



COMUNE di ANCONA

Direzione Manutenzioni, Frana, Protezione Civile

Progetto Esecutivo

1. Relazione Tecnica

PROGETTISTA

Ing. Maurizio Ronconi

COMMITTENTE: COMUNE DI ANCONA Viale della Vittoria 37 – 60100
Ancona Tel. 071.222.2544 – comune.ancona@emarche.it

**Oggetto: Primi Interventi di Miglioramento sismico su
edifici scolastici . CUP E39E18001190004**

Edizione n.	del DATA	Protocollo n.	Responsabile del Procedimento
			Ing. Riccardo Borgognoni

PRIMI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO DI EDIFICI SCOLASTICI

CUP: E39E18001190004

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA

A seguito della consegna delle prime relazioni di vulnerabilità sismica degli edifici scolastici il Comune di Ancona ha provveduto alla verifica dei risultati valutando come aspetti maggiormente significativi i seguenti: i risultati delle prove sui materiali da costruzione; il valore dell'indice di vulnerabilità sismica determinato in modo particolare dai meccanismi di collasso di tipo fragile; il favorevole rapporto tra l'incremento di sicurezza dell'immobile nel suo complesso e l'impegno economico da sostenere; la maggiore pericolosità propria del sito come indicata dalle indagini geologiche e geofisiche.

Sulla base dei criteri sopra esposti il Comune di Ancona ha ritenuto di effettuare interventi di miglioramento sismico sui seguenti edifici scolastici: Media Montesicuro; Materna Manzotti; Elementare Pietralacroce; Elementare Montessori.

Nel seguito le relazioni generali, tecnico-illustrative del progetto esecutivo per il miglioramento sismico dei quattro edifici scolastici.

MIGLIORAMENTO SISMICO SCUOLA MATERNA MANZOTTI

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GENERALE

MIGLIORAMENTO SISMICO SCUOLA MATERNA MANZOTTI sita in frazione Sappanico comune di Ancona

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GENERALE

Premessa

Il presente lavoro consiste nella progettazione di miglioramento sismico di un edificio in cemento armato con un due piani fuori terra ed uno seminterrato sito nel comune di Ancona frazione Sappanico, distinto al NCEU al Foglio 108 Mappale 271 con destinazione d'uso scuola materna. La Proprietaria è del Comune di Ancona.

Descrizione stato attuale

L'edificio è costituito da un piano seminterrato adibito a centrale termica e magazzino e due piani fuori terra adibiti a scuola materna comunale.

Il piano seminterrato si presenta a pianta rettangolare, di dimensioni esterne 6,80 x 11,30 m.

Il piano terra si presenta a pianta irregolare pseudo rettangolare, di dimensioni esterne circa 34 x 14 m. Il piano primo si presenta a pianta rettangolare, di dimensioni esterne 13,70 x 11,30 m

L' altezza di interpiano è rispettivamente: 2,12; 3,35 e 3,35 m.

Il collegamento verticale è costituito da una scala interna.

La copertura si presenta a due falde con manto di tegole marsigliesi con solaio di plafonatura non accessibile. Esternamente ed internamente le facciate sono tutte intonacate.

Trattasi di edificio con struttura portante in c.a. con telai tridimensionali composti da pilastri e travi.

Il fabbricato è stato costruito intorno al 1958 inizialmente adibito a delegazione comunale, poi con i fondi bellici nel 1960 è stato trasformato in scuola elementare e materna.

Sulla scorta del progetto esecutivo del 1960 e dei sopralluoghi effettuati il 2, 3/01/19, 11, 12/01/19 e 6/04/19 si rileva che il fabbricato è fondato su fondazioni superficiali costituite da plinti a base quadrata collegati da cordoli in c.a.

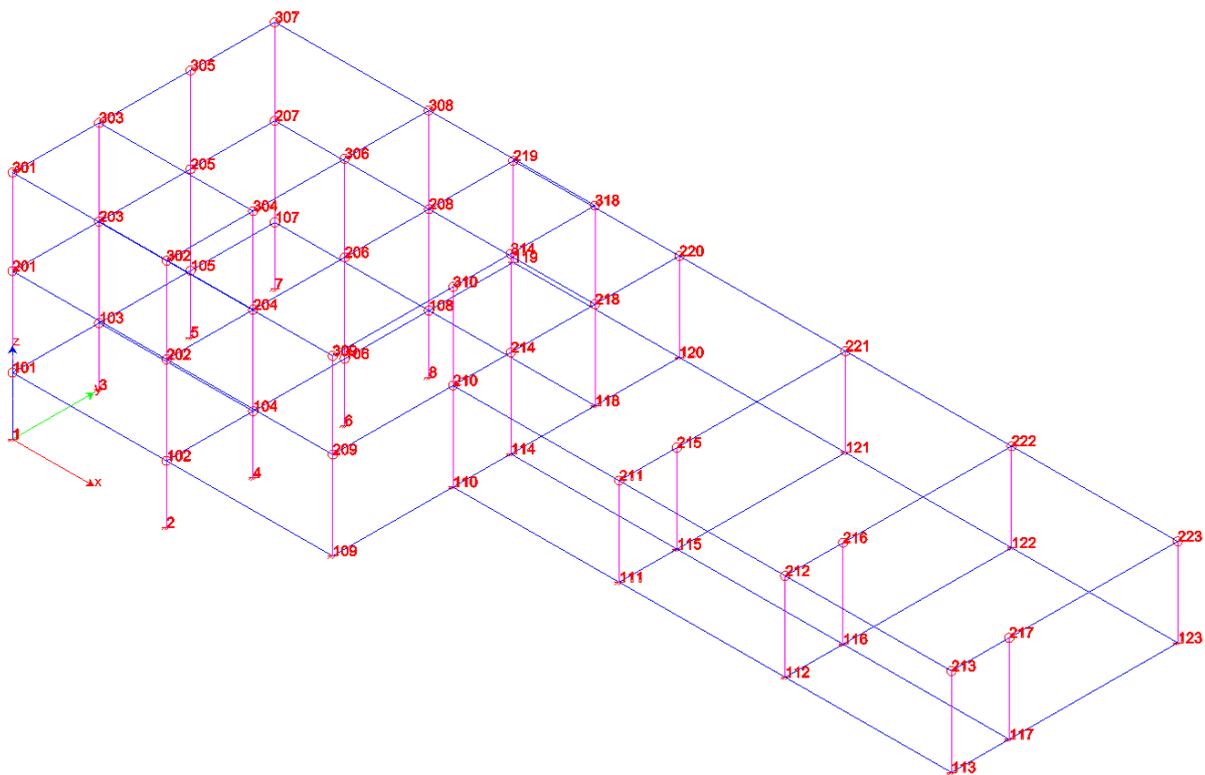
Gli impalcati (1° e 2° solaio) calpestabili sono costituito da solai in laterizio e c.a. gettati in opera di spessore 20+5 cm con travetti tipo SAP larghi 8 cm ad interasse 33 cm e pignatte in laterizio

Gli impalcati di plafonatura o sottotetto non praticabile sono costituito da solai in laterizio e c.a.

gettati in opera di spessore 15 cm con travetti tipo SAP larghi 8 cm ad interasse 33 cm privi di soletta e pignatte in laterizio. I solai di copertura si presume siano come quelli del sottotetto.

A seguito di due campagne di indagini e prove diagnostiche il sottoscritto ha raggiunto un livello di conoscenza LC2

Analisi Statica



SLU Dalle analisi lineari statiche svolte nel fabbricato, lo stesso non risulta adeguato alla normativa vigente in termini di azioni statiche allo Stato Limite Ultimo in termini di due travi a taglio. I solai risultano verificati.

SLE Dalle analisi lineari statiche svolte del fabbricato, lo stesso risulta praticamente adeguato alla normativa vigente in termini di azioni statiche allo Stato Limite Esercizio Quasi Permanenti.

Analisi sismica

SLD

Dalle analisi lineari dinamiche modali con fattore di comportamento svolte del fabbricato, lo stesso risulta adeguato alla normativa vigente in termini di deformabilità allo SLD in quanto non si sono rilevati spostamenti di interpiano superiori a 0,005 H.

SLV

La verifica di vulnerabilità è stata condotta al fine di valutare il grado di sicurezza del fabbricato in oggetto nei confronti dell'azione sismiche previste dalla normativa vigente.

Nel presente paragrafo si valuta la vulnerabilità sismica dell'edificio esistente allo stato attuale sia in termini di accelerazione (PGA) che in termini di periodo di ritorno (Tr)

E' stata condotta una analisi statica non lineare (Pushover), globale (modello tridimensionale completo) con 16 combinazioni di carico per ciascuna direzione di ingresso del sisma, con due distribuzioni di forze, (NTC 2108 - 7.3.4.2) ed eccentricità +/- 5%;

E' stato utilizzato un livello di conoscenza adeguato (LC2) e sono stati considerati come valori di resistenza i valori medi ricavati dalle prove sui materiali (vedi rapporti prove 591 e 592 del 4/05/2018 e N. 42 del 16/01/2019 del laboratorio Technogeo) elaborati con il metodo Masi 2005. Per verificare la compatibilità delle deformazioni/sollecitazioni nei meccanismi duttili/fragili, sono state condotte verifiche di resistenza "duttile" a flessione travi e pressoflessione pilastri, sono state condotte verifiche di deformabilità "duttile": rotazioni di travi e pilastri e sono state condotte verifiche di resistenza "fragili": verifiche a taglio travi, pilastri e verifiche nodi

L'indicatore di rischio rappresenta l'indicatore più basso ricavato dalle verifiche svolte.

Indicatore di rischio SLV in termini di accelerazione (PGA): 0,17

(relativo alle verifiche a flessione delle travi, in particolare la trave 115-121)

Indicatore di rischio SLV in termini di periodo di ritorno (Tr): 0,27

(relativo alle verifiche a flessione delle travi, in particolare la trave 115-121)

Carenze strutturali emerse

Resistenza a pressoflessione dei pilastri: alcuni pilastri del 1° livello risultano carenti in termini di armatura longitudinale.

Resistenza a taglio dei pilastri: alcuni pilastri del 1° livello risultano carenti in termini di armatura trasversale (staffe) che presentano un diametro di 8 mm ed interasse di 25 cm.

Resistenza a flessione delle travi: alcune travi risultano carenti in termini di armatura longitudinale. In particolare tale meccanismo determina l'indicatore di rischio della struttura

In conformità con quanto richiesto dalla committenza, il sottoscritto ha effettuato una analisi statica non lineare (Pushover) adottando un livello di conoscenza **LC3** pur utilizzando i valori medi delle caratteristiche meccaniche ricavati da limitate prove in situ con le quali si è raggiunto un livello di conoscenza LC2. Si riportano di seguito i risultati in termini di indicatori di rischio:

Indicatore di rischio SLV in termini di accelerazione (PGA): 0,39

(Curva di capacità della Pushover 180° proporzionale alle masse di piano, ecc. 5%)

Indicatore di rischio SLV in termini di periodo di ritorno (Tr): 0,41

(Curva di capacità della Pushover 180° proporzionale alle masse di piano, ecc. 5%)

