

REGIONE PIEMONTE COMUNE DI REVELLO



SCUOLA MATERNA BOGGERO CERUTTI

LAVORI DI ADEGUAMENTO SISMICO

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GENERALE

Il committente:	COMUNE DI REVELLO Piazza Denina n.2 - 12036 Revello (CN)	
Il progettista architettonico strutturale:	Ing. FRANCO PICOTTO <i>studio SIA - professionisti associati</i> Via Vittorio Veneto, 27 - 10061 Cavour (TO)	
Il progettista architettonico strutturale:	Ing. RANCURELLO SAMUELE Via Valle Po, 32 - 12030 Sanfront (CN)	
Il progettista architettonico strutturale:	Ing. HAEFFELY LUCA MARIA Via Piave, 10 - 10060 Pinasca (TO)	

Scala:	Elab.:	01	Rev.:	
Data:	05.2022			

1)	Ubicazione.....	3
2)	Descrizione del fabbricato	4
3)	Inquadramento sismico	11
3.1.1)	Localizzazione della struttura	12
3.1.2)	Vita nominale [par. 2.4.1]	12
3.1.3)	Classi d'uso [par. 2.4.2]	12
3.1.4)	Periodo di riferimento per l'azione sismica [par. 2.4.3]	12
4)	Definizione delle unità strutturali	13
5)	Acquisizione della documentazione tecnica esistente	13
6)	Rilievo geometrico - strutturale.....	16
7)	Caratterizzazione meccanica dei materiali e Prove in situ	19
7.1)	Cemento armato nuovo.....	21
7.1.1.1)	Qualità dei componenti	21
7.1.1.2)	Prescrizione per inerti.....	21
7.1.1.3)	Prescrizione per il disarmo.....	22
8)	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	23
8.1)	Struttura.....	23
8.2)	Carichi e sovraccarichi	23
8.3)	Terreni e fondazioni.....	23
8.4)	Combinazioni di carico [par. 2.5.3].....	23
8.5)	Schematizzazione delle azioni, condizioni e combinazioni di carico.....	24
9)	Modellazione strutturale	25
9.1)	Implementazione modelli.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
9.2)	Codice di calcolo utilizzato Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)	26
9.2.1)	Tipo di analisi svolta	26
9.2.2)	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo	26
9.2.3)	Affidabilità dei codici di calcolo	27
9.2.4)	Modalità di presentazione dei risultati.....	27

9.2.5) Informazioni generali sull'elaborazione.....	27
9.2.6) Validazione dei codici.....	27
9.2.7) Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	28
10) Proposta di intervento	30
11) Risultanze	31

1) Ubicazione

Il plesso scolastico del Comune di Revello, è situato a sud est di viale Umberto I e le scuole materne Boggero-Cerutti occupano la porzione più orientale dell'area di pertinenza (Figura 2.1 e Figura 2.2).



Figura 2.1 – ubicazione dell'edificio scolastico oggetto di intervento.



Figura 2.2 – ubicazione dell'edificio scolastico su GIS.

2) Descrizione del fabbricato

Il fabbricato sottoposto ad adeguamento sismico è un edificio destinato a Scuola Materna.

Il punto fondamentale per la corretta individuazione del sistema strutturale, del suo stato di sollecitazione e di conservazione, è la ricostruzione dei processi che hanno interessato il manufatto nel corso del tempo: a partire dalla sua costruzione, passando per le modifiche succedutesi e considerando gli eventi eccezionali che lo hanno interessato. Il primo passo per ricostruire questo percorso è la ricerca documentale storico-critica che raccoglie tutte le informazioni propedeutiche alle analisi successive.

Quanto più accurata potrà essere tale ricerca, e maggiori saranno le informazioni ricavate, quanto maggiore sarà il livello di conoscenza dell'edificio e minori potranno essere le indagini necessarie per giungere ad un livello di conoscenza comparabile.

Le fonti da considerare per l'acquisizione dei dati necessari sono eventuali documenti di progetto, con particolare riferimento a relazioni geologiche, geotecniche e strutturali ed elaborati grafici strutturali ed eventuale documentazione acquisita in tempi successivi alla costruzione.

A tal fine è stata individuata l'unità strutturale oggetto di studio, evidenziando le azioni che su di essa possono derivare dalle unità strutturali contigue. L'US, in generale, è caratterizzata dalla continuità da cielo a terra per quanto riguarda il flusso dei carichi verticali e, di norma, è delimitata o da spazi aperti, o da giunti strutturali, o da edifici contigui strutturalmente ma, almeno tipologicamente, diversi. Oltre a quanto normalmente previsto per gli edifici non disposti in aggregato, nel caso di edifici contigui si valutano gli effetti di spinte non contrastate, causate da orizzontamenti sfalsati di quota sulle pareti in comune con le US adiacenti, meccanismi locali derivanti da prospetti non allineati, US adiacenti di differente altezza.

Per quanto riguarda la struttura oggetto di intervento, il fabbricato è stato realizzato negli anni 1985-86. La scuola materna è stata quindi ampliata nel 2008 secondo le norme sismiche vigenti durante la sua costruzione. E' dunque presumibile che quest'ultima non richieda interventi di adeguamento particolarmente invasivi.

L'ampliamento, collocato a nord-ovest rispetto alla sagoma del fabbricato preesistente, è rappresentato nelle immagini che seguono (**Figura 3.1**).

