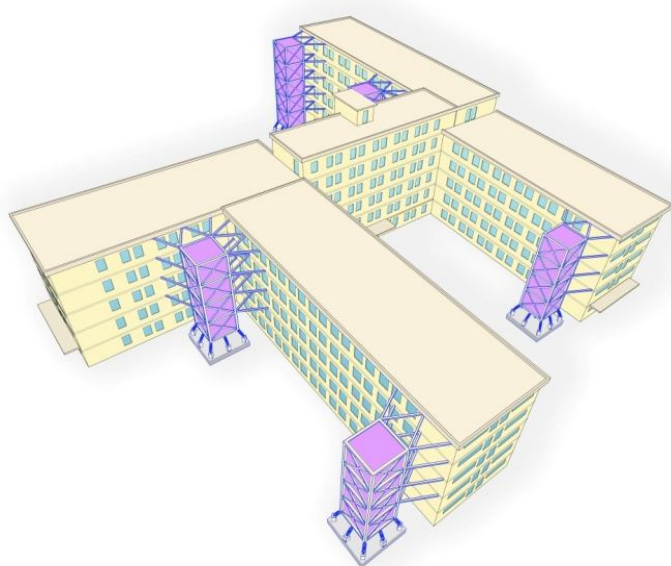


## UN SISTEMA INNOVATIVO PER LA PROTEZIONE SISMICA DI SCUOLE E OSPEDALI: “LE TORRI DISSIPATIVE”

*La Seitec Seismotechnologies srl ha messo a punto un sistema innovativo di adeguamento sismico degli edifici esistenti, particolarmente efficace per complessi scolastici e ospedalieri, che prevede la realizzazione di torri dedicate alla protezione sismica, equipaggiate con dispositivi di dissipazione di energia, da disporre in modo opportuno all'esterno degli edifici stessi, senza interferire con gli spazi interni e senza interromperne la funzionalità.*