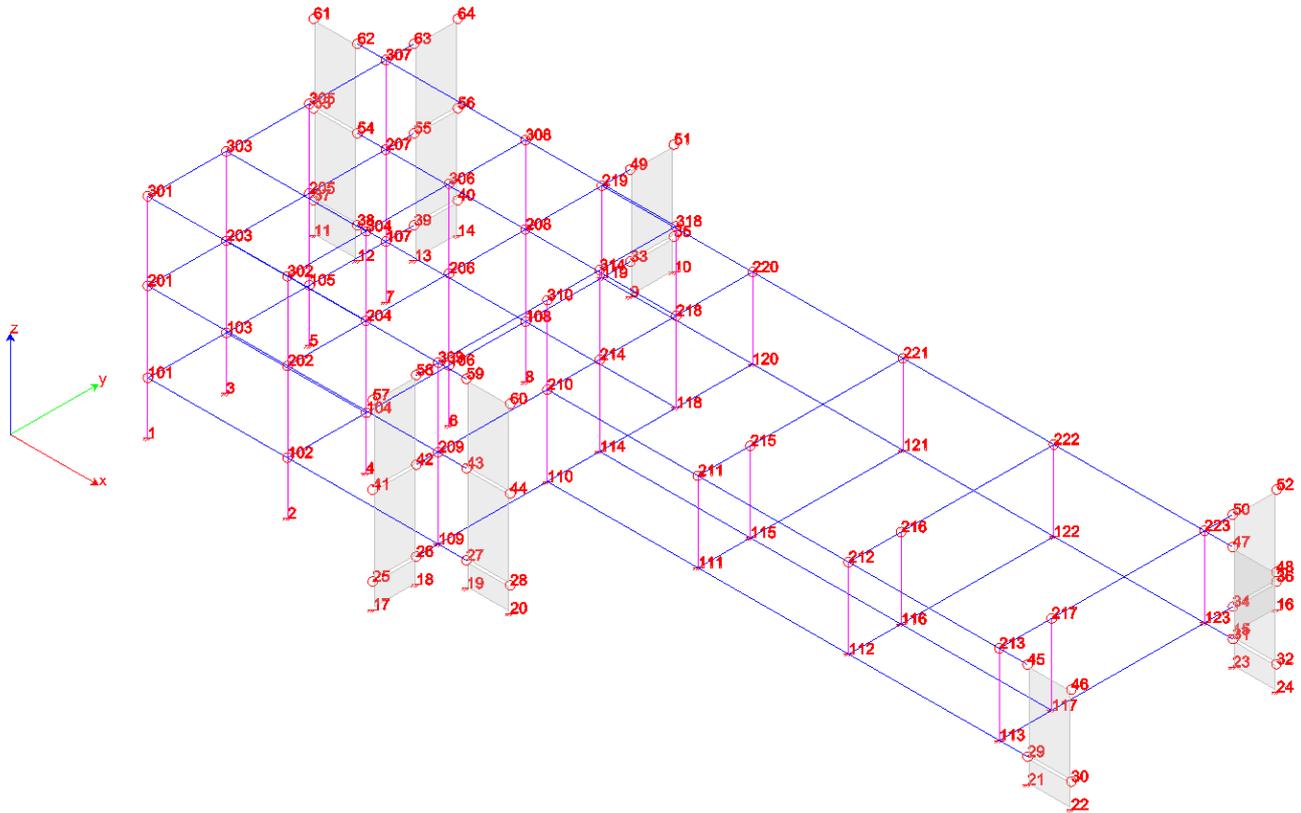
Carenze strutturali emerse

Resistenza a pressoflessione dei pilastri: alcuni pilastri del 1° livello risultano carenti in termini di armatura longitudinale.

Resistenza a taglio dei pilastri: alcuni pilastri del 1° livello risultano carenti in termini di armatura trasversale (staffe) che presentano un diametro di 8 mm ed interasse di 25 cm.

Descrizione stato di progetto

Il sottoscritto, sulla scorta delle carenze strutturali evidenziate dallo studio dello stato attuale e nell'ottica di non interrompere l'operatività della scuola materna, potendo contare sulla configurazione geometrica della scuola che presenta una area esterna tutto attorno al fabbricato sufficientemente ampia, ha progettato come intervento di miglioramento l'introduzione di una nuova struttura esterna alla quale affidare la quasi totalità dell'azione sismica.



Analisi sismica

Tale soluzione progettuale, con un livello di conoscenza LC3, produce un adeguamento sismico della struttura confermato dall'analisi non lineare (pushover). Si riportano gli indicatori di rischio:

Indicatore di rischio SLV in termini di accelerazione (PGA): **1,03**

(relativo alle verifiche a taglio delle travi, in particolare la trave 204-206)

Indicatore di rischio SLV in termini di periodo di ritorno (Tr): **1,03**

(relativo alle verifiche a taglio delle travi, in particolare la trave 204-206)

In particolare le strutture sismo resistenti esterne introdotte sono:

4 setti in c.a. in direzione Y posizionati nei prospetti Est ed Ovest, spessi 35 cm larghi 2,0 m ed alti mediamente due 8,68 m e due 5,10m impostati sotto il livello del giardino tra -0,20 e - 0,70 m;

4 setti in c.a. in direzione X posizionati nei prospetti Nord e Sud, spessi 35 cm larghi 2,0 m ed alti due 8,68 m e due 5,10m impostati sotto il livello del giardino tra -0,20 e - 0,70 m;

Ciascun setto verrà collegato al corrispondente telaio in c.a. dell'edificio esistente a livello di piano mediante 3 o 2 pendoli in acciaio incernierati alle estremità. Tali pendoli saranno costituiti da profili tubolari di diametro 193 mm e spessore 5,6 mm.

Ciascun setto risulta distanziato dalla struttura del fabbricato di 1,15 m sia in direzione Y che in direzione X ad eccezione del setto in direzione Y (lato strada), che per mancanza di spazio risulta distanziato di 80 cm.

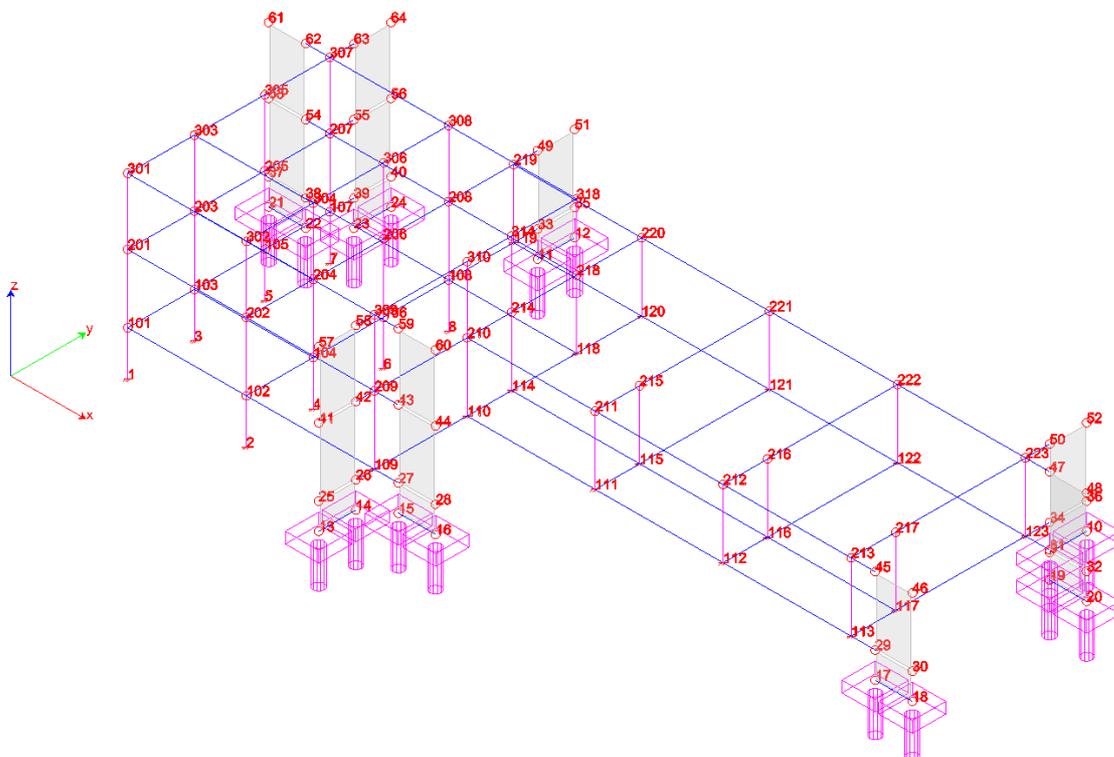
Ogni nuovo setto verrà fondato su 2 pali trivellati in c.a. di diametro 60 cm, profondità 15 o 18 m, collegati in testa da una trave in c.a. di sezione 70x60 cm.

Le nuove strutture in c.a. verranno realizzate con calcestruzzo C28/35 ed acciaio B450C, mentre i pendoli e le piastre di collegamento verranno realizzate in acciaio zincato S460.

Le piastre irrigidite lato setti verranno collegate al c.a. mediante 8 tirafondi costituiti da barre filettate D=20 mm in acciaio zincato S460.

Le piastre irrigidite lato fabbricato verranno inghisate al c.a. mediante 8 ancoraggi chimici a base di resine epossidiche tipo HIT-RE 500 della HILTI e barre filettate D=20 mm in acciaio zincato S460.

Modellazione completa per la verifica delle nuove strutture: setti, fondazioni in c.a. e bielle in acciaio.



Il costo dei lavori per tale intervento di miglioramento/adequamento sismico, al netto di IVA è pari ad € 185.600,00 (Euro centottantacinquemilaseicento).

MIGLIORAMENTO SISMICO SCUOLA MEDIA MONTESICURO

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GENERALE

INDICE

RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA	1
Premessa	1
Descrizione dello stato attuale	2
Relazione sulle valutazioni delle caratteristiche dei materiali e sul livello di conoscenza raggiunto.....	8
Valutazione della vulnerabilità statica e sismica	10
Descrizione del progetto strutturale	12
Progetto delle finiture strettamente connesse con gli interventi strutturali	13

RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA

Premessa

La seguente relazione generale illustra il **Progetto Definitivo ed Esecutivo per l'adeguamento del torrino della Scuola Media "Montesicuro" mediante intervento locale ed opere connesse.**

In particolare, a seguire, nella presente relazione e negli altri elaborati verrà presentata **la progettazione dedicata al solo torrino del vano scala e di accesso alla copertura**, che illustra, prima lo stato attuale di tutto l'edificio e dell'oggetto di intervento, con la verifica di vulnerabilità, eseguita ai sensi del D.M. 17/01/2018, nonché le valutazioni delle caratteristiche dei materiali e il livello di conoscenza raggiunto, e poi gli interventi di progetto strutturale e quelli relativi alle finiture ad essi connesse, finalizzati a conseguire, tramite intervento locale, l'adeguamento del torrino della Scuola Media "Montesicuro", situata in Via Vittorio Veneto nella Frazione di Montesicuro di Ancona (AN).

Tutto il Complesso Scolastico è stato oggetto di verifica di vulnerabilità, ai sensi del D.M:17/01/2018. La verifica sismica è stata redatta in aprile 2019, dallo Studio Tecnico Associato ALL Ingegneria, a seguito della richiesta di offerta da parte del Comune di Ancona, parte di un incarico che prevedeva la verifica di due edifici scolastici siti nel territorio comunale, tra i quali, il fabbricato oggetto di intervento. L'Amministrazione, in quella sede, ha fornito allo Studio documentazioni comprendenti in particolare: la Relazione Geologica, datata gennaio 2019, a firma del Dott. Geol. F. Chielli, redatta su incarico della Committenza, per la caratterizzazione del sito, e la Relazione Tecnica n.33/19 del 22/03/2019 sulle Indagini e Prove Diagnostiche di SidLab s.r.l. su incarico della Committenza e contenente i risultati della campagna di indagini in situ sui materiali.

Il presente progetto di intervento locale consente di passare da un indicatore di rischio minimo, in termini di PGA, pari a $I_R = 0.227$ ad uno, in termini di PGA, pari a pari a $I_R = 0.797$ (in termini di T_r , pari a $I_R = 0.737$).

Descrizione dello stato attuale

L'edificio della Scuola Secondaria di primo grado "Montesicuro" è situato in Via Vittorio Veneto nella Frazione di Montesicuro – Ancona (AN). Esso risulta costituito da un unico corpo di fabbrica con struttura in muratura portante.



Individuazione planimetrica dell'edificio scolastico con evidenziato il torrino oggetto di intervento

Il complesso scolastico, dal punto di vista planimetrico, è parte dell'aggregato urbano che costituisce la cinta di edifici più esterni dell'anello del centro storico di Montesicuro. Ha forma pressoché "ad L" e si sviluppa da Sud-Ovest a Sud-Est lungo due direttrici formanti un angolo di 105° l'una con l'altra, il corpo di fabbrica è privo di giunti, con dimensioni longitudinali massime dei due bracci della L di circa 31 m e 23 m e trasversali massime pari a circa 19 m e 10 m. A Sud-Ovest presenta una piccola corte che si sviluppa in elevazione per tutti i piani dell'edificio e da cui si ha accesso esterno al piano interrato. Dal punto di vista altimetrico, l'edificio è articolato principalmente su tre elevazioni: si compone di piano interrato, terra, piano primo e copertura con il **torrino del vano scala, oggetto dell'intervento locale descritto nella presente relazione.**

Internamente sono presenti numerosi dislivelli tra le pavimentazioni di aule e disimpegno (gradini e rampe) che testimoniano le trasformazioni subite dall'edificio nel tempo in funzione delle diverse distribuzioni interne, così come controsoffitti. L'altezza interna dunque nelle aule al finito è al minimo di 4.20 m ed al massimo di 4.60 m alla seconda elevazione (piano terra), al minimo di 4.15 m ed al massimo di 4.88 m alla terza (piano primo). Nel piano interrato l'altezza interna è un dato estremamente variabile ed è legato alla presenza di solai di copertura, di grotte artificiali o di ambienti voltati.

