

Studio di Progettazione Fumagalli Pierluca

Via Vittorio Emanuele II n.1 - Cernusco Lombardone (Lc)
Telefono/Fax 039.9285369 - cell. 3487942273 - e-mail: ing.pl@tiscali.it
C.F. FMGPLC70C27E507G - P.Iva 04130240130

Oggetto: Progetto Definitivo Esecutivo per Adeguamento Sismico ed Efficientamento Energetico
Scuola dell'infanzia in via del Fontanile, del comune di Montevécchia (Lc)

Intervento A- ADEGUAMENTO SISMICO Scuola dell'infanzia e Volume di collegamento

Committente: Comune di Montevécchia



PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO
ADEGUAMENTO SISMICO (Intervento A)
SCUOLA DELL'INFANZIA E VOLUME DI COLLEGAMENTO

Relazione generale di progetto
(All. 1)

24 Febbraio 2025



**Comune di Montevécchia
Provincia di Lecco**

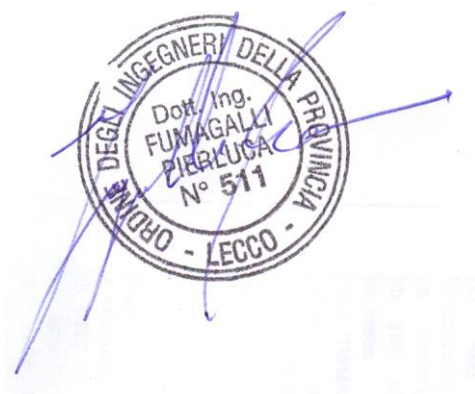
**RELAZIONE TECNICA GENERALE
ADEGUAMENTO SISMICO
SCUOLA DELL'INFANZIA**

OGGETTO: Edificio Scuola dell'Infanzia
- denuncia strutturale n° 8925 del 01 marzo 1977,
- collaudata il 22 dicembre 1977

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Montevécchia

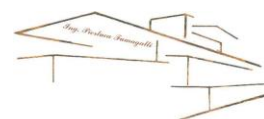
Cernusco Lombardone, 24/02/2025

Il Progettista



(Ing. Pierluca Fumagalli)

studio di Progettazione Fumagalli Pierluca
via Vittorio Emanuele II, n° 1 - Cernusco Lombardone (LC)
tel. 0399285369 – ing.pl@tiscali.it



1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

La struttura oggetto di interventi è costituita da immobile destinato a scuola dell'Infanzia sita in comune di Montevécchia (LC), via Del Fontanile n° 6 di cui al fg. 12 mappale 2688 del comune censuario di Montevécchia.

L'edificio ha pianta irregolare costituita da due rettangoli affiancati sul lato maggiore di dimensione 32,00m x 14,00m circa e 26,00m x 10,80 m circa.

L'edificio risulta molto irregolare anche in altezza, con la parte centrale di circa 16,20m x 11,20m circa a doppia altezza con copertura a capanna e la parte delle aule a 2 piani con solaio intermedio piano.

La struttura risulta altimetricamente composta di:

1. 2 livelli sismici efficaci, nella zona delle aule con altezze rispettivamente di
 - piano terra 3,40 m
 - piano soppalco con copertura inclinata da 0,00 m a 1,80 m circa
2. 1 livello sismico efficace a doppia altezza nell'atrio centrale con altezza da 6,19 m circa a 7,73 m circa al colmo (copertura a capanna)
3. 1 livello sismico efficace a doppia altezza nella porzione di nord-ovest con altezza da 3,30 m circa a 6,40 m circa al colmo (copertura a capanna)
4. 1 livello sismico efficace a semplice altezza nella tettoia di sud-est con altezza da 3,25 m circa a 3,80 m circa (copertura inclinata)
5. 1 livello sismico efficace a semplice altezza nelle porzioni laterali di nord e sud con altezza da 2,50 m circa a 3,80 m circa (copertura inclinata)

La struttura risulta collegata, tramite corpo a piano singolo con altezza circa 3,40 m, alla struttura della scuola primaria, sul lato nord-ovest. Tale corpo non viene analizzato in quanto poco significativo e sufficientemente robusto una volta creati i giunti sismici efficaci tra lo stesso e le due scuole.

L'intera struttura risulta fuori terra, per questo motivo si è scelto di individuare il piano 0 sismico quota 0,00 delle fondazioni.