Simulazione di intervento

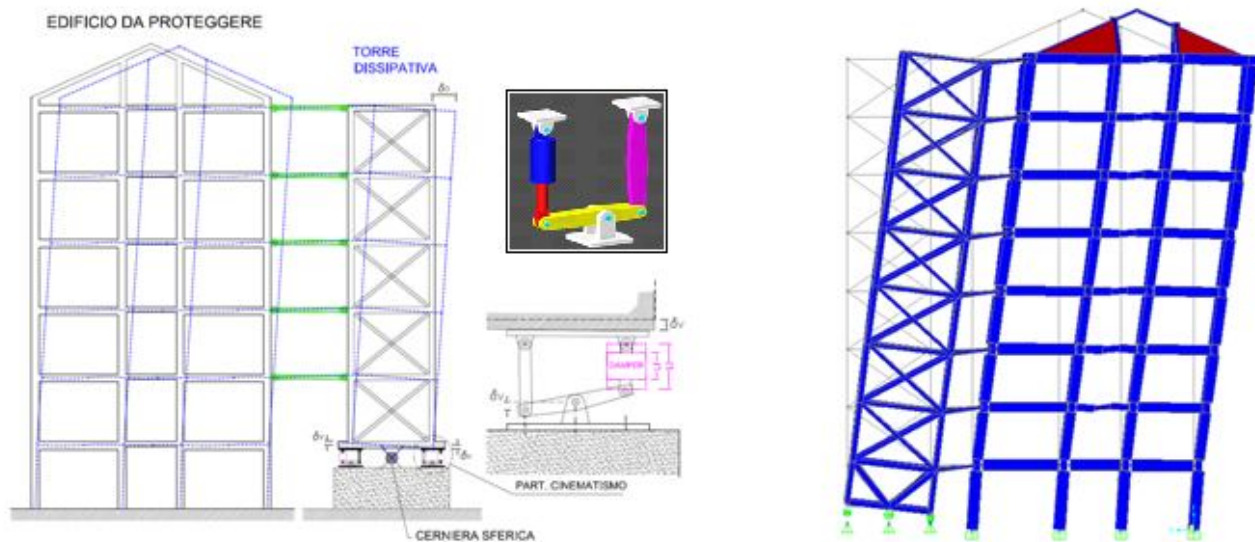


### Il sistema a “torri dissipative”

Le tradizionali metodologie di protezione sismica degli edifici esistenti a scheletro portante in c.a. richiedono il rinforzo degli elementi strutturali (travi e pilastri) e/o l’inserimento di nuove strutture all’interno degli edifici, con conseguente interruzione delle attività o il trasferimento delle stesse su altre strutture. Tra i sistemi di miglioramento e adeguamento sismico più efficaci si devono oggi annoverare quelli che fanno ricorso all’inserimento di controventi dissipativi all’interno delle maglie dell’ossatura portante. Nel caso delle scuole e degli ospedali, questo tipo di intervento presenta tuttavia gli stessi inconvenienti dei sistemi di adeguamento tradizionali, in quanto interferisce con l’esercizio e richiede costi indiretti molto elevati, connessi non solo alle sistemazioni interne ma anche all’interruzione del servizio.

Per superare i problemi di interferenza con le attività presenti all’interno degli edifici la Seitec propone un sistema innovativo che prevede la realizzazione di torri esterne, affiancate all’edificio da proteggere, aventi il compito di contrastare le azioni sismiche per dissipazione di energia, riducendo le accelerazioni e gli spostamenti.

Le torri sono vincolate alla base su un appoggio centrale a cerniera sferica e su dispositivi di dissipazione di energia perimetrali. Al fine di esaltarne l'efficacia i dissipatori sono montati su manovellismi di amplificazione degli spostamenti e disposti radialmente in modo da risultare attivi in tutte le direzioni. Il ricentramento delle torri dopo un evento sismico è garantito dalla forza di richiamo elastico dell'edificio esistente.



Manovellismo alla base e modello di comportamento

Il sistema è stato brevettato dall'Ing. Alessandro Balducci (Applicazione n. EP20100747238 20100831 - WO2010EP62748 20100831, Classificazione internazionale ed europea E04H9/02 – concessione italiana n.0001395591 class. E04H).

## I vantaggi del sistema

Il vantaggio principale è indubbiamente costituito dalla riduzione dei costi rispetto alle tradizionali tecniche di protezione sismica, sia per la maggiore efficienza data dallo sfruttamento ottimale dei dispositivi di dissipazione, che per l'abbattimento dei costi indiretti connessi alla sistemazione degli spazi interni e all'interruzione e/o delocalizzazione delle attività.

L'efficacia del sistema è molto elevata in quanto consente di garantire l'operatività dell'edificio da proteggere anche per terremoti di grande intensità e cioè con periodi di ritorno superiori a quelli previsti dalle norme, come avviene negli edifici isolati alla base.

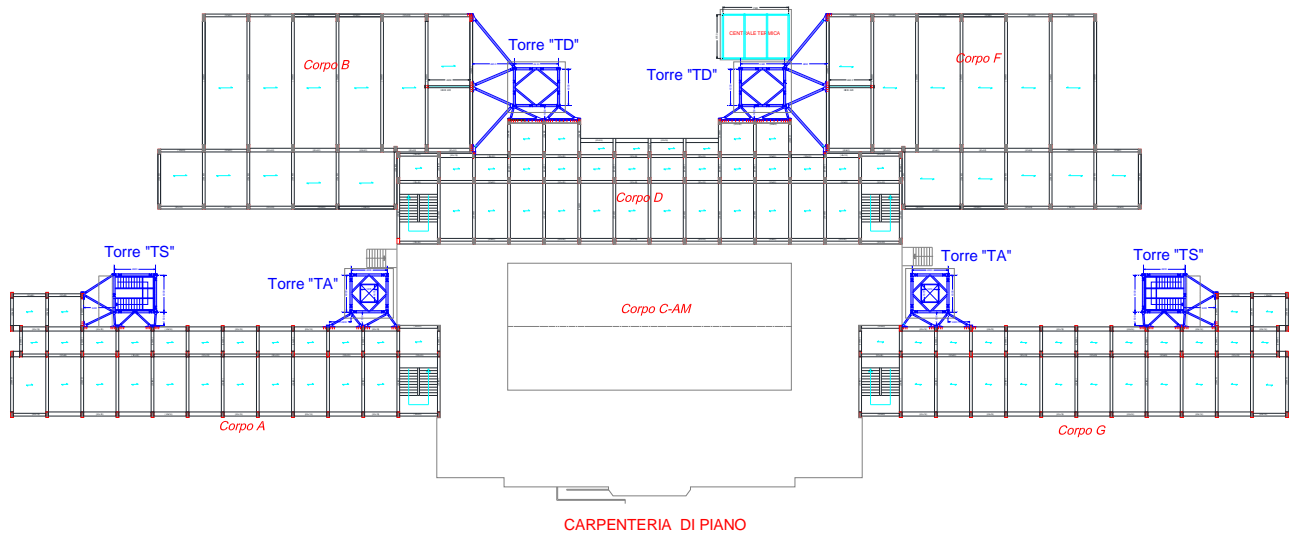
Da un punto di vista architettonico e funzionale le torri costituiscono nuove strutture che possono ospitare nuovi spazi, scale di emergenza, ascensori, etc., consentendo da un lato l'adeguamento alle norme sulla sicurezza e accessibilità, dall'altro la riqualificazione architettonica dell'edificio.