In merito all'organizzazione funzionale ed architettonica, l'edificio, ad ogni piano, presenta ampie aule, poste in comunicazione tra loro tramite disimpiegni che le mettono in connessione anche con la scala, posta in posizione centrale lungo il lato Sud-Ovest ed unico collegamento verticale interno. Un'aula al piano terra è dedicata a palestra, in prossimità dell'angolo Nord-Ovest/Nord-Est e permette l'uscita diretta in un giardino esterno. Alla scuola si accede da Via Vittorio Veneto attraverso un ampio atrio di ingresso al piano terra, sul lato Sud, voltato a botte con lunette e con una volta a crociera in corrispondenza dell'accesso alle scale. Nel braccio della L del corpo di fabbrica disposto verso Nord-Est la scuola occupa solamente il piano primo dell'edificio; al di sotto di essa è presente un'abitazione privata che si sviluppa su di un piano terra ribassato rispetto al livello della strada (Via Vittorio Veneto) da cui si accede, e su di un piano mezzanino.

La struttura portante principale è in muratura, costituita da muri perimetrali e da allineamenti centrali nelle due direzioni ortogonali. La muratura presenta la stessa tipologia alle varie elevazioni ed uno spessore molto variabile (al finito min 32 cm e max 127 cm). Dalla campagna di indagine in sito, è emerso che il corpo si articola ai vari piani secondo la tipologia muraria di mattoni pieni e malta di calce, con spessori molto variabili sia sullo stesso piano che alle varie elevazioni (si riducono al crescere dell'altezza dell'edificio) e con presenza o meno di nucleo scadente. Le murature presenti al piano primo, all'angolo Nord-Ovest/Nord-Est, di origine più recente testimoniata dalla presenza su quel lato di una terrazza successivamente tamponata per ampliare l'edificio, hanno spessori inferiori (28 cm) e contropareti interne in forati separate da un'intercapedine d'aria. Le murature perimetrali presentano aperture per la maggior parte allineate verticalmente su tutti i prospetti e le finestre hanno in quasi tutti i casi la nicchia per l'incasso del radiatore, che riduce lo spessore della muratura nel sottofinestra.

Le murature, interne o perimetrali, presentano diffusamente nicchie o aperture tamponate che testimoniano concretamente l'evoluzione che questo edificio ha subito nei secoli a seconda delle diverse destinazioni d'uso e distribuzioni interne.

I solai presentano varie tipologie.

Al piano terra, in corrispondenza dell'interrato, sono presenti dei solai di tipo Varese e probabilmente delle solette al di sopra degli ambienti voltati in muratura sottostanti.

Al piano primo emergono:

- solai in laterocemento di diverso spessore ma con caldana sopra le pignatte (16+9 cm, 20+7 cm, 12+4 cm);
- solai in putrelle di ferro e tavelloni con soletta in c.a.;
- solai in legno;
- volte a botte e a crociera in muratura di mattoni in foglio (spessore 6.5 cm), con soletta di massetto compatto cementizio soprastante (9-10 cm).

Al piano di copertura invece si hanno:

- solai in laterocemento da 20 cm privi di caldana sopra le pignatte;
- solai di tipo Varese, di interasse 110 e 120 cm;

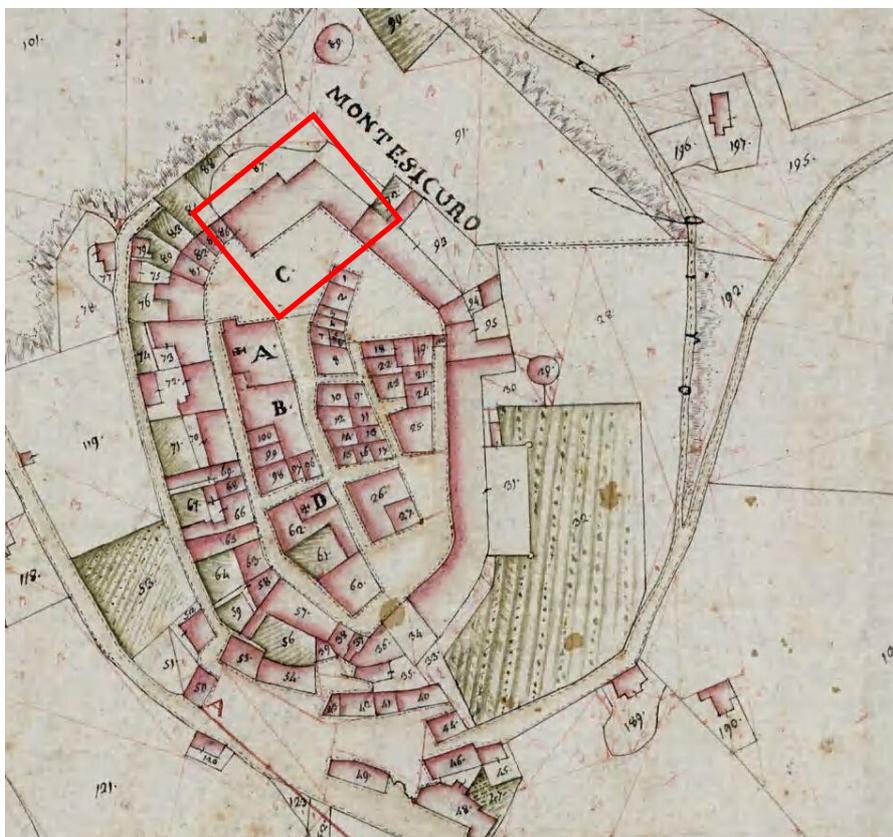
La copertura è a terrazza in parte praticabile, nella zona più prossima al torrino del vano scala, ed in parte sempre piana ma praticabile per soli fini manutentivi. L'ultimo strato di finitura è una guaina bituminosa impermeabilizzante con sovrapposta un'ulteriore impermeabilizzazione liquida. In copertura è presente un cordolo di piano al quale si affianca un cornicione in c.a. a sbalzo che circonda l'edificio su tutti i lati. La scala interna è costituita da rampe su volte a botte appoggiate alle murature perimetrali e di spina centrale.

Per quanto riguarda l'evoluzione storica dell'intero fabbricato, l'edificio della scuola risulta presente, con un impianto planimetrico sostanzialmente coincidente con quello attuale (morfologia del corpo di fabbrica e descrizione della presenza di una corte interna) ma con una destinazione d'uso differente, all'epoca della stesura della Mappa del Catasto Gregoriano e del relativo Brogliardo datato febbraio 1815. Quasi tutte le strutture in muratura dell'edificio sono pertanto, probabilmente, in tutto o in parte antecedenti a tale data (fine 1700 – inizio 1800) per costruzione originaria, ed in particolare, alcuni tratti delle murature disposte sui lati Nord-Ovest e Nord-Est dell'edificio, caratterizzati da un andamento a "scarpa", hanno costituito parte delle antiche mura castellane del comune,

esposte più volte nel corso dei secoli a modifiche, in seguito alle aggressioni subite dai castelli limitrofi in lotta con Ancona.

L'edificio, per aspetti di dettaglio architettonico relativi alle aperture presenti sui prospetti che si affacciano su Via Vittorio Veneto, ha probabilmente subito interventi negli anni '30-'40 del 1900. Inoltre, dai rilievi e dalle indagini eseguiti è emerso che una parte del fabbricato al piano primo, angolo Lato Nord-Est/Nord-Ovest, è stato in passato una terrazza dalla quale è stato poi ricavato un ampliamento dell'edificio. Tale intervento dovrebbe in ogni caso essere relativamente recente (verosimilmente anni '60-'70 del 1900), dato il rinvenimento di guaina bituminosa dal saggio effettuato sul solaio della terrazza con apparecchiatura endoscopica, finalizzato alla verifica di vulnerabilità sismica.

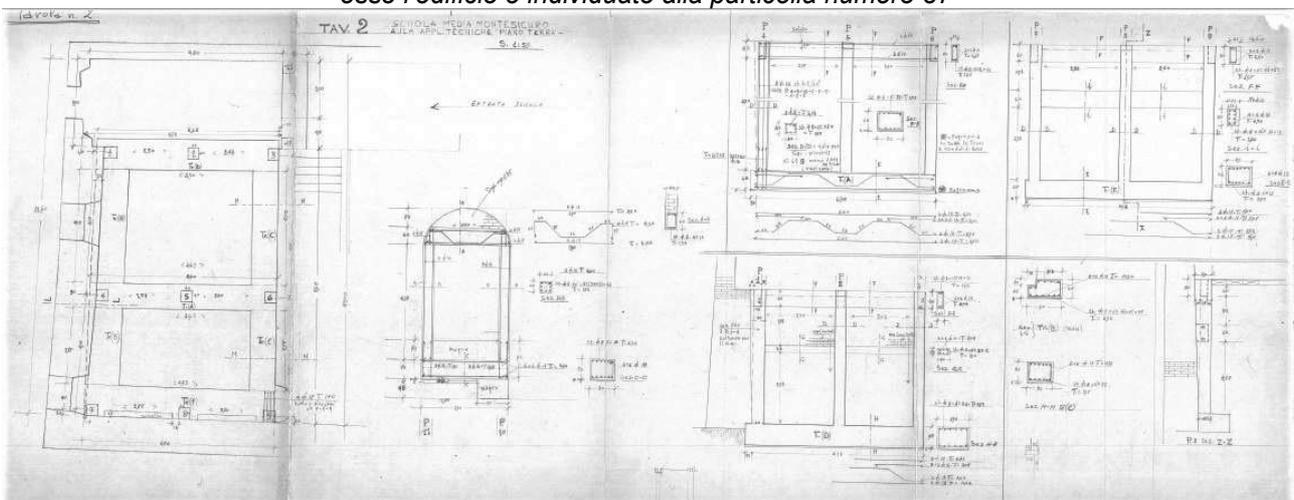
Sulla base dei riferimenti documentali ritrovati e dei rilievi eseguiti, il complesso ha subito degli interventi di consolidamento delle murature al piano terra con inserimento di telai in c.a. (aula su angolo Ovest ed aula di psicomotricità), ed interventi di rifacimento impiantistico e di alcuni solai di copertura, di modifica della distribuzione interna a seguito del terremoto del 1972.



Mappa n. 87 del Catasto Gregoriano (1815) relativa al Comune di Monte Siculo, in essa l'edificio è individuato alla particella numero 87

Numeri		POSSESSORI	Denominazione dei Pezzi di terra	QUALITA'	Situazione del terreno	Classe	SUPERFICIE	
della Mappa	subalt.						Particelle Censuarie	Cen-tesimi
87		Messa Vestovite Spiccola ora poss. Uff. Stato. Regno. Germanico	Montesicuro	Casa con Coble d'affitto	coble			97

Brogliardo associato alla Mappa n.87 del Catasto Gregoriano (1815) relativa al Comune di Monte Sicuro, in esso l'edificio è individuato alla particella numero 87



Carpenterie dell'intervento di inserimento di telai in calcestruzzo armato e di rifacimento dei relativi solai di piano primo all'interno dell'aula di applicazioni tecniche della Scuola Media "Montesicuro"

Oggetto della presente relazione con conseguente progetto di intervento locale è il torrino del vano scala, che verrà di seguito più approfonditamente descritto.

Torrino del vano scala

Il torrino è l'unico volume emergente di accesso alla copertura piana praticabile del fabbricato scolastico. Ha una conformazione planimetrica rettangolare di dimensioni circa 6.60 x 4.40 m. Verosimilmente, la sua attuale configurazione non era prevista nel progetto originario dell'edificio, ma la sua prima realizzazione è avvenuta in tempi successivi, contestuali alla realizzazione della prima copertura a terrazza a Sud-Est, in un periodo attestabile alla seconda metà del 1900; probabilmente ha anche subito rimaneggiamenti con gli interventi post-sisma del 1972, mediante i quali è stata completata l'intera copertura piana al di sopra del complesso scolastico.

