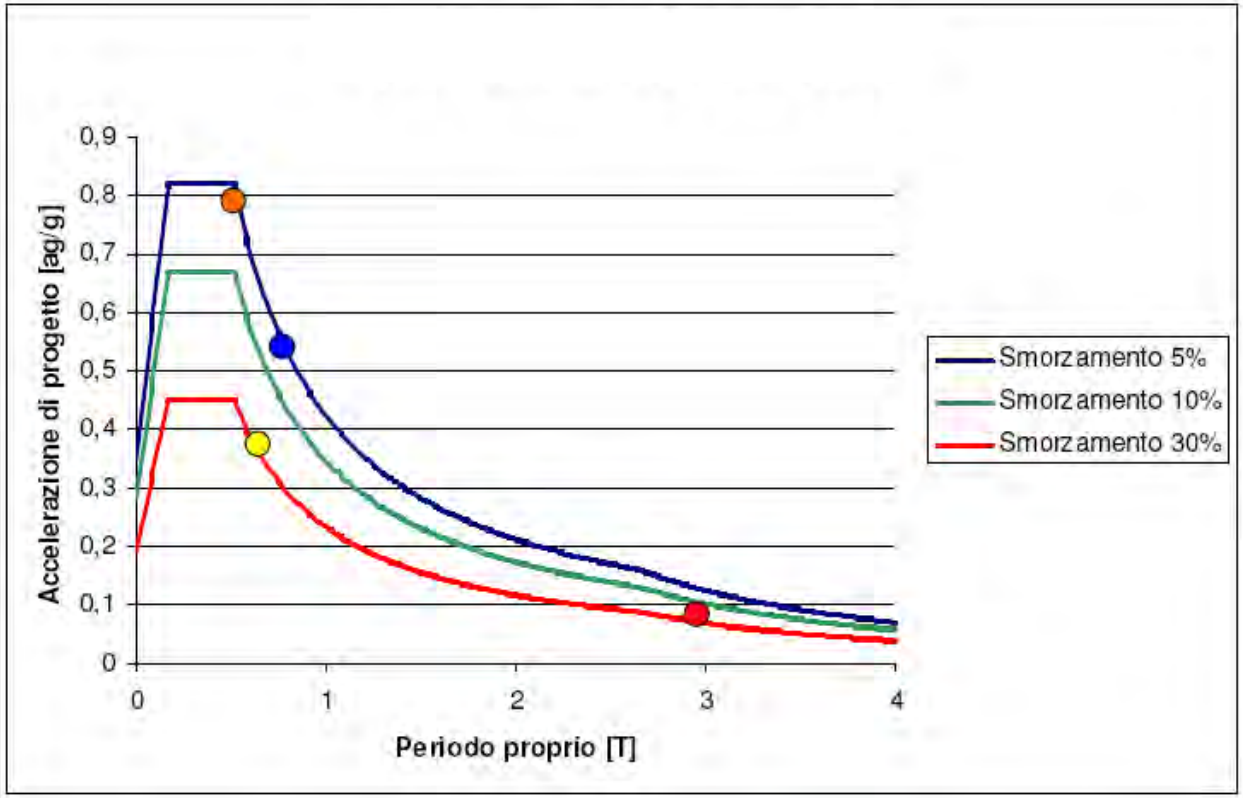
APPROCCIO - ISOLAMENTO SISMICO



- Struttura campo elastico
- NO danneggiamenti
- Operatività garantita dopo sisma
- NO riparazione dopo sisma
- Protezione elementi non strutturali

Approcci progettuali

POSSIBILITA' D'INTERVENTO ED EFFETTI SUL COMPORTAMENTO SISMICO



- Struttura esistente
- Controventi dissipativi
- Rinforzo strutturale
- Isolamento alla base

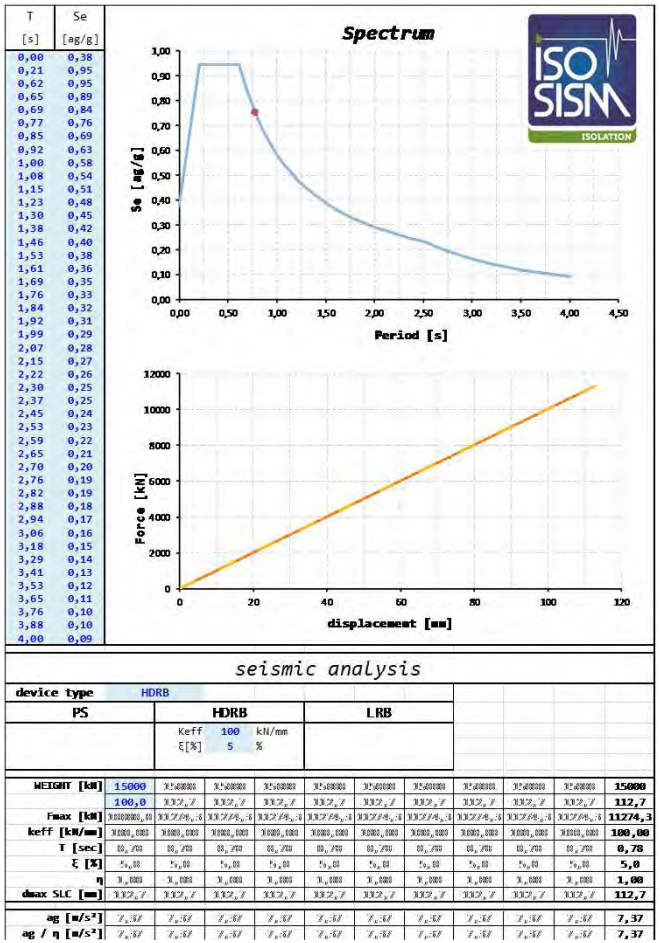
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{K}}$$

POTENZIALITA' DELL' ISOLAMENTO ALLA BASE

STRUTTURA NON ISOLATA

- Massa sismica 15000kN
- Spettro SLC
- Smorzamento 5%

- Periodo T = 0,78 s
- Accelerazione a_g / g = 0,78

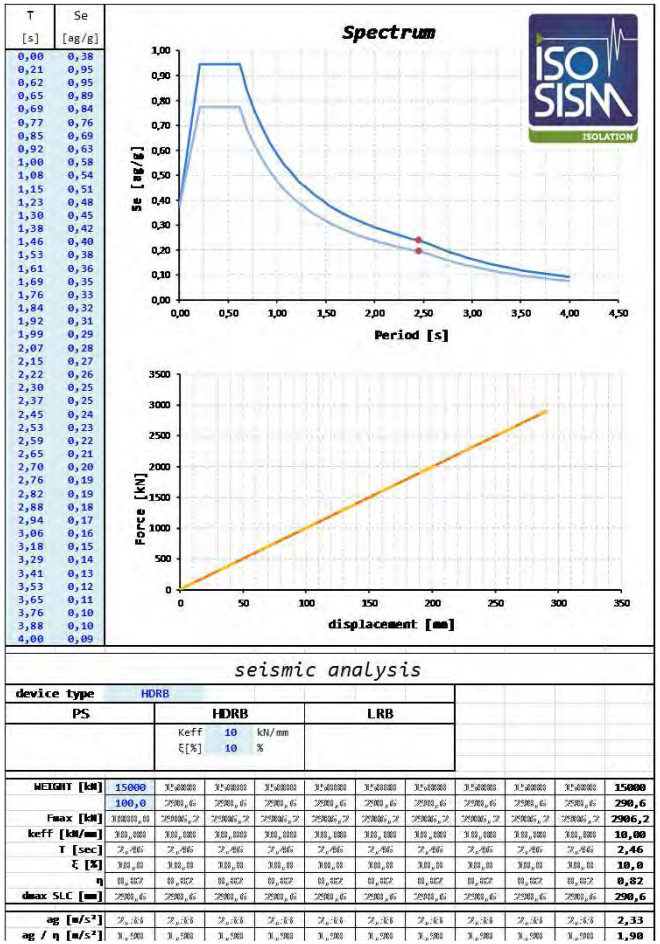


POTENZIALITA' DELL' ISOLAMENTO ALLA BASE

STRUTTURA ISOLATA

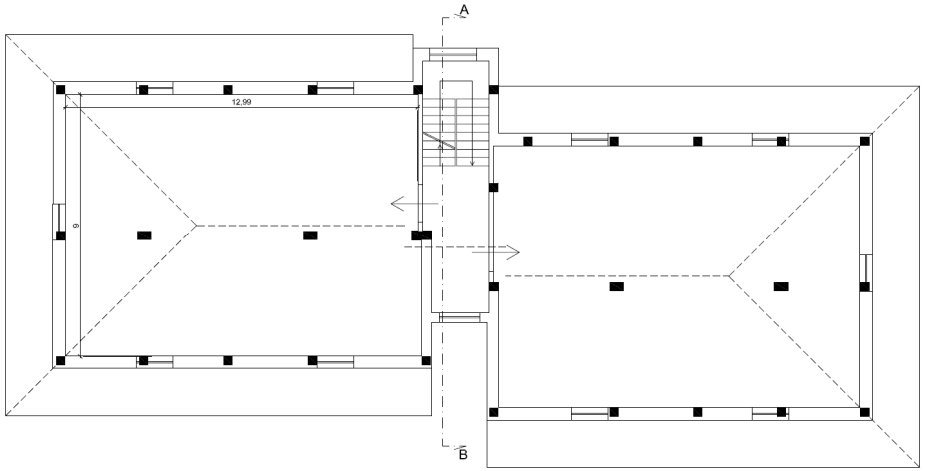
- **Massa sismica 15000kN**
- **Spettro SLC**
- **ISOLAMENTO CON HDRB**
  - ✓ Rigidezza del sistema Keff_tot = 10 kN/mm
  - ✓ Smorzamento ξ = 10%

- **Periodo** **T = 2,46 s** **↑ 3,15**
- **Accelerazione** **ag / g = 0,19** **↓ 75%**



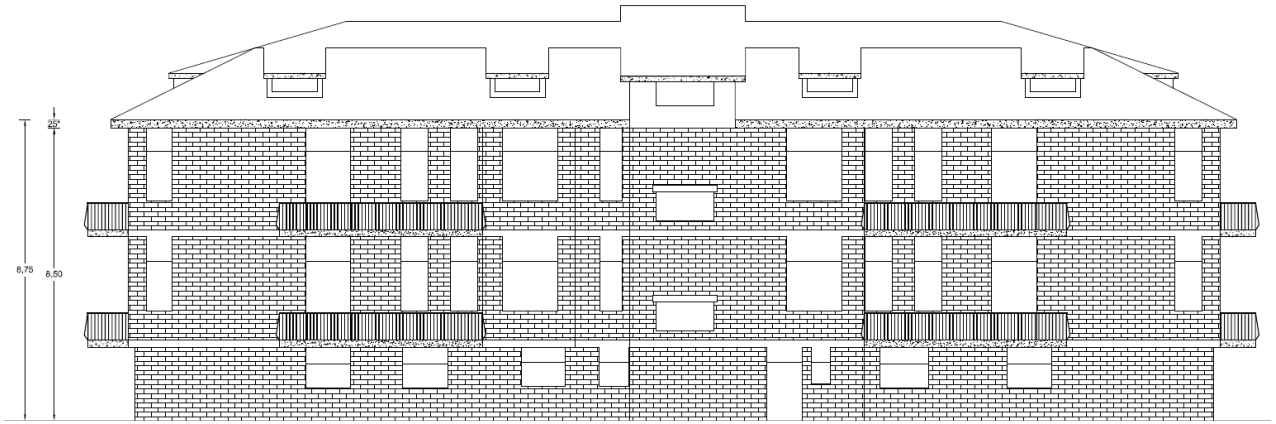
POTENZIALITA' DELL' ISOLAMENTO ALLA BASE

- Edificio esistente



INTERVENTI PROPOSTI:

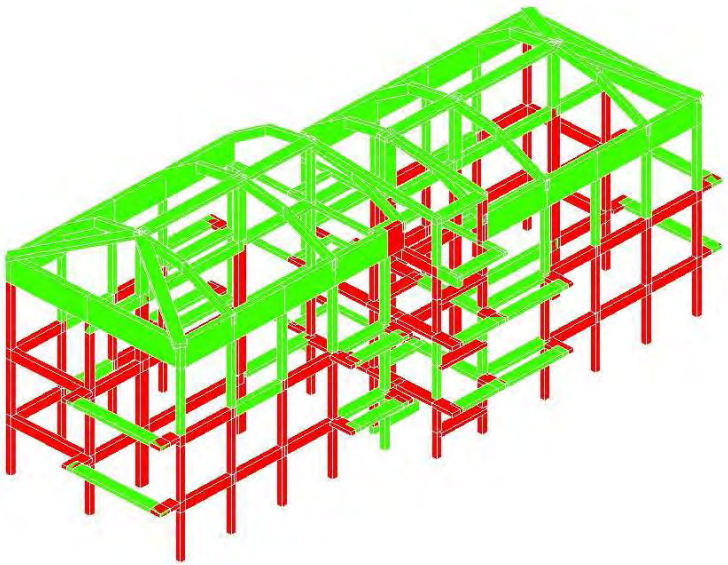
- ✓ Adeguamento 80% - FRP
- ✓ Adeguamento 80% - Sistema di isolamento



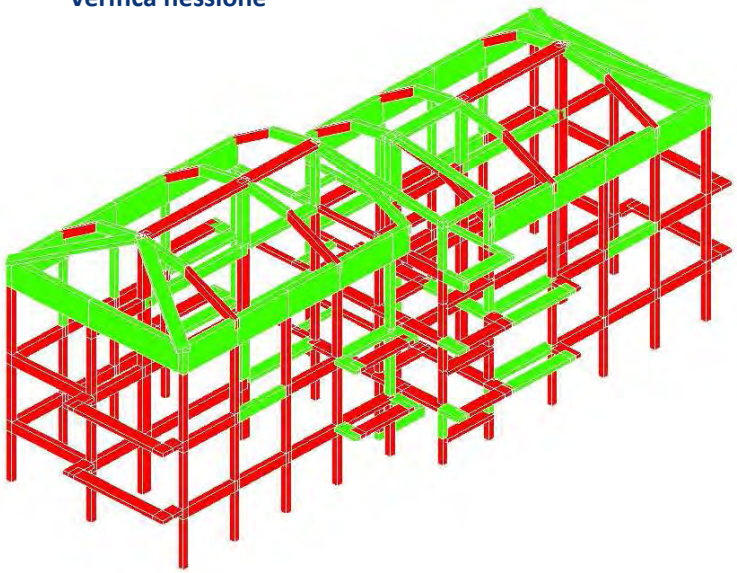
POTENZIALITA' DELL' ISOLAMENTO ALLA BASE

- Intervento FRP

Verifica taglio



Verifica flessione

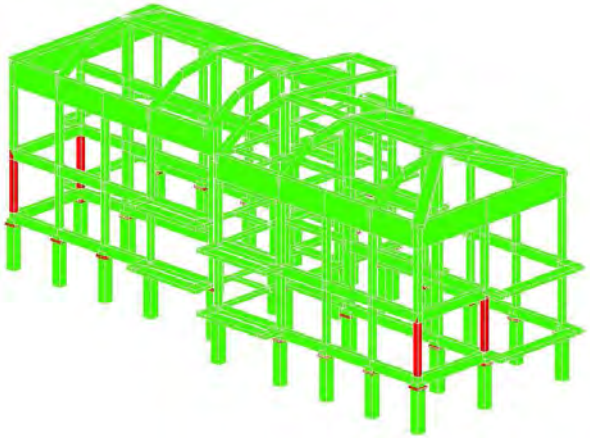


- ✓ Intervento diffuso
- ✓ Intervento all'interno delle abitazioni
- ✓ I caso di sisma, anche dopo adeguamento, prevede danneggiamento degli elementi strutturali

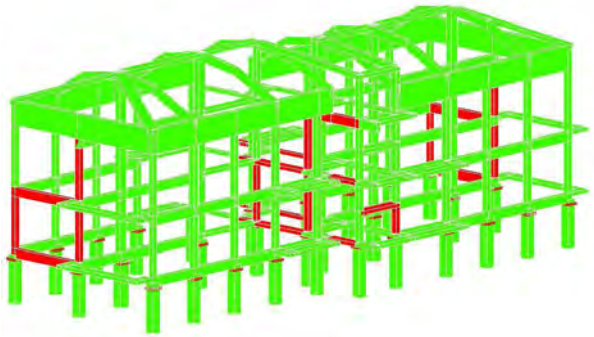
POTENZIALITA' DELL' ISOLAMENTO ALLA BASE

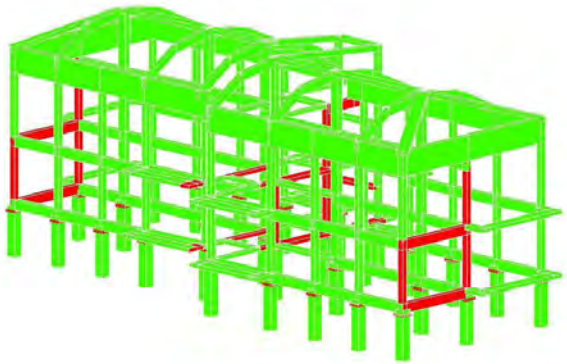
- **Intervento SISTEMA DI ISOLAMENTO**

Verifica taglio



Verifica flessione





- ✓ **Intervento piano seminterrato e telai perimetrali**
- ✓ **Intervento minimi all'interno delle abitazioni**
- ✓ **I caso di sisma, elementi strutturali risultano adeguati, danneggiamenti contenuti**

APPLICABILITA’ ISOLAMENTO ALLA BASE

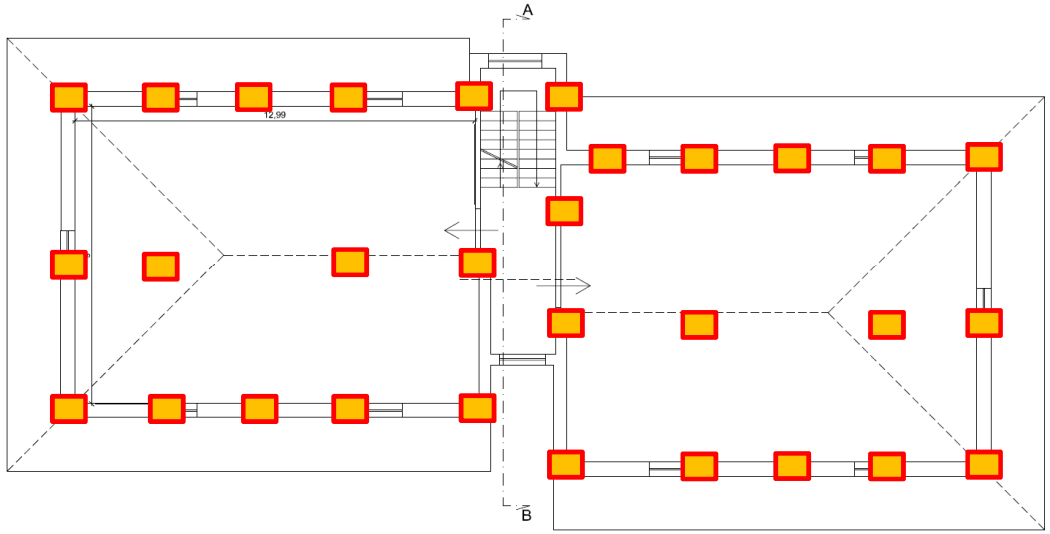
APPLICABILITA' ISOLAMENTO ALLA BASE

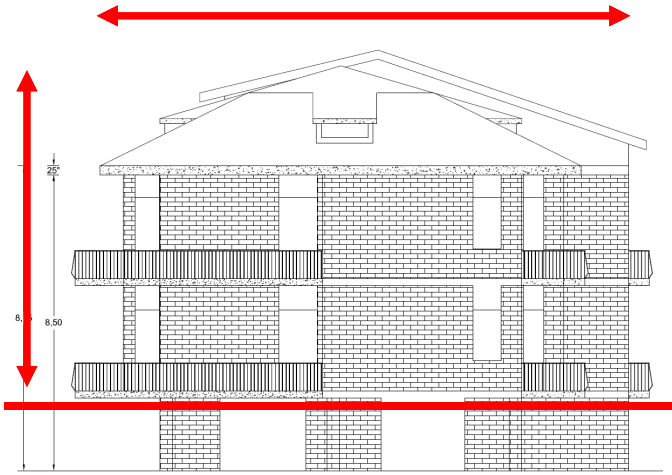
QUANDO PUO' ESSERE APPLICATO L'ISOLAMENTO ALLA BASE?

