



Con il patrocinio di



CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI



Federbeton
CONFINDUSTRIA



assoprem
Associazione Nazionale Produttori
Travi Reticolari Miste

Realizzazioni Sismoresistenti con il Sistema a Nodo Umido Strutturale PREM, con o senza isolatori sismici, nel nuovo e nelle ristrutturazioni

La progettazione dell'ampliamento della Facoltà di Medicina e Psicologia dell'Università Sapienza, presso l'Azienda Ospedaliera Sant'Andrea, col Sistema PREM ed isolatori sismici

Ing. Diego Casertano

Progettista strutturale

Commissione Strutture Ordine Ingegneri di Roma

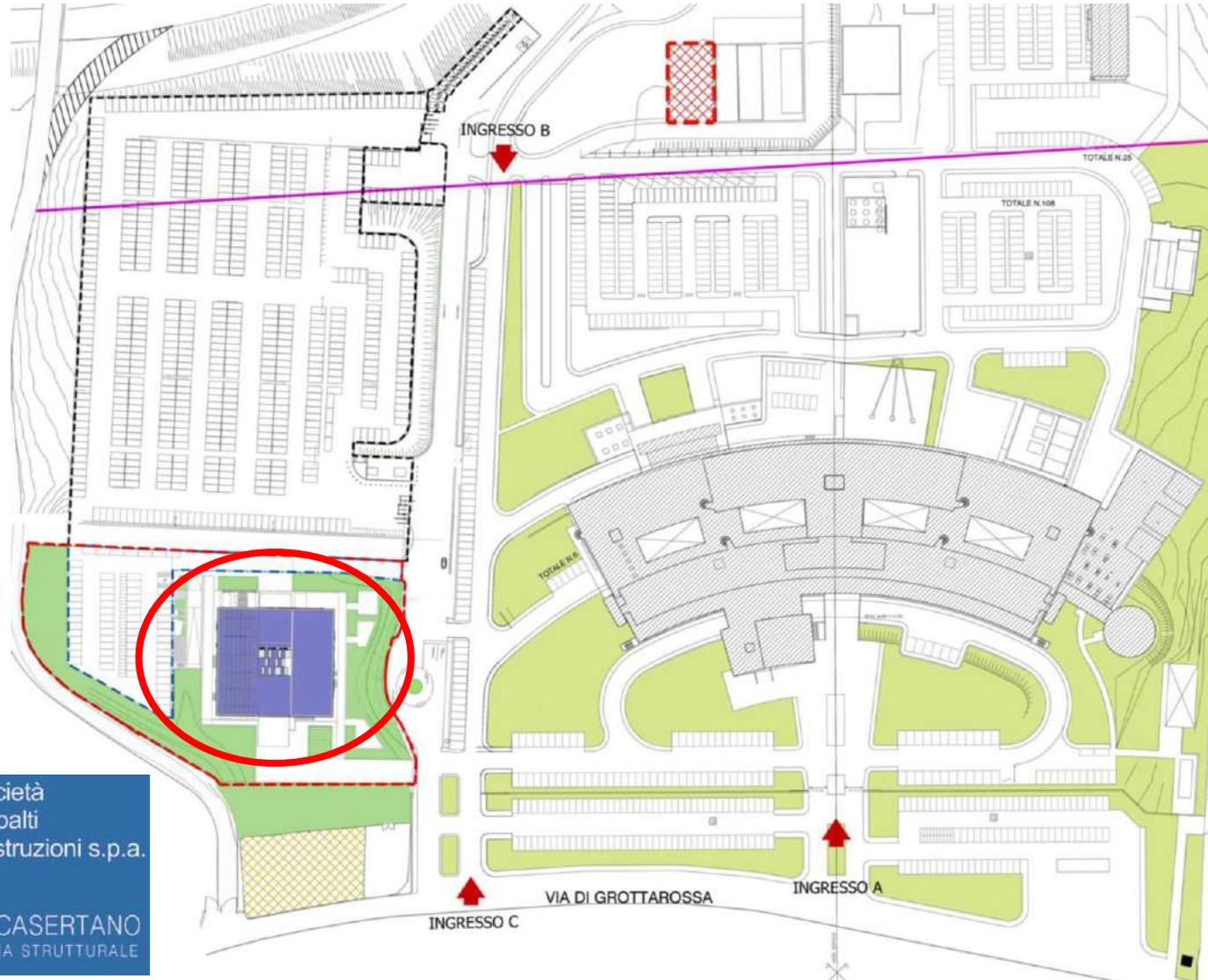
14 Giugno 2019

Indice degli argomenti:

- Il Progetto di ampliamento della Facoltà di Medicina e Psicologia dell'Università Sapienza, presso l'Azienda Ospedaliera Sant'Andrea
- Migliorie strutturali del progetto Esecutivo: isolamento sismico e prefabbricazione
- Richiami sull'isolamento sismico alla base: evoluzione, principi, tecnologie
- Confronto edificio base isolata / base fissa
- Richiami normativi
- Sistemi prefabbricati utilizzati: vantaggi e caratteristiche principali



La progettazione dell'ampliamento della Facoltà di Medicina e Psicologia dell'Università Sapienza, presso l'Azienda Ospedaliera Sant'Andrea, col Sistema PREM ed isolatori sismici



ABOR **SAC** società appalti costruzioni s.p.a.

Deerns **DIEGO CASERTANO** INGEGNERIA STRUTTURALE



Ing. Diego Casertano

Realizzazioni Sismoresistenti con il Sistema a Nodo Umido Strutturale PREM

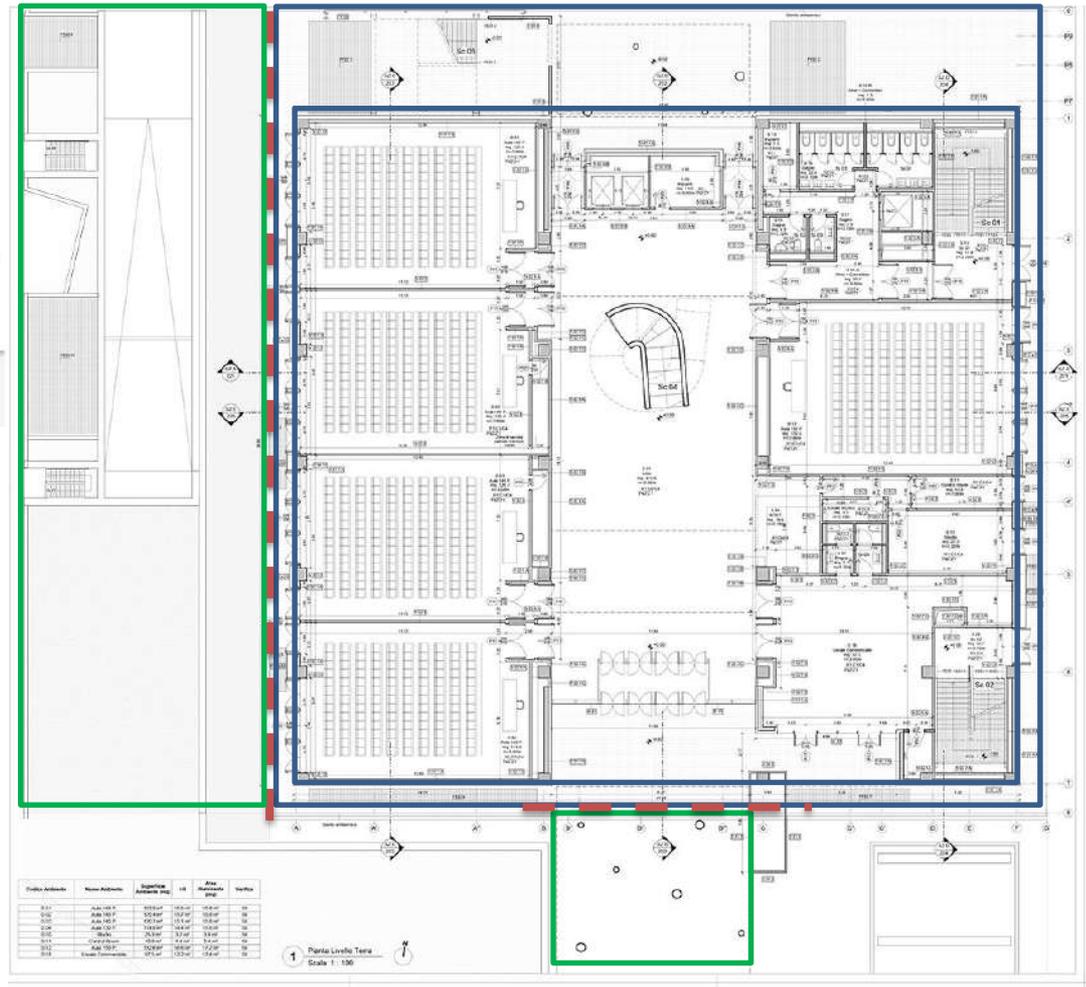
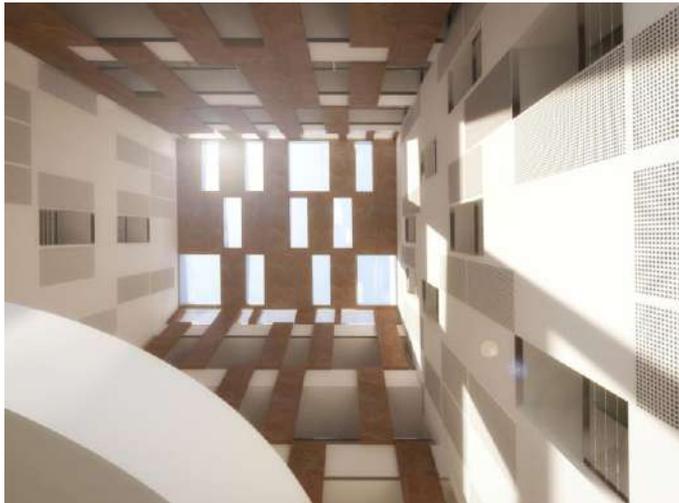
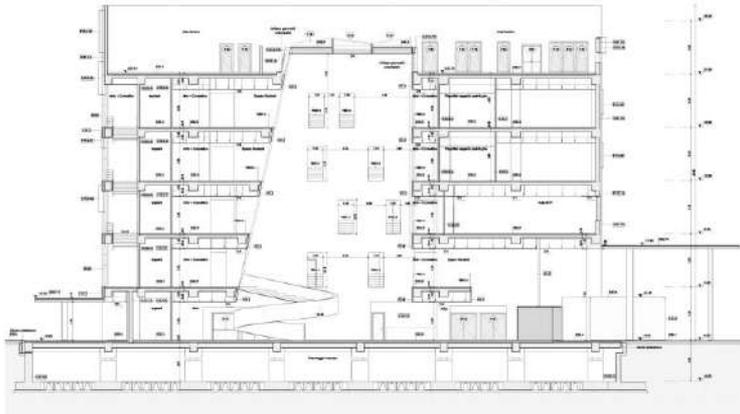
La progettazione dell'ampliamento della Facoltà di Medicina e Psicologia dell'Università Sapienza, presso l'Azienda Ospedaliera Sant'Andrea, col Sistema PREM ed isolatori sismici



