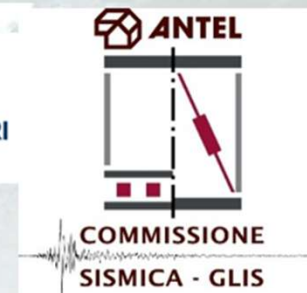


Organizzatori:



“Rischio sismico e prevenzione: scuole, ospedali ed altre strutture strategiche”

18 maggio 2026

Aula Magna del Campus di Matera, Università degli Studi della Basilicata

Isolamento o dissipazione: come scegliere la soluzione di adeguamento dell'esistente?

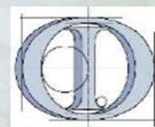
Prof.ssa Ing. Gloria Terenzi

**Coordinatrice Nazionale della Commissione Sismica-GLIS
di ANTEL**

Con il Patrocinio di:



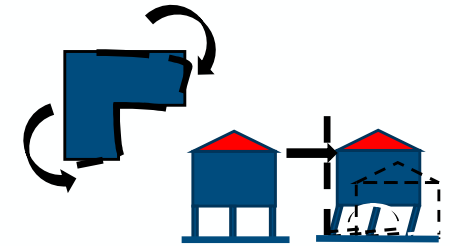
LARES ITALIA



L'edilizia esistente di epoca pre-normativa sismica

Problematiche di verifica in zona sismica:

1. Irregolarità della struttura in pianta ed in altezza;



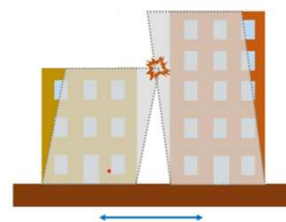
2. Eccesso di deformabilità della struttura non dotata di presidi di resistenza alle azioni orizzontali;



3. Insufficiente resistenza ad azioni di taglio e flessione/presso-flessione;

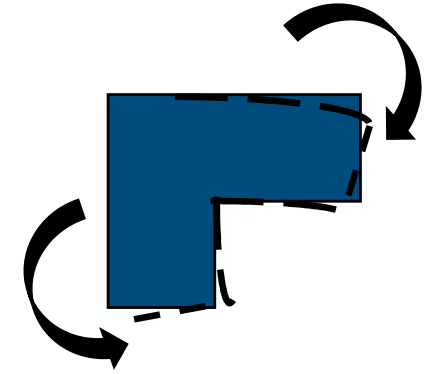


4. Martellamento strutturale.



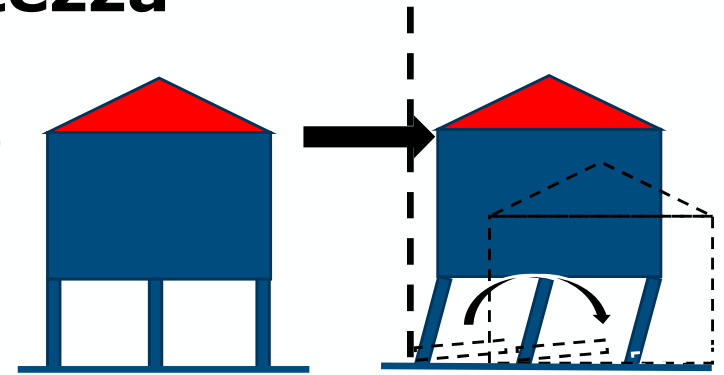
Irregolarità della struttura in pianta

Terremoto dell'Aquila del 6 aprile 2009 (M_w 6.3)
Collasso della Casa dello studente



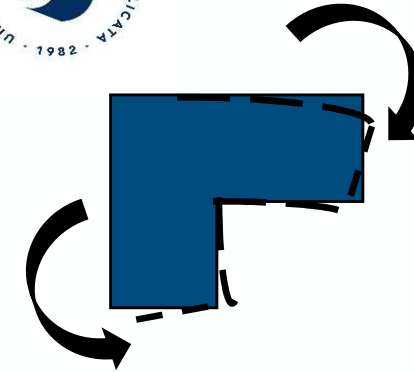
Irregolarità della struttura in altezza

Terremoto dell'Aquila del 6 aprile 2009 (M_w 6.3)



Soluzioni d'intervento

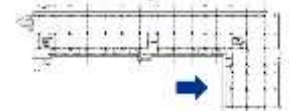
Irregolarità in pianta



1. Creazione di giunti (non semplice da realizzare nell'edilizia esistente per evitare il martellamento strutturale).
2. Isolamento alla base, preferibilmente con **isolatori pendolari** o con un **sistema misto di apparecchi d'appoggio e dispositivi ausiliari elastico-dissipativi ricentranti**.

Edificio ad uso residenziale a Sesto Fiorentino (Firenze)

Sede della «Fratellanza Popolare e Croce d'Oro» di Grassina (Firenze)





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DICEA
DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA CIVILE
E AMBIENTALE



ORDINE
INGEGNERI
PROVINCIA
DI POTENZA



ORDINE ING.
DI MATERA



Terremoti e Prevenzione
Vulnerabilità sismica ed interventi di mitigazione a Firenze ed in Toscana

Nuove realizzazioni con isolamento alla base Edificio ad uso residenziale a Sesto Fiorentino (FI)

Mostra Terremoti e Prevenzione

Edificio ad uso residenziale
Sesto Fiorentino (FI)

Progettazione strutturale



L'edificio, sito nel Comune di Sesto Fiorentino, fa parte di un progetto di edilizia popolare sovvenzionata realizzato da Casa S.p.A. nella provincia di Firenze e comprende 26 appartamenti in affitto di varie dimensioni. E' composto da quattro strutture indipendenti in calcestruzzo armato, separate tra loro da tre giunti di dilatazione termica. La pianta è ad "L" con dimensioni di circa 75 m in direzione longitudinale e circa 30 m in quella trasversale. Queste caratteristiche identificano la struttura come il più grande esempio di "impalcato mobile" isolato mai realizzato in Italia.

Il sistema d'isolamento consiste in 59 dispositivi pendolari a doppia curvatura (DCSS) di cui 14 del tipo FIP-D130/400 (2535) e 45 del tipo FIP-D130/400 (2535).

Il progetto è stato effettuato secondo le Norme Tecniche nazionali NTC 2008 e relativa Circolare applicativa n. 617 del 2009.

Oltre alle analisi effettuate con una famiglia di accelerogrammi spettrocompatibili, è stata condotta una verifica della risposta dell'edificio isolato alla componente reale NS AQK del terremoto dell'Aquila del 2009. I risultati ottenuti in tal caso in termini di spostamento alla base hanno consentito di stimare l'adeguatezza degli isolatori prescelti, nonché di provare come la sovrastruttura possa subire solo un singolo evento di spostamento inter piano vemente superiore a quello normativamente stabilito me corrispondente allo Stato Limite di Danno (SLD).

La soluzione di isolamento della base garantisce costi inferiori, prestazioni di gran lunga superiori e un aspetto architettonico più fine rispetto ad un tradizionale design sismico a base fissa.

The building is situated in Sesto Fiorentino, in the neighbourhood of Florence. It is part of a subsidized public housing programme developed by Casa S.p.A. in the province of Florence, and includes 26 flats of various dimensions. The building is composed of four independent reinforced concrete framed structures, mutually separated by three thermal expansion joints. The plan is L-shaped, with dimensions of about 75 m in the longitudinal direction and about 30 m along the longest side of the transversal section. These characteristics identify the structure as the largest example of a base-isolated "artificial ground" ever built in Italy at the time of its construction.

The base isolation system consists of 59 DCSS isolators, 14 of which are of FIP-D130/400 (2535) type, whereas the other 45 are FIP-D130/400 (2535).

In addition to the standard verification analyses carried out with a set of normative accelerograms, base displacement demand was successfully checked by means of a complementary time-history investigation developed with the real near-fault NS AQK component of 2009 L'Aquila earthquake as input. The response of the superstructure was positively checked too, showing only a single peak tertiary drift greater than the maximum drifts computed with the most demanding MCE-scaled (Maximum Considered Earthquake) normative accelerogram, to which corresponds no structural damage on the main members.

The base isolation solution guarantees lower costs, a much better performance and a finer architectural look, as compared to a conventional fixed-base anti-seismic design.



Predisposizione sul bagnolo dei fori per l'alloggiamento dei perni d'ancoraggio dell'isolatore, movimentazione

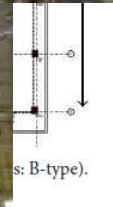


Immagine relative alle tubazioni dell'impianto idrico all'interfaccia, e di due colonne prima e dopo la realizzazione di un carter di protezione degli isolatori

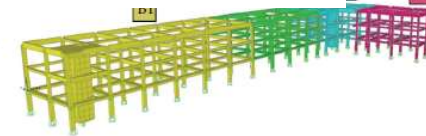
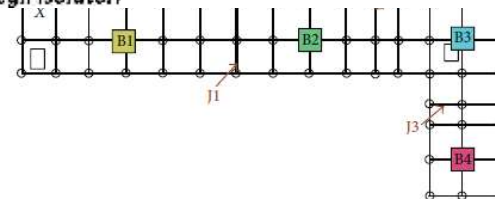


FIGURE 2: Numbering of the blocks (B1-B4) constituting the multiple building and relevant separation joints (J1-J3).

Firenze, Prof. Stefano Sorace. Poster redatto con la scia, Ing. Giulia Mazzieri

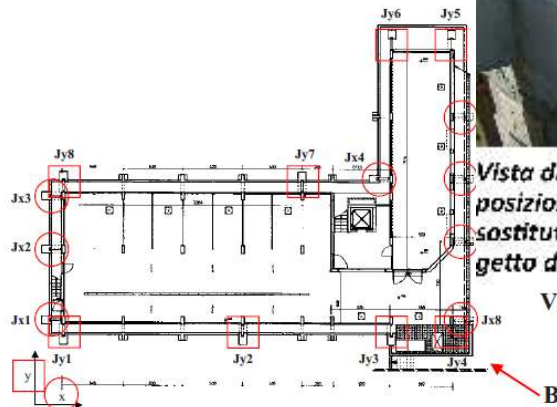
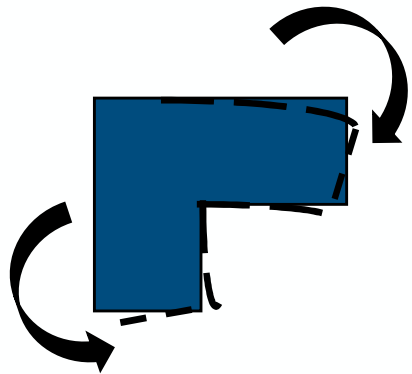
Nuove realizzazioni con isolamento alla base

Sede della "Fratellanza Popolare e Croce d'Oro" di Grassina (FI)

Da un secolo, oltre.

Mostra Terremoti e Prevenzione

Sede della «Fratellanza Croce d'Oro» di Grassina



Vista di una delle dime d'acciaio posizionate come distanziatori sostitutivi dei dispositivi FV, prima del getto dell'impalcato mobile



Progettazione strutturale



L'edificio ha una struttura a telaio con tre impalcati fuori terra e pianta ad "L". Nel caso di progettazione tradizionale in zona sismica tale geometria avrebbe richiesto la suddivisione della struttura in due parti ortogonali e l'introduzione di setti sistemati. La soluzione adottata ha consentito di evitare sia la suddivisione della struttura che l'introduzione di poderose pareti. Il sistema adottato è il primo realizzato al mondo di questo tipo e consiste in 16 dispositivi fluido-viscosi (FV), disposti lungo il perimetro dell'edificio in modo da minimizzare la differenza tra il centro di massa e il centro di rigidezza della struttura. In ogni pilastriatura sono stati posizionati i dispositivi su una superficie piana in acciaio PTFE.

La normativa di riferimento per il progetto è l'Ordinanza Ministeriale 3053/2002. Le azioni sismiche considerate hanno intensità $A_0 = 0,12$ g (azione di base), $A_1 = 0,30$ g (evento base), $A_2 = 0,45$ g (evento considerato). L'analisi sismica è stata effettuata in modo da verificare, da parte del progettista, il comportamento elastico anche per azioni di base. L'assenza di componenti torsionali sulle pareti e la sostanziale coincidenza dei centri di massa e di rigidezza, e dall'assenza di componenti miste di base, consentono di verificare che i dispositivi non raggiungono il loro fine-corsa, e di verificare l'esplicita agguirte proprietà dissipative anche per azioni di base.

In un'area a rischio sismico, una struttura a telaio con tre impalcati fuori terra e pianta ad "L" di tradizionale concezione in zone sismiche, avrebbe richiesto la suddivisione della struttura in due parti ortogonali e l'introduzione di pareti di taglio.

La soluzione adottata ha consentito di evitare sia la suddivisione della struttura che l'introduzione di poderose pareti. Il sistema adottato è il primo realizzato al mondo di questo tipo e consiste in 16 dispositivi fluido-viscosi (FV), disposti lungo il perimetro dell'edificio in modo da minimizzare la differenza tra il centro di massa e il centro di rigidezza della struttura. In ogni pilastriatura sono stati posizionati i dispositivi su una superficie piana in acciaio PTFE.

L'analisi sismica è stata effettuata in modo da verificare, da parte del progettista, il comportamento elastico anche per azioni di base. L'assenza di componenti torsionali sulle pareti e la sostanziale coincidenza dei centri di massa e di rigidezza, e dall'assenza di componenti miste di base, consentono di verificare che i dispositivi non raggiungono il loro fine-corsa, e di verificare l'esplicita agguirte proprietà dissipative anche per azioni di base.

La normativa di riferimento per il progetto è l'Ordinanza Ministeriale 3053/2002. Le azioni sismiche considerate sono: $A_0 = 0,12$ g (azione di base), $A_1 = 0,30$ g (evento base), $A_2 = 0,45$ g (evento considerato). L'analisi sismica è stata effettuata in modo da verificare, da parte del progettista, il comportamento elastico anche per azioni di base. L'assenza di componenti torsionali sulle pareti e la sostanziale coincidenza dei centri di massa e di rigidezza, e dall'assenza di componenti miste di base, consentono di verificare che i dispositivi non raggiungono il loro fine-corsa, e di verificare l'esplicita agguirte proprietà dissipative anche per azioni di base.

FV devices don't reach their available stroke also for MCE-scaled actions, which enable them to dissipate additional energy for seismic action with even greater intensity.



Vista di un dispositivo durante la fase di completamento della sovrastruttura



Vista di un dispositivo durante la fase di completamento della sovrastruttura



Vista di un dispositivo durante la fase di completamento della sovrastruttura



Gruppo di lavoro: DPd Delogu Pettini Architetti Associati, Prof. Stefano Sorace, Prof.ssa Gloria Terenzi. Poster redatto con la collaborazione di: Ing. Caterina Bazzani, Ing. Iacopo Costoli, Ing. Elena Fuso, Ing. Giulia Mazzieri

OPCM-3431 (2005), Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico di edifici esistenti; S. Sorace, G. Terenzi, F. Magonette, F. J. Molina (2008), Experimental investigation on a base isolation system for buildings with irregular geometry and torsion.

