Comune di L'AQUILA

ADEGUAMENTO SISMICO AI SENSI DELL' NTC'18 DEL COMPLESSO DENOMINATO "TORRI" SEDE DEL CONSIGLIO REGIONALE DELL'ABRUZZO

Committente

CONSIGLIO REGIONALE DELL'ABRUZZO

Progettista delle Strutture

Riccardo VETTURINI - ingegnere

Collaboratori

Leonardo	TROMBETTONI	ingegnere
Walter	CECCHINI	ingegnere
Fabrizio	CRISTOFARI	ingegnere
Sara	MACCHIAIOLI	dottoressa
Stefano	MANZETTI	perito
Paolo	LUCANTONI	geometra
Alessandro	TOCCI	geometra
Alessandro	MARZI	geometra

Titolo

PROGETTO STRUTTURALE

Elaborato

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

Elaborato

R1

Rif. 1707 Data 18.12.2018

Rev. 01 02 03 04 05 06

INGENIUM società di ingegneria

06034 Foligno (PG), corso Cavour n.84. tel.0742/350701 fax 0742/340587 website:www.ingeniumsrl.it e-mail:ing.vetturini@gmail.com

LA DIFFUSIONE E RIPRODUZIONE, ANCHE PARZIALE DI QUESTA TAVOLA E' VIETATA A TERMINI DI LEGGE

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

1. Premessa

La presente relazione tecnica illustrativa si riferisce al progetto di adeguamento sismico ai sensi delle vigenti norme NTC'08 dell'edificio denominato "Torri", sede del Consiglio Regionale dell'Abruzzo, complesso architettonico sito in via Michele Jacobucci n.4 a L'Aquila. La strategia per il conseguimento dell'adeguamento sismico è l'isolamento sismico alla base.

La presente relazione ha per oggetto il progetto di intervento di adeguamento sismico, riguardo l'analisi dello stato di fatto si riportano i dati strettamente necessari alla progettazione e verifica delle strutture "post operam", viceversa il rischio e la vulnerabilità sismica "ante operam", non oggetto della presente, si dovrà fare riferimento allo studio ed alle analisi fornite dall'Amministrazione sviluppate dallo studio Arduini & partners di l'Aquila.
Le verifiche dello stato "post operam" si basano sugli elaborati di progetto originario e alla documentazione di indagine e rilievo fornita dall'Amministrazione nonché per alcuni elementi sullo studio di vulnerabilità sopra citato.



Vista aerea del complesso sede del Consiglio Regionale dell'Abruzzo (ottobre 2017)

2. Descrizione Generale

Architettura

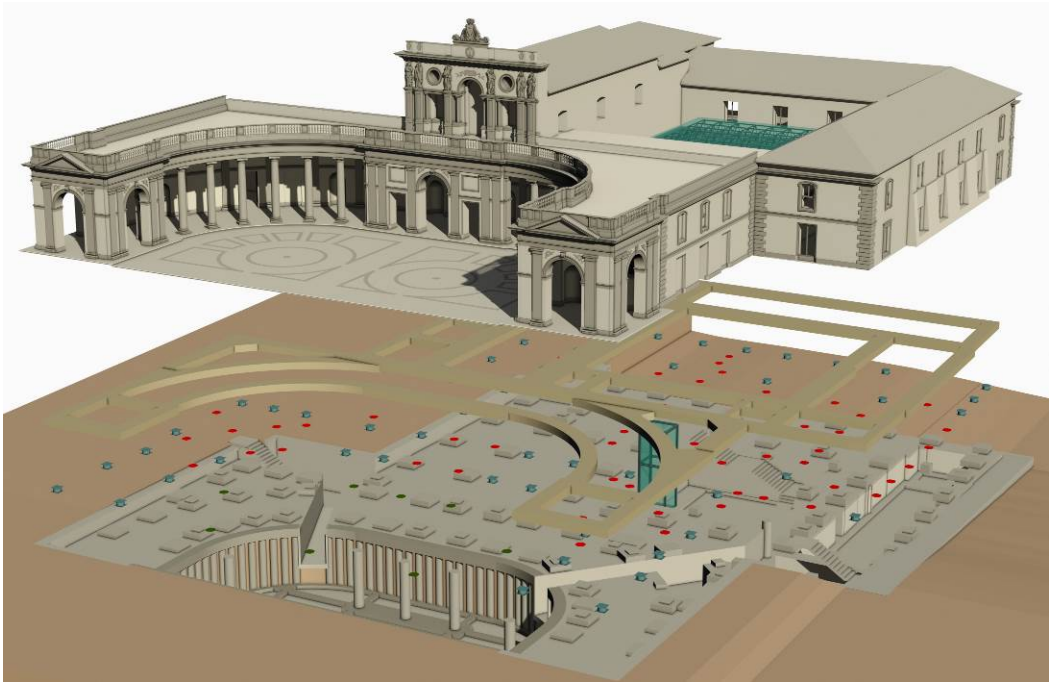
La sede del Consiglio Regionale dell'Abruzzo in via Jacobucci n.4 a L'Aquila è costituita da diversi corpi di fabbrica di natura e caratteristiche ben diverse tra loro, sinteticamente possono essere riassunti in tre macro complessi autonomi strutturalmente:

- Il Palazzo dell'Emiciclo
- Il Palazzo Ex G.I.
- Le Torri

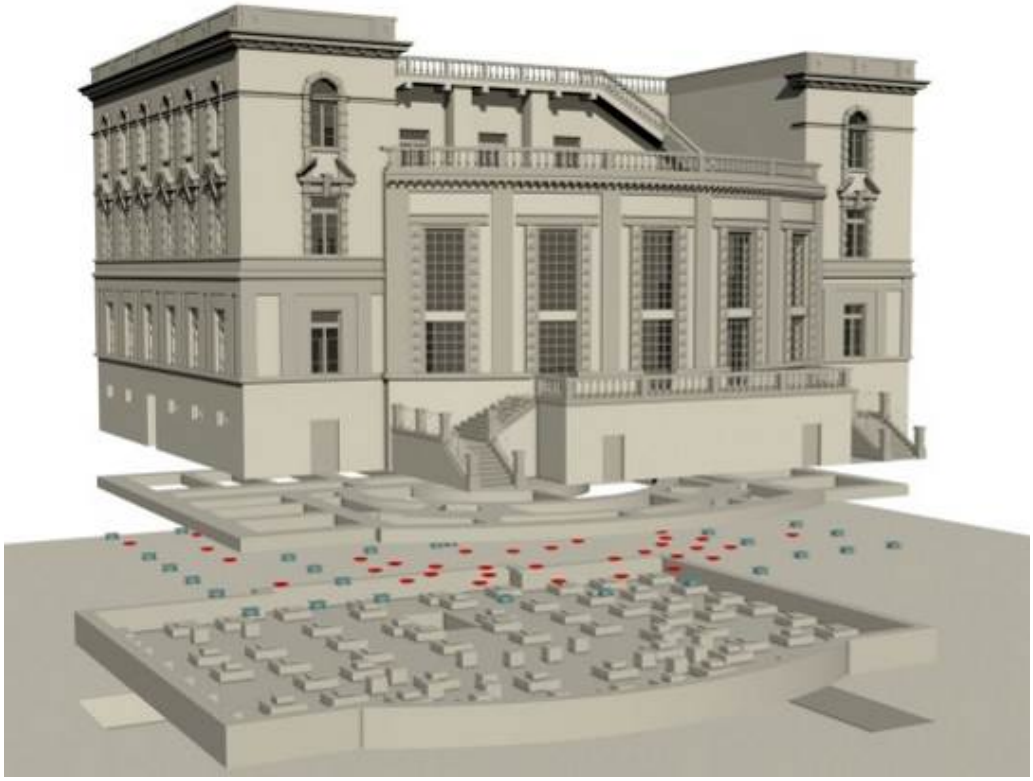


Inquadramento generale Consifglio Regionale dell'Abruzzo

Il Palazzo dell'Emiciclo ed il Palazzo dell'Ex G.I. (prossima sede a L'Aquila della GSSI – *Gran Sasso Science Institute*) sono edifici in muratura, rispettivamente di origine seicentesca e dei primi del '900, oggetto di intervento di adeguamento sismico mediante la strategia di isolamento alla base a seguito dei danni prodotti dalla crisi sismica del 2009 che colpì l'Aquila il 6 aprile (lavori in fase di completamento –ottobre 2017).



Palazzo dell'Emiciclo . schema intervento di isolamento alla base



Palazzo Ex G.I. – schema di isolamento alla base

Il complesso "le Torri", oggetto della presente, è viceversa un complesso, molto più recente, costruito intorno agli anni '80 (appalto concorso del 1978 successivamente realizzato nei primi anni '80), in cemento armato gettato in opera.

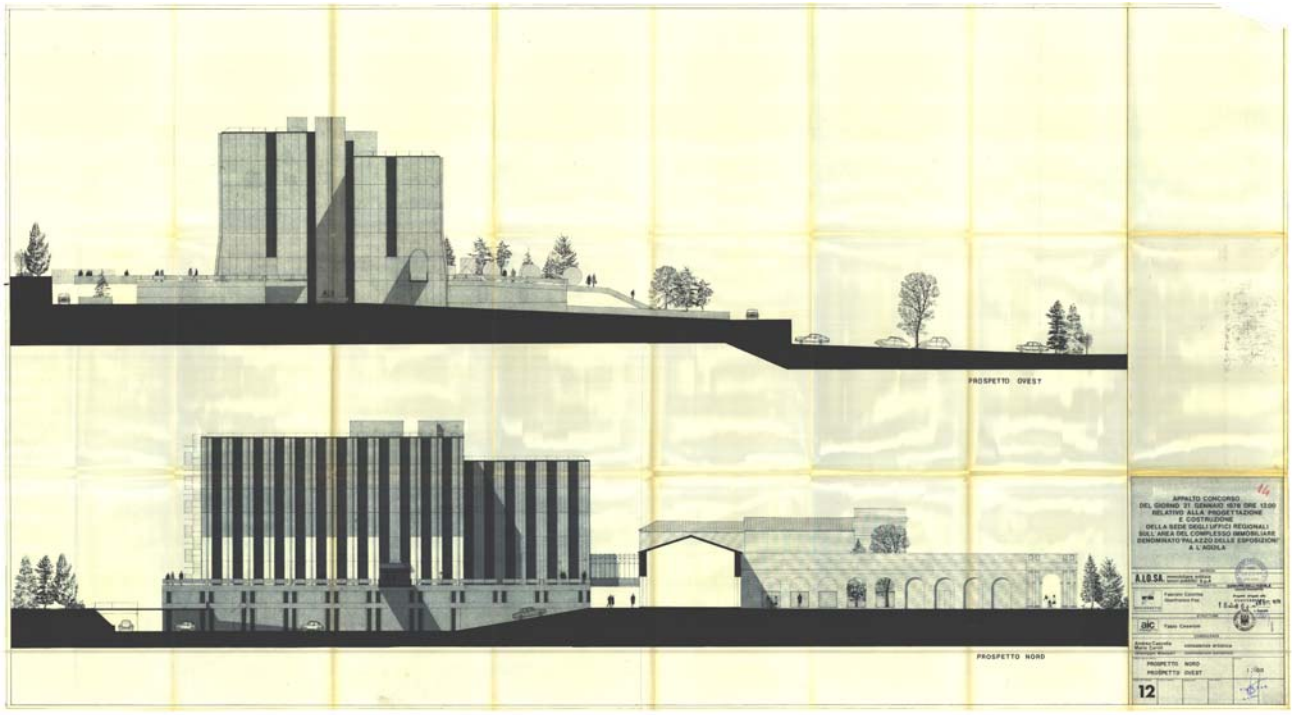


Tavola di progetto originale – Prospetti Ovest e Nord

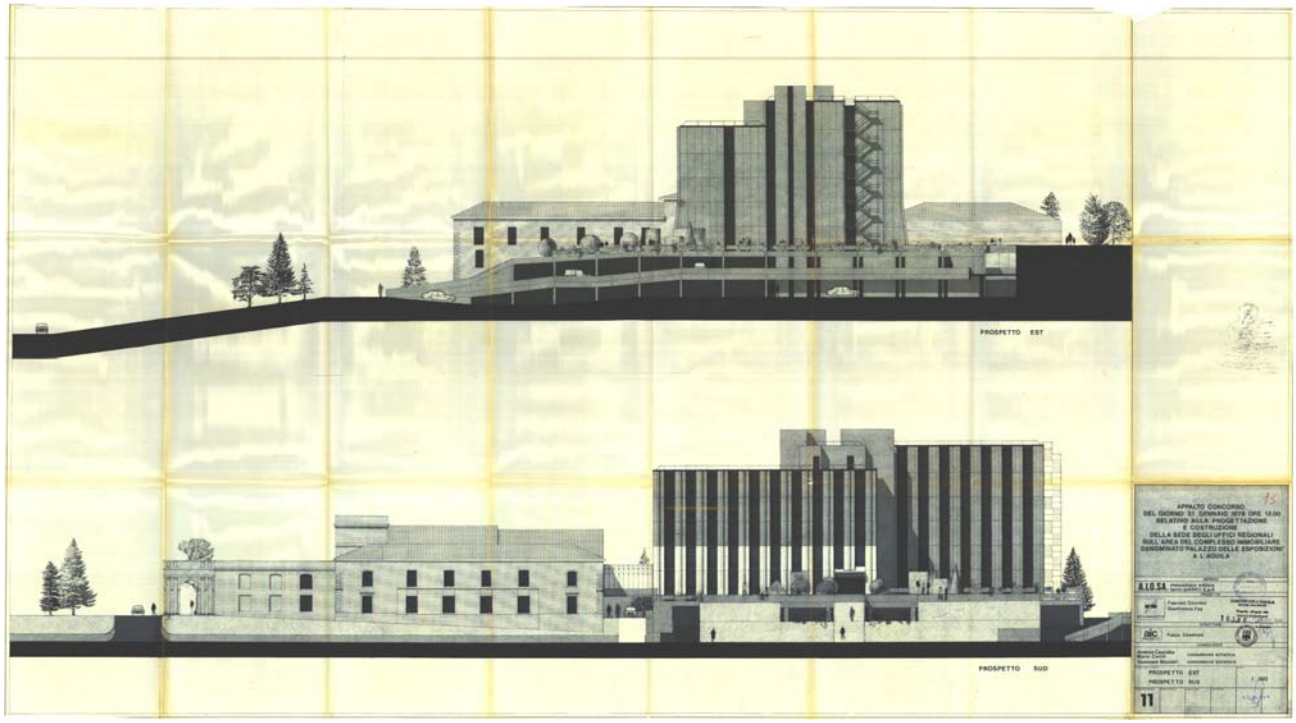
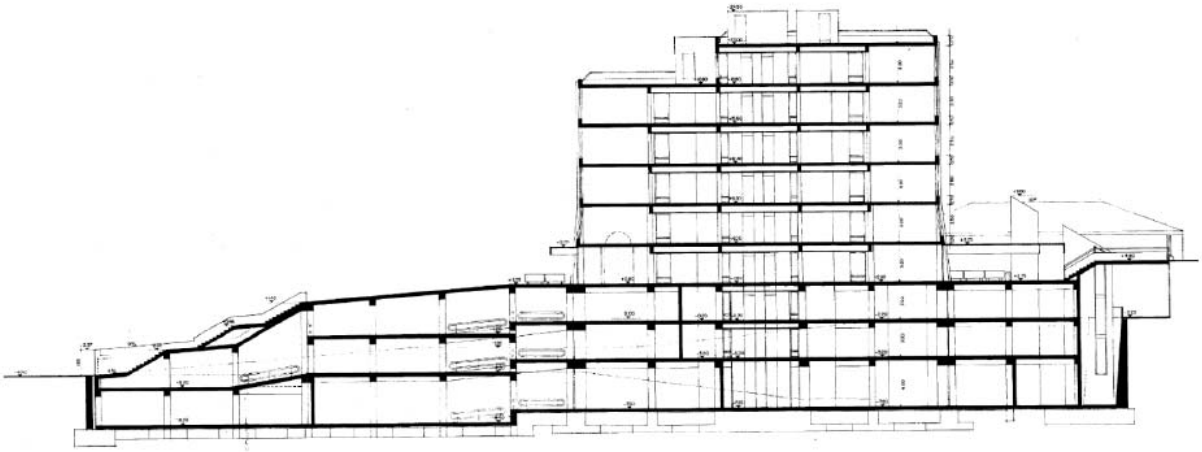


