

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PRATO
PRATO ANTISISMA: PROTEZIONE SISMICA DEGLI EDIFICI A
DESTINAZIONE PRODUTTIVA DEL DISTRETTO PRATESE.

CASO STUDIO DELLA REALTÀ PRATESE – CAPANNONI
A TELAIO GETTATI IN OPERA – VULNERABILITÀ E
MODALITÀ DI INTERVENTO.

A cura di:

Dott. Ing. Patrizio Puggelli

Dott. Ing. Alessandro Becherucci

Dott. Ing. Andrea Puggelli

Dott. Ing. Matteo Lucera



ANALISI STORICA

LA TIPOLOGIA DI EDIFICIO MONOPIANO IN ESAME É TIPICA DEL DECENNIO TRA I PRIMI ANNI '70 ED I PRIMI ANNI '80

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

**INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA**

**MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA**

**INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO**

**ADEGUAMENTO
SISMICO**

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



ANALISI STORICA

NORMATIVE VIGENTI AL MOMENTO DELLA COSTRUZIONE

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI – MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI – MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

- L. 5 Novembre 1971 n.1086 – Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica
- D.M. 16 Giugno 1976 – Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 3 Ottobre 1978 – Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi

STATO ATTUALE

GEOMETRIA E CARATTERISTICHE

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

- Pianta rettangolare, dimensioni 57x43 m (2451 mq);
- Altezza libera sottotrave 5m;
- 3 campate da 19 m;
- Struttura portante gettata in opera, copertura prefabbricata;
- Fondazioni a plinti isolati, collegati dalle sole travi portamuro;
- Pilastri telai centrali 30x30 cm;
- Pilastri telai di bordo 25x25 cm;
- Travi ricalate di altezza 70 cm;
- Copertura in tegoli prefabbricati a Y con interasse 2.5 m e coppelle in cemento-amianto.

STATO ATTUALE

PIANTA STATO ATTUALE

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

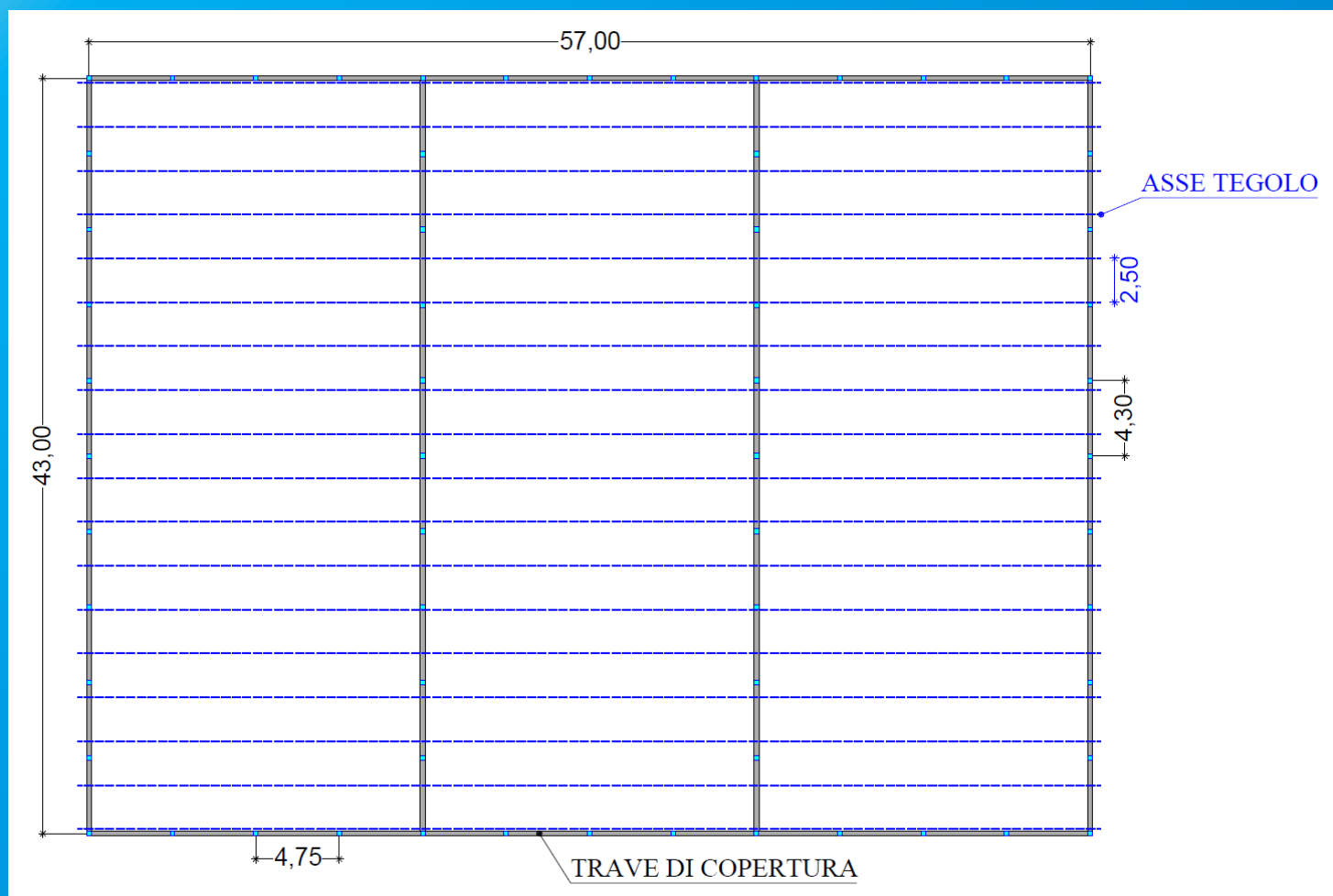
MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



STATO ATTUALE

PIANTA PIANO TERRA

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

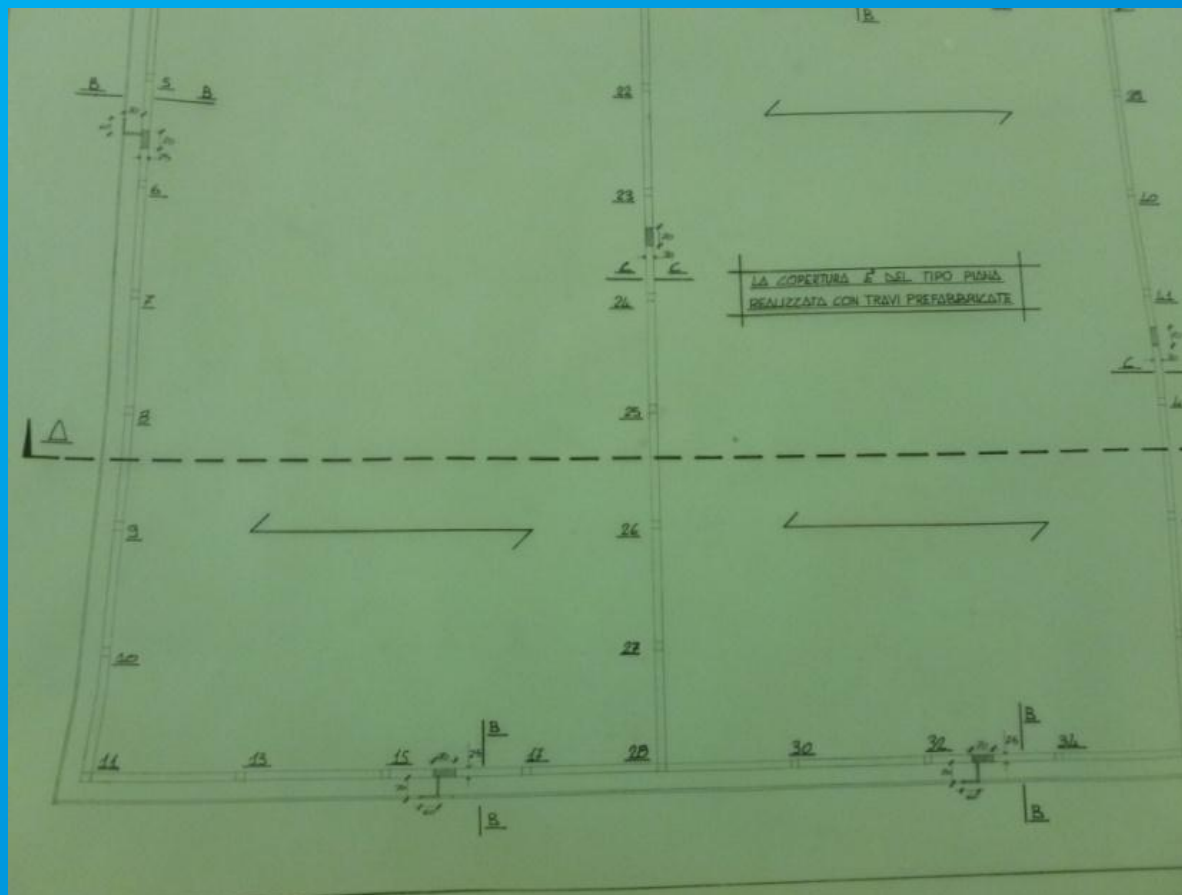
MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