La disposizione dei dissipatori alla base delle torri, con la possibilità di creare un ambiente chiuso e di facile accesso, semplifica enormemente le operazioni di ispezione, di manutenzione ed eventuale sostituzione. Il sistema si caratterizza, inoltre, per la completa reversibilità.

## PRIME APPLICAZIONI

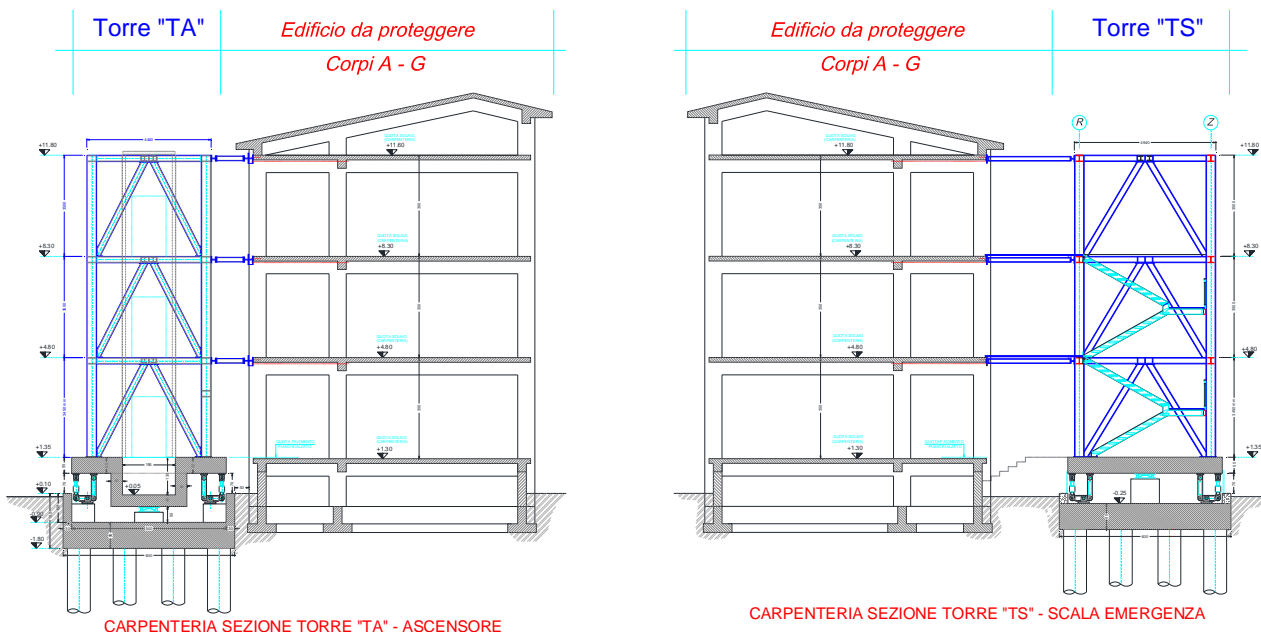
### Adeguamento sismico del Liceo Socio-Pedagogico "B. Croce" di Avezzano (AQ)