Tavola di progetto originale – Prospetti Ovest e Nord

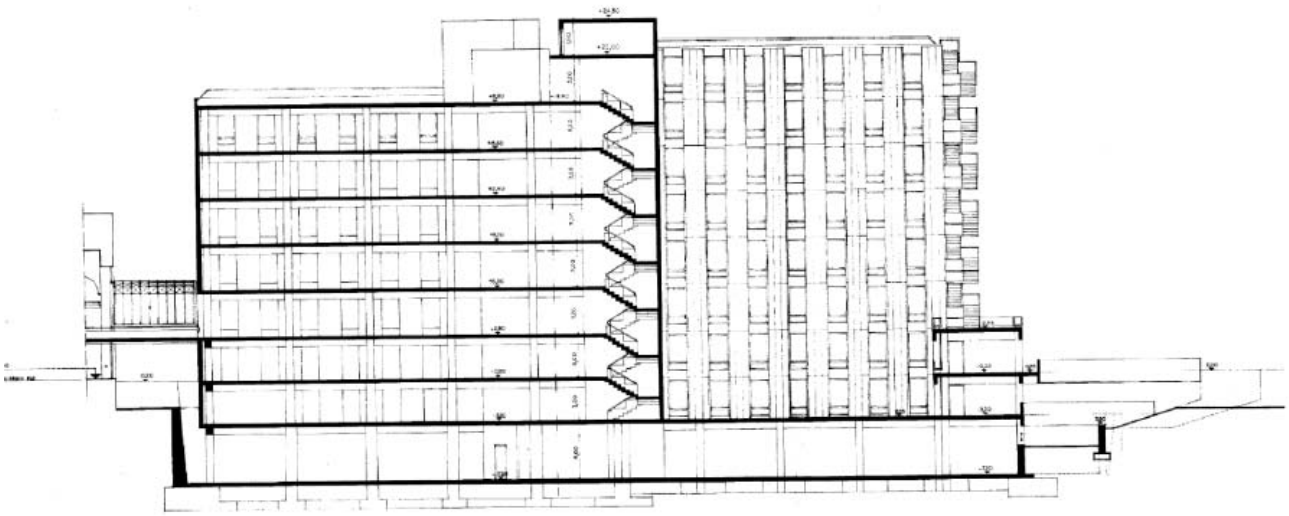
Il complesso "Le Torri" ha una dimensione geometrica in pianta racchiusa approssimativamente in un rettangolo di dimensioni circa 80x63m e raggiunge in elevazione circa 33,6m dal piano di fondazione e

svetta dal piano di campagna di circa 28m. Si caratterizza infatti per l'elevazione di due Torri rispettivamente di 8 e 9 livelli da cui prende la denominazione appunto "Le Torri del Consiglio Regionale"

Il complesso è costituito da 10 livelli, di cui uno completamente interrato, uno parzialmente interrato, un ultimo livello "torrino" in corrispondenza del nucleo scale ed ascensori che arriva in copertura (piana accessibile e calpestabile).

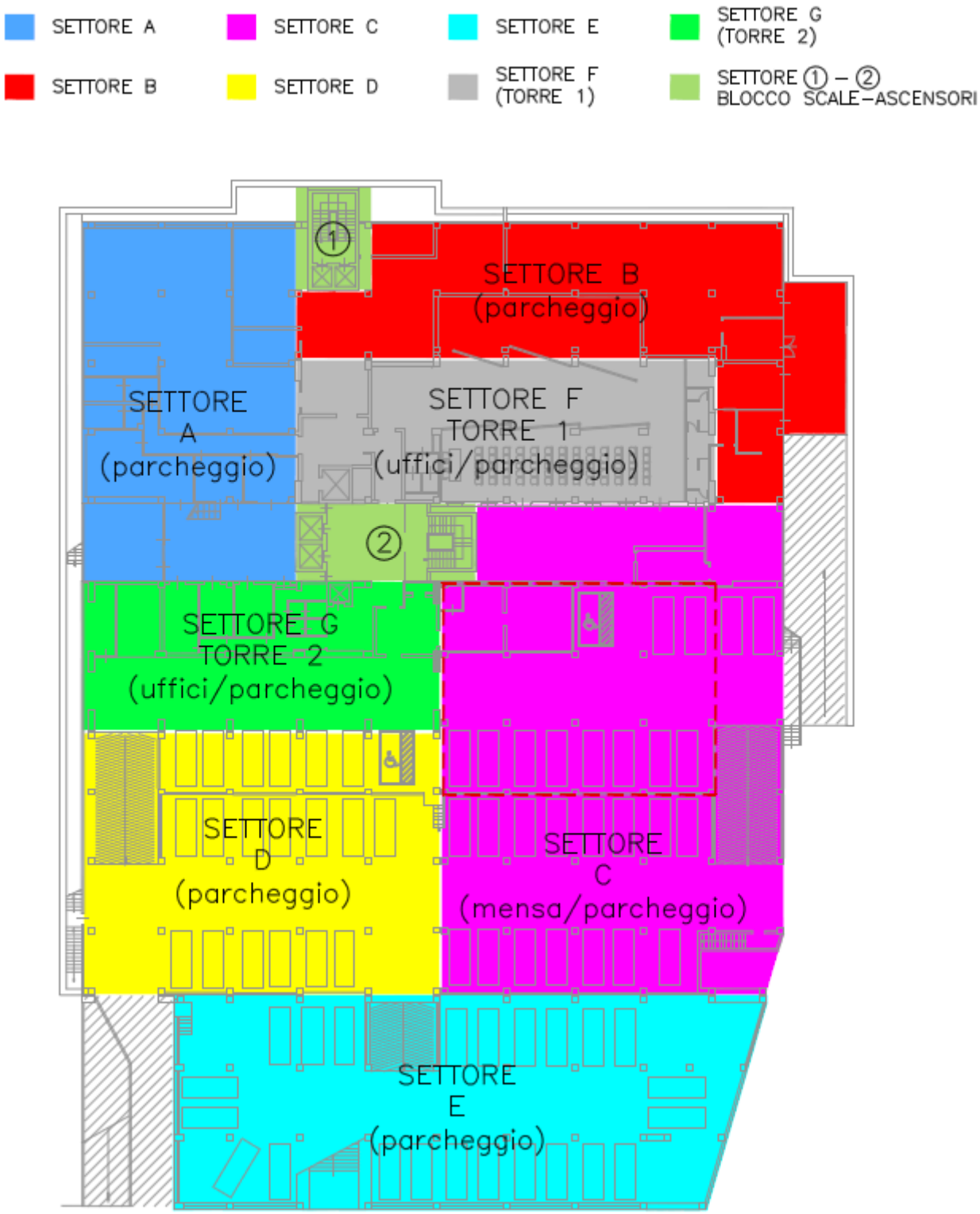


Schema sezione longitudinale del Complesso "Le Torri" - progetto originario



Schema sezione trasversale del Complesso "Le Torri" – progetto originario

Il complesso, estremamente articolato sia in pianta che in alzato, è stato costruito in cemento armato gettato in opera in nove distinte strutture/settori (vedi planimetria) di cui sette strutture a telaio e due nuclei scala-ascensori in setti in cemento armato.



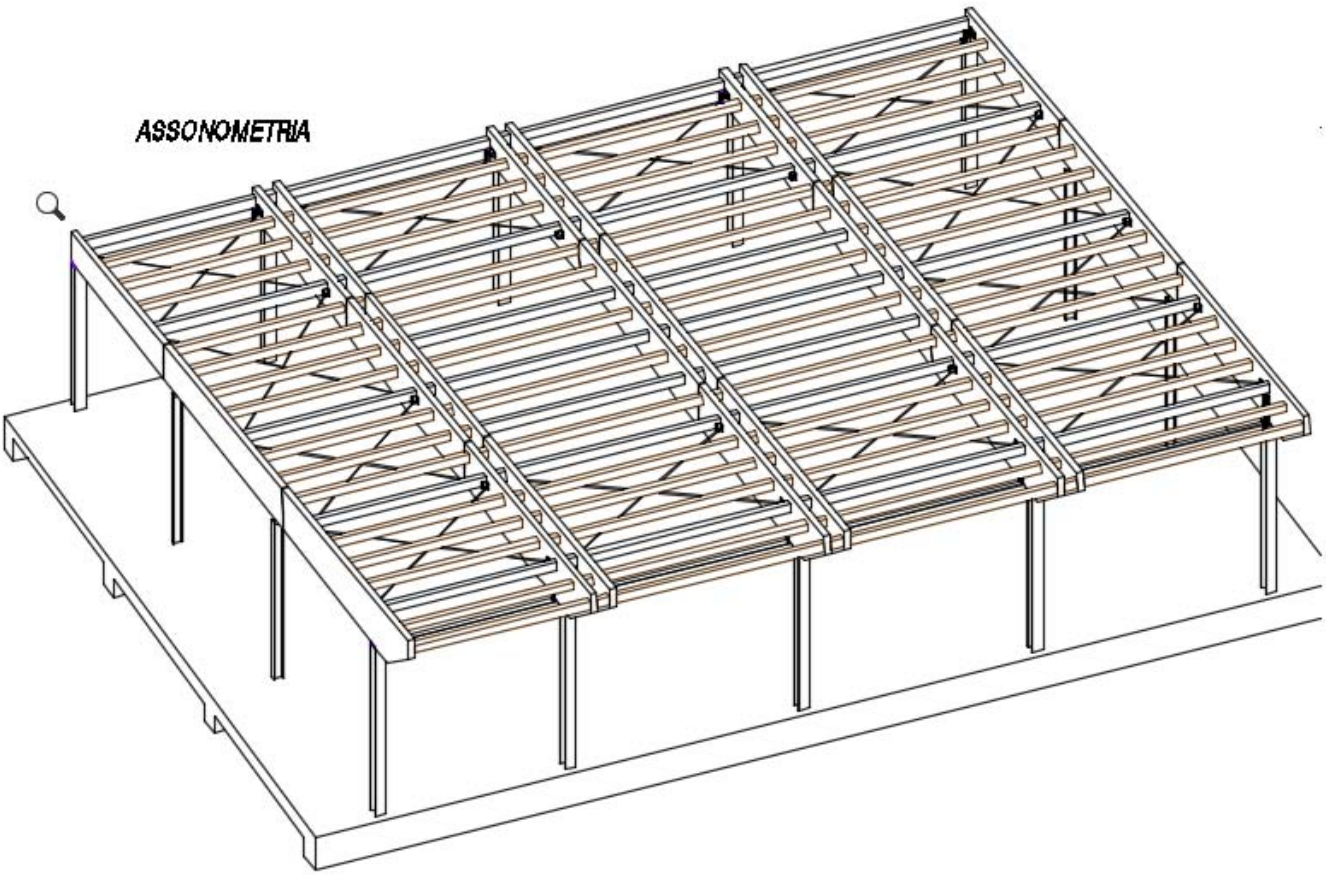
Planimetria di riferimento settori/strutture

La struttura del fabbricato è stata costruita in unica fase realizzativa ed è rimasta pressoché immutata, da un punto di vista strutturale, fino al 2014. In questo anno venne inserito alla quota del piano terrazzo un

nuovo corpo di fabbrica che ospita attualmente la mensa. Questo intervento è stato inquadrato come intervento di sopraelevazione del corpo C ed è stato oggetto di "adeguamento sismico".



Ipotesi progettuale della mensa (2014)



As built struttura "mensa"

Attualmente il Complesso ospita al suo interno le funzioni tecnico-amministrative ed istituzionale del Consiglio Regionale dell'Abruzzo, prevalentemente disposte in corrispondenza dei settori F e G (parte del B ed A), mentre la totalità dei livelli degli altri settori sono destinati a parcheggio. I blocchi 1 e 2 sono i corpi scala ed ascensori.

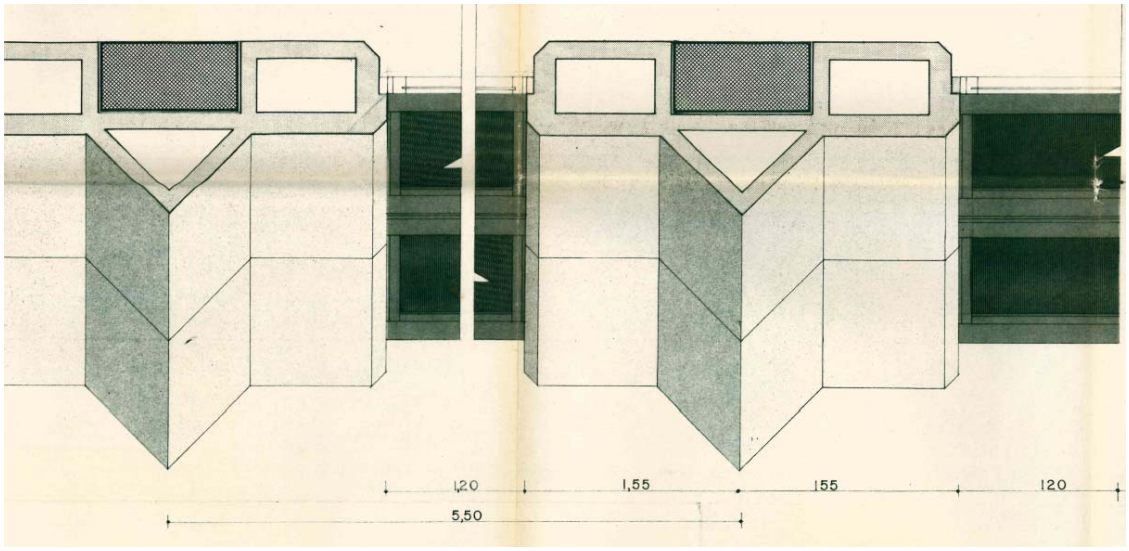
Strutture

Il complesso come già evidenziato è costituito da nove strutture distinte, separate da giunti, che separano i fabbricati tra loro ed il terreno circostante. Le strutture possono essere così di seguito essere sinteticamente descritte:

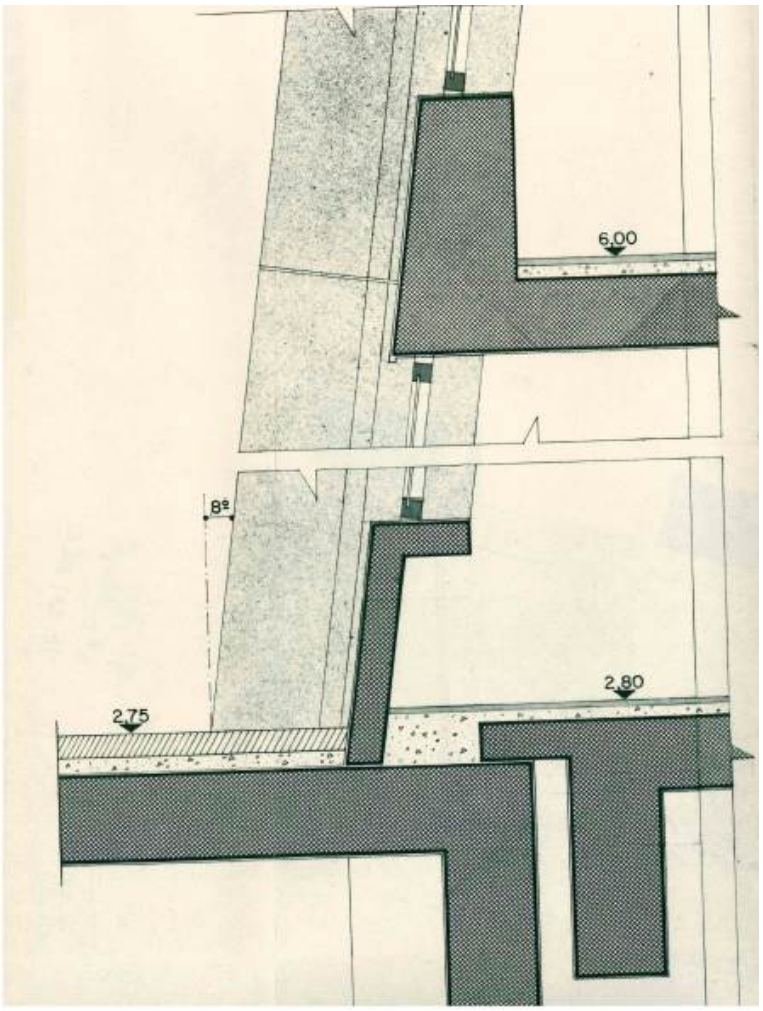
- **SETTORI 1 e 2**: sono i blocchi scala ed ascensori, realizzati insetti di cemento armato gettati in opera con solette in c.a. per le rampe delle scale.
- **SETTORI A, B, D, E**: sono i blocchi che prevalentemente ospitano i parcheggi si elevano fino al piano "terrazzo" per tre livelli complessivi (quattro implacati compreso quello di fondazione) ad eccezione del corpo E più basso rispetto agli altri. Sono tutti in struttura a telaio in cemento armato, realizzata con pilastri a sezione quadrata e/o rettangolare su cui si innestano nella direzione trasversale delle

travi ricalate "portanti" e in direzione longitudinale, prevalentemente travi a spessore di collegamento. Gli impalcati, tutti in latero cemento armato gettato in opera sono orditi pressoché tutti nella medesima direzione ed appoggiano sulle travi ricalate.