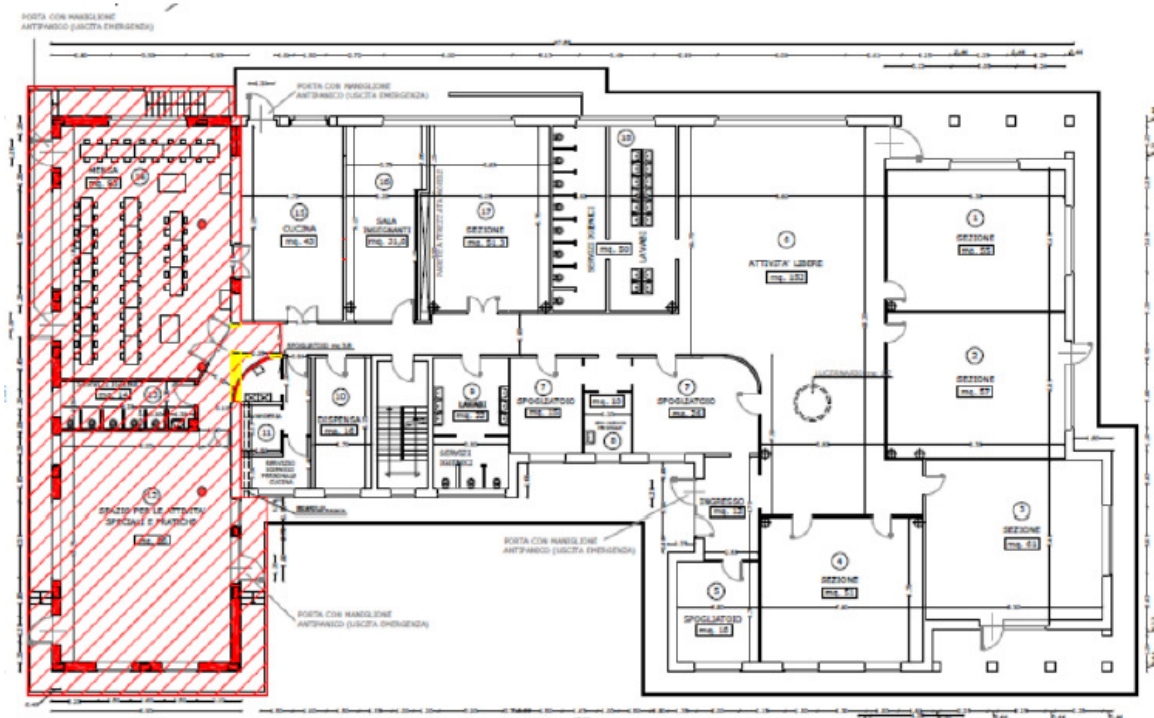


Figura 3.1 – Progetto per “Ampliamento scuola materna Boggero-Cerutti”, estratto della tavola “Pianta Opere in progetto”.



Figura 3.2 – Ampliamento scuola Materna Boggero-Cerutti, Fotografia da Ovest.

Il fabbricato originario è inscritto in un rettangolo di lati pari rispettivamente a 41,20 m e 26,00 m ed occupa una superficie di circa 830mq.

In alzato l'edificio si sviluppa su tre livelli (Piano interrato, piano terra e sottotetto, quest'ultimo accessibile ma non utilizzabile).

Le quote di calpestio dei piani, rispetto al piano terra, sono pari a:

Piano interrato: -3,05 m

piano terra: +0,00 m

piano primo : +3,85 m.

Il volume complessivo del fabbricato è pari a 5.000 mc circa.

Nel seguito si riportano le piante originario del fabbricato desunte dallo studio di vulnerabilità sismica fornito dalla Stazione Appaltante.

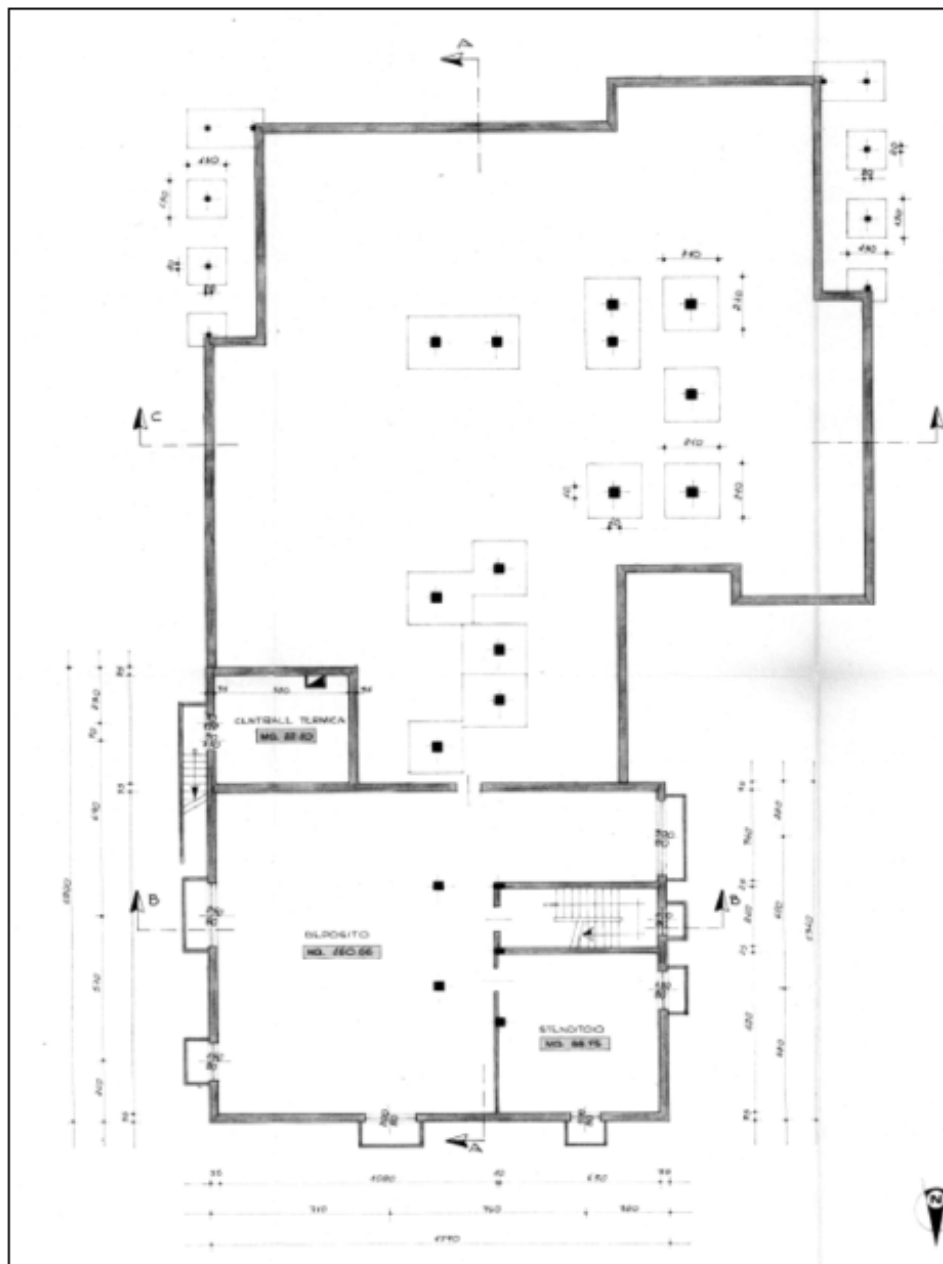


Figura 3.3 – Progetto per la costruzione della scuola materna per il capoluogo, del 12.10.1984, a firma del geom. Mario Perotti, Estratto allegato 7 PIANTA. Nell'immagine la planimetria del piano interrato. In basso nella figura (nord) sono collocati locali accessori (deposito e stenditoio) e più centralmente la centrale termica.