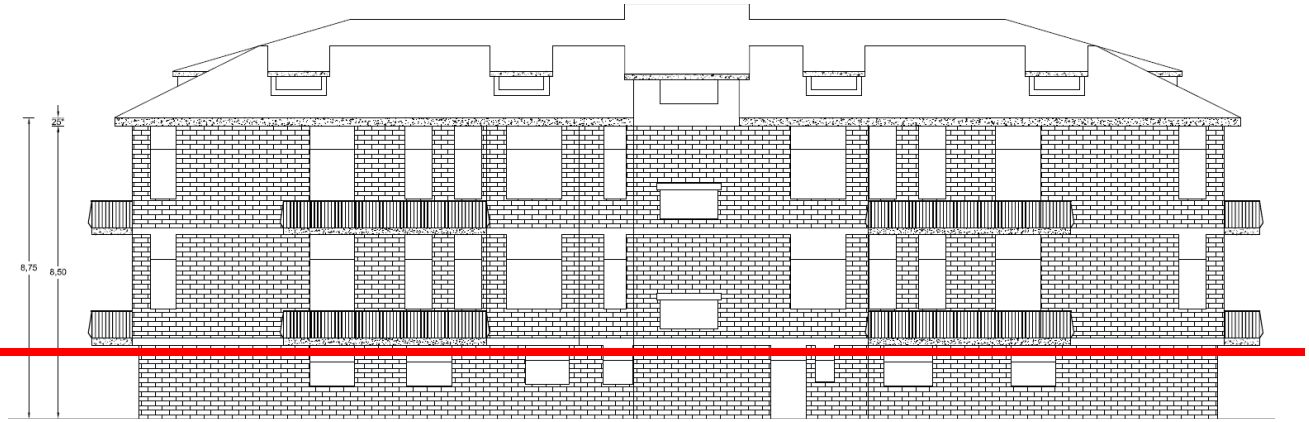
- DEFINIRE PIANO DI ISOLAMENTO
- PIANO RIGIDO O ELEMENTI IRRIGIDENTI SOPRA IL PIANO DI ISOLAMENTO
- POSSIBILITA' DI MOVIMENTO DELLA STRUTTURA – GIUNTI – EDIFICI IN ADERENZA
- ACCESSIBILITA' AL LIVELLO DELL'INTERVENTO
- SNELLEZZA EDIFICIO
- MASSA

Applicabilità isolamento

- ✓ Piano d’isolamento definito
- ✓ Primo piano accessibile
- ✓ Struttura portante puntuale (solo pilastri)
- ✓ Masse adeguate (Nsd > 500kN)
- ✓ Snellezza [H / L = 1)





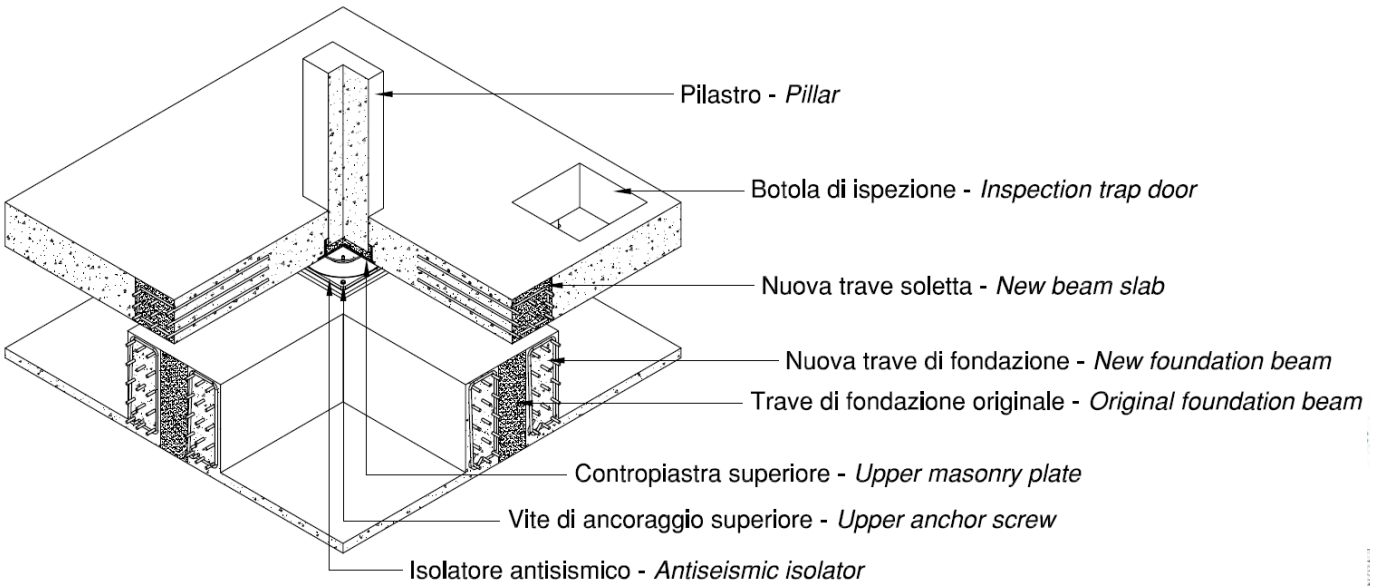


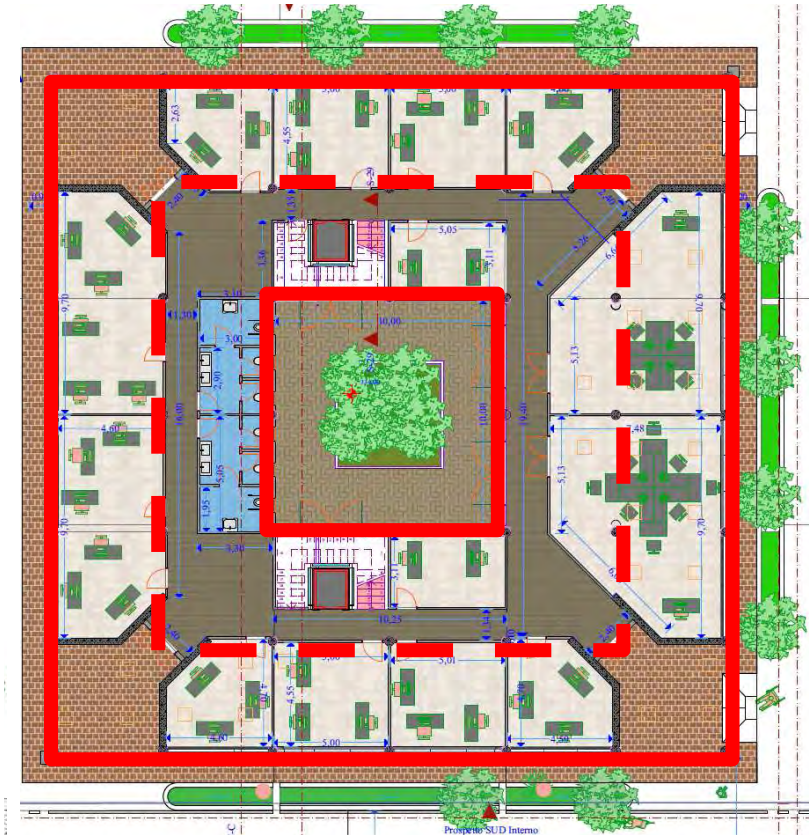
Applicabilità isolamento

- ✓ Piano d’isolamento definito
- ✓ Primo piano accessibile
- ✓ Struttura portante puntuale (solo pilastri)
- ✓ Piano rigido - Elementi irrigidenti di collegamento dei pilastri

Applicabilità isolamento

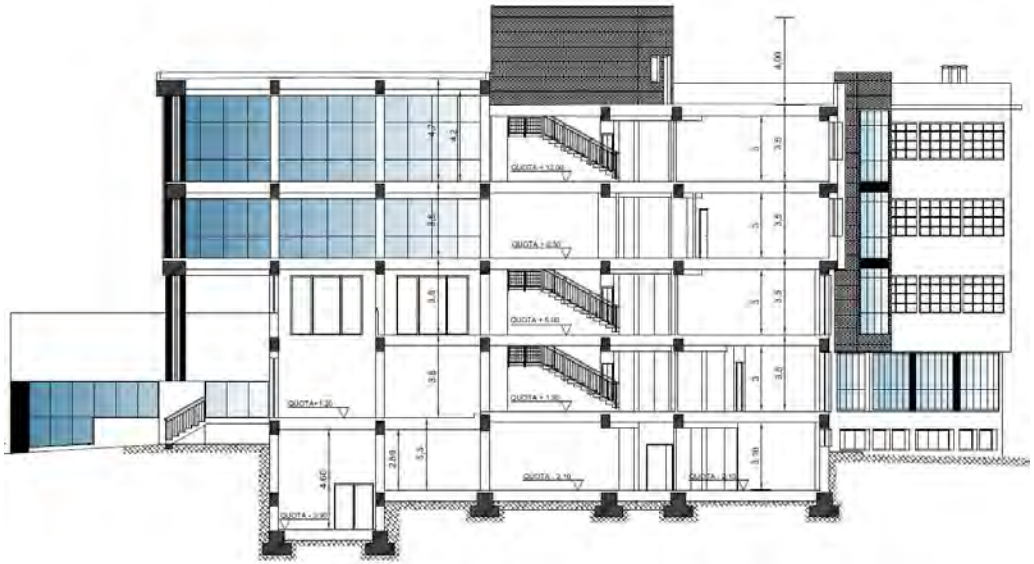
- ✓ Piano d'isolamento definito
- ✓ Struttura portante puntuale (solo pilastri)
- ✓ Movimenti consentiti
- ❑ Piano rigido MANCANTE
- ❑ Primo piano NON COMPLETAMENTE accessibile



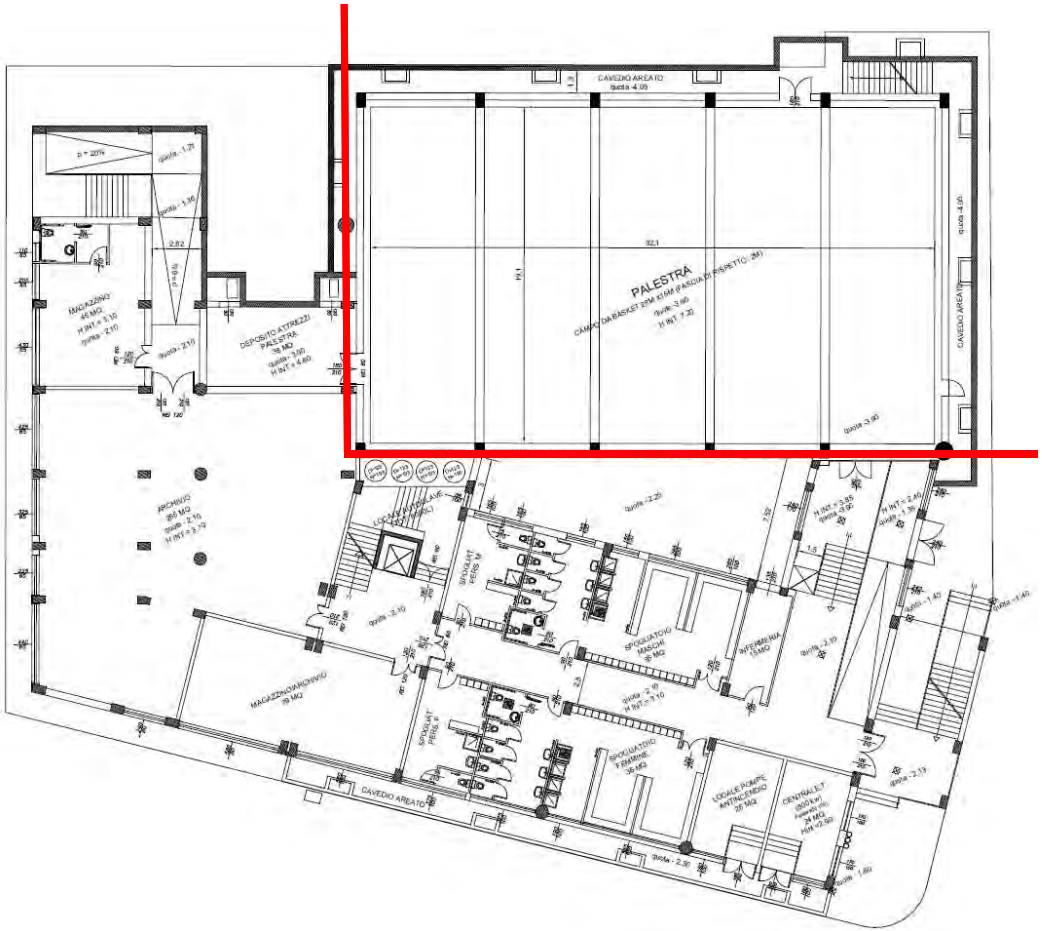


FPC ITALIA

- ✓ Piano d’isolamento definito
- ✓ Primo piano accessibile
- ✓ Struttura portante puntuale (solo pilastri)
- ✓ Piano rigido
- ✓ Primo piano accessibile
- ❑ Movimenti non consentiti (giunto)

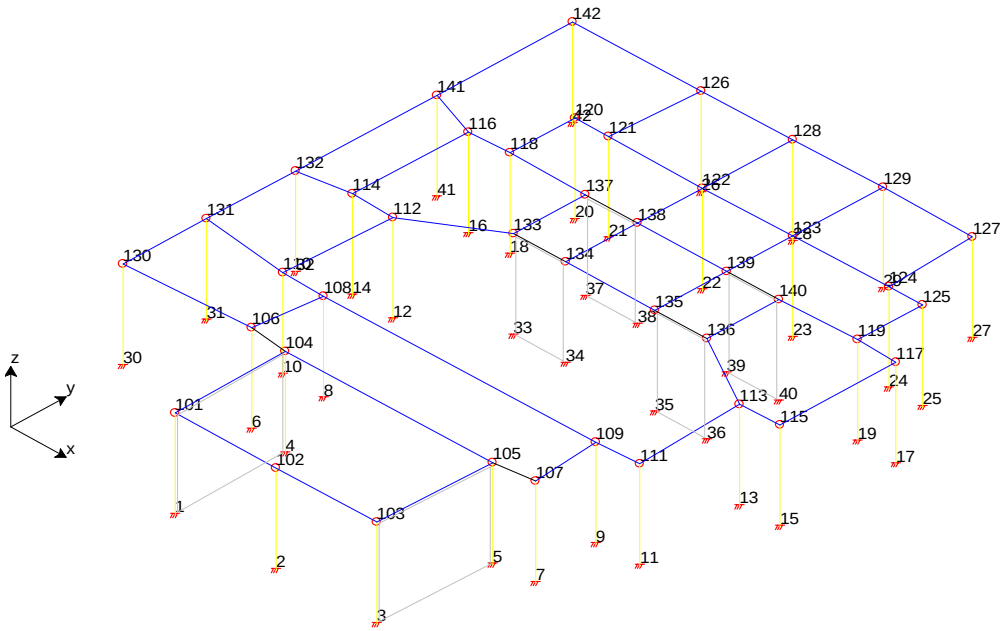


Applicabilità isolamento

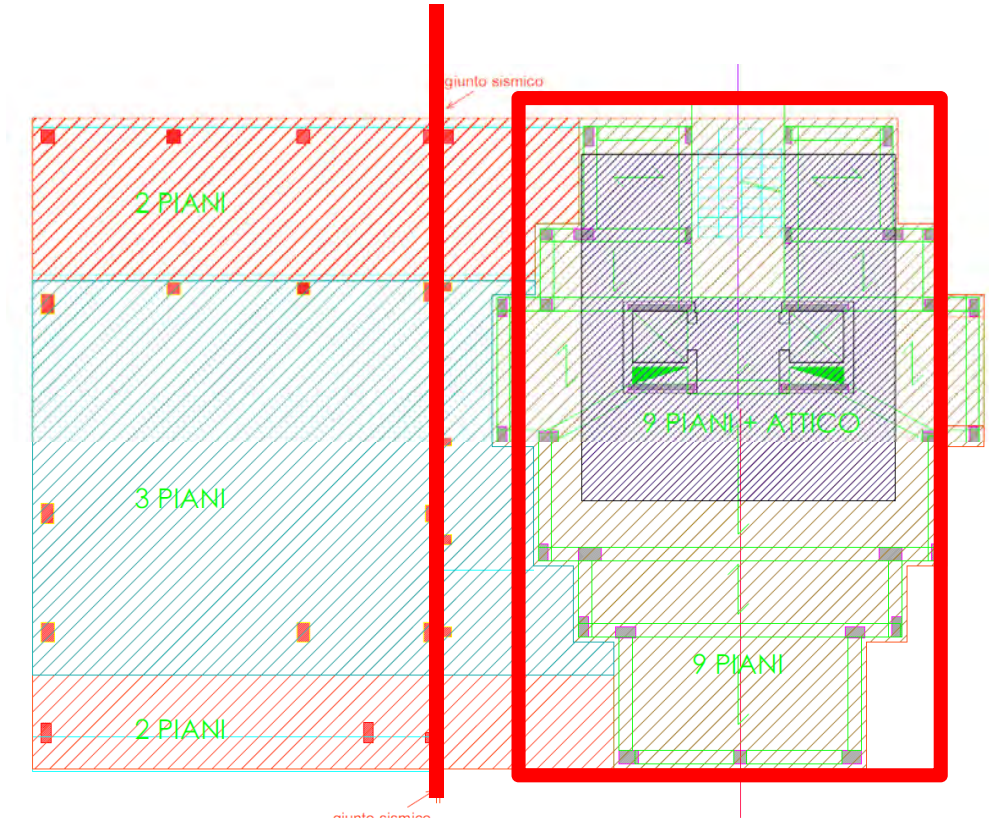


FPC ITALIA

- ✓ Piano d’isolamento definito
- ✓ Primo piano accessibile
- ✓ Struttura portante puntuale (solo pilastri)
- ✓ Piano rigido - Elementi irrigidenti di collegamento dei pilastri
- ❑ Movimenti non consentiti (giunto)
- ❑ Snellezza (ribaltamento edificio – trazione isolatori)