- **SETTORI F, G**: sono i blocchi a Torre rispettivamente di 8 e 9 livelli che prevalentemente ospitano gli uffici. Strutturalmente entrambe a telaio in cemento armato. Ciascuna torre è realizzata con il medesimo schema delle strutture "parcheggi", si tratta di tre telai, pilastri e travi ricalate, in direzione trasversale al complesso, direzione EST-OVEST, su cui poggiano i solai in latero cemento armato con giacitura direzione longitudinale NORD –SUD. I tre telai sono collegati tra loro da travi a spessore. In entrambe le strutture a torre sono presenti ascensori a nucleo in c.a. . Si osservi la dimensione dei pilastri che varia in alzato rastremandosi con l'altezza. La posizione dei nuclei scala non è baricentrica rispetto alle strutture a telaio, ma per in entrambi in posizione eccentrica. La particolarità di questi settori è senz'altro il sistema di prefabbricato delle tamponature. Queste sono realizzate infatti in pannelli in cemento armato ancorati ed in parte integrati alla struttura portante a telaio. Gli impalcati, tutti in latero cemento armato gettato in opera sono orditi tutti nella medesima direzione NORD – SUD appoggiano sulle travi ricalate.



Particolare tratto dal progetto originario delle tamponature in c.a. dei due edifici Torre



Dettaglio zona di appoggio tamponature "a cavallo" tra due distinte strutture

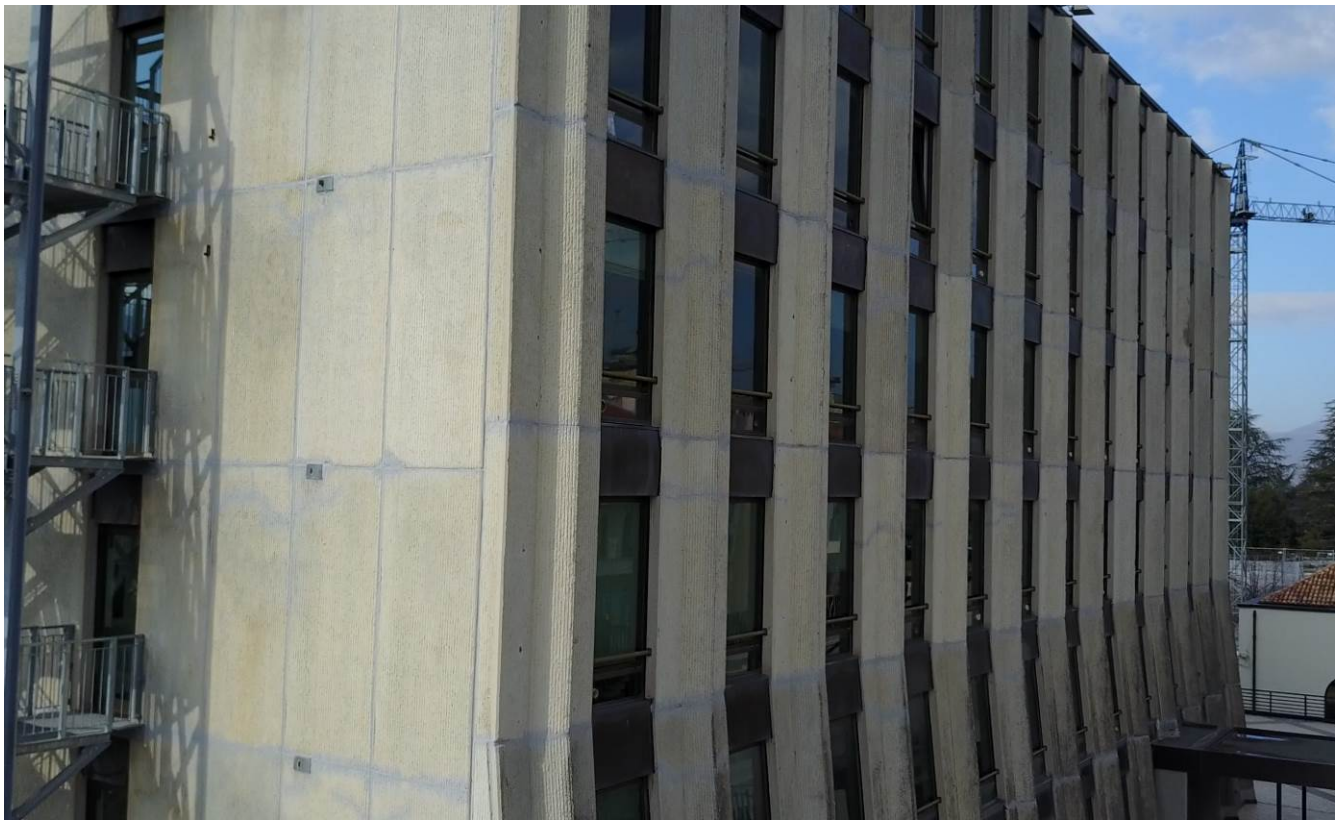


Immagine della cortina di tamponamento di perimetro della Torre Nord

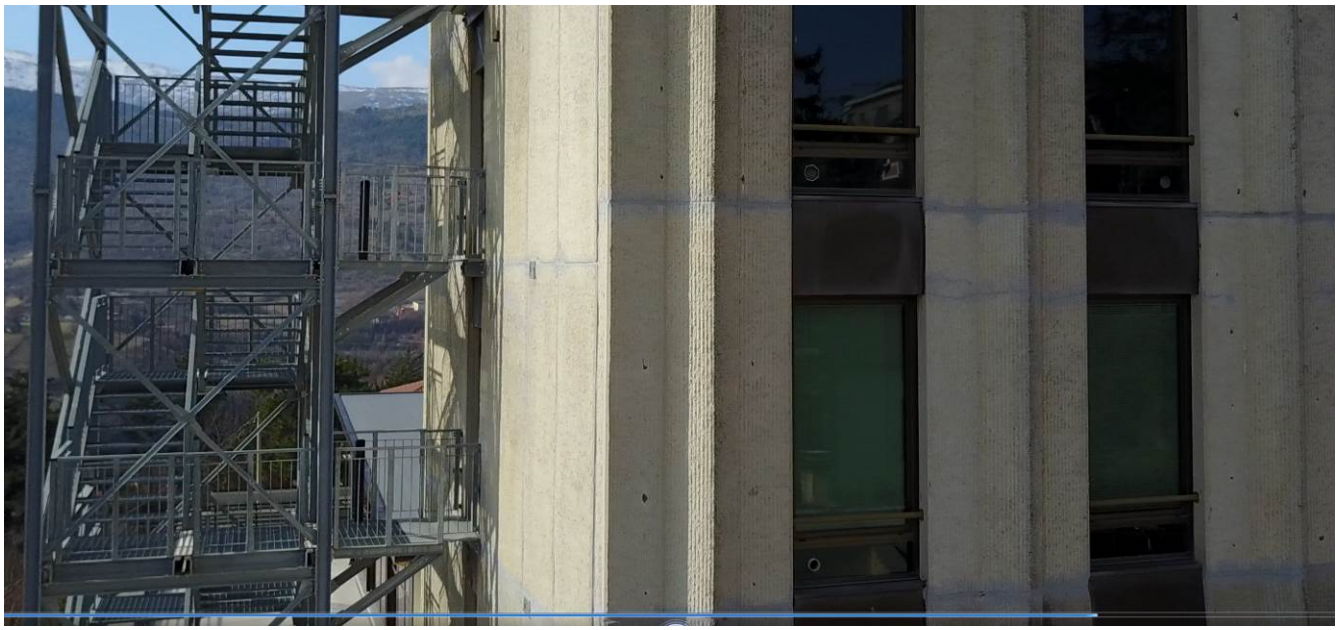


Immagine della cortina di tamponamento di perimetro della Torre Nord



Immagine del fronte SUD – sul fianco destro la "Mensa"

- **SETTORE C**: questo settore ha medesima tipologia strutturale dei corpi "parcheggi", tuttavia a differenza degli altri, nel 2014 è stato oggetto di adeguamento sismico per la sopraelevazione e la realizzazione in copertura dell'edificio "mensa". Pertanto, a seguito di questo intervento, la struttura è stata controventata con telai in acciaio nelle due direzioni ai livelli parcheggi cosicché in quota terrazzo, questo intervento, ha permesso la costruire una struttura in acciaio e copertura in legno lamellare che attualmente ospita la mensa.
- **Opere di perimetro – muri di sostegno in C.A**: l'intero complesso è stato realizzato all'interno di una struttura di perimetro di contenimento dei terreni realizzata con una parete in cemento armato gettato in opera. Detta parete è di vario spessore e consistenza in relazione all'elevazione ma sempre separata dai corpi oggetto della presente da un cavedio di perimetro necessario all'aerazione del parcheggio. Detto cavedio è coperto infatti da grigliati tipo "orsogrill" che consento la percorribilità e l'aerazione dei sottostanti locali. Di fatto il muro di sostegno di perimetro è stato concepito come una sorta di "catino" capace di sostenere le terre al contorno e contenere al suo interno, separati strutturalmente, i nove corpi del complesso del Consiglio Regionale .



Immagini dell'orsogrill di fianco al fabbricato

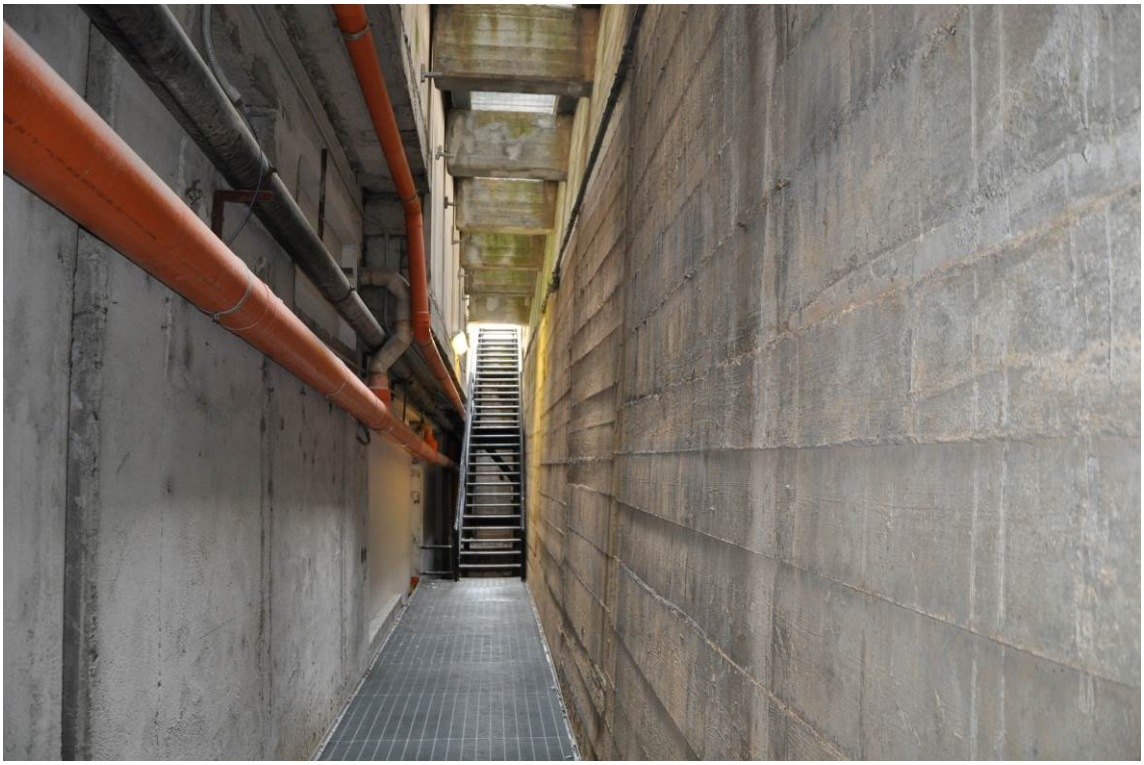


Immagine del cavedio esistente tra il fabbricato ed una parete in cemento armato controterra: le mensole in cemento armato che sostengono il grigliato dovranno essere tagliate o rimosse per consentire il libero spostamento della struttura isolata. La scala di accesso dovrà essere rimossa o ridotta poiché confligge con lo spostamento atteso.

Rischio sismico attuale (ante Operam)

Conoscenza della struttura

Per l'analisi di vulnerabilità dell'edificio e la successiva progettazione degli interventi di adeguamento sismico si è ritenuto fondamentale ottenere una adeguata conoscenza della struttura. A tal fine sono disponibili ad oggi le informazioni a base di gara, costituite da un rilievo geometrico completo del fabbricato e da una campagna di indagini sui materiali e sui particolari costruttivi che comprendono prove pacometriche per l'individuazione delle armature, prove di schiacciamento su carote di calcestruzzo e prove di trazione su barre di armature prelevate in situ, prove combinate sclerometriche-ultrasoniche, prove di carico su una porzione di solaio il tutto raccolto e contenuto nella documentazione fornita dall'Amministrazione.

Analisi delle carenze strutturali dell'edificio

Da un esame qualitativo delle carpenterie e delle armature dell'edificio, nonché dalle analisi numeriche svolte sull'edificio allo stato attuale, si è potuto dedurre che la principale carenza strutturale dell'edificio è costituita dalla tipologia strutturale costituita da "telai paralleli", collegati da membrature ortogonali di modeste dimensioni (travi a spessore). Elemento di notevole vulnerabilità è costituito dalla esiguità delle dimensioni dei giunti esistenti tra i diversi fabbricati, non permettendo quindi il libero spostamento delle strutture in fase sismica, comportando un elevato rischio di martellamento tra i rispettivi corpi.

La struttura appare quindi nel complesso ben dimensionata per quanto concerne le azioni verticali e di carattere pseudo-stazionario, mentre appare notevolmente vulnerabile per quanto concerne le azioni sismiche (Indice di Rischio inferiore al 30% dall'analisi condotta da Arduini &partners per conto dell'Amministrazione). I fattori di rischio sono riassunti nella presente tabella tratta dall'analisi fornita dall'Amministrazione e redatta dall'Arduini & partners.

I risultati della vulnerabilità sismica di ciascun settore sono sintetizzabili nella seguente tabella. Per informazioni di dettaglio si rimanda ai capitoli specifici.