La struttura è composta da telai in c.a. con pilastri di varie dimensioni e travi in spessore a sezione rettangolari, oltre a travi ribassate e rialzate con sezioni a T.

Le fondazioni risultano a travi rovesce con sezioni rettangolari di dimensioni 30x40 cm e 45x40 cm. Vi sono poi sotto-fondazioni armate con ferro distribuito in corrispondenza di alcuni pilastri; tali sottofondazioni non sono state considerate nel modello di calcolo.

Le elevazioni dei piani sono composte pilastri in c.a. di varie dimensioni da 25x25 cm a 30x45 cm oltre a 2 setti di dimensioni 130x25 cm posti sul lato nord-est.

I solai orizzontali di interpiano risultano (da tavole di progetto) in latero-cemento gettati in opera, spessore 22+2cm.

I solai inclinati delle coperture risultano avere (da tavole di progetto) spessore 22+2cm per le zone 1,3,4 e 5 sopra descritte, spessore 16+2cm per la copertura inclinata della zona a doppia altezza. Tali

solai sono stati considerati infinitamente rigidi nella modellizzazione in quanto ritenuti in grado di distribuire il taglio sismico sui vari elementi verticali.

Dai disegni esecutivi, la struttura risulta in generale poco armata a taglio e armata a flessione con notevole utilizzo di ferri piegati nelle travi. Struttura tipica a travi forti e pilastri deboli (specialmente nella parte centrale a doppia altezza), con geometrie, rigidezze e resistenze non regolari sia in altezza che in pianta; tipica dell'epoca di costruzione.

Le diverse altezze di imposta dei solai comportano la creazione, di fatto, di pilastri tozzi non adeguatamente armati e la tranciatura degli stessi per effetto delle forze sismiche.

Il tutto come meglio si può desumere dai disegni strutturali allegati.

Dal punto di vista Geologico la struttura è posizionata su terreno di tipo B (Terreni a grana fine molto consistenti) composto da sabbia argillosa con ghiaia e ciottoli alterati aventi $V_{s30} = 391,80$ m/s con amplificazione litologica di sito che comporta l'utilizzo di un parametro di amplificazione stratigrafica $S_s = 1,50$. (si veda relazione geologica allegata). Tale situazione comporta l'utilizzo nella modellizzazione di accelerazioni sismiche maggiorate.

Da quanto riscontrato nei documenti di progetto, la struttura risulta realizzata con materiali poco resistenti soprattutto lato calcestruzzo, classe di calcestruzzo C20/25. Dalle prove in sito invece il cls risulta avere una resistenza maggiore di quella dichiarata da progetto $R_{cm} 40,73$ N/mm².

Da un'analisi anche di massima e qualitativa della struttura, si può preannunciare che la stessa risulta essere poco robusta, soprattutto rispetto a sollecitazioni orizzontali provocate da un eventuale sisma. La notevole luce delle travi con grosse masse della zona centrale poggianti su pilastri poco armati a taglio e di limitate geometrie, la differenza delle quote di imposta dei solai con creazione di pilastri tozzi, l'irregolarità in pianta ed in altezza della struttura con la creazione di effetti torsionali, porta ad un elevato rischio di collasso della struttura per rottura a taglio nei nodi e nei pilastri.

Per tutto quanto sopra esposto, derivante dallo studio di vulnerabilità presentato all'Amministrazione Comunale di Montevercchia nell'Aprile del 2019, il Comune di Montevercchia ha provveduto a richiedere progetto di Miglioramento sismico dell'edificio scolastico.

L'obiettivo del progetto redatto dallo studio di Progettazione e qui presentato è stato quello, sulle basi delle linee guida indicate dallo studio di vulnerabilità, di raggiungere l'adeguamento sismico dell'edificio alle NTC 2018

Tale obiettivo viene raggiunto:

1. Creando dei giunti sismici tra i vari edifici scolastici;
2. Inserendo elementi di controvento in vari punti della struttura in grado di assorbire la maggioranza delle sollecitazioni sismiche;
3. Andando a rinforzare alcune travi poste in posizioni critiche mediante fasciature in FRP;
4. Creando un intonaco armato CRM su tutto l'esterno delle pareti di tamponamento perimetrale al fine che sia impedito il ribaltamento fuori piano dei tamponamenti.