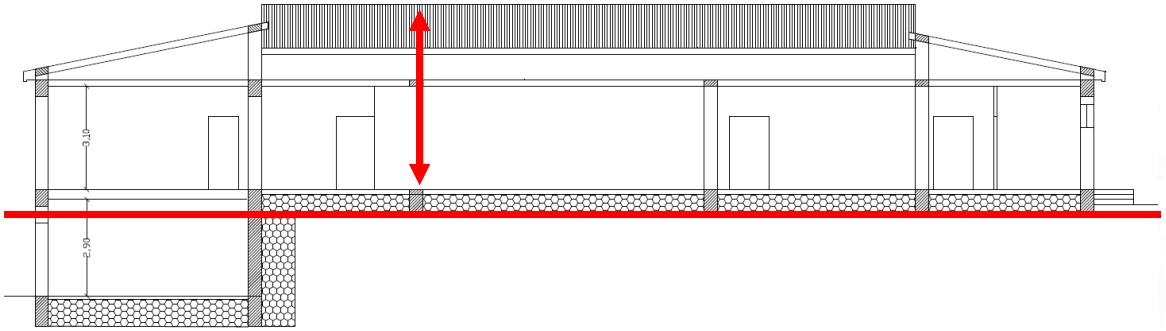


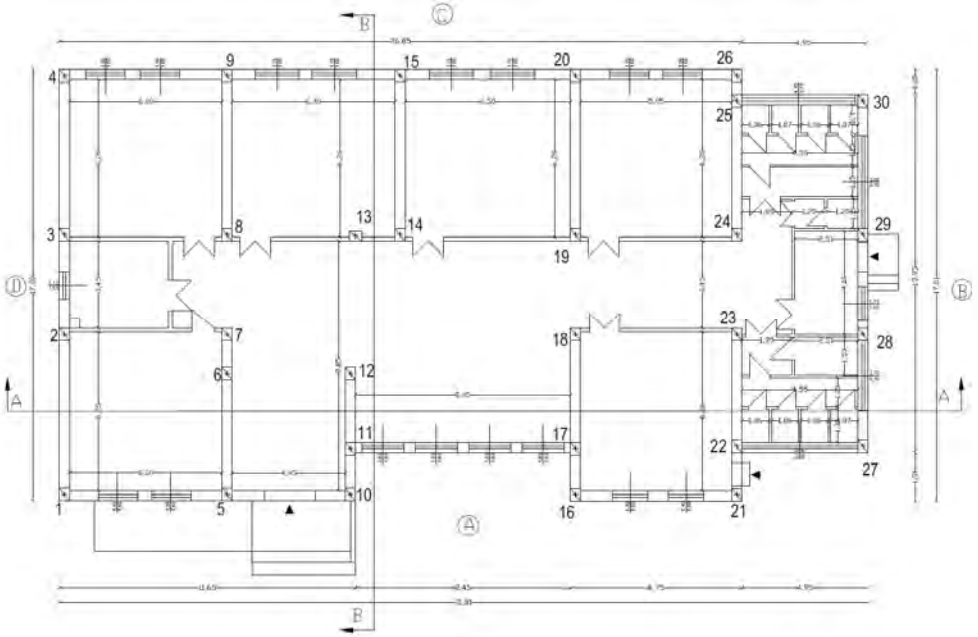
Applicabilità isolamento



Applicabilità isolamento

- Piano d'isolamento NON DEFINITO
- Piano rigido NON DEFINITO
- Masse NON ADEGUATE

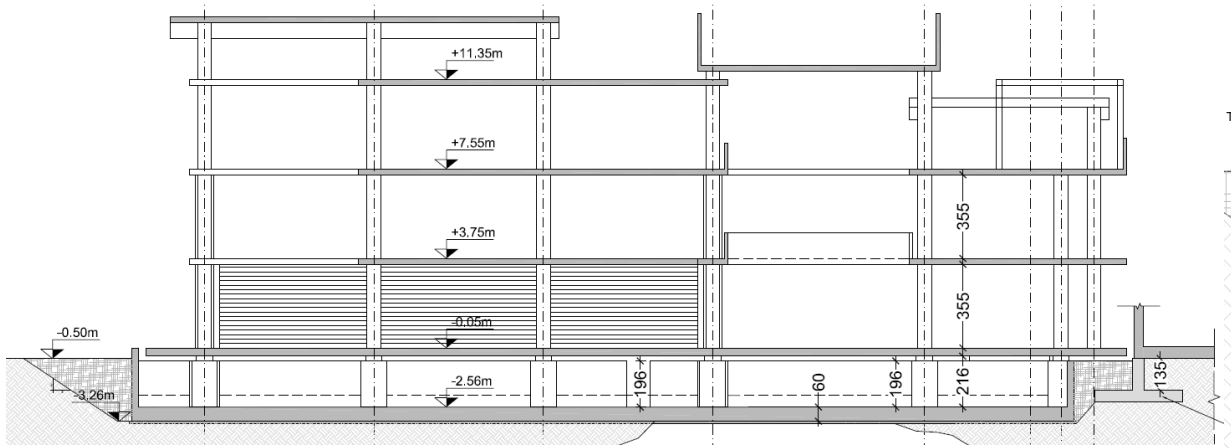


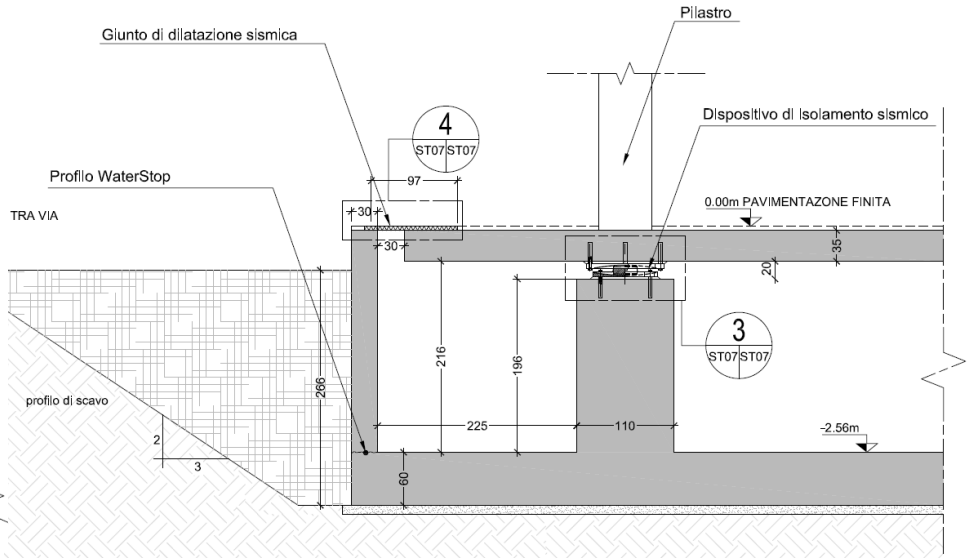


FPC ITALIA

Applicabilità isolamento

- ✓ Piano d’isolamento definito
- ✓ Primo piano accessibile
- ✓ Struttura portante puntuale
- ✓ Piano rigido
- ✓ Snellezza
- ✓ Movimenti consentiti





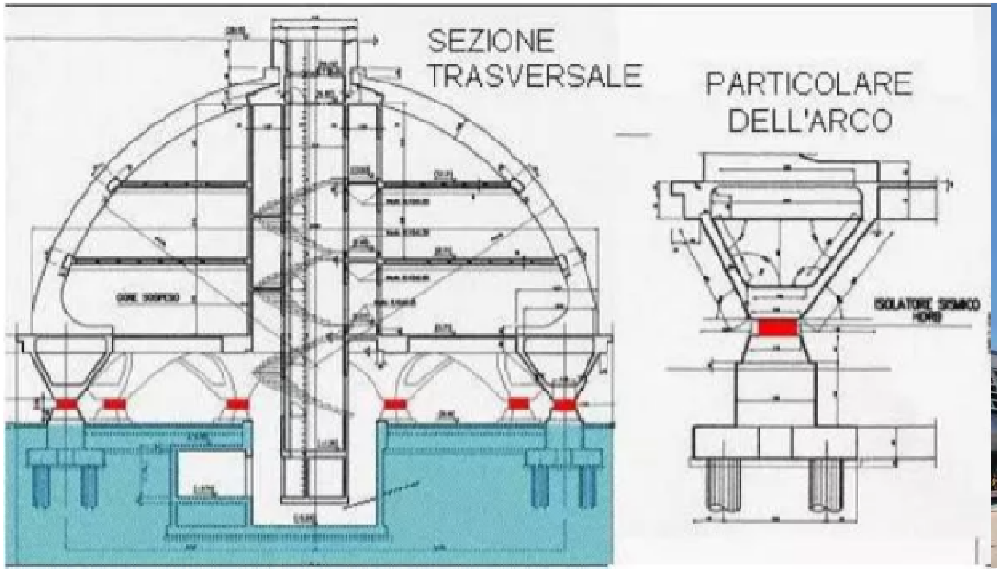
Applicabilità isolamento

- ✓ Piano d'isolamento definito
- ✓ Primo piano accessibile
- ✓ Struttura portante puntuale
- ✓ Piano rigido
- ✓ Snellezza
- ✓ Movimenti consentiti

FPC ITALIA

Applicabilità isolamento

- ✓ Piano d’isolamento definito
- ✓ Primo piano accessibile
- ✓ Struttura portante puntuale
- ✓ Piano rigido
- ✓ Snellezza
- ✓ Movimenti consentiti

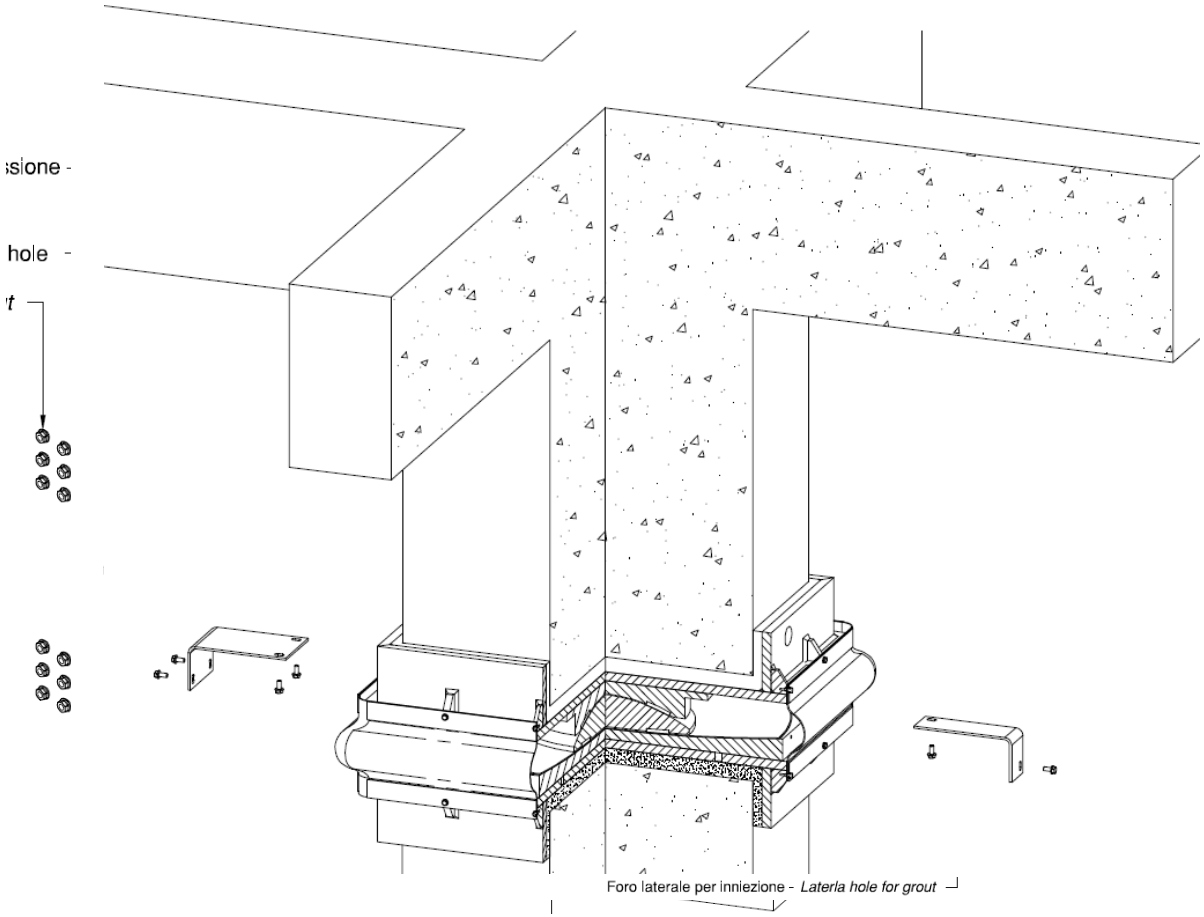


INSTALLAZIONE E DETTAGLI COSTRUTTIVI

RETROFITTING – STRUTTURE IN C.A. – MORSE

- NON si hanno strutture idonee per accogliere la spinta dei martinetti
- Carico massimo al sollevamento 3000kN
- Struttura a telaio travi e pilastri

RETROFITTING – STRUTTURE IN C.A. – MORSE



Installazione e Dettagli costruttivi

- Montaggio morse secondarie
- Montaggio morse primarie
- Montaggio distanziali
- Presa in carico con martinetti idraulici
- Taglio pilastro e rimozione blocco
- Inserimento contropiastre
- Inserimento isolatore
- Inghisaggio con malta antiritiro
- Rimozione sistema di morse
- Rimozione staffe di bloccaggio

RETROFITTING – STRUTTURE IN C.A. – MORSE

Installazione e Dettagli costruttivi

RETROFITTING – STRUTTURE IN C.A. – PUNTELLI

- Strutture idonee per accogliere la spinta dei martinetti
- Carico massimo al sollevamento 1500kN
- Struttura a telaio travi e pilastri
- Operazioni più rapide

RETROFITTING – STRUTTURE IN C.A. – PUNTELLI

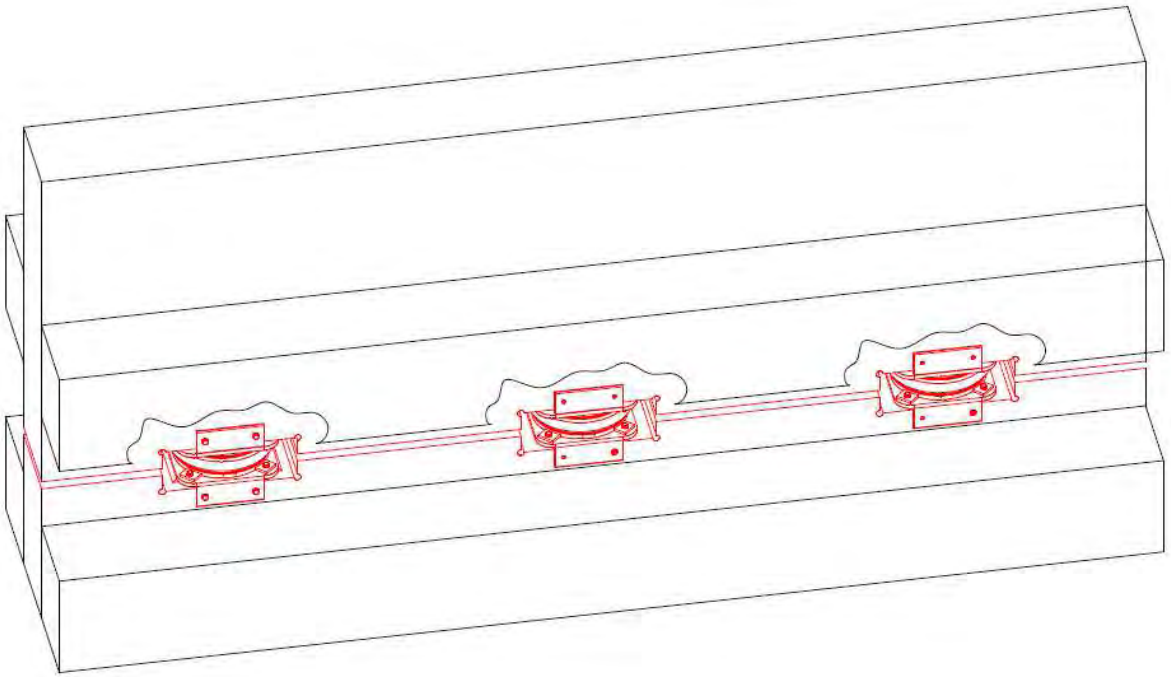
Installazione e Dettagli costruttivi

- Montaggio puntelli
- Posizionamento calaggi e martinetti
- Presa in carico con martinetti idraulici
- Taglio pilastro e rimozione blocco
- Inserimento contropiastre e isolatore
- Inghisaggio con malta antiritiro
- Rimozione sistema di sollevamento
- Rimozione staffe di bloccaggio

RETROFITTING – STRUTTURE IN C.A. – PUNTELLI

RETROFITTING - MURATURA

Installazione e Dettagli costruttivi



- ✓ Cordoli precompressi
- ✓ Taglio nicchia
- ✓ Estrazione blocco
- ✓ Inserimento contropiastre e isolatore
- ✓ Taglio muratura