SETTORE	CAPACITA' SISMICA RAPPORTATA ALLE RICHIESTE DELLA VIGENTE NORMATIVA – NTC 2008 –
A	23,9%
B	23,9%
C	100% (*)
D	23,9%
E	23,9%
F (TORRE 1)	23,9%
G (TORRE 2)	23,9%
(*) Valore ottenuto nell'ipotesi che i controventi metallici inseriti per la realizzazione della mensa lavorino solo a trazione	

Tabella riassuntiva tratta dalla documentazione fornita dall'Amministrazione – Analisi di Arduini &Partners

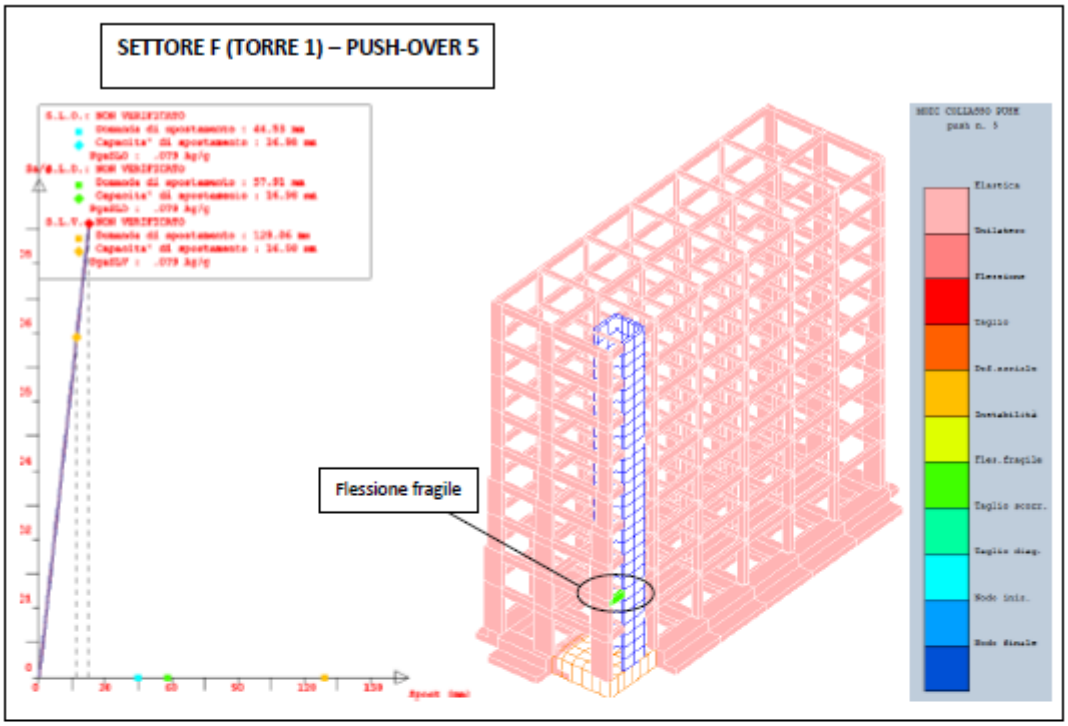
Oltre ai contenuti delle verifiche ed analisi strutturali si vuole inoltre sottolineare alcuni aspetti e interpretazioni qualitative del complesso in fase sismica che ne determinano la pericolosità stimata e che condurranno alla definizione e scelta della soluzione di intervento.

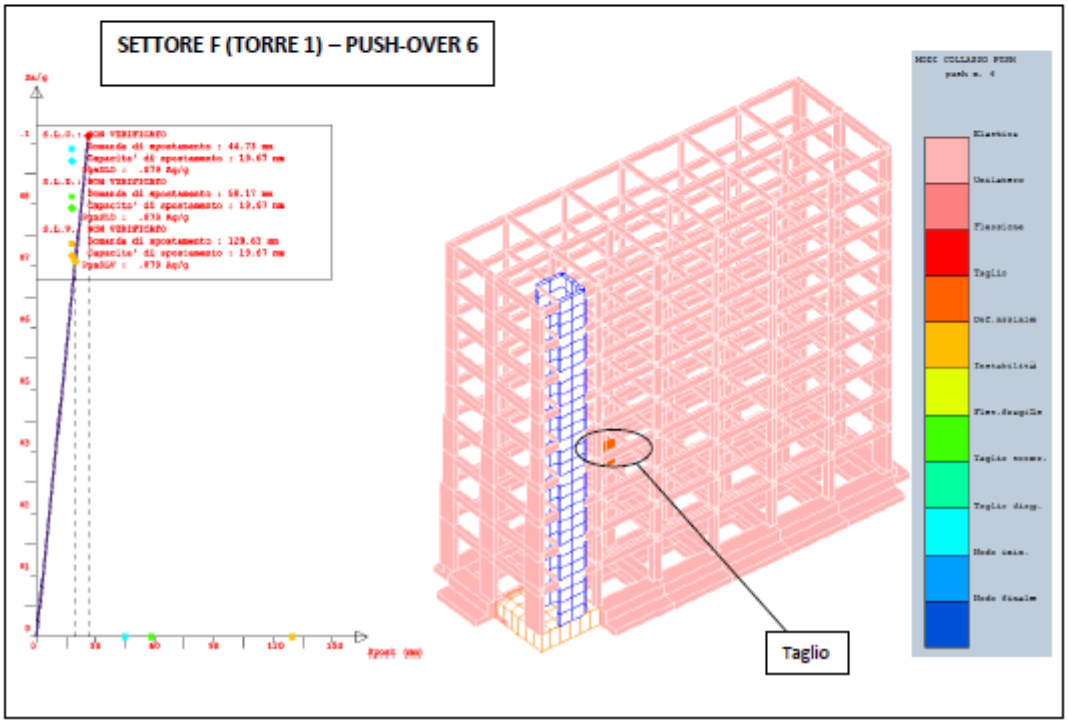
Giunti sismici inadeguati. Come già precisato si tratta di 9 corpi di fabbrica separati da giunti, dall'esame in sito i giunti appaiono inadeguati agli spostamenti attesi in fase sismica esponendo il fabbricato a battimenti e martellamenti reciproci.

Crisi delle membrature resistenti

VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA SEDE CONSIGLIO REGIONALE – REGIONE ABRUZZO
VIA MICHELE IACOBUCCI 4
L'Aquila (AQ)

ARDUINI & PARTNERS
ARCHITETTURA · INGEGNERIA · GEOTECNICA





Analisi trata dalla verifica di vulnerabilità sismica fornita dall'Amministrazione – Arduini & Partners

Aspetti geologici e classificazione sismica

Per omogeneità di trattazione con quanto già assunto ed approvato dall'Amministrazione si riporta quanto già definito in fase di studio di rischio sismico dello stato ante operam

La categoria del sottosuolo del sito ove sorge la costruzione può essere definita sulla base del valore della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30m di profondità. A tale proposito sono state effettuate alcune indagini i cui risultati portano a poter definire il terreno in esame appartenete alla categoria **B** "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m.*"
Il sito in oggetto presenta una superficie a modesta inclinazione e, pertanto, la categoria topografica del sito di costruzione è corrispondente a quella denominata T1 "*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media* $i \leq 15°$". Pertanto, secondo quanto riportato nel DM 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", cap. 3.2.3.2.1, tabella 3.2.VI, il coefficiente **ST** assume il seguente valore: **ST =1**.
La condizione topografica del sito è la **T1**: superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15°$.
Cautelativamente, data l'importanza dell'opera e i valori di picco delle accelerazioni registrate durante l'evento sismico del 6 aprile 2009 a L'Aquila, si è scelto di effettuare le analisi con una categoria di suolo di tipo **C**.

Stralcio riassuntivo tratto dalla documentazione fornita dall'Amministrazione – Analisi di Arduini &Partners

3. Progetto di Isolamento sismico

Nel presente paragrafo si illustra la strategia strutturale che si intende perseguire per ottenere il pieno ADEGUAMENTO SISMICO del complesso, raggiungendo quindi un livello di sicurezza in fase sismica pari o superiore al 100% di un edificio di nuova costruzione ai sensi dell'attuale norma vigente NTC'08, trovando la soluzione tecnicamente ed economicamente più vantaggiosa.

La soluzione tecnica come illustrato nel prosieguo permette di conseguire contemporaneamente i seguenti obiettivi:

- massima efficacia (100% sicurezza ADEGUAMENTO SISMICO),
- minor invasività,
- minori tempi di attuazione,
- minori costi di gestione e manutenzione,
- minori interferenze delle lavorazioni con l'attività e di fruizione dell'immobile,
- minori costi a lungo termine.

Tali obiettivi, in generale apparentemente contrastanti, per il caso in esame che presenta **condizioni strutturali e geometrie particolari**, **possono essere contemporaneamente raggiunti mediante la strategia di intervento di isolamento alla base**. Nel prosieguo verranno pertanto descritte le peculiarità dell'intervento per l'edificio in oggetto articolando la proposta secondo i requisiti richiesti dall'Amministrazione.

CONSIDERAZIONI GENERALI E SCELTA DELLA STRATEGIA DI INTERVENTO

Gli elementi di vulnerabilità sismica del complesso sono riconducibili in estrema sintesi:

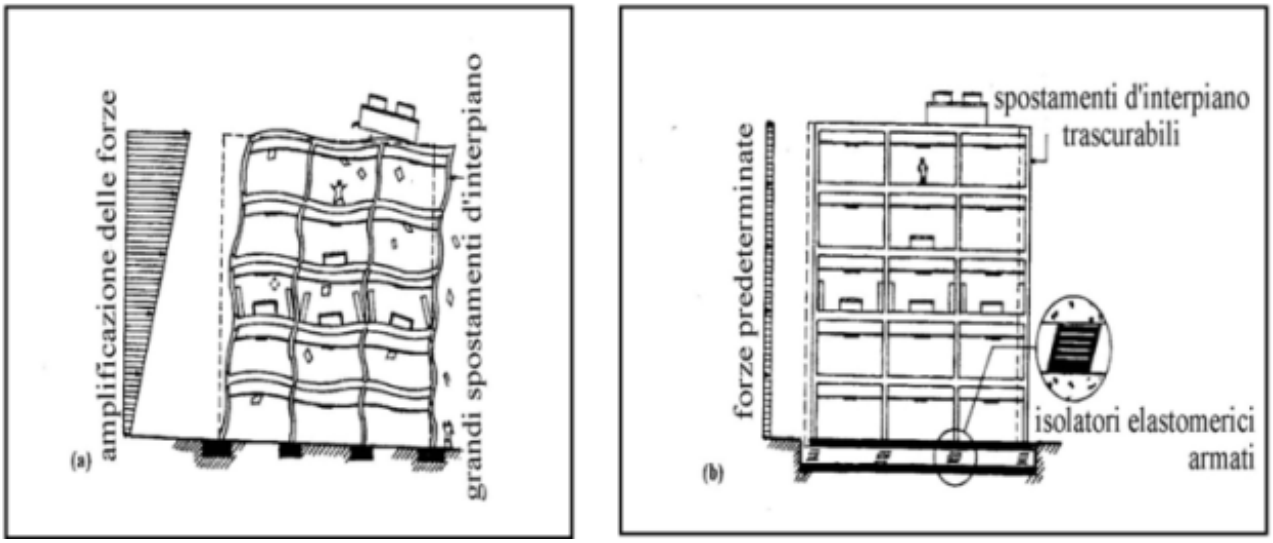
1. ridotta resistenza delle membrature che costituiscono il telaio strutturale di ciascun edificio (fondazioni, travi, pilastri);
2. presenza di giunti di ridotto spessore non sufficiente a garantire dal probabile martellamento tra i due fabbricati in caso di sisma;
3. tamponamenti prefabbricati "pesanti" in appoggio tra diversi corpi di fabbrica.

In generale il problema strutturale può essere ricondotto alla risoluzione della disuguaglianza

CAPACITA'≥ DOMANDA

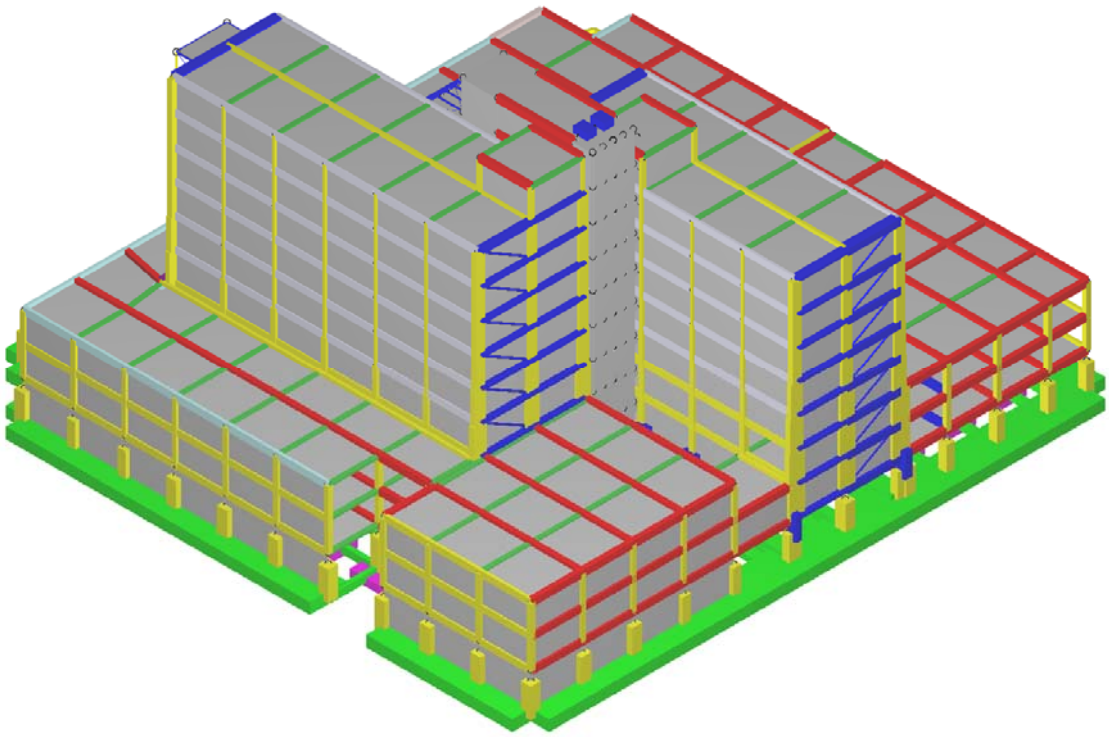
o in altri termini che la "resistenza" della struttura sia maggiore delle "sollecitazioni", nel caso in esame le sollecitazioni indotte dall'azione sismica. L'approccio "convenzionale" adottato per il miglioramento a base gara è quello di procedere con l'incremento della CAPACITA', ovvero incrementare la "resistenza" mediante un rinforzo delle strutture esistenti inadeguate. Tale approccio è stato intrapreso in termini preliminari, attraverso diverse vie, materiali compositi, placcaggi, elementi di controventamento in c.a. e/o acciaio, ma tutte hanno la controindicazione di essere fortemente invasive per finiture, impianti e l'interferenza delle lavorazioni con l'attività funzionale.

Un diverso approccio è viceversa affrontare il problema agendo sulla DOMANDA anziché sulla CAPACITA' o meglio anziché incrementare la resistenza dell'edificio si "riduce" l'azione sismica sulla struttura attraverso l'isolamento sismico alla base.