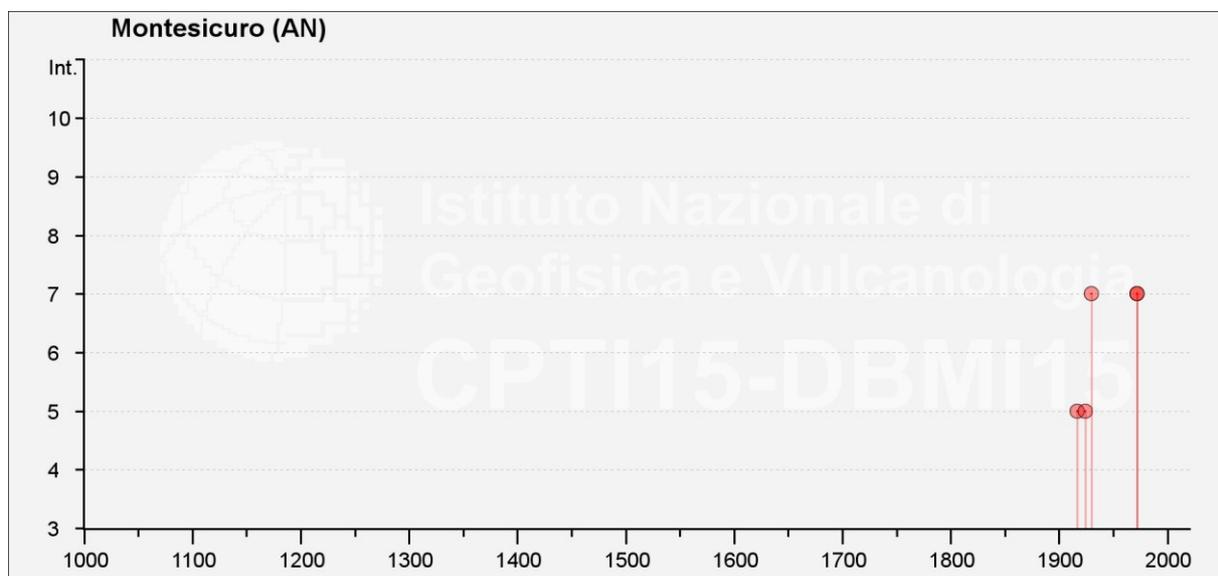
Il torrino presenta struttura in muratura in mattoni pieni e malta di calce di spessore medio 31 cm, con una copertura costituita da una plafonatura in camorcanna e da una copertura a padiglione con struttura in legno, il cui manto è in tegole marsigliesi. L'altezza, misurabile all'esterno, all'intersezione della muratura esterna con il tavolato ligneo è di circa 2.60 m.

Internamente il torrino è un volume di servizio che ospita le due rampe terminali della scala interna e vari componenti dell'impianto elettrico e di connessione dati della scuola.

Per quanto riguarda la storia sismica, nella zona di Montesicuro (AN), stando al sito di riferimento https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/ si sono registrati i seguenti eventi sismici, rilevanti ai fini della vita del fabbricato:

File downloaded from CPTI15 - DBMI15	
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015	
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia	
Seismic history of	Montesicuro
PlaceID	IT_51074
Coordinates (lat, lon)	43.552, 13.462
Municipality (ISTAT 2015)	Ancona
Province	Ancona
Region	Marche
No. of reported earthquakes	5

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5	1917 11 05 22 47	Costa anconetana	26	6	5.22
5	1924 01 02 08 55 13.00	Senigallia	76	7-8	5.48
7	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
7	1972 02 04 02 42 18.56	Costa anconetana	75		4.57
7	1972 02 04 09 18 30.09	Costa anconetana	56		4.36



Eventi sismici registrati nella zona di Montesicuro (AN)

Dal materiale rinvenuto è dunque emerso che, al momento della progettazione originaria del complesso scolastico, l'edificio non è stato progettato per azioni orizzontali derivanti dall'azione sismica, poiché il Comune di Ancona (AN) è stato classificato sismico per la prima volta nel 1935 e collocato in Categoria I (S=12), nel 1937 è stato declassato in Categoria II (S=9). Solo la realizzazione del torrino e degli interventi post sisma del 1972 dovrebbero seguire i dettami della progettazione in zona sismica all'epoca vigenti.

La sicurezza e le prestazioni della struttura, in sede di analisi di vulnerabilità e progetto, sono state valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale dell'opera, ai sensi del D.M. 17/01/18. Nello specifico, considerando la funzione che accoglie, l'edificio è stato annoverato alla **Classe d'Uso III** (*costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi*), come da §2.4.2 del D.M.17/01/18, mentre la relativa **Vita Nominale V_N** è stata posta pari a **50 anni**, come per *costruzioni con livelli di prestazioni ordinari* (§2.4.1 del D.M.17/01/18). In funzione di questi parametri è stato calcolato il **periodo di riferimento V_R** per l'azione sismica pari a **75 anni**

Relazione sulle valutazioni delle caratteristiche dei materiali e sul livello di conoscenza raggiunto

Per la struttura, in fase di verifica di vulnerabilità, la campagna di indagini è stata impostata in modo tale da raggiungere un **Livello di Conoscenza LC2** ai sensi del §C8.5.4 della Circolare Ministeriale n.7 del 21/01/2019.

Per le strutture in muratura tale livello può essere conseguito, effettuando l'analisi storico-critica (§C8.5.1), dal punto di vista geometrico, con il rilievo completo (§C5.8.2); dal punto di vista dei dettagli costruttivi con estese indagini in sito (§C5.8.2.1) e per le proprietà dei materiali con prove estese sulle caratteristiche meccaniche dei materiali (§C8.5.3.1).

Si è determinato dunque un corrispondente **Fattore di Confidenza F.C.=1.20**.

Per quanto riguarda la caratterizzazione della muratura, dalla campagna di indagine in sito, è emerso che il corpo si articola ai vari piani secondo la stessa tipologia muraria, di edificazione più o meno recente ed in alcuni casi preceduta da contropareti in forati e intercapedini d'aria o caratterizzata da presenza di nucleo scadente o ampio.

Quindi, in accordo con la definizione presente nelle norme (Tab. C8.5.I della Circolare n.7 del 21/01/2019), il fabbricato è interessato dalle seguenti tipologie murarie:

- “muratura in mattoni pieni e malta di calce”, per cui non si adottano coefficienti correttivi per la quasi totalità delle murature costituenti il fabbricato;
- “muratura in mattoni pieni e malta di calce”, per cui si adotta un coefficiente correttivo pari a 0.7 per tenere conto dei vuoti per mancanza di malta rilevati dalle endoscopie e dunque del nucleo scadente. Questa tipologia caratterizza le murature al piano terra all’angolo Sud-Ovest/Nord-Ovest dell’edificio.

In conclusione, si riportano di seguito i valori dei parametri meccanici presi a riferimento per il calcolo, ricordando che i valori del modulo elastico (E) e del modulo tangenziale (G) sono stati dimezzati. La verifica di vulnerabilità, così come richiesto dall’Amministrazione, era stata condotta con questi parametri meccanici sia con il Livello di Conoscenza acquisito LC2 che utilizzando i coefficienti relativi al Livello di Conoscenza superiore LC3, applicati ai valori medi delle caratteristiche meccaniche desunti dalla campagna di indagini finalizzata a LC2. **Il progetto di intervento locale è stato eseguito considerando LC2.**

Caratteristiche della muratura impiegate nel calcolo:

LIVELLO DI CONOSCENZA LC2

Tipologia	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	f _m (N/mm ²)	Nucleo scadente o ampio	Coefficiente parziale di sicurezza (γ)	F.C.	f _d (N/mm ²)
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	750	250	3,45	-	2,00	1,20	1,44
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	750	250	3,45	0,70	2,00	1,20	1,01

Valutazione della vulnerabilità statica e sismica

Dalle analisi statiche e sismiche condotte in sede di verifica di vulnerabilità e dalle risultanze delle prove e delle indagini sui materiali in situ, è emerso che il complesso presenta una vulnerabilità sismica, escludendo la verifica degli elementi del torrino, quantificabile come modesta secondo analisi statica non lineare. **Se viceversa, si considerano all'interno della verifica gli elementi del torrino, la struttura presenta una vulnerabilità sismica più accentuata (indicatore di rischio minimo per analisi statica non lineare pari a 0.227, in termini di PGA, e pari a 0.260, in termini di Tr).**

Per quanto concerne la valutazione della capacità dell'edificio a fronteggiare azioni di natura sismica, si è proceduto su un duplice fronte: mediante l'analisi statica non lineare, più comunemente definita "*pushover*" si è analizzato il comportamento globale nel fabbricato secondo sollecitazioni agenti nel proprio piano, mentre il comportamento dei vari pannelli murari per azioni ortogonali al proprio piano medio è stato valutato mediante analisi dinamica lineare con spettro di progetto. Anche se quest'ultimo tipo di analisi ha fornito un indicatore sismico decisamente minore, si è ritenuto che tale risultato fosse eccessivamente cautelativo per via del fatto che la tipologia di analisi non consente di ridistribuire il tagliante sismico tra i vari elementi appartenenti allo stesso piano, essendo l'indicatore di rischio relativo correlato al coefficiente di sicurezza minore tra i vari pannelli murari, e non permette di tenere in conto la non linearità insita nel comportamento meccanico degli elementi murari (legame costitutivo elasto-plastico).

L'analisi "*pushover*" sottolinea che il fabbricato versa in uno stato di vulnerabilità elevata solo se si includono nelle verifiche gli elementi che compongono il torrino di copertura del vano scale. La struttura, in questo caso, mostra un comportamento strutturale peggiore secondo la direzione trasversale Y. Tale aspetto è legato alle numerose aperture presenti sui pannelli murari al livello di copertura, che di conseguenza ne riducono la sezione resistente. Invece, qualora si escludano le verifiche degli elementi del torrino, il fabbricato presenta una vulnerabilità confrontabile tra le due direzioni di spinta, anche per effetto dell'inserimento dei telai in c.a. che incrementano le capacità resistenti del fabbricato secondo la direzione longitudinale.

In sintesi: per la valutazione del comportamento globale, effettuata mediante analisi "*pushover*", l'edificio, escludendo le verifiche degli elementi murari del torrino (elemento

strutturale che non condiziona il comportamento di insieme dei piani sottostanti), presenta una vulnerabilità medio-bassa confrontabile tra le due direzioni principali del fabbricato e soprattutto recuperabile con una progettazione mirata di miglioramento o adeguamento. Tuttavia, come abbondantemente messo in luce, il torrino di copertura del vano scale che conduce alla terrazza piana risulta un elemento di notevole vulnerabilità sia in termini di limiti intrinseci geometrici (pannelli murari eccessivamente snelli, come risulta in particolare dalla verifica statica per pressoflessione ortogonale di tipo semplificato) sia in termini meccanici (come emerge dall'analisi pushover e dinamica lineare).

La presenza di telai in c.a. fornisce una migliore risposta del fabbricato sotto l'azione sismica soprattutto secondo la direzione longitudinale (X); inoltre, a seguito della campagna di indagine condotta, la maggior parte delle specchiature di solaio sono considerabili infinitamente rigide nel proprio piano: tale aspetto favorisce una migliore risposta sismica del fabbricato dal momento che i pannelli murari vengono sollecitati prevalentemente secondo azioni agenti nel proprio piano. Ciò nonostante, analizzando il comportamento dei pannelli murari per azioni agenti fuori dal piano, è emersa una buona risposta sia sotto azioni statiche che sismiche.

Dal punto di vista statico, è stato evidenziato come per le sollecitazioni effettive da calcolo, ossia quelle di pressoflessione da modello 3d, tutti i pannelli risultano verificati (ad eccezione di un maschio murario che compone il torrino di copertura), mentre alcune esibiscono carenze solamente dal punto di vista geometrico (eccessiva snellezza) ma non di capacità resistenti.

Per quanto appena detto **il fabbricato NON risulta adeguato sismicamente** ma è invece adeguato staticamente.

Descrizione del progetto strutturale

Sulla base delle indicazioni provenienti dalla valutazione della vulnerabilità, si è proceduto all'elaborazione di modelli strutturali rappresentativi dello stato di progetto e all'esecuzione di analisi e verifiche dell'intervento locale progettato.

L'intervento locale proposto limita il proprio impatto sull'edificio scolastico, andando ad interferire minimamente con finiture ed impianti del solo torrino del vano scala di accesso alla copertura a terrazza, raggiungendo l'obiettivo prefissato: si prevede il consolidamento delle murature perimetrali mediante applicazione su entrambe le facce di un intonaco armato tradizionale a spessore ridotto con rete elettrosaldata e connettori in acciaio zincato, con barre di ripresa su ambo i lati, iniettate con resina su tutto il perimetro in testa ed al piede.