STATO ATTUALE

PIANTA FONDAZIONI

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

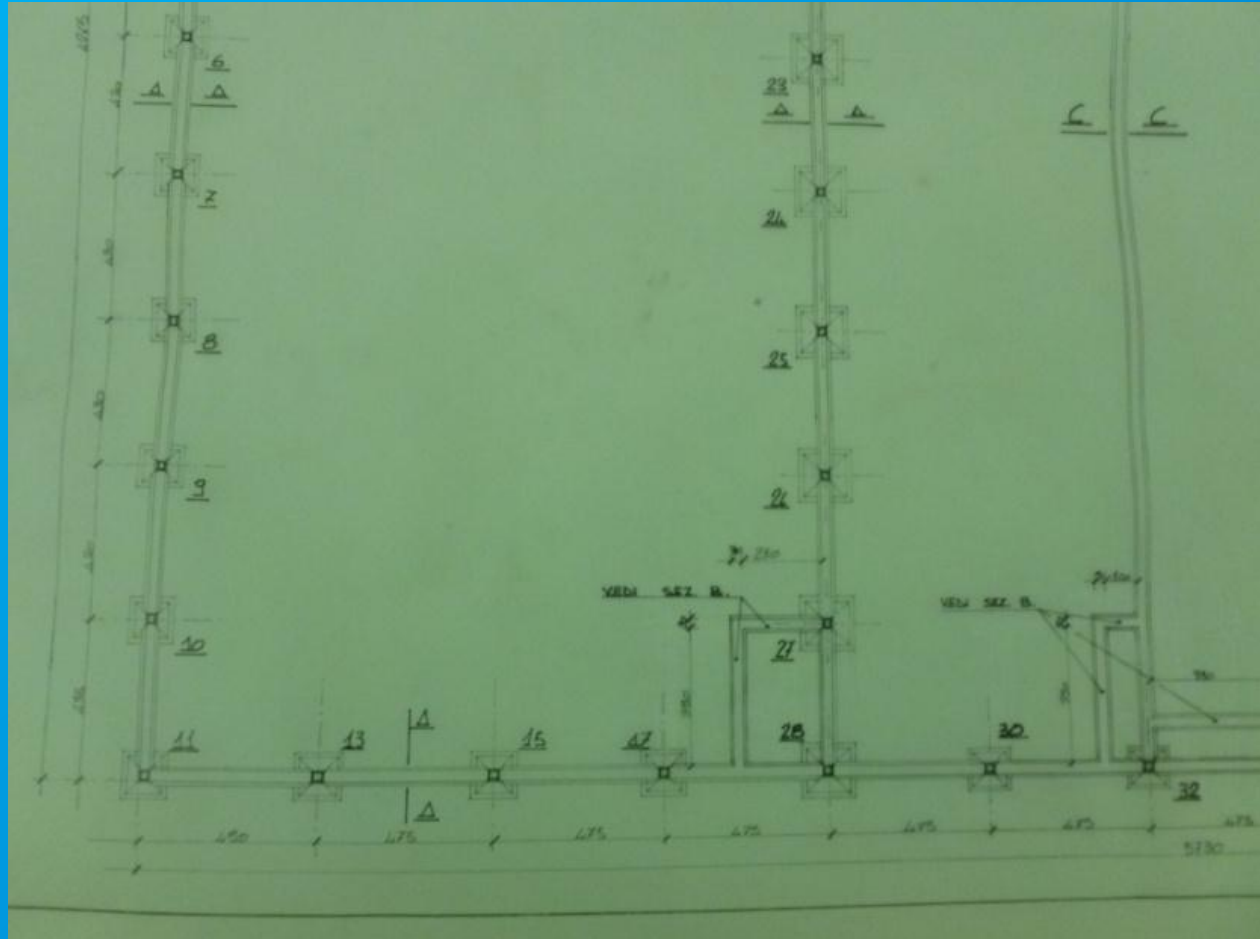
MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



STATO ATTUALE

SEZIONE

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

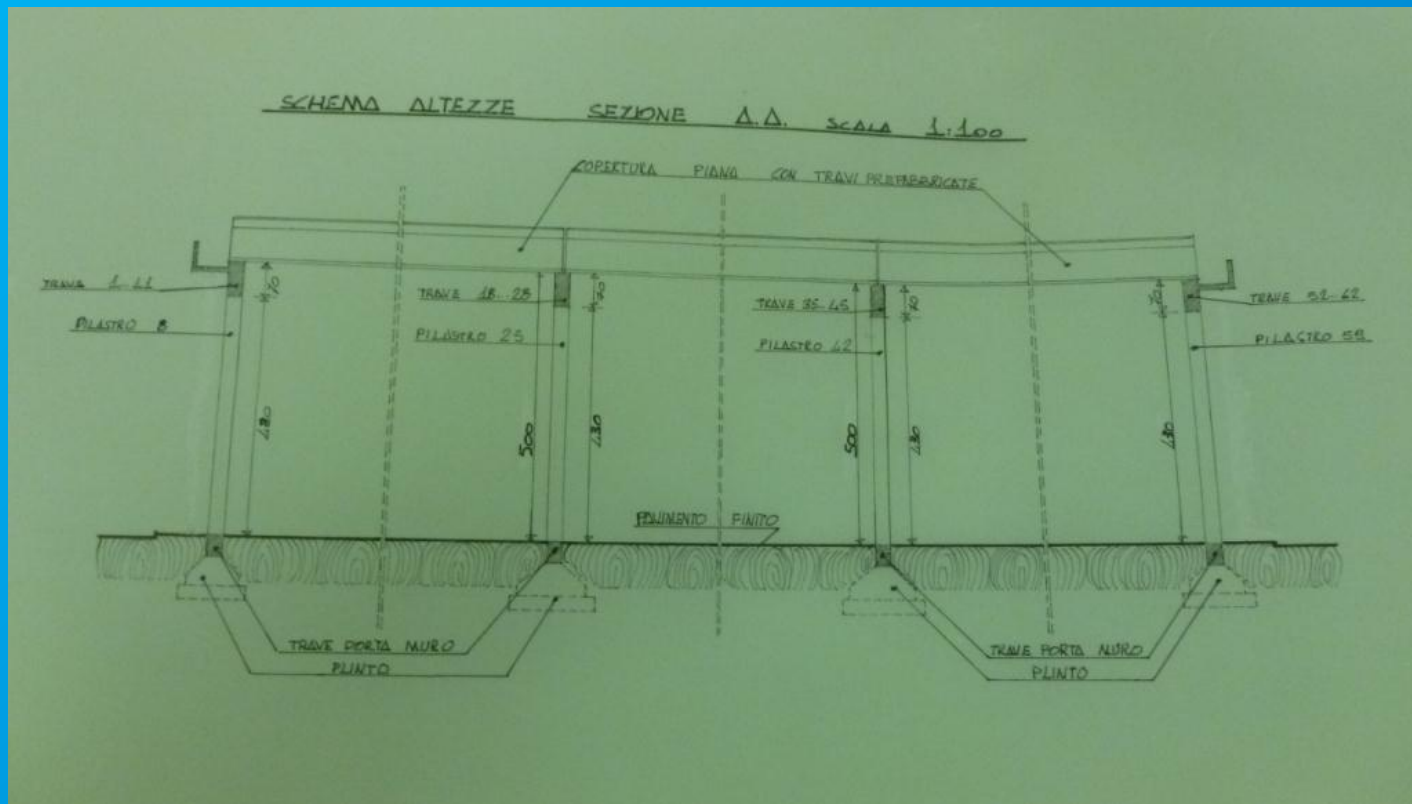
MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



STATO ATTUALE

ARMATURE PLINTI

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

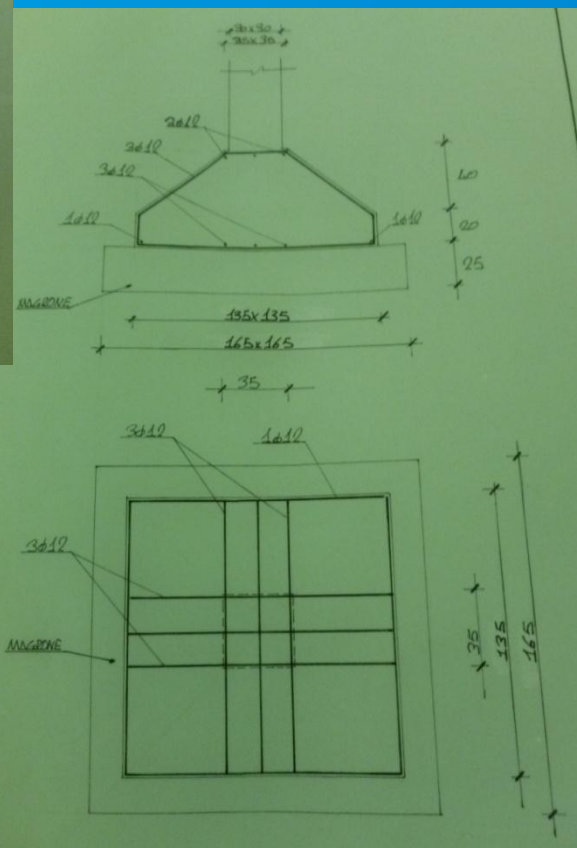
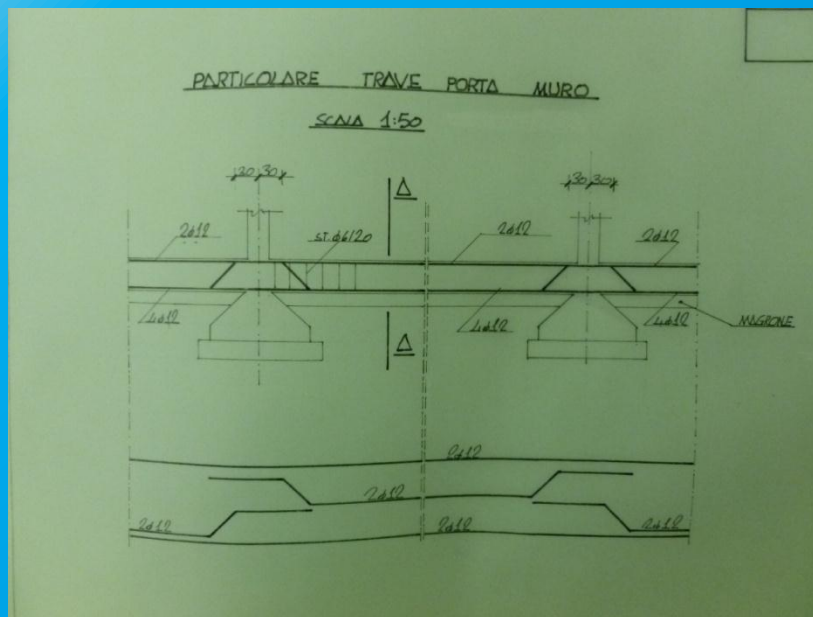
MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