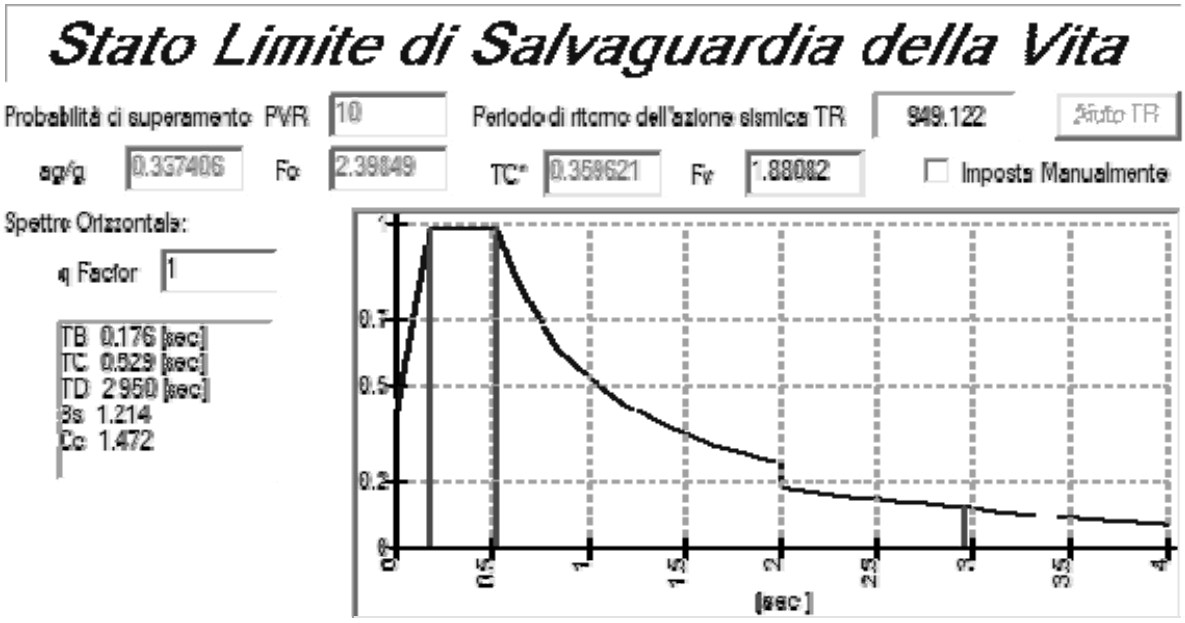


Schema di raffronto tra il comportamento tipo di un edificio a base fissa e di uno isolato, soggetti ad azioni sismiche.

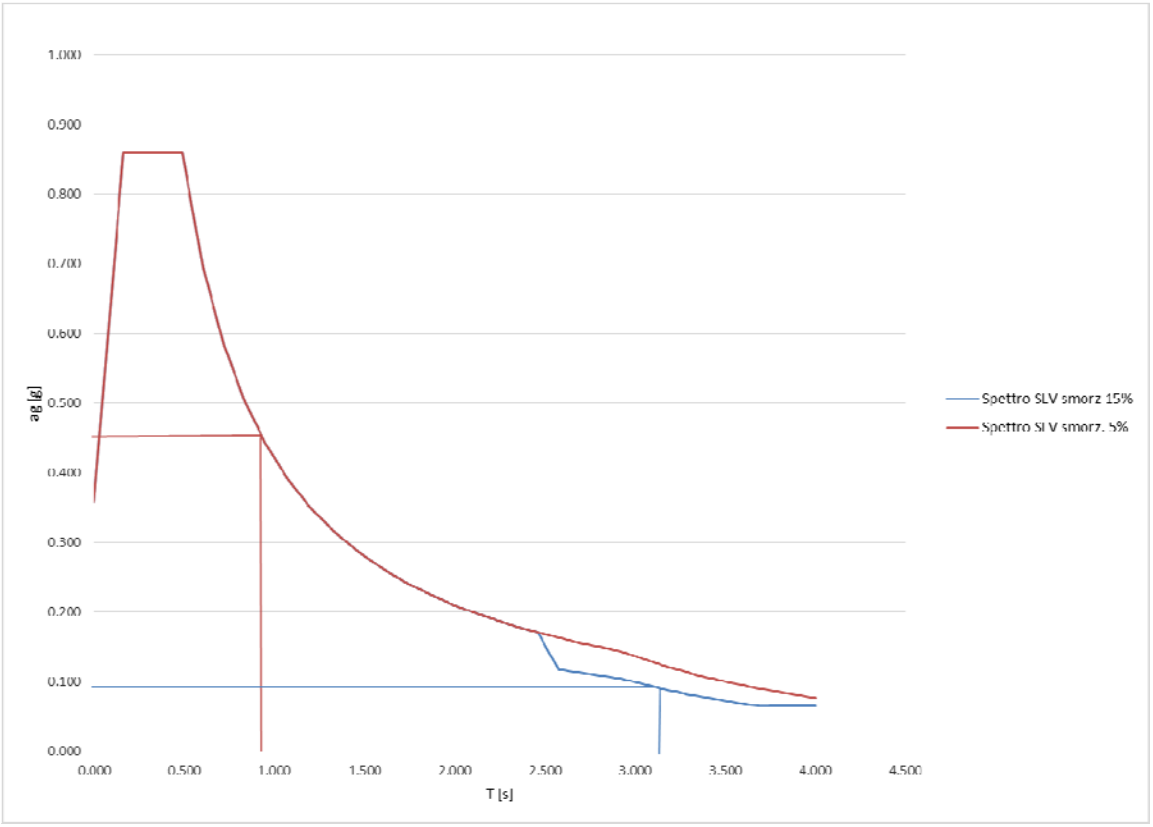
Abbandonata l'idea di un "rinforzo tradizionale" si approccia dunque il problema strutturale "CAPACITA'>DOMANDA" non agendo sulla "capacità" dell'edificio, ma piuttosto sulla "DOMANDA" riducendo questa mediante l'isolamento alla base.



Modello FEM impiegato per l'analisi strutturale



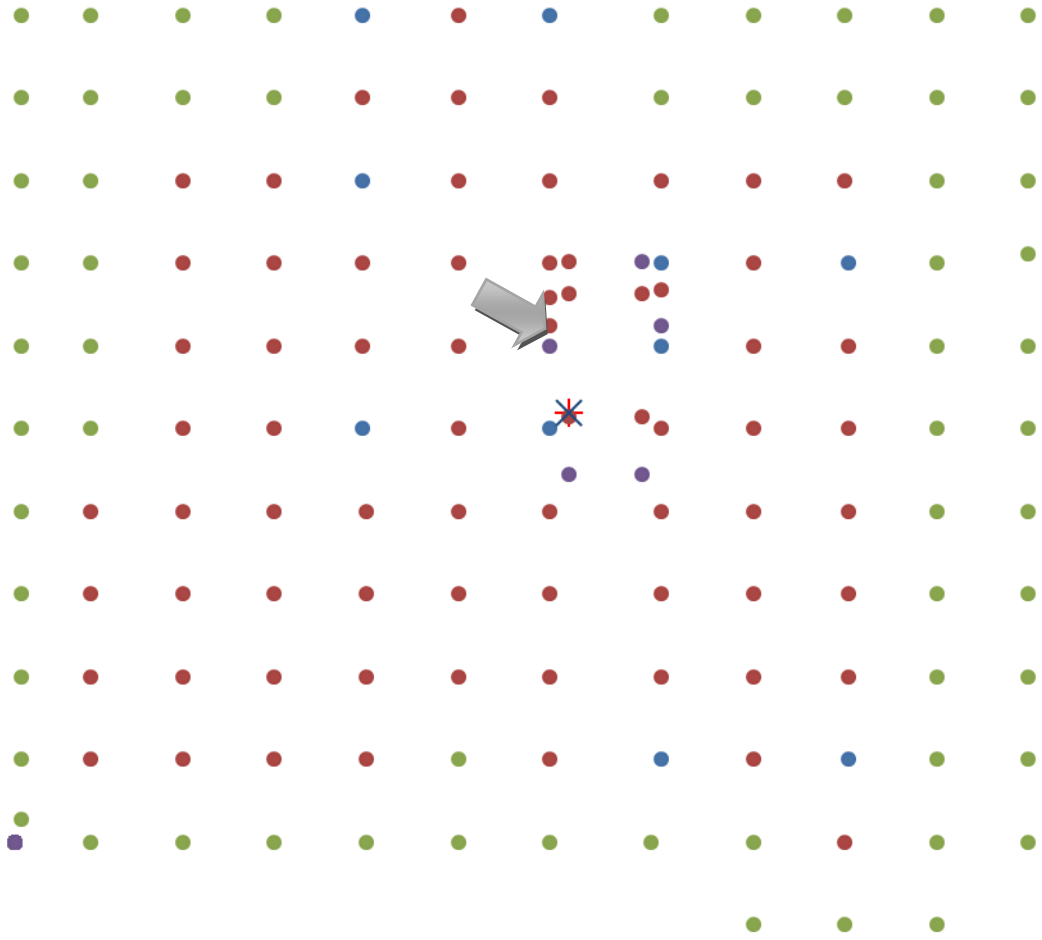
Spettro di risposta elastico di progetto



Confronto della risposta spettrale della struttura per la configurazione a base fissa e per quella a base isolata (rappresentazione spettrale)

Tale strategia manifesta con immediatezza i vantaggi pressoché senza controindicazioni per il caso in esame, essendo il complesso per certi versi già predisposto per un intervento del genere. Il disaccoppiamento delle strutture di elevazione rispetto al terreno ha quale vantaggio infatti **di abbattere**

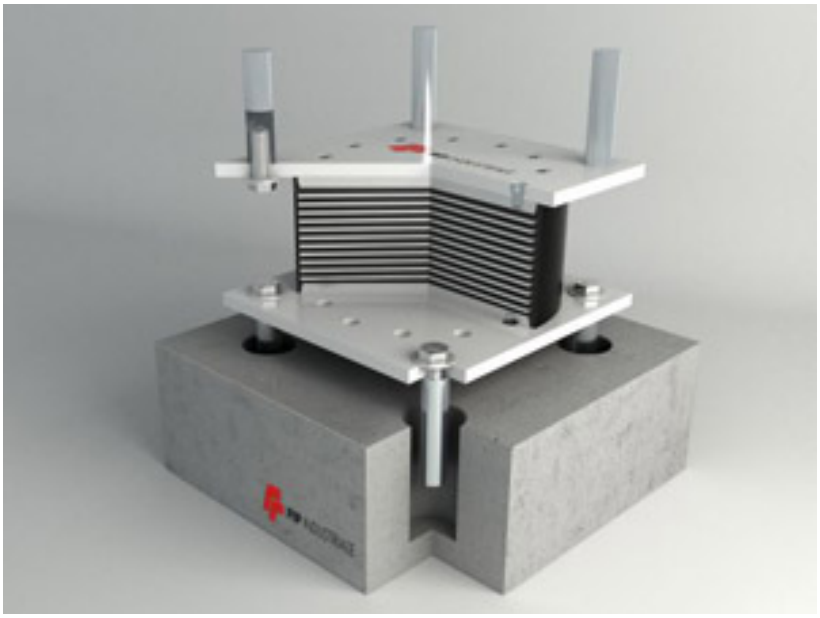
drasticamente le accelerazioni e conseguentemente lo stato deformativo e di spostamento, riducendo quindi le azioni sulle membrature di scarsa resistenza (pilastri e travi) e **rendendo idonei gli attuali giunti!**
Come noto il comportamento a telaio di tipo "shear-type" tende, se isolato alla base, ad un movimento di corpo rigido in cui lo spostamento relativo si concentra prevalentemente tra la sottostruttura, fissa al terreno, e la parte di sovrastruttura al di sopra il piano di isolamento. Lo stato di spostamento e deformativo nella sovrastruttura, si riduce drasticamente poiché si abbattono le accelerazioni di base e conseguentemente si riduce e risolve il problema deformativo di interpiano.



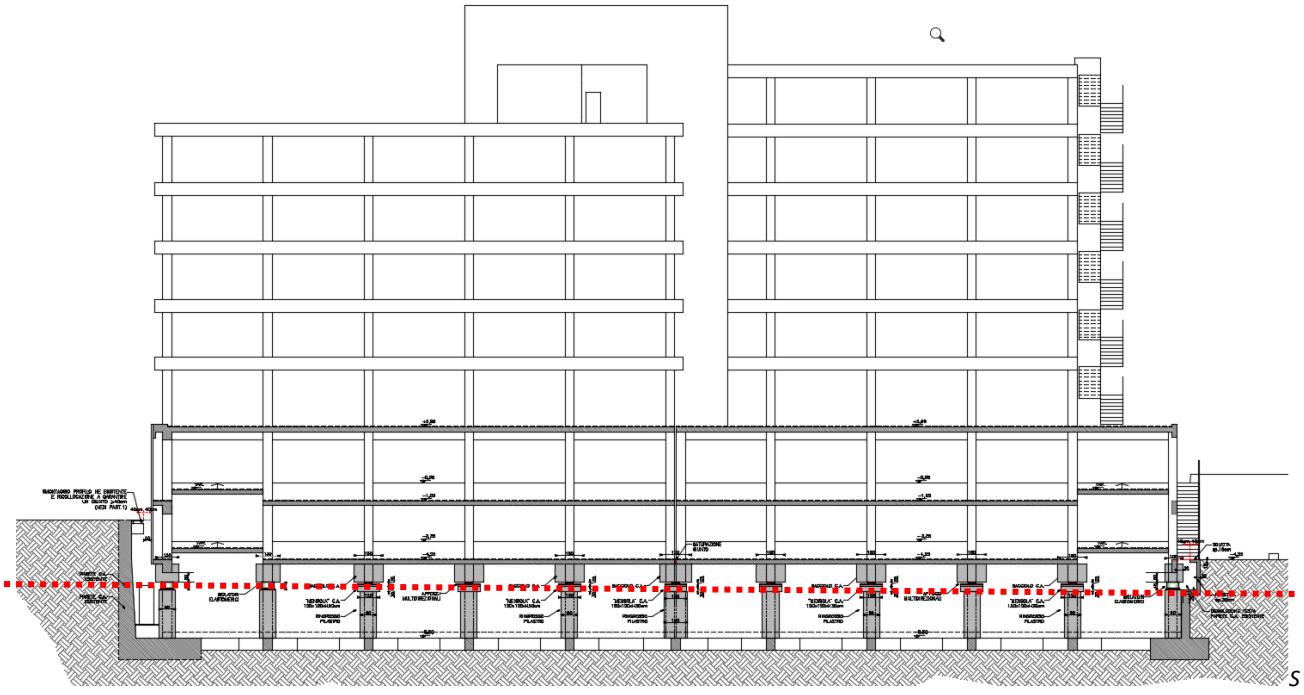
Disposizione in pianta dei dispositivi elastomerici e delle slitte,
con indicazione del baricentro delle masse e delle rigidezze del sistema di isolamento

La diretta conseguenza di tale strategia è la soluzione alla vulnerabilità sismica esistente di maggior impatto, la dimensione inadeguata del giunti tra i diversi corpi. Infatti lo stato di deformazione della sovrastruttura isolata è circa 7 volte inferiore della condizione a base fissa; ciò significa che i due edifici, dopo l'intervento di isolamento alla base, hanno spostamenti reciproci estremamente ridotti e pertanto il

giunto sismico esistente, diventa idoneo e congruente con lo spostamento atteso, anche in opposizione di fase. L'isolamento alla base dei vari corpi, **con un unico piano rigido di base al di sopra il piano di scorrimento**, lascia indipendenti le sovrastrutture dei vari edifici.