Il progetto prevede l'inserimento di 6 torri sismo-resistenti dissipative in affiancamento ai singoli corpi di fabbrica che compongono l'intero complesso. Con questa soluzione strutturale l'ATI si è aggiudicata la gara di appalto, con una riduzione dei costi di circa il 50% rispetto al progetto a base di gara. I lavori sono stati eseguiti senza l'interruzione delle attività scolastiche.



Pianta 1° livello: organizzazione planimetrica delle torri

Le due torri affiancate ai due corpi principali (corpi A e G) hanno anche la funzione di contenere un ascensore (TA) e una scala di emergenza (TS).



Sezioni con due torri tipo

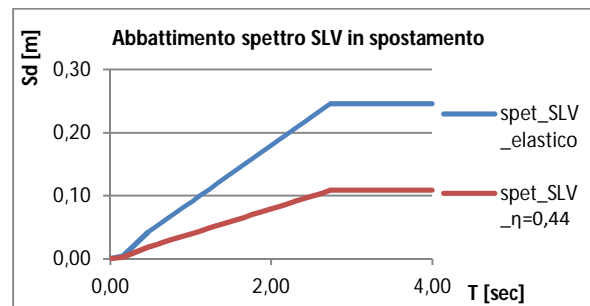
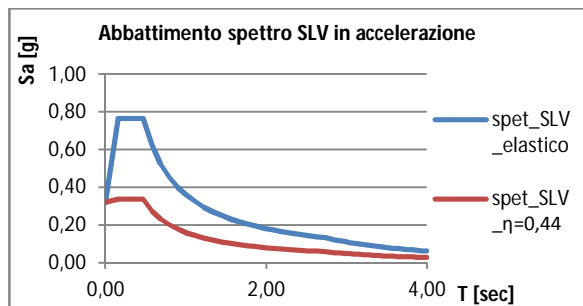
Alla base di ogni torre sono posizionati otto dispositivi dissipativi (2 per ogni vertice), montati su manovellismi meccanici in grado di amplificare gli spostamenti e garantire una notevole efficienza.

Le torri sono vincolate centralmente su un appoggio a cerniera sferica; il cinematismo di rotazione attiva contemporaneamente tutti i dispositivi dissipativi.



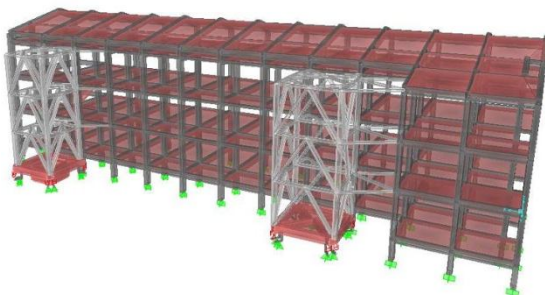
La realizzazione delle torri ed un particolare del manovellismo con dissipatore

L'efficienza del sistema di protezione sismica può essere apprezzata osservando il confronto tra gli spettri elastici in accelerazione e in spostamento con e senza torri riportati nella figura che segue. La presenza delle torri produce un abbattimento significativo dell'input sismico, riducendo le ordinate di entrambi gli spettri di un fattore di alterazione  $\eta = 0,44$ .