STATO ATTUALE

ARMATURE TRAVI

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

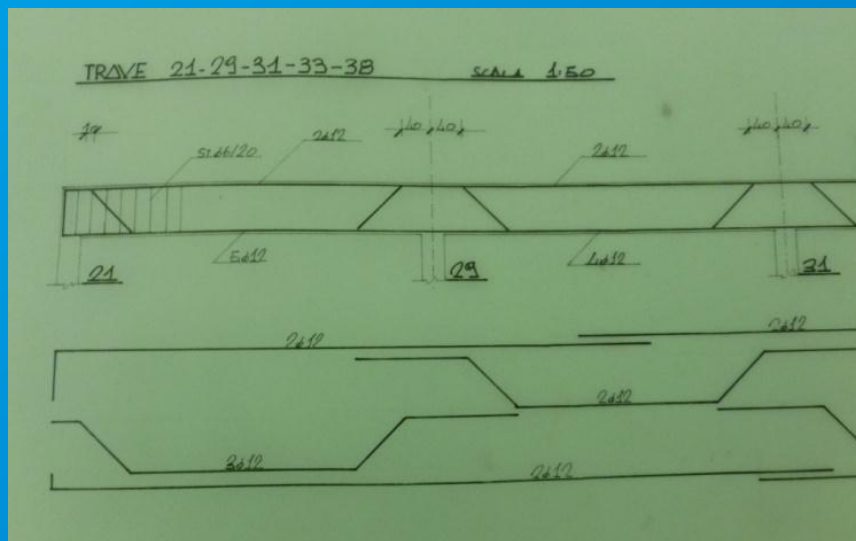
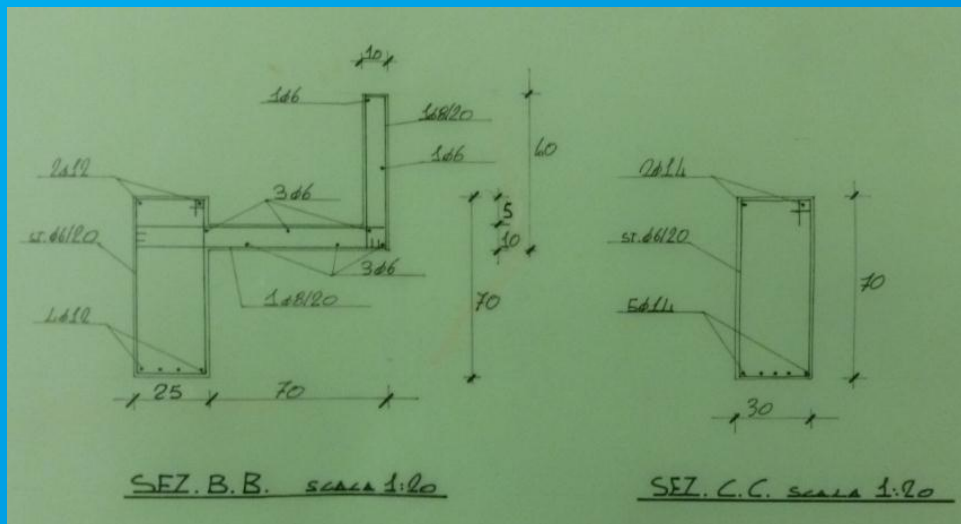
MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



STATO ATTUALE

MATERIALI – ARMATURE PILASTRI

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

MATERIALI PLINTI E TRAVI PORTAMURO

- Calcestruzzo R_{ck} 250 kg/cm²
- Acciaio da c.a. Fe A 38k

MATERIALI TRAVI E PILASTRI

- Calcestruzzo R_{ck} 300 kg/cm²
- Acciaio da c.a. Fe B 32k

VALORI NOMINALI RICAVATI
DAGLI ELABORATI ORIGINALI
DI PROGETTO

TABELLA PILASTRI

DAL N° 1 AL N° 20, DAL N° 29 AL N° 37, DAL N° 46 AL N° 62
25X25 4φ14 ST. φ6/20

DAL N° 21 AL N° 28, DAL N° 38 AL N° 45
30X30 4φ14 ST. φ6/20

STATO ATTUALE

LIVELLO DI CONOSCENZA

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

In base alle informazioni in nostro possesso

Geometria:

- possesso dei disegni originali: piante del fabbricato, tavole di carpenteria, tabella dei pilastri;
- noti i dettagli strutturali e le dimensioni degli elementi strutturali.

Dettagli costruttivi:

- possesso dei disegni costruttivi originali di travi, pilastri e fondazione.

Proprietà dei materiali:

- caratteristiche meccaniche dei materiali note dai documenti in possesso.

Per raggiungere il livello di conoscenza **LC2** occorrerà eseguire alcune **prove limitate** sui materiali di ogni tipo di elemento strutturale primario (travi, pilastri):

- 1 provino di cls ogni 300 mq di piano dell'edificio (nel nostro caso 8 provini);
- 1 campione di armatura per piano dell'edificio.

STATO ATTUALE

ANALISI DEI CARICHI

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

Normativa di progetto:

- Peso proprio copertura = 160 kg/mq
- Permanente gronda esterna = 300 kg/ml
- Carico permanente portato = 50 kg/mq
- Carico neve = 60 kg/mq
- Carico vento = 60 kg/mq

**LA NORMA VIGENTE ALL'EPOCA DELLA REALIZZAZIONE
NON PREVEDE ALCUN CARICO DI TIPO SISMICO.**

Modifiche D.M. '08 (NTC)

- Carico neve = 80 kg/mq
- Carico vento = 51 kg/mq
- Azione sismica:
 - ✓ $V_N = 50$ anni
 - ✓ Classe d'uso II
 - ✓ Cat. di sottosuolo C
 - ✓ Cat. Topografica T_1
 - ✓ Tempo di ritorno allo SLV = 475 anni.

ANALISI DELLE CRITICITA'

COPERTURA

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

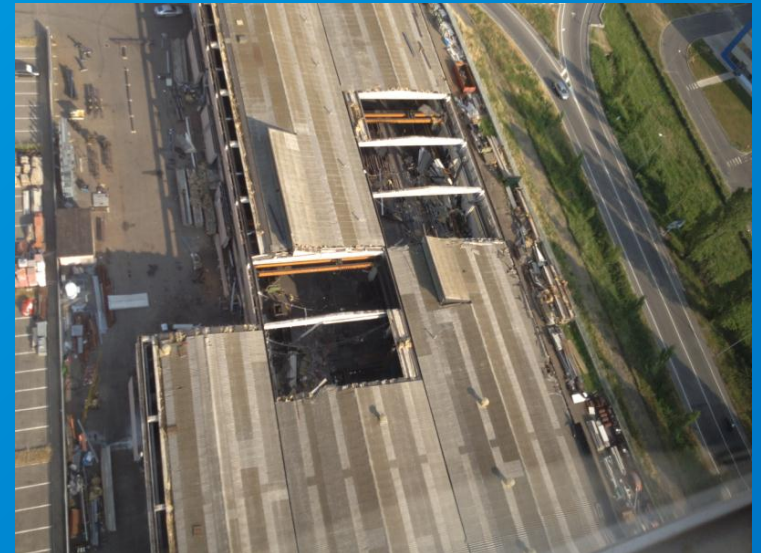
INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

- Sfilamento dei tegoli;
- Ribaltamento dei tegoli;
- Caduta di elementi secondari (lastre, lucernai, comignoli, canne fumarie) di copertura.



ANALISI DELLE CRITICITA'

ELEMENTI NON STRUTTURALI

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

- Tamponature interne (ribaltamento, eccessivo irrigidimento telai);
- Tamponature esterne (ribaltamento, interazione con i pilastri);
- Scaffalature (resistenza, controventatura, giunti).



ANALISI DELLE CRITICITA'

ELEMENTI STRUTTURALI

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

- Materiali e loro caratteristiche nominali;
- Dimensioni dei pilastri, armature longitudinali, trasversali e relativa esistenza a taglio;
- Fondazioni (tipologia ed eventuali collegamenti).



INTERVENTI MINIMI – MESSA IN SICUREZZA

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

COPERTURA

- Evitare movimenti rigidi dei tegoli (assoluti e relativi);
- Assicurare la stabilità delle coppelle in caso di sisma evitando la caduta dall'alto;
- Assicurare tutti gli eventuali elementi secondari di copertura;
- Controllo della stabilità per carichi verticali con particolare attenzione al carico neve.

ELEMENTI NON STRUTTURALI

- Scaffalature autonome dalla struttura del capannone e più possibile stabili evitandone il ribaltamento;
- Evitare il ribaltamento delle tamponature interne (in particolare quelle a tutta altezza) ed esterne;
- In generale, assicurare tutti gli eventuali elementi secondari presenti e suscettibili di ribaltamento;
- Eliminazione o limitazione delle pareti finestate.

ELEMENTI STRUTTURALI

- Eventualmente collegare la pavimentazione alla trave porta muro.

INTERVENTI MINIMI – MESSA IN SICUREZZA

PIANO RIGIDO – PIANTA DEI CONTROVENTI

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

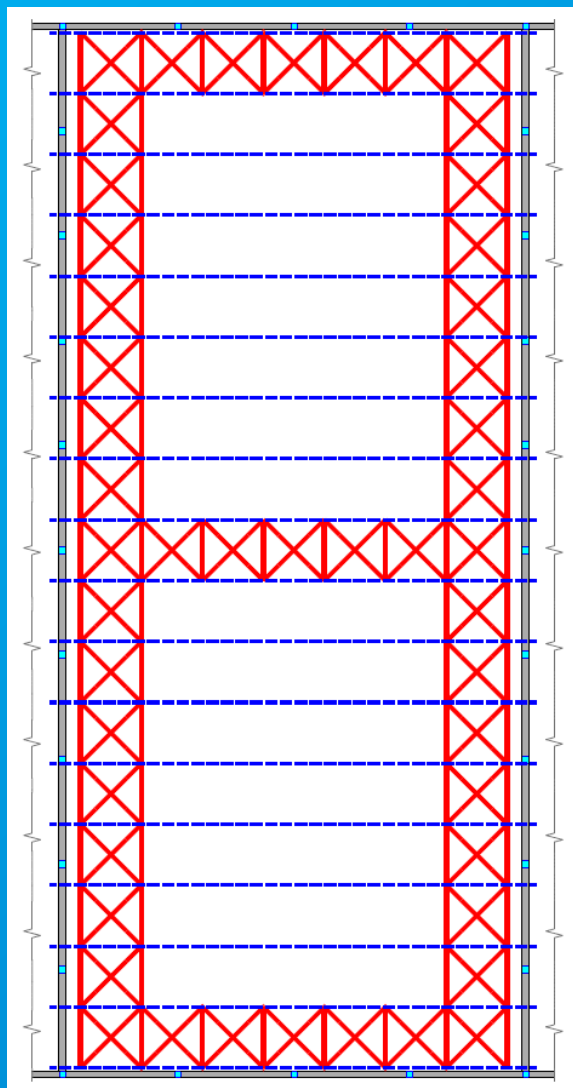
INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

**CAMPATA
TIPO**



L'intervento per la realizzazione del piano rigido prevede l'installazione di controventi a maglia quadrata in copertura, piastre di collegamento in testa ai tegoli e fissaggio dei tegoli alle travi di bordo e di spina.