Schema tipo di isolatore elastomerico

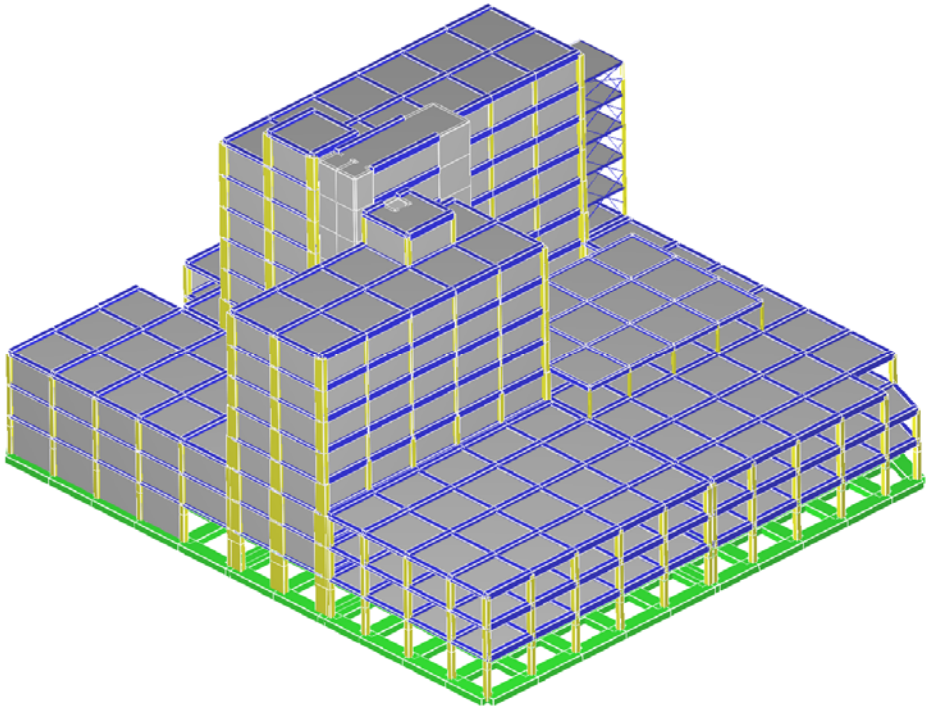


Sezione trasversale 7-7: Zona di inserimento Isolatori, testa pilastri seminterrato, individuazione piano di scorrimento/isolamento

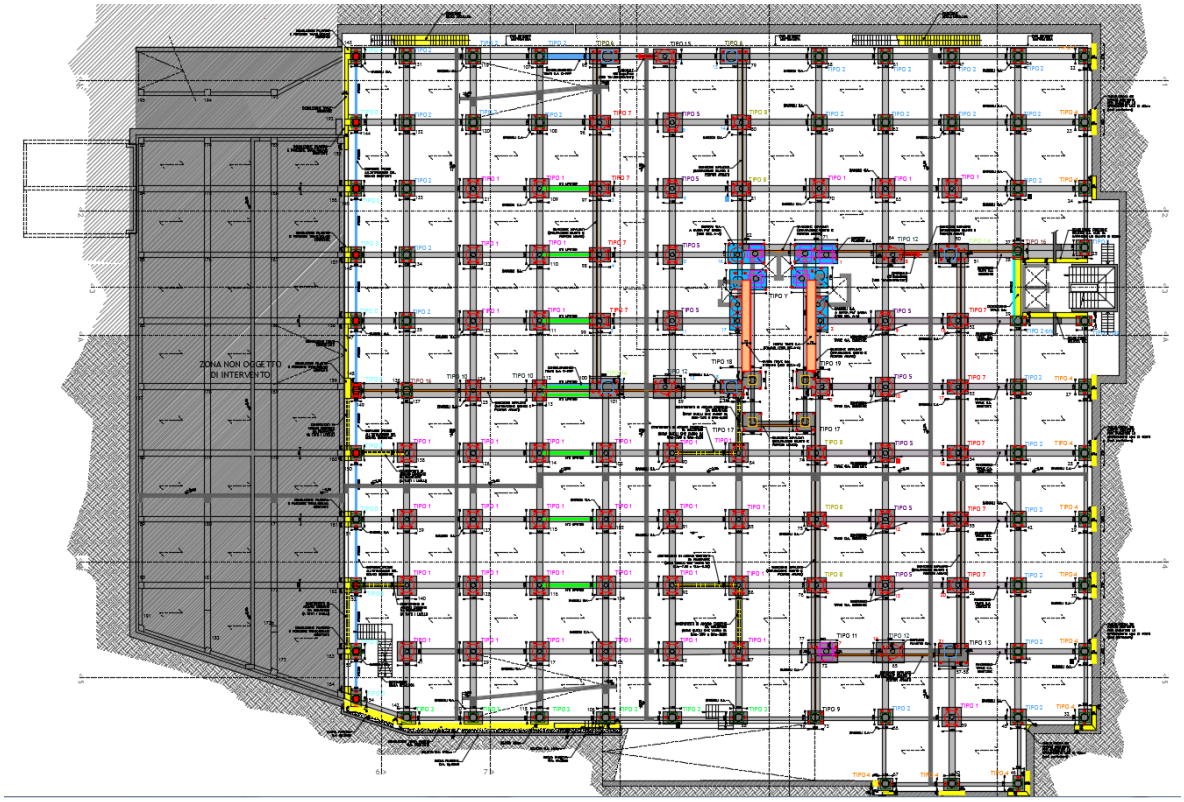


Zona di intervento: secondo interrato inserimento isolatori/slitte testa pilastri

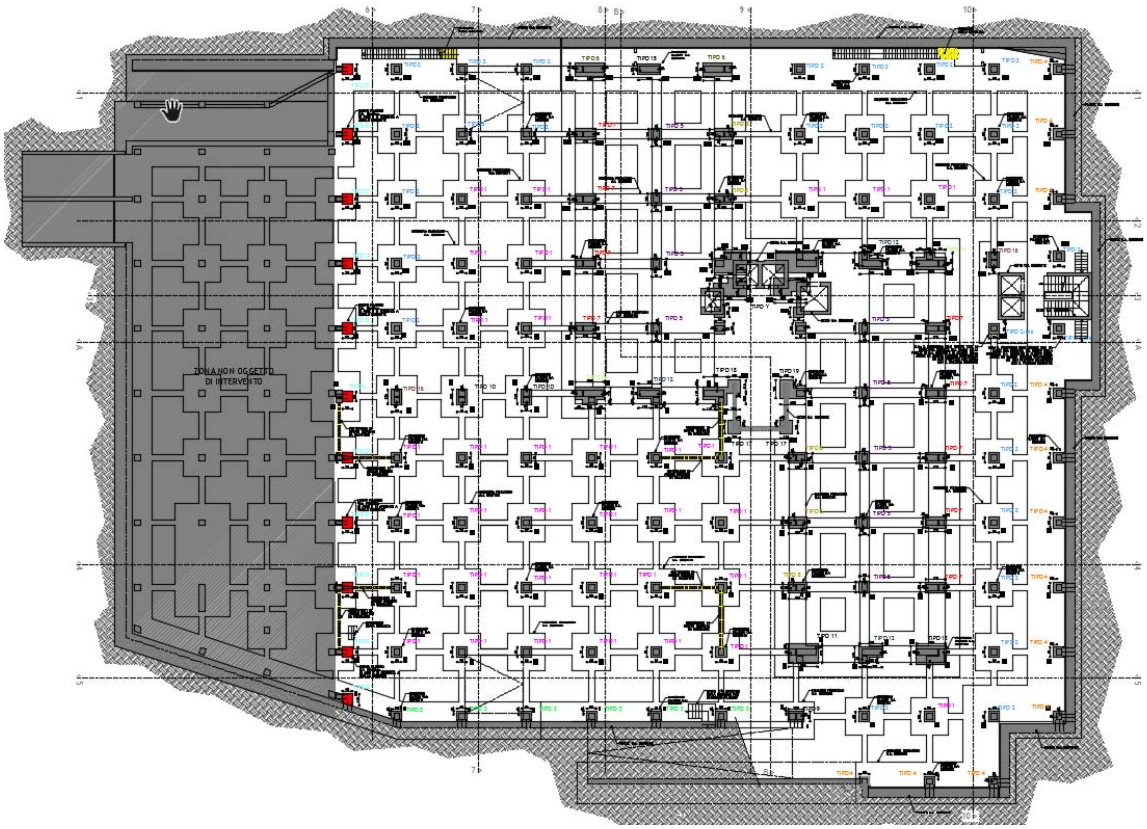
Parimenti lo stato di sollecitazione nei telai in c.a. esistente si abbatte a tal punto che le membrature, travi e pilastri, tornano ad essere idonee e compatibili allo stato di sollecitazione atteso, senza, si sottolinea, una modifica del rapporto tra rigidezze e masse secondo cui è stato concepito l'edificio in origine.



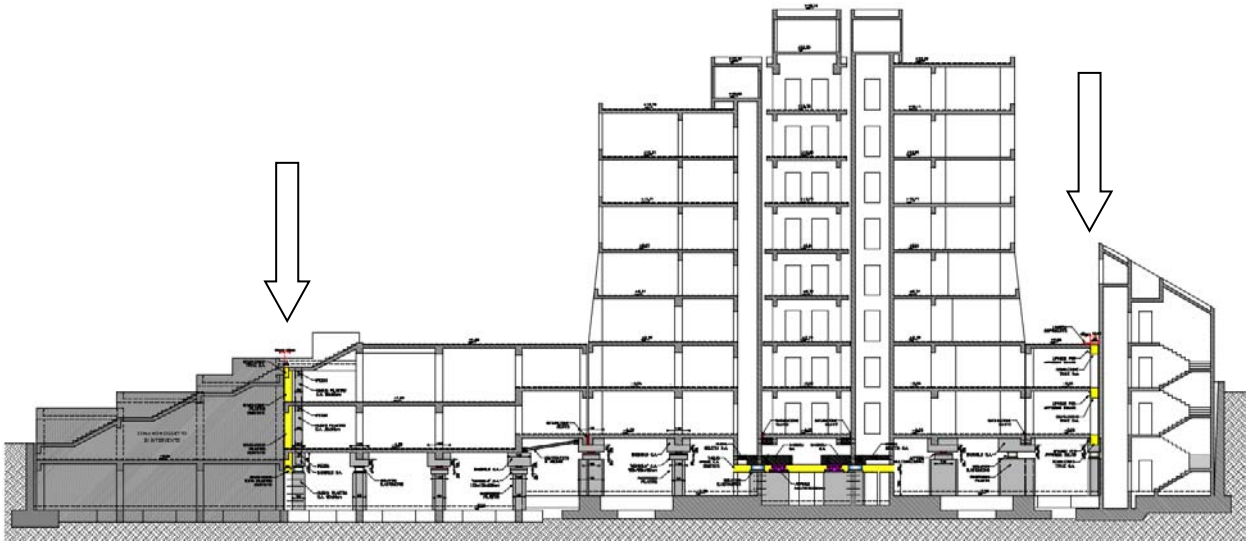
Modello strutturale adottato nello stato di progetto del fabbricato isolato



Intervento in corrispondenza dell'intradosso del primo impalcato: sigillatura giunti, realizzazione baggioli, rafforzamenti locali, adeguamento giunti di perimetro congruenti con lo spostamento massimo atteso di 40cm



Intervento in corrispondenza del piano secondo interrato: ringrosso pilastri esistenti

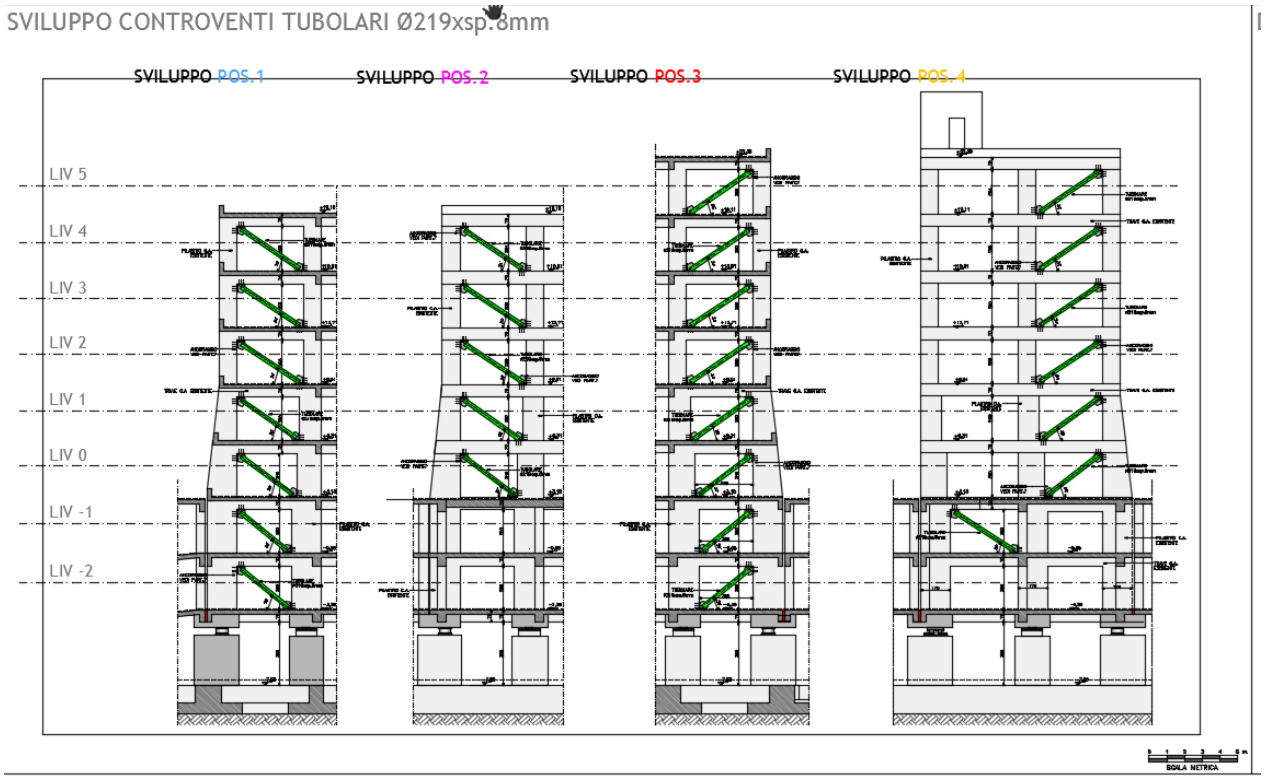


Sezione longitudinale di intervento: si osservi come nelle estremità zona corpo E e corpo blocco scale sia necessario la realizzazione di un giunto a tutt'altezza per consentire lo spostamento relativo del complesso isolato alla base

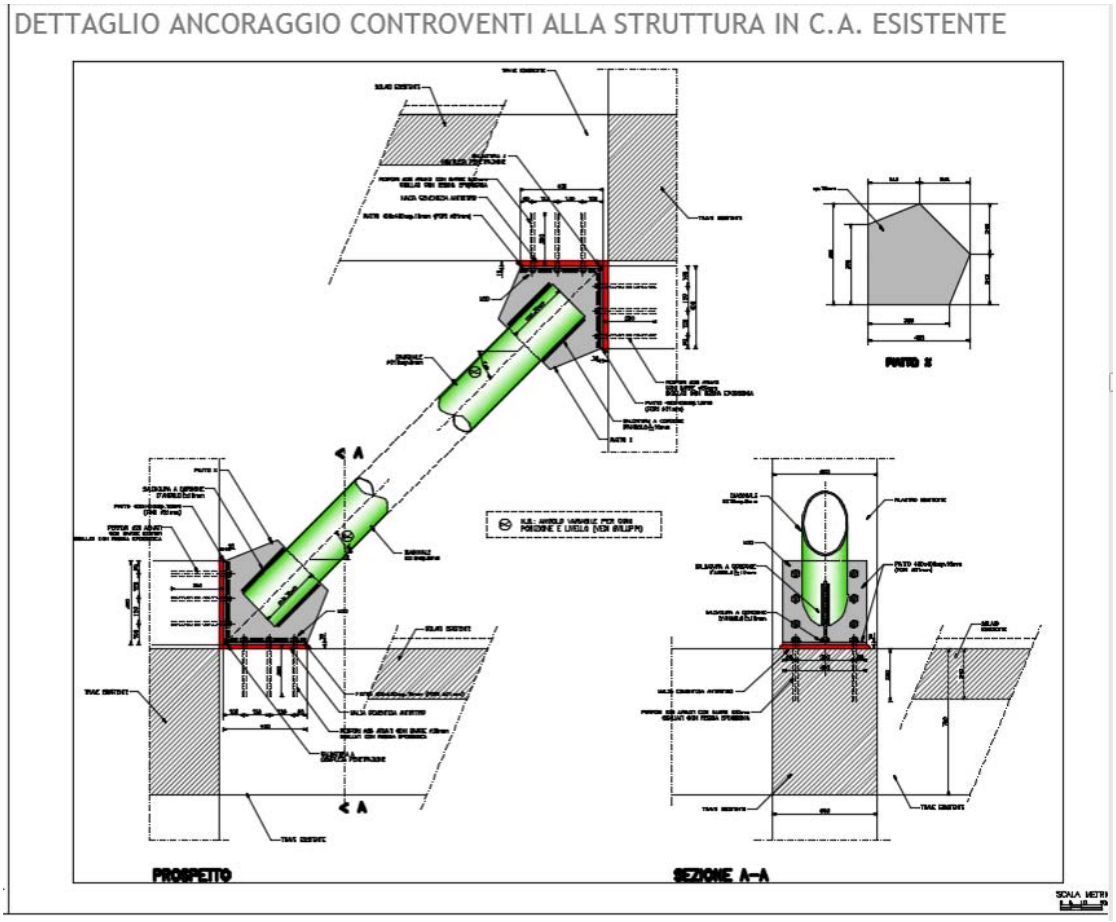
Nel caso delle "Torri" è necessario procedere ad un intervento di correzione delle rigidezze e deformazioni esistenti. Dall'esame delle deformate dei due edifici F e G si evidenzia una forte difformità di comportamento tra la direzione EST – OVEST rispetto NORD – SUD. Ciò è essenzialmente riconducibile a due ragioni:

- diversa rigidezza dei telai nelle due direzioni
- presenza di nuclei ascensori in cemento armato in posizione non baricentrica

Al fine di incrementare la rigidezza nella direzione trasversale (NORD-SUD) sono previsti dei controventi in acciaio posti in corrispondenza delle estremità di ciascun telaio. Tale intervento appare di modesta invasività e "riordina" il comportamento strutturale delle due Torri in fase sismica.