Il sistema migliora le caratteristiche meccaniche delle murature andando ad incrementare la resistenza a taglio nel piano e la resistenza a flessione.

Il consolidamento prevede, innanzitutto, la rimozione dell'intonaco pre-esistente e della malta dai giunti tra gli elementi di muratura, da ambo le facce del pannello. Quindi si procede al lavaggio ed alla bagnatura della superficie a saturazione, si applica un primo strato di rinzaffo, si eseguono i perfori passanti e si applica su una faccia la rete elettrosaldata zincata. Successivamente si puliscono i fori con aria in pressione, si inseriscono i connettori in barre zincate, disposte secondo un sistema a quinconce ed in ragione di 4 al mq; i connettori hanno lunghezza superiore allo spessore della muratura, dato che devono attraversare i paramenti e realizzare la connessione fra le reti sui due lati degli intonaci rinforzati. Si procede, dunque, alla posa sull'altro lato del paramento murario della rete elettrosaldata zincata, e si procede alla legatura della rete ai connettori, solidarizzati con iniezioni. Infine, si procede alla posa del nuovo strato di intonaco di malta cementizia antiritiro mantenendo la rete in mezzera. Per garantirne la continuità meccanica, la rete dovrà avere delle sovrapposizioni. Le operazioni di posa, naturalmente, dovranno essere condotte nel rispetto delle schede tecniche dei singoli prodotti.

Per avere indicazioni dimensionali in merito all'estensione dell'intervento si rimanda all'elaborato n. 409-E-MO-S-07-A.

Progetto delle finiture e delle opere strettamente connesse con gli interventi strutturali

Il presente Progetto Definitivo ed Esecutivo di intervento locale sul torrino del vano scale dell'edificio scolastico prevede il ripristino di tutte le finiture che, per la realizzazione degli interventi strutturali, sarà necessario rimuovere o demolire, e la realizzazione delle opere strettamente connesse.

In particolare, si segnala:

- protezione di arredi e/o apparecchiature/componenti impiantistiche non rimuovibili;
- rimozione dell'intonaco pre-esistente (interno ed esterno) su tutte le pareti oggetto di intervento;
- rimozione della soffittatura esistente;
- locale revisione e ripresa della copertura lignea esistente: controllo ed eventuale consolidamento di elementi strutturali ammalorati mediante affiancamento di nuovi elementi in legno sia per la grossa che per la piccola orditura;
- nuova soffittatura con controsoffitto a quadrotti;
- locale rimozione del risvolto in guaina impermeabilizzante bituminosa e liquida presente lungo tutto il perimetro dell'edificio e sua successiva ripresa con impermeabilizzazione liquida;
- smontaggio e rimozione dei pluviali e dei canali di gronda esistenti, successiva sostituzione con nuovi pluviali e canali di gronda;
- puntuale smontaggio e successivo riposizionamento a fine tinteggiatura delle antenne interferenti con la posa del nuovo intonaco armato;
- protezione locale delle scossaline e delle ringhiere esistenti direttamente a contatto con il torrino;
- colletta a base di legante cementizio, applicata sul nuovo intonaco armato;
- tinteggiatura di tutto il vano scala interno di solo accesso alla copertura (soffitto e pareti – a partire dal piano primo) e di tutti i prospetti esterni del torrino;
- smontaggio e rimontaggio con disconnessione e successiva riconnessione dell'impianto elettrico presente a vista;
- protezione dei pavimenti e delle impermeabilizzazioni esistenti con pannelli in fibra di legno;

Per qualsiasi miglior dettaglio si rimanda ai seguenti elaborati:

CODICE	OGGETTO
409-E-MO-S-01-A	RELAZIONE GENERALE
409-E-MO-R-02-A	RILIEVO ARCHITETTONICO: PIANTE E PROSPETTI DELL'OGGETTO DI INTERVENTO
409-E-MO-A-03-A	PROGETTO ARCHITETTONICO: PIANTE E PROSPETTI DELL' OGGETTO DI INTERVENTO
409-E-MO-R-04-A	RILIEVO STRUTTURALE: PIANTE E SEZIONI
409-E-MO-S-05-A	PROGETTO STRUTTURALE: RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA, GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI, SUI MATERIALI E DI CALCOLO
409-E-MO-S-06-A	PROGETTO STRUTTURALE: PIANO DI MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE
409-E-MO-S-07-A	PROGETTO STRUTTURALE: PIANTE, SEZIONI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI
409-E-MO-V-08-A	PIANO GENERALE DI MANUTENZIONE DELL'OPERA E DELLE SUE PARTI
409-E-MO-C-09-A	ELENCO PREZZI UNITARI
409-E-MO-C-10-A	ANALISI NUOVI PREZZI
409-E-MO-C-11-A	COMPUTO METRICO ESTIMATIVO
409-E-MO-C-12-A	QUADRO DI INCIDENZA DELLA MANODOPERA
409-E-MO-C-13-A	QUADRO TECNICO ECONOMICO
409-E-MO-C-14-A	CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
409-E-MO-C-15-A	CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI
409-E-MO-Z-16-A	PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO E FASCICOLO DELL'OPERA

**MIGLIORAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE
PIETRALACROCE**

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GENERALE

Sommario

1. PREMESSA	1
2. DESCRIZIONE DEL FABBRICATO	2
3. SINTESI DEI RISULTATI DI VULNERABILITA' SISMICA DELLO STATO DI FATTO	3
4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DEFINITIVI STRUTTURALI	4
4.1 INTERVENTO TIPO A: Confinamento dei nodi con nastri in FRP	7
4.2 INTERVENTO TIPO B: Rinforzo del nodo con FRP quadriassiale	7
4.3 INTERVENTO TIPO C: Rinforzo del nodo con barre in fibra di carbonio	8
4.4 INTERVENTO TIPO D: Ringrosso della sezione della trave in c.a.	8
4.5 INTERVENTO TIPO E: Realizzazione della continuità dei pilastri in c.a. al Piano Sottotetto	9
4.6 INTERVENTO TIPO F: Rinforzo del nodo con barre filettate tesate	10
4.7 INTERVENTO TIPO G: Rinforzo a taglio dei pilastri del Piano Terra con FRP	11
4.8 INTERVENTO DI COLLEGAMENTO ANTIRIBALTAMENTO CON FIBRA DI BASALTO	12
5. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI ARCHITETTONICI	13

1. PREMESSA

La seguente relazione ha lo scopo di illustrare con un maggior livello di dettaglio gli interventi finalizzati all'aumento della sicurezza della struttura denominata "Corpo B" della Scuola Primaria sita in Via di Pietralacroce nel Comune di Ancona in seguito all'incarico conferito dal Comune di Ancona.



Figura 1 – Localizzazione della Scuola "Pietralacroce", stralcio di mappa 3D.

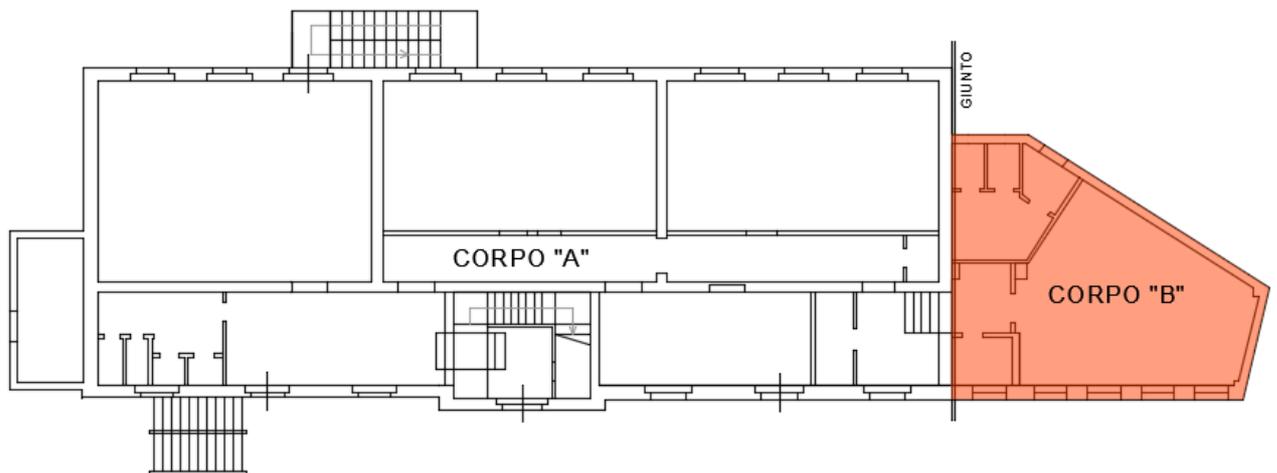


Figura 2 – Individuazione del corpo di fabbrica oggetto dell'intervento

Dopo la descrizione dell'edificio e del confronto tra risultati e vulnerabilità emersi dalle analisi degli stati di fatto e progetto si illustrano, con maggior dettaglio, gli interventi proposti.

2. DESCRIZIONE DEL FABBRICATO

Il “Corpo B” viene progettato nel 1976 dall’Ing. Alberto Podesti come ampliamento della struttura esistente (indicata come “Corpo A”) e separata dalla stessa per mezzo di un giunto sismico di idonee dimensioni. Tale ampliamento di forma trapezoidale è iscrivibile in un rettangolo di dimensioni 8,70 x 8,30 m e si sviluppa su due piani fuori terra ed un piano copertura a falde inclinate che ricopre circa i $\frac{3}{4}$ dello sviluppo in pianta.

La struttura portante è a telai in cemento armato con pilastri 40x40 cm e travi 40x40 cm nelle maglie di telai in prossimità del “Corpo A” caratterizzate da luci ridotte e 50x70 cm nei telai in direzione opposta.

I solai di piano e sottotetto sono del tipo laterocementizio di spessore 16+4 cm. La copertura a falde inclinate è realizzata con un solaio laterocementizio di spessore 12+4 cm rivestito con lastre ondulate di cemento amianto delimitato da cordoli di dimensioni 40x20 cm e sostenuta da muri di spina.

Le tamponature esterne sono costituite da muratura a cassetta in blocchetti doppio UNI esternamente, intercapedine di materiale termoisolante e foratoni internamente.

Le fondazioni sono di tipo superficiale con plinti e cordoli di collegamento.



Figure 3/4 – Foto esterne “Corpo B”

3. SINTESI DEI RISULTATI DI VULNERABILITA' SISMICA DELLO STATO DI FATTO

Il livello di approfondimento delle indagini sulle strutture, la presenza di elaborati progettuali originari e di una relazione geologico-tecnica, hanno permesso il raggiungimento del livello di conoscenza **LC2**.

Complessivamente, alla luce dei rilievi e delle indagini, la struttura oggetto presenta sinteticamente le seguenti caratteristiche:

1. Forma irregolare in pianta e in altezza;
2. Concezione strutturale basata su normative non sismiche (struttura a travi forti e pilastri deboli);
3. Struttura caratterizzata dalla presenza di due distinti getti di calcestruzzo con caratteristiche meccaniche differenti;
4. Presenza di travi a sbalzo e pilastri in falso.

Per quanto riguarda le verifiche condotte sulla struttura nello stato di fatto sono emersi i seguenti risultati:

1. La struttura possiede buone risorse di duttilità, fornendo valori del livello di sicurezza globale superiore all'unità;
2. La progettazione errata e contraria ai principi di gerarchia delle resistenze dei nodi trave-pilastro comporta l'attivarsi di meccanismi di rottura fragile dei nodi stessi che impediscono lo svilupparsi della duttilità della struttura riducendone notevolmente il livello di sicurezza.

In particolare l'esito delle analisi non lineari statiche (Pushover), con riferimento sia ai meccanismi duttili che a quelli fragili, ha permesso di individuare come

Livello di sicurezza ζ_E della struttura nello Stato di Fatto il valore **0,208.**

4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DEFINITIVI STRUTTURALI

Alla luce dei risultati delle verifiche è emersa la necessità di definire una serie di interventi volti a promuovere lo sviluppo delle risorse di duttilità della struttura e scongiurare l'insorgere di meccanismi fragili che ne inducano la rottura anticipata.

In particolare le criticità si localizzano nei nodi trave-pilastro ai piani Primo e Sottotetto per i quali si devono prevedere interventi volti a migliorarne il confinamento ed aumentarne la resistenza.