RETROFITTING – MURATURA

RETROFITTING – MURATURA – Bucharest City Hall

Isolatore

Nuova fondazione a platea

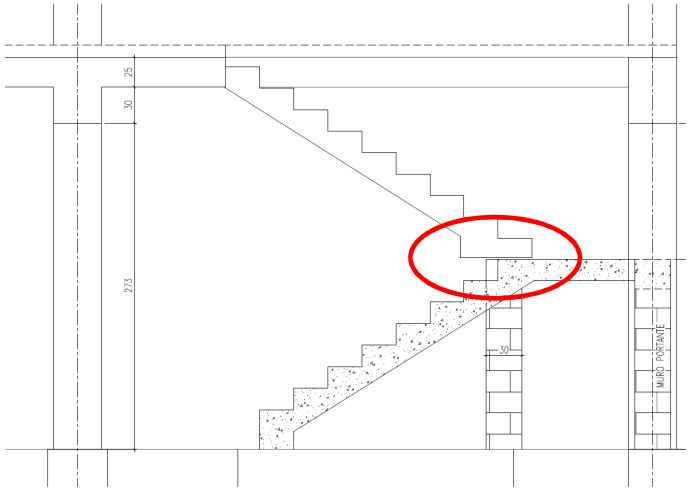
Cordoli trasversali

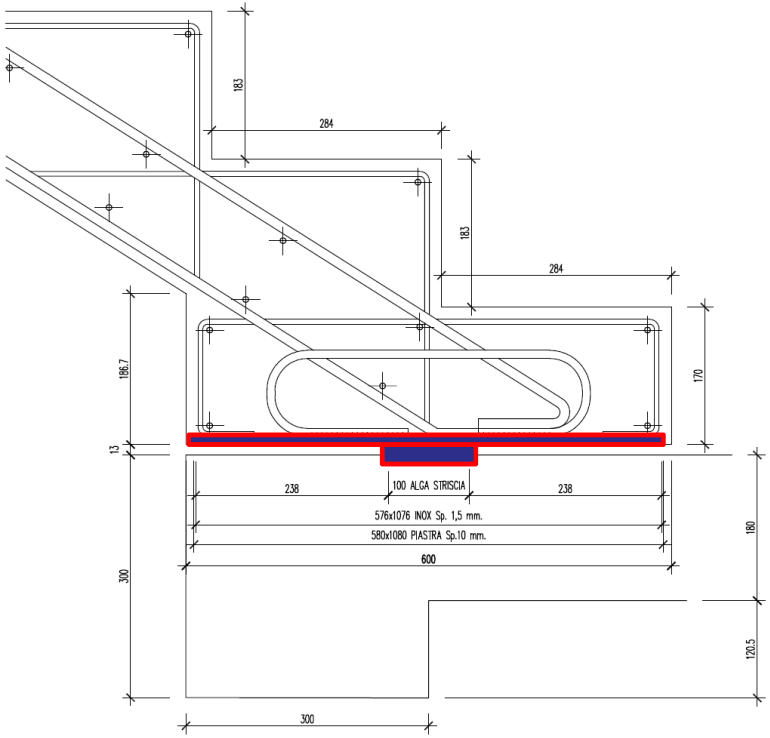
Cordoli precompressi

Colonne

Dettagli costruttivi Scale e Ascensori

Installazione e Dettagli costruttivi

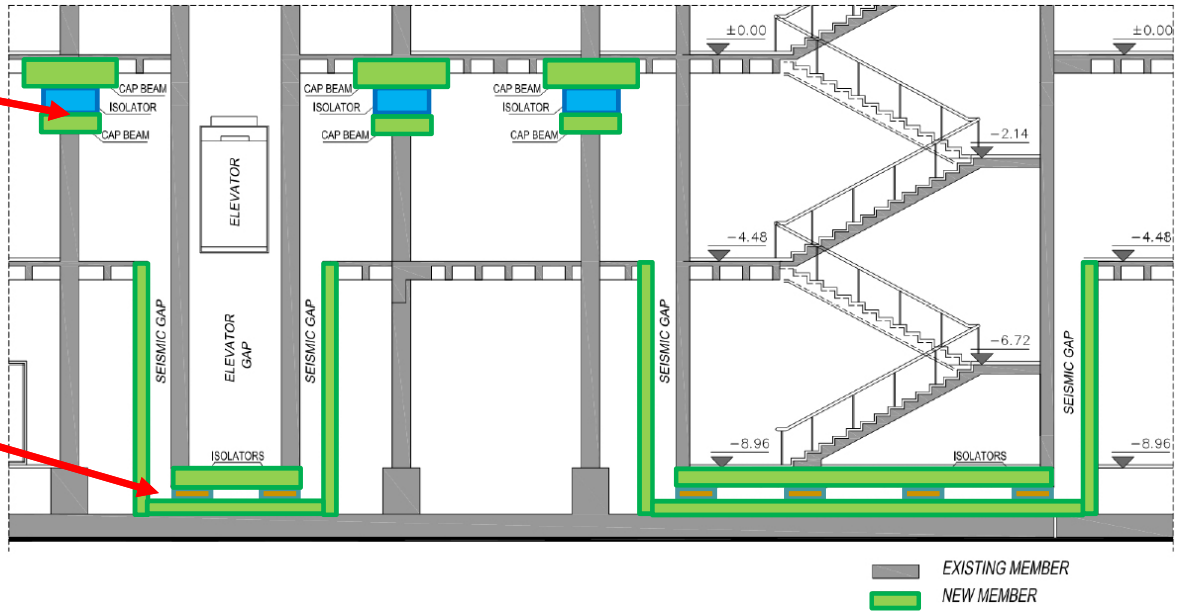


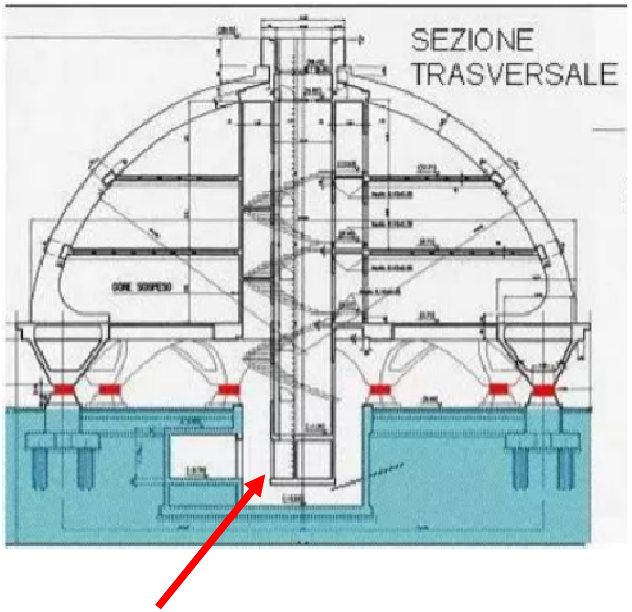


Dettagli costruttivi Scale e Ascensori

Livello principale di isolamento al 2° solaio

Livello di isolamento secondario alla base



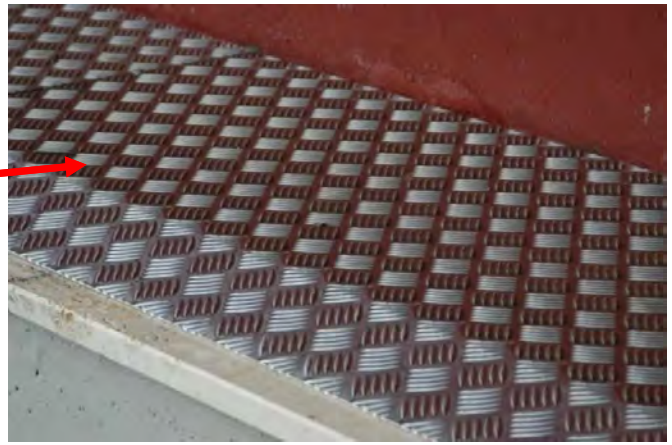


Giunti per consentire i movimenti

Piastra coprigiunto

Copertura taglio muratura

Piastra coprigiunto



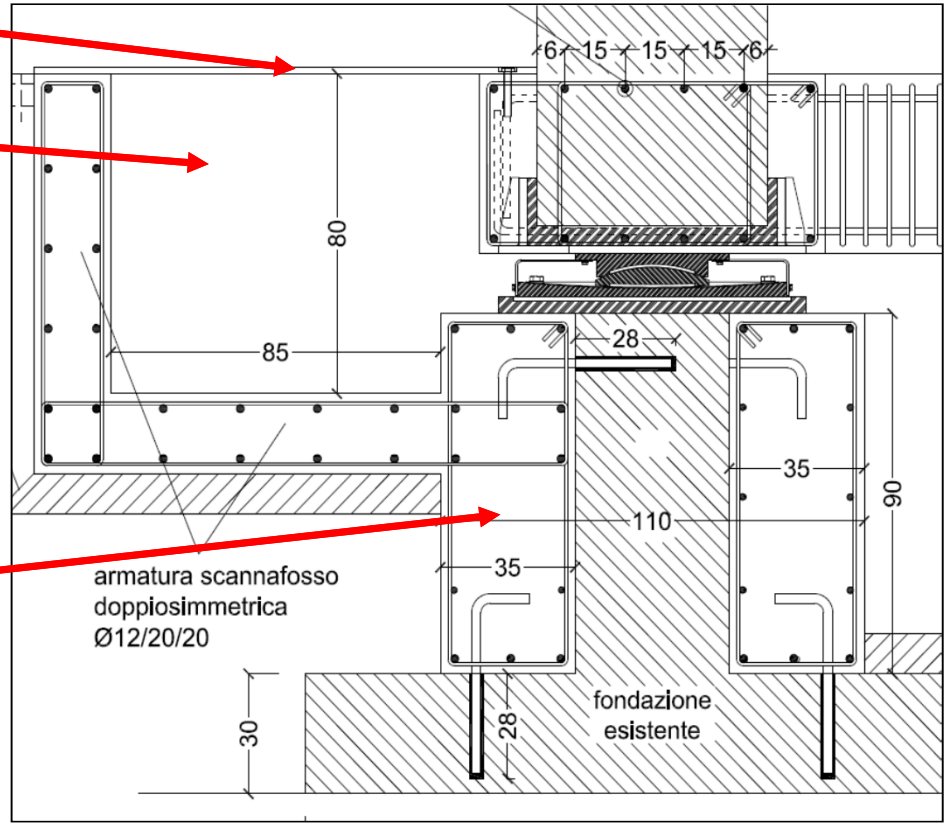
Griglia ritagliata

Giunti per consentire movimenti

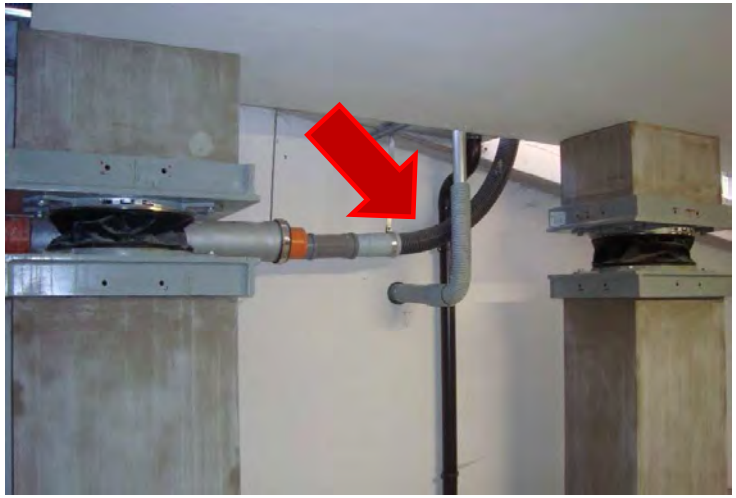
Piastra di copertura

scannafosso

Nuova fondazione



Ipianti



Protezione dal fuoco

Carter di protezione

Telaio di supporto

Protezione cartongesso

- ✓ **Garantire movimento dell'isolatore**
- ✓ **Lasciare libero il movimento della sovrastruttura**

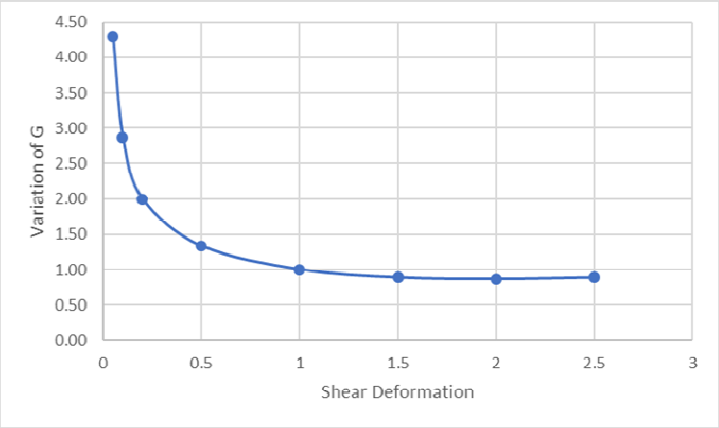
MODELLA ZIONE E TIPOLOGIE DI ANALISI

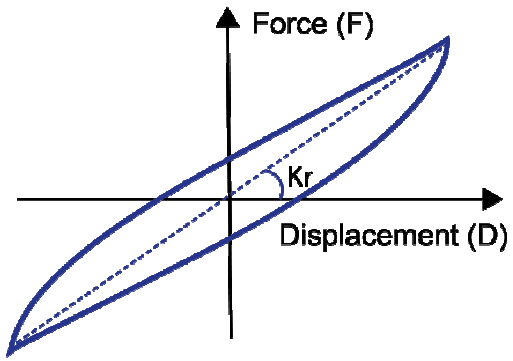
HDRB – *High Damping Rubber Bearing*

Ø	T_R	HDRB - S						HDRB - N						HDRB - H					
		H	Δ_{MAX}	DBD	V_{MAX}	V_{SEISM}	K_R	H	Δ_{MAX}	DBD	V_{MAX}	V_{SEISM}	K_R	H	Δ_{MAX}	DBD	V_{MAX}	V_{SEISM}	K_R
MM	MM	MM	MM	MM	kN	kN	kN/MM	MM	MM	MM	kN	kN	kN/MM	MM	MM	MM	kN	kN	kN/MM
300	45	114	110	65	1300	800	0,63	114	95	55	2700	1800	1,26	114	75	42	3300	2800	1,81
300	70	154	170	97	900	300	0,40	154	150	83	1800	700	0,81	154	120	63	2600	1400	1,16
350	55	130	135	82	2200	1300	0,70	130	115	68	4400	2800	1,40	130	95	55	4600	3800	2,01
350	75	162	185	107	1600	600	0,51	172	160	90	3300	1500	1,03	162	130	70	4300	2600	1,48
400	60	138	150	83	2900	2000	0,84	138	130	70	5800	3500	1,68	138	100	50	5800	4700	2,41
400	90	186	225	125	2200	700	0,56	196	195	105	4500	1800	1,12	196	155	78	5500	3400	1,61
450	72	150	180	103	3700	2200	0,88	160	155	87	6200	4700	1,77	150	125	67	6200	6200	2,54
450	108	204	260	148	2600	800	0,59	214	230	128	5200	1900	1,18	224	185	98	5900	3700	1,69
500	84	168	210	123	5100	2900	0,93	178	180	103	7800	5800	1,87	178	145	80	7800	7600	2,69
500	126	231	290	160	3300	1000	0,62	251	270	147	6700	2100	1,25	251	215	110	7100	4300	1,79
550	90	177	225	125	6300	4000	1,06	187	195	105	9200	6600	2,11	187	155	78	9200	8600	3,04
550	144	258	320	180	4400	1300	0,66	288	310	173	8800	2300	1,32	278	250	133	8800	4800	1,90
600	98	205	245	138	7300	4500	1,15	205	210	115	12700	8200	2,31	220	170	88	12700	10600	3,32
600	147	282	350	200	5300	1600	0,77	302	315	177	10700	3500	1,54	317	255	137	12200	6600	2,21
650	105	206	260	148	9200	6000	1,26	226	225	125	15100	9500	2,53	221	180	95	15100	12200	3,63
650	161	304	380	212	6600	1900	0,82	324	350	192	13200	4000	1,65	329	280	145	14100	7800	2,37
700	119	238	295	172	11700	6700	1,29	248	255	145	17700	11000	2,59	253	205	112	17700	13800	3,72
700	168	315	410	232	8600	2400	0,92	350	365	202	16600	5400	1,83	360	290	152	16600	10100	2,63
750	133	260	330	187	13800	7200	1,33	285	285	157	19900	12100	2,66	285	230	120	19900	15000	3,82
750	168	315	420	238	11600	3500	1,05	350	365	202	19300	7800	2,10	360	290	152	19300	13900	3,02
800	136	255	340	193	14900	8800	1,48	280	295	163	23400	14100	2,96	280	235	123	23400	17800	4,25
800	176	325	440	252	12700	4100	1,14	360	380	212	22700	9300	2,28	355	305	162	22700	16100	3,28

Gammaindicativa.Altrimodellipossonoessereprogettatisurichiesta.

Modellazione e Tipologie di analisi dinamiche



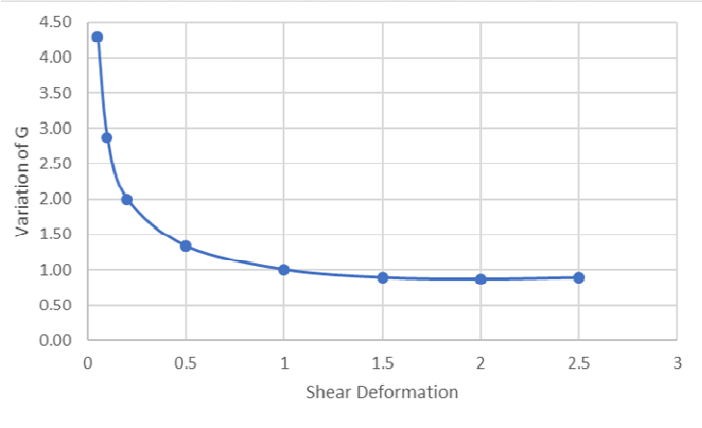


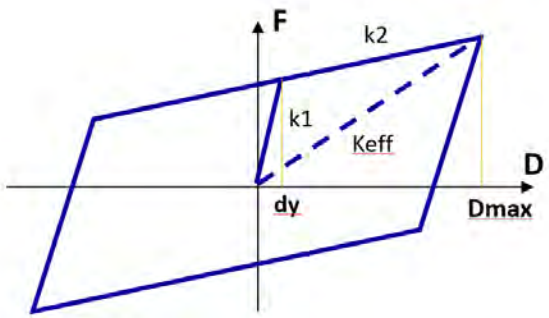
LRB – *Lead Rubber Bearing*

Modellazione e Tipologie di analisi dinamiche

Ø	T_R	LRB - S									LRB - N								
		H	Δ_{MAX}	DBD	V_{MAX}	V_{SEISM}	$KR_{(DBD)}$	$QD_{(DBD)}$	$K_{EFF\ (DBD)}$	$\xi_{EFF\ (DBD)}$	H	Δ_{MAX}	DBD	V_{MAX}	V_{SEISM}	$KR_{(DBD)}$	$QD_{(DBD)}$	$K_{EFF\ (DBD)}$	$\xi_{EFF\ (DBD)}$
mm	mm	mm	mm	mm	kN	kN/mm	kN/mm	kN	kN/mm	%	mm	mm	mm	kN	kN/mm	kN/mm	kN	kN/mm	%
300	45	114	110	65	1200	1000	0,45	29	0,90	29	114	95	55	1500	1800	0,80	48	1,68	29
300	70	154	170	97	800	300	0,29	29	0,60	29	154	150	83	1400	700	0,51	48	1,09	29
350	55	130	135	82	2000	1400	0,49	39	0,97	29	130	115	68	2100	2600	0,89	69	1,90	30
350	75	162	185	107	1500	600	0,37	39	0,74	29	172	160	90	2000	1400	0,65	69	1,42	30
400	60	138	150	83	2600	2000	0,61	52	1,24	29	138	130	70	2700	3300	1,08	86	2,30	29
400	90	186	225	125	2000	700	0,40	51	0,82	29	196	195	105	2500	1700	0,71	85	1,52	30
450	72	150	180	103	2900	2400	0,62	65	1,25	29	160	155	87	2900	4300	1,12	112	2,41	30
450	108	204	260	148	2400	800	0,42	64	0,86	29	214	230	128	2700	1800	0,74	111	1,61	30
500	84	168	210	123	3700	2900	0,65	79	1,29	29	178	180	103	3600	5400	1,18	132	2,45	29
500	126	231	290	160	3000	1000	0,47	80	0,98	29	251	270	147	3300	2000	0,79	131	1,68	30
550	90	187	225	125	4400	3900	0,76	97	1,53	29	187	195	105	4200	6200	1,34	166	2,92	30
550	144	268	320	180	4000	1200	0,51	97	1,05	29	278	310	173	4000	2200	0,83	164	1,77	30
600	98	205	245	138	6000	4600	0,82	115	1,66	29	205	210	115	5900	7600	1,47	191	3,13	29
600	147	282	350	200	4900	1500	0,56	115	1,13	29	302	315	177	5600	3300	0,97	189	2,04	29
650	105	216	260	148	7200	5700	0,90	135	1,81	29	231	225	125	7000	8900	1,61	231	3,46	30
650	161	304	380	212	6000	1800	0,61	136	1,26	29	329	350	192	6500	3800	1,04	230	2,24	30
700	119	238	295	172	8400	6400	0,91	156	1,81	29	253	255	145	8200	10300	1,64	259	3,43	29
700	168	315	410	232	7900	2300	0,66	156	1,33	29	350	365	202	7700	5100	1,16	258	2,44	29
750	133	260	330	187	9500	6900	0,95	179	1,91	29	285	285	157	9200	11300	1,69	306	3,64	30
750	168	325	420	238	9200	3400	0,74	178	1,49	29	350	365	202	8900	7400	1,33	304	2,83	30
800	136	270	340	193	11100	8400	1,04	203	2,09	29	270	295	163	10800	13200	1,87	337	3,93	29
800	176	330	440	252	10800	4000	0,80	201	1,60	29	350	380	212	10500	8800	1,44	335	3,02	30

Gammaindicativa.Altrimodellipossonoessereprogettatisurichiesta.



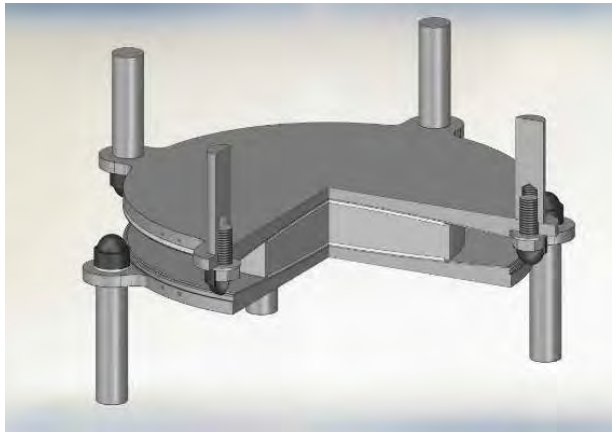


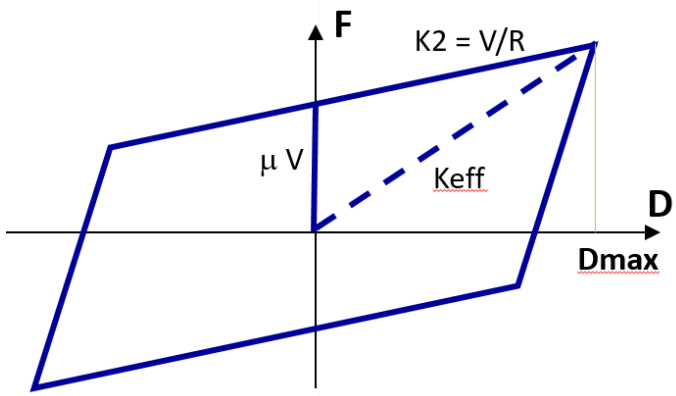
PS – *Pendulum System*

Tipo	D_{MAX}	$N_{Ed,MAX}$	N_{Sd}	PS1			PS2		
				Ø1	Ø2	H	Ø1	Ø2	H
	± mm	kN	kN	mm	mm	mm	mm	mm	mm
PS 1000/300	± 150	1,000	800	485	185	92,5	335	335	57,0
PS 1000/500	± 250	1,000	800	680	185	96,0	435	435	69,0
PS 1500/300	± 150	1,500	1,140	515	220	94,0	365	365	58,5
PS 1500/500	± 250	1,500	1,140	705	220	100,5	465	465	71,5
PS 2000/300	± 150	2,000	1,540	545	255	102,0	400	400	60,4
PS 2000/500	± 250	2,000	1,540	740	255	109,0	500	500	75,5
PS 2500/300	± 150	2,500	1,940	570	285	108,0	425	425	64,0
PS 2500/500	± 250	2,500	1,940	760	285	116,0	525	525	80,0
PS 3000/300	± 150	3,000	2,280	585	310	119,0	445	445	70,4
PS 3000/500	± 250	3,000	2,280	780	310	127,0	545	545	86,5
PS 4000/300	± 150	4,000	3,080	630	360	132,0	490	490	77,0
PS 4000/500	± 250	4,000	3,080	820	360	139,0	590	590	95,0
PS 5000/300	± 150	5,000	3,820	665	400	145,0	525	525	88,0
PS 5000/500	± 250	5,000	3,820	850	400	152,0	625	625	104,0

Gammaindicativa.Altrimodellipossonoessereprogettatisurichiesta.
Latabellaprecedenteèbasatasuattritonominale5%eraggioeffettivo
uguale a 4000 mm.