Ing. Diego Casertano

Realizzazioni Sismoresistenti con il Sistema a Nodo Umido Strutturale PREM

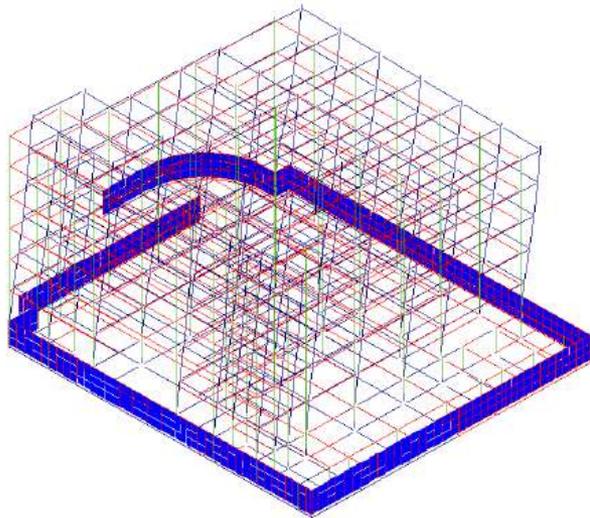
La progettazione dell'ampliamento della Facoltà di Medicina e Psicologia dell'Università Sapienza, presso l'Azienda Ospedaliera Sant'Andrea, col Sistema PREM ed isolatori sismici



PRINCIPALI CARATTERISTICHE DI PROGETTO

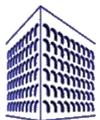
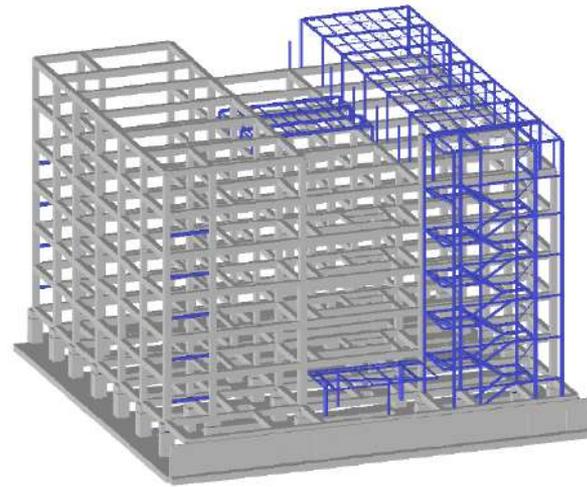
Progetto Definitivo

- Edificio a base fissa
- Telai in c.a.
- Parziale prefabbricazione
 - Travi
 - Solai



Progetto Esecutivo

- Edificio isolato alla base
- Telai in c.a.
- Maggiore prefabbricazione
 - Pilastrini in conci pluri-piano
 - Travi autoportanti in fase di getto
 - Solai
 - Bilastre



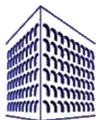
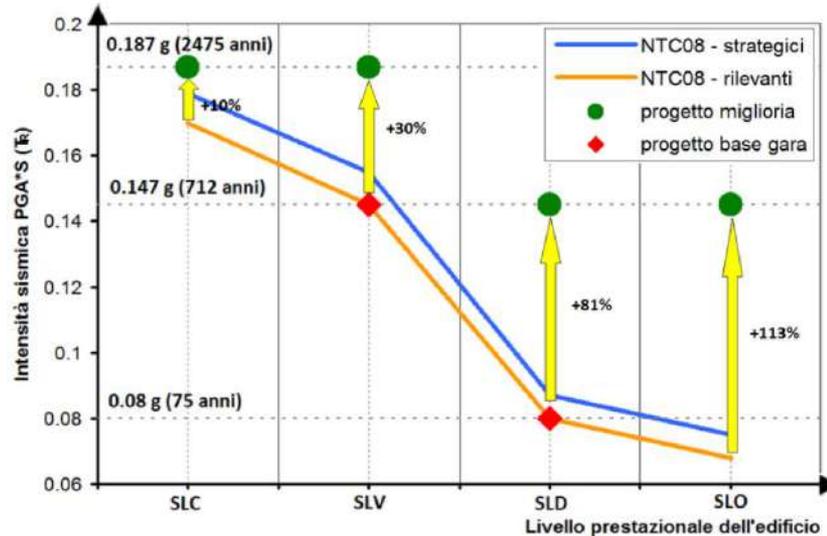
PRINCIPALI CARATTERISTICHE

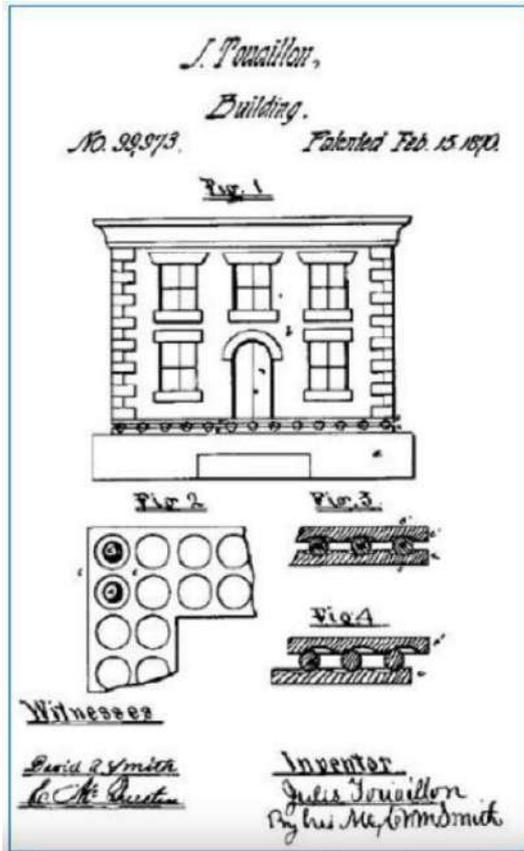
Progetto Definitivo

- $V_n = 50$ anni
- Edificio rilevante, Cl. uso III
- Spettro da RSL
- $\xi = 5\%$
- $q = 3.45$
- $Tr = 45$ SLO, 75 SLD, 712 SLV

Progetto Esecutivo

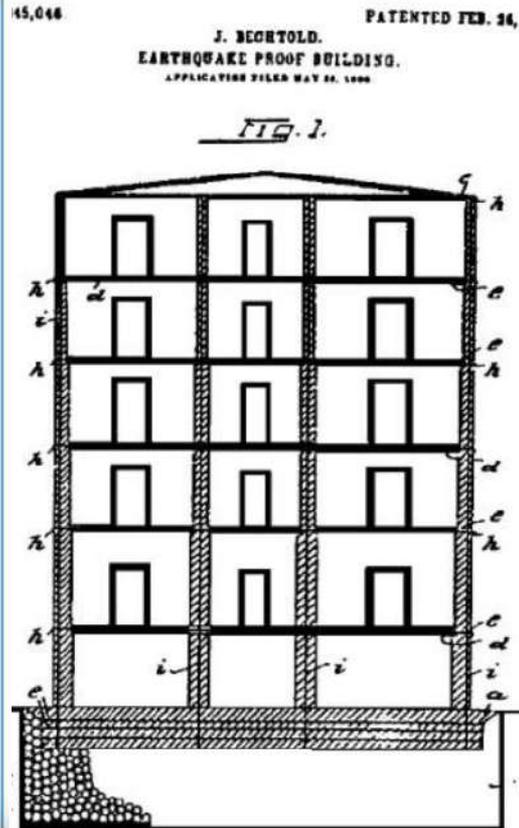
- $V_n = 50$ anni
- Edificio rilevante, Cl. Uso III
- Spettro da RSL
- $\xi = 15\%$
- $q = 1$
- $Tr = 712$ SLO, 712 SLD, 2475 SLV, 2475 SLC