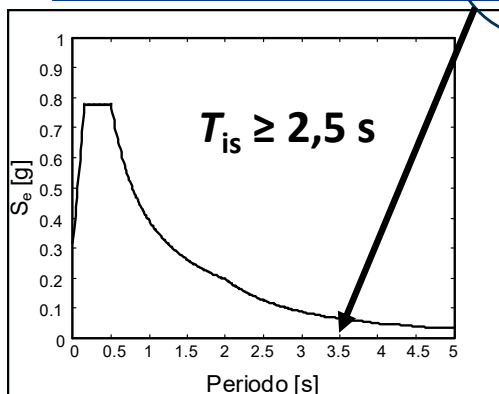
APPROCCIO ENERGETICO ALLA PROGETTAZIONE DI INTERVENTI

LS3/LS4

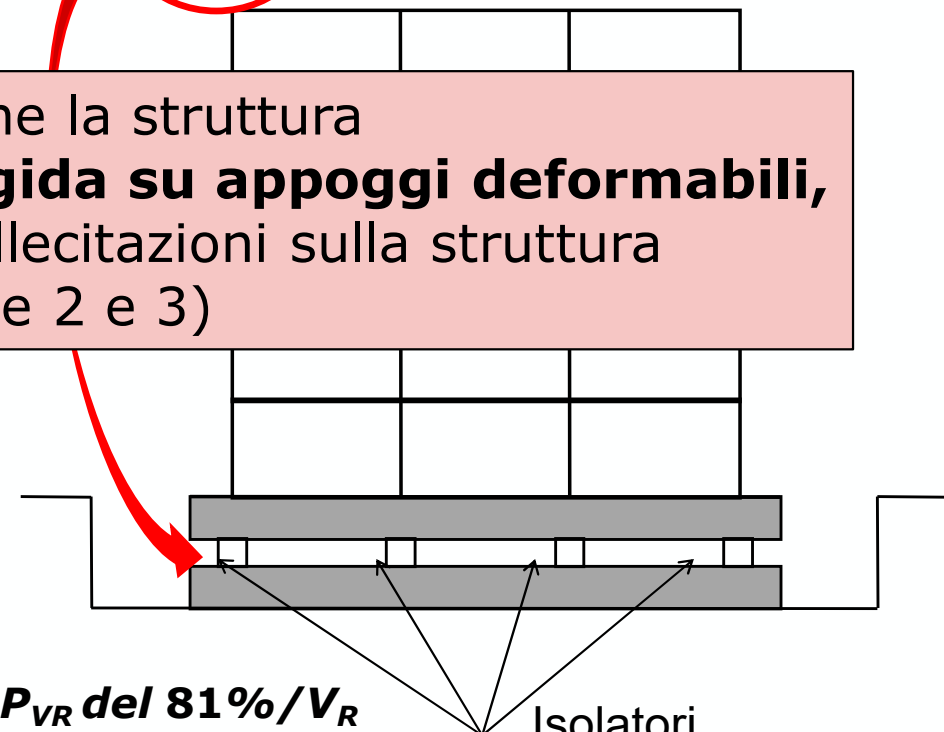
$$E_k + E_\xi + E_s + E_h = E_i$$

Con questa soluzione la struttura
deve comportarsi come massa rigida su appoggi deformabili,
per cui vengono mitigate le sollecitazioni sulla struttura
(Problematiche 2 e 3)

$$E_k + E_\xi + E_s = E_i$$



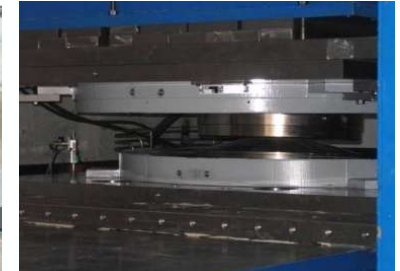
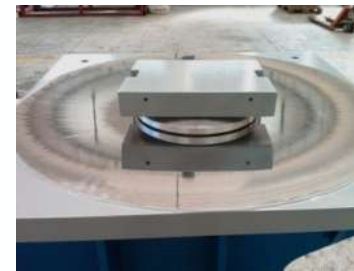
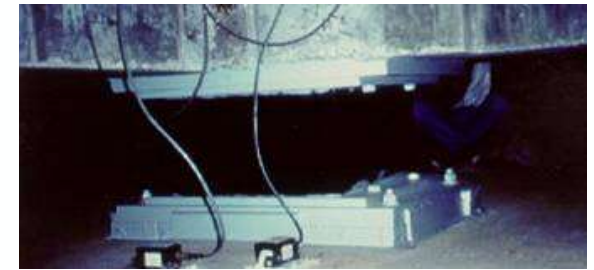
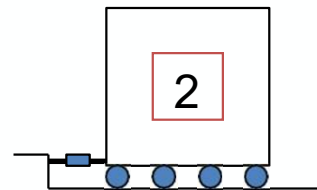
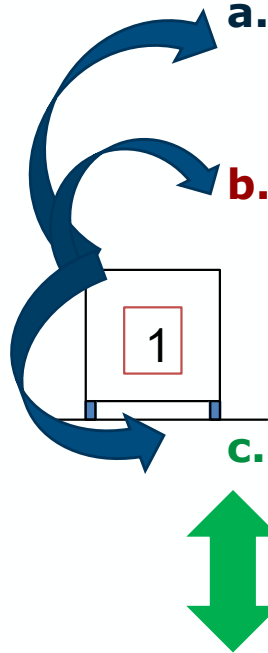
- LS1** → azioni con P_{VR} del 81%/V_R
- LS2** → azioni con P_{VR} del 63%/V_R
- LS3** → azioni con P_{VR} del 10%/V_R
- LS4** → azioni con P_{VR} del 5%/V_R



Soluzioni d'intervento

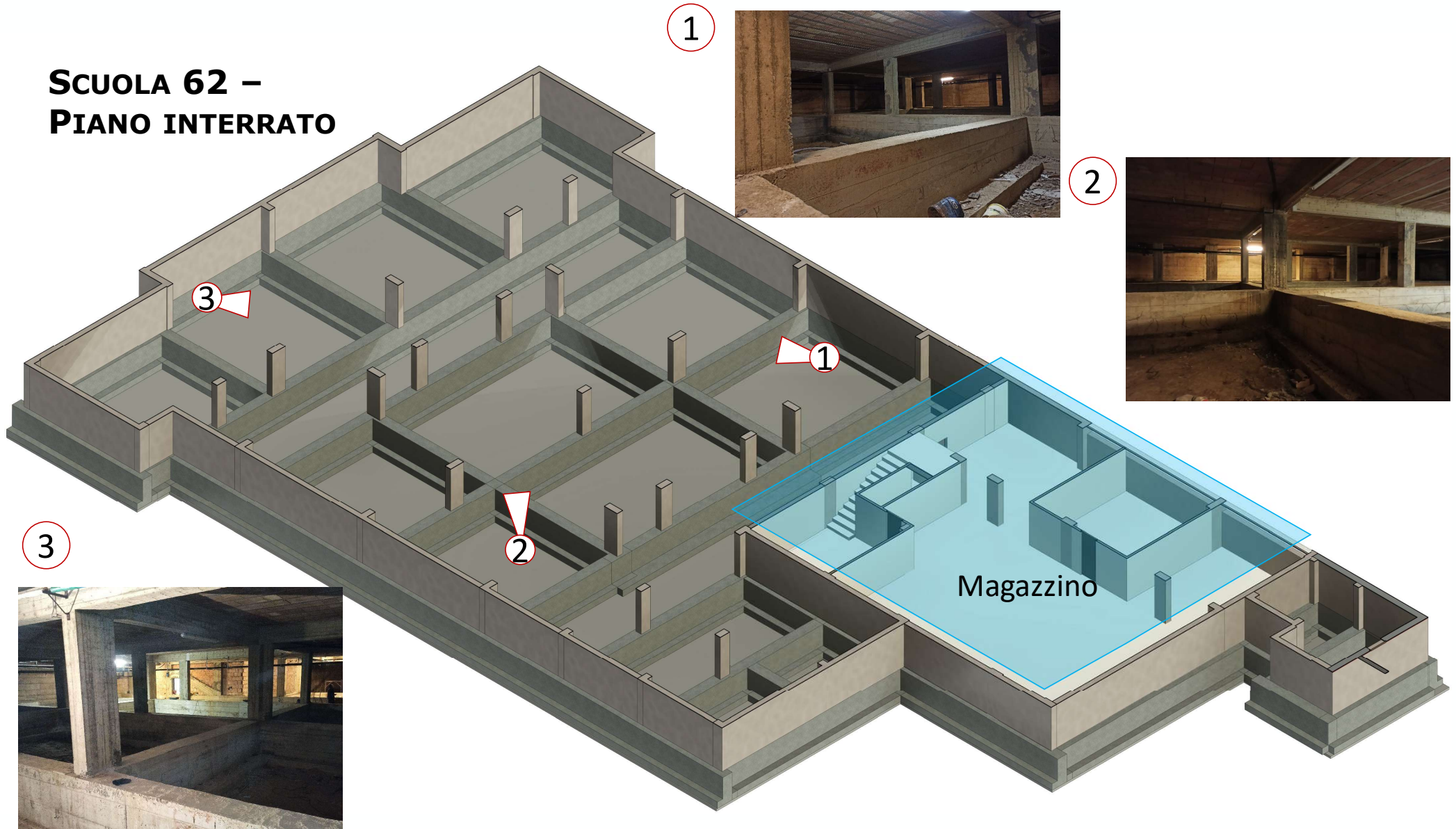
PRINCIPALI TIPOLOGIE DI SISTEMI D'ISOLAMENTO

- a. HDRB ("High Damping Rubber Bearings");
LRB ("Lead Rubber Bearings") –
preferibilmente edifici regolari**
- b. HDRB o LRB + Appoggi scorrevoli
(generalmente in acciaio-PTFE)
preferibilmente edifici regolari**
- c. CSS ("Concave Sliding Surfaces")**
- d. Appoggi scorrevoli + Dissipatori di vari tipi
(ponti e un primo edificio)**



RIDUZIONE DELLE SOLLECITAZIONI PER ISOLAMENTO ALLA BASE

SCUOLA 62 – PIANO INTERRATO



RIDUZIONE DELLE SOLLECITAZIONI PER ISOLAMENTO ALLA BASE



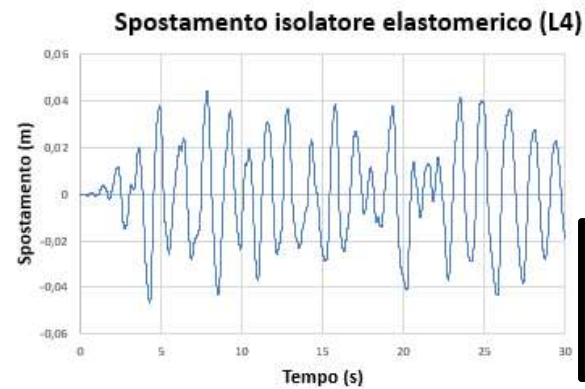
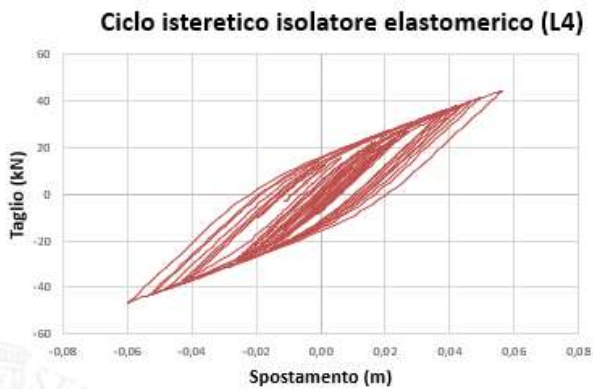
L'intervento può essere effettuato senza far sgomberare la struttura



**SCUOLA 62 –
PIANO INTERRATO**

**Intensità sismica
massima MCE (LS4)**

**Indice di
vulnerabilità sismica**



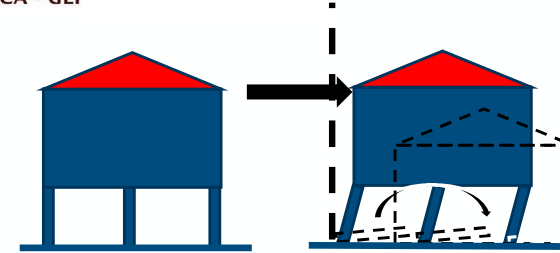
$I > 1$



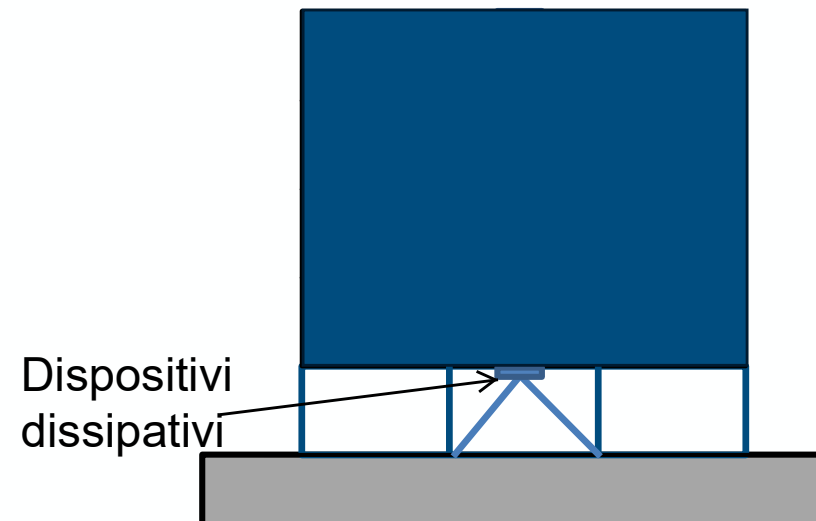
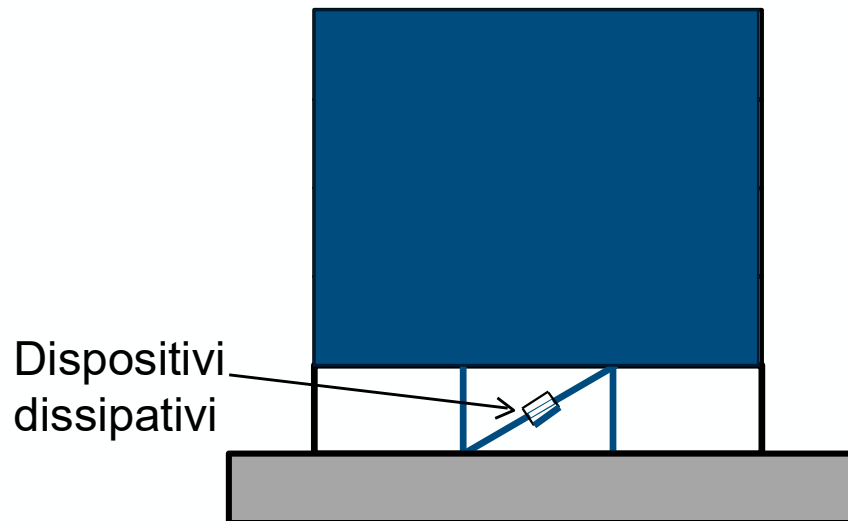
**LS4
ADEGUAMENTO SISMICO**

Soluzioni d'intervento

Irregolarità in altezza



1. Rinforzo dei pilastri del piano sofficce; inserimento di setti o controventi tradizionali per il **miglioramento sismico**;
2. Isolamento alla base, se esiste un piano interrato, oppure **controventamento dissipativo per l'adeguamento sismico**.



APPROCCIO ENERGETICO ALLA PROGETTAZIONE DI INTERVENTI

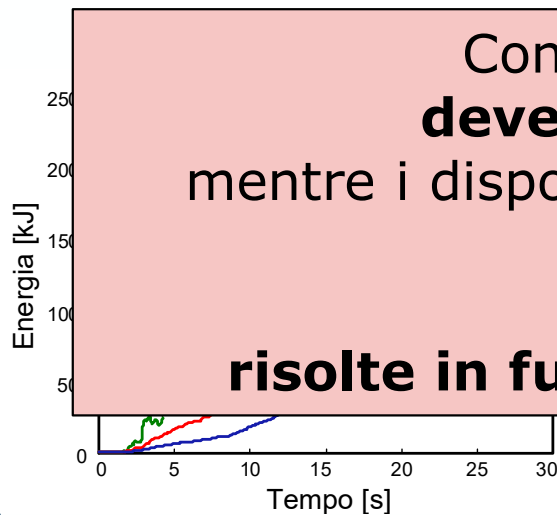
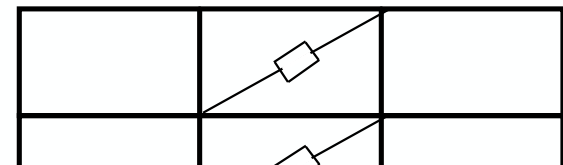
LS3/LS4



SLO/SLD

evitare il danno

$$\cancel{E_k} + E_{\xi} - \cancel{E_s} + E_h = E_i$$



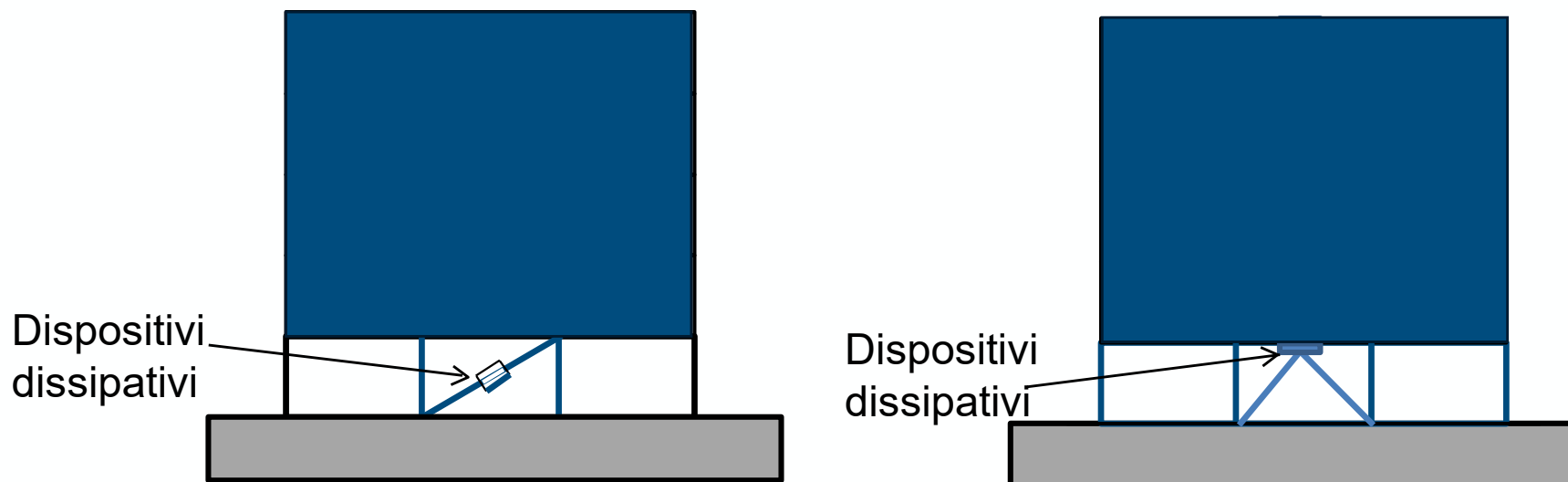
Con questa soluzione la struttura **deve rimanere in campo elastico** mentre i dispositivi devono dissipare la maggior parte dell'energia in ingresso.
(Problematiche 2 e 3 risolte in funzione della scelta dei dispositivi)

$$E_{\xi, \text{mod}}^f + E_{\xi, \phi, h, \text{sup}}^f = E_i^f$$

Soluzioni d'intervento

Problematiche

1. Che tipo di dispositivo scegliere;
2. come dimensionarli;
3. dove disporli per avere il **massimo beneficio** (riduzione della risposta), **la minima interferenza** con la fruizione della struttura e dei costi di installazione.