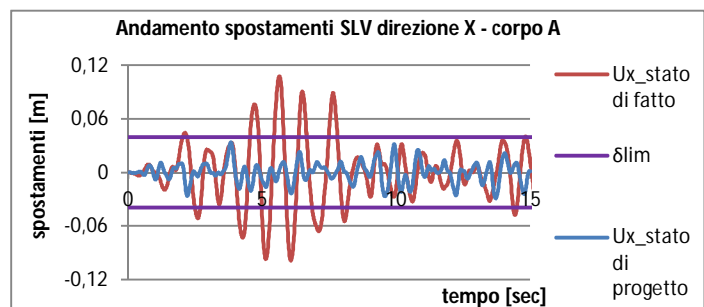


Abbattimento degli spettri in spostamento ed accelerazione

E' significativa la riduzione degli spostamenti ottenuta allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV): nella figura che segue è riportato il confronto tra gli spostamenti registrati istante per istante alla sommità del corpo A prima e dopo l'intervento. Il risultato è di notevole interesse in quanto mostra che gli spostamenti ottenuti con l'inserimento delle torri risultano inferiori al limite  $0,0033 \cdot H_{tot}$  imposto dalle norme per lo Stato Limite di Operatività (SLO). Ciò significa che l'edificio rimane in campo elastico e senza danneggiamenti anche per un sisma di grande intensità (SLV).



Modello shade dei corpi A e G



Confronto spostamenti istante per istante

Il costo complessivo delle opere strutturali è di circa € 1.700.000,00, che ripartito sulla superficie utile dei soli piani abitabili, pari a  $6.800 m^2$ , conduce ad un'incidenza di  $250,00 \text{ €/}m^2$ .

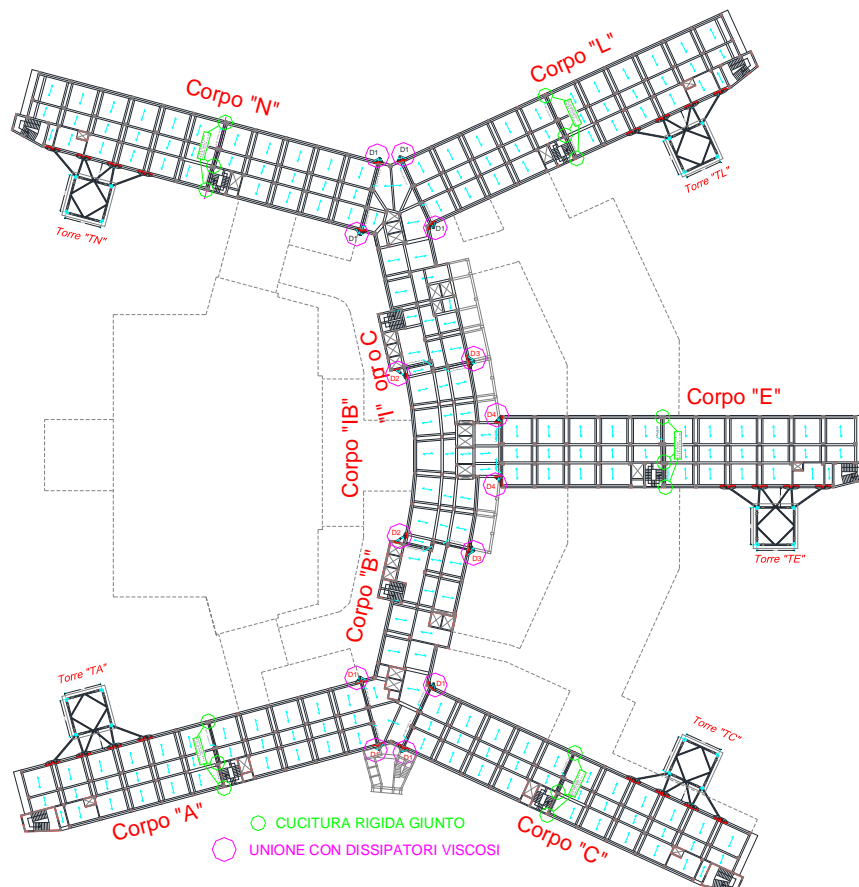
## Adeguamento sismico dell'Ospedale Regionale Torrette di Ancona

Oggetto dell'intervento è il nucleo originale del Complesso Ospedaliero di Torrette di Ancona, risalente ai primi anni '70 e costituito da cinque "ali" (corpi A, C, E, L, N) che confluiscono in un corpo centrale suddiviso in tre parti (B, IB, I). Ciascuna ala è a sua volta suddivisa in due corpi contigui separati da un giunto. In definitiva il complesso consta di 13 corpi indipendenti, a fianco dei quali vi sono altri edifici più bassi, non interessati dall'intervento, se non per l'adeguamento dei giunti.