- I giunti sismici verranno creati dovranno avere una larghezza di 5 cm e verranno realizzati:
 1. uno lungo l'interfaccia tra il volume edificio principale "Scuola dell'Infanzia" e il volume contenente l'ingresso di quest'ultima.
 2. uno lungo l'interfaccia tra il volume contenente l'ingresso scuola dell'infanzia e l'edificio principale della "Scuola Primaria"

Tale obiettivo verrà raggiunto eseguendo il taglio dei cordoli di collegamento e della soletta di completamento del solaio di copertura del volume basso di interposizione lungo le due interfacce e inserendo dei pilastri in acciaio HEA 200 in sostituzione dei collegamenti stessi a sorreggere i cordoli e le travi del solaio di copertura. A seguito di tale operazione verranno demoliti e rifatti parte del massetto di pendenza e della guaina impermeabile per poter inserire le scossaline che permettano la deformazione ed il relativo giunto strutturale. Allo stesso modo verranno creati giunti di separazione sui tamponamenti.



Fig. 1 - Ortofoto con indicazione dei Giunti sismici efficaci da creare in fase di adeguamento sismico

- Gli elementi di controvento verranno creati all'interno di alcune specchiature del telaio in c.a., previa demolizione delle tamponature esistenti, realizzando una cerchiatura formata da profili UPN140, imbullonata tramite piastre agli elementi in c.a. I controventi verranno realizzati saldati alle cerchiature con profili abbinati di spalla UPN 100 e giuntati alla struttura mediante piastre di diverse dimensioni spessore 15mm. Il tutto in acciaio s235JR. Le strutture in acciaio verranno protette tramite tripla mano di antiruggine e doppia mano di finitura a smalto. Il tutto verrà

rifinito mediante tamponamento in doppia lastra di cartongesso con interposta lana di roccia isolante.