MODELLAZIONE- ANALISI SISMICA

Azione sismica di progetto

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

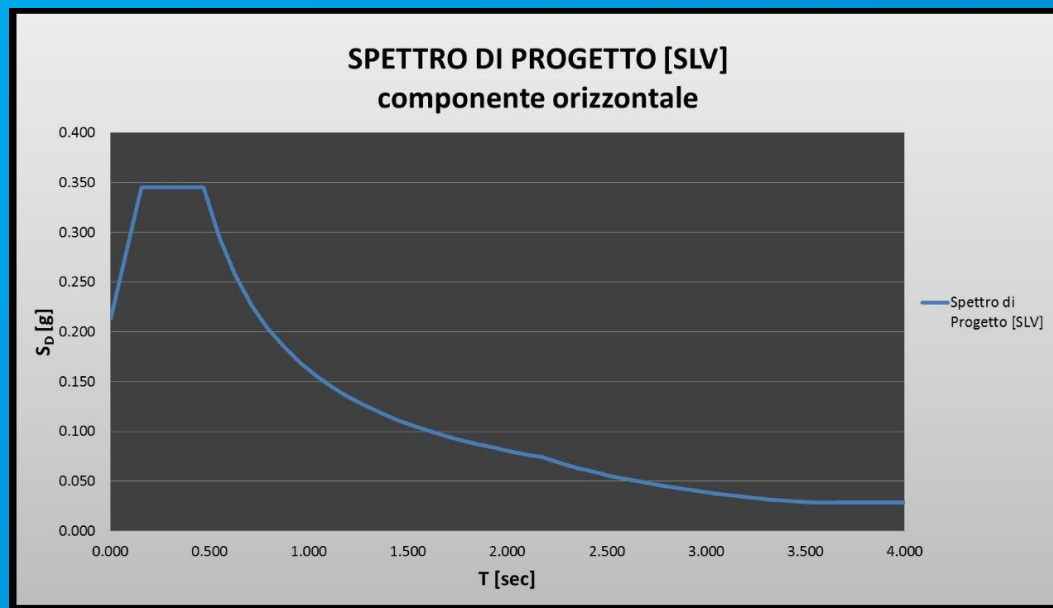
ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

**SI PROCEDE ALL'ANALISI SISMICA DELL'EDIFICIO ALLO STATO ATTUALE IN
CON ANALISI DINAMICA LINEARE.**

Ipotesi:

- Fattore di struttura: $q = 1.5$ (valore minimo, NTC C8.7.2.4)
- **Piano rigido** di copertura (si considerano effettuati gli interventi minimi)
- **Incastri alla base**
- Livello di conoscenza **LC2**



DATI SPETTRO SLV ZONA PRATO

a_g [g]	0.142
F_0	2.425
T_c^*	0.299
S_s	1.492
S_T	1
C_c	1.564
q	1.5

MODELLAZIONE- ANALISI SISMICA

Verifiche presso-flessione pilastri

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

Telai di spina, pilastri 30x30 cm

Pilastri verificati

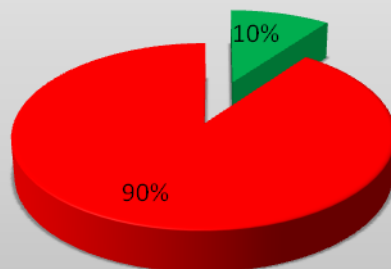
Nessuno

Telai di bordo, 25x25 cm

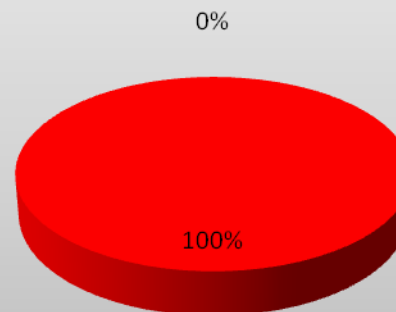
Pilastri verificati

10%

VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE PILASTRI DI BORDO



VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE PILASTRI DI SPINA



MODELLAZIONE- ANALISI SISMICA

Domini M-N

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

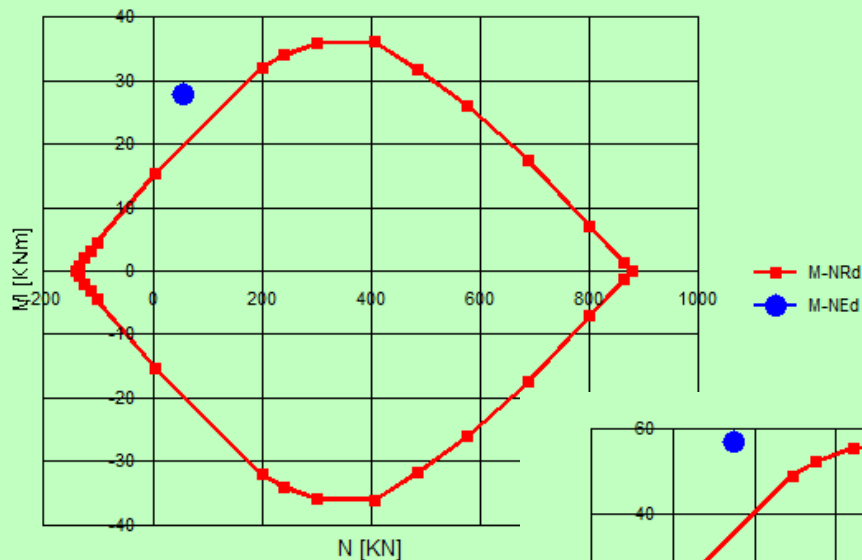
INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

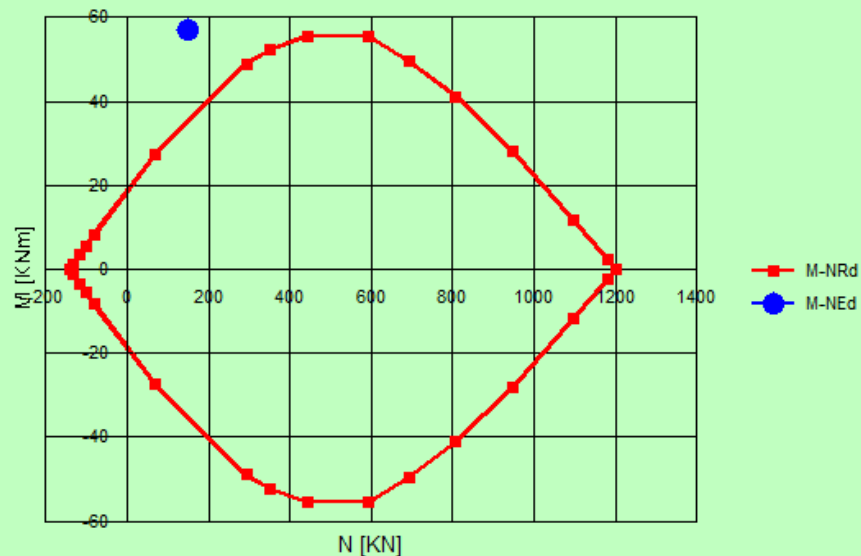
ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

Pilastro 25x25



Pilastro 30x30



MODELLAZIONE - ANALISI SISMICA

Verifiche a taglio pilastri

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

Telai di spina, pilastri 30x30 cm

Pilastri verificati

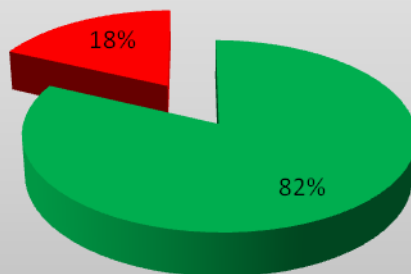
82%

Telai di bordo, 25x25 cm

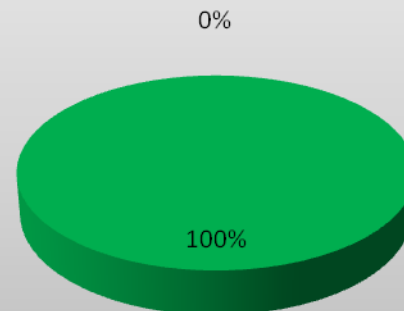
Pilastri verificati

100%

VERIFICA A TAGLIO PILASTRI DI SPINA



VERIFICA A TAGLIO PILASTRI DI BORDO



MODELLAZIONE - ANALISI SISMICA

Azione sismica ridotta

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

Testo del Dlgs n.74 del 6 Giugno 2012 coordinato con la legge di conversione n.122 del 1 Agosto 2012 recante “Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici che hanno interessato il territorio delle province di Bologna, Modena, Ferrara, Mantova, Reggio Emilia e Rovigo, il 20 e il 29 Maggio 2012”:

Art. 3 Comma 10: “...qualora il livello di sicurezza della costruzione risulti inferiore al **60%** della sicurezza richiesta ad un edificio nuovo, dovranno eseguirsi interventi di miglioramento sismico finalizzati al raggiungimento almeno del **60%** della sicurezza richiesta ad un edificio nuovo...”



**SI PONE COME OBIETTIVO UN LIVELLO DI AZIONE SISMICA
AMMISSIBILE IN BASE AL LIVELLO DI SICUREZZA CHE SI VUOLE
RAGGIUNGERE**