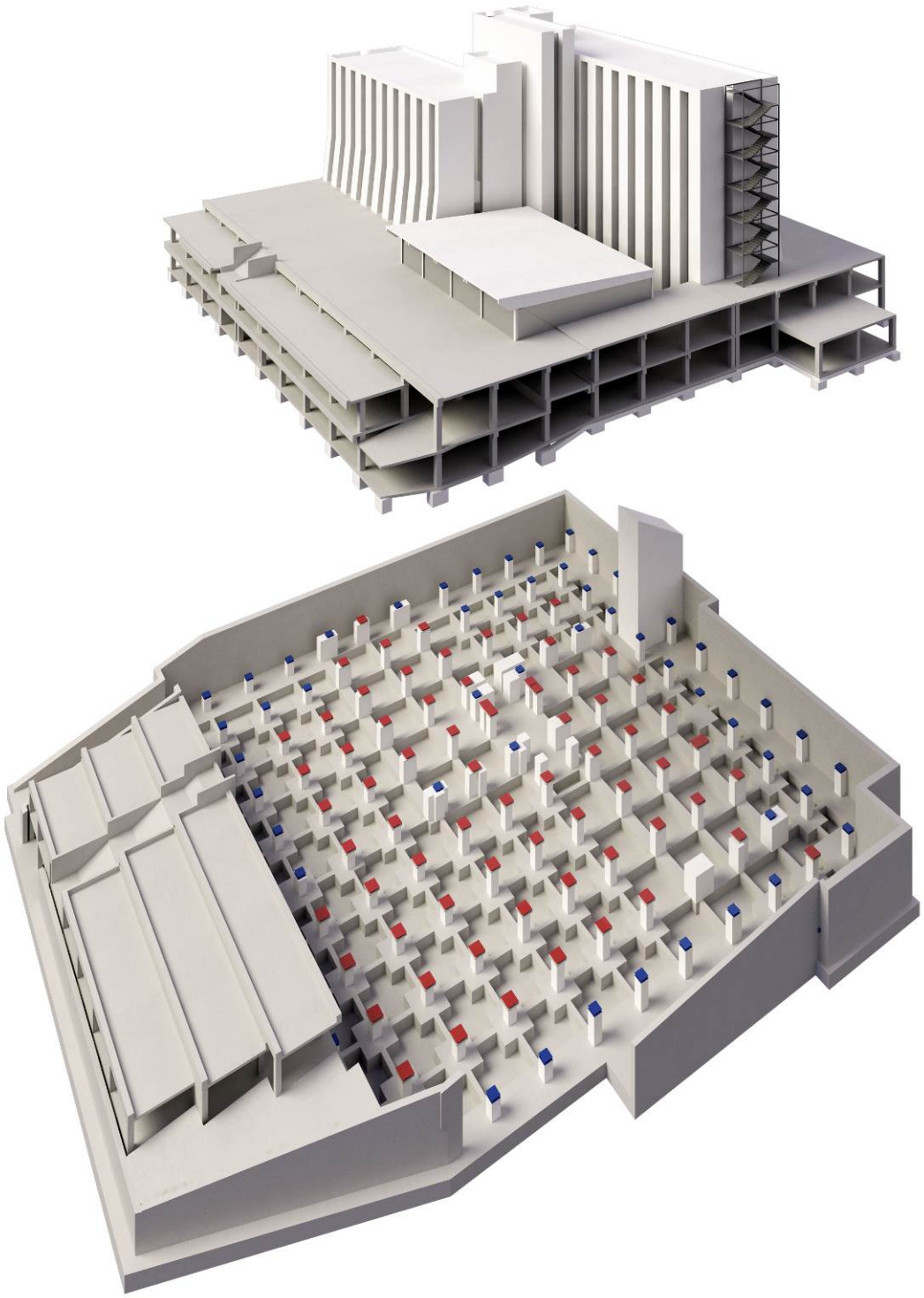


- *Schema intervento di controventamento Torri*



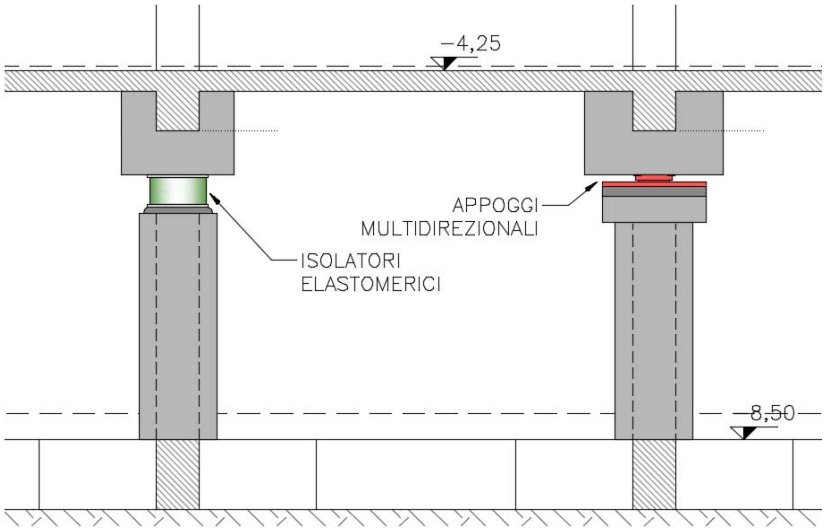
Schema intervento di controventamento Torri – dettaglio costruttivo

Lo schema strutturale del complesso POST intervento consiste dunque, al di sopra il piano di isolamento (primo impalcato), i vari edifici restano separati, in corrispondenza del primo impalcato vengono viceversa uniti dalla giunzione delle travi e solai esistenti adiacenti lungo il giunto. La giunzione avviene attraverso la saturazione del giunto mediante malte espansive ad alta resistenza e connettori armati.



Esploso assonometrico dell'intervento di isolamento sismico

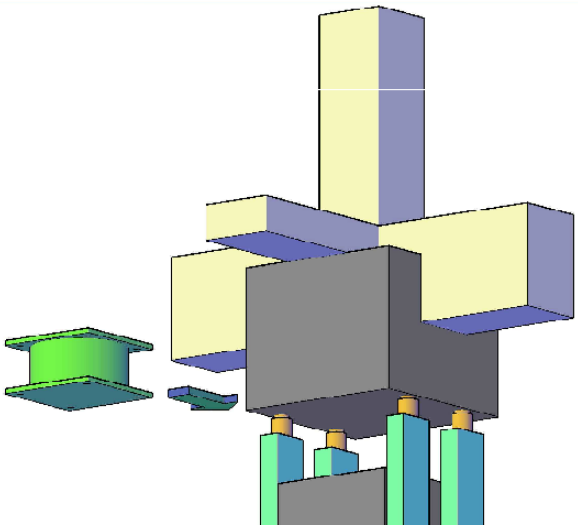
L'intervento d'isolamento alla base proposto prevede la realizzazione del piano di isolamento appena al di sotto il primo solaio, il soffitto del piano secondo interrato. Tale situazione può ritenersi particolarmente "fortunata" per la collocazione degli isolatori essendo i locali destinati a "parcheggio" pressoché liberi da finiture di pregio. Il piano di scorrimento risulta al di sotto il piano di campagna, tuttavia la particolarità dell'edificio è che la parete controterra di perimetro risulta sufficientemente lontana dal fabbricato tale da consentire lo spostamento atteso dal sistema di isolamento. Si rende necessario adattare solo puntualmente cavedi o intercapedini di perimetro già esistenti ed idonei per consentire lo spostamento atteso del piano isolato.



Schema di intervento al piano secondo interrato: ringrosso pilastro, isolatore/appoggio multidirezionale o slitta, baggiolo superiore

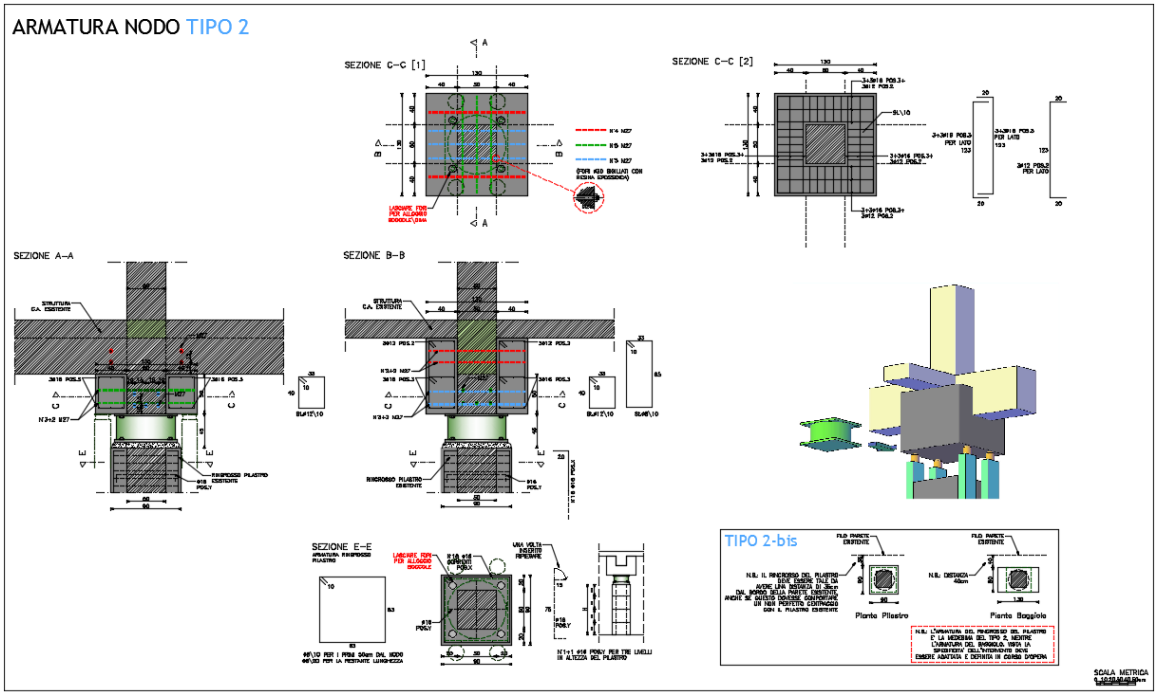


Immagini di intervento eseguito con delle similitudini rispetto a quanto previsto



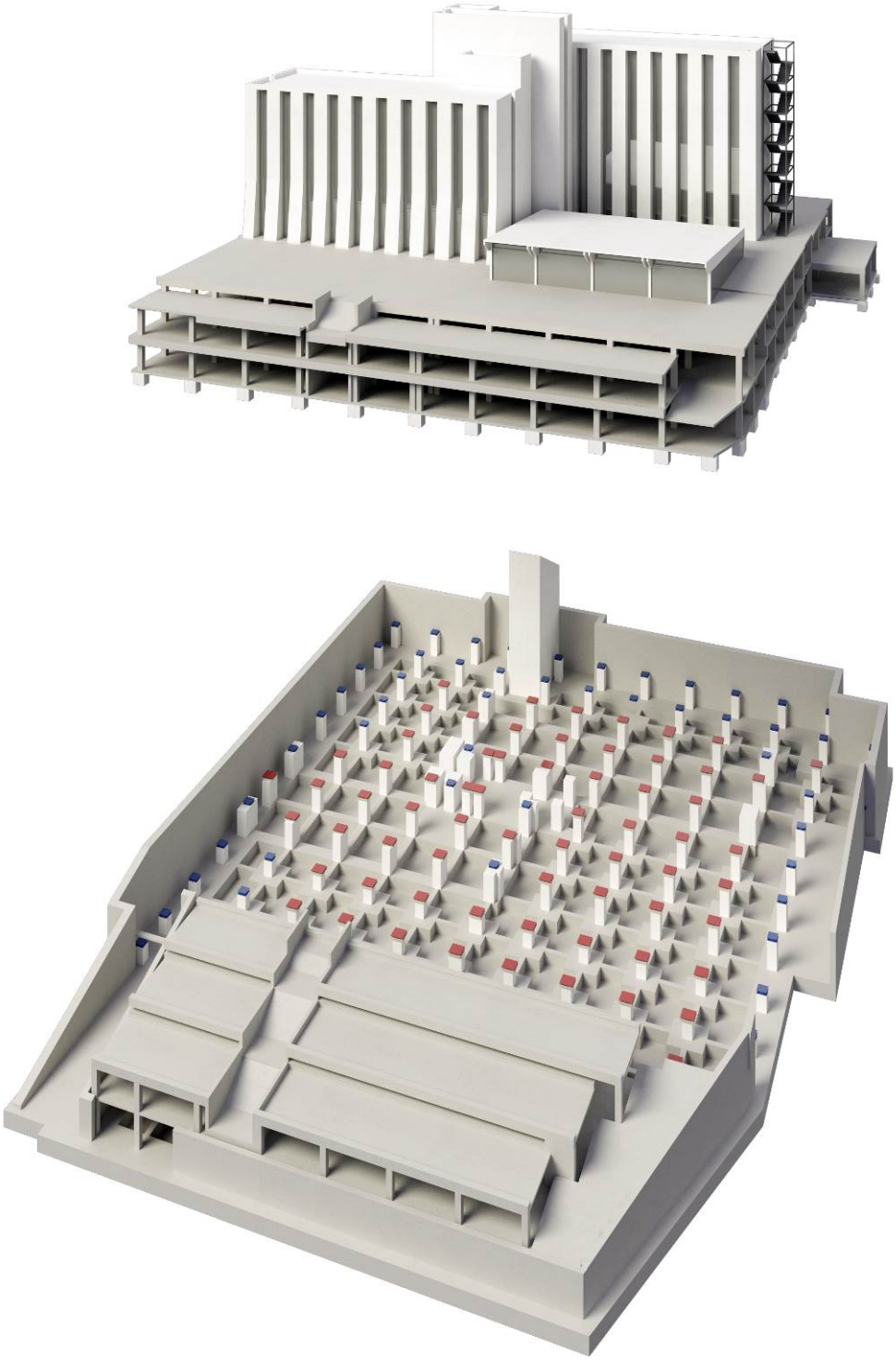
Schema intervento di inserimento isolatore elastomerico

L'isolamento sismico necessita come noto, appena al di sopra il piano di scorrimento, di un piano orizzontale rigido capace di soddisfare il requisito di collegare le basi dei pilastri della sovrastruttura. Nel caso specifico, detto "piano rigido", è già esistente e non deve essere costruito, quindi non richiede impalcati o piani di controvento orizzontale aggiuntivi con grande risparmio in termini di costi e velocità di intervento. L'unico intervento che si rende necessario per il soddisfacimento di tale condizione è il collegamento al primo impalcato delle travi tra loro adiacenti in corrispondenza del giunto; sono infatti , solo quelle del solaio di piano rialzato, al di sopra il piano di isolamento, che debbono essere collegate mediante connettori armati. Questa lavorazione può essere eseguita dal piano seminterrato.