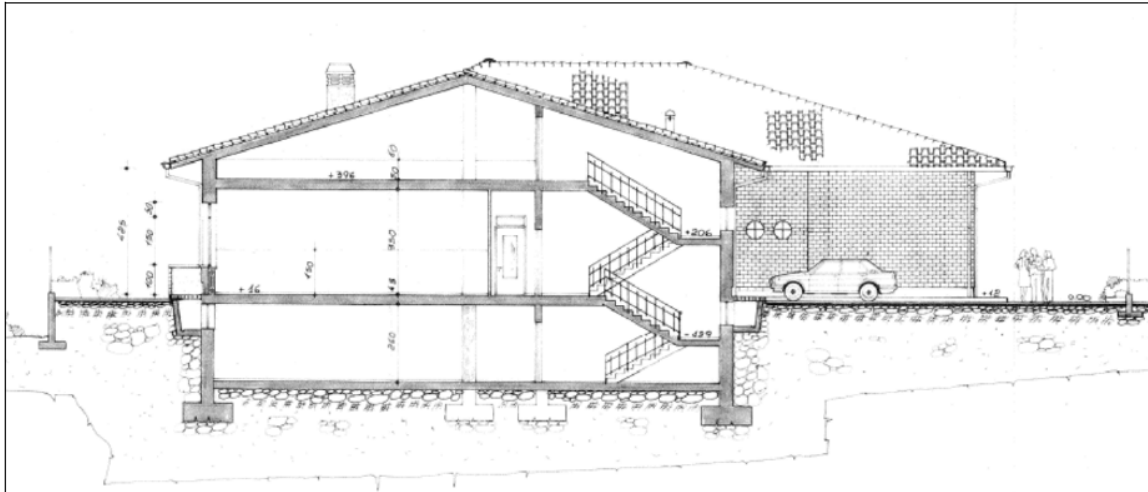


Figura 3.5 – Progetto per la costruzione della scuola materna per il capoluogo, del 12.10.1984, a firma del geom. Mario Perotti, Estratto allegato 9 sezioni. Nell’immagine una sezione trasversale dell’edificio scolastico.

Nel seguito si riporta una documentazione fotografica del fabbricato.



Figura 3.6 –Prospetto Sud-Est.



Figura 3.7 – Prospetto Sud-Ovest.



Figura 3.8 – Prospetto Nord-Ovest.



Figura 3.9 – Prospetto Nord-Est.

3) Inquadramento sismico

Allo stato attuale l'area in esame ricade in zona 3 della classificazione sismica ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica.

E' tuttavia in fase di applicazione la D.G.R. n. 6 – 887 del 30.12.2019 che inserisce il Comune di Revello in zona 3s.

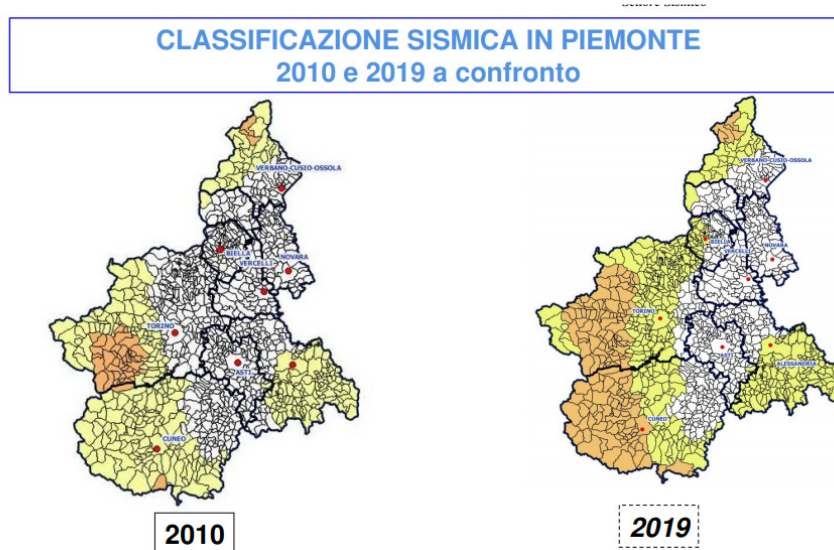


Figura 4.1 – Nuova classificazione sismica ai sensi della D.G.R. n. 6 – 887 del 30.12.2019.

Per quanto riguarda il terreno, sulla base della studio della componente geologica del PGT del Comune di Revello e delle indagini Masw condotte da P&P a supporto dello studio di vulnerabilità sismica per la scuola elementare, la categoria di sottosuolo è di **Tipo B**, ovvero "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori vi velocità equivalente compresi tra tra 36 m/s e 800 m/s".

Per quanto concerne le condizioni topografiche si assume la categoria topografia T1 (suolo pianeggiante).

3.1.1) Localizzazione della struttura

Località: REVELLO (CN)

Coordinate Gps:

Latitudine : 44.652805

Longitudine: 7.389487

Zona sismica del sito : 3

Categoria del sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Amplificazione stratigrafica Ss: 1,50

Amplificazione topografica ST: 1,00

3.1.2) Vita nominale [par. 2.4.1]

Per la struttura in oggetto è stata prevista una vita nominale V_N di 50 anni, nei quali la struttura sarà utilizzata per lo scopo di progettazione, purché sia soggetta a manutenzione ordinaria.

3.1.3) Classi d'uso [par. 2.4.2]

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o in un eventuale collasso, la struttura è stata considerata di CLASSE III, corrispondente a :

"...Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso".