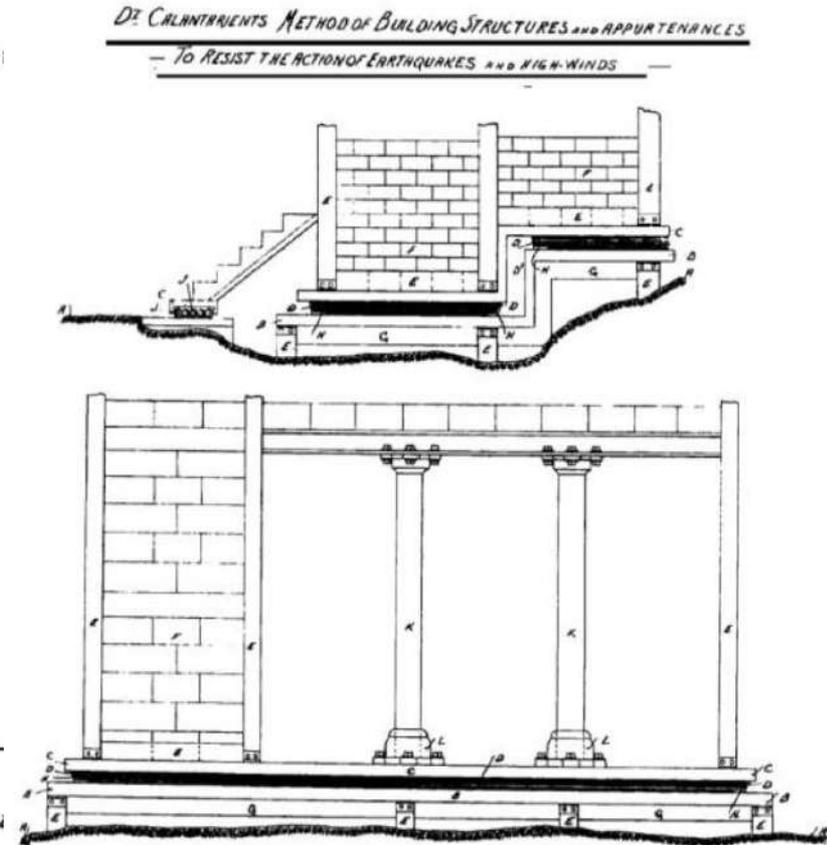
Improved foundation for buildings

1870 J. Touaillon
Brevetto - USA



Earthquake proof buildings

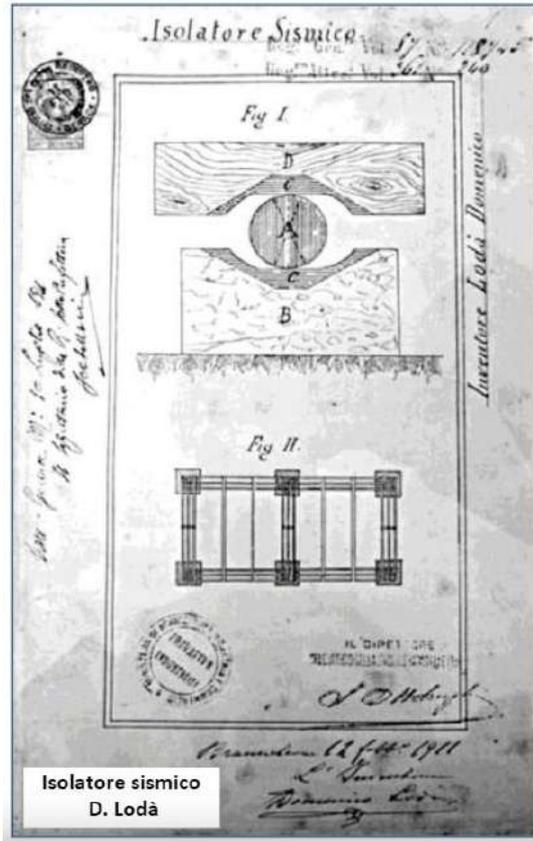
1906 J. Bechtold
brevetto - USA



Method of buildings structures to resist the action earthquakes and high winds

1909 Calantarients
Primo progetto dettagliato





1911 D. Lodà - Italia

Primo isolatore sismico italiano
brevetto

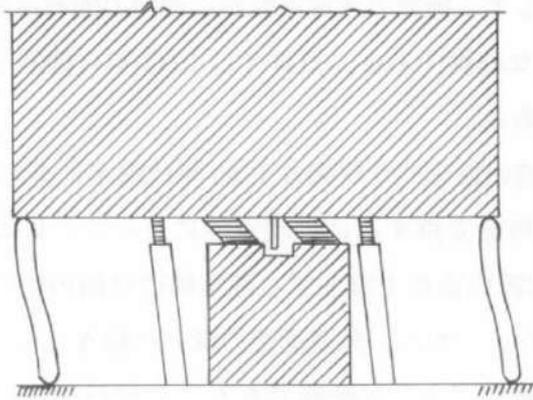
*Essi hanno detto: riformiamo completamente il modo di appoggio dell'edificio sul terreno: **anziché radicarlo su salde fondamenta, liberiamolo in modo che esso poggi come sopra una specie di carrello mobile in tutte le direzioni** col minimo possibile attrito. ...l'edificio rimarrà imperturbabile, mentre la scossa infurierà sotto i suoi piedi. **Il ragionamento è svelto, elegante e non fa una grinza.***

***Ma, per tradurlo in atto**, i proponenti hanno dovuto ricorrere ad una serie di congegni meccanici come rulli, sfere, molle e sospensioni elastiche, **congegni che snaturano la casa** poiché convertono le fondamenta, che **dovrebbero possedere una stabilità secolare**, in un sistema metallico che ha bisogno di essere curato, sorvegliato, lubrificato per cinquanta, per cento anni...*

Prof. Ing. Arturo Danusso, 1909



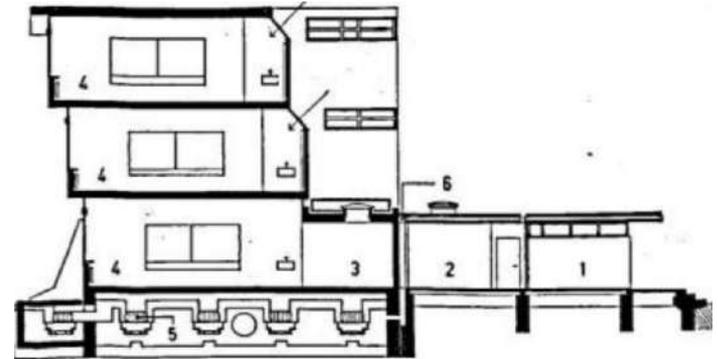
La progettazione dell'ampliamento della Facoltà di Medicina e Psicologia dell'Università Sapienza, presso l'Azienda Ospedaliera Sant'Andrea, col Sistema PREM ed isolatori sismici



Martel 1929 Flexible first story concept

Green 1935, Jacobsen 1938

Soft first story Method



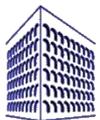
Prime realizzazioni con elastomeri

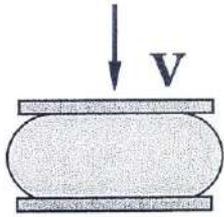
1969 Skopje – Scuola Pestalozzi



Olive View Hospital – Los Angeles

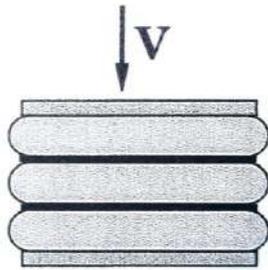
Terremoto San Fernando 1971



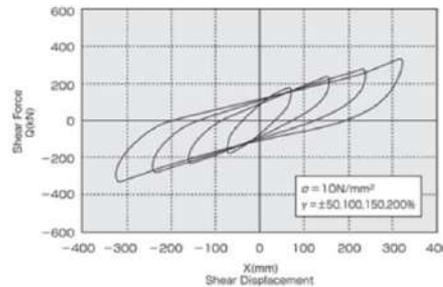
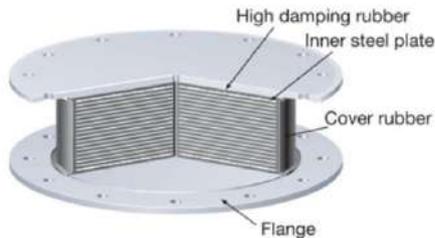


Solo elastomero

→ **Rocking**



Isolatori elastomerici armati



**Primo edificio residenziale in Italia
Squillace Marina 1992 (Vestroni)**



Terremoto Lushan, China 2013 – Mw 7.0

Lushan County Hospital



BI

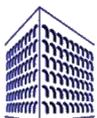
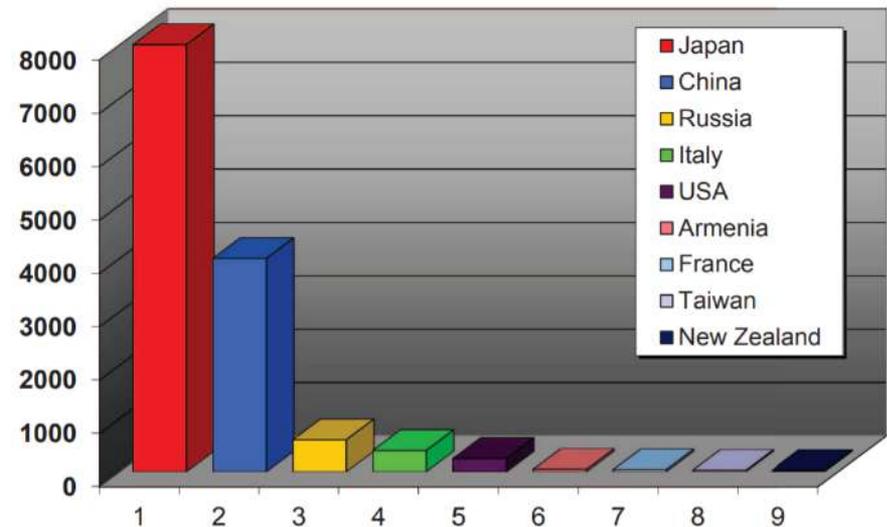
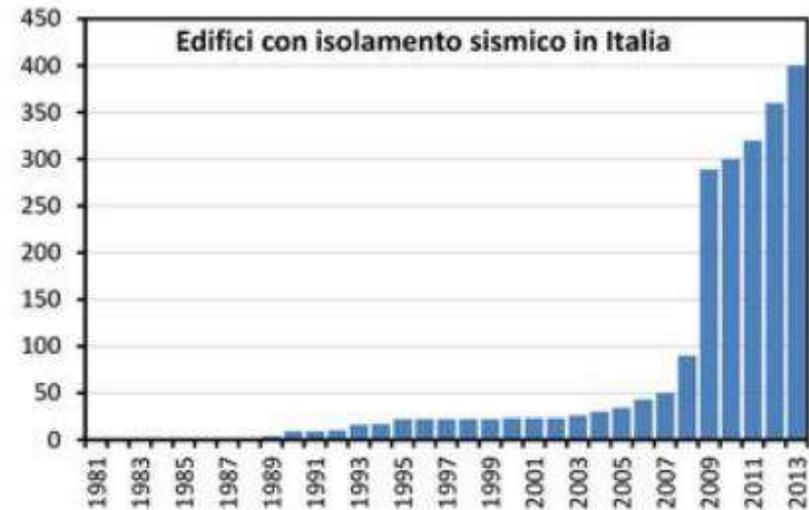