Modellazione e Tipologie di analisi dinamiche





VANTAGGI dell'isolamento con PS – *Pendulum System*

- Periodo di oscillazione é costante, non cambia con i carichi variabili
- Forza e rigidezza orizzontale é proporzionale al carico agente

  V ↓ FH ; Keff ↓
- Centro delle masse e centro delle rigidezze concidono
- La rigidezza e dipende solo d

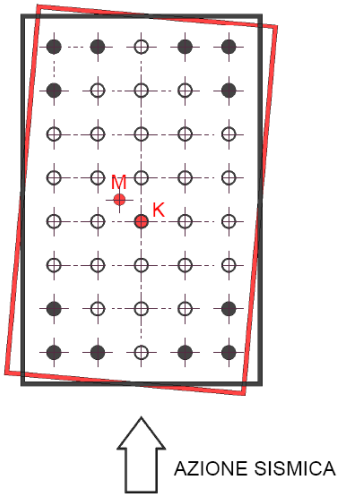
HDRB F = Kr · D →

LRB F = K1 · dy + K2 ·

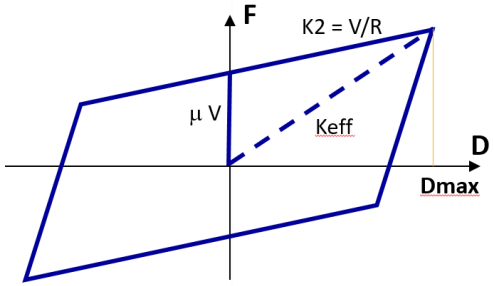
$$K_{eff} = \frac{F_H}{D}$$

- **Periodo dipende dalla massa**

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{V}{K_{eff}\, g}}$$



PENDULUM SYSTEM



- **La rigidezza é proporzionale al carico verticale**

$$F_H = \mu \cdot V + \frac{V}{R} \cdot D$$

$$K_{eff} = \frac{F_H}{D} = \left(\mu \cdot V + \frac{V}{R} \cdot D\right) / D$$

- **Periodo non dipende dalla massa**

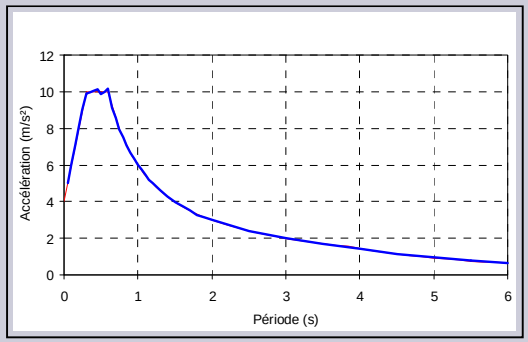
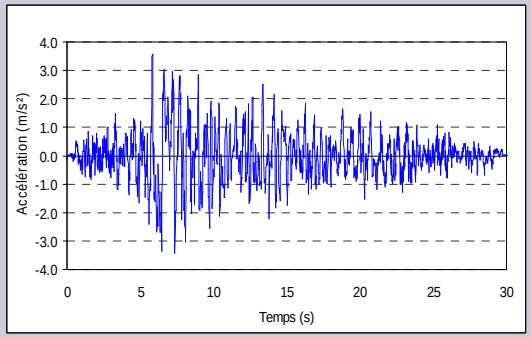
$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{R\, D}{(D + \mu\, R) g}}$$

M?

ANALISI DINAMICHE

ANALISI	NORMATIVA	CONDIZIONI
ANALISI LINEARE STATICA (Metodo delle forze laterali)	NTC 7.3.3.2 NTC 7.10.5.3.1	• Isolatore a modello lineare [ξ <30%] (NTC 7.10.5.2) • Regolarità dell'edificio (NTC 7.2.2) • Condizioni geometriche ed eccentricità C_{rig} <> C_{massa} • $T_{isolamento}$ = min (3xT_{base_fissa} ; 3 sec)
ANALISI LINEARE DINAMICA (Analisi con spettro di progetto)	NTC 7.3.3.1 NTC 7.10.5.3.2	• Isolatore a modello lineare [ξ <30%] (NTC 7.10.5.2)
ANALSI NON LINEARE STATICA (Pushover)	NTC 7.3.4.1	
ANALISI NON LINEARE DINAMICA (Analisi TimeHistory con integrazione delle equazioni del moto)	NTC 7.3.4.2	• Isolatore non lineare [ξ >30%] (NTC 7.10.5.2) • Irregolarità dell'edificio

ANALISI DINAMICHE

Dispositivi	Tipologia di Analisi	Input
STU (Shock Transmitter Units)	Analisi dinamica lineare	
HDRB (High Damping Rubber Bearings)		
LRB (Lead Rubber Bearings)	Analisi dinamica lineare Oppure Analisi dinamica non lineare (ξ <>30% ; NTC 7.10.5.2)	
PS (Pendulum Systems)		

FPC ITALIA

Modellazione e Tipologie di analisi dinamiche

Ricond

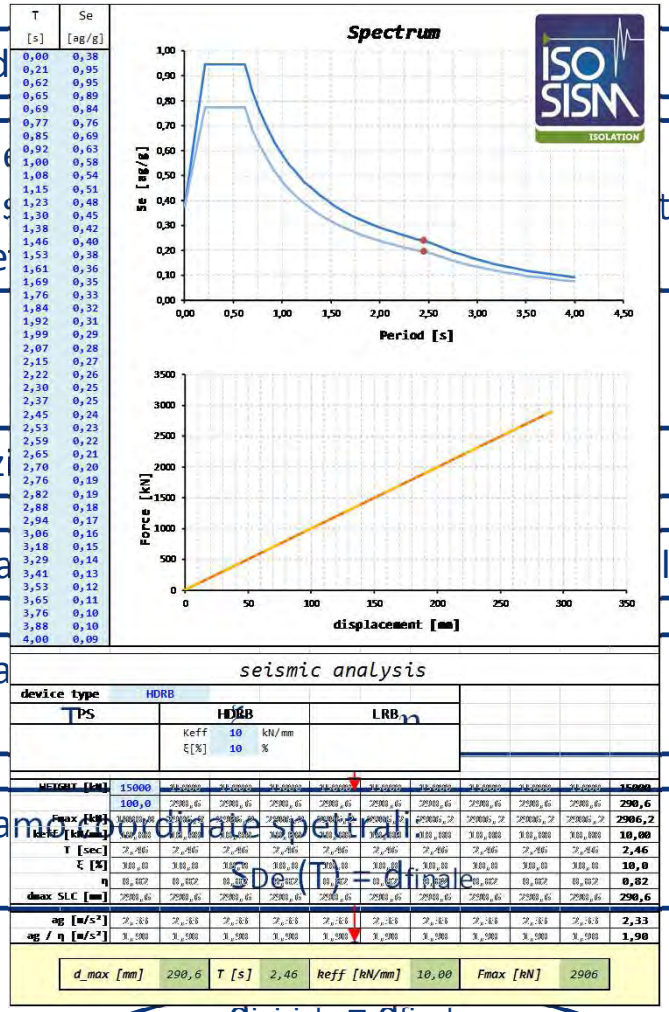
DATI de
- Mas ti NTC 2.5.3)
- Spe

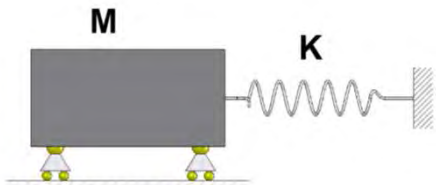
Ipotizzi

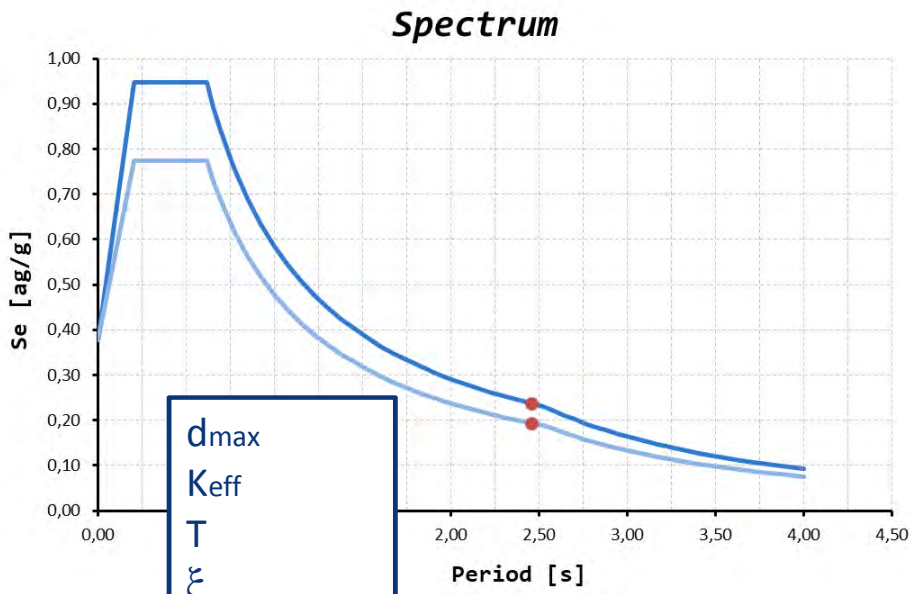
Definia lamento

Ricavia
Keff

Ricaviamo coordinate spettrali
Se (T) Se(T) = dfinale







dmax
Keff
T
ξ
η

$= S_e(T) \cdot (T/2\pi)^2$

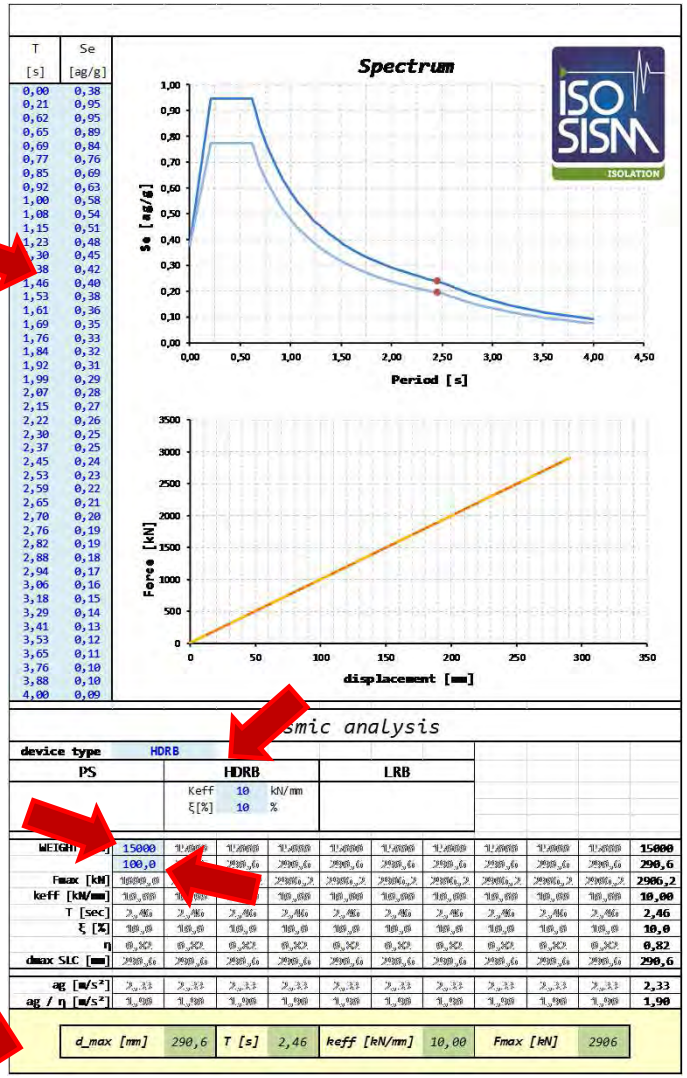
diniziale = dfinale

no

si

dmax = dmax,finale

Modellazione e Tipologie di analisi dinamiche



- Inserimento spettro di progetto SLC (q=1)
- Massa
- Legge costitutiva
- Definizione spostamento iniziale
- Risultati

ESEMPI APPLICATIVI

CASO 1 – Retrofitting – HDRB

- Edificio scolastico
- Due corpi di fabbrica
- Giunto tra corpo A e corpo B
- Struttura telaio in C.A. - 90 pilastri
- Piano seminterrato libero

CASO 1 – Retrofitting – HDRB

DATI NECESSARI PER IL PREDIMENSIONAMENTO:

- **Calcolo massa edificio Nqp 38’000kN**
- **Definire spettro di progetto SLC**
- **Coordinate in pianta dei pilastri**

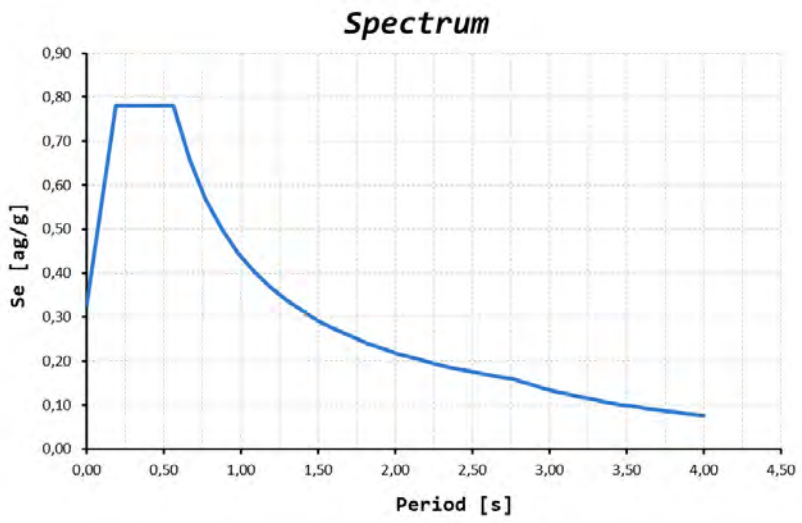
3.5 PARAMETRI SISMICI

Tra i documenti di gara, oltre al progetto preliminare, si rinviene una relazione geologica, il rapporto su una campagna di prove geotecniche, una prova MASW.

Il progetto preliminare non fornisce indicazioni sulla classe d'uso, nè sulla Vita Nominale, ma si ritiene congruo, per l'edificio in argomento, la seguente classificazione:

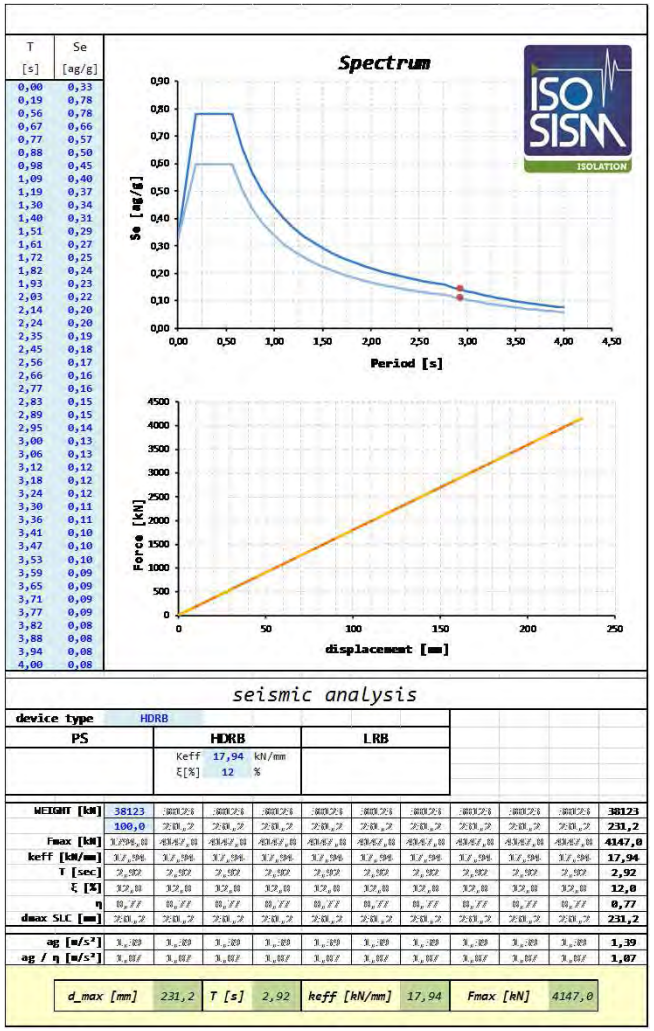
- **classe d'uso III**: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente, Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- **vita nominale ≥ 50**: Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale;
- **categoria Topografica T1** Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
- Quanto alla categoria di suolo, dalla lettura incrociata dei documenti, risulterebbe : **categoria di Sottosuolo "B":** *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).*

  Quest'ultima indicazione è suffragata dall'indagine MASW pubblicata con i documenti di appalto, e confligge sia con la classificazione della Relazione Geologica (pag.8) ove probabilmente a causa di un refuso lo stesso estensore del *Rapporto di prova MASW* indica la più ottimistica *Categoria A*, che con le indicazioni della Relazione Tecnica, a loro volta tratte dall'analisi di vulnerabilità sismica, ove viene riportata la più penalizzante *Categoria D*.