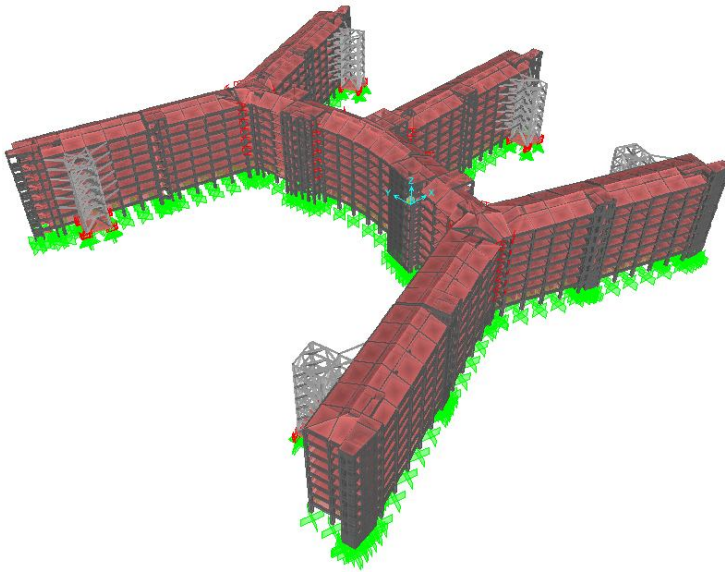
Vista del complesso ospedaliero di Torrette

L'adeguamento richiede l'inserimento di cinque torri sismo-resistenti dissipative, posizionate in prossimità delle estremità delle ali, la "cucitura" dei cinque giunti tecnici presenti tra i due corpi delle singole ali e l'inserimento di dissipatori viscosi nei restanti sette giunti.

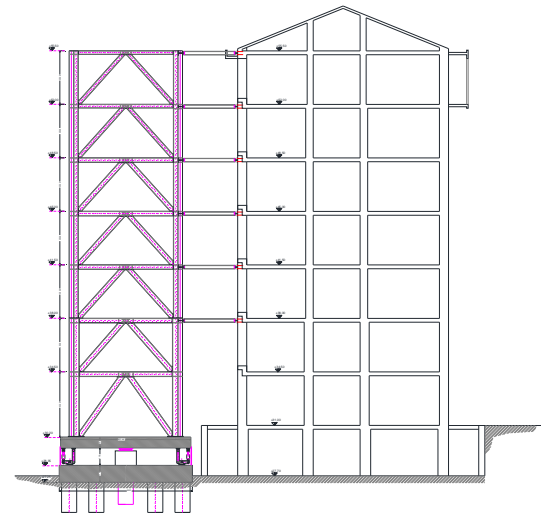


Carpenteria piano tipo: organizzazione planimetrica delle torri

A seguito dell'intervento il complesso reagisce all'azione sismica come un unico corpo, mantenendo, invece, la configurazione a corpi separati in condizioni di esercizio.

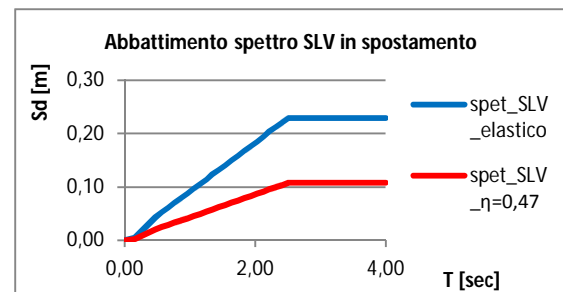
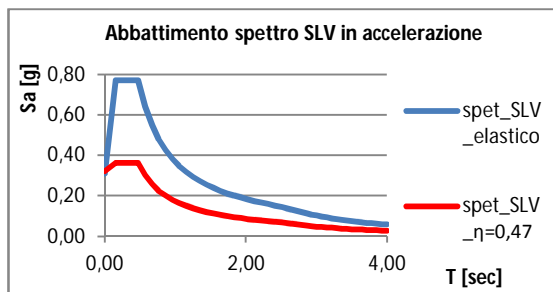


Modello shade del complesso



Sezione trasversale della torre tipo "TC"

L'efficienza del sistema di protezione sismica può essere apprezzata osservando il confronto tra gli spettri elastici in accelerazione e in spostamento con e senza torri riportato nelle figure che seguono. La presenza delle torri produce un abbattimento significativo dell'input sismico, riducendo le ordinate di entrambi gli spettri di un fattore di alterazione  $\eta = 0,47$ .