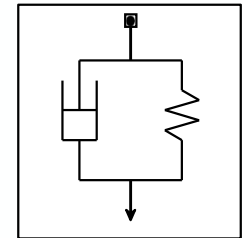
✓ **Che tipo di dispositivo scegliere.....**

A) Dispositivi ricentranti come: SMA, Fluido-viscosi pressurizzati, ad Attrito con molle in parallelo....

$$ma(t) + cv(t) + f_d(t) + kx(t) + f_e(t) = -ma_g(t)$$

**Contributo
dissipativo**

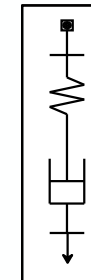
**Contributo
elastico**



B) Dispositivi non ricentranti come: Fluido-viscosi ad orifizi, Solidi Visco-elastici, Metallici

$$ma(t) + cv(t) + kx(t) + f_{ed}(t) = -ma_g(t)$$

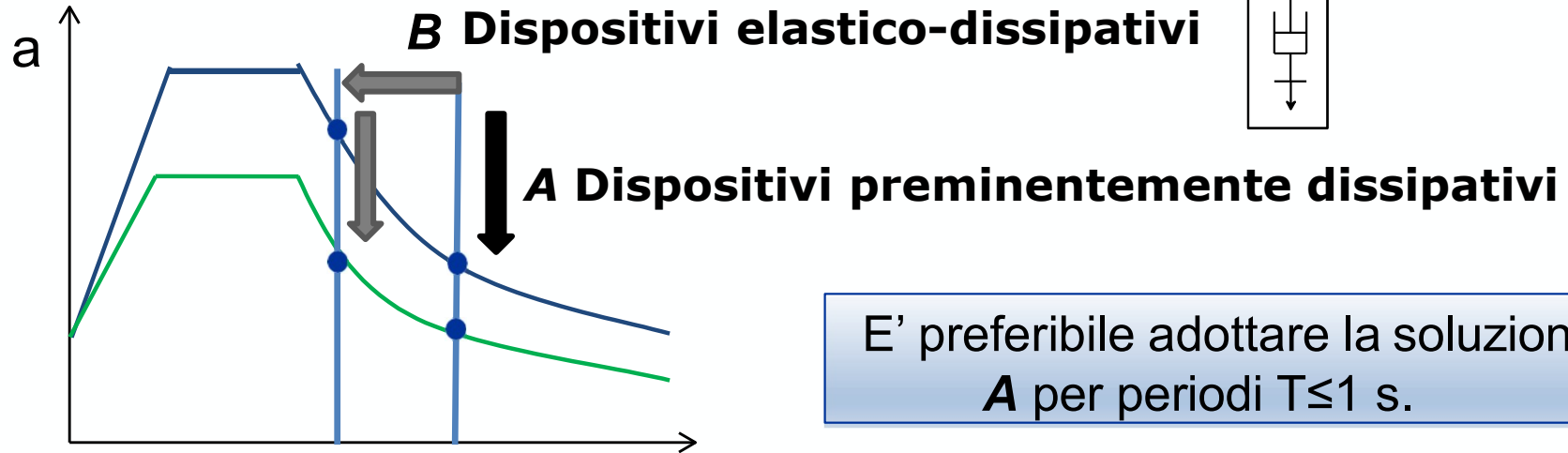
Contributo elastico-dissipativo



Terenzi Gloria, Sorace Stefano, Costoli Iacopo, Fuso Elena (2021). L'approccio energetico per la protezione sismica delle strutture, 39° convegno GNGTS, 22-24 giugno 2021.



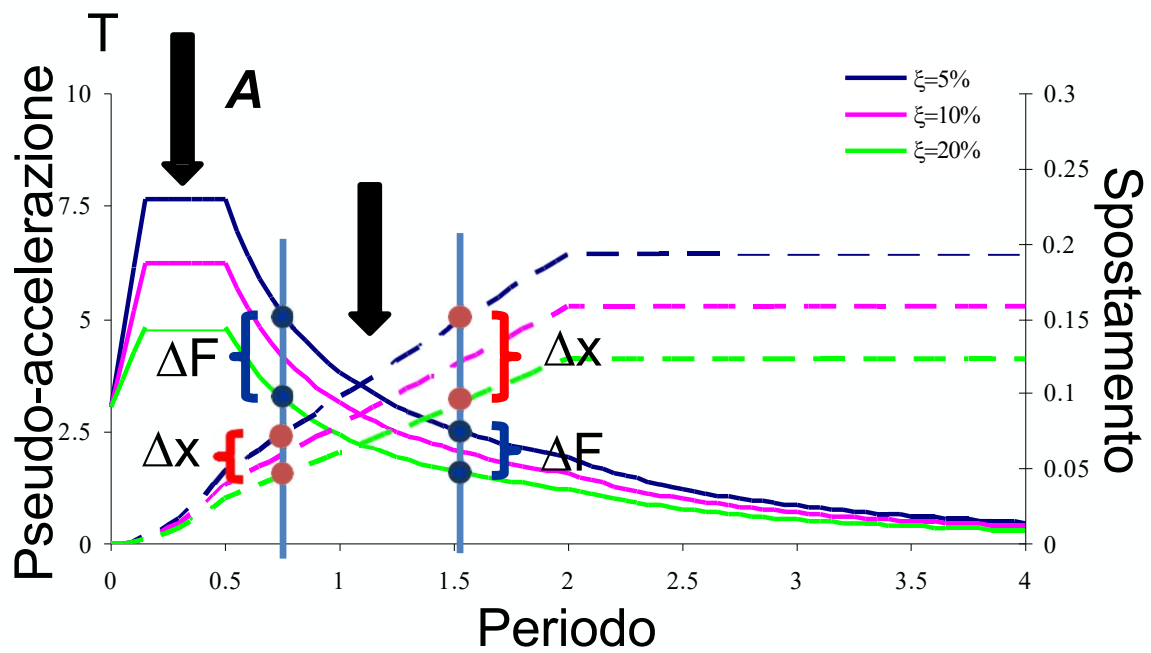
✓ **Che tipo di dispositivo scegliere.....**



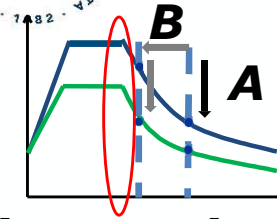
E' preferibile adottare la soluzione A per periodi $T \leq 1$ s.

$T < 1$ s $\rightarrow \Delta F \gg \Delta x$

$T > 1$ s $\rightarrow \Delta x \gg \Delta F$



✓ Che tipo di dispositivo scegliere.....



Non di tipo B se la struttura è molto rigida (T prossimo a T_c)

Scenari di danno rilevato in occasione della scossa del 3/11/2016 dovuto alla scossa di $M = 4.8$ (epicentro a Pieve Torrina - MC), successive alla scossa principale del 30/10/2016 $M=6.5$ (epicentro in prossimità di Norcia)





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DICEA
DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA CIVILE
E AMBIENTALE



ORDINE
INGEGNERI
PROVINCIA
DI POTENZA



ORDINE INGEGNERI
DI MATERA



Terremoti e Prevenzione

Vulnerabilità sismica ed interventi di mitigazione a Firenze ed in Toscana

Interventi di adeguamento con controventi dissipativi

Adeguamento sismico del Palazzo dell'ex Pretura di Borgo S. Lorenzo (FI)

Mostra Terremoti e Prevenzione

Intervento di adeguamento del palazzo dell'«ex Pretura» di Borgo San Lorenzo (FI)
Studio Giovannardi & Rotini

Descrizione della struttura prima dell'intervento



Il progetto dell'edificio risale al 1969 benchè la sua costruzione sia stata conclusa nel 1976. Successivamente alla soppressione della Pretura è divenuto di proprietà dell'Amministrazione comunale di Borgo San Lorenzo, rimanendo a lungo inutilizzato. Oggi ospita una scuola al piano terra, ed una sezione distaccata dell'Università di Firenze al primo piano.

The design of the building dates back to 1969, although its construction was completed in 1976. Bought by the Municipality of Borgo San Lorenzo, it was unused for a long time.

It houses a school on the ground floor, and a detached of the University of Florence on the first.



La struttura è strutturalmente composta da due zone distinte ma unite. Di esse la prima è caratterizzata da telai in calcestruzzo armato e solai latero-cementizi, mentre l'altra è costituita da pilastri isolati e solai in calcestruzzo armato con nervature a losanga.

L'intervento è consistito nel rinforzo di pochi pilastri con armature basse proprietà di resistenza nei confronti dei carichi verticali e nella creazione di 16 maglie di controvento dissipativo includenti dispositivi viscosi pressurizzati.

L'installazione delle maglie di controvento nella zona di collegamento con i pilastri isolati ha richiesto la realizzazione di telai in acciaio.



La struttura è composta da due zone distinte, senza giunti di sezione, la prima di cui è caratterizzata da R/C e solai costituiti da R/C e travi con R/C e solai in calcestruzzo armato con nervature a losanga.

L'intervento ha riguardato il rinforzo di alcuni pilastri con armature basse e la creazione di 16 maglie di controvento includenti dispositivi viscosi pressurizzati.

L'installazione del sistema di controvento nella zona di collegamento con i pilastri isolati ha richiesto la costruzione di alcuni telai in acciaio.

Dettagli esterni ed interni di realizzazione dei controventi

L'edificio oggi



L'intervento ha consentito d'innalzare l'intensità del sisma tale da provocare condizioni di minimo danno sulla costruzione, passando da 0,13 g a 0,284 g.

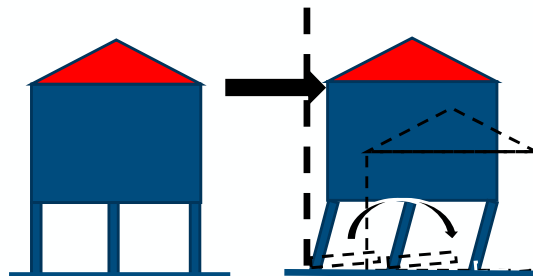
Per consentire una fruizione in sicurezza della struttura da parte degli utenti, sono stati realizzati specifici presidi che servono anche a salvaguardare i delicati dettagli strutturali.

The intervention allowed to increase from 0.13 g to 0.284 g the maximum intensity of the earthquake that induces a first-level damage on the structure.

In order to allow users to live and work safely in the building, special protections were installed on the most important structural details.

Presidi di sicurezza allestiti per la fruizione dell'edificio e per la salvaguardia dei dettagli strutturali

Gruppo di lavoro: Studio Giovannardi e Rotini, Prof. Stefano Sorace, Prof.ssa Gloria Terenzi. Poster redatto in collaborazione con: Ing. Caterina Bazzani, Ing. Iacopo Castoli, Ing. Giulia Mazzieri



✓ **Come dimensionarli.....**

Metodi di progetto

Approcci progettuali per duttilità (iterativi):
la duttilità μ acquisita dalla struttura grazie all'introduzione dei dispositivi porta alla definizione dello smorzamento equivalente ξ_{esi} e di tutti gli altri parametri progettuali

$$\mu, \xi_{esi}$$

Approcci progettuali di tipo energetico (non iterativo): l'energia di dissipazione E_D è stimata come una prestabilita percentuale dell'energia in ingresso, E_I

$$E_D, E_I$$

Approccio energetico



$$\beta E_I = E_D$$

✓ **Come dimensionarli..... (dispositivi di Tipo A)**

Approccio progettuale di tipo energetico (non iterativo)

$$\beta E_I = E_D$$

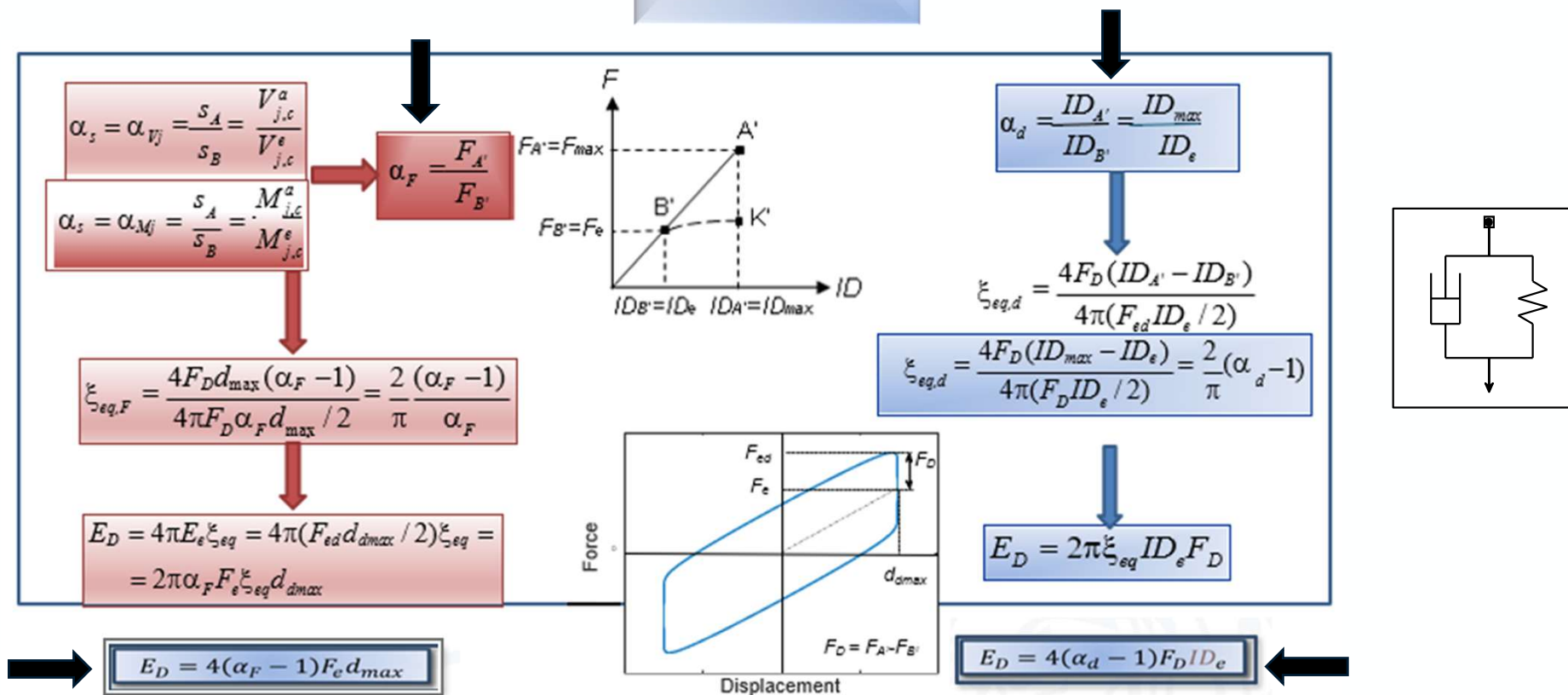


Diagramma di flusso della procedura di dimensionamento dei dispositivi FV pressurizzati

Terenzi Gloria (2018). Energy-based design criterion of dissipative bracing systems for seismic retrofit of framed structures. Applied Sciences 8(2), 0268_1-22; ISSN 2076-3417, DOI:10.3390/app8020268.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DICEA
DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA CIVILE
E AMBIENTALE



ORDINE
INGEGNERI
PROVINCIA
DI POTENZA



ORDINE INGEGNERI
DI MATERA



COMMISSIONE
SISMICA - GLI



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

✓ Come dimensionarli..... (dispositivi di Tipo B)



sismicaglis@antelitalia.it

Corso di formazione professionale sovraterritoriale

CONOSCERE ED APPLICARE LE TECNOLOGIE AVANZATE DI PROTEZIONE SISMICA DELLE COSTRUZIONI

Coordinatore scientifico del corso: Prof.ssa Ing. Gloria Terenzi

Ordini partner: Asti (capofila), Ancona, Bari, Bologna, Cosenza, Firenze, Genova, Potenza.



Il Corso prevede una suddivisione in due moduli comprendenti rispettivamente le giornate del **28 settembre, 2, 5 ottobre** (I modulo di 12 CFP), e del **30 ottobre, 2, 6 e 9 novembre 2026** (II modulo di 12 CFP). Al termine di ciascun modulo viene richiesta l'esecuzione di un test che consentirà il riconoscimento dei 12/16 CFP del modulo. La frequenza all'intero corso dà diritto a 28 CFP.

Fig. 2. Flow-chart of the design procedure.