60% di a_g

MODELLAZIONE - ANALISI SISMICA

Analisi dinamica lineare con 60% di a_g

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

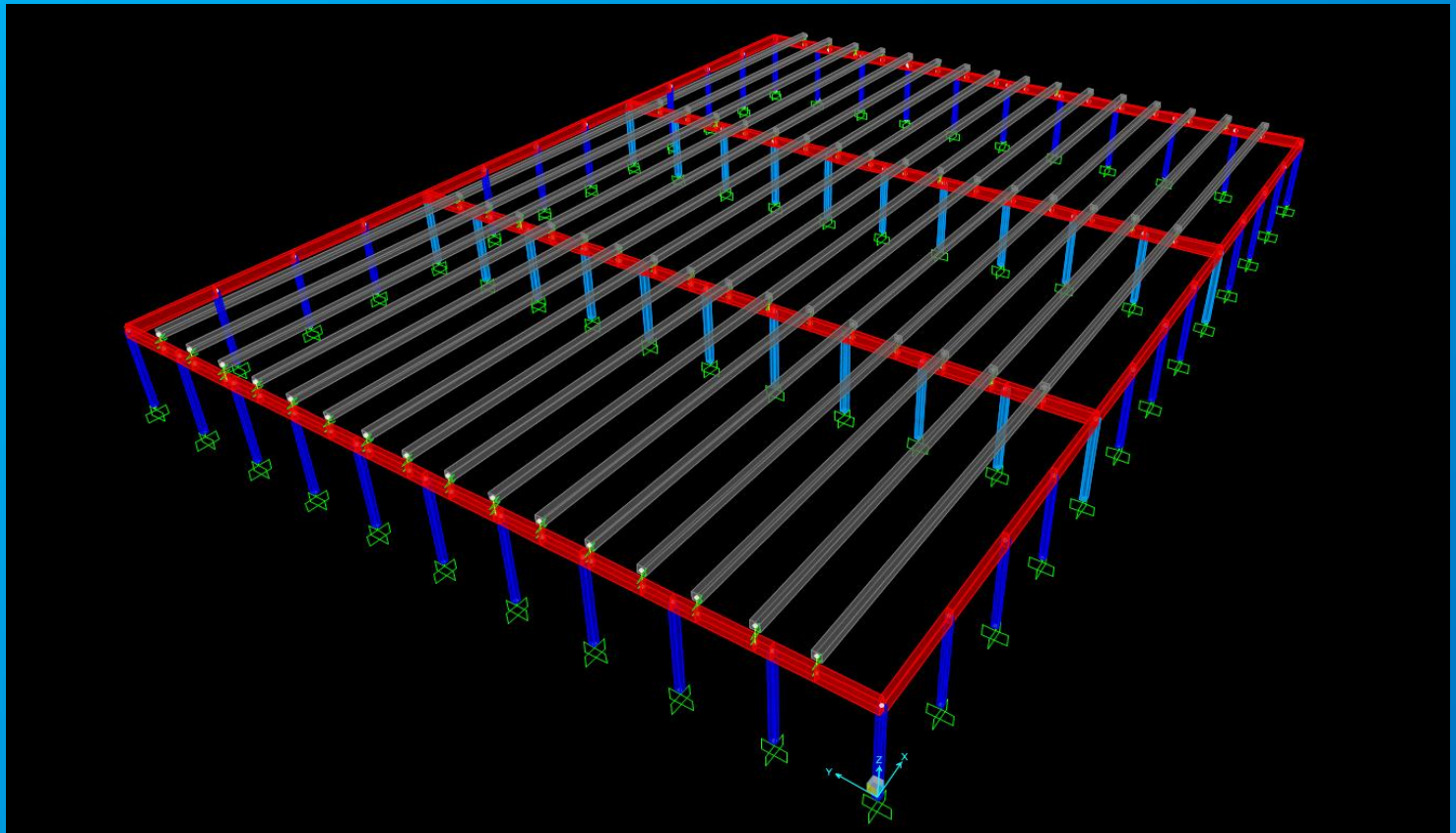
INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1. PESO PROPRIO	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2. SOVRACCARICO PERMAN.	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3. Var. Coperture	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4. CORR. Tors. dir. 0	0.0	1.0	-1.0	-1.0	1.0	-1.0	1.0	-1.0	1.0	-1.0	1.0	-1.0	1.0	-1.0	1.0	-1.0	1.0	-1.0	1.0	-1.0	1.0	-1.0	1.0	-1.0	1.0	-1.0	1.0	-1.0	1.0	-1.0	1.0	-1.0	1.0
5. CORR. Tors. dir. 90	0.0	.3	-.3	-.3	-.3	-.3	-.3	-.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	1.0	1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
6. SISMA DIREZ. GRD 0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
7. SISMA DIREZ. GRD 90	0.0	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.3	1.0	1.0	1.0	1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0



MODELLAZIONE - ANALISI SISMICA

Risultati analisi con 60% di a_g

4 PILASTRI NON VERIFICATI A PRESSO-FLESSIONE

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

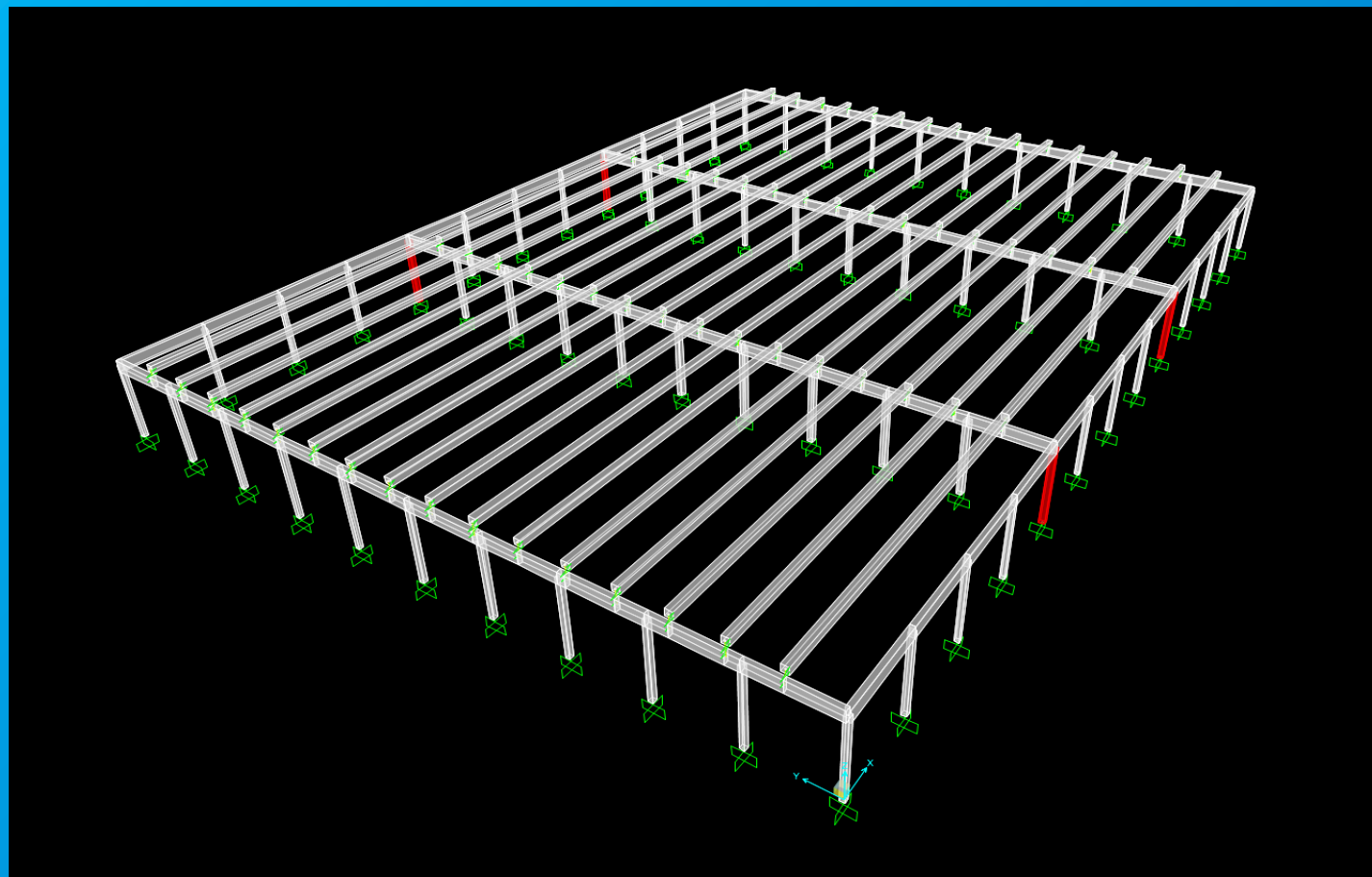
MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



INTERVENTI AVANZATI - MIGLIORAMENTO

Incamicatura in c.a. (jacketing)

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

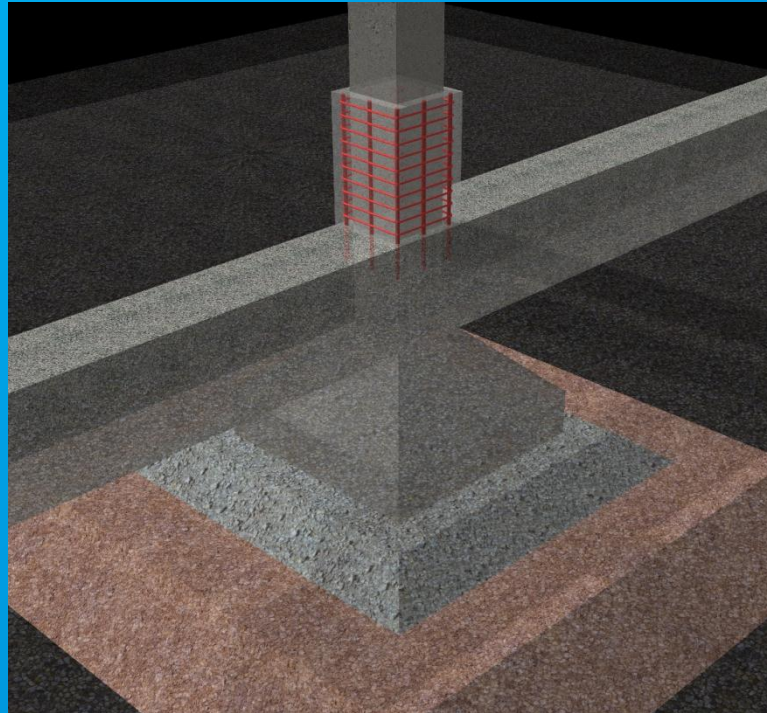
MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



- Efficace per rinforzo a taglio e flessione
- Aumenta la duttilità del pilastro fasciato
- Difficoltà di aggancio al plinto
- Variazione di rigidezza della sezione

INTERVENTI AVANZATI - MIGLIORAMENTO

Incamiciatura in acciaio

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



- Efficace per rinforzo a taglio e flessione
- Aumenta la duttilità del pilastro fasciato
- Mancanza di continuità tra pilastro rinforzato e fondazione
- Variazione di rigidezza della sezione

INTERVENTI AVANZATI - MIGLIORAMENTO

Utilizzo di compositi fibrorinforzati - FRP

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

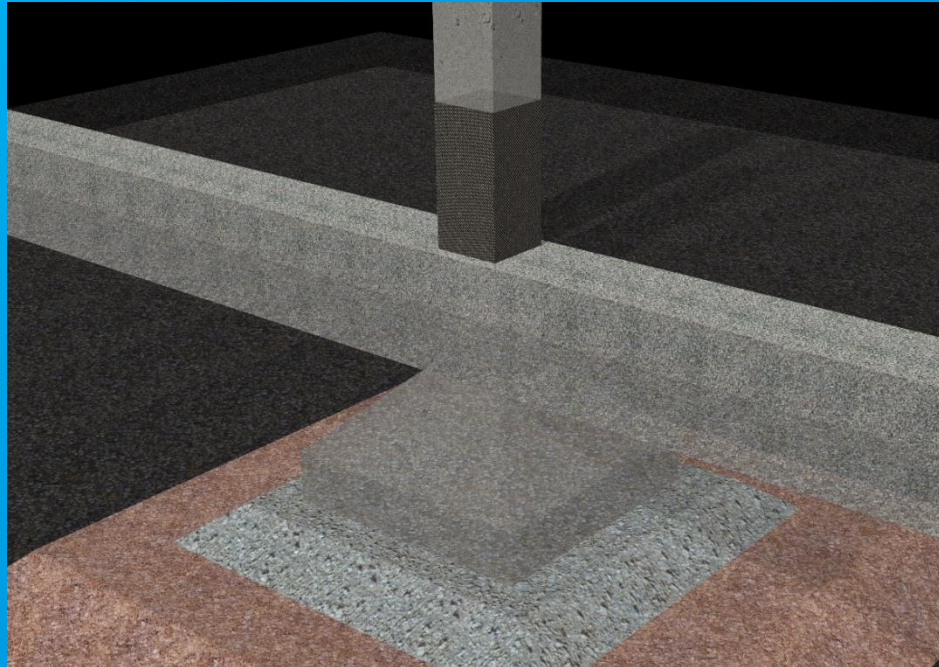
MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