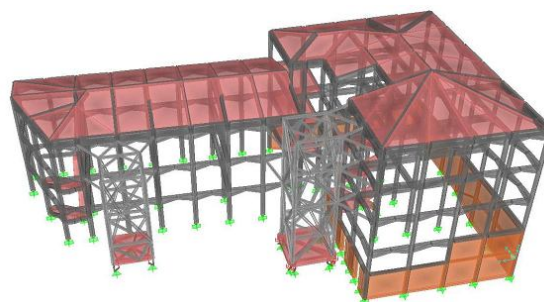
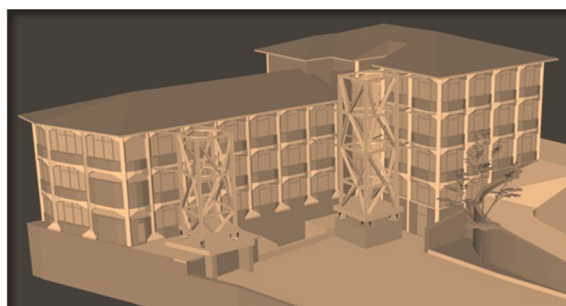
Abbattimento degli spettri in spostamento ed accelerazione

Il costo dell'intervento ha un'incidenza di circa 150,00 €/m<sup>2</sup>. Nelle figure sottostanti sono riportati alcuni render dell'intervento curati dallo Studio di architettura Salmoni di Ancona.

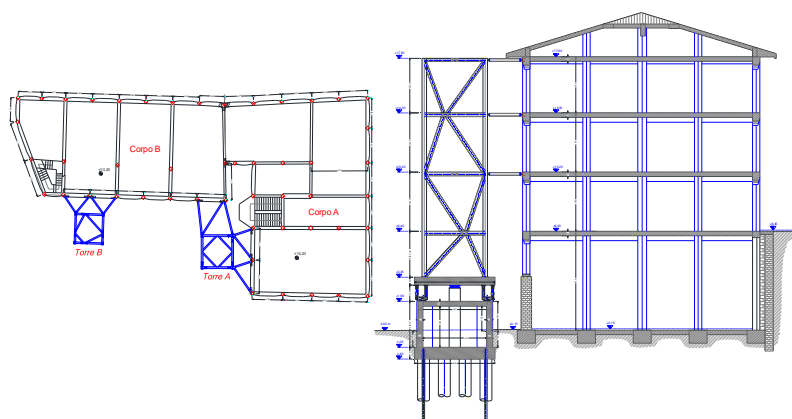


## Adeguamento sismico del Liceo Classico e Scientifico "Varano" di Camerino (MC)

Il progetto esecutivo, approvato da tutti gli organi competenti, finanziato e in fase di appalto, prevede l'inserimento di 2 torri sismo-resistenti dissipative, in affiancamento alla struttura esistente, sul piazzale posteriore. Nelle immagini che seguono è evidenziato l'inserimento delle torri.

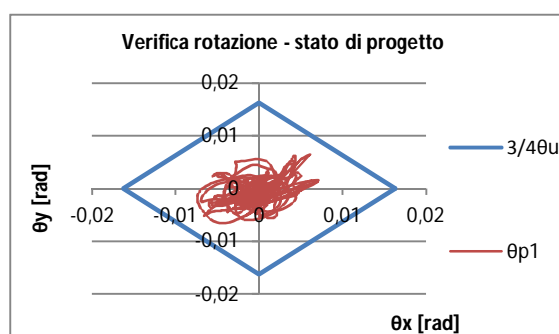
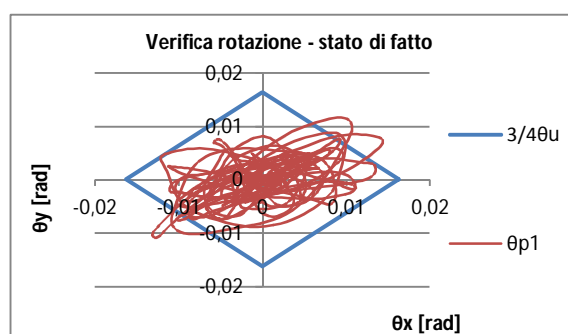