BF



SVILUPPO NORMATIVO IN ITALIA

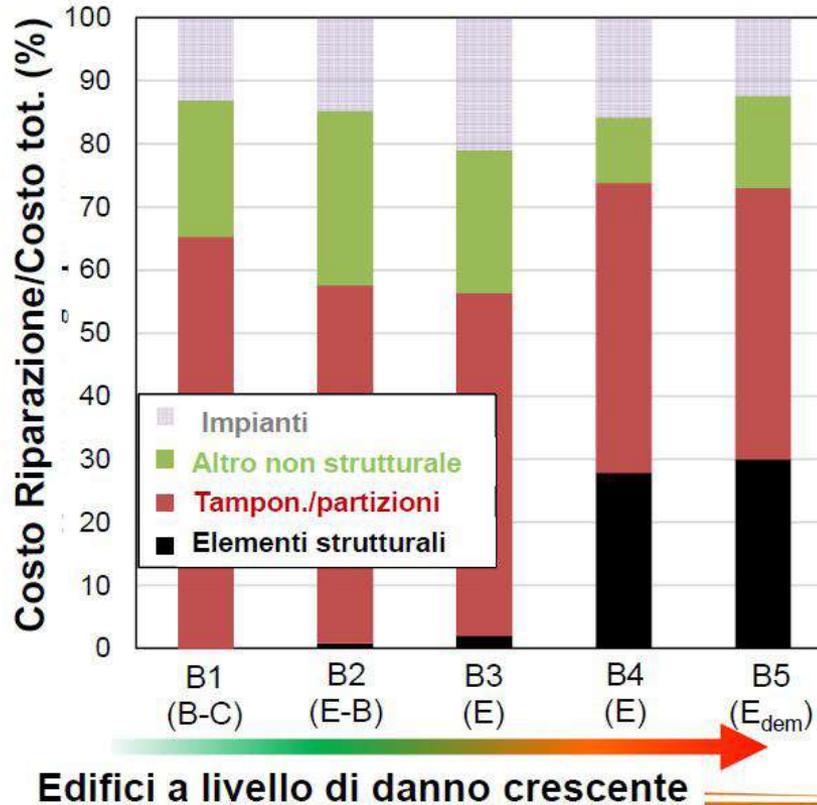
- D.M. 1996 *costruzioni in zona sismica*
Richiede parere CSSLLPP
- LL.GG. 1998 *progettazione, esecuzione e collaudo di strutture isolate dal sisma*
Non cogente
- OPCM 3274/2003
possibile l'utilizzo di sistemi di isolamento sismico e dissipativi senza approvazione ministeriale.
- D.M. 14/01/08
- UNI EN 15129:2009 *Dispositivi antisismici*
dal 2011 preponderante rispetto alle D.M. 14/01/2008 cap. 11
- D.M. 17/01/2018
richiamano UNI EN 15129



L'Aquila: la ricostruzione pesante

➤ RICOSTRUZIONE PESANTE Voci di Costo: Riparazione

Edifici in cemento armato



Incidenza costo componenti non strutturali (tamponature, partizioni, finiture ed impianti) **70%÷90%** sul costo totale di riparazione



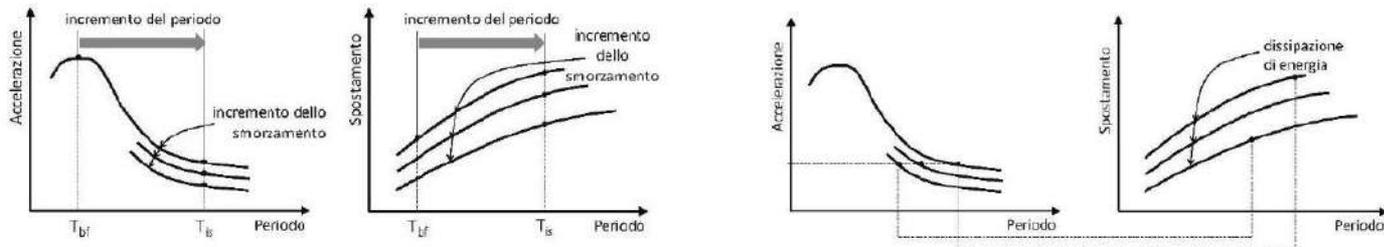
CARATTERISTICHE GENERALI DELL'ISOLAMENTO SISMICO ALLA BASE

CONTROLLO PASSIVO

MODIFICAZIONE SIGNIFICATIVA DELLE PROPRIETA' DINAMICHE

Elongazione del periodo e incremento dello smorzamento

Limitazione della forza e incremento dello smorzamento



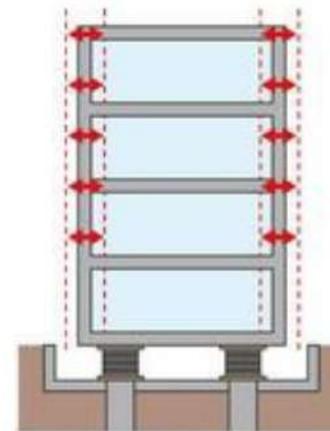
RIGIDENZE ADEGUATE SOVRA E SOTTOSTRUTTURA

PROGETTAZIONE IN CAMPO ELASTICO

GIUNTI

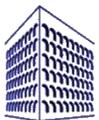
FUNZIONE DISPOSITIVI DI ISOLAMENTO

- sostegno carichi verticali
- dissipazione energetica
- vincolo laterale in condizioni non sismiche
- ricentraggio

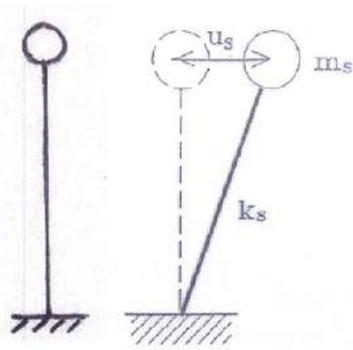


SOVRASTRUTTURA

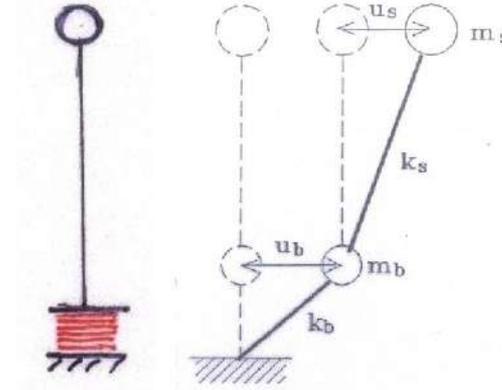
SISTEMA DI ISOLAMENTO
SOTTOSTRUTTURA



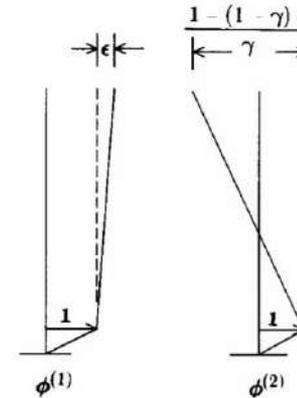
L'OSCILLATORE SEMPLICE ISOLATO



oscillatore semplice



oscillatore semplice isolato



$$\varepsilon = (\omega_b / \omega_s)^2 \ll 1$$

$$\gamma = m_s / (m_s + m_b) < 1$$

$$\omega_1^2 = \omega_b^{*2} = \omega_b^2 \left(1 - \gamma \frac{\omega_b^2}{\omega_s^2} \right)$$

$$\omega_b^* = \omega_b$$

$$\omega_2^2 = \omega_s^{*2} = \frac{\omega_s^2}{1 - \gamma} \left(1 + \gamma \frac{\omega_b^2}{\omega_s^2} \right)$$

$$\omega_s^* = \frac{\omega_s}{(1 - \gamma)^{1/2}}$$

$$L_n = \frac{\phi_n^T \mathbf{M}^* \mathbf{r}^*}{\phi_n^T \mathbf{M}^* \phi_n}$$

$$L_1 = 1 - \gamma \varepsilon$$

$$L_2 = \gamma \varepsilon$$

modo 1 = approssimativamente un modo di struttura rigida
modo 2 = spostamento dello stesso ordine di grandezza e segno opposto

La prima frequenza del sistema isolato è circa pari a quella di un sistema ad 1 gdl con $m = m_s + m_b$ e $k = k_b$ (leggermente superiore)