✓ Dove disporli..... in relazione alla tipologia di dispositivo

Progetto per il miglioramento dell'edilizia scolastica in accordo con la legge regionale L.R. 27.05.1974 n. 974 e 31.05.1975 n. 62. (5 di 34 asili architettonicamente simili, realizzati con la medesima tecnologia strutturale)

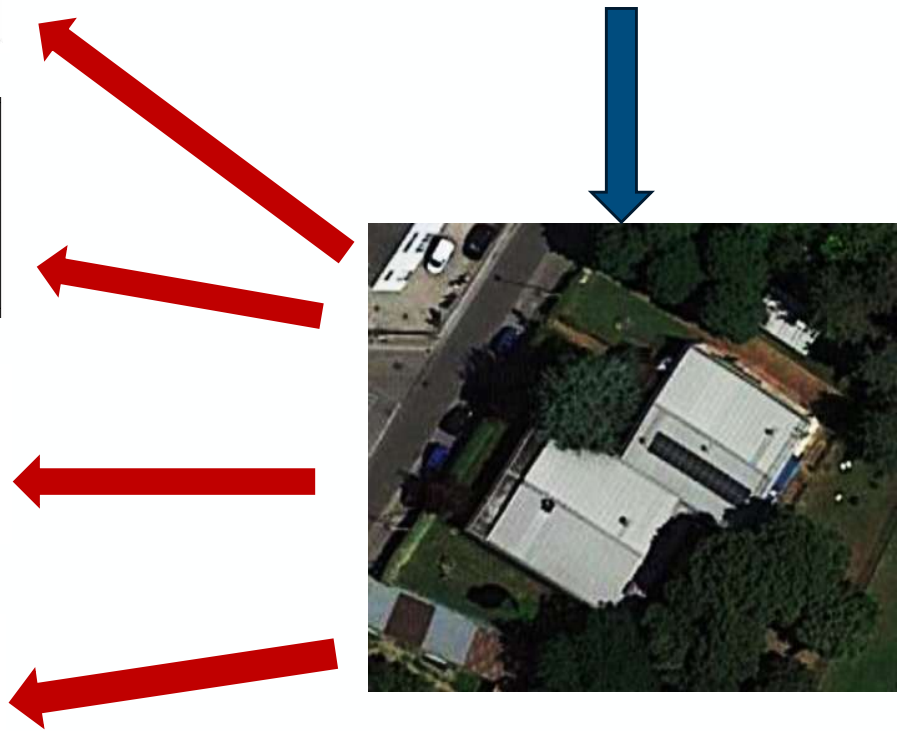
6	Scuola dell' Infanzia	CA PREF.		<ul style="list-style-type: none"> 2 carotaggi; 3 indagini con durometro; 6 indagini paometriche; saggi diretti sulla struttura. 	LC1	Pressoflessione deviata sui pilastri.	$PGA_{Actv}/PGA_{Actv} = 0,30$ $(TR_{Actv}/TR_{Base}) = 0,28$	<p>Al fine del miglioramento sismico si suggerisce l'esecuzione di interventi che riguardano particolarmente le strutture di sostegno verticali.</p> <p>Per ovviare ai problemi rilevati sulle colonne per taglio e pressoflessione si suggerisce l'esecuzione di interventi locali di rinforzo per il taglio, da effettuare mediante materiali composti FRP sugli elementi maggiormente sollecitati.</p> <p>Inoltre, si suggerisce il ringrosso della sezione in c.a., alla base, nonché l'aggiunta di controventi metallici, preferibilmente realizzati ricorrendo alle tecnologie avanzate di protezione sismica, al fine del contenimento delle sollecitazioni flessionali indotte dal sisma. Gli interventi sulla struttura esistente si devono estendere anche alle fondazioni per cui si suggerisce l'esecuzione di elementi di collegamento trasversale, secondo quanto prescritto dalle NTC 2008 al punto 7.2.5.1.</p>
---	-----------------------	----------	--	--	-----	---------------------------------------	--	---

40	Asilo Nido	CA		<ul style="list-style-type: none"> 2 carotaggi; 10 prove paometriche; 3 prove con durometro; saggi diretti sulla struttura. 	LC1	Pressoflessione deviata sui pilastri.	$PGA_{Actv}/PGA_{Actv} = 0,35$ $(TR_{Actv}/TR_{Base}) = 0,36$	<p>Sotto l'azione dei carichi gravitazionali l'edificio non presenta criticità evidenti da rendere immediatamente prescrivibile un intervento.</p> <p>Al fine del miglioramento sismico si suggerisce l'esecuzione di interventi con materiale fibrorinforzato sui pilastri che non soddisfano le verifiche di resistenza a pressoflessione ed a taglio.</p> <p>Si suggerisce, inoltre, l'introduzione di controventi dissipativi a presidio delle azioni orizzontali.</p>
----	------------	----	--	---	-----	---------------------------------------	--	--

51	Asilo Nido	CA PREF.		<ul style="list-style-type: none"> 2 carotaggi; 18 indagini paometriche; 6 indagini con durometro; saggi diretti sulla struttura. 	LC1	Pressoflessione deviata sui pilastri.	$PGA_{Actv}/PGA_{Actv} = 0,28$ $(TR_{Actv}/TR_{Base}) = 0,27$	<p>Sotto l'azione dei carichi gravitazionali l'edificio non presenta criticità.</p> <p>Al fine del miglioramento sismico si suggerisce il rinforzo dei pilastri con tessuti o lastre in materiale composito, nonché l'aggiunta di sistemi di controventamento a presidio delle azioni orizzontali.</p> <p>Al fine dell'adeguamento sismico si suggerisce l'inserimento di controventi dissipativi includenti dispositivi fluido-viscosi pressurizzati a matrice silicea.</p>
----	------------	----------	--	---	-----	---------------------------------------	--	--

53	Asilo Nido	CA PREF.		<ul style="list-style-type: none"> 3 carotaggi; 20 indagini paometriche; 6 indagini con durometro; saggi diretti sulla struttura. 	LC1	Pressoflessione deviata sui pilastri.	$PGA_{Actv}/PGA_{Actv} = 0,30$ $(TR_{Actv}/TR_{Base}) = 0,33$	<p>Sotto l'azione dei carichi gravitazionali l'edificio non presenta criticità.</p> <p>Al fine del miglioramento sismico si suggerisce il rinforzo dei pilastri con tessuti o lastre in materiale composito, nonché l'aggiunta di sistemi di controventamento.</p> <p>Al fine dell'adeguamento sismico si suggerisce l'inserimento di controventi dissipativi.</p>
----	------------	----------	--	---	-----	---------------------------------------	--	--

57	Asilo Nido	CA PREF.		<ul style="list-style-type: none"> 2 carotaggi; 3 Scureb; 18 indagini paometriche; 6 indagini con durometro; saggi diretti sulla struttura. 	LC1	Pressoflessione deviata sui pilastri.	$PGA_{Actv}/PGA_{Actv} = 0,48$ $(TR_{Actv}/TR_{Base}) = 0,45$	<p>Sotto l'azione dei carichi gravitazionali l'edificio non presenta criticità.</p> <p>Al fine del miglioramento sismico si suggerisce l'aggiunta di sistemi di controventamento.</p> <p>Al fine dell'adeguamento sismico si suggerisce l'inserimento di controventi dissipativi.</p>
----	------------	----------	--	--	-----	---------------------------------------	--	---



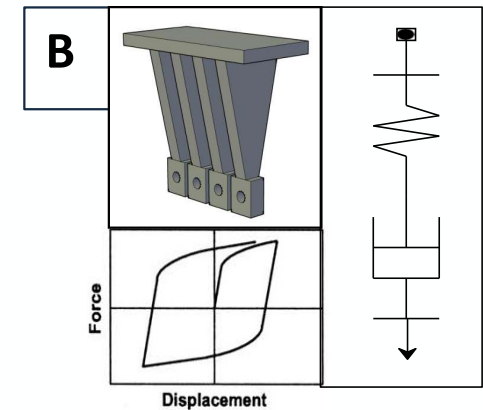
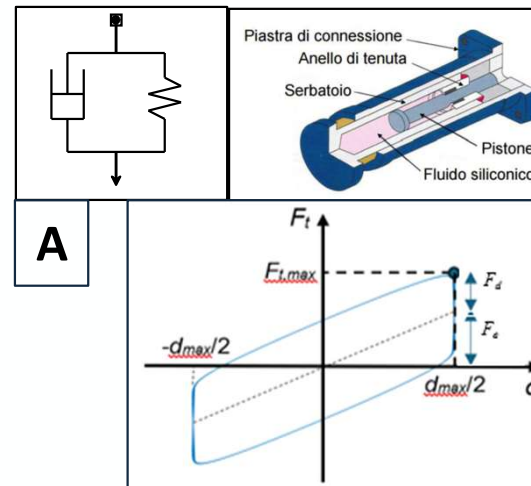
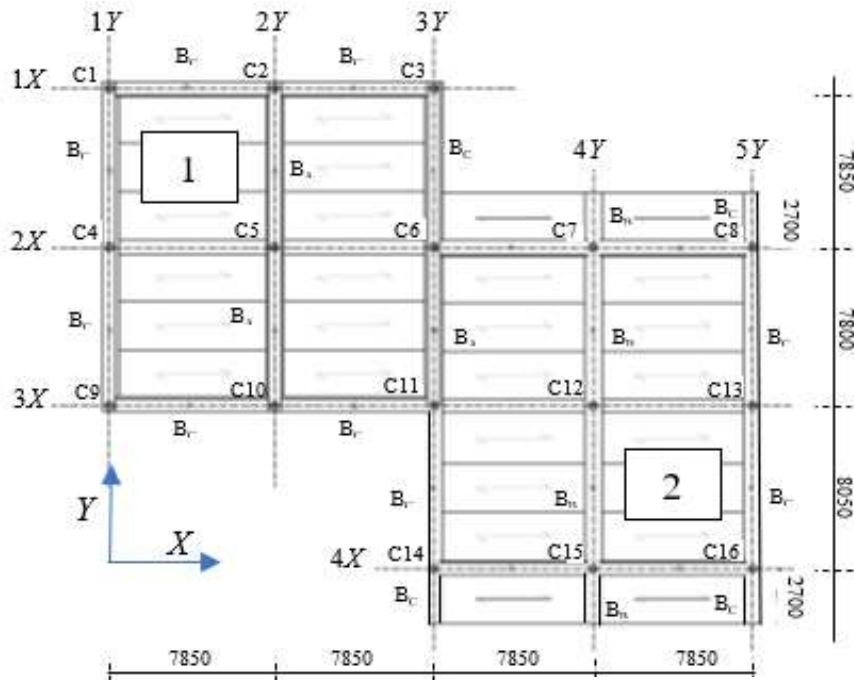
✓ Dove disporli..... in relazione alla tipologia di dispositivo

Caso I. Vincolo d'incastro in copertura

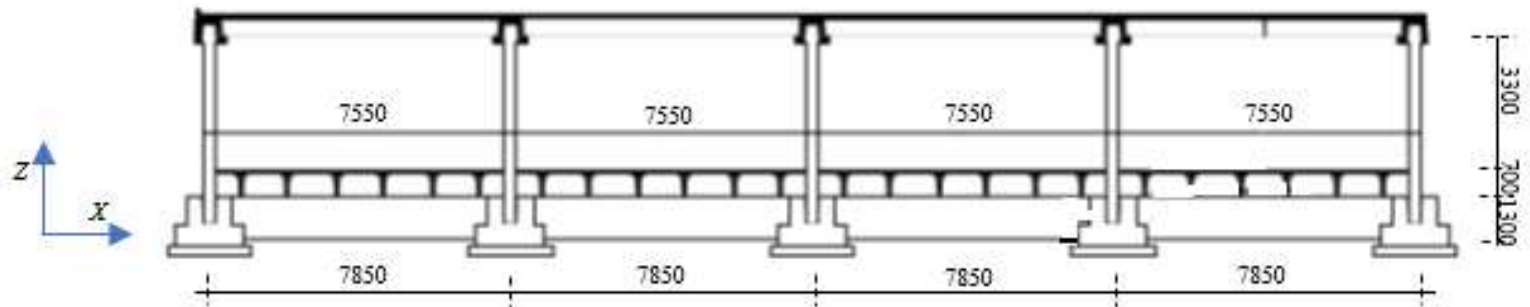
SA – $T_x=0,49$ s; $T_y=0,47$ s

Caso II. Vincolo di semplice appoggio in copertura

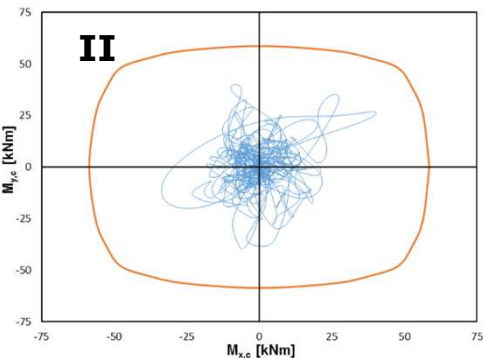
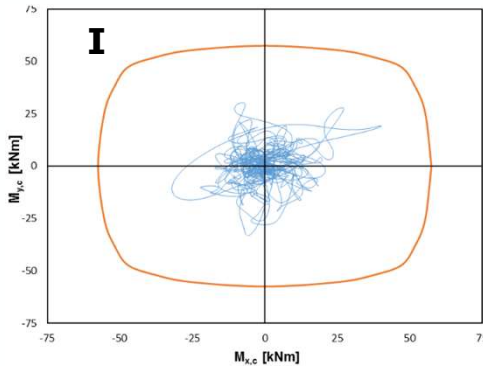
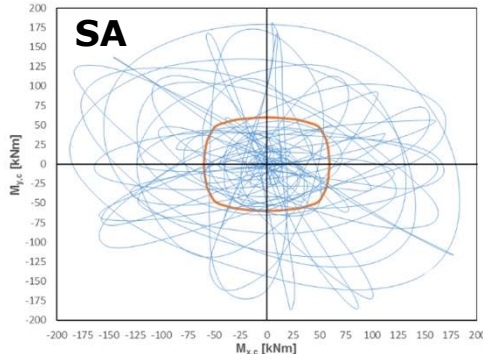
SA – $T_x=0,92$ s; $T_y=0,90$ s



$T_C=0.427$ s



✓ Dove disporli..... uso di dispositivi del tipo A



Stato attuale – Hp semincastro

Modal Participating Mass Ratios				
StepType	Period	UX	UY	RZ
Mode 1	0.749	15.33%	83.33%	1.36%
Mode 2	0.747	84.47%	15.53%	0.00%
Mode 3	0.617	0.21%	1.13%	98.64%

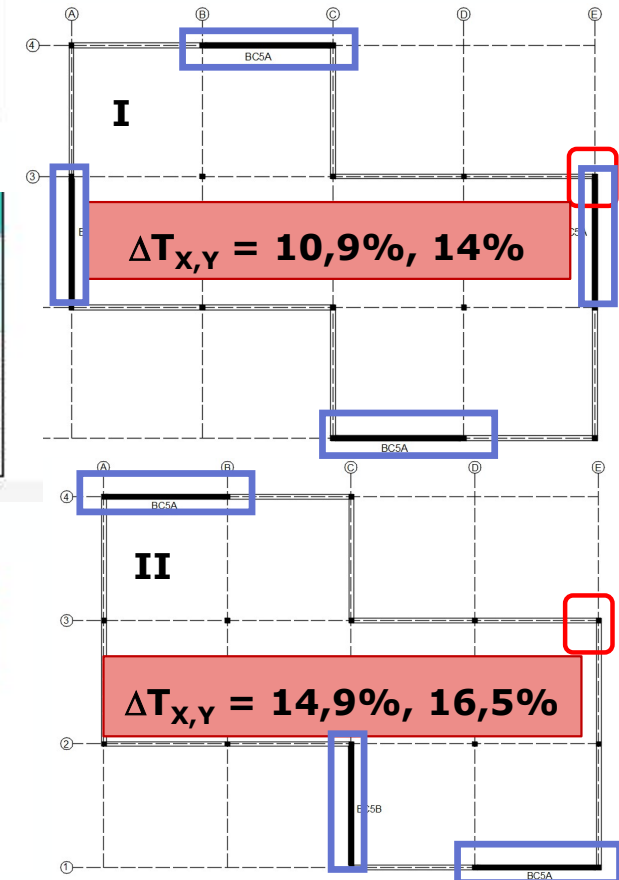
Soluzione I

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
StepType	Period	UX	UY	RZ
Text	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
Mode 1	0.667	0.9962	0.0005	0.0013
Mode 2	0.642	0.0007	0.9897	0.0079
Mode 3	0.518	0.0012	0.0078	0.9880

Soluzione II

Modal Participating Mass Ratios				
StepType	Period (s)	UX	UY	RZ
Mode 1	0.637008	0.99606	0.00056	0.00077
Mode 2	0.623623	0.00064	0.99301	0.00384
Mode 3	0.490416	0.00067	0.0038	0.99194

Intensità sismica massima MCE (LS4)



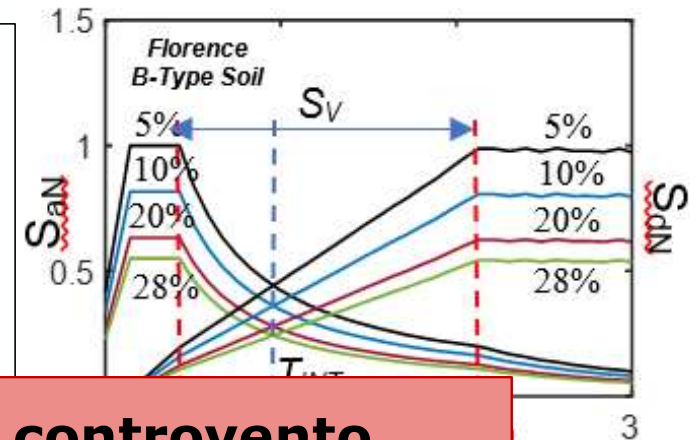
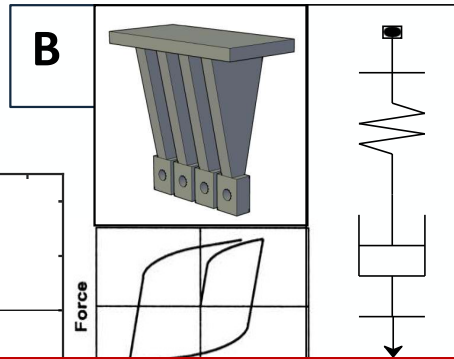
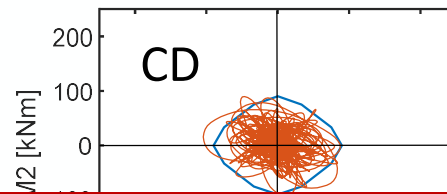
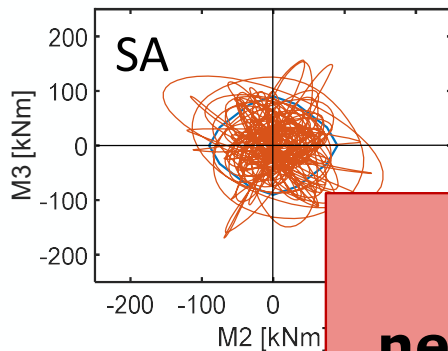
Terenzi G. (2018). Energy-based design criterion of dissipative bracing systems for seismic retrofit of framed structures, Applied Sciences, 8, 268; DOI:10.3390/app8020268, www.mdpi.com/journal/applsci