La strategia di intervento si articola in questo modo:

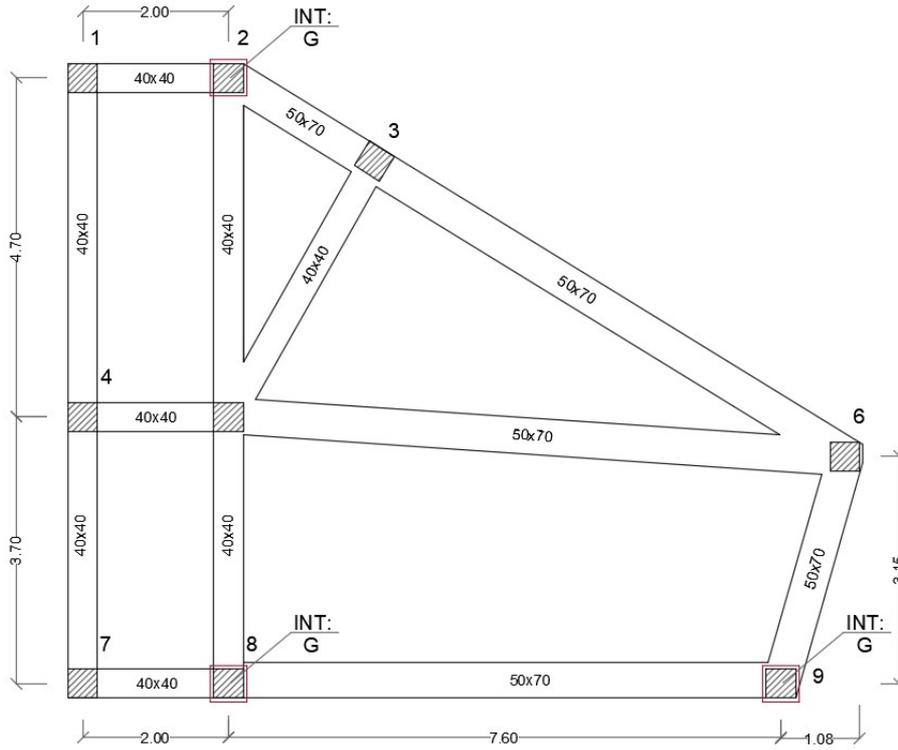
- Confinamento dei nodi tramite fasciatura continua con tessuto unidirezionale in fibra di carbonio classe 350/2800C tipo Betontex FB-GV420 ad alto modulo;
- Rinforzo dei nodi nel piano di rottura mediante tessuto multiassiale in fibra di carbonio classe 210C tipo Betontex FB-Multiplx 400 e/o con barre preformate in fibra di carbonio ad alta tenacità con fiocco da un lato nei casi in cui, per questioni geometriche, non sia possibile realizzare il rinforzo con il solo tessuto;
- Nel caso dei nodi al livello Sottotetto in cui la presenza del cornicione in c.a. ne impedisce il confinamento, sollecitazioni di taglio particolarmente elevate sono fronteggiate con un sistema di barre filettate tesate in modo da indurre nel nodo uno stato di tensione simile a quello della precompressione mediante il contrasto con apposite piastre in acciaio;
- Rinforzo a taglio dei pilastri che manifestano rottura fragile per taglio con fasciatura discontinua con tessuto unidirezionale in fibra di carbonio classe 210C tipo Betontex FB-GV330 ad alta tenacità.

L'esito delle analisi non lineari statiche (Pushover) con riferimento ai suddetti interventi ha fornito come risultato il seguente:

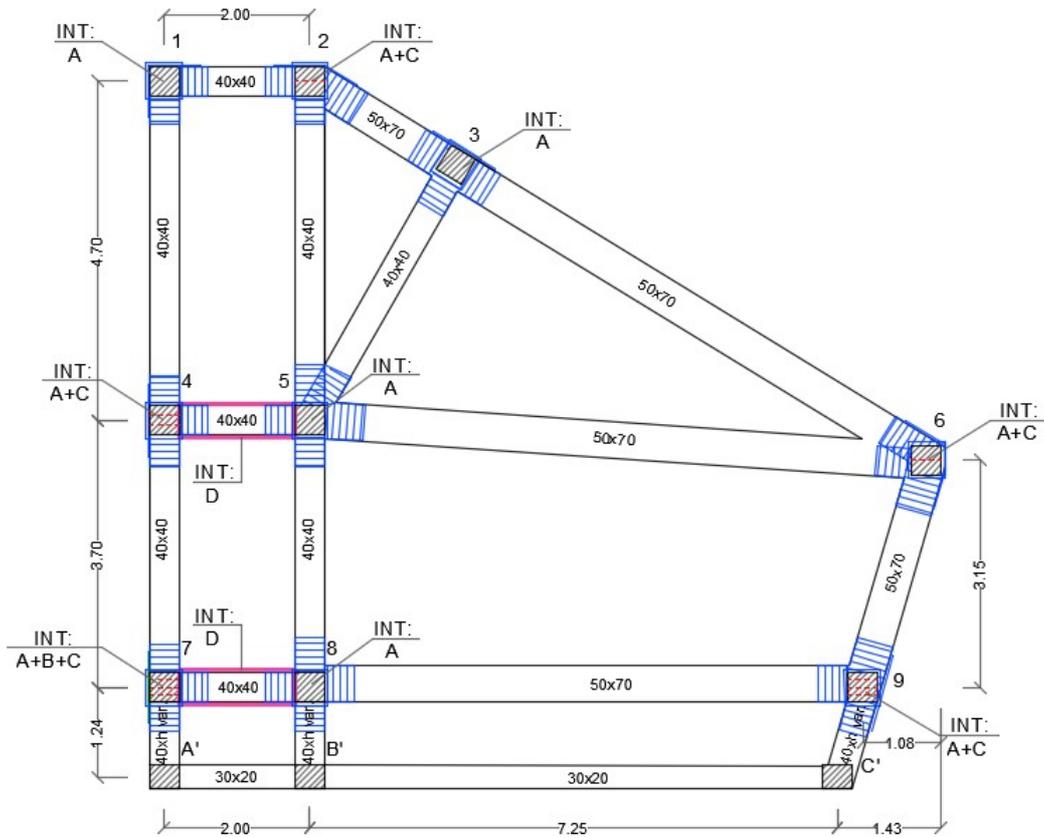
Livello di sicurezza ζ_E della struttura nello Stato di Progetto, pari a 0,609.

In seguito si illustrano con maggior livello di dettaglio tutte le lavorazioni previste, indicate nelle planimetrie di progetto:

LEGENDA DEGLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO	
	INTERVENTO TIPO A - Confinamento del nodo con nastri in FRP (Vedi particolare tavola S02)
	INTERVENTO TIPO B - Rinforzo del nodo con FRP quadriassiale (Vedi particolare tavola S02)
	INTERVENTO TIPO C - Rinforzo del nodo con barre in fibra di carbonio (Vedi particolare tavola S02)
	INTERVENTO TIPO D - Ringrosso della sezione della trave in c.a. (Vedi particolare tavola S02)
	INTERVENTO TIPO E - Realizzazione della continuità' dei pilastri in c.a. nel piano sottotetto (Vedi particolare tavola S03)
	INTERVENTO TIPO F - Rinforzo del nodo con barre filettate tesate (Vedi particolare tavola S03)
	INTERVENTO TIPO G - Rinforzo a taglio dei pilastri del Piano Terra con FRP (Vedi particolare tavola S03)



PIANO TERRA (Q. +1,00 m)



PIANO PRIMO (Q. +4,90 m)

4.1 INTERVENTO TIPO A: Confinamento dei nodi con nastri in FRP

Al fine di aumentare le proprietà del calcestruzzo costituente il nodo del telaio si prevede al confinamento dello stesso mediante fasciatura continua degli elementi strutturali confluenti al nodo con tessuto unidirezionale in fibra di carbonio classe 350/2800C tipo Betontex FB-GV420 ad alto modulo di Fibre Net o similare. L'estensione del rinforzo, da eseguirsi con un numero di strati non inferiore a 3, sarà di 40 cm nelle travi (accostamento di 2 fasce da 20 cm) e 60 cm nei pilastri (accostamento di 3 fasce da 20 cm). Analogamente, nelle facce libere si disporranno 2 fasce orizzontali di larghezza complessiva pari a 40 cm.

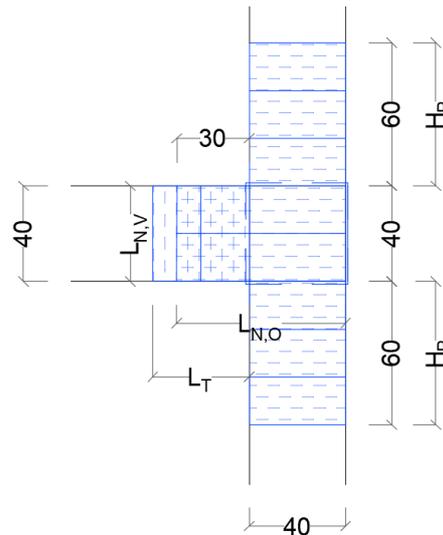


Figura 8 – Intervento A, nodo tipo

4.2 INTERVENTO TIPO B: Rinforzo del nodo con FRP quadriassiale

La sollecitazione di trazione richiesta al nodo del telaio in c.a. viene equilibrata dalla sovrapposizione di strati di tessuto multiassiale in fibra di carbonio classe 210C tipo Betontex FB-Multi-ax 400 di Fibre Net o similare. I rinforzi sono realizzati con nastri verticali ed orizzontali in numero di strati non inferiore a 3 per ognuna delle due direzioni ortogonali e si estendono per 30 cm negli elementi strutturali oltre il nodo.

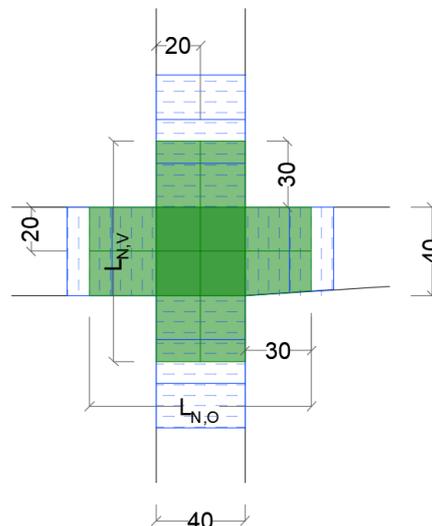


Figura 9 – Intervento B, nodo tipo

4.3 INTERVENTO TIPO C: Rinforzo del nodo con barre in fibra di carbonio

Nei casi in cui, per ragioni geometriche, non sia possibile eseguire il confinamento dei nodi e/o applicare l'intervento tipo B, per contrastare la sollecitazione di trazione richiesta al nodo si prevede l'inserimento di barre preformate in fibra di carbonio ad alta tenacità con fiocco su un lato da 20 cm tipo FB-TUP10-GHT1A-000 di Fibre Net o similare, inclinate di circa 40° nel piano di rottura del nodo a formare una X.

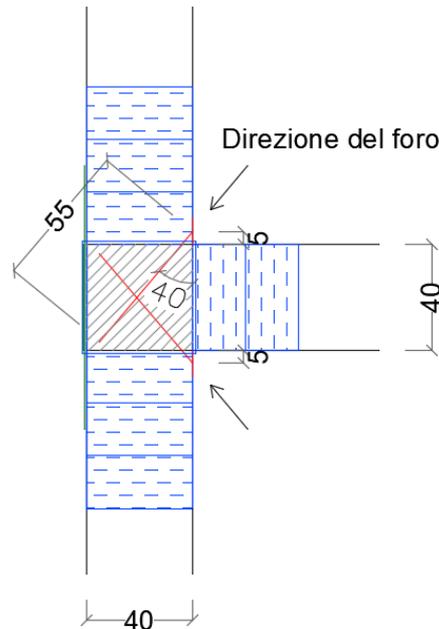


Figura 10 – Intervento C, nodo tipo

4.4 INTERVENTO TIPO D: Ringrosso della sezione della trave in c.a.

Nei nodi interni numero 5 e 8 ai piani Primo e Sottotetto il confinamento non può prescindere dalle prescrizioni geometriche fornite dalla Normativa al Capitolo 7. In particolare, il confinamento può considerarsi realizzato se, su entrambe le coppie di facce opposte al nodo, le sezioni delle travi si ricoprono per almeno i 3/4 dell'altezza.

Pertanto si prevede il ringrosso all'intradosso della sezione della trave 7-8 ai suddetti piani dalle dimensioni esistenti 40 x 40 cm a quelle di progetto 40 x 55 cm. Tale intervento prevede l'inserimento di barre di armatura mediante ancoraggio chimico agli elementi esistenti e successivo getto in calcestruzzo.