- Efficace per rinforzo a taglio
- Aumenta la duttilità del pilastro fasciato
- Aumenta il confinamento del pilastro fasciato
- Mancanza di continuità tra pilastro rinforzato e fondazione
- Mancanza di efficacia per rinforzo a flessione

INTERVENTI AVANZATI - MIGLIORAMENTO

Tipologia di intervento con elementi metallici

Rinforzo con angolari metallici 60x60x6 e calastrellature passo 25cm

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

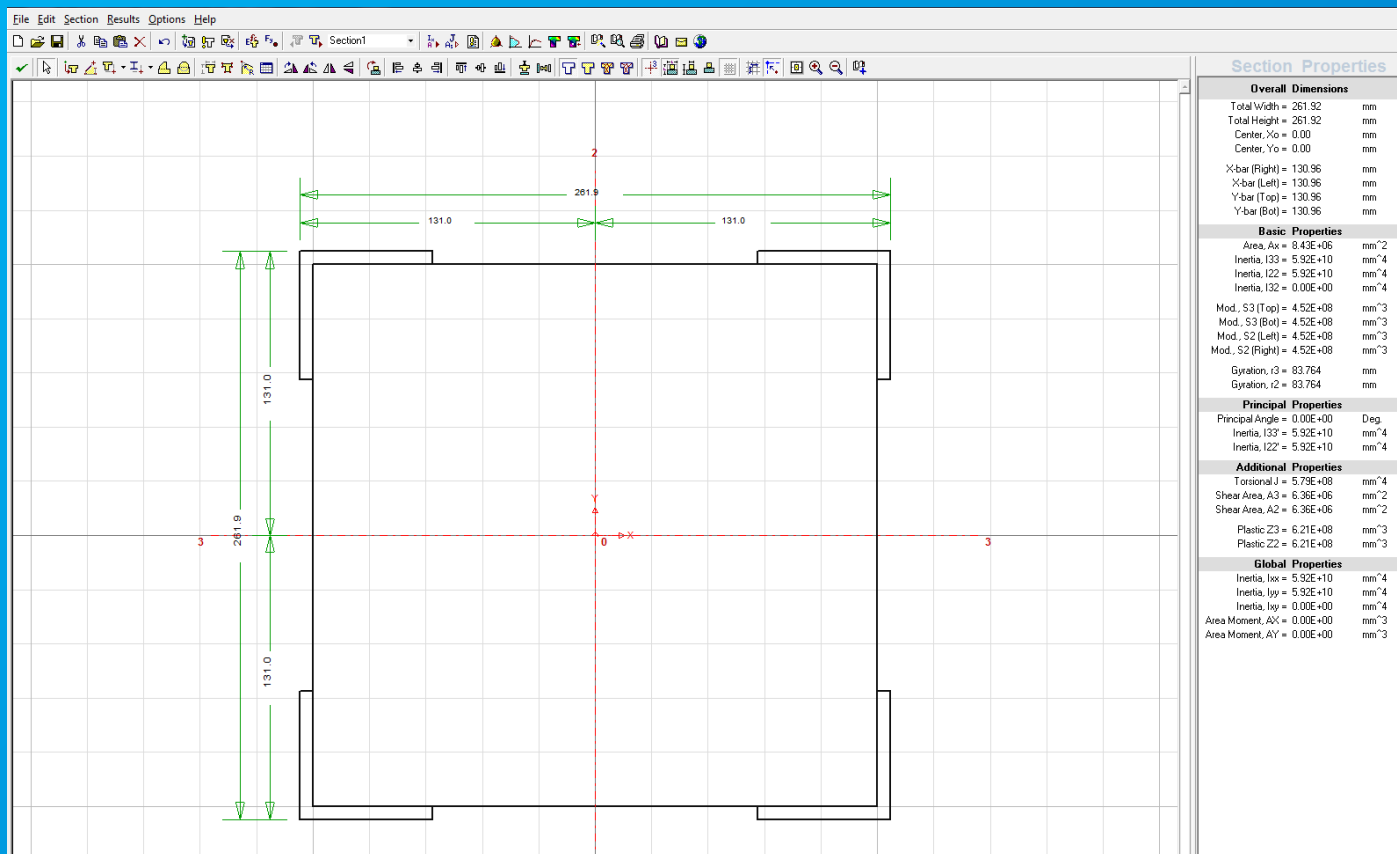
MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



INTERVENTI AVANZATI - MIGLIORAMENTO

Tipologia di intervento con elementi metallici

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

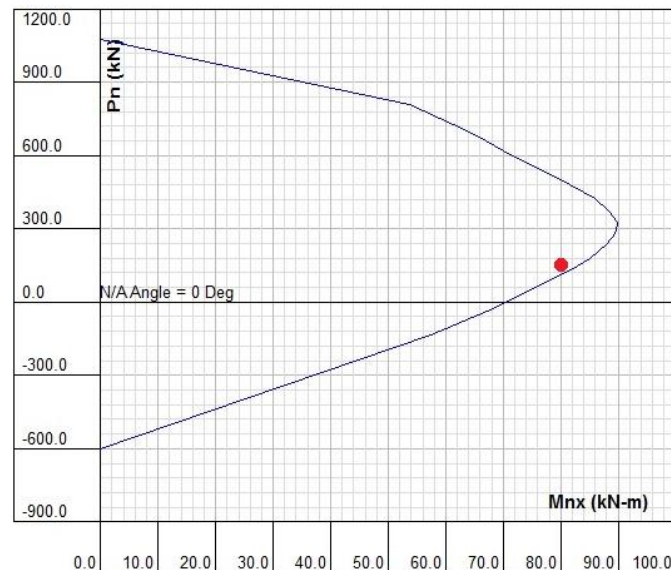
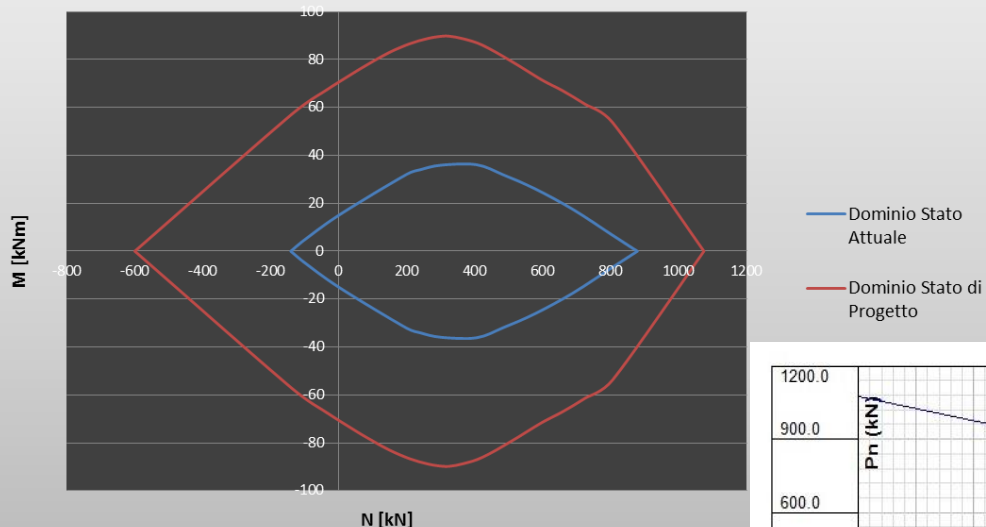
INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

CONFRONTO DOMINIO RESISTENTE



VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Dispositivi di dissipazione energetica

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

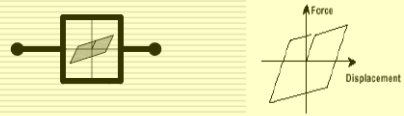
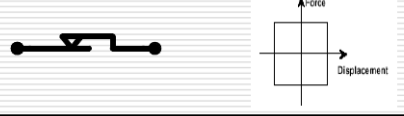
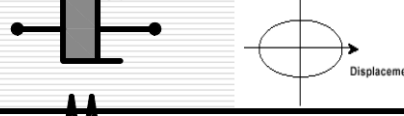
MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

Tipo	Dissipatore	Parametri meccanici	Modello reologico
dispositivi a dissipazione “dipendente dallo spostamento”	Elasto-plastico (EP)	k_1 Rigidezza elastica α Fattore d'incrudimento μ duttilità	
	Attritivo (FR)	F_s Forza di scorrimento	
dispositivi a dissipazione “dipendente dalla velocità”	Viscoso lineare (VL)	c_d Coefficiente di viscosità	
	Elasto-viscoso lineare (VE)	k_d Rigidezza elastica η Fattore di perdita “loss factor”	

I dispositivi elasto-plastici dissipano energia attraverso le deformazioni inelastiche dei metalli che, superato un certo livello di carico, si plasticizzano.

VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Dispositivi di dissipazione energetica

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

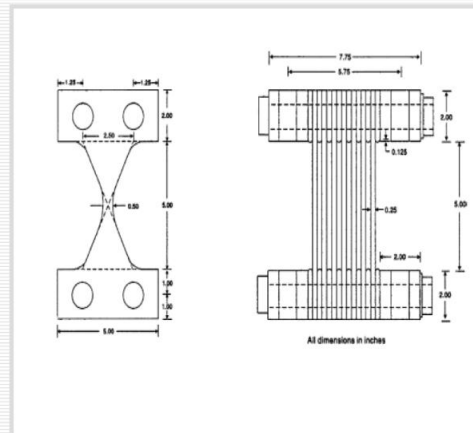
INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

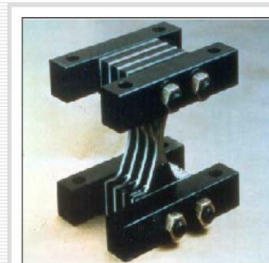
ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

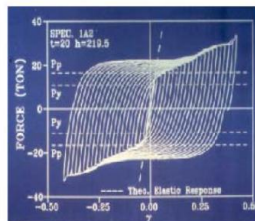
ADAS DEVICE (Added Damping And Stiffness)



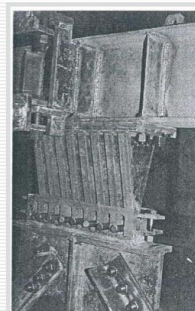
*Piatti in acciaio
conformati ad X
(Whittaker, 1991)*



T-ADAS DEVICE (Triangular - Added Damping And Stiffness)



*Piatti in acciaio
conformati a V
(Tsai e Hong,
1992).*



VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Dispositivi di dissipazione energetica