✓ **Dove disporli..... uso di dispositivi del tipo B**

Caso I. Vincolo d'incastro in copertura

SA - $T_x=0,49$ s; $T_y=0,47$ s

CD - $T_x=0,38$ s; $T_y=0,37$ s

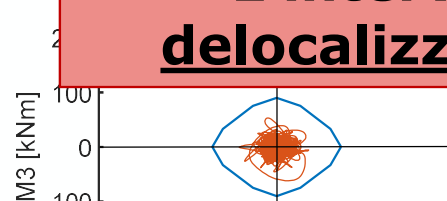
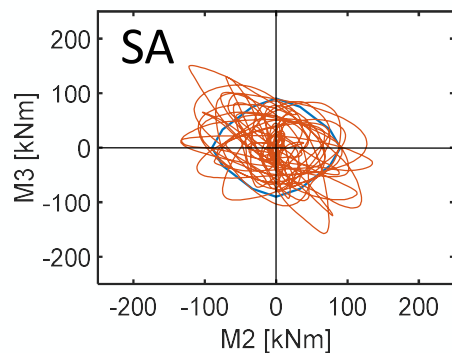


**Disposizione delle maglie di controvento
necessariamente anche all'interno dell'edificio**

Caso II. Vincolo di semplice appoggio

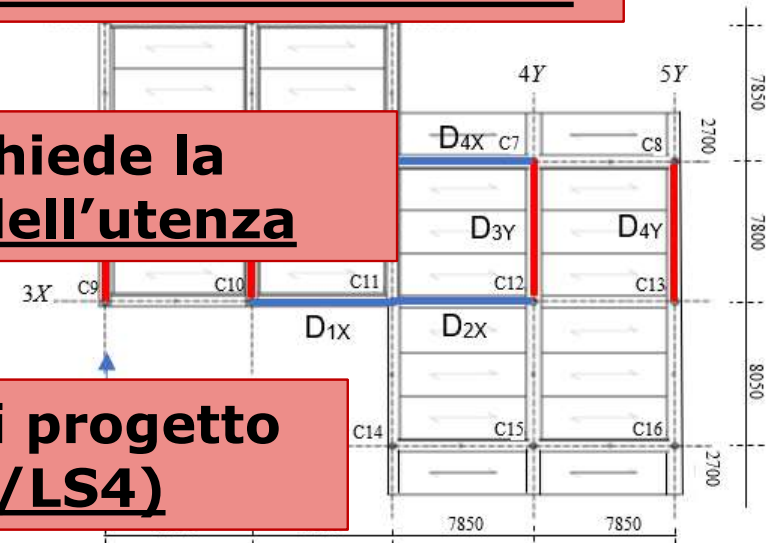
SA - $T_x=0,92$ s; $T_y=0,90$ s

CD - $T_x=0,46$ s; $T_y=0,4$ s



**L'intervento richiede la
delocalizzazione dell'utenza**

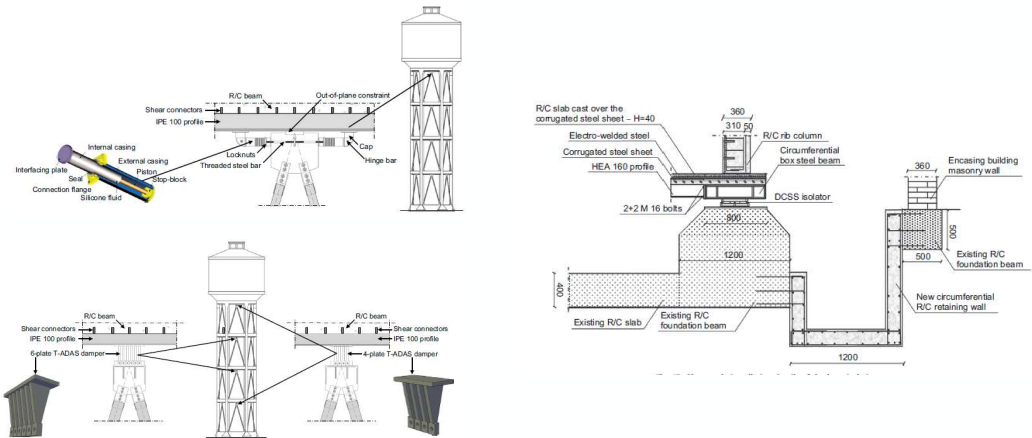
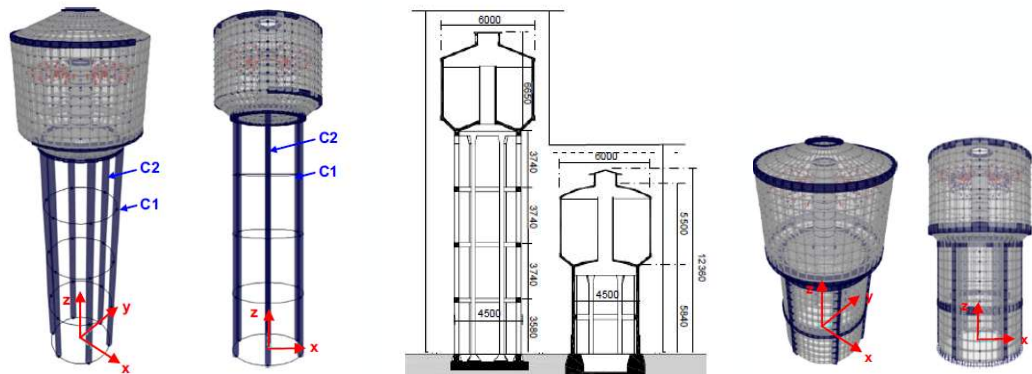
**Intensità sismica di progetto
BDE/MCE (LS3/LS4)**



Terenzi, G. (2023). Novel design procedure for steel hysteretic dampers in seismic retrofit of frame structures. Engineering Structures, Article 115969. DOI:10.1016/j.engstruct.2023.115969

Da un secolo, oltre.

Mostra Terremoti e Prevenzione



Rifornitore idrico della Stazione di S. Maria Novella (Firenze)

Protezione sismica dell'edilizia di pregio del Novecento

Il caso di studio del rifornitore idrico della Stazione di S. Maria Novella a Firenze

Ricostruzione storica e verifica della struttura allo stato attuale

I serbatoi alti, sorretti da apposite strutture di sostegno, rappresentano un elemento edilizio di notevole rilevanza nell'ambito delle infrastrutture civili. Essendo generalmente inseriti in punti strategici del contesto urbano, il loro danneggiamento può causare gravi conseguenze alle costruzioni circostanti. Questo è il caso anche dei due serbatoi costituenti il rifornitore idrico della Stazione ferroviaria di S. Maria Novella di cui il primo («serbatoio basso»), realizzato nel 1927, è attribuito ad Angiolo Mazzoni, mentre il secondo, più alto («serbatoio alto»), è opera di Pier Luigi Nervi (conclusa nel 1934). Benché dotati di vasche pressoché identiche, essi sono caratterizzati da risposte dinamiche differenti in relazione ai relativi sostegni, in un caso costituito da una parete cilindrica in calcestruzzo armato, nell'altro da pilastri e travi anulari. Da tali strutture dipende anche la differente modalità di danneggiamento per azioni sismiche di progetto (BDE), e di collasso per azioni d'intensità superiore (MCE), che può avvenire con fessurazione della zona di base della parete e conseguente ribaltamento del serbatoio (serbatoio basso), oppure per plasticizzazione delle colonne (serbatoio alto).

Water storage tanks represent strategic lifelines especially in earthquake-prone regions, for their essential role in fighting fires that often occur during severe seismic events, as well as in mitigating the consequences of water shortage resulting from damage to municipal aqueducts and pipelines, in the post quake emergency phase. This is also the case of two heritage-listed reinforced concrete (R/C) elevated water storage tanks built between the late 1920s and the early 1930s as water suppliers for a coal power plant in Santa Maria Novella Station in Florence, still in service. The first, shorter tank, with a shaft-shell supporting structure is attributed to Angiolo Mazzoni, whereas the taller one, characterized by a R/C frame supporting structure was designed by Pier Luigi Nervi. The time history assessment enquiry in current conditions showed severely damaged conditions from BDE-scaled accelerograms. The number of columns and beams in a shaft-shell supporting structure is attributed to Angiolo Mazzoni, whereas the taller one, characterized by a R/C frame supporting structure was designed by Pier Luigi Nervi.

Ipotesi di intervento

L'anno successivo al completamento della costruzione di quello alto, i due serbatoi sono stati circondati da una parete in muratura che ne cela la struttura. Tenendo conto di ciò, nello studio degli interventi di adeguamento è stato privilegiato l'obiettivo della massima riduzione della risposta a quello costruttivo. Per il serbatoio basso, più rigido, è stata pertanto prescelta la soluzione dell'isolamento alla base, mentre per quello alto, più deformabile, sono state studiate due soluzioni di controventamento dissipativo, da realizzare con dispositivi fluido-viscosi (FV), oppure metallici (T-ADAS) in due differenti casi.

Adeguamento per isolamento alla base del serbatoio basso

L'intervento d'isolamento alla base proposto per il serbatoio basso consente una significativa riduzione dei massimi di tensione nella struttura di sostegno, ricondotta ad una condizione di assenza di danneggiamento anche per terremoti di massima intensità (MCE).

The base isolation intervention proposed for the short tank produces a substantial reduction in peak values and spread of the vertical tensile stresses on the shaft staging, leading to a safe and undamaged response, and thus to the attainment of the Operational performance level, up to the MCE.

Adeguamento per controventamento dissipativo del serbatoio alto

Entrambe le soluzioni d'intervento consentono di perseguire lo stesso obiettivo di progetto, garantendo l'assenza di danno nella struttura anche per azioni sismiche di massima intensità (MCE). Per confronto con una soluzione di controventamento non dissipativo, le dimensioni delle aste richieste sono molto più contenute.

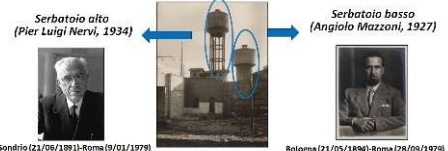
The two dissipative bracing retrofit hypotheses of the frame structure offers excellent growth in performance, guaranteeing an elastic response of the constituting members up to the MCE. This objective is attained with much smaller dimensions of the bracing system as compared to a non-dissipative steel bracing solution.

Gruppo di lavoro: Prof.ssa Gloria Terenzi, Prof. Stefano Sorace, Prof. Maura Cozzi, Ing. Claudia Mori, Ing. Iacopo Costali

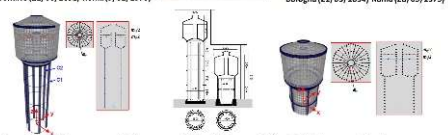
Planning, VII International Conference, Istanbul, Turkey, 19-21 May 2015. W T Trans. on the Built Envir., Vol. 158, 557-569.
S. Sorace, G. Terenzi, C. Mori (2016). Seismic assessment and retrofit of two heritage R/C elevated water storage tanks. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 77, 123-135.
S. Sorace, G. Terenzi, C. Mori (2015). Dissipative bracing based seismic retrofit hypothesis of an elevated water storage tank with R/C frame staging structure.
S. Sorace, G. Terenzi, I. Costoli (2018). A base isolation strategy for seismic retrofit of



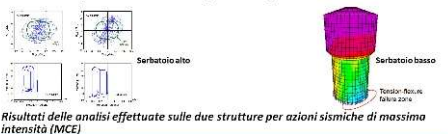
Viste fotografiche del 1935, degli anni Cinquanta e recenti del serbatoio idrico della stazione ferroviaria di S. Maria Novella



Sondrio (21/04/1911)-Roma (09/01/1979) Bologna (21/05/1894)-Roma (28/09/1979)



Caratteristiche geometriche e modelli agli elementi finiti dei due serbatoi

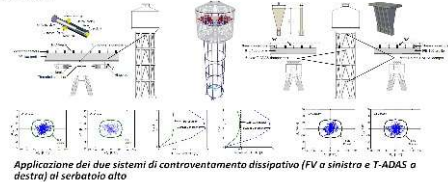


Risultati delle analisi effettuate sulle due strutture per azioni sismiche di massima intensità (MCE)

One year after the completion of the tall tank, designed by the world-famous Italian engineer Pier Luigi Nervi, the two structures were enclosed in a brick masonry building. The objective of reducing the response below the elastic limit even for the maximum considered earthquakes (MCE) was then mainly considered for their retrofit. A base isolation solution was selected for the taller, more rigid tank, while two dissipative bracing systems were analysed for the shorter one, realized by introducing fluid-viscous (FV) dampers or T-ADAS devices in two different cases.

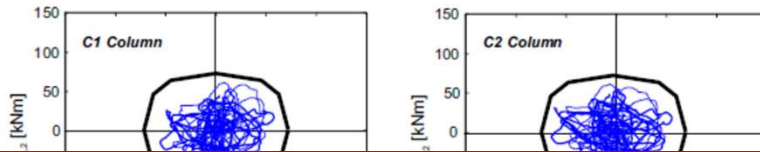


Applicazione dell'isolamento alla base mediante DCS al serbatoio basso



Applicazione dei due sistemi di controventamento dissipativo (FV a sinistra e T-ADAS a destra) al serbatoio alto

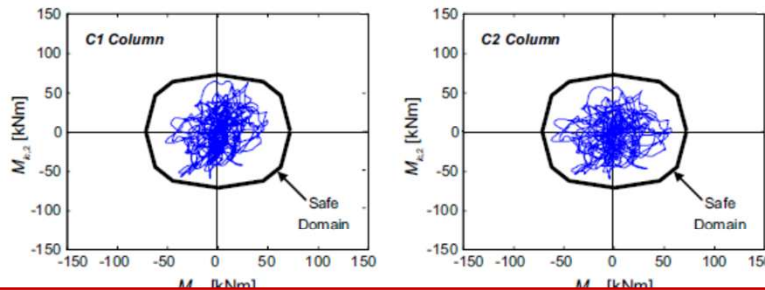
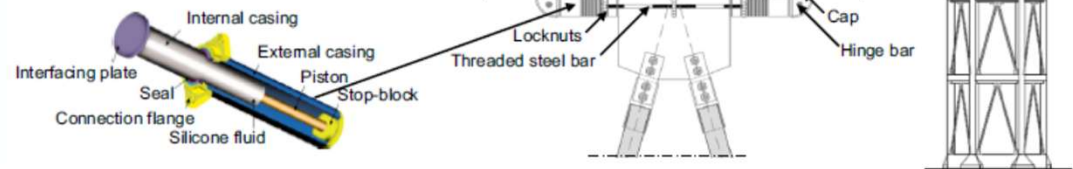
Rifornitore idrico della Stazione di S. Maria Novella (Firenze)



Nel caso in cui i periodi della struttura adeguata con dispositivi di tipo A oppure B siano attorno ad 1 s, l'efficacia delle soluzioni è comparabile

STRUTTURA CON FV:

Portata = 100 m³; T = 1,03 s



In tal caso la scelta è condizionata dai costi di manutenzione e sostituzione dei dispositivi

STRUTTURA CON T-ADAS:

Portata = 100 m³; T = 0,95 s





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DICEA
DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA CIVILE
E AMBIENTALE



ORDINE
INGEGNERI
PROVINCIA
DI POTENZA



ORDINE INGEGNERI
DI MATERA



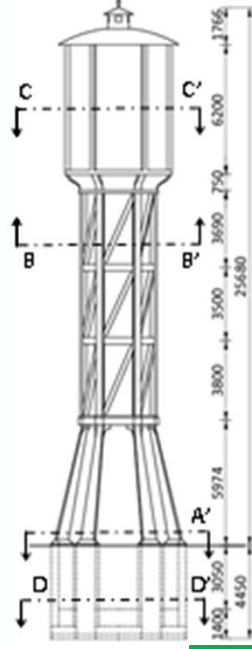
Terremoti e Prevenzione

Vulnerabilità sismica ed interventi di mitigazione a Firenze ed in Toscana

Protezione sismica dell'edilizia di pregio del Novecento

Il caso di studio del serbatoio idrico dell'Area «S. Salvi» a Firenze

Mostra Terremoti e Prevenzione



Ricostruzione storica e verifica della struttura allo stato attuale

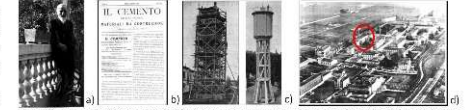
La torre, eretta nel 1905 per l'approvvigionamento idrico dell'area dell'ospedale psichiatrico «San Salvi», è stata progettata dall'Ing. Attilio Muggia, pioniere italiano del calcestruzzo armato. Il procedimento costruttivo adottato è il sistema «Hennebique», per cui Muggia nel 1895 ottenne la licenza di applicarlo in Italia.

La struttura è caratterizzata da un atipico sistema di controventamento con diagonali ugualmente disposte secondo uno schema elicoidale dal primo interpiano alla base del serbatoio.