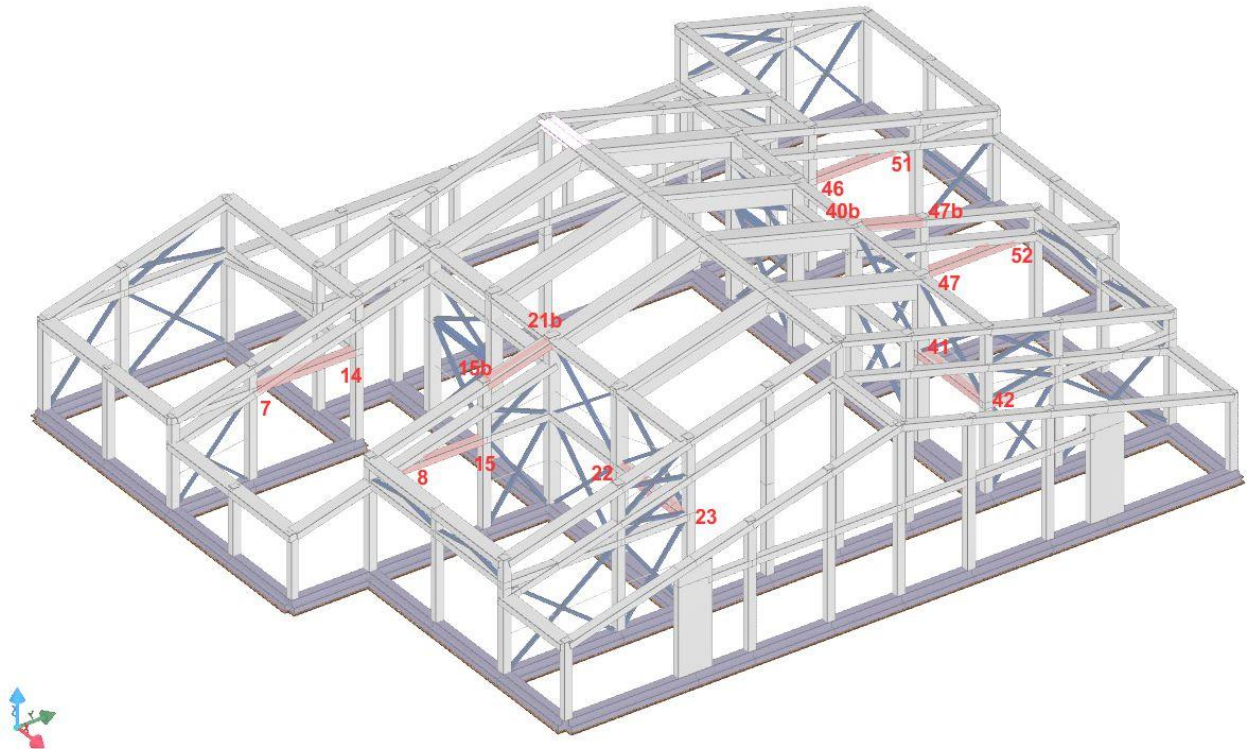


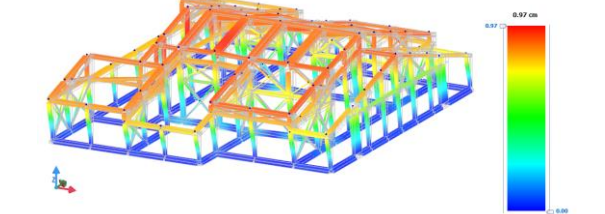
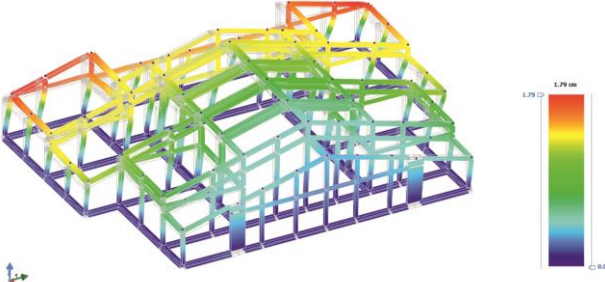
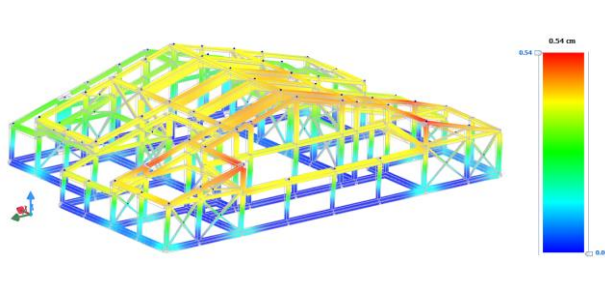
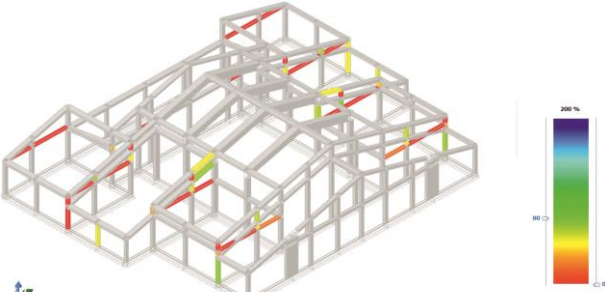
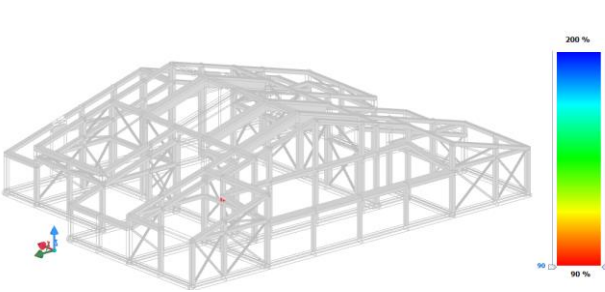
Fig. 2 – 3D posizione strutture di controvento e rinforzo travi