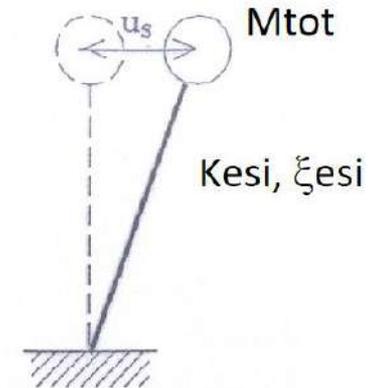
La seconda frequenza è circa pari a quella della struttura a base fissa – (leggermente inferiore)

la risposta è governata essenzialmente dal solo primo modo

lo smorzamento del primo modo è circa pari a quello del sistema di isolamento

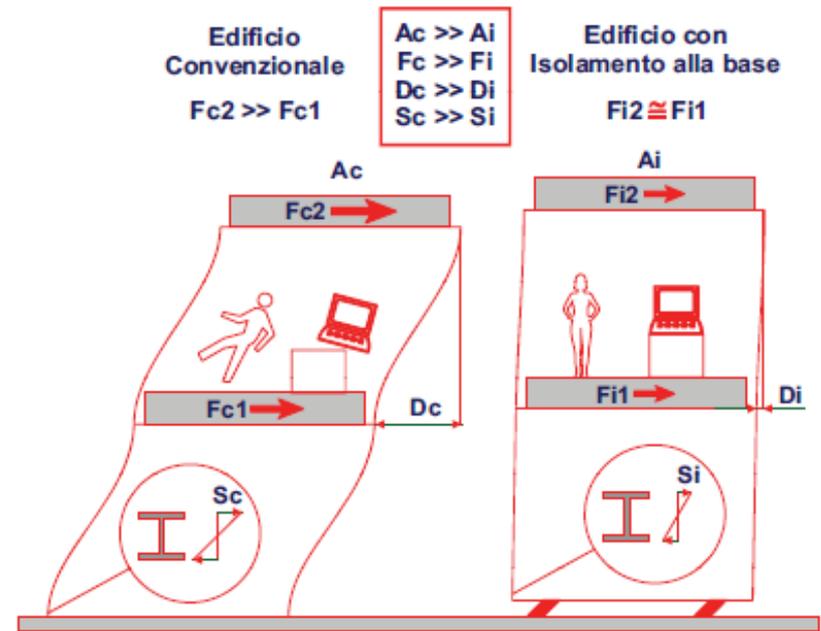
predimensionamento

=> sistema semplificato a 1 gdl

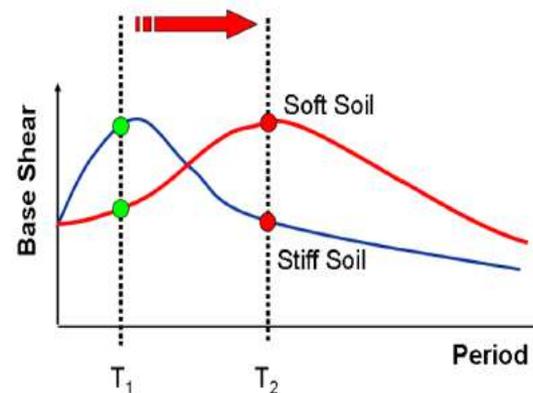


VANTAGGI E LIMITI

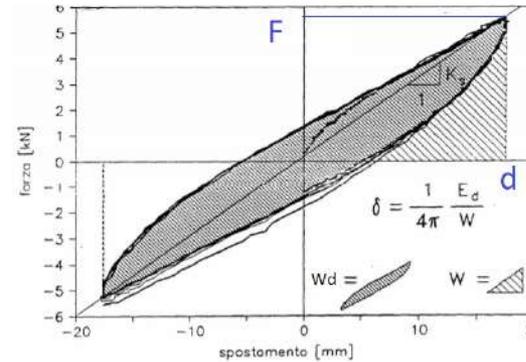
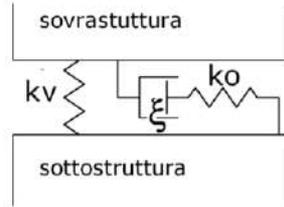
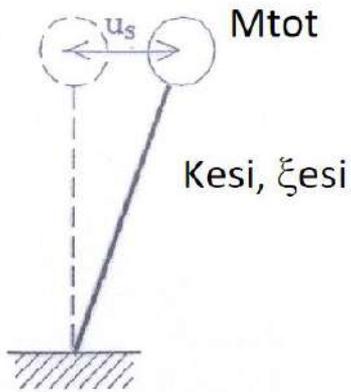
- Riduzione accelerazioni sismiche orizzontali
- Distribuzione costante accelerazioni
- Riduzione sollecitazioni sovrastruttura
- Deformazioni concentrate negli isolatori
- Progettazione in campo elastico



- Terreno non soffice
 - Sovrastruttura rigida: $T_{bf} \ll T_s$
 - Aumento dello spostamento spettrale
- Giunti laterali realizzabili
- Accorgimenti sui giunti
(architettura, impianti)



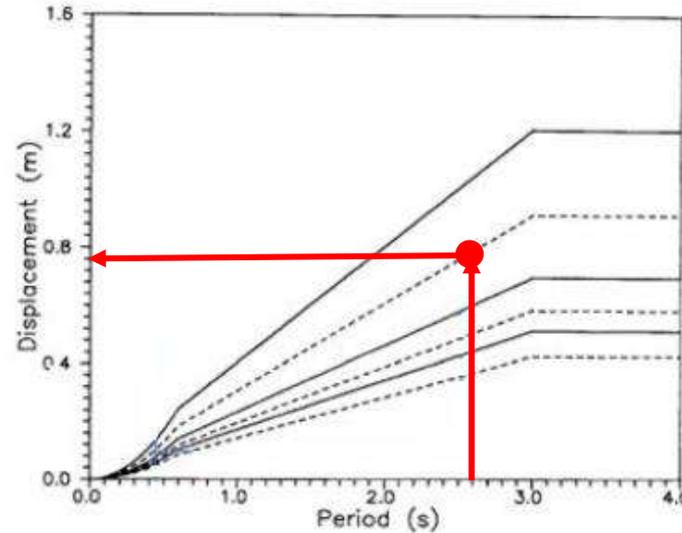
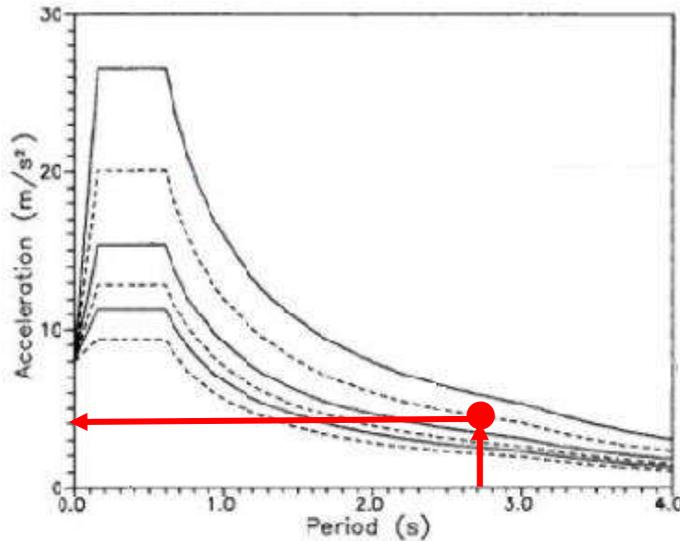
PREDIMENSIONAMENTO SISTEMA DI ISOLAMENTO



$$K_e = \frac{F}{d} = \frac{G_{din} A \gamma}{d} = \frac{G_{din} A d / t_e}{d} = G_{din} \frac{A}{t_e}$$

$$\xi_e = W_d / 4\pi W_e = W_d / 2\pi Fd$$

Coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ = rapporto tra l'energia dissipata in un ciclo completo di carico W_d e $2\pi Fd$



$$T_{iso} = 2\pi (M_{tot}/K_{esi})^{0.5}$$

$$S_a = S_a(T_{iso}, \xi_{esi})$$

$$d_E = S_d(T_{iso}, \xi_{esi})$$

$$F_h = S_a * M_{tot}$$

$$F_z = M_{tot} * g$$



INDICAZIONI PROGETTUALI

Comportamento uniforme isolatori: minimizzare effetti torsionali

Evitare trazioni

Analisi lineari sotto condizione

Verifiche SLD, SLV, SLC

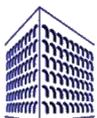
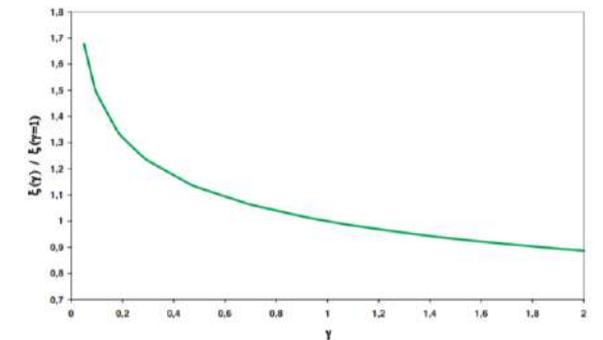
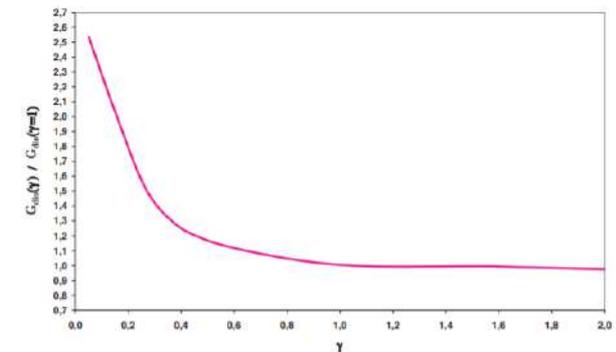
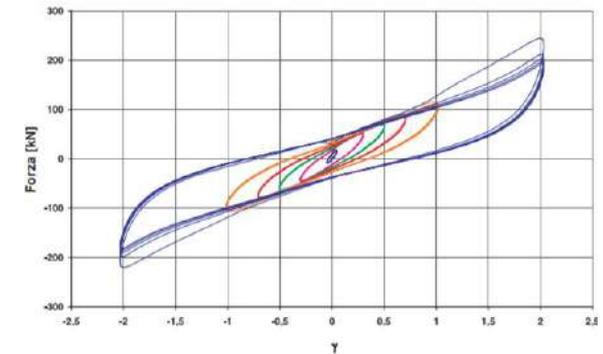
Analisi supplementari per tener conto della variabilità dei parametri