CASO 1 – Retrofitting – HDRB

- **M = 38000 kN**
- **diniziale = 100mm**
- **Sistema di isolamento**
  - HDRB
  - Rigidezza sistema Keff = 17,94 kN/mm
- **Risultati analisi preliminare**
  - d_max = 231mm
  - T = 2,9 s
  - Keff = 17,94 kN / mm
  - ag / g = 0,11



T [s]	Se [ag/g]
0,00	0,33
0,19	0,78
0,56	0,78
0,67	0,66
0,77	0,57
0,88	0,50
0,98	0,45
1,09	0,40
1,19	0,37
1,30	0,34
1,40	0,31
1,51	0,29
1,61	0,27
1,72	0,25
1,82	0,24
1,93	0,23
2,03	0,22
2,14	0,20
2,24	0,20
2,35	0,19
2,45	0,18
2,56	0,17
2,66	0,16
2,77	0,16
2,83	0,15
2,89	0,15
2,95	0,14
3,00	0,13
3,06	0,13
3,12	0,12
3,18	0,12
3,24	0,12
3,30	0,11
3,36	0,11
3,41	0,10
3,47	0,10
3,53	0,10
3,59	0,09
3,65	0,09
3,71	0,09
3,77	0,09
3,82	0,08
3,88	0,08
3,94	0,08
4,00	0,08

seismic analysis

device type	HDRB		
PS	HDRB		LRB
	Keff	17,94	kN/mm
	ξ[%]	12	%

WEIGHT [kN]	38123	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	38123
	100,0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	231,2
Fmax [kN]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	4147,0
keff [kN/mm]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	17,94
T [sec]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2,92
ξ [%]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	12,0
η	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,77
dmax SLC [mm]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	231,2
ag [m/s²]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1,39
ag / η [m/s²]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1,07

d_max [mm]	231,2	T [s]	2,92	keff [kN/mm]	17,94	Fmax [kN]	4147,0

CASO 1 – Retrofitting – HDRB

- **COME SCEGLIERE LA TIPOLOGIA DI ISOLATORI?**
- **COME DISTRIBUIRE IN PIANTA GLI ISOLATORI?**

DATI:

Rigidezza totale — **Keff = 17,94kN / mm**

Spostamento — **d_{max} = 231mm**

Carichi isolatore — **N_{SLU} ; N_{SLC}**

Rigidezza isolatore — **Keff / n° pilastri =**

17,94 / 90 = 0,2 kN / mm

Ø	T_R	HDRB - S						HDRB - N						HDRB - H					
		H	Δ_{MAX}	DBD	V_{MAX}	V_{SISM}	K_R	H	Δ_{MAX}	DBD	V_{MAX}	V_{SISM}	K_R	H	Δ_{MAX}	DBD	V_{MAX}	V_{SISM}	K_R
MM	MM	MM	MM	MM	kN	kN	kN/MM	MM	MM	MM	kN	kN	kN/MM	MM	MM	MM	kN	kN	kN/MM
300	45	114	110	65	1300	800	0,63	114	95	55	2700	1800	1,26	114	75	42	3300	2800	1,81
300	70	154	170	97	900	300	0,40	154	150	83	1800	700	0,81	154	120	63	2600	1400	1,16
350	55	130	135	82	2200	1300	0,70	130	115	68	4400	2800	1,40	130	95	55	4600	3800	2,01
350	75	162	185	107	1600	600	0,51	172	160	90	3300	1500	1,03	162	130	70	4300	2600	1,48
400	60	138	150	83	2900	2000	0,84	138	130	70	5800	3500	1,68	138	100	50	5800	4700	2,41
400	90	186	225	125	2200	700	0,56	196	195	105	4500	1800	1,12	196	155	78	5500	3400	1,61
450	72	150	180	103	3700	2200	0,88	160	155	87	6200	4700	1,77	150	125	67	6200	6200	2,54
450	108	204	260	148	2600	800	0,59	214	230	128	5200	1900	1,18	224	185	98	5900	3700	1,69
500	84	168	210	123	5100	2900	0,93	178	180	103	7800	5800	1,87	178	145	80	7800	7600	2,69
500	126	231	290	160	3300	1000	0,62	251	270	147	6700	2100	1,25	251	215	110	7100	4300	1,79
550	90	177	225	125	6300	4000	1,06	187	195	105	9200	6600	2,11	187	155	78	9200	8600	3,04
550	144	258	320	180	4400	1300	0,66	288	310	173	8800	2300	1,32	278	250	133	8800	4800	1,90
600	98	205	245	138	7300	4500	1,15	205	210	115	12700	8200	2,31	220	170	88	12700	10600	3,32
600	147	282	350	200	5300	1600	0,77	302	315	177	10700	3500	1,54	317	255	137	12200	6600	2,21
650	105	206	260	148	9200	6000	1,26	226	225	125	15100	9500	2,53	221	180	95	15100	12200	3,63
650	161	304	380	212	6600	1900	0,82	324	350	192	13200	4000	1,65	329	280	145	14100	7800	2,37
700	119	238	295	172	11700	6700	1,29	248	255	145	17700	11000	2,59	253	205	112	17700	13800	3,72
700	168	315	410	232	8600	2400	0,92	350	365	202	16600	5400	1,83	360	290	152	16600	10100	2,63
750	133	260	330	187	13800	7200	1,33	285	285	157	19900	12100	2,66	285	230	120	19900	15000	3,82
750	168	315	420	238	11600	3500	1,05	350	365	202	19300	7800	2,10	360	290	152	19300	13900	3,02
800	136	255	340	193	14900	8800	1,48	280	295	163	23400	14100	2,96	280	235	123	23400	17800	4,25
800	176	325	440	252	12700	4100	1,14	360	380	212	22700	9300	2,28	355	305	162	22700	16100	3,28

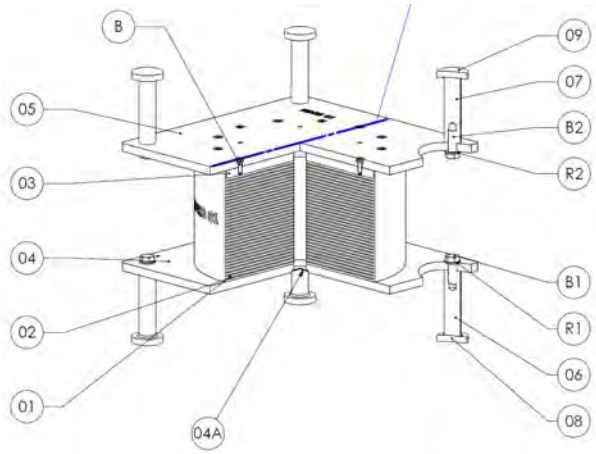
Gammaindicativa.Altrimodellipossonoessereprogettatisurichiesta.

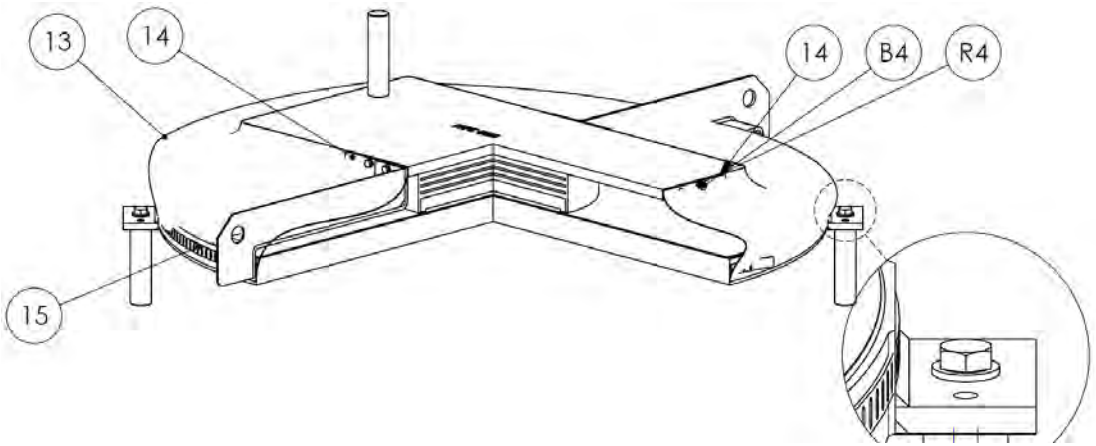
RICERCA SU CATALOGO

ISOLATORE NON DISPONIBILE → RIGIDEZZA DI PROGETTO TROPPO BASSA

CASO 1 – Retrofitting – HDRB

- **Utilizzo di HDRB + Appoggi scorrevoli**





- ✓ **Ridurre il numero di HDRB** → **Isolatori con rigidezza più alta**
- ✓ **Scegliere più tipi di HDRB** → **Max 2 tipologie:**
  - ✓ ottimizzare i costi di produzione
  - ✓ Ridurre i costi dei test di qualifica
- ✓ **Devo far coincidere il C.M. *centro delle masse* e il C.R. *centro delle rigidezze***

CASO 1 – Retrofitting – HDRB

- **Conosco:**
  - Coordinate dei pilastri
  - Carichi verticali di ogni pilastro
- **Attribuisco:**
  - A ogni pilastro la Rigidezza dell'isolatore scelto
  - Rigidezza nulla in corrispondenza delle slitte

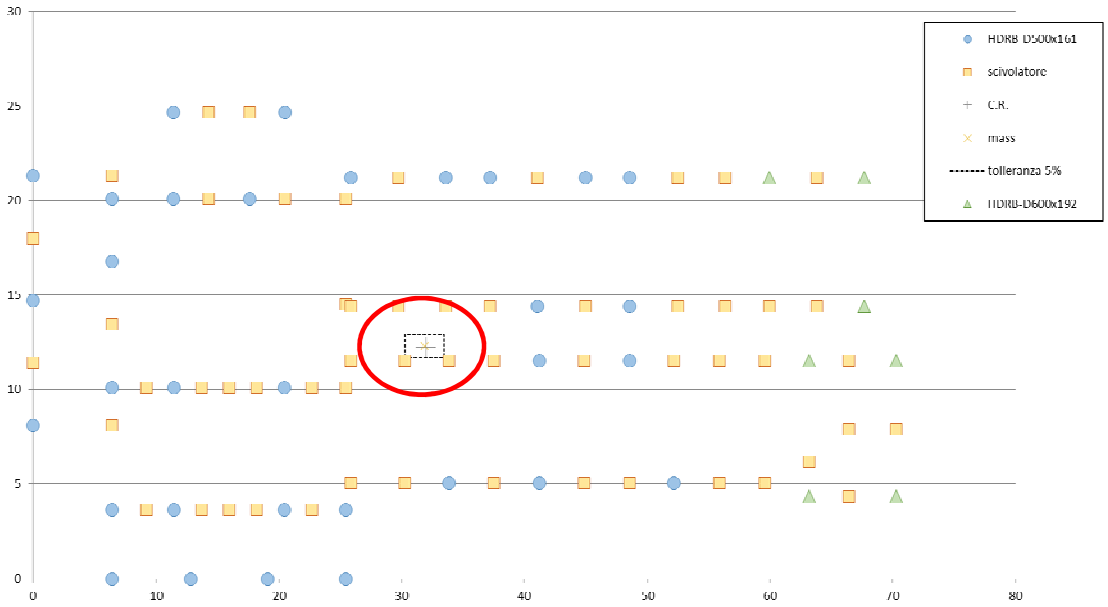
HDRB-D500x161	**isolatore**	**0,49 kN/mm**
HDRB-D600x192	**isolatore**	**0,59 kN/mm**

- **Calcolo**
  - Centro delle Masse e Centro delle rigidezze

differenza coordinate < 3%

$$\text{C.M.} = \frac{\sum_i m_i \cdot d_i}{\sum_i m_i} \qquad \text{C.R.} = \frac{\sum_i K_i \cdot d_i}{\sum_i K_i}$$

X cr	Y cr	X massa	Y mass
31,99	12,24	31,88	12,31
		-0,34%	0,53%



CASO 1 – Retrofitting – HDRB

- Scelta del posizionamento

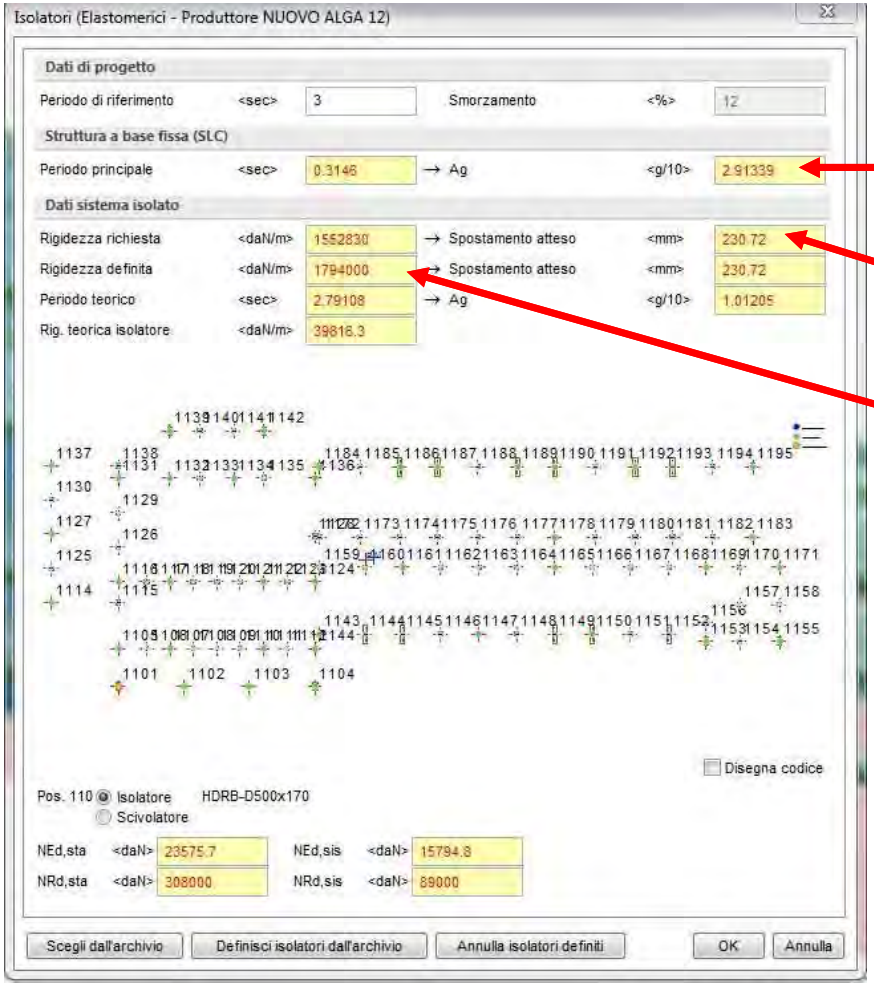
✓ Isolatori sul perimetro → ridurre effetti torsionali

✓ Appoggi scorrevoli → in corrispondenza di ascensori e scale (non devo allargare le pareti dei vai ascensori per ospitare gli isolatori)

✓ Strutture → HDRB pilastri più resistenti

APPOGGI pilastri snelli (non ho forze di taglio)

CASO 1 – Retrofitting – HDRB



T = 2,9 s

d = 230 mm

T = 17,94 kN/mm

CASO 1 – Retrofitting – HDRB

Caratteristiche isolatori

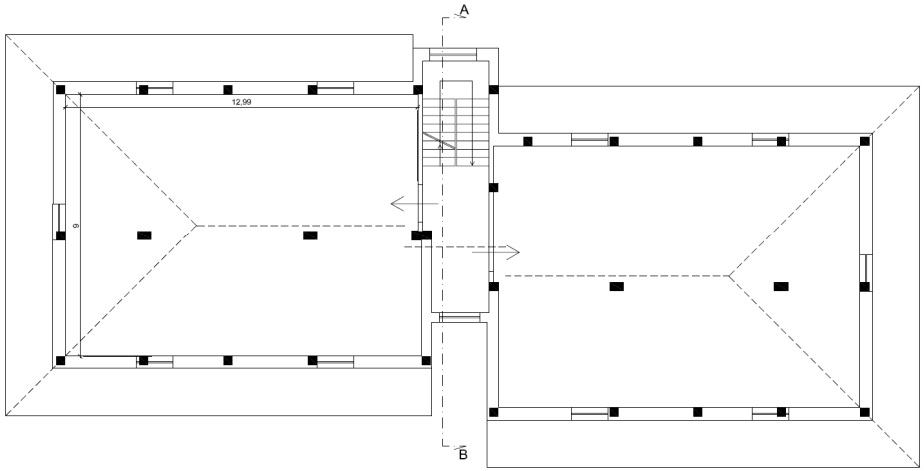
Cod.	Pos.	X <m>	Y <m>	Kh <daN/m>	$N_{Ed,sta}$ <daN>	$N_{Rd,sta}$ <daN>	$N_{Ed,sis}$ <daN>	$N_{Rd,sis}$ <daN>	Sps_{Ed} <mm>	Sps_{Rd} <mm>
HDRB-D500x170	1101	6.45	0.00	46000.00	25148.80	308000.00	29024.10	89000.00	253.34	340.00
HDRB-D500x170	1102	12.82	0.00	46000.00	37107.10	308000.00	26117.50	89000.00	254.59	340.00
HDRB-D500x170	1103	19.08	0.00	46000.00	36886.10	308000.00	25946.00	89000.00	256.33	340.00
HDRB-D500x170	1104	25.45	0.00	46000.00	24621.20	308000.00	28013.20	89000.00	258.69	340.00
HDRB-D500x170	1105	6.45	3.65	46000.00	32873.70	308000.00	27051.80	89000.00	257.73	340.00
Scivolatore	1106	9.20	3.65	0.00	42462.90	0.00	28841.10	0.00	258.11	0.00
HDRB-D500x170	1107	11.45	3.65	46000.00	41088.70	308000.00	25758.90	89000.00	256.47	340.00
Scivolatore	1108	13.70	3.65	0.00	40567.00	0.00	26919.70	0.00	256.93	0.00
Scivolatore	1109	15.95	3.65	0.00	40405.20	0.00	25021.80	0.00	256.37	0.00
Scivolatore	1110	18.20	3.65	0.00	40494.80	0.00	26891.60	0.00	255.88	0.00
HDRB-D500x170	1111	20.45	3.65	46000.00	41014.40	308000.00	25714.50	89000.00	254.38	340.00
Scivolatore	1112	22.70	3.65	0.00	43335.00	0.00	29723.80	0.00	254.94	0.00
HDRB-D500x170	1114	0.00	8.10	46000.00	35745.80	308000.00	35971.60	89000.00	251.72	340.00
Scivolatore	1115	6.45	8.10	0.00	50306.50	0.00	40477.20	0.00	251.03	0.00
HDRB-D500x170	1116	6.45	10.10	46000.00	75803.10	308000.00	51254.20	89000.00	248.09	340.00
Scivolatore	1117	9.20	10.10	0.00	89389.30	0.00	59635.60	0.00	246.85	0.00
HDRB-D500x170	1118	11.45	10.10	46000.00	88396.40	308000.00	57278.40	89000.00	245.32	340.00
Scivolatore	1119	13.70	10.10	0.00	88320.50	0.00	58561.20	0.00	245.65	0.00
Scivolatore	1120	15.95	10.10	0.00	88118.60	0.00	56727.10	0.00	245.08	0.00
Scivolatore	1121	18.20	10.10	0.00	88379.40	0.00	58613.00	0.00	244.56	0.00
HDRB-D500x170	1122	20.45	10.10	46000.00	88379.30	308000.00	57273.90	89000.00	243.13	340.00
Scivolatore	1123	22.70	10.10	0.00	88402.60	0.00	59961.70	0.00	243.56	0.00
HDRB-D500x170	1124	25.45	10.10	46000.00	68875.70	308000.00	49125.10	89000.00	242.01	340.00
Scivolatore	1125	0.00	11.40	0.00	51001.00	0.00	34335.80	0.00	257.07	0.00
Scivolatore	1126	6.45	13.45	0.00	63270.80	0.00	42262.30	0.00	255.61	0.00
HDRB-D500x170	1127	0.00	14.70	46000.00	51988.10	308000.00	33559.00	89000.00	261.52	340.00
Scivolatore	1128	25.45	14.50	0.00	29634.70	0.00	23451.00	0.00	244.65	0.00
Scivolatore	1129	6.45	16.75	0.00	63114.60	0.00	44048.80	0.00	260.36	0.00
Scivolatore	1130	0.00	18.00	0.00	51153.10	0.00	34606.60	0.00	266.95	0.00
HDRB-D500x170	1131	6.45	20.10	46000.00	68763.10	308000.00	48288.90	89000.00	263.68	340.00
HDRB-D500x170	1132	11.40	20.10	46000.00	116002.00	308000.00	83688.80	89000.00	259.97	340.00
Scivolatore	1133	14.30	20.10	0.00	113072.00	0.00	76611.20	0.00	259.10	0.00
HDRB-D500x170	1134	17.60	20.10	46000.00	113063.00	308000.00	76165.70	89000.00	255.84	340.00
Scivolatore	1135	20.50	20.10	0.00	117361.00	0.00	82587.90	0.00	255.26	0.00
HDRB-D500x170	1136	25.45	20.10	46000.00	72590.20	308000.00	54778.10	89000.00	[illegible]	[illegible]
HDRB-D500x170	1137	0.00	21.30	46000.00	32920.40	308000.00	34155.10	89000.00	269.93	340.00
Scivolatore	1138	6.45	21.30	0.00	50704.40	0.00	48650.20	0.00	265.96	0.00
HDRB-D500x170	1139	11.40	24.65	46000.00	34203.90	308000.00	32849.10	89000.00	265.83	340.00
Scivolatore	1140	14.30	24.65	0.00	35376.90	0.00	26185.70	0.00	264.78	0.00
Scivolatore	1141	17.60	24.65	0.00	35615.70	0.00	25877.30	0.00	262.73	0.00
HDRB-D500x170	1142	20.50	24.65	46000.00	33904.60	308000.00	33500.60	89000.00	262.18	340.00
HDRB-D500x170	1143	25.88	5.05	46000.00	38489.80	308000.00	32587.20	89000.00	251.44	340.00
HDRB-D500x170	1144	25.45	3.65	46000.00	37123.10	308000.00	32047.30	89000.00	253.22	340.00
Scivolatore	1144	30.28	5.05	0.00	69480.70	0.00	48349.50	0.00	250.52	0.00
Scivolatore	1145	33.88	5.05	0.00	64754.40	0.00	45437.80	0.00	249.51	0.00
Scivolatore	1146	37.55	5.05	0.00	52385.50	0.00	34844.60	0.00	252.66	0.00
HDRB-D500x170	1147	41.23	5.05	46000.00	51299.90	308000.00	32250.10	89000.00	263.18	340.00