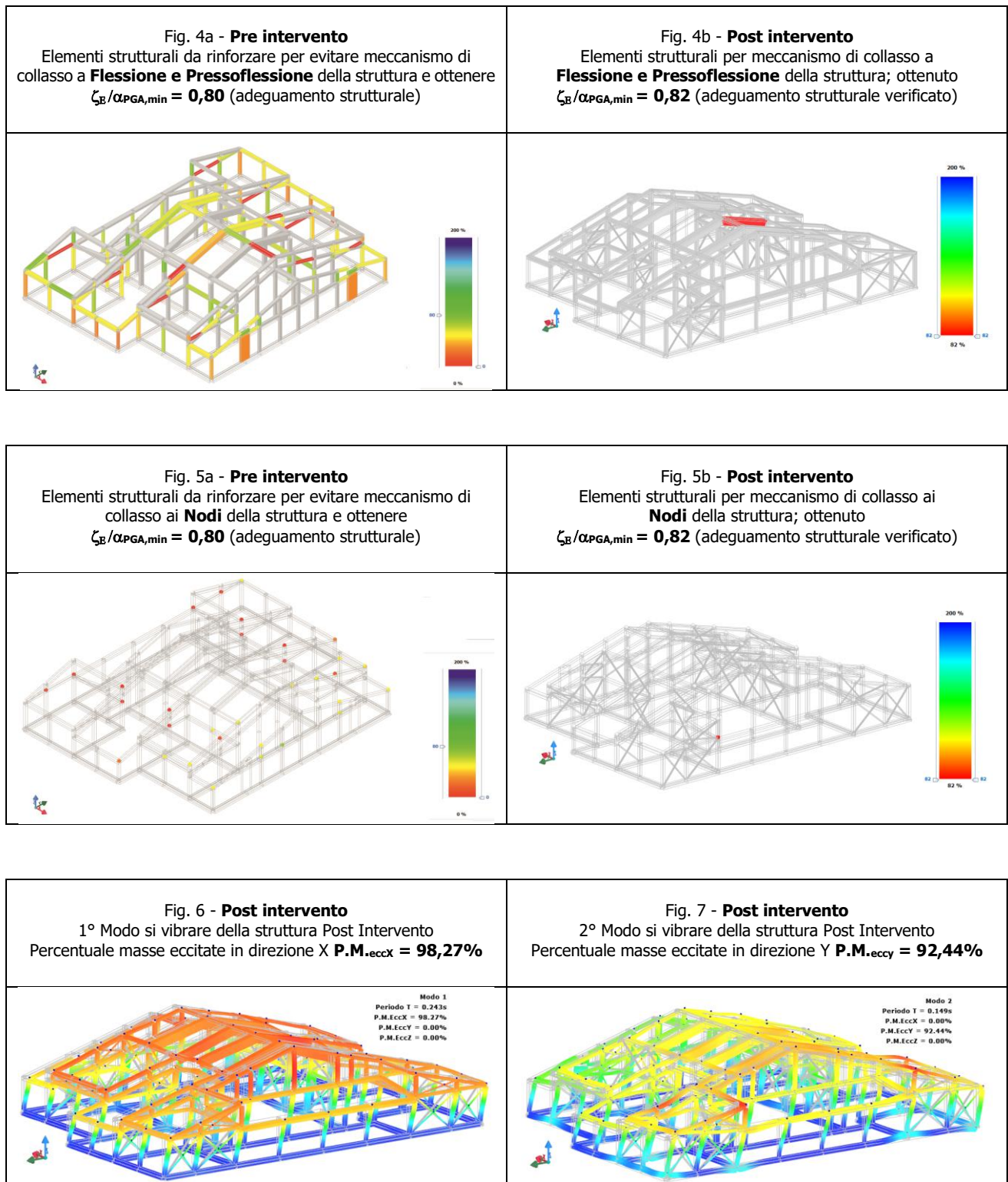
- Le travi che presentano più criticità e non risultano inglobate nei solai verranno fasciate a taglio e rinforzate a flessione mediante tessuti bidirezionale e lastre monodirezionali in FRP annegate in legante epossidico previo preparazione del supporto come da schede tecniche allegate al progetto e con gli spessori indicati in tavola esecutiva (In alternativa alle fasciature con fibre FRP, potranno essere usati rinforzi FRCM annegati in matrice cementizia purché di pari resistenza).
- L'intonaco armato CRM da realizzarsi su tutte le pareti di tamponamento perimetrali, lato esterno, come indicato nelle tavole di progetto, verrà realizzato, previa asportazione dello strato plastico e l'intonaco incoerente esistente, mediante la messa in opera di malta strutturale spessore 3 cm e rete in fibra di vetro come da schede tecniche allegate al progetto e relativi connettori. La funzione di tale intonaco è quella di evitare l'eventuale ribaltamento fuori piano delle tamponature soprattutto lungo l'esterno dell'immobile dove sono presenti a punti di raccolta in caso di emergenza. Con tale sistema, l'intera muratura di tamponamento sarà vincolata al telaio strutturale resistente in c.a.