Garantire ispezionabilità, sostituzione, protezione

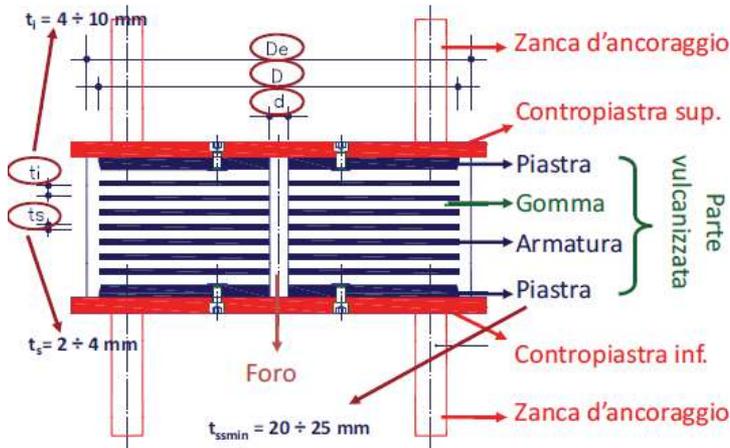
Qualificazione cap. 11.9 NTC2018

Tabella 11.9.IV

	Fornitura	Invecchiamento	Temperatura	Frequenza di prova
K_E	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$
K_V	-30%	-	-	-
ξ_c	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$



VERIFICHE ISOLATORI SLC

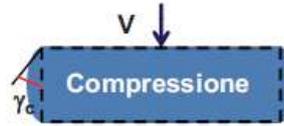


$$\gamma_s = \frac{d_E}{t_e}$$

Area ridotta:

$$A_r = (\varphi - \text{sen}\varphi) \cdot \frac{D^2}{4}$$

$$\varphi = 2 \cdot \arccos \frac{d_E}{D}$$



$$\gamma_c = \frac{1.5 \cdot V}{S_1 G_{din} A_r}$$



$$\gamma_\alpha = \frac{3\alpha \cdot D^2 / 4}{2t_e t_s}$$

$$\alpha = \sqrt{\alpha_x^2 + \alpha_y^2}$$

Deformazione di taglio per lo spostamento sismico totale:

$$\gamma_s \leq \gamma_{s,max}$$

$$\gamma_{s,max} = \gamma^* / 1.5 \leq 2$$

γ^* = valore massimo della deformazione di taglio raggiunto nelle prove di qualificazione relative all'efficacia dell'aderenza elastomero-acciaio, senza segni di rottura

Deformazione di taglio totale:

$$\gamma_t = \gamma_c + \gamma_s + \gamma_\alpha \leq \gamma_{t,max}$$

$$\gamma_{t,max} = 5$$

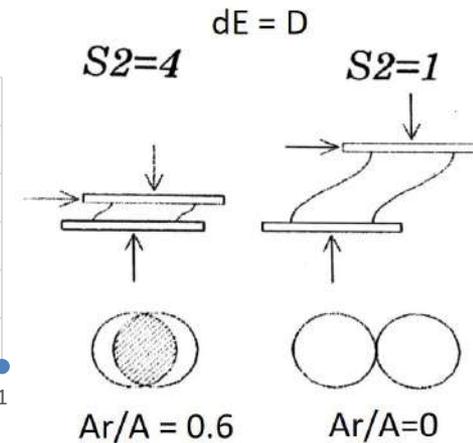
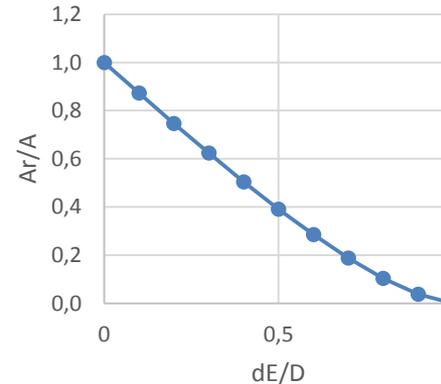
Verifica di stabilità

$$V \leq \frac{V_{cr}}{2}$$

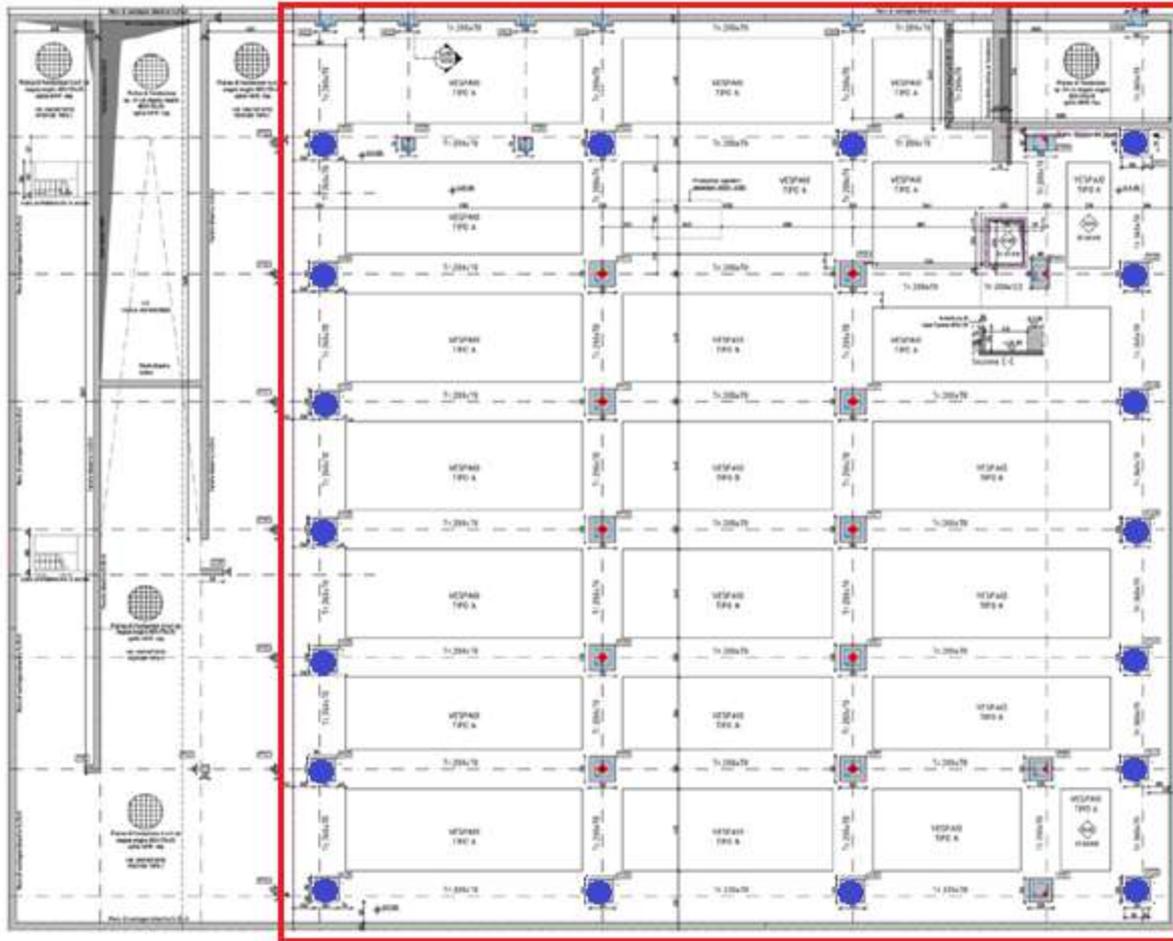
$$V_{cr} = \frac{GA_r S_1 D}{t_e}$$

Tensione degli inserti in acciaio:

$$\sigma_s = 1.3 \cdot V \cdot \frac{(t_1 + t_2)}{(A_r \cdot t_s)} \leq f_{yk}$$



SISTEMA DI ISOLAMENTO

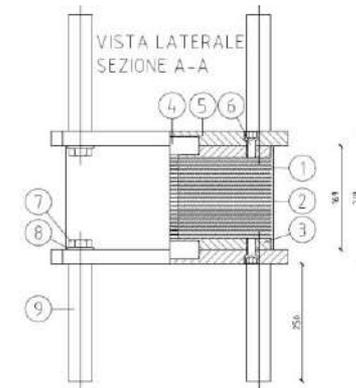
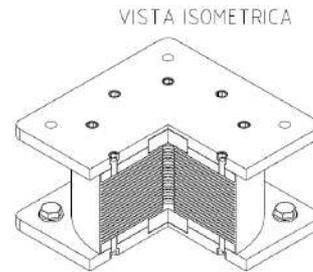
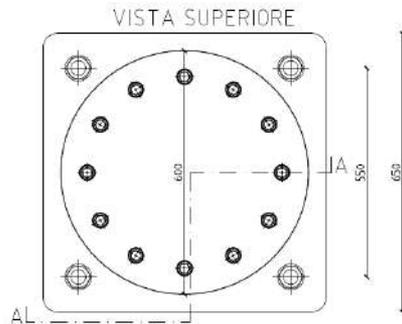
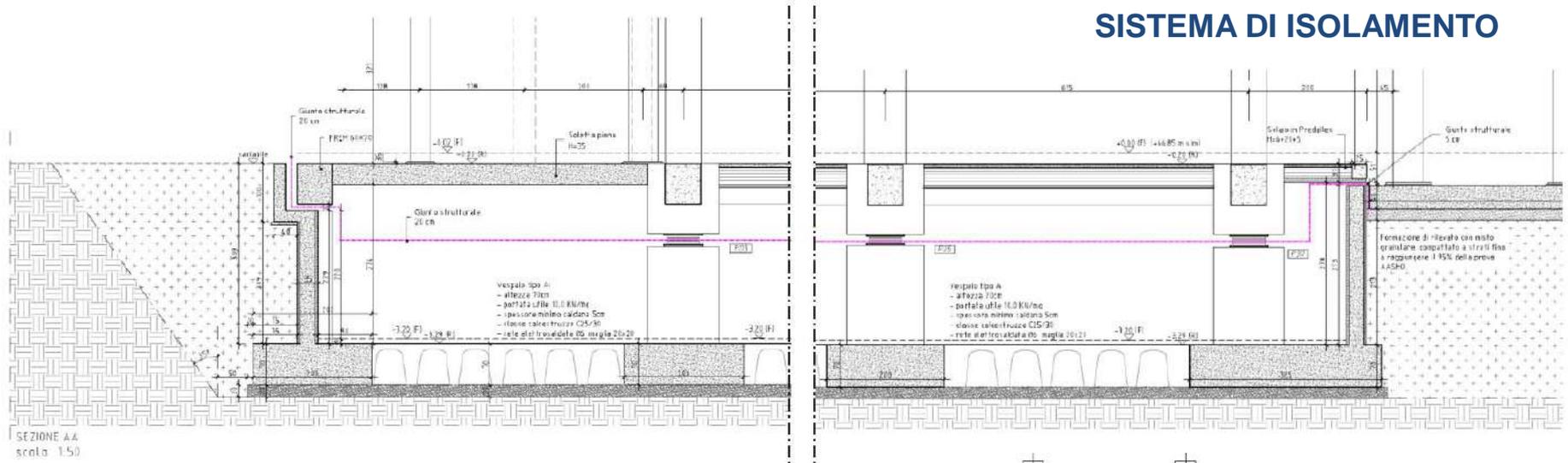