3.1.4) Periodo di riferimento per l'azione sismica [par. 2.4.3]

L'azione sismica di progetto viene valutata in relazione ad un periodo di riferimento V_R calcolato con la seguente relazione:

$$V_R = V_N * C_u = 50 * 1,5 = 75 \text{ anni}$$

(C_u dipende dalla classe d'uso: in classe III è pari a 1,5)

4) Definizione delle unità strutturali

Ai fini della modellazione numerica occorrerà suddividere l'edificio in almeno due Unità Strutturali, evidenziate con colorazioni differenti nell'immagine di seguito riportata. Questa suddivisione è stata individuata in base all'ampliamento strutturale del 2008.

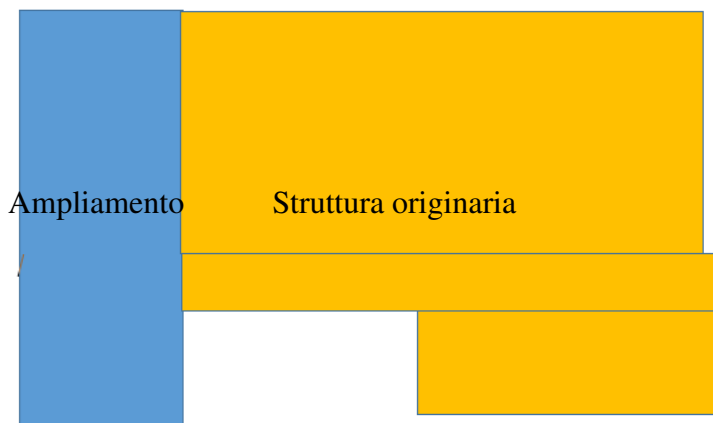


Figura 6.10 – Suddivisione delle unità strutturali.

5) Acquisizione della documentazione tecnica esistente

Il reperimento della documentazione esistente è un passo fondamentale per il presente studio.

Sarà quindi opportuno prendere in esame almeno la documentazione sottoelencata:

- Progetto per la costruzione della scuola materna per il capoluogo, del 12.10.1984, a firma dei progettisti Geom. Mario Perotti per la parte architettonica e ing. Roberto Chiabrando per la parte strutturale
- Certificato di collaudo riguardante il progetto per la costruzione della scuola materna per il capoluogo, del 07.06.1986, a firma dell'ing. Mantelli Ernesto;
- Denuncia delle opere strutturali della parte oggetto di ampliamento presso la Regione Piemonte settore Opere Pubbliche di Cuneo
- Scuola Materna Boggetti-Cerutti – Studio di vulnerabilità (Relazione introduttiva)
- Scuola Materna Boggetti-Cerutti – Studio di vulnerabilità (Piano delle indagini diagnostiche e consuntivo scientifico)
- Scuola Materna Boggetti-Cerutti – Studio di vulnerabilità (Risultati e verifiche di vulnerabilità sismiche)

Nel seguito si riportano alcuni elaborati strutturali (Fonte: studio di vulnerabilità) da cui si evince l'impostazione del fabbricato.

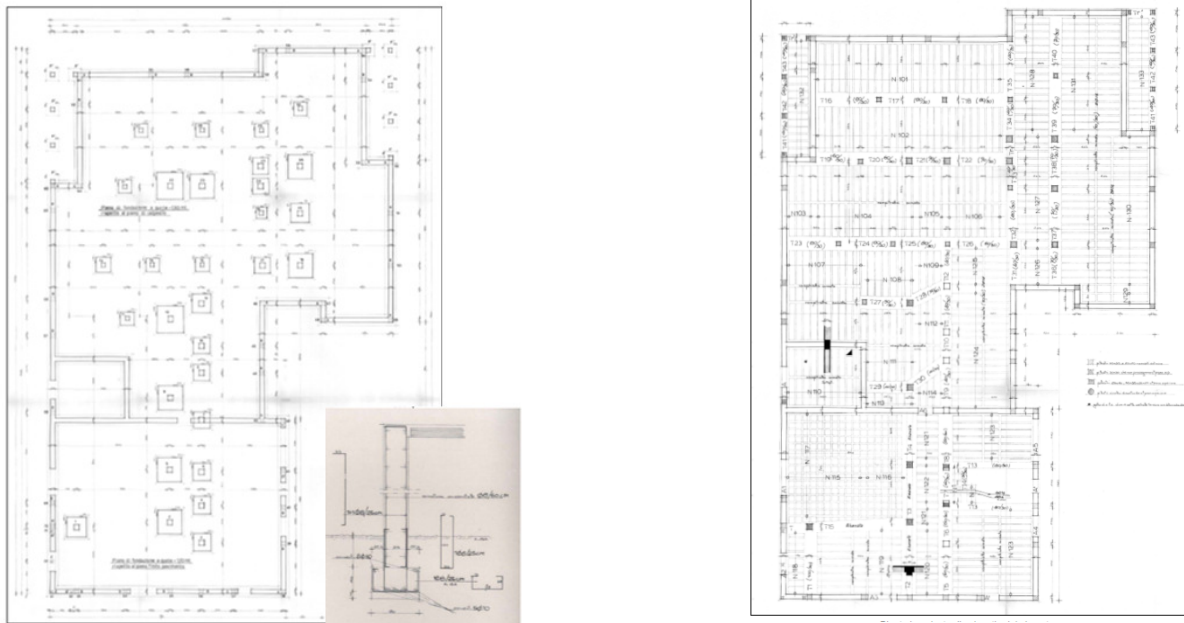


Figura 7.1 – Fondazioni e primo solaio – edificio originario.