Dettagli realizzazione baggiolo in testa al pilastro esistente

In altri termini la sovrastruttura per le particolari situazioni geometriche è già libera di esplicare il movimento relativo rispetto la base fissa rappresentata dal terreno. Fa eccezione a questa regola la zona in corrispondenza del corpo E. Lungo il fronte che separa gli altri edifici dal corpo E è necessario procedere alla demolizione degli attuali pilastri e ricostruire il telaio di bordo a distanza idonea capace di consentire lo spostamento atteso.



Esploso assonometrico dell'intervento di isolamento sismico

La collocazione del piano di scorrimento al di sotto del solaio del piano rialzato consente, con la tecnica di inserimento appositamente studiata per il caso in esame, di limitare gli interventi strutturali esclusivamente al piano seminterrato mentre ai piani superiori, rialzato, primo, eccetera, sono previste modeste opere di rinforzo (controventi nelle Torri).
L'approccio pertanto consente di poter procedere, a differenza di un intervento convenzionale, senza opere invasive nell'elevato evitando i conseguenti lavori di ripristino.
Il complesso verrà isolato in testa ai pilastri del secondo interrato, previo ringrosso degli stessi, disponendo isolatori del elastomerico abbinati ad appoggi multidirezionali in corrispondenza di tutti i pilastri esistenti.

L'altezza di piano del piano seminterrato consente l'inserimento degli isolatori e consente il soddisfacimento dei requisiti di ispezione e controllo degli isolatori stessi.
La norma infatti prevede la necessità di disporre della possibilità di accesso e controllo, cosa che nel caso in esame risulterà immediata e di semplice esecuzione per la presenza già di un livello accessibile ed ispezionabile.

La necessità di garantire un comportamento rigido della sottostruttura di appoggio degli isolatori, requisito per altro espressamente richiesto dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni NTC'08, comporta la realizzazione di ringrossi in corrispondenza di tutti i pilastri al piano seminterrato. Dovranno essere predisposte tutte le opere necessarie a permettere una piena libertà di movimento della sovrastruttura.

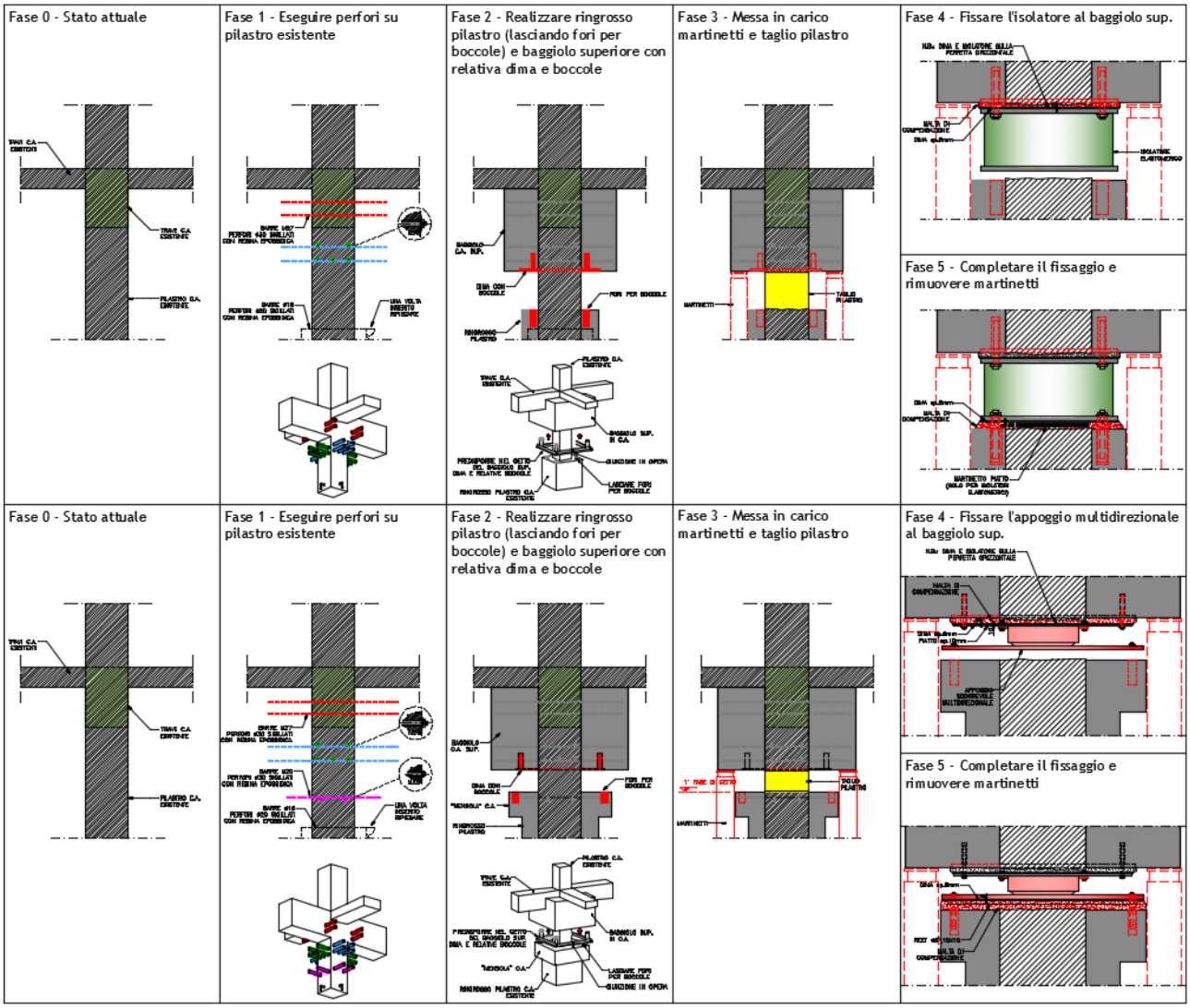
La tecnica dell'isolamento sismico inoltre consente di mettere in sicurezza le tamponature pesanti dal rischio di espulsione, ciò solo grazie alla riduzione degli effetti inerziali e deformativi sulla sovrastruttura.

Si precisa che, nella parte al di sopra il piano di scorrimento (piano di isolamento) SONO NECESSARI MODESTI INTERVENTI DI RINFORZO (controventi).

Occorre inoltre evidenziare il beneficio che tale strategia consente anche a livello di fondazioni. Le attuali fondazioni non idonee nello stato ante operam ne idonee con un sistema tradizionale, nel caso di isolamento alla base vengono viceversa grandemente avvantaggiate dalla tipologia dell'intervento. In corrispondenza degli isolatori infatti vengono ridotte drasticamente le forze di taglio ed i momenti per le considerazioni già espresse, e pertanto lo stato tensionale in corrispondenza del terreno si riduce. Inoltre il lo stato attuale dispone già di una soletta di piano fondale che consente le condizioni di accessibilità.

Al piano seminterrato l'inserimento degli isolatori prevede la necessità di un "ringrosso" dei pilastri per l'alloggio degli isolatori.

Al fine di ottimizzare costi ed invasività di intervento sono esclusi dall'intervento di isolamento alla base il corpo E ed il corpo scala 1; questi edifici sono e rimarranno a base fissa e si prevede al loro contorno la realizzazione di idoneo giunto di separazione che permetta il movimento reciproco tra la parte isolata e la parte fissa.

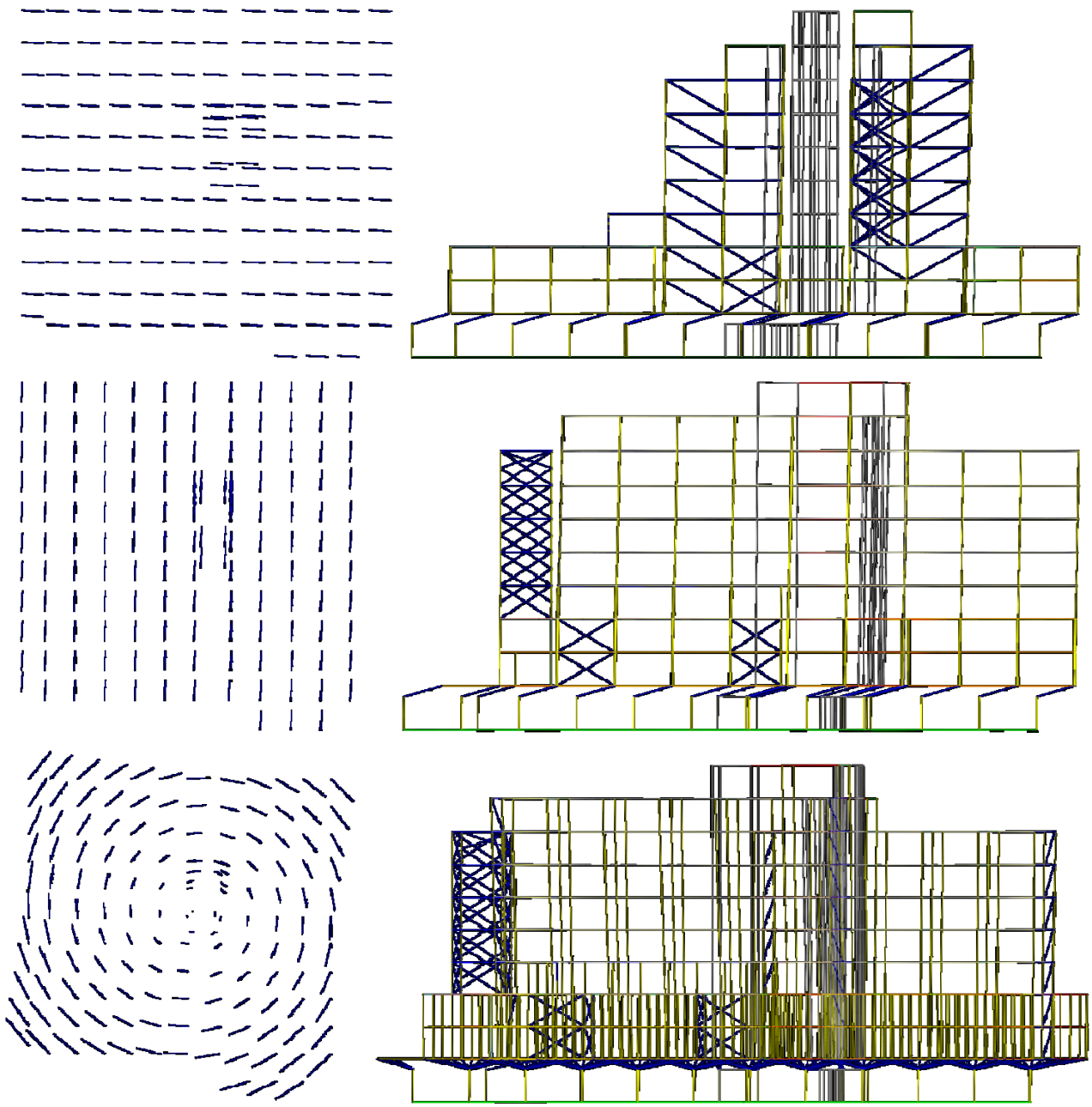


Schema tipo di inserimento di isolatore in testa al pilastro

Risultati di sintesi delle analisi strutturali

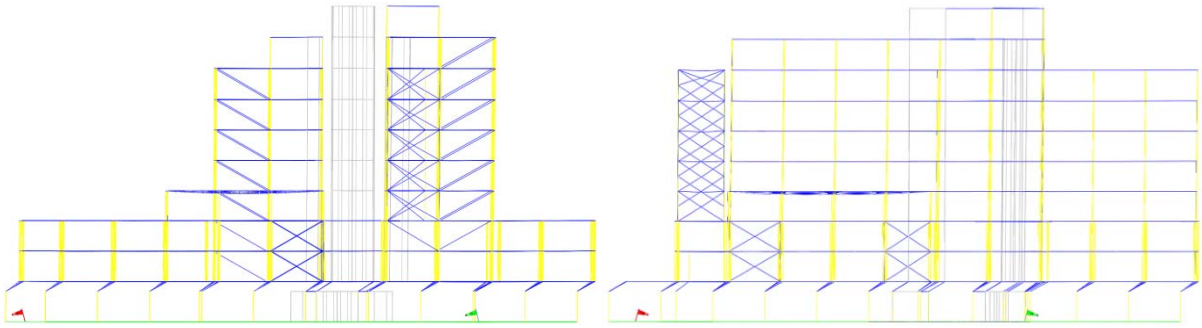
La buona progettazione del sistema di isolamento è infine confermata dai tre modi principali del sistema isolato, che risultano disaccoppiati: il primo traslazionale in direzione x, il secondo traslazionale in direzione y e il terzo rotazionale.

I valori del periodo ottenuti dall'analisi per l'edificio dell'Emiciclo sono sostanzialmente coincidenti con quelli imposti in fase di predimensionamento, e pari a 3.08s in direzione X e 3.08s in direzione Y; la sola massa partecipante dei primi tre modi di vibrare supera il 96% del totale.



Forma modale dei primi tre modi di vibrare della struttura isolata

Anche a seguito dell'analisi dinamica lineare con spettro di risposta elastico si può notare come lo stato deformativo della sovrastruttura sia sostanzialmente nullo, prossimo a quello di un corpo rigido, mentre gli spostamenti sono essenzialmente a carico del solo sistema di isolamento sottostante, come mostrato dalle figure seguenti.



Stato di spostamento in analisi sismica dinamica lineare con spettro di risposta elastico

Lo spostamento massimo rilevato negli isolatori nell'analisi allo stato Limite di Collasso (SLC) risulta pari a 39.4 cm. Il giunto previsto, in corrispondenza del quale dovrà essere garantito il libero movimento relativo di sovrastruttura e sottostruttura, è quindi cautelativamente pari a 40cm.

Le analisi svolte relativamente allo stato di progetto (edificio isolato alla base) hanno mostrato azioni negli elementi portanti assolutamente compatibili con le resistenze del materiale, a testimonianza della forte riduzione delle azioni sismiche trasmesse dal sistema di isolamento alla sovrastruttura; come peraltro confermato nelle verifiche degli elementi allegate alla presente (in cui si vede che rispetto allo stato di fatto sono soddisfatte le verifiche di tutti gli elementi sia allo SLV che allo SLD). Si ribadisce quindi il raggiungimento dell'*adeguamento sismico* del fabbricato alle azioni previste per le nuove costruzioni, risultato non raggiungibile con interventi di tipo tradizionale a limitata invasività.

Tale risultato appare ancor più significativo se si considera che le verifiche eseguite relativamente allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita nello stato di progetto dell'edificio isolato, coerentemente con quanto richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni al punto 7.10.6.2.1, richiedono un *comportamento sostanzialmente elastico* (q=1.5), prevedendo perciò un danneggiamento pressoché nullo della sovrastruttura anche in caso di eventi sismici severi. Tale requisito assume perciò grande importanza per edifici di importanza strategica e di rilevanza pubblica, come il complesso di fabbricati oggetto del presente progetto, con significativi vantaggi in termini di operatività del fabbricato, di protezione del contenuto e di risparmio economico a seguito di sismi anche severi. In altri termini qualora si ripresentasse un evento sismico paragonabile a quanto accaduto il 6 aprile 2009, l'edificio non manifesterebbe fessurazioni, (rimane

in campo elastico!) il contenuto non subisce danni (arredi, attrezzature, hardware, ecc.) e le funzioni possono rimanere in totale e completa efficienza senza quindi dover porre rimedio alle fessurazioni e lesioni che si dovessero presentare a seguito un evento sismico con un intervento "convenzionale". Fronteggiare quindi l'evento sismico, trattandosi purtroppo di un evento ciclico, con l'impiego della strategia dell'isolamento sismico, rispetto a tecniche "tradizionali / convenzionali", offre un drastico abbattimento dei costi di mantenimento e manutenzione essendo garantita in pieno l'efficienza e la funzionalità anche dopo eventi sismici severi, paragonabili o superiori a quanto accaduto il 6 aprile 2009.