Legenda

-  APPOGGIO MULTIDIREZIONALE TIPO DLBC PL1600/150 - SU RINGROSSI 100X150 E PILASTRI 20X20
-  APPOGGIO MULTIDIREZIONALE TIPO DLBC PL1650/140 - SU PILASTRI 80X150 E PILASTRI 120X120
-  APPOGGIO MULTIDIREZIONALE TIPO DLBC PL11000/120 - SU PILASTRI 130X130
-  ISOLATORE ELASTOMERICO TIPO DLBC RM600/99 - SU PILASTRI 120X120 E PILASTRI 80X150

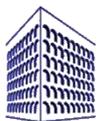


SISTEMA DI ISOLAMENTO

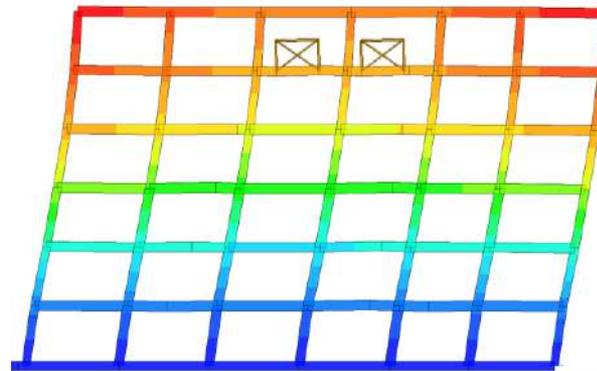
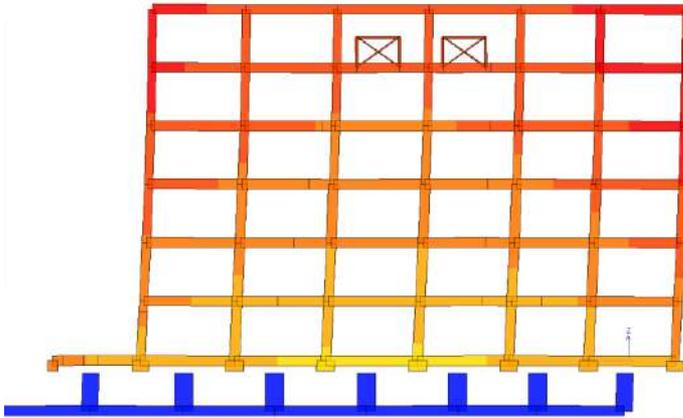


PRESTAZIONI ISOLATORE

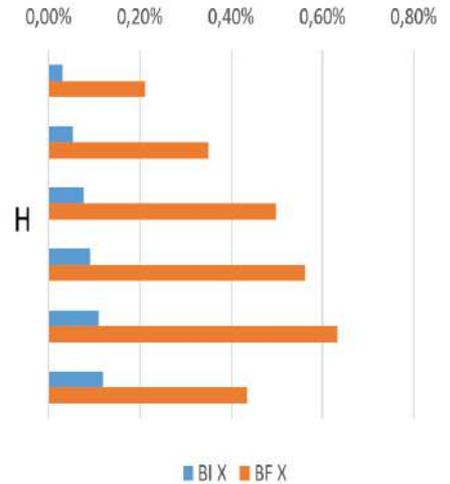
Modulo di taglio	Rigidezza orizzontale	Rigidezza orizzontale	Smorzamento	Spostamento sismico di progetto	Carichi verticali SLU	Carichi verticali sismici	Carico orizz. sis.
G	k_h	k_v	γ	θ_{Ed}	$N_{sd,max}$	$N_{Ed,max}$	H
MPa	kN/mm	kN/mm	%	mm	kN	kN	kN
1,4	$3,97 \pm 20\%$	$2292 \pm 30\%$	$15 \pm 20\%$	145	8190	5841	575



RISPOSTA - ANALISI DINAMICA LINEARE

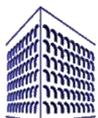
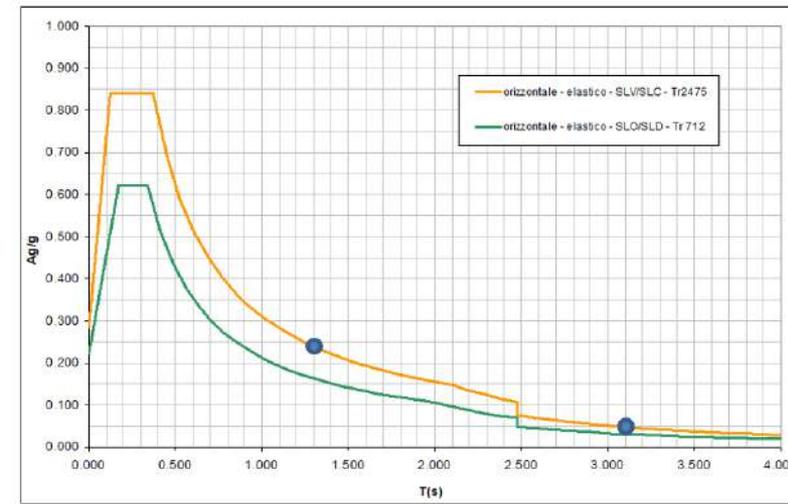


DRIFT X - SLO

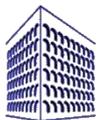
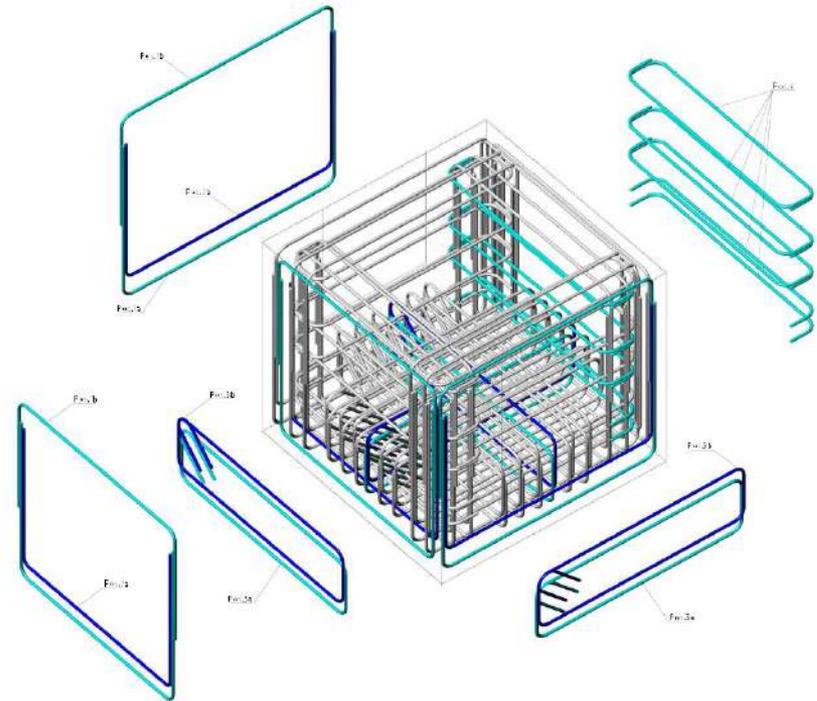
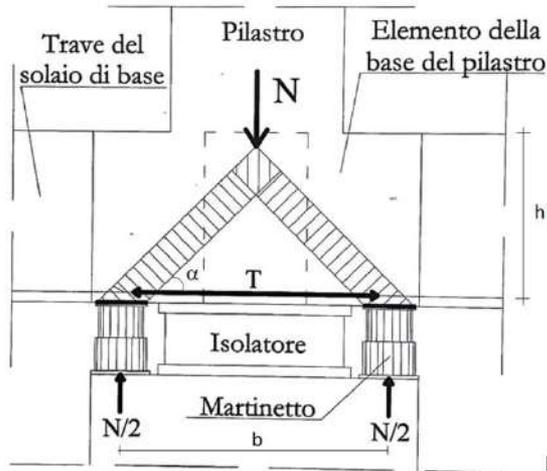
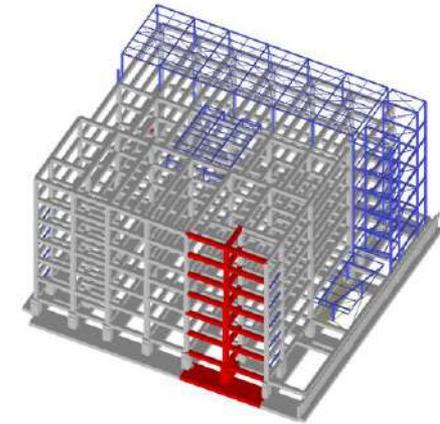
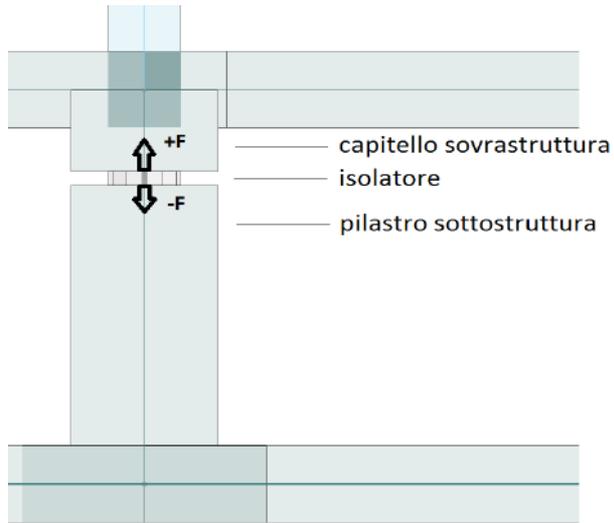