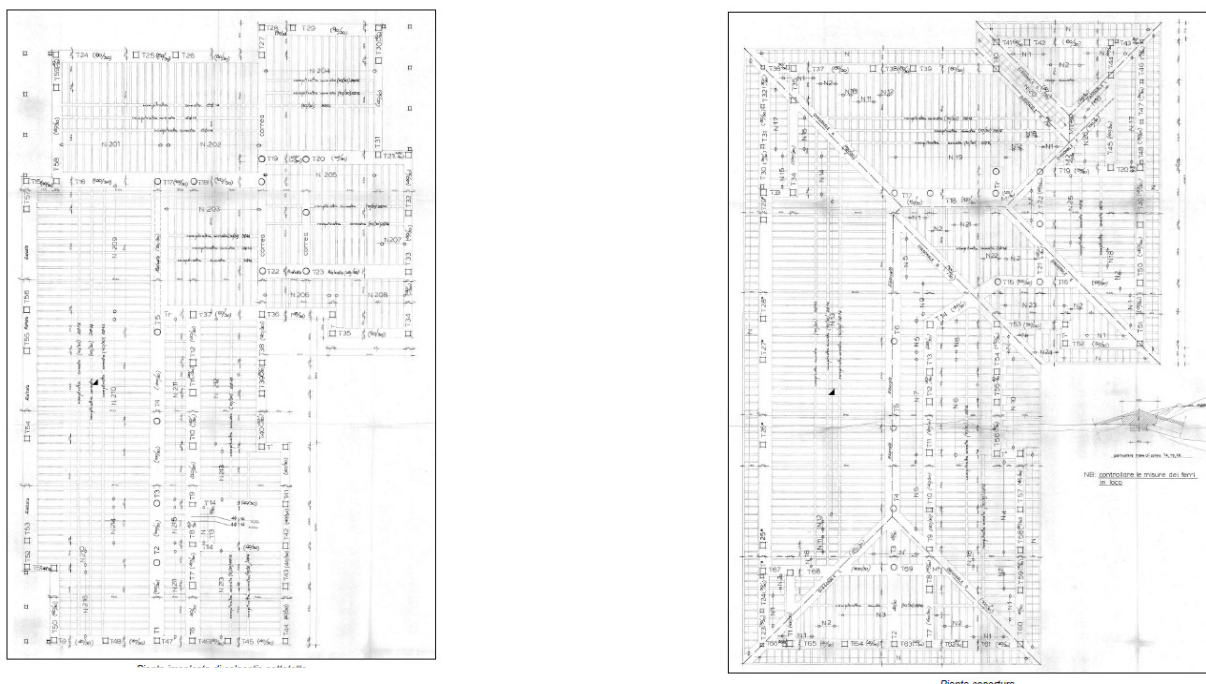


Figura 7.2 – Solaio di sottotetto e copertura – edificio originario.



PILASTRO n. 7 - Piano Sottotetto
rilievo
armature

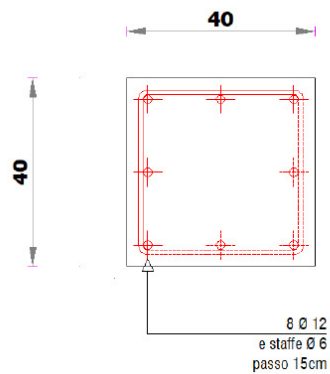


Figura 7.3 – rilievo delle armature di un elemento strutturale tipo (Fonte: studio di vulnerabilità sismica).

6) Rilievo geometrico - strutturale

Per definire le caratteristiche del sistema resistente dell'edificio e quantificare le azioni a cui sono soggette le strutture, non sempre l'analisi documentale fornisce gli elaborati dei progetti architettonici e strutturali completi, pertanto, il rilievo geometrico-strutturale oltre a consentire di verificare accuratamente in situ i dati raccolti, permette di riscontrare le difformità coi progetti depositati, e finalizzare le attività di indagine per completare le informazioni nei casi in cui questi non siano disponibili o carenti.

Il rilievo geometrico-strutturale sarà riferito sia alla geometria complessiva del manufatto che a quella degli elementi costruttivi, comprendendo i rapporti con le eventuali strutture in aderenza. Negli elaborati verranno rappresentate le modifiche intervenute nel tempo, come desunte dall'analisi storico-critica. Il sopralluogo, attraverso l'ausilio di varie strumentazioni, permetterà inoltre di individuare la membratura resistente del manufatto, tenendo in considerazione la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi.

Per ciascun elemento che compone la struttura portante, indipendentemente dalla sua natura, sarà quindi necessario risalire accuratamente alle proprie dimensioni in pianta e alla precisa posizione planimetrica. Le misure dimensionali devono tenere conto della sola porzione resistente, al netto quindi dello strato di rivestimento. Tali misure sono indispensabili sia per risalire all'azione orizzontale a cui è soggetto il fabbricato, sia per valutare la quota parte di azione sismica che interessa ciascun elemento strutturale. Durante i sopralluoghi, per individuare gli elementi che compongono la struttura portante inglobati all'interno di tramezze o pareti perimetrali sarà d'ausilio la termografia ad infrarossi che consente di individuare gli elementi grazie alla differenza di temperatura che caratterizza ciascun materiale. Attraverso l'analisi termografica si potranno inoltre individuare le tipologie costruttive delle componenti strutturali orizzontali. L'individuazione delle componenti strutturali avviene grazie alla sensibilità di misurazione dello strumento, che permette di distinguere con colorazioni differenti, zone che ammettono temperature superficiali diverse. La termocamera permette di misurare e rappresentare la radiazione infrarossa emessa da un oggetto. La radiazione, quale funzione della temperatura della superficie di un oggetto, emessa dallo strumento permette di calcolare e visualizzare tale temperatura. La radiazione rilevata dalla termocamera non dipende solo dalla temperatura dell'oggetto ma è anche una funzione dell'emissività. L'emissività è una misura che si riferisce alla quantità di radiazione

termica emessa dall'oggetto, comparata a quella emessa dal perfetto corpo nero. L'emissività della maggior parte dei materiali da costruzione ha valori compresi tra 0,85 e 0,90. Le caratteristiche tecniche della termocamera ad infrarosso che sarà utilizzata sono le seguenti:

- Campo di misura della temperatura da -20 °C a $+120\text{ °C}$
- Frequenza di immagine: 30 Hz
- Sensibilità termica (NETD) 50 mK @ $+30\text{ °C}$
- Risoluzione spaziale a 45 ° : 1,23 mRad
- **Sensore: FLIR E53 - Microbolometro non raffreddato, 17 - 240x180 pixel**
- Campo spettrale da 7,8 a $14\text{ }\mu\text{m}$

Definite le componenti geometriche sarà necessario spingersi ulteriormente a fondo con il rilievo, individuando numero, dimensione e disposizione dei ferri di armatura presenti nei pilastri e nelle travi o nel caso delle murature (presenti abitualmente in edifici a struttura mista dell'epoca) la tipologia muraria che realizza le pareti portanti.