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

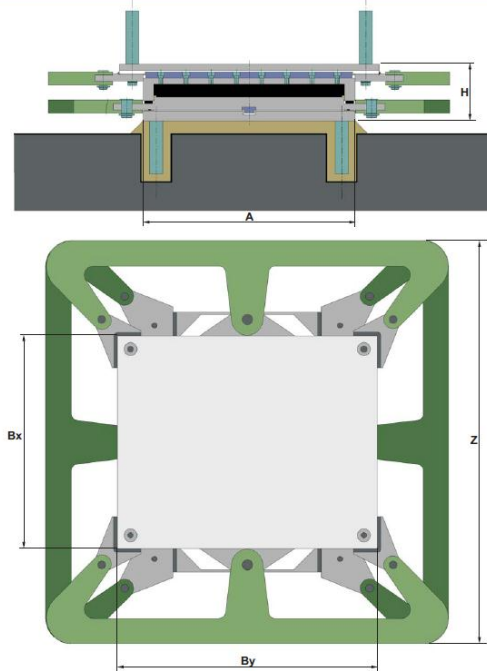
VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

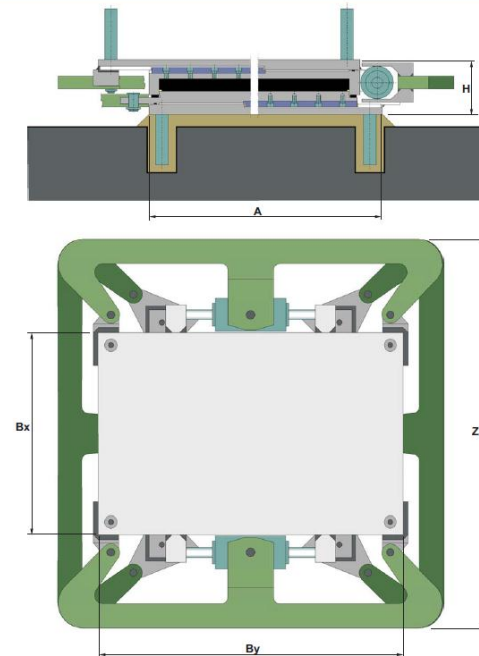
PND

SEZIONE E PIANTA - SECTION AND PLAN



PNUD

SEZIONE E PIANTA - SECTION AND PLAN



VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Analisi dinamiche non lineari

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

L'utilizzo di dispositivi di dissipazione energetica rende necessario l'impiego di un'analisi di tipo **NON LINEARE**.

Le non linearità considerate sono:

1. L'applicazione dei carichi, dei quali, quello statico proporzionale ad una funzione lineare monotona crescente e quello sismico dipendente dai vari accelerogrammi considerati;
2. Il comportamento dei dissipatori, rappresentato da una curva forza-spostamento bilineare con ramo plastico incrudente.

In caso si voglia spingere oltre l'analisi, è possibile anche tenere in conto delle non linearità dei materiali e/o quelle geometriche (effetti del secondo ordine, etc.). In tal caso occorrerà un'analisi più sofisticata con modelli adattivi che variano il proprio schema di vincoli (formazione delle cerniere plastiche) in funzione della domanda e delle proprie capacità.

VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Analisi dinamiche non lineari

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

Identificazione

Nome Proprietà

Direzione

Tipo

NonLineare

Tipo e Parametri Isteresi

Tipo di Isteresi

Non Sono Richiesti Parametri per Questo Tipo di Isteresi

Proprietà Usate Per Casi di Analisi Lineari

Rigidità Effettiva

Smorzamento Effettivo

Posizione Deformazione a Taglio

Distanza dall'Estremo J

Definizione Schema Isteresi

Multilinear Plastic - Kinematic

Definizione Forza-Deformazione Multi-Lineare

	Displ	Force
4	0.	0.
5	1.000E-03	22.
6	0.015	32.
7	0.016	0.

VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Analisi dinamica non-lineare "Time History"

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

Impiego di accelerogrammi: NTC2008 paragrafi §3.2.3.6 , §7.3.4.2 e § 7.3.5.

- Minimo 3 gruppi di accelerogrammi, almeno 7 per mediare gli effetti, altrimenti occorre prendere il valore di picco. Ogni gruppo composto da due componenti orizzontali ortogonali ed una verticale;
- Per gli accelerogrammi artificiali è richiesta la garanzia di spettro-compatibilità;
- Applicazione simultanea delle componenti e combinazione degli effetti mediante la media di quelli più sfavorevoli (nel caso di 7 gruppi).

VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Analisi dinamica non-lineare "Time History"

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

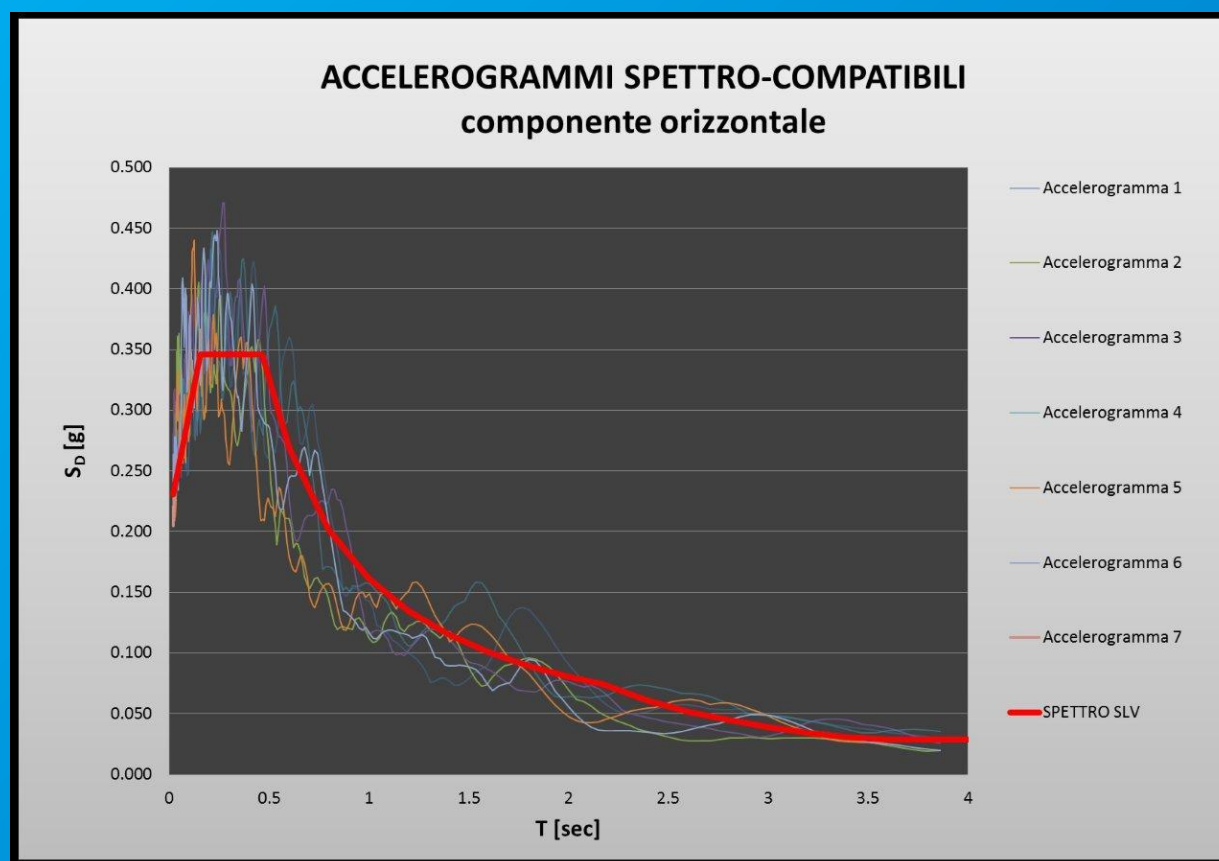
INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

L'ordinata spettrale media non deve presentare uno scarto in difetto superiore al 10% rispetto alla corrispondente componente dello spettro elastico (NTC 3.2.3.6).



VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Analisi dinamica non-lineare "Time History"

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

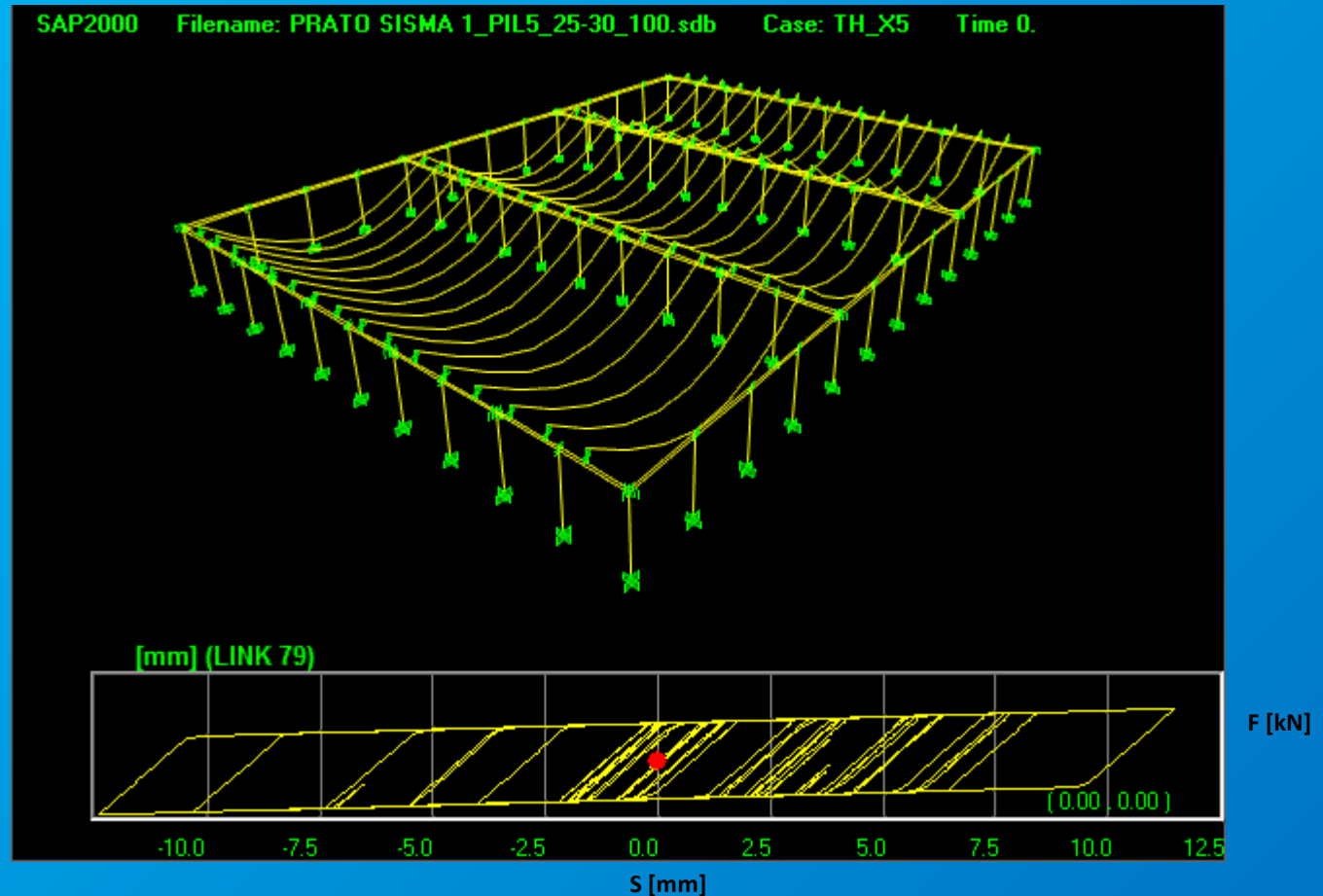
MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Risultati dell'analisi