Dopo venti anni d'inoperatività e la chiusura degli ospedali psichiatrici in Italia (dopo il 1978), è stato previsto il riuso della torre come rifornitore idrico a servizio dell'area. È stata quindi condotta un'analisi di vulnerabilità sismica della struttura da cui sono emerse condizioni critiche di resistenza dei pilastri di base anche per le verifiche allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) nella condizione a vuoto.

The tower, erected in 1905 to supply water to "San Salvi" psychiatric hospital, was designed by engineer Attilio Muggia, an Italian pioneer of reinforced concrete, and is now classified as modern heritage architecture. The constructive method is the "Hennebique" system, for which Muggia had obtained the license for application in Italy since 1895.

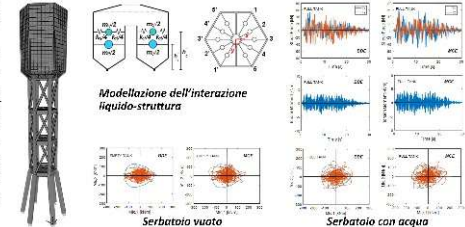
The structure is characterized by an atypical bracing layout, with all braces rising from the bottom left corner to the upper right corner at each bay of the three upper staging levels, and no braces on the first level. After twenty years of inactivity, within the framework of a reconversion project of the buildings of "San Salvi" complex after closing of psychiatric hospitals in Italy (after the 1978), the issue of a possible reuse of the tower as a tank was raised. The assessment analysis carried out to this aim revealed poor seismic performance of the R/C staging of the tower, with markedly unsafe conditions in the unbraced first level columns, starting from BDC-scaled seismic actions in empty tank condition.



a) Attilio Muggia (1861-1936); b) rivista «Il cemento» (n. 5 ottobre 1905) in cui è stata pubblicata la notizia della realizzazione dell'opera; c) immagini storiche dei cantieri; d) foto aerea dell'area San Salvi negli anni Venti con localizzazione del serbatoio



e) immagine fotografica recente del serbatoio; f) vista aerea dell'area con localizzazione del serbatoio; g) geometria della struttura



Ipotesi di adeguamento

Adeguamento per completamento del sistema di controventamento

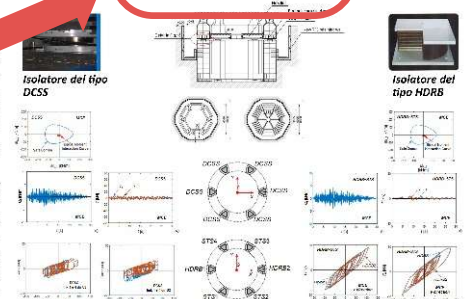
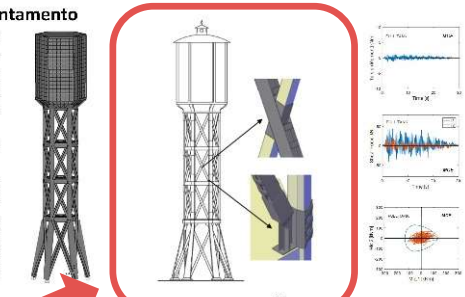
La soluzione di completamento del sistema di controventamento consente di raggiungere le condizioni di sicurezza anche nel caso di azioni di massima intensità prevista per il sito (MCE). L'aggiunta del diagonale metallico ad ogni maglia della parte superiore e di controventi alla base del sostegno comporta infatti una significativa riduzione delle sollecitazioni sulle colonne ed in particolar modo degli effetti torsionali indotti dalla configurazione originaria. Ottenendo il requisito della reversibilità, l'intervento ha tuttavia lo svantaggio di alterare l'aspetto architettonico dell'opera di Muggia.

The traditional steel bracing retrofit solution allows reaching safe response conditions up to the MCE. As targeted, the added steel braces practically annul torsional response effects caused by the helix-like layout of the staging levels, and reducing the stress states on the first level and underground columns within relevant safe domains. Furthermore, the intervention is substantially reversible. At the same time, its appearance is rather impacting from an aesthetic viewpoint.

Adeguamento per isolamento

Le due soluzioni alternative DCSS oppure isolatori elastici a strambeccole offrono paragonabili risultati di miglioramento. Sono state stimate riduzioni del taglio alla base delle colonne del 20% e di momenti di flessione del 10% ed al 20% rispettivamente per le due soluzioni. Il comportamento permane in campo elastico anche per azioni di massima intensità (MCE).

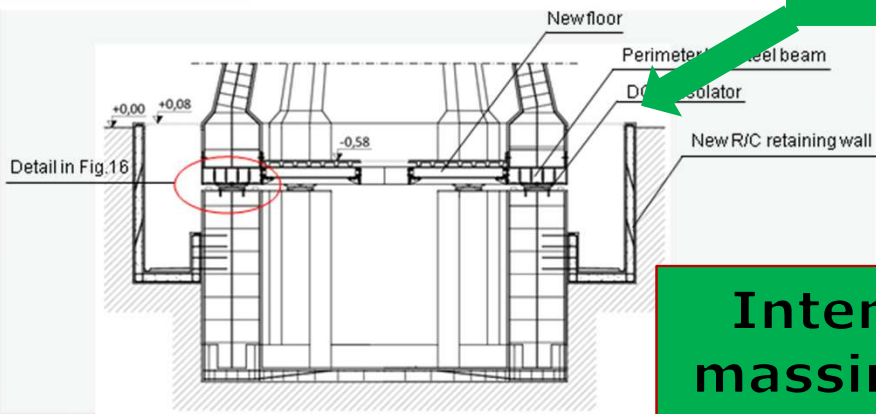
The two alternative base isolation retrofit strategies, with DCSS bearings or elastomeric bearings, offer comparable performance improvement. Both solutions show bending moments, and 90% on torsion. Torsion moments decrease by 20% (HDRB+STS). However, the structure remains elastic up to the MCE in both cases.



SI!

NO!

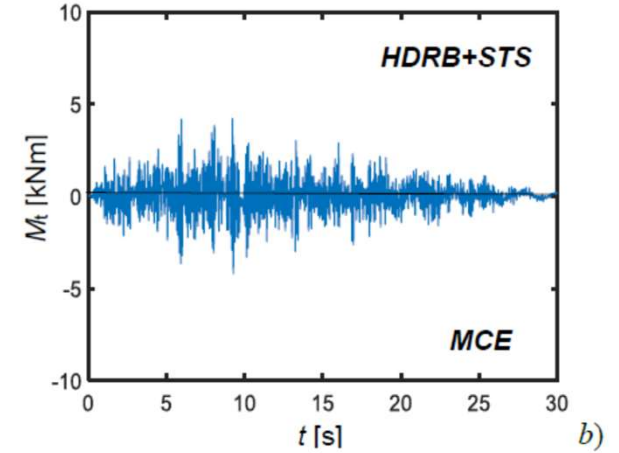
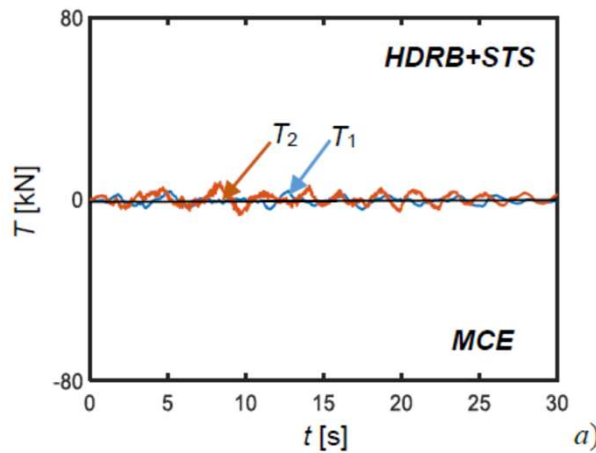
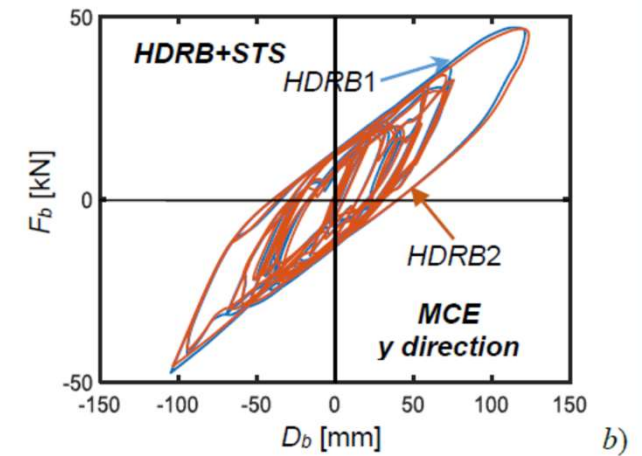
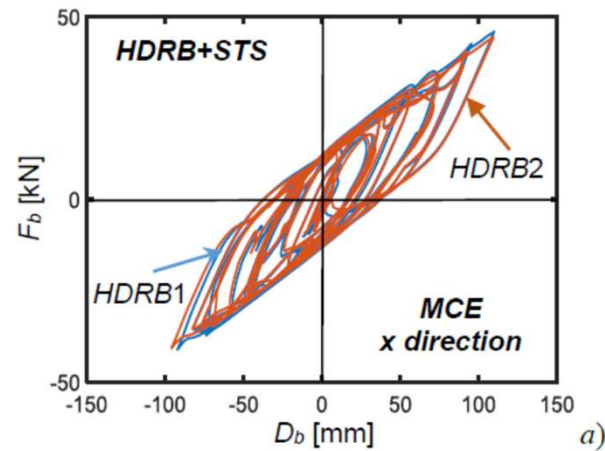
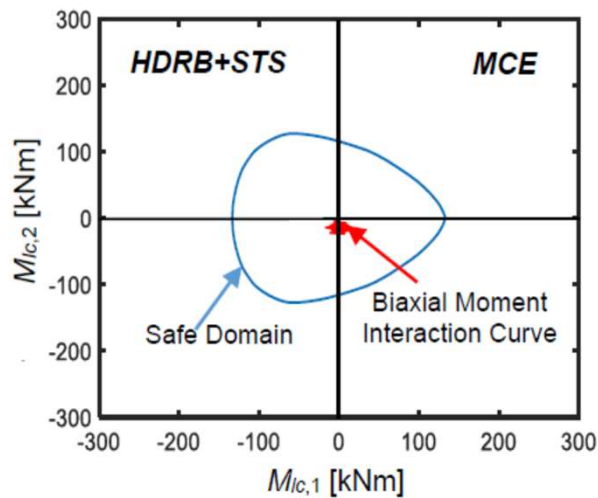
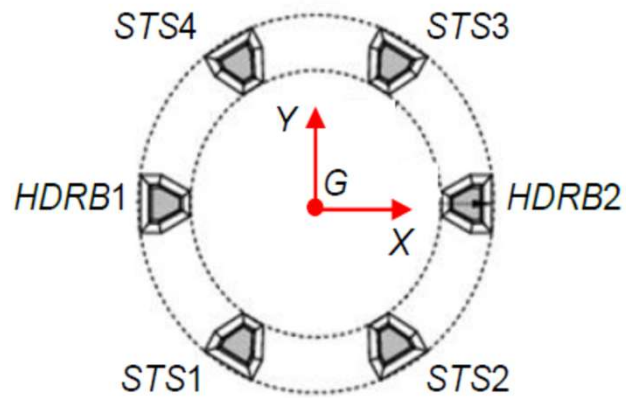
Intensità sismica massima MCE (LS4)



Hellevois A, Espion B (2013). Structural weaknesses of Hennebique, an early reinforced concrete system and possible retrofitting. Structural Engineering International, Vol. 23, 501-511.
G. Terenzi, E. Rossi (2018). Seismic analysis and retrofit of the oldest R/C elevated water tank in Florence. Bulletin of Earthquake Engineering, July 2018, Vol. 16, n. 7, 3081-3102.
G. Terenzi, S. Sorace, P. Spinelli, E. Rossi (2019). Seismic protection of a historical R/C elevated water tank by different base-isolation systems. Ingegneria Sismica, International Journal of Earthquake Engineering, Anno XXXVI, N. 2, 137-157.
G. Terenzi, S. Sorace (2018). 3-D finite element implementation of Housner fluid tank

Rifornitore idrico dell' «Ex-ospedale psichiatrico S. Salvi» (Firenze)

Isolamento alla base con isolatori elastomerici ed a scorrimento

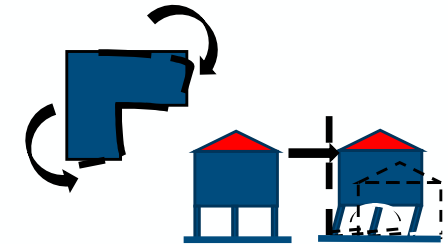
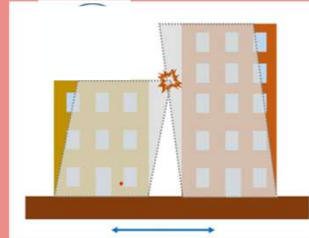


L'edilizia esistente di epoca pre-normativa sismica

Problematiche di verifica in zona sismica:

1. Irregolarità
2. Eccesso di
- presidi

Martellamento strutturale



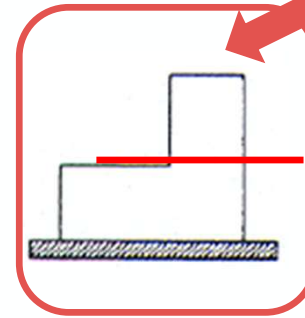
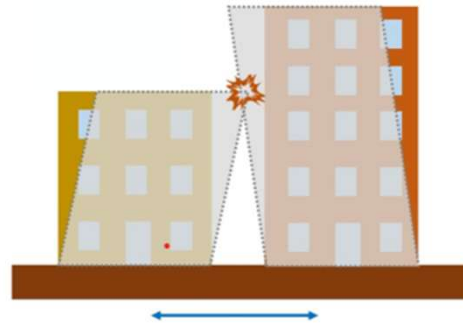
3. Insufficiente resistenza ad azioni di taglio e flessione/presso-flessione;



4. Martellamento strutturale.

Soluzioni d'intervento

Martellamento strutturale



NO!

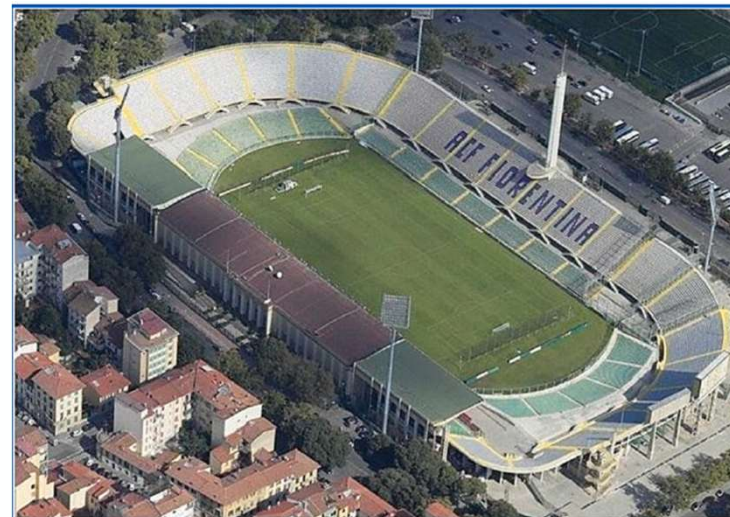
- 1. Rinforzo delle strutture adiacenti**, anche con **controventi dissipativi**, in modo da avere un movimento quanto più possibile in fase;
- Inserimento di **dissipatori anti-martellamento** fra le strutture adiacenti

Soluzioni d'intervento

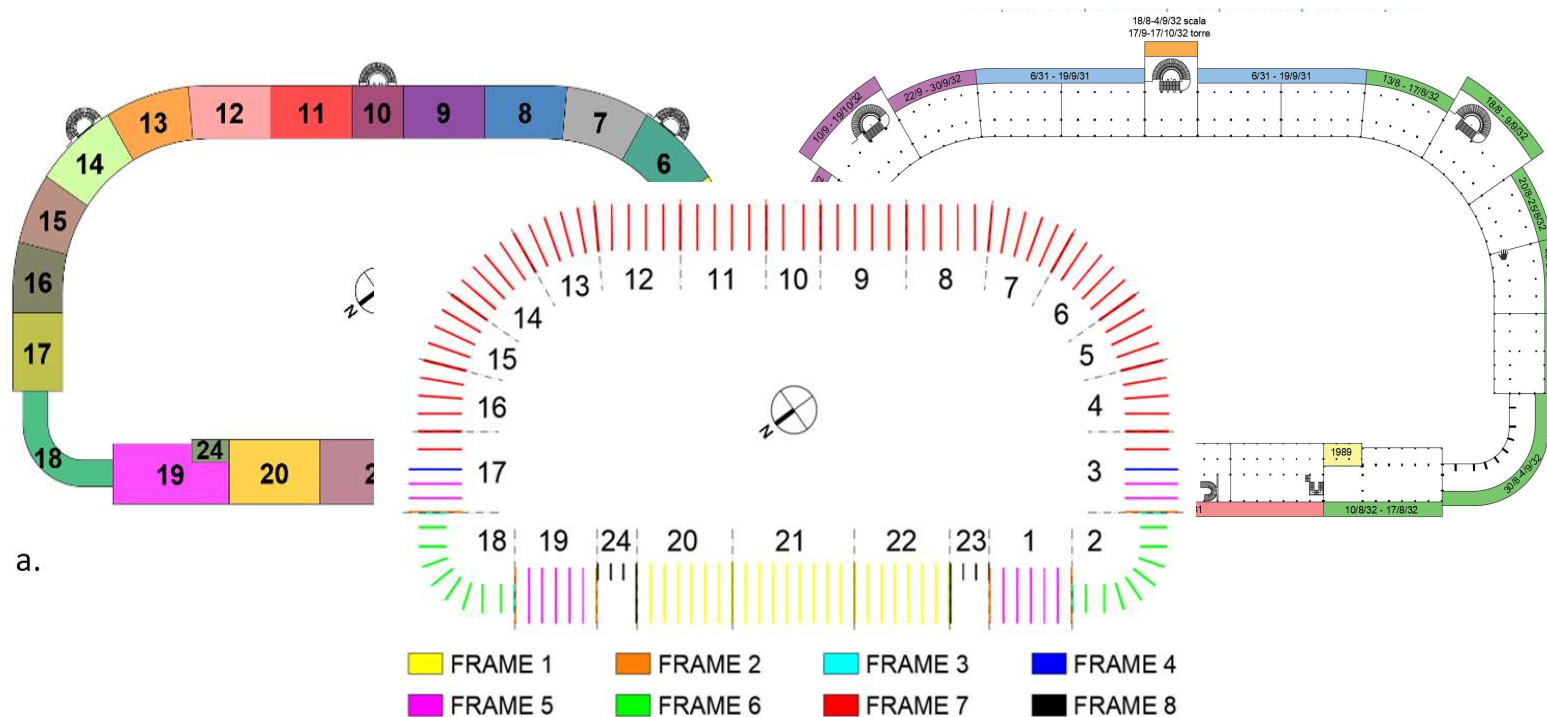
Eliminazione del martellamento strutturale e riduzione delle sollecitazioni