Il tutto come meglio rappresentato nelle tavole ed allegati di progetto

2 – PRINCIPALI RISULTATI DELLE ANALISI SISMICHE

Di seguito si allegano grafici 3D con i risultati sintetici della simulazione Pre e Posto intervento

Fig. 1a - Pre intervento Spostamenti della struttura lungo l'asse X per modo di vibrare preponderante allo SLV $S_{x/\max} = 1,94 \text{ cm}$ 	Fig. 1b - Post intervento Spostamenti della struttura lungo l'asse X per modo di vibrare preponderante allo SLV $S_{x/\max} = 0,97 \text{ cm}$ 
Fig. 2a - Pre intervento Spostamenti della struttura lungo l'asse Y per modo di vibrare preponderante allo SLV $S_{y/\max} = 1,79 \text{ cm}$ 	Fig. 2b - Post intervento Spostamenti della struttura lungo l'asse Y per modo di vibrare preponderante allo SLV $S_{y/\max} = 0,54 \text{ cm}$ 
Fig. 3a - Pre intervento Elementi strutturali da rinforzare per evitare meccanismo di collasso a Taglio della struttura e ottenere $\zeta_B/\alpha_{PGA,\min} = 0,80$ (adeguamento strutturale) 	Fig. 3b - Post intervento Elementi strutturali per meccanismo di collasso a Taglio della struttura; ottenuto $\zeta_B/\alpha_{PGA,\min} = 0,90$ (adeguamento strutturale verificato) 



Come si può evidenziare da quanto sinteticamente sopra esposto, la struttura soffre particolarmente per collasso secondo meccanismo di taglio e di rottura ai nodi, lungo la direzione trasversale Y alle estremità nord e sud.

Mentre, la sofferenza delle travi e di alcuni pilastri per il collasso da meccanismo a Flessione e Pressoflessione è generalizzata su tutta la struttura ed è dovuta:

- alle basse armature e sezioni trasversali di alcuni pilastri.
- alla presenza di armatura asimmetrica nelle travi mediante l'abbondante utilizzo di ferri piegati che rende le stesse incapaci di assorbire l'inversione dei momenti e le torsioni causate dalla spinta sismica.

Il comportamento globale della struttura è anche evidente dagli spostamenti allo SLV, secondo il modo di vibrare preponderante, lungo gli assi X e Y sotto esposti.

Come si può evincere dalla fig. 1a, lo spostamento lungo l'asse trasversale X arriva ad un massimo di 1,94 cm. Tale livello di spostamento non è compatibile né con le caratteristiche del telaio in c.a. né con le caratteristiche dei materiali di tamponamento.

Per l'adeguamento del comportamento sismico della struttura la progettazione ha teso a inserire strutture di controvento per diminuire il più possibile gli spostamenti orizzontali del telaio e di conseguenza limitare i carichi sismici gravanti sullo stesso.

Inserendo i rinforzi strutturali in progettato con livello di conoscenza LC1 la struttura risulta adeguata alla NTC2018 ottenendo i seguenti risultati:

- a) Riduzione degli spostamenti massimi in direzione X, $S_{x/\max} = 0,97 \text{ cm}$ (fig. 1b)
- b) Riduzione degli spostamenti massimi in direzione Y, $S_{y/\max} = 0,54 \text{ cm}$ (fig. 2b)
- c) Ottenimento di un Indicatore di rischio per meccanismo di collasso ai nodi di $\zeta_{E(\text{nodi})} > 0,82$ (fig. 5b)
- d) Ottenimento di un Indicatore di rischio per meccanismo di collasso a taglio di $\zeta_{E(\text{taglio})} > 0,90$ (fig. 3b)
- e) Ottenimento di un Indicatore di rischio per meccanismo di collasso a flessione e pressoflessione $\zeta_{E(\text{flessione})} > 0,82$ (fig. 5b),

3 – CONCLUSIONI DELL'ANALISI DI ADEGUAMENTO SISMICO (LC1)

Dagli indicatori di rischio esposti sopra, è evidente come la struttura allo SLV (stato limite di salvaguardia della vita), a seguito degli interventi progettati, è in grado di sopportare l'80% di spinta sismica senza che almeno uno degli elementi strutturali arrivi al collasso.

Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) post intervento

$$\zeta_E / \alpha_{PGA, \min} = 0,82$$

Cernusco Lombardone, 24/02/2025

Il progettista strutturale



Ing. Pierluca Fumagalli