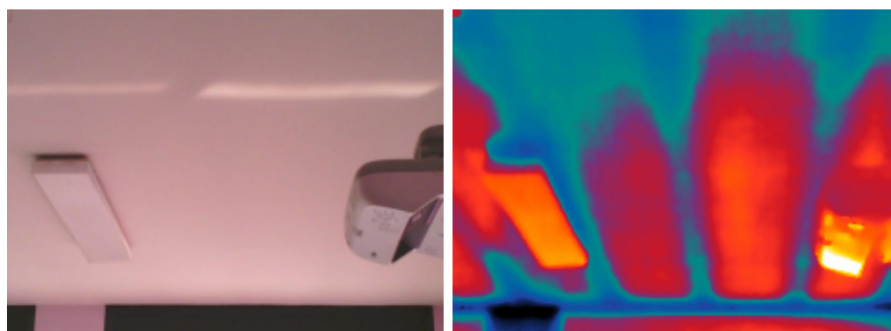


Figura 9, 10, 11 e 12 - Vista dell'orditura del 3° solaio

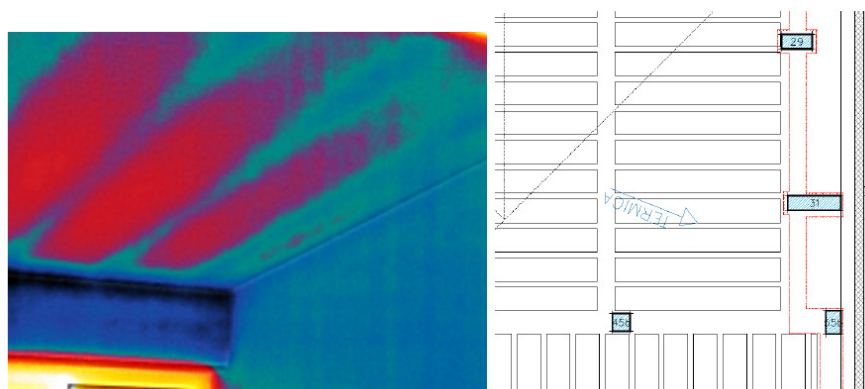


Figura 8.1 – esempio di rilievo geometrico delle travi di solaio mediante termocamera .

L'indagine per la localizzazione delle armature nei getti di calcestruzzo sarà eseguita mediante analisi pacometrica. Il pacometro digitale basa il suo funzionamento sul fenomeno delle correnti parassite. La posizione dei ferri sarà determinata muovendo la sonda sulla superficie in esame,

fino ad individuare la direzione di massimo assorbimento elettromagnetico che corrisponde all'andamento longitudinale della barra. Tale principio operativo presenta, rispetto ad altri sistemi, una maggiore precisione (± 1 mm) e l'assenza di disturbo dovuto ad umidità ed altri fenomeni chimici o termici. Il principio a induzione di impulsi utilizzato dallo strumento ha un range di funzionamento predefinito. L'accuratezza della misurazione dipende dalle dimensioni dell'armatura e dalla profondità del ricoprimento.

Le caratteristiche tecniche del pacometro utilizzato sono le seguenti:

- Costruttore: Proceq
- Modello: Profometer 630
- Range di misurazione del copriferro: fino a 185 mm
- Precisione di misurazione del copriferro: da (± 1 a ± 4) mm
- Precisione di misurazione del percorso su superfici lisce: ± 3 mm oltre a $(0,5 \div 1,0)\%$ della lunghezza misurata
- Range di misurazione del diametro copriferro: fino a 63 mm, diametro fino a 40 mm
- Precisione di misurazione del diametro: ± 1 mm su singola armatura
- Standard e linee guida BS 1881-204, DIN 1045, DGZfP B2, SN 505262, SS 78-B4, linee guida DBV, certificazione CE

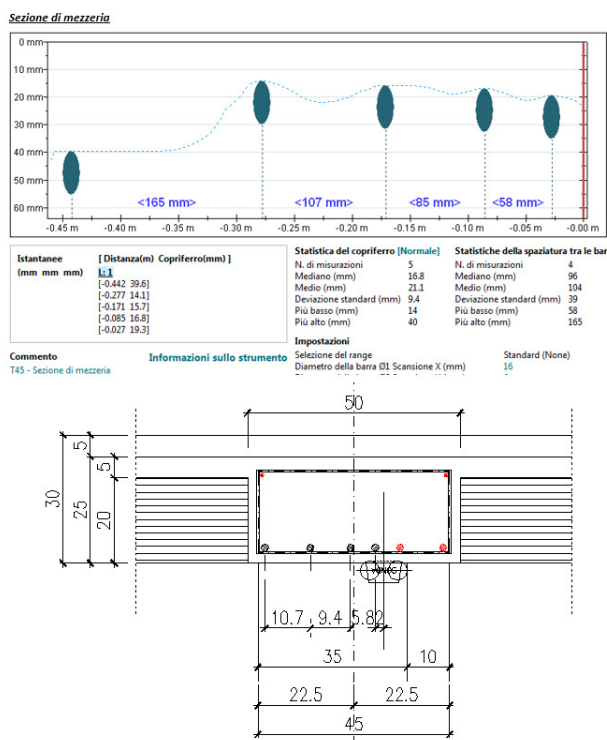


Figura 8.2 – esempio di rilievo geometrico dei ferri di armatura mediante pacometro.

Ad integrazione dei rilievi pacometrici e con termocamera saranno eseguite valutazioni a campione al vero delle dimensioni delle armature metalliche da rilevare, previa scarificazione del copriferro

cementizio e messa a nudo parziale delle armature sia longitudinali che trasversali e successiva misurazione mediante calibro digitale.

7) Caratterizzazione meccanica dei materiali e Prove in situ

L'affidabilità di una modellazione strutturale (e dei conseguenti risultati) è obbligatoriamente legata ai dati di input; ciò nonostante la valutazione di sicurezza di una struttura esistente porta con sé un'inevitabile componente di aleatorietà e non conoscenza: per questi motivi, le Norme obbligano ad eseguire un numero di prove sui materiali tali da ridurre al minimo queste componenti di incertezza, compatibilmente con lo stato di conservazione e la funzione del manufatto.