1. **Rinforzo delle strutture adiacenti**, anche per **controventamento dissipativo**, in modo da avere un movimento quanto più possibile in fase;
2. Inserimento di **dissipatori anti-martellamento** fra le strutture adiacenti

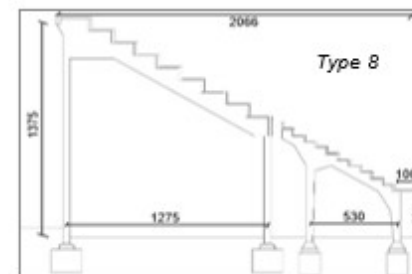
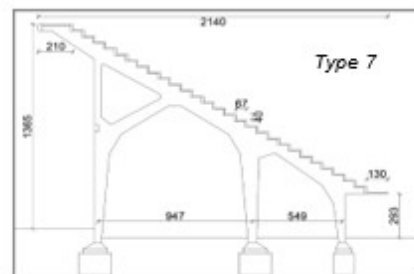
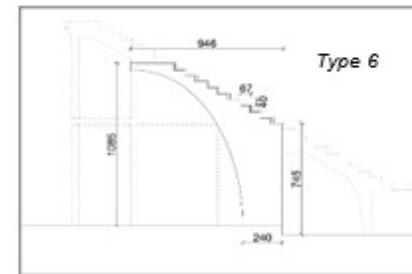
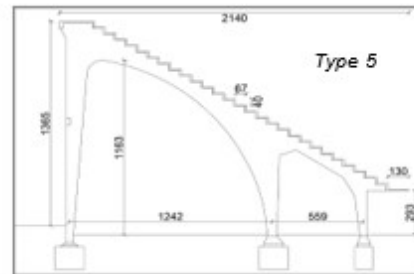
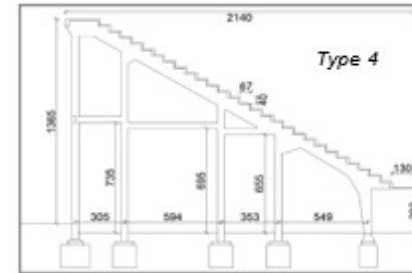
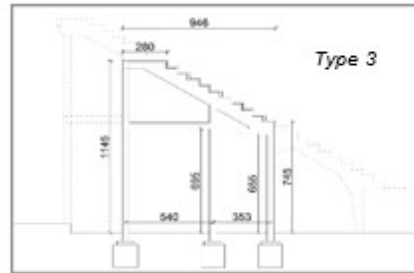
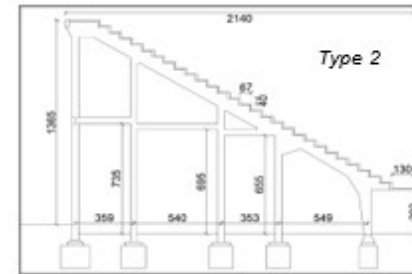
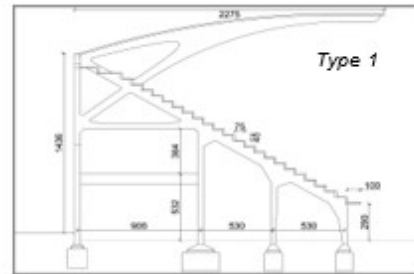
Stadio Artemio Franchi di Pier Luigi Nervi (Firenze)



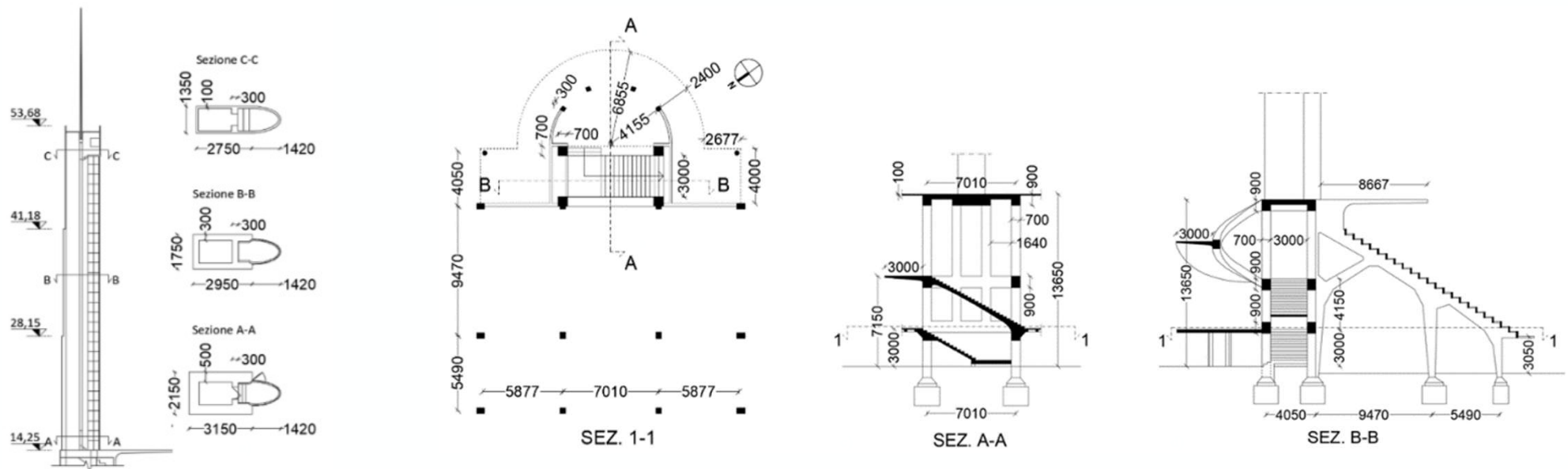
CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLA STRUTTURA



CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLA STRUTTURA



CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLA STRUTTURA

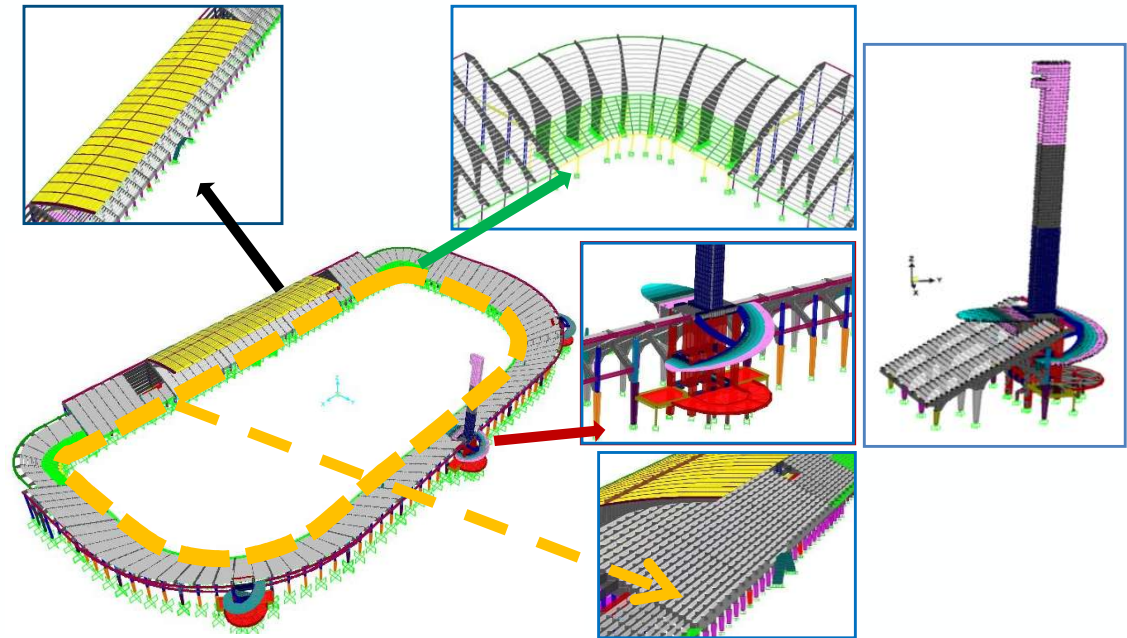


MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

Modello agli Elementi Finiti includente 8747 elementi frame e 32904 elementi shell.

Dato l'elevato numero di elementi, le analisi allo SA sono state sviluppate in campo elastico, estraendo le massime sollecitazioni derivate dalle combinazioni di carico più gravose per tutte le membrature e valutando le loro variazioni per diversi livelli dell'intensità sismica.

Per ogni combinazione di carico sono stati estratti i dati di spostamento relativo massimo fra punti di blocchi adiacenti, in modo da verificare l'insorgenza del martellamento.



Terenzi G., Fuso E., Sorace S. (2024). Structural performance study and improvement of Artemio Franchi Stadium in Florence. Engineering Structures 298, art. no. 117068, DOI: 10.1016/j.engstruct.2023. 117068.

ANALISI STATICA DELLA STRUTTURA

87 sezioni in lieve condizione di non sicurezza per flessione e pressoflessione.

I rapporti fra domanda e capacità $a_{D/C}$ sono comunque minori di 1.5, mediamente pari a 1.18 per le travi, 1.25 per i pilastri.

Le verifiche a taglio sono risultate sempre soddisfatte, tenendo conto delle ampie sezioni di calcestruzzo richieste dalla Normativa dell'epoca, che attribuiva il taglio totalmente al calcestruzzo non fessurato.

Terenzi G., Fusco E., Sorace S. (2024). Structural performance study and improvement of Artemio Franchi Stadium in Florence. Engineering Structures 298, art. no. 117068, DOI: 10.1016/j.engstruct.2023. 117068.

VULNERABILITA' SISMICA DELLA STRUTTURA

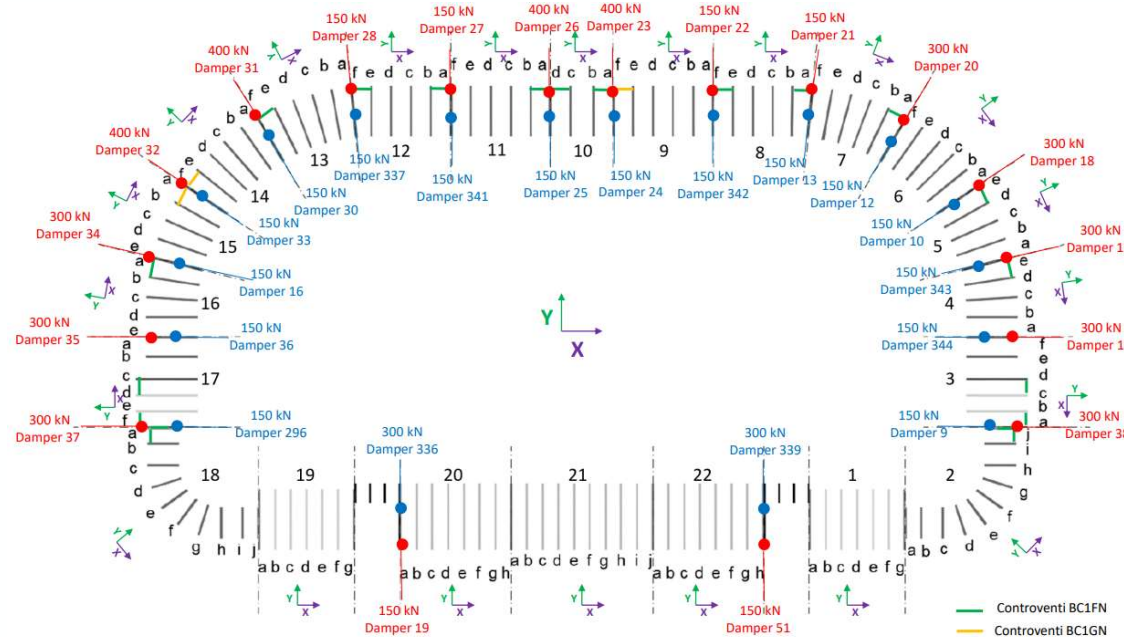
Non soddisfacimento delle verifiche in 560 sezioni per flessione e pressoflessione. I rapporti fra domanda e capacità $a_{D/C}$ raggiungono valori massimi di 3,5 per le travi e 4,5 per i pilastri.

Le strutture costituenti la Torre di Maratona non presentano criticità.

Terenzi G., Fusco E., Sorace S. (2024). Structural performance study and improvement of Artemio Franchi Stadium in Florence. Engineering Structures 298, art. no. 117068, DOI: 10.1016/j.engstruct.2023. 117068.

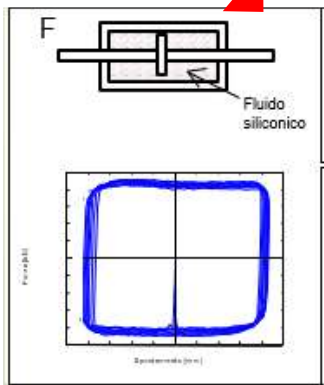
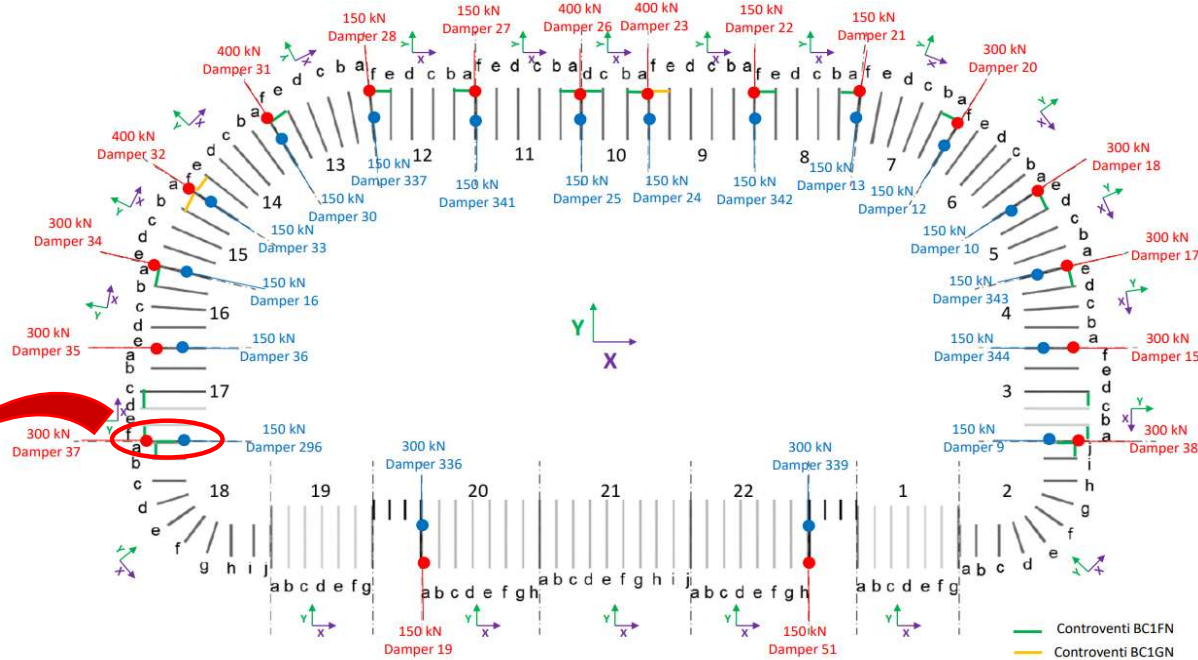
PROPOSTE D'INTERVENTO

1. Inserimento di dissipatori puri di tipo fluido-viscoso pressurizzato a matrice silconica a cavallo dei giunti per eliminare il problema del martellamento;
2. Realizzazione di controventi dissipativi per il controllo degli spostamenti globali all'interno di alcuni Blocchi;
3. Rinforzo locale con fasciature in composito di alcuni elementi strutturali particolarmente vulnerabili.



Terenzi G., Fuso E., Sorace S. (2024). Structural performance study and improvement of Artemio Franchi Stadium in Florence. Engineering Structures 298, art. no. 117068, DOI: 10.1016/j.engstruct.2023. 117068.