Effetti torsionali

dmax = 270 mm

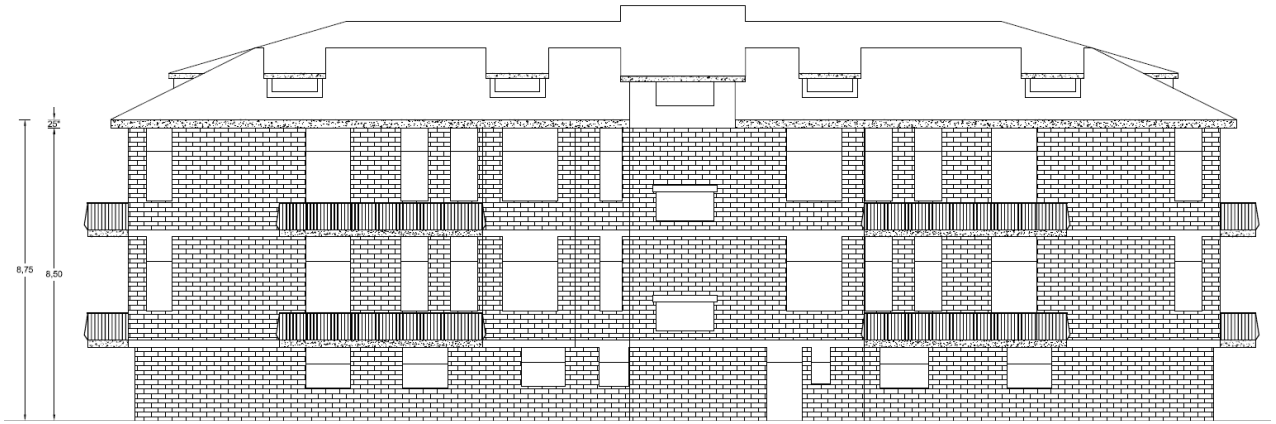
CASO 2 – Retrofitting – PS

- Edificio esistente



INTERVENTI PROPOSTI:

✓ **Adeguamento 80% - Sistema di isolamento**



CASO 1 – Retrofitting – HDRB

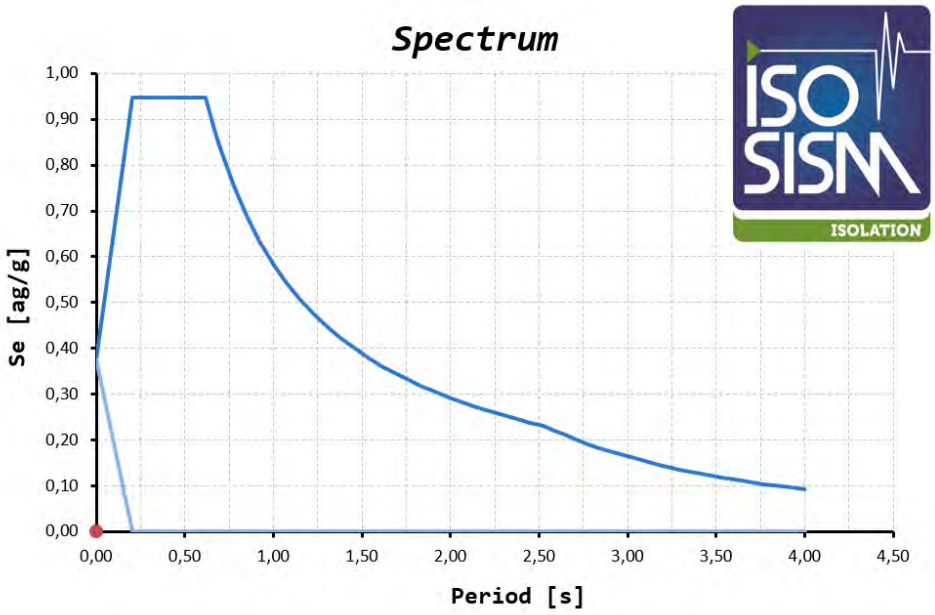
DATI NECESSARI PER IL PREDIMENSIONAMENTO:

- Calcolo massa edificio Nqp 14525kN
- Definire spettro di progetto SLC
- Periodo struttura non isolata $T_{non\ is}$ = 0,92 s

❑ No Cordinate pilastri

FREQUENZE E MASSE ECCITATE

									Eccitat Totale	SISMA N.ro 1 Massa 1437.33 1442.03	Perc. .99	SISMA N.ro 2 Massa 1440.46 1442.03	Perc. .99	SISMA N.ro 3 Massa	Perc.
Modo N.ro	Pulsazione (rad/sec)	Periodo (sec)	Smorz Mod(%)	Sd/g SLO	Sd/g SLD	Sd/g SLV X	Sd/g SLV Y	Sd/g SLV Z	Sd/g SLC	Massa Mod Ecc. (t)	Perc.	Massa Mod Ecc. (t)	Perc.	Massa Mod Ecc. (t)	Perc.
1	6,794	0,92480	5,0		0,201	0,136	0,136		0,631	1,21	0,00	150,85	0,10		
2	6,879	0,91344	5,0		0,203	0,138	0,138		0,639	1,11	0,00	1057,55	0,73		
3	10,779	[illegible]	5,0		0,318	0,206	0,206		0,947	1198,89	0,83	0,37	0,00		
4	23,232	0,27046	5,0		0,339	0,206	0,206		0,947	0,73	0,00	1,01	0,00		
5	24,058	0,26117	5,0		0,339	0,206	0,206		0,947	0,03	0,00	174,09	0,12		
6	33,705	0,18642	5,0		0,339	0,216	0,216		0,894	173,76	0,12	0,00	0,00		
7	42,978	0,14620	5,0		0,299	0,240	0,240		0,783	0,64	0,00	0,01	0,00		
8	45,235	0,13890	5,0		0,291	0,244	0,244		0,762	0,00	0,00	56,52	0,04		
9	50,112	0,12538	5,0		0,276	0,252	0,252		0,725	0,87	0,00	0,03	0,00		
10	55,822	0,11256	5,0		0,262	0,259	0,259		0,689	6,83	0,00	0,00	0,00		
11	59,175	0,10618	5,0		0,255	0,263	0,263		0,672	52,69	0,04	0,00	0,00		
12	70,791	0,08876	5,0		0,236	0,273	0,273		0,623	0,14	0,00	0,00	0,00		
13	78,469	0,08007	5,0		0,226	0,278	0,278		0,599	0,38	0,00	0,00	0,00		
14	80,132	0,07841	5,0		0,225	0,279	0,279		0,594	0,00	0,00	0,00	0,00		
15	80,527	0,07803	5,0		0,224	0,279	0,279		0,593	0,00	0,00	0,00	0,00		
16	81,813	0,07680	5,0		0,223	0,280	0,280		0,590	0,02	0,00	0,00	0,00		
17	83,836	0,07495	5,0		0,221	0,281	0,281		0,585	0,00	0,00	0,00	0,00		
18	84,268	0,07456	5,0		0,220	0,281	0,281		0,584	0,02	0,00	0,00	0,00		
19	88,749	0,07080	5,0		0,216	0,283	0,283		0,573	0,00	0,00	0,00	0,00		
20	88,934	0,07065	5,0		0,216	0,284	0,284		0,573	0,00	0,00	0,00	0,00		
21	89,012	0,07059	5,0		0,216	0,284	0,284		0,573	0,00	0,00	0,00	0,00		
22	89,641	0,07009	5,0		0,215	0,284	0,284		0,571	0,00	0,00	0,01	0,00		
23	95,730	0,06563	5,0		0,211	0,287	0,287		0,559	0,00	0,00	0,00	0,00		
24	96,644	0,06501	5,0		0,210	0,287	0,287		0,557	0,00	0,00	0,01	0,00		



CASO 2 – Retrofitting – PS

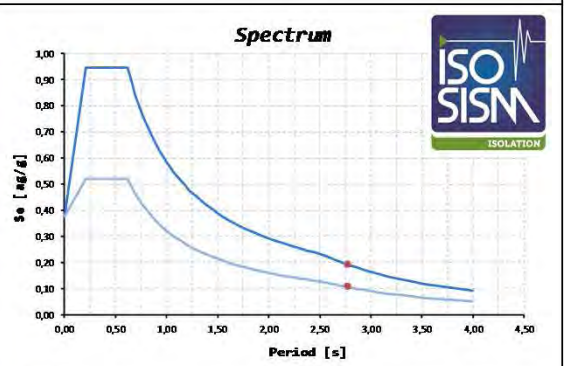
ISOLAMENTO:

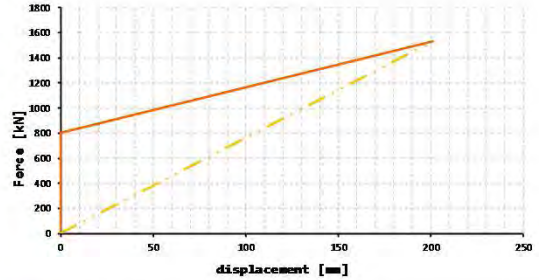
- R = 4000mm
- μ = 5,5%

RISULTATO:

- $T_{(is)}$ = 2,77 s → 3 x $T_{(non\ is)}$
- d = 201 mm
- F_H = 1529 kN

T [s]	Se [ag/g]
0,00	0,38
0,21	0,95
0,62	0,95
0,65	0,89
0,69	0,84
0,77	0,76
0,85	0,69
0,92	0,63
1,00	0,58
1,08	0,54
1,15	0,51
1,23	0,48
1,30	0,45
1,38	0,42
1,46	0,40
1,53	0,38
1,61	0,36
1,69	0,35
1,76	0,33
1,84	0,32
1,92	0,31
1,99	0,29
2,07	0,28
2,15	0,27
2,22	0,26
2,30	0,25
2,37	0,25
2,45	0,24
2,53	0,23
2,59	0,22
2,65	0,21
2,70	0,20
2,76	0,19
2,82	0,19
2,88	0,18
2,94	0,17
3,06	0,16
3,18	0,15
3,29	0,14
3,41	0,13
3,53	0,12
3,65	0,11
3,76	0,10
3,88	0,10
4,00	0,09



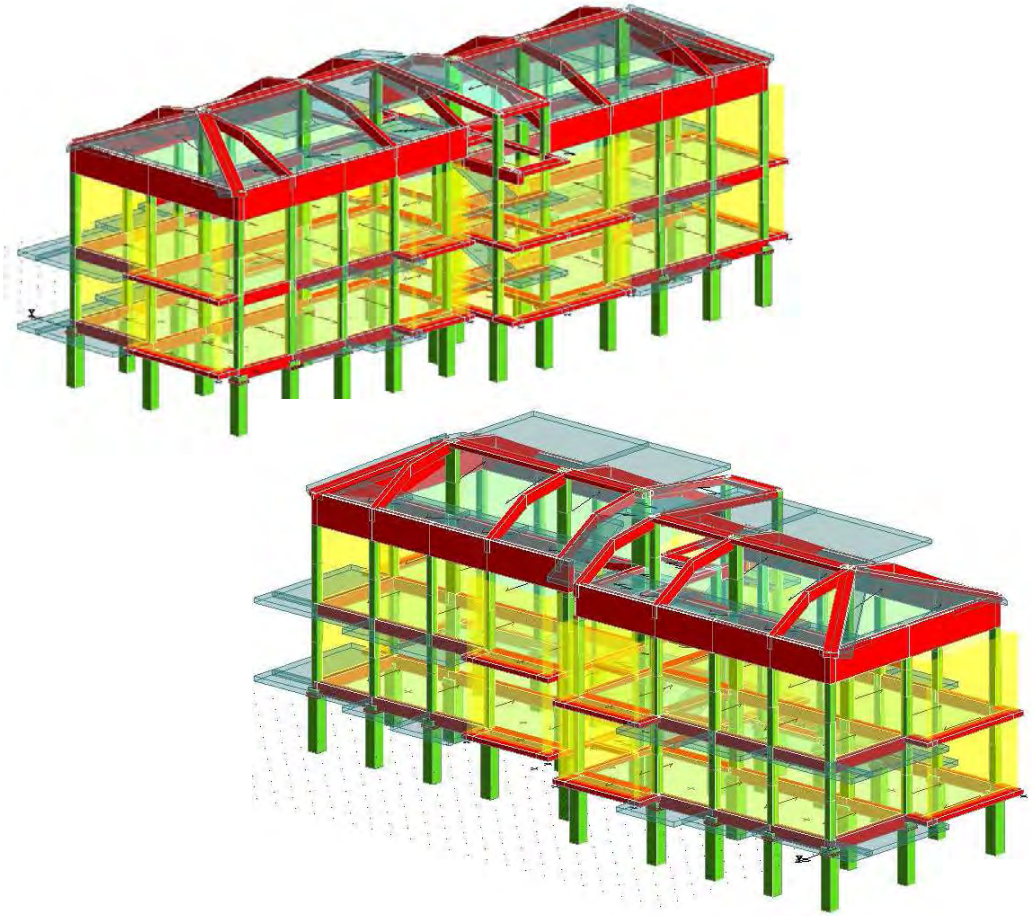


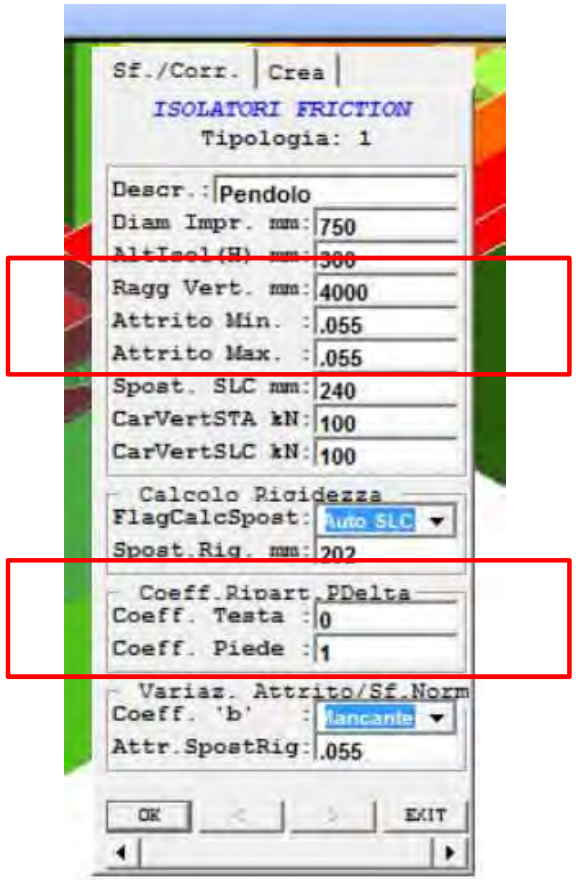
seismic analysis

device type	PS											
	PS				HDRB				LRB			
R	4000 mm											
μ	5,5 %											
WEIGHT [kN]	14525											14525
	100,0											201,2
Fmax [kN]												1529,5
keff [kN/mm]												7,60
T [sec]												2,77
ξ [%]												33,3
η												0,55
dmax SLC [mm]												201,2
ag [m/s²]												1,88
ag / η [m/s²]												1,03

d_max [mm]	201,2	T [s]	2,77	keff [kN/mm]	7,60	Fmax [kN]	1529,5

CASO 2 – Retrofitting – PS





CASO 2 – Retrofitting – PS

COEFFICIENTE DI RIPARTIZIONE P - δ

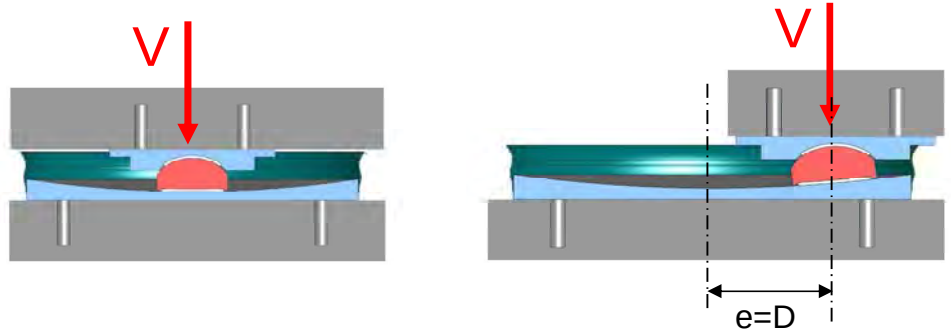
1. Pendolo singola superficie

- Eccentricità sottostrutture
- Ideale per strutture esistenti
  NO ECCENTRICITA' AI PILASTI