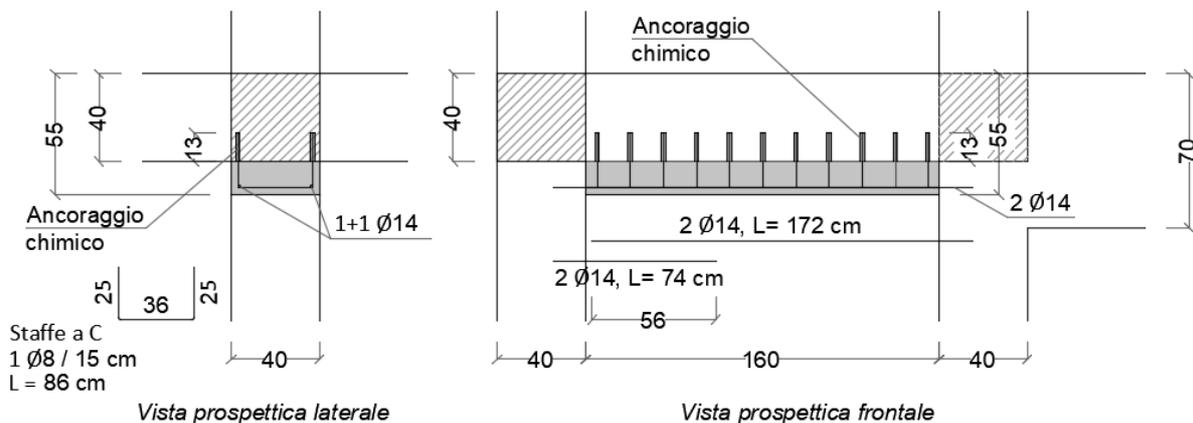


Figura 11 – Intervento D

4.5 INTERVENTO TIPO E: Realizzazione della continuità dei pilastri in c.a. al Piano Sottotetto

Nei nodi interni numero 5 e 8 al piano Sottotetto il confinamento non può prescindere dalla realizzazione dell'elemento verticale resistente nella faccia libera superiore, in continuità con i pilastri ai piani sottostanti.

Preliminarmente al getto del nuovo elemento si effettua la demolizione del calcestruzzo delle travi di copertura soprastanti avendo cura di mantenerne intatta l'armatura longitudinale da utilizzare come collegamento tra gli elementi nuovi ed esistenti. Sulla faccia superiore del nodo vengono inserite le armature longitudinali tramite ancoraggio chimico e dopo la disposizione delle armature trasversali si provvede al getto in cls.

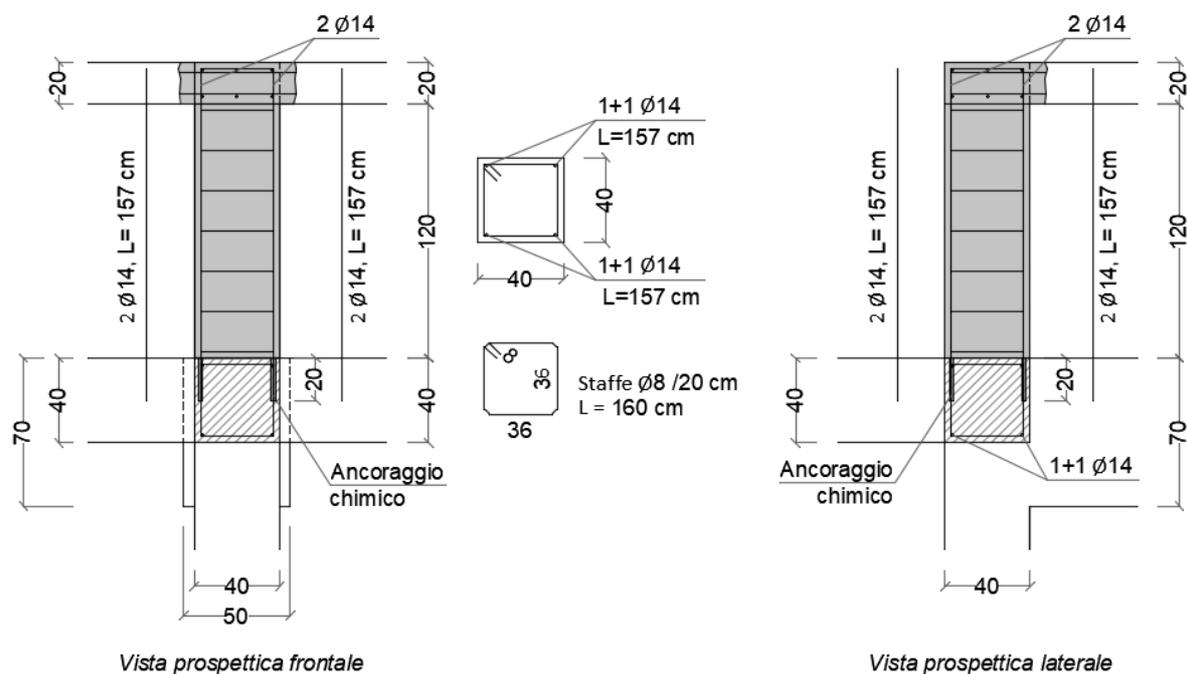
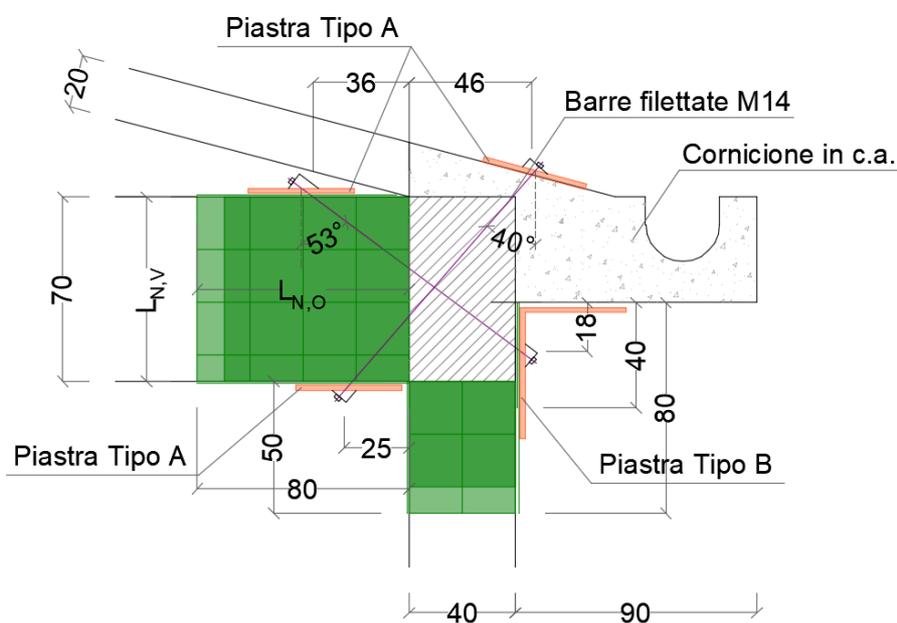


Figura 12 – Intervento E, nodo 5

4.6 INTERVENTO TIPO F: Rinforzo del nodo con barre filettate tesate

Nel nodo 9 al livello di Sottotetto la presenza del cornicione in c.a. ne impedisce la fattibilità del confinamento con tessuti in fibra di carbonio. In tale nodo, inoltre, l'adozione dell'intervento tipo C richiederebbe un numero eccessivo di barre in fibra di carbonio risultando fisicamente impossibile da realizzare. Pertanto le sollecitazioni di trazione agenti lungo la diagonale del nodo andranno fronteggiate con un sistema di barre filettate tesate di classe 10.9 ad alta resistenza in acciaio tesate in modo da indurre nel nodo, mediante il contrasto con piastre in acciaio e un'opportuna coppia di serraggio, uno stato di tensione simile a quello della precompressione. La disposizione delle barre è tale da formare una X nel piano di rottura del nodo. L'intervento è completato dalla fasciatura completa della trave e del pilastro con uno strato di tessuto multiassiale in fibra di carbonio classe 210C tipo Betontex FB-Multi-ax 400 o similare come armatura di pelle.



PIASTRA ACCIAIO S235, s=20 mm

Tipo A - Piatto	Tipo B - Angolare

Figura 13 – Intervento F

4.7 INTERVENTO TIPO G: Rinforzo a taglio dei pilastri del Piano Terra con FRP

Alla luce dei risultati dell'analisi Pushover, si evidenzia la necessità di rinforzare alcuni elementi strutturali per meccanismi fragili di taglio come specificato dalla Circolare Applicativa della Normativa 2018 con riferimento alla verifica a taglio per azioni cicliche negli edifici esistenti.

Se in buona parte degli elementi la richiesta a taglio alle estremità viene colmata dallo stesso intervento di confinamento con tessuto unidirezionale in FRP del tipo A, nei pilastri 2, 8 e 9 alla prima elevazione si rende necessario un intervento a tutt'altezza di tipo discontinuo disponendo fasciature di tessuto unidirezionale in fibra di carbonio classe 210C tipo Betontex FB-GV330 ad alta tenacità in numero pari a 2 strati. I nastri utilizzati della larghezza di 10 cm sono disposti con un passo di 18,50 cm.

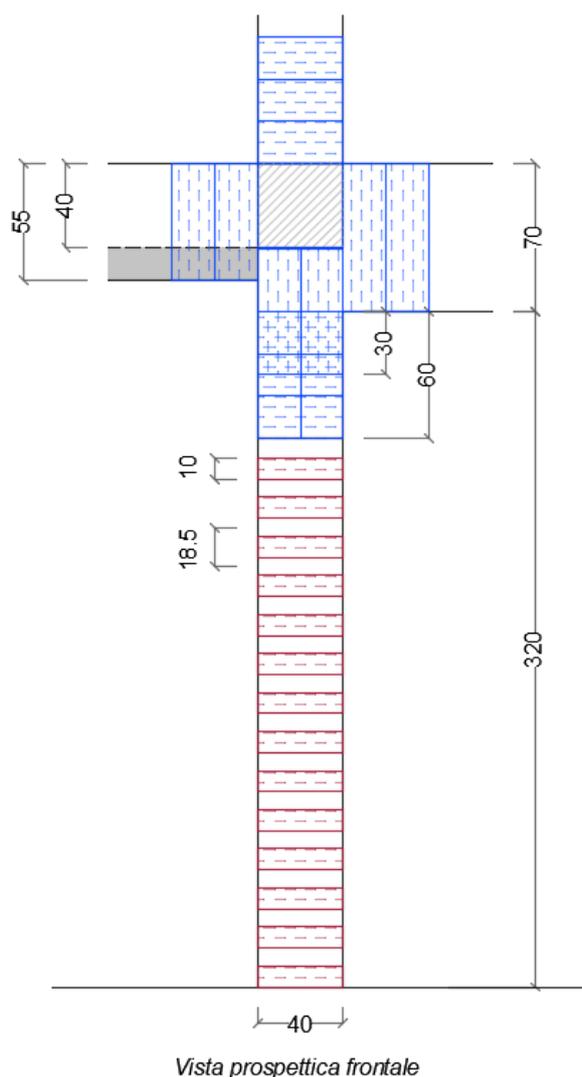


Figura 14 – Intervento G, pilastro tipo

5. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI ARCHITETTONICI

Il progetto architettonico ha l'obiettivo di definire le opere edili connesse agli interventi di miglioramento sismico. Sono previsti i seguenti interventi:

- Rimozione della copertura in fibrocemento;
- Posa in opera di membrana impermeabile sia nella porzione di copertura piana che inclinata;
- Posa in opera di strato coibente sp.10cm sia nella porzione di copertura piana che inclinata;
- Posa in opera di manto di copertura in coppi nella parte inclinata;
- Posa in opera di nuove lattonerie riguardanti, gronde, pluviali e scossaline coprigiunto;
- Smontaggio e rimontaggio delle porte interne;
- Smontaggio e rimontaggio di tutti gli impianti e degli arredi interferenti con le lavorazioni;
- Rifacimento della pavimentazione del piano primo con pavimento autolivellante con resine epossidiche previa rimozione del solo pavimento dell'aula;
- E' prevista la ripresa degli intonaci nelle porzioni di struttura oggetto di rinforzo strutturale;
- E' prevista la ricostruzione di parte dei tramezzi e delle tamponature esterne precedentemente demoliti;
- Rifacimento dei rivestimenti dei bagni al piano terra e primo:
- Tinteggiatura dei locali interni al piano terra e primo;
- Tinteggiatura esterna;
- Sostituzione dei sanitari dei bagni al piano terra e primo;
- Posa in opera della linea vita;

**MIGLIORAMENTO SISMICO SCUOLA ELEMENTARE
MONTESSORI**

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GENERALE

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA	Job No. / Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-001
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	1 of 6	00

COMUNE DI ANCONA



**INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA
ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"
SITA IN ANCONA VIA PODGORA**

RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA

00	Progetto esecutivo	CC	CC	CS	03/12/19
Rev. / Rev	Description /	Prepared / Preparato	Checked / Verificato	Approved / Approvato	Date /

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA	Job No. / Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-001
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	2 of 6	00

1. PREMESSA

Nella presente relazione sono descritti gli interventi di miglioramento sismico della Scuola Elementare "Montessori" e Scuola di Infanzia "Casa dei Bimbi", sita in via Podgora n.30 in Ancona (AN).