DISSIPATORI ANTI-MARTELLAMENTI



22-150

$F_{max} = 150 \text{ kN} (\pm 15\%);$
 $C = 176,2 \text{ kN}(s/m)\alpha;$
 $\alpha = 0,1;$
 $Corsa = 30 \text{ mm} (\pm 15)$

10-300

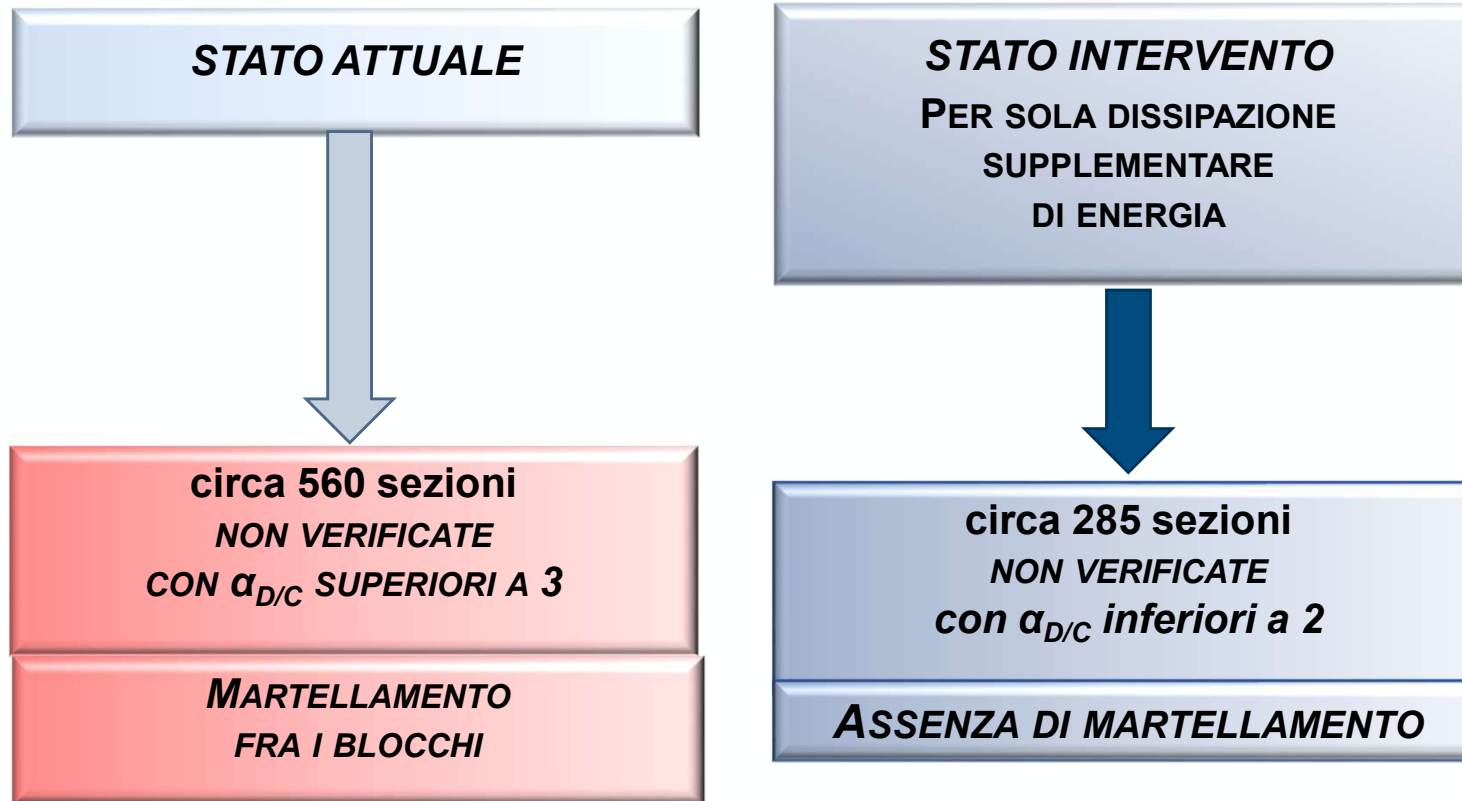
$F_{max} = 300 \text{ kN} (\pm 15\%);$
 $C = 338,6 \text{ kN}(s/m)\alpha;$
 $\alpha = 0,1;$
 $Corsa = 100 \text{ mm} (\pm 50)$

4-400

$F_{max} = 400 \text{ kN} (\pm 15\%);$
 $C = 451,2 \text{ kN}(s/m)\alpha;$
 $\alpha = 0,1;$
 $Corsa = 100 \text{ mm} (\pm 50)$

Terenzi G., Fuso E., Sorace S. (2024). Structural performance study and improvement of Artemio Franchi Stadium in Florence. Engineering Structures 298, art. no. 117068, DOI: 10.1016/j.engstruct.2023. 117068.

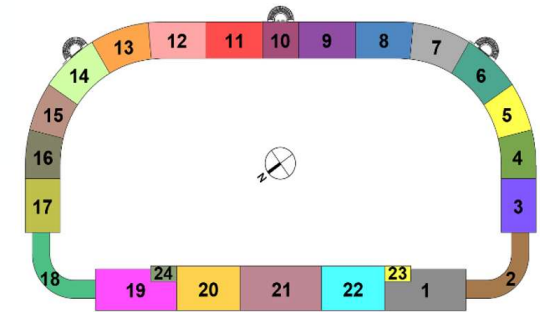
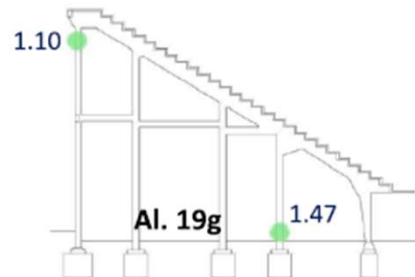
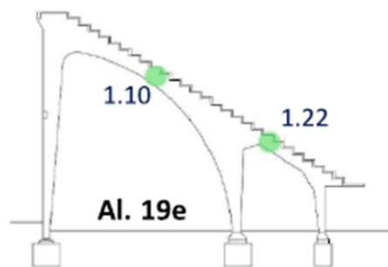
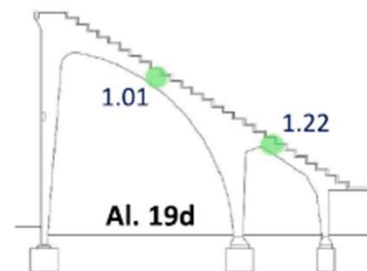
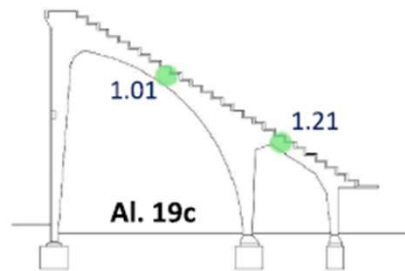
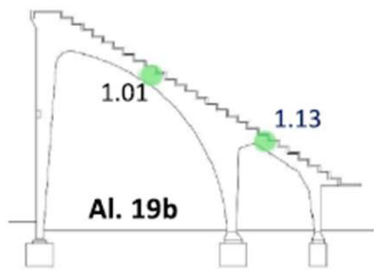
VERIFICHE



Terenzi G., Fuso E., Sorace S. (2024). Structural performance study and improvement of Artemio Franchi Stadium in Florence. Engineering Structures 298, art. no. 117068, DOI: 10.1016/j.engstruct.2023. 117068.

Esemplificazione per il Blocco 19

..... Analisi statica allo Stato Attuale

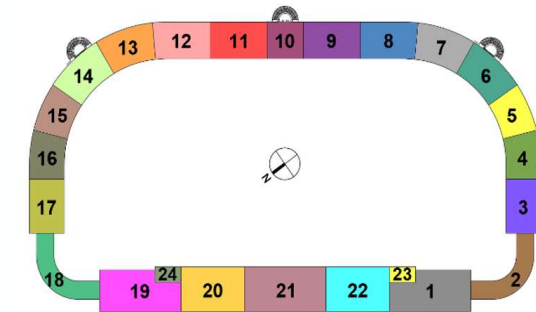
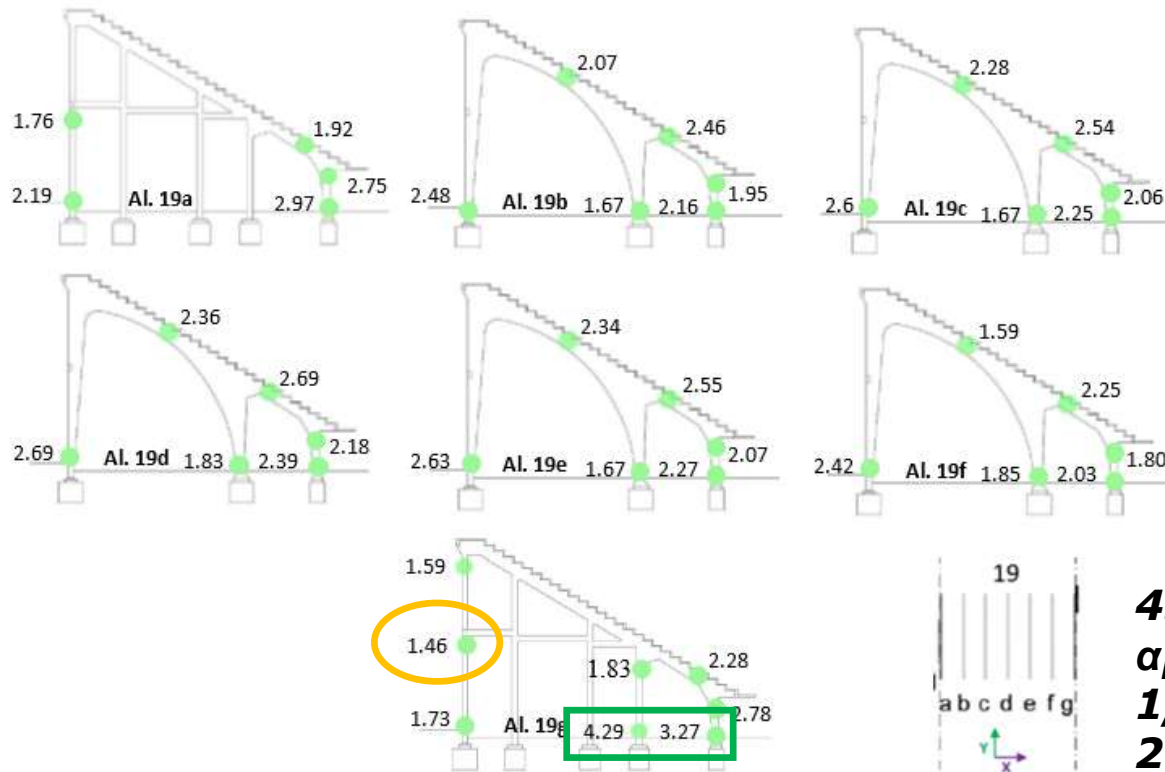


**10 sezioni
non verificate**

Terenzi G., Fuso E., Sorace S. (2024). Structural performance study and improvement of Artemio Franchi Stadium in Florence. Engineering Structures 298, art. no. 117068, DOI: 10.1016/j.engstruct.2023. 117068.

Esemplificazione per il Blocco 19

..... Analisi sismica allo Stato Attuale



43 sezioni non verificate

$\alpha_{D/C} < 1,5$ – 1 sezione (cerchio arancione)

$1,5 < \alpha_{D/C} < 2$ – 13 sezioni

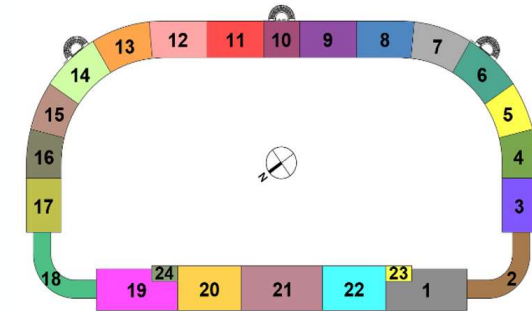
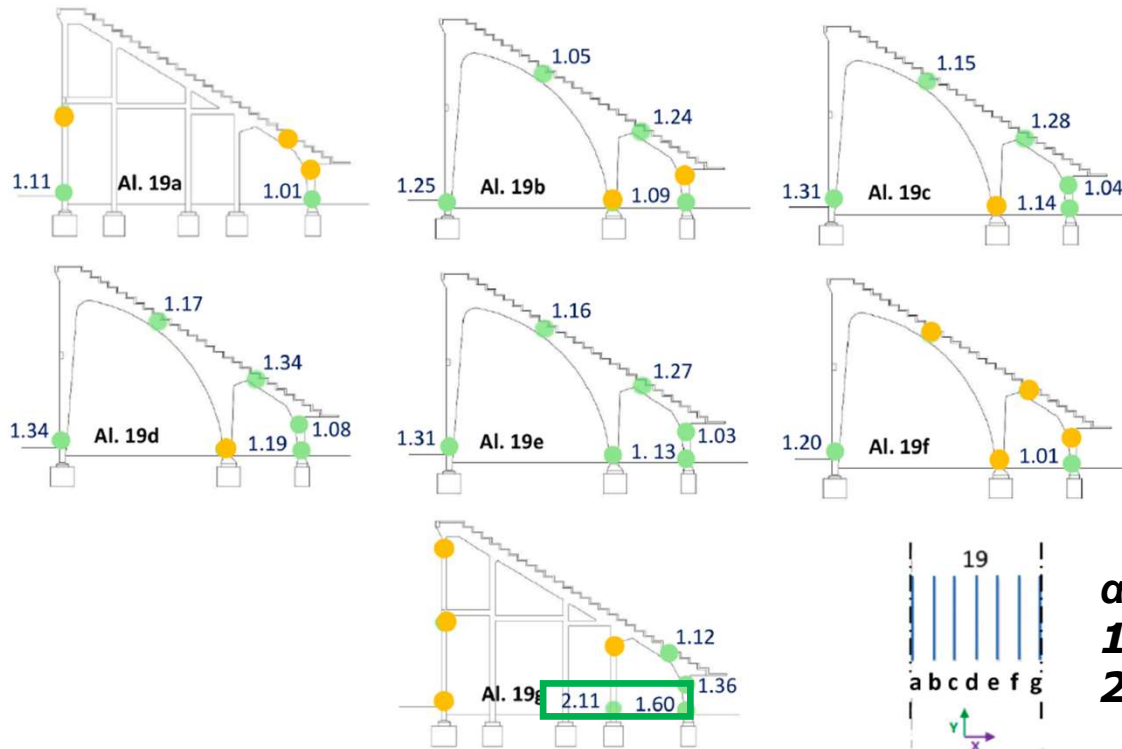
$2 < \alpha_{D/C} < 3$ – 27 sezioni

$\alpha_{D/C} > 3$ – 2 sezioni (verde riquadrato)

Terenzi G., Fuso E., Sorace S. (2024). Structural performance study and improvement of Artemio Franchi Stadium in Florence. Engineering Structures 298, art. no. 117068, DOI: 10.1016/j.engstruct.2023. 117068.

Esemplificazione per il Blocco 19

..... Analisi sismica allo Stato d'Intervento



$\alpha_{D/C} < 1,5$ – 15 sezioni (arancione)
 $1,5 < \alpha_{D/C} < 2$ – 26 sezioni (verde)
 $2 < \alpha_{D/C} < 3$ – 2 sezioni (verde riquadrato)

Terenzi G., Fuso E., Sorace S. (2024). Structural performance study and improvement of Artemio Franchi Stadium in Florence. Engineering Structures 298, art. no. 117068, DOI: 10.1016/j.engstruct.2023. 117068.

Esemplificazione per il Blocco 19

Blocco 19 –

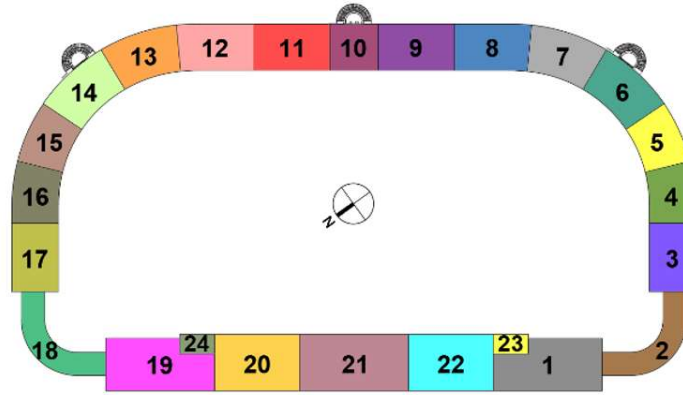
Senza dissipazione

$\alpha_{D/C} < 1,5$ – 1 sezione

$1,5 < \alpha_{D/C} < 2$ – 13 sezioni

$2 < \alpha_{D/C} < 3$ – 27 sezioni

$\alpha_{D/C} > 3$ – 2 sezioni



Blocco 19 –

Con dissipazione

$\alpha_{D/C} < 1,5$ – 15 sezioni

$1,5 < \alpha_{D/C} < 2$ – 26 sezioni

$2 < \alpha_{D/C} < 3$ – 2 sezioni

BENEFICI DI UN INTERVENTO DISSIPATIVO:

- Eliminazione del martellamento, ove presente**
- Riduzione delle sollecitazioni e degli spostamenti globali della struttura**

Terenzi G., Fuso E., Sorace S. (2024). Structural performance study and improvement of Artemio Franchi Stadium in Florence. Engineering Structures 298, art. no. 117068, DOI: 10.1016/j.engstruct.2023. 117068.