Render e vista shade del modello di calcolo



Pianta e sezione longitudinale Torre A e fotomontaggio dell'intervento

L'efficienza del sistema di adeguamento sismico in questo caso è mostrata in termini di capacità deformativa della struttura, espressa come rotazione alla corda  $\theta$  della pilastrata di base maggiormente sollecitata. Nelle figure che seguono sono riportati i diagrammi delle rotazioni allo SLV relative allo stato di fatto e allo stato di progetto, messe a confronto con il valore  $3/4 \cdot \theta_u$ , che rappresenta la capacità deformativa limite prevista dalle norme.



Confronto capacità deformativa stato di fatto e stato di progetto

Il costo delle opere di natura strutturale necessarie all'adeguamento sismico dell'intero complesso ha un'incidenza di circa 150,00 €/m<sup>2</sup>.

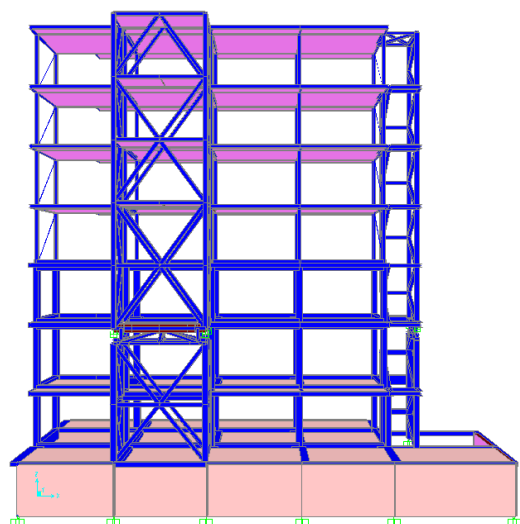
## Progetto di ampliamento con sopraelevazione dell'Hotel Ascot di Rimini

Progetto architettonico: archh. Carlo Cabassi e Maurizio Piccioni, Studio A.I.R. Rimini

Per l'ampliamento dell'Hotel Ascot di Rimini è prevista la costruzione di quattro piani in sopraelevazione. La protezione sismica dell'edificio è ottenuta con due strutture metalliche esterne: una torre dissipativa sul lato lungo posteriore ed una struttura reticolare piana sul fronte inserita sulla scala esterna, anch'essa equipaggiata con dissipatori. Nelle figure che seguono sono riportati due render dell'intervento ed il modello di calcolo.

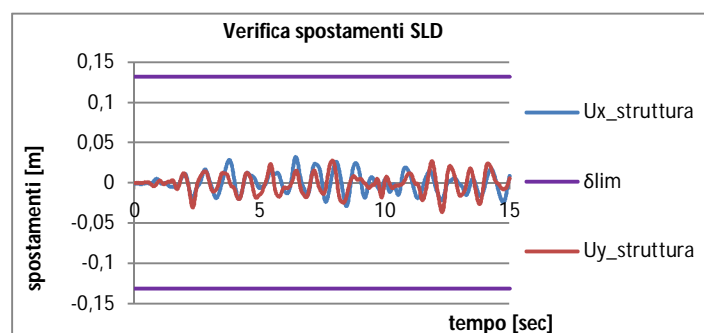


Render facciata posteriore con torre dissipativa



Vista shade del modello di calcolo e render in notturna del prospetto posteriore

Gli spostamenti massimi ottenuti allo Stato Limite di Danno (SLD), nelle due direzioni principali dell'edificio, risultano di gran lunga inferiori al valore limite previsto dalle norme ( $0,005 \cdot H_{tot}$ ).



Verifica degli spostamenti allo SLD