Modo	Frequenza Hz	Periodo sec	Acc. Spettrale g	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%
1	0.311	3.216	0.045	1.453e+07	96.3	1.688e+05	1.1	22.71	1.51e-04
2	0.320	3.122	0.047	2.130e+05	1.4	1.462e+07	96.9	1.16	7.70e-06
3	0.393	2.544	0.101	1.908e+05	1.3	2.077e+05	1.4	4.85	3.22e-05
4	0.999	1.001	0.310	0.53	3.49e-06	2183.10	1.45e-02	4.44e-03	0.0
5	1.189	0.841	0.370	1.887e+04	0.1	7.87	5.22e-05	98.56	6.53e-04
6	1.289	0.776	0.401	1.165e+05	0.8	38.14	2.53e-04	1001.51	6.64e-03

Modo	Frequenza Hz	Periodo sec	Acc. Spettrale g	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%
1	0.765	1.308	0.238	9.152e+06	61.1	7.055e+04	0.5	199.23	1.33e-03
2	0.865	1.157	0.269	2.517e+05	1.7	7.575e+06	50.6	70.63	4.72e-04
3	0.960	1.042	0.298	1.519e+05	1.0	7.039e+05	4.7	27.12	1.81e-04
4	1.038	0.963	0.323	4.782e+04	0.3	1.307e+06	8.7	9.51	6.35e-05
5	1.202	0.832	0.374	3.366e+04	0.2	10.05	6.71e-05	1.62	1.08e-05
6	1.390	0.720	0.433	2.49	1.66e-05	1.739e+04	0.1	0.04	0.0
7	1.390	0.719	0.433	0.17	1.13e-06	3202.48	2.14e-02	3.63e-03	0.0
8	1.391	0.719	0.433	5.61e-03	0.0	629.48	4.20e-03	1.18e-04	0.0
9	1.391	0.719	0.433	2.54e-03	0.0	410.74	2.74e-03	1.41e-06	0.0
10	1.397	0.716	0.435	1.44	9.64e-06	4540.31	3.03e-02	0.90	6.01e-06

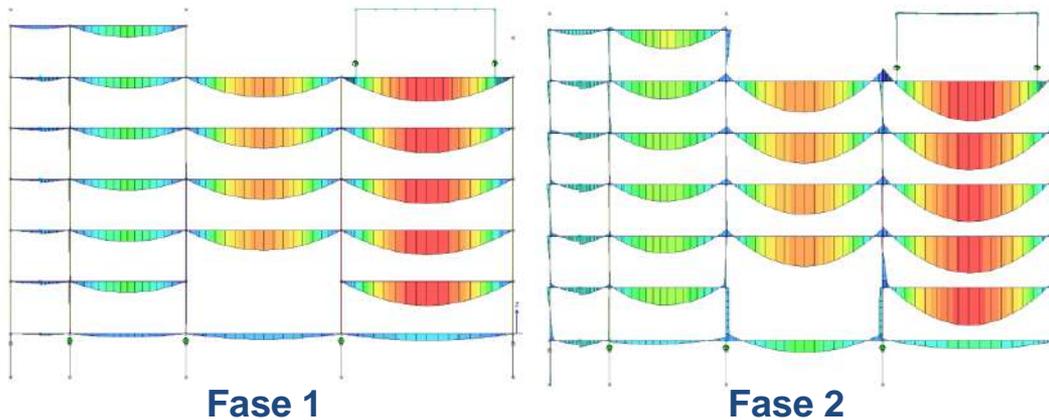


SOSTITUZIONE ISOLATORI

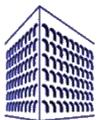
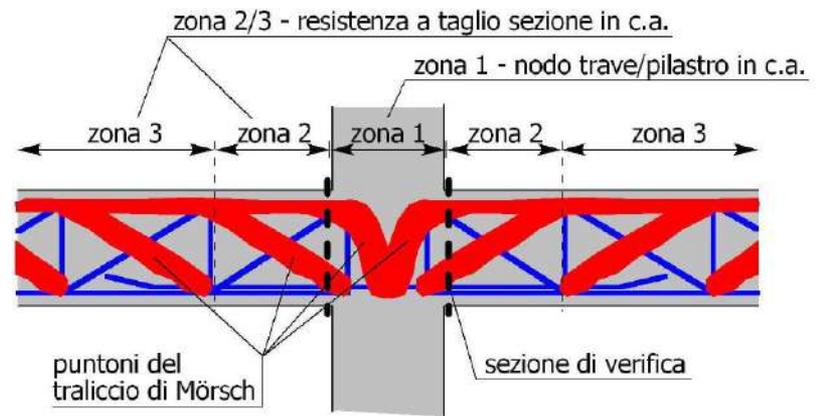
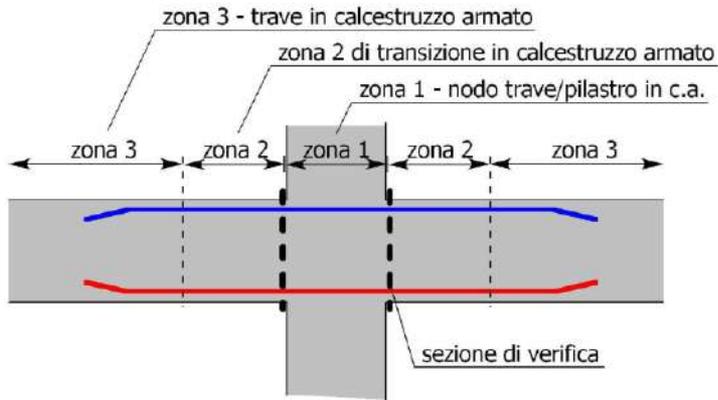
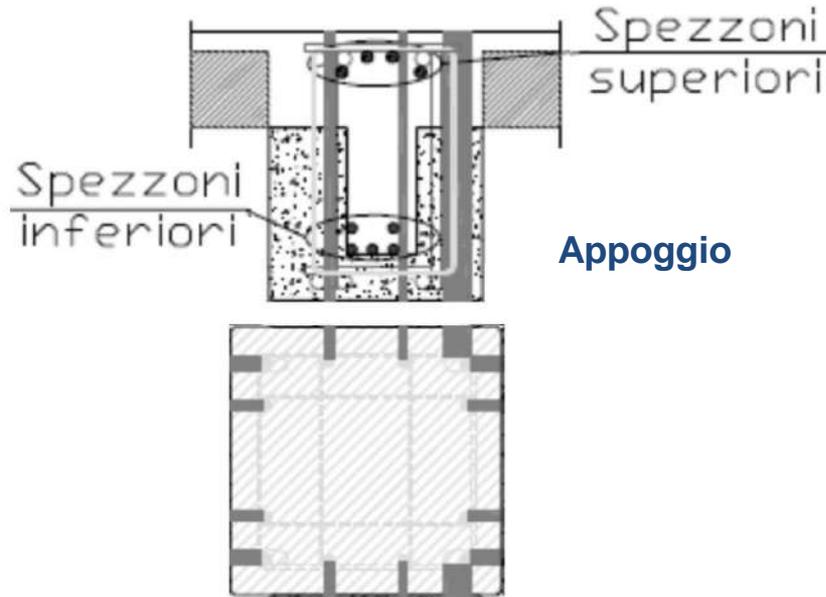
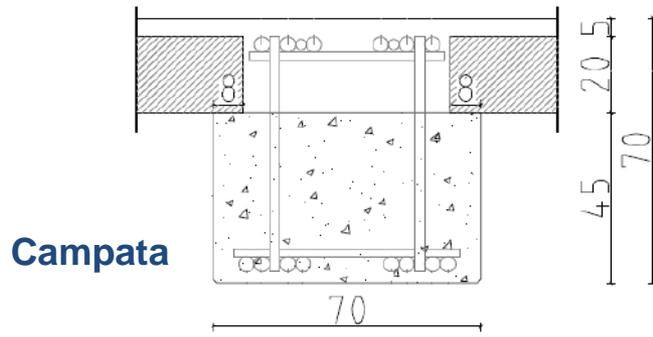


VANTAGGI PREFABBRICAZIONE

- RIDUZIONE TEMPI DI CANTIERE
- AUTOPORTANZA TRAVI
 - MINORE ATTREZZATURA DI CANTIERE
 - RIDUZIONE SOLLECITAZIONI ALLE ESTREMITA' DELLE TRAVI
 - RIDUZIONE DEFORMAZIONI VISCOSE
- PROGETTAZIONE GENERALE E PREFABBRICATI IN PARALLELO
- ALTA SPECIALIZZAZIONE
- QUALITA' COSTRUTTIVA



TRAVI PREM CAT. b



La progettazione dell'ampliamento della Facoltà di Medicina e Psicologia dell'Università Sapienza, presso l'Azienda Ospedaliera Sant'Andrea, col Sistema PREM ed isolatori sismici





GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ing. Diego Casertano

diego.casertano@gmail.com

3287560512