La circolare delle NTC 2018 riporta al paragrafo C8.5.4.2 una tabella orientativa che lega il livello di conoscenza delle indagini alla quantità di rilievi dei dettagli costruttivi e di prove per la valutazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali.

Tabella C8.5.V – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di c.a.

Livello di Indagini e Prove	Rilievo(dei dettagli costruttivi) ^(a)	Prove (sui materiali) ^{(b)(c)(d)}
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro)	
<i>limitato</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
<i>esteso</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
<i>esaustivo</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Nell'attività svolta, il rilievo delle strutture ed il numero di prove fissate ha avuto l'obiettivo di raggiungere un livello di conoscenza adeguata livello LC2 (per il calcestruzzo) e LC3 (per l'acciaio di armatura).

In realtà, assunta l'inevitabile dispersione delle caratteristiche meccaniche del conglomerato cementizio, il numero di campioni fissato dalla norma per il livello di conoscenza accurata potrebbe essere insufficiente, il che si scontra con l'ovvia esigenza di contenere il numero di prove "distruttive", come i carotaggi, soprattutto per gli elementi strutturali più delicati (ad es. pilastri di piccole dimensioni). I carotaggi sono integrati, poi, da prove non distruttive, quali le prove sclerometriche, che consentono, sulla base della correlazione con le resistenze desunte dai carotaggi, di verificare l'omogeneità delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo nella struttura. Meno

critica appare, invece, la determinazione delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio, per il quale la dispersione della resistenza è decisamente più contenuta.

Per il raggiungimento del livello LC2 del materiale calcestruzzo: si devono eseguire prove estese corrispondenti al prelievo di di n°2 provini ogni 300 mq di piano da travi e pilastri a scelta.

Per il raggiungimento del livello LC3 del materiale acciaio sono necessarie prove esaustive: per ciascun piano dell'edificio va estratto un campione di armatura da tre pilastri e da tre travi a scelta.

Nello specifico si ha:

- 6 provini di cls per piano (circa 850mq) -> totale 6 provini di cls dai pilastri e 6 dalle travi da cui n°12 provini totali;
- 3 provini di barre di acciaio per piano -> totale 3 barre di acciaio dai pilastri e 3 dalle travi da cui 6 provini totali.

In accordo con col par. C8.5.4.2 della circolare n°7 C.S.L.L.PP. del 21 gennaio 2019 sono state fatte le seguenti considerazioni sulla tipologia di prova da effettuarsi:

- *"...Ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con almeno il triplo di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive.." Il 50% delle prove distruttive è stato sostituito col triplo di prove non distruttive; "...Il numero di provini riportato nelle tabelle C8.5.V e C8.5.VI può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Nel caso del calcestruzzo in opera, tali caratteristiche sono spesso legate alle modalità costruttive tipiche dell'epoca di costruzione e del tipo di manufatto, di cui occorrerà tener conto nel pianificare l'indagine..."*

Per il calcestruzzo vista la sua variabilità si deciso di non variare il numero di prove. Per quanto riguarda l'acciaio, essendo un prodotto industrializzato, possiede un'elevata stabilità di comportamento e le sue caratteristiche, all'epoca della realizzazione della struttura, sono accertate già presso lo stabilimento di produzione. Pertanto appare opportuno limitarne il numero, data la notevole invasività dell'operazione e, per quanto detto, l'usuale buona costanza di caratteristiche dell'acciaio, sono state effettuate n°2 prelievi sui pilastri e n°2 prelievi sulle travi, garantendo comunque il raggiungimento dell'obiettivo LC3.

Come esplicito precedente per quanto riguardo la struttura in oggetto si è raggiunto **un livello di conoscenza LC3**, con un corrispondente **fattore di confidenza FC=1,00** per quanto riguarda il

materiale acciaio e **un livello di conoscenza LC2**, con un corrispondente **fattore di confidenza FC=1,20** per quanto riguarda il materiale calcestruzzo.

Le carenze di indagine sui dettagli costruttivi saranno effettuate nella fase di realizzazione dell'intervento e documentate con apposita relazione prima della conclusione dei lavori. Nel caso in cui tali dettagli non siano corrispondenti sarà fatta una valutazione specifica di volta in volta.

7.1) Cemento armato nuovo

7.1.1.1) Qualità dei componenti

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine. La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 16 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione. In definitiva gli inerti dovranno essere lavati ed esenti da corpi terrosi ed organici. Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume. L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere potabile, priva di sali (cloruri e solfuri). Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

7.1.1.2) Prescrizione per inerti

Sabbia viva 0-7 mm, pulita, priva di materie organiche e terrose; sabbia fino a 30 mm (70mm per fondazioni), non geliva, lavata; pietrisco di roccia compatta.

Assortimento granulometrico in composizione compresa tra le curve granulometriche sperimentali:

passante al vaglio di mm 16 = 100%

passante al vaglio di mm 8 = 88-60%

passante al vaglio di mm 4 = 78-36%

passante al vaglio di mm 2 = 62-21%

passante al vaglio di mm 1 = 49-12%

passante al vaglio di mm 0.25 = 18-3%

7.1.1.3) Prescrizione per il disarmo

Indicativamente: pilastri 3-4 giorni; solette modeste 10-12 giorni; travi, archi 24-25 giorni, mensole 28 giorni.

Per ogni porzione di struttura, il disarmo non può essere eseguito se non previa autorizzazione della Direzione Lavori.

8) NORMATIVA DI RIFERIMENTO

8.1) Struttura

D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento alle norme tecniche per le costruzioni

Circolare 2 febbraio 2009, n°617 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008

8.2) Carichi e sovraccarichi

D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento alle norme tecniche per le costruzioni

Circolare 2 febbraio 2009, n°617 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008

8.3) Terreni e fondazioni

D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento alle norme tecniche per le costruzioni

Circolare 2 febbraio 2009, n°617 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008

8.4) Combinazioni di carico [par. 2.5.3]

Le combinazioni di carico s.l.u. statiche (in assenza di azioni sismiche) sono ottenute mediante diverse combinazioni dei carichi permanenti ed accidentali in modo da considerare tutte le situazioni più sfavorevoli agenti sulla struttura. I carichi vengono applicati mediante opportuni coefficienti parziali di sicurezza, considerando l'eventualità più gravosa per la sicurezza della struttura.