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

Confronti tra stato attuale e stato di progetto (il parametro scelto è la sommatoria dei tagli alla base):

- Struttura esistente con piano rigido e 100% a_g : $\Sigma T_i = 1339$ kN
- Struttura adeguata con dissipatori con 100% a_g : $\Sigma T_i = 475$ kN



Il taglio alla base si è ridotto del 65%

VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Risultati dell'analisi

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

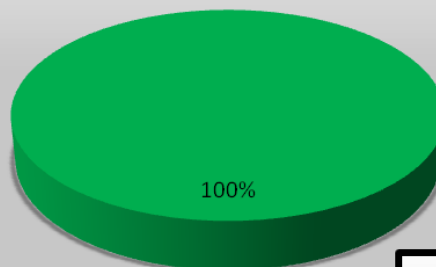
INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

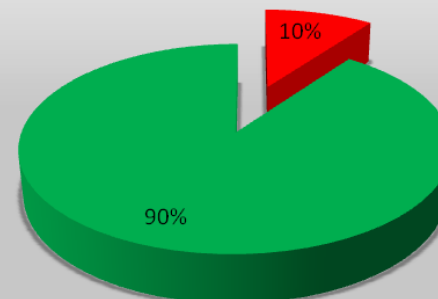
ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE STATO DI
PROGETTO - PILASTRI DI BORDO



VERIFICA A PRESSOFLESSIONE STATO DI
PROGETTO - PILASTRI DI SPINA



VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Stato attuale

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Stato di progetto – esempi di interventi

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Stato di progetto – esempi di interventi

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

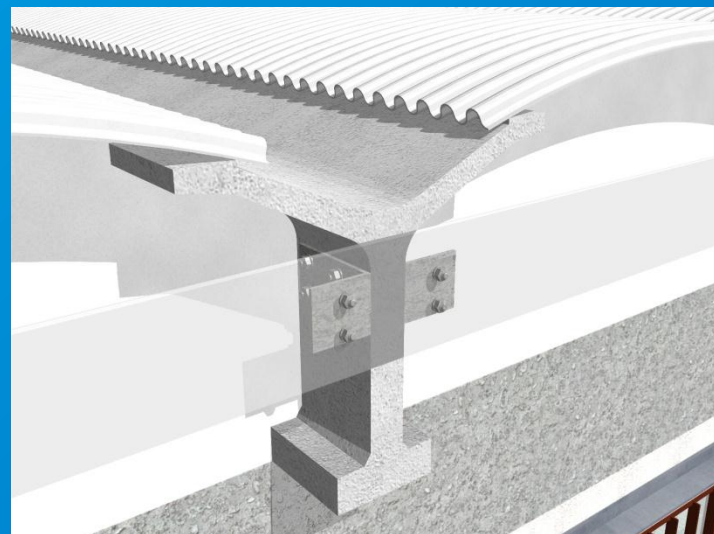
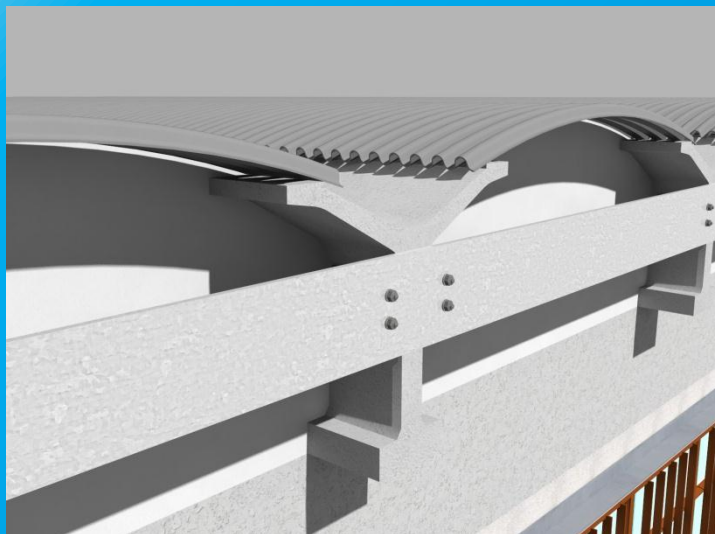
MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Stato di progetto – esempi di interventi

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Stato di progetto – esempi di interventi

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Stato di progetto – esempi di interventi

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Stato di progetto – esempi di interventi

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Stato di progetto – esempi di interventi

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Stato di progetto – esempi di interventi

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



VERSO L'ADEGUAMENTO SISMICO

Stato di progetto – esempi di interventi

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

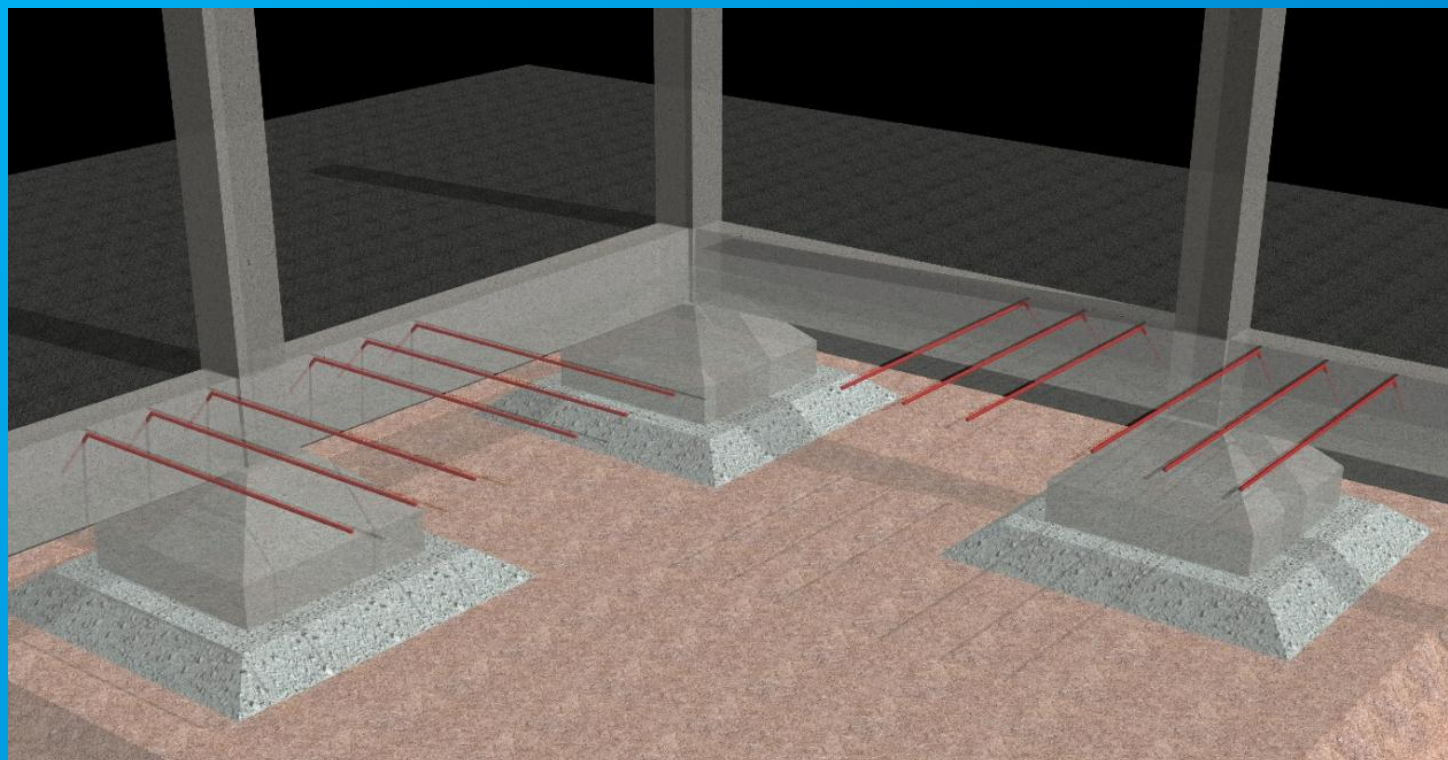
MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI



ANALISI DEI COSTI

Stime sommarie

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

Aumento del livello di sicurezza (miglioramento 60% a_g): 60-80 €/mq

Adeguamento: 130-180 €/mq

Per la determinazione della stima lavori sono stati utilizzati:

- “Prezzario di riferimento per interventi locali e globali su edifici industriali” redatto dalla Regione Toscana con il contributo di alcune aziende di prefabbricazione
- “Prezzario regionale Regione Abruzzo adeguamento con isolatori sismici”
- Analisi prezzi 2012 della ditta Alga, produttrice di dispositivi sismici

CONCLUSIONI

ANALISI STORICA

STATO ATTUALE

CRITICITÀ

INTERVENTI MINIMI –
MESSA IN SICUREZZA

MODELLAZIONE E
ANALISI SISMICA

INTERVENTI AVANZATI –
MIGLIORAMENTO SISMICO

VERSO L'ADEGUAMENTO
SISMICO

ANALISI DEI COSTI

CONCLUSIONI

- Con una spesa intorno al 7-8% del valore dell'immobile si raggiunge un buon livello di sicurezza ($60\% a_g$);
- L'adeguamento sismico, sebbene sia un obiettivo certamente condivisibile, presenta allo stato attuale oggettive difficoltà tecniche e costi elevati;
- In ogni caso la prevenzione rappresenta un costo sociale sensibilmente più basso di quello conseguente ad eventi anche non necessariamente distruttivi;
- In ultima istanza, tutti i costi diventano sostenibili se rapportati al valore delle aziende che operano all'interno dei capannoni.