La struttura in esame è realizzata in calcestruzzo armato, e si sviluppa su quattro elevazioni, di cui due seminterrate. La struttura presenta una forma inscrivibile in un rettangolo di lati di circa 31.50 m x 28.95 m, con altezza massima a livello di gronda, misurata dal prospetto che presenta quattro elevazioni libere, pari a 14.80 m.

Il progetto di miglioramento sismico del fabbricato è stato ideato a partire dalle vulnerabilità riscontrate in fase di verifica; relative sia a meccanismi globali di natura flessionale e tagliante, che a meccanismi di tipo fragile. In particolare, i meccanismi di tipo fragile sono stati riscontrati in corrispondenza di alcuni nodi non confinati, dei pilastri del vano scala, e dei pilastri il cui sviluppo in elevazione viene interrotto dalla presenza di solai sfalsati. Queste anomalie costruttive, riducendo significativamente l'altezza del pilastro, ne determinano una elevata vulnerabilità a taglio.

I meccanismi globali, invece, sono imputabili principalmente al comportamento dinamico della struttura, caratterizzato dalla presenza del vano scala in posizione eccentrica, che determina l'insorgenza di forme modali roto-traslazionali che impediscono la distribuzione uniforme degli spostamenti e, di conseguenza, anche delle sollecitazioni. In aggiunta, l'edificio è contraddistinto da una geometria decisamente irregolare sia in pianta che in altezza, che aggrava ancor di più la sua capacità nei confronti dell'azione sismica.

Pertanto, l'idea progettuale attuata al fine di conseguire un miglioramento sismico al 60% come richiesto dalla Committenza, è articolata come segue:

- Miglioramento del comportamento dinamico della struttura attraverso l'inserimento di controventi in acciaio, dotati di dispositivi di dissipazione dell'energia sismica in ingresso.
- Eliminazione delle residue vulnerabilità locali a taglio, conseguita con rinforzo dei pilastri tramite incamiciatura in calcestruzzo fibrorinforzato HPC;
- Rinforzo di alcuni nodi perimetrali non confinati con placcatura in acciaio.

L'introduzione dei controventi dissipativi, risulta decisamente meno invasivo e più economica rispetto ad interventi tradizionali che prevedono il rinforzo locale di travi e pilastri. I controventi sono disposti all'esterno dell'edificio e si collegano ai telai in calcestruzzo armato con connessioni ad elevata resistenza e rigidità. In tal modo si riducono drasticamente i lavori da eseguire all'interno dell'edificio.

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA	Job No. / Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-001
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	3 of 6	00

2. INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO

L'intervento proposto consente di raggiungere un miglioramento sismico al 60%.

Il miglioramento sismico del fabbricato si consegue principalmente con l'inserimento di strutture di controventamento in acciaio, nelle quali sono inseriti dissipatori elasto-plastici, a comportamento isteretico; inoltre, per gli elementi per i quali si determina l'insorgere di meccanismi fragili, sono previsti interventi di rinforzo locale con incamiciatura mediante calcestruzzo fibrorinforzato

I controventi determinano un incremento della rigidità della struttura, con una riduzione importante degli spostamenti di interpiano: questo consente di garantire la salvaguardia delle tamponature. Inoltre, la disposizione in pianta ed in altezza degli stessi è stata definita in maniera tale da regolarizzare i modi di vibrare della struttura, migliorandone notevolmente la risposta nei confronti dell'azione sismica.

L'aggiunta dei dispositivi di dissipazione su ciascuna asta metallica, permette di ottenere una ulteriore dissipazione di energia, andando a ridurre l'energia in ingresso al sistema, grazie alla plasticizzazione ed ai cicli di isteresi a cui è sottoposto il dissipatore.

I dispositivi adottati per la dissipazione di energia sono del tipo BRB. Questi sfruttano lo snervamento di un elemento metallico immerso in un nucleo in calcestruzzo che ne impedisce l'instabilità: in questo modo il comportamento dell'acciaio resta simmetrico a trazione e compressione, garantendo un comportamento ciclico isteretico stabile ed esteso. Se il sisma è di entità modesta, il dissipatore non si snerva, quindi fornisce esclusivamente un apporto in termini di rigidità.



Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA	Job No. / Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-001
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	4 of 6	00

In corrispondenza dei telai controventati che hanno un piano interrato, vengono realizzate delle pareti di taglio in calcestruzzo armato in modo da non creare disomogeneità degli spostamenti di interpiano in altezza.

Per gli elementi strutturali per i quali l'intervento citato non è sufficiente al soddisfacimento delle verifiche richieste dalla Norma, è prevista la realizzazione di incamiciature con calcestruzzo tipo HPC (High Performance Concrete), in modo da aumentare sia il confinamento che la resistenza a taglio o placcature metalliche nei nodi.

Nella figura seguente sono indicate le specchiature dove è previsto l'inserimento dei controventi dissipativi; per l'indicazione dei pilastri da rinforzare, si rimanda alle tavole grafiche di progetto.

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA	Job No. / Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-001
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	5 of 6	00

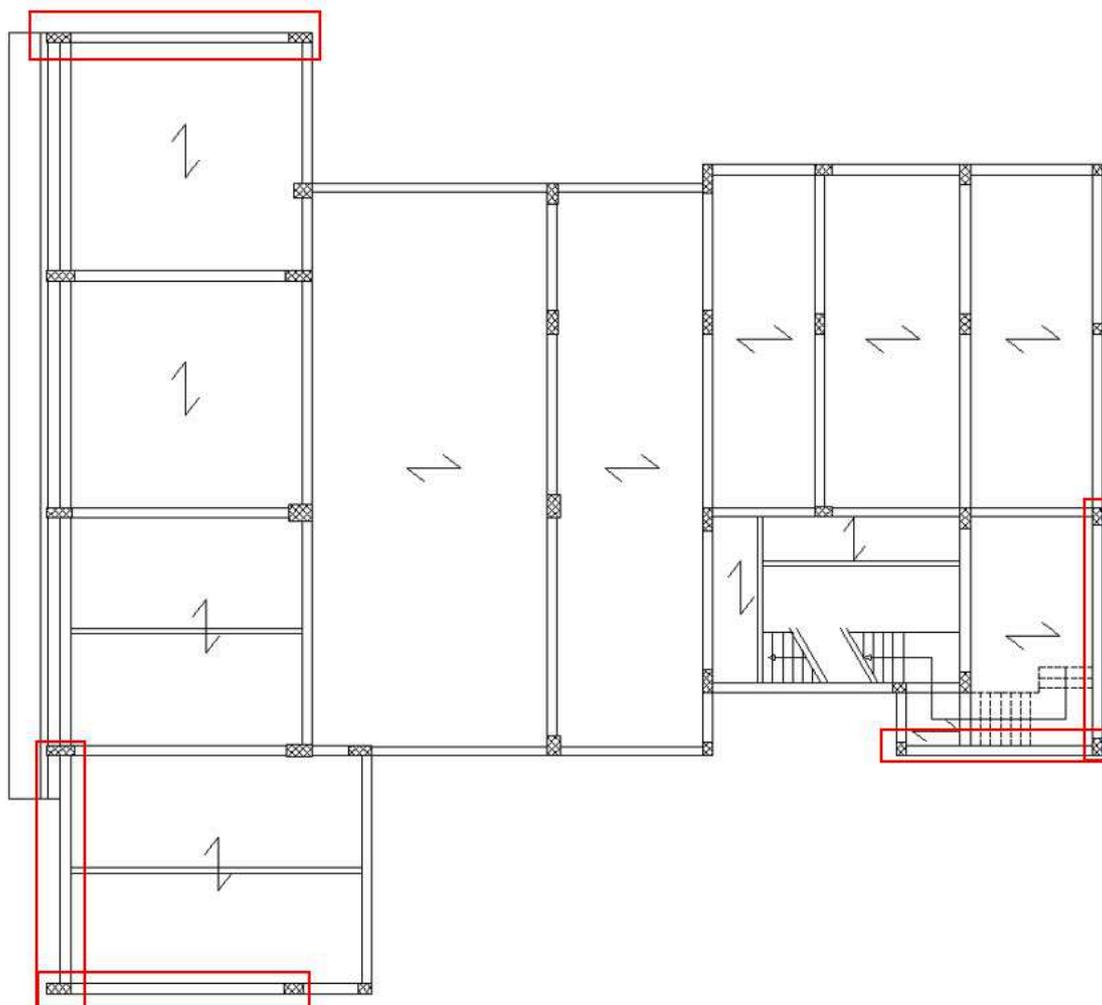


Figura 1 – In rosso le specchiature in cui si prevede l’inserimento di controventi dissipativi

3. CRITERI DI VERIFICA E MIGLIORAMENTO SISMICO CONSEGUITO

Il progetto di miglioramento sismico è stato condotto assumendo una vita utile $V_N=50$ anni, Classe d’uso III con coefficiente $C_U=1,5$ e un periodo di riferimento per l’azione sismica pari a:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1,5 = 75 \text{ anni}$$

Le analisi sismiche sono state condotte allo SLV a mezzo di analisi dinamica non lineare con accelerogrammi spetrocompatibili (Time history). Gli accelerogrammi sono stati dedotti a partire

Project / Progetto: PROGETTO ESECUTIVO DI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA ELEMENTARE "MONTESSORI" E SCUOLA DI INFANZIA "CASA DEI BIMBI"		
Title / Titolo: RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA	Job No. / Commessa	Doc. No./N. Doc.
	19-037	RE-001
	Sh. Of / Fg. di	Rev. / Rev.
	6 of 6	00

dallo spettro elastico con smorzamento al 5%. Nella fattispecie, con l'analisi Time history è stato possibile definire la capacità dissipativa dei dispositivi, ottenendo un importante beneficio in termini di spostamenti e di sollecitazioni, che altrimenti sarebbe stata solo stimabile (con importanti margini di errore) con l'utilizzo di analisi lineari.

Le analisi sono state condotte su un modello di calcolo tridimensionale sviluppato con SAP2000 che riproduce l'effettivo comportamento della struttura in oggetto; i controventi dissipativi sono stati modellati con elementi link plastic Wen, a cui è stato assegnato il legame costitutivo dei dispositivi impiegati.

4. RISULTATI OTTENUTI

Ai fini del conseguimento del miglioramento sismico della struttura, le verifiche degli elementi strutturali sono state eseguite sulla base delle sollecitazioni derivanti dal modello di calcolo riferito allo stato di progetto. In particolare, l'introduzione dei controventi dissipativi permette di ottenere l'eliminazione dei meccanismi globali, che invece coinvolgevano un importante numero di travi e pilastri dello stato di fatto.

Tuttavia, la presenza di meccanismi fragili locali in corrispondenza dei pilastri tozzi, non è completamente evitabile con la dissipazione di energia. Conseguentemente è necessario intervenire localmente su alcuni elementi strutturali, in modo da incrementarne la capacità nei confronti della domanda sismica: in particolare per i pilastri l'incamiciatura in HPC sopperisce alla carenza di armatura a taglio.

5. INTERVENTI NON STRUTTURALI

L'esecuzione dei lavori di miglioramento sismico comporta necessariamente anche l'esecuzione di opere edili connesse all'intervento. In particolare:

- Il rifacimento della passerella pedonale per disabili lato monte dell'edificio;
- Il rifacimento di parte della pavimentazione esterna lato via Podgora;
- Il rifacimento della scalinata di accesso da via Tommasi e del piazzale esterno a valle dell'edificio;
- La sostituzione di grondaie e pluviali;
- Lo spostamento e/o rifacimento di alcuni tratti del sistema fognario e di impianti a valle dell'edificio.