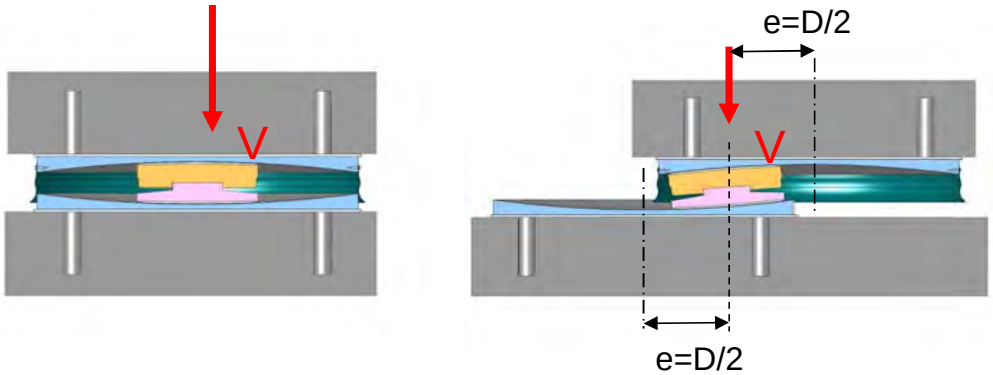
2. Pendolo doppia superficie

2. Eccentricità ripartita in parti uguali
3. Ideale per ridurre gli ingombri del pendolo
   PILASTI CON INGOMBRI FISSI

PS – *singola superficie*



PS – *doppia superficie*



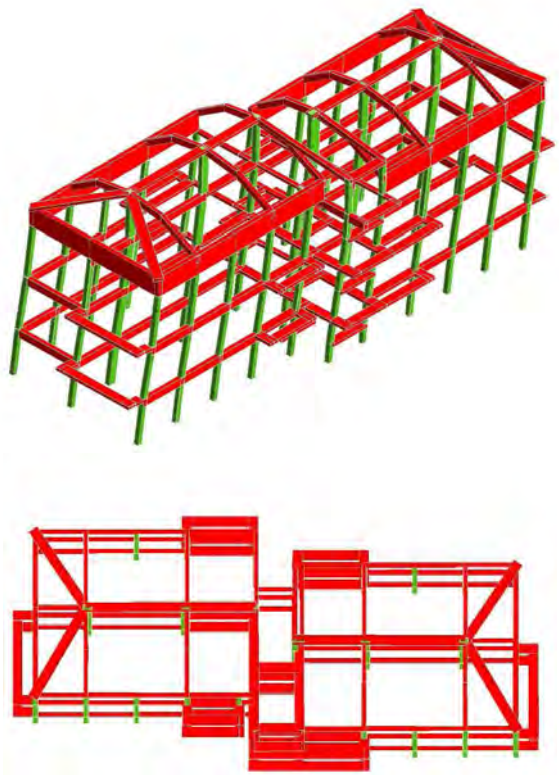
CASO 2 – Retrofitting – PS

FREQUENZE E MASSE ECCITATE

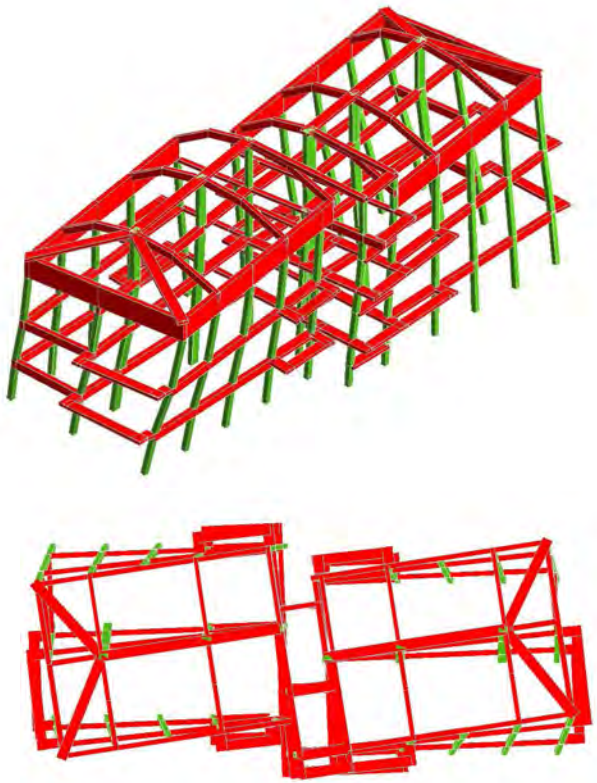
										SISMA N.ro 1		SISMA N.ro 2		SISMA N.ro 3	
									Eccitat Totale	Massa 1439.13 1443.47	Perc. .99	Massa 1440.08 1443.47	Perc. .99	Massa	Perc.
Modo N.ro	Pulsazione (rad/sec)	Periodo (sec)	Smorz Mod(%)	Sd/g SLO	Sd/g SLD	Sd/g SLV X	Sd/g SLV Y	Sd/g SLV Z	Sd/g SLC	Massa Mod Ecc. (t)	Perc.	Massa Mod Ecc. (t)	Perc.	Massa Mod Ecc. (t)	Perc.
1	5,088	1,23494	5,0		0,150	0,102	0,102			0,00	0,00	1190,31	0,82		
2	6,757	0,92989	5,0		0,200	0,135	0,135			0,78	0,00	0,04	0,00		
3	10,643	0,59035	5,0		0,314	0,206	0,206			1200,85	0,83	0,00	0,00		
4	20,801	0,30206	5,0		0,339	0,206	0,206			0,00	0,00	185,28	0,13		
5	23,117	0,27180	5,0		0,339	0,206	0,206			0,37	0,00	0,02	0,00		
6	33,302	0,18868	5,0		0,339	0,215	0,215			175,11	0,12	0,00	0,00		
7	42,471	0,14794	5,0		0,301	0,238	0,238			0,00	0,00	63,92	0,04		
8	42,863	0,14659	5,0		0,300	0,239	0,239			0,42	0,00	0,42	0,00		
9	50,106	0,12540	5,0		0,276	0,252	0,252			0,92	0,00	0,01	0,00		
10	55,768	0,11267	5,0		0,262	0,259	0,259			8,63	0,01	0,00	0,00		
11	58,696	0,10705	5,0		0,256	0,262	0,262			51,49	0,04	0,00	0,00		
12	70,780	0,08877	5,0		0,236	0,273	0,273			0,13	0,00	0,00	0,00		
13	78,407	0,08014	5,0		0,227	0,278	0,278			0,37	0,00	0,00	0,00		
14	80,121	0,07842	5,0		0,225	0,279	0,279			0,00	0,00	0,00	0,00		
15	80,500	0,07805	5,0		0,224	0,279	0,279			0,00	0,00	0,00	0,00		
16	81,806	0,07681	5,0		0,223	0,280	0,280			0,02	0,00	0,00	0,00		
17	83,814	0,07497	5,0		0,221	0,281	0,281			0,00	0,00	0,00	0,00		
18	84,256	0,07457	5,0		0,220	0,281	0,281			0,02	0,00	0,00	0,00		
19	88,604	0,07091	5,0		0,216	0,283	0,283			0,00	0,00	0,00	0,00		
20	88,929	0,07065	5,0		0,216	0,284	0,284			0,00	0,00	0,00	0,00		
21	89,009	0,07059	5,0		0,216	0,284	0,284			0,00	0,00	0,00	0,00		
22	89,595	0,07013	5,0		0,216	0,284	0,284			0,00	0,00	0,01	0,00		
23	94,558	0,06645	5,0		0,211	0,286	0,286			0,00	0,00	0,06	0,00		
24	96,089	0,06539	5,0		0,210	0,287	0,287			0,01	0,00	0,01	0,00		

CASO 2 – Retrofitting – PS

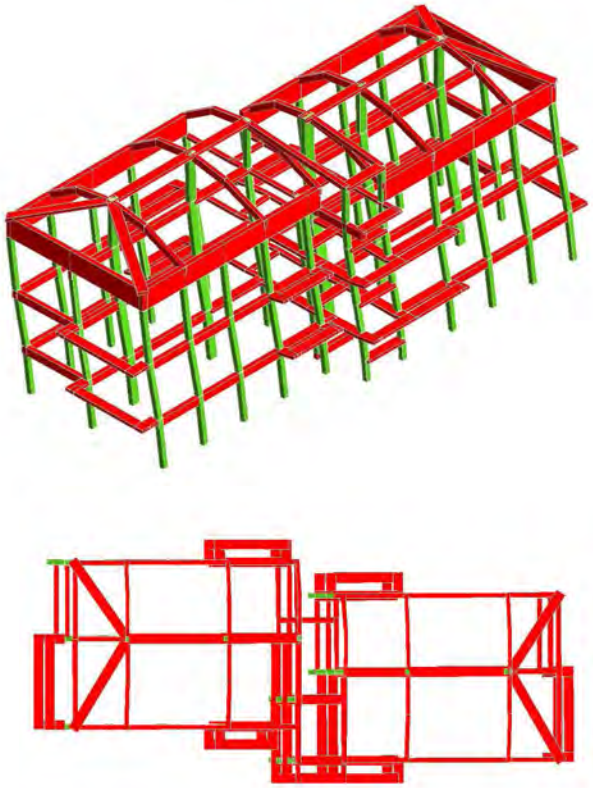
Modo 1 [massa 82%]



Modo 2



Modo 3 [massa 83%]



CASO 2 – Retrofitting – PS

STAMPA TIME HISTORY ISOLATORI - SPOSTAMENTI SLC - Spost. Max.: 236.11 mm

SPOSTAMENTI MASSIMI ISOLATORI								SPOSTAMENTI MASSIMI ISOLATORI						
Filo Nro	Quota (m)	Asta3d Nro	Accel. Nro	Sp.Max (mm)	Sp.Lim (mm)	Status Verifica Isolatore		Filo Nro	Quota (m)	Asta3d Nro	Accel. Nro	Sp.Max (mm)	Sp.Lim (mm)	Status Verifica Isolatore
1	2,88	31	1	218,4	240,0			2	2,88	32	1	216,4	240,0	
			2	198,2	240,0						2	189,4	240,0	
			3	276,4	240,0						3	268,6	240,0	
			4	222,8	240,0						4	224,7	240,0	
			5	189,6	240,0						5	186,2	240,0	
			6	281,6	240,0						6	273,4	240,0	
			7	265,8	240,0						7	263,3	240,0	
			MEDIA	236,1	240,0	OK					MEDIA	231,7	240,0	OK
3	2,88	33	1	216,1	240,0			4	2,88	34	1	215,5	240,0	
			2	181,6	240,0						2	173,4	240,0	
			3	262,6	240,0						3	255,2	240,0	
			4	224,6	240,0						4	224,0	240,0	
			5	183,1	240,0						5	180,2	240,0	
			6	266,6	240,0						6	258,7	240,0	
			7	262,5	240,0						7	261,1	240,0	
			MEDIA	228,1	240,0	OK					MEDIA	224,0	240,0	OK
5	2,88	35	1	216,0	240,0			6	2,88	36	1	211,3	240,0	
			2	163,4	240,0						2	161,0	240,0	
			3	246,1	240,0						3	245,1	240,0	
			4	224,5	240,0						4	215,2	240,0	
			5	177,7	240,0						5	173,6	240,0	
			6	249,9	240,0						6	247,1	240,0	
			7	260,9	240,0						7	256,3	240,0	
			MEDIA	219,8	240,0	OK					MEDIA	215,7	240,0	OK
7	2,88	37	1	209,4	240,0			8	2,88	38	1	209,6	240,0	
			2	159,3	240,0						2	162,1	240,0	
			3	249,4	240,0						3	253,6	240,0	
			4	215,6	240,0						4	216,4	240,0	
			5	175,6	240,0						5	179,0	240,0	
			6	249,6	240,0						6	252,2	240,0	
			7	254,4	240,0						7	254,4	240,0	
			MEDIA	216,2	240,0	OK					MEDIA	218,2	240,0	OK

ANALISI DINAMICA NON LINEARE - TAGLIANTI ISOLATORI

S.L.O.			S.L.D.			S.L.V.			S.L.C.		
	TAGLIANTE TOTALE			TAGLIANTE TOTALE			TAGLIANTE TOTALE			TAGLIANTE TOTALE	
Accel. Nro	Analisi NonLin. (t)	Analisi Modale (t)	Accel. Nro	Analisi NonLin. (t)	Analisi Modale (t)	Accel. Nro	Analisi NonLin. (t)	Analisi Modale (t)	Accel. Nro	Analisi NonLin. (t)	Analisi Modale (t)
									1	179,4	
									2	162,0	
									3	196,3	
									4	181,2	
									5	192,3	
									6	190,3	
									7	184,6	
									MEDIA	183,7	147,4

d = 236mm → 201mm

F_H =1837kN → 1529kN

CASO 2 – Retrofitting – PS

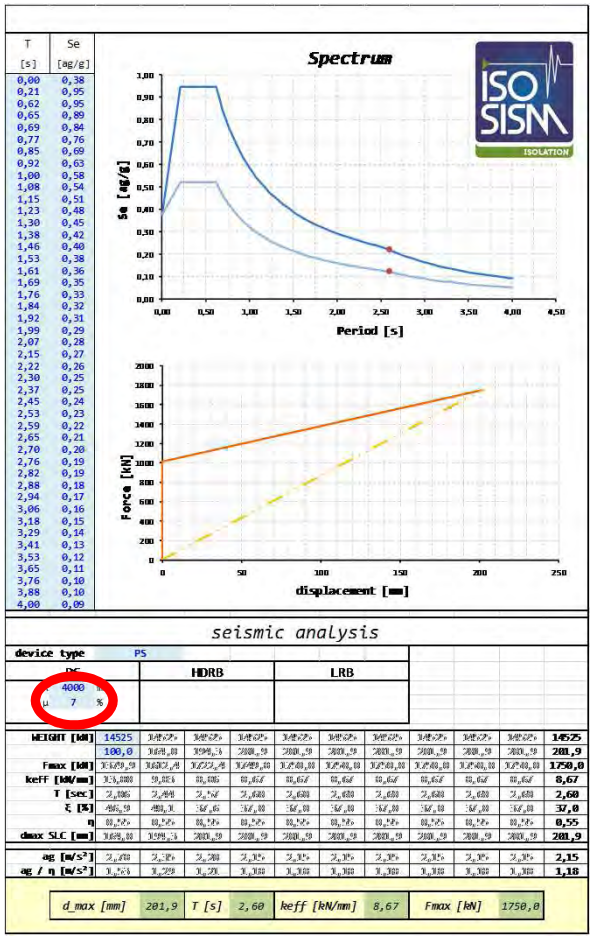
Analisi upper bound lower bound

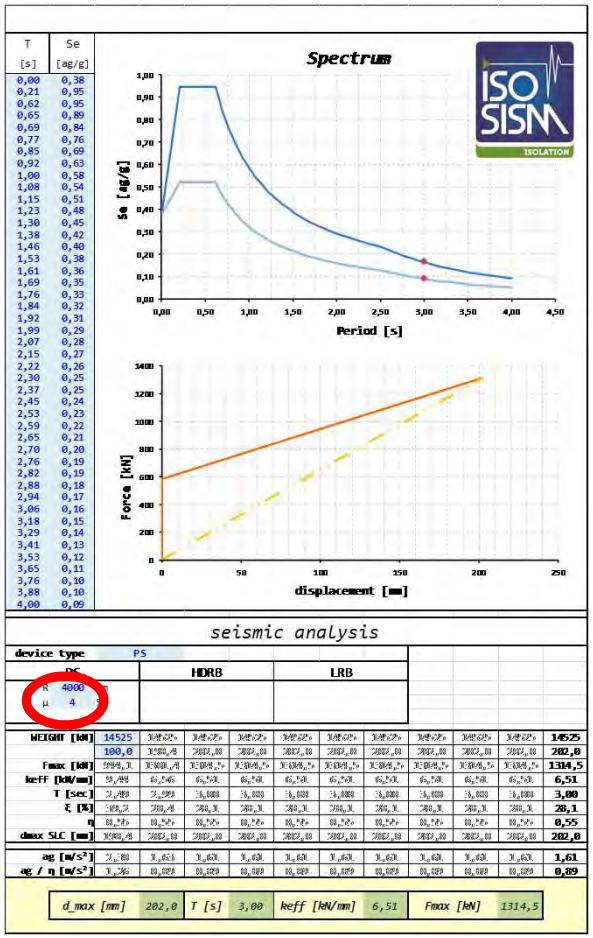
1. ANALISI UPPER BOUND

- Analisi con **Attrito più elevato**
- Azioni taglianti → **VERIFICA DELLE STRUTTURE**

2. ANALISI LOWER BOUND

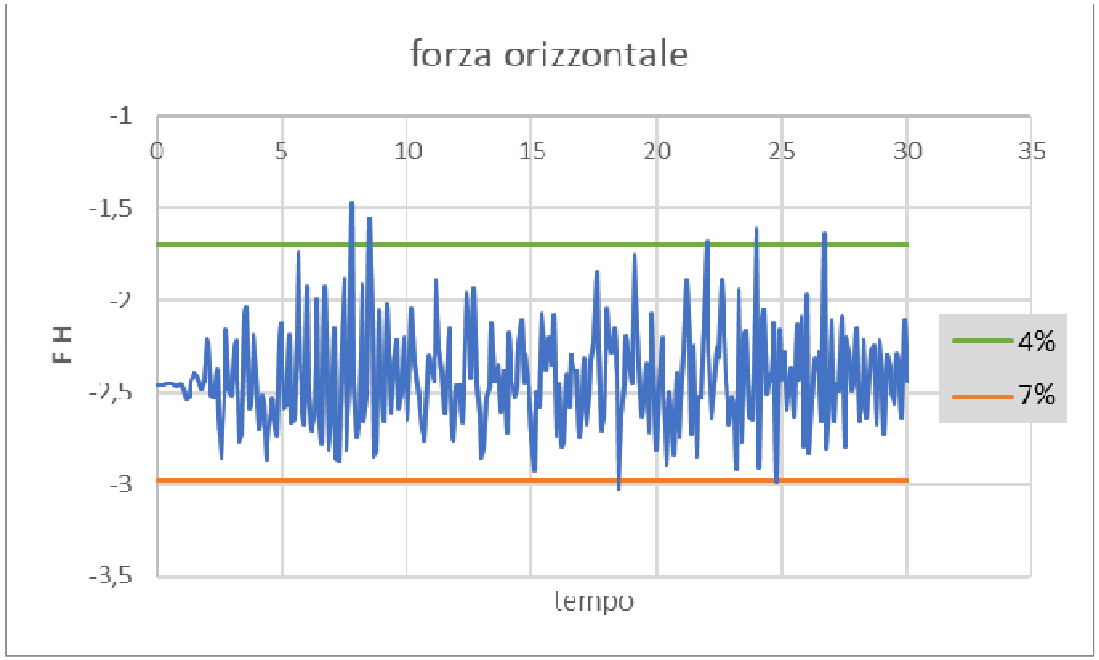
- Analisi con **Attrito minore**
- Spostamento isolatori → **DEFINSCO SPOSTAMENTO DI PROGETTO DELL'ISOLATORE**

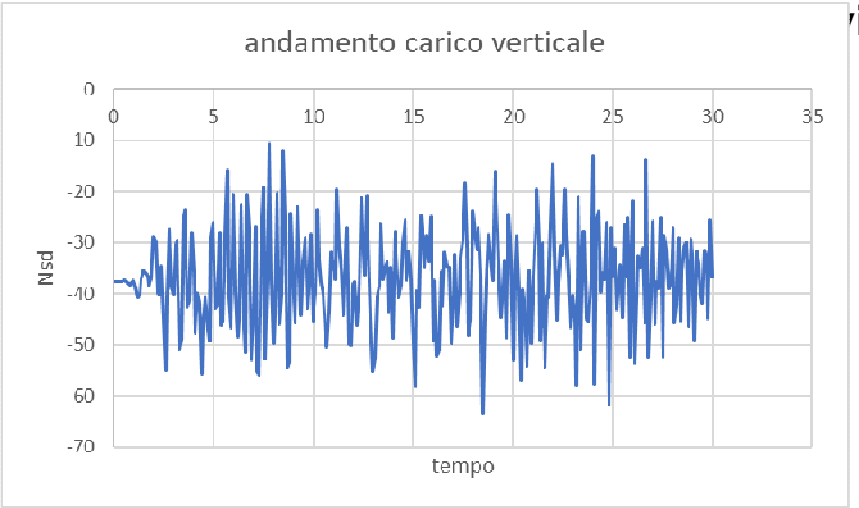


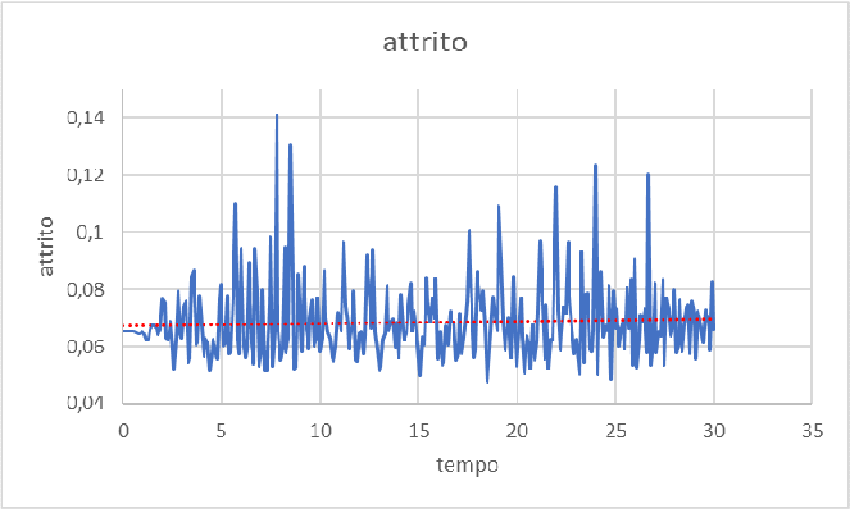


CASO 2 – Retrofitting – PS

Analisi upper bound lower bound







fpcitalia@freyssinet.com

www.fpcitalia.it

GRAZIE PER LA VOSTRA ATTENZIONE