Le azioni sismiche sono valutate in conformità a quanto stabilito dalla norma e specificato nel paragrafo sulle azioni.

8.5) Schematizzazione delle azioni, condizioni e combinazioni di carico

Le azioni sono state schematizzate applicando i carichi previsti dalla norma. In particolare i carichi gravitazionali, derivanti dalle azioni permanenti o variabili, sono applicati in direzione verticale (ovvero – Z nel sistema globale di riferimento del modello). Le azioni sismiche dinamiche, derivano dall'eccitazione delle masse assegnate alla struttura in proporzione ai carichi a cui sono associate per norma. I carichi sono suddivisi in più condizioni elementari di carico in modo da poter generare le combinazioni necessarie.

9) Modellazione strutturale

La relazione deve affrontare la valutazione della sicurezza della struttura nella situazione attuale, desunta dalle indagini conoscitive sopra descritte, trattando sistematicamente gli aspetti di seguito riportati.

Nella valutazione della sicurezza o nella progettazione di interventi sulle costruzioni esistenti soggette ad azioni sismiche, particolare attenzione sarà posta agli aspetti che riguardano la duttilità. Si dovranno quindi assumere le informazioni necessarie a valutare se i dettagli costruttivi, i materiali utilizzati e i meccanismi resistenti siano in grado di continuare a sostenere cicli di sollecitazioni o deformazioni anche dopo il superamento delle soglie di plasticizzazione o di frattura.

L'analisi di vulnerabilità" consiste nello stabilire l'entità delle azioni (in questo caso l'azione sismica) che portano al non superamento dello stato limite in esame. Pertanto questo tipo di analisi, nella generalità dei casi, assume una metodica iterativa di incremento del carico, cioè l'azione sismica viene incrementata linearmente fino a quando uno dei controlli effettuati per la verifica dello stato limite risulta non superato. In particolare, ai fini sismici, conviene esprimere la resistenza della struttura in termini di accelerazione al suolo, in quanto sin dall'O.P.C.M. 3274 fino al D.M. 17/01/2018 l'azione sismica di base è legata all'accelerazione locale impressa dal sisma di progetto. Pertanto per una struttura esistente è importante valutare la PGA (*Peak Ground Acceleration*) tale da compromettere la stabilità di parti o dell'intera struttura.

Utilizzando il criterio dell'analisi di vulnerabilità è possibile confrontare due configurazioni differenti riguardanti un edificio esistente: ante e post interventi. Tale confronto, nel caso si ottenga un incremento dell'azione sismica assume la definizione di "miglioramento sismico".

L'adeguamento sismico" consiste, invece, nel superamento delle richieste di un determinato stato limite (ad esempio SLV) secondo i livelli di sicurezza delle nuove costruzioni. In pratica consiste nell'effettuare le verifiche richieste utilizzando gli spettri di progetto relativi alle nuove costruzioni, per i vari stati limite richiesti.

Relativamente ai metodi di analisi, i metodi più accreditati sono i seguenti:

- Analisi lineare con spettro elastico

- Analisi lineare con fattore di struttura q
- Analisi statica non lineare (push-over)

Per i metodi lineari è necessaria la classificazione in elementi fragili e duttili. Nel caso di spettro elastico la differenziazione è in termini di verifica (elementi fragili in termini di resistenza e duttili in termini di deformazioni). Nel caso di utilizzo del fattore di struttura q , la differenza tra i due tipi di elementi è legata al diverso valore del fattore di struttura. Quest'ultimo metodo consente di valutare l'apporto dei vari rinforzi anche in termini di duttilità. Il metodo push-over, derivato dalle prime applicazioni alle pile da ponte, consente di stimare l'evoluzione di formazione delle cerniere plastiche e di conseguenza la curva di comportamento globale della struttura.

Nella presente, per il calcolo della PGA resistente della struttura, verrà utilizzata l'analisi lineare dinamica abbinata all'utilizzo dello spettro di progetto con l'utilizzo del fattore di struttura q .

9.1) Codice di calcolo utilizzato Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

9.1.1) Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi lineare dinamica con spettro di risposta e analisi statica non lineare, secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

9.1.2) Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo MIDAS GEN - per edifici e strutture generiche, il prodotto leader in zona sismica

Versione GEN 2015 (v1.1)

Produttore MIDAS – TowerB, 17 Pangyo-ro 228beon-gil, Bundang-gu - 463-400; KOREA

Utente SIA Professionisti Associati

Licenza USGW000941



9.1.3) Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice MIDAS ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

9.1.4) Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

9.1.5) Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

9.1.6) Validazione dei codici

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del DM 16.01.2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore MIDAS e il distributore Harpaceas s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e verifica del software MIDAS GEN. Si fa presente che sul sito www.MidasUser.com e sul sito www.harpaceas.it/ sono disponibili sia il

manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti formati da centinaia di pagine si ritiene pertanto sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MIDAS/GEN è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non-lineare, con estensione per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare utilizzato in analisi statica è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multi frontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione super-nodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Grande attenzione è stata posta sugli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati trattati dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità.

Di seguito viene proposto l'indice degli esempi di validazione trattati.

9.1.7) Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

In aggiunta a quanto esposto nei paragrafi precedenti sono stati accertati che i risultati delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati alla struttura. Inoltre, attraverso l'utilizzo delle formulazioni ricavate dalla Scienza delle Costruzioni su schemi piani, sono stati effettuati controlli su combinazione elementari, per verificarne la loro validità. Lo stesso discorso è valido per le deformazioni.

Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili. Dunque, il

dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinati risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confrontati anche con la propria esperienza personale.

10) Proposta di intervento

Il primo passo nel percorso di conoscenza dell'aggregato edilizio è l'individuazione delle unità strutturali e il rilievo geometrico dei giunti di separazione. Di significativa importanza è poi la ricostruzione della storia costruttiva dell'aggregato, ossia del processo di edificazione e aggregazione nonché delle successive modificazioni accorse nel tempo.

L'esito delle verifiche statiche e sismiche condotte sul fabbricato allo stato attuale conduce a ritenere conveniente oltre che necessario un intervento di adeguamento sismico da attuarsi con l'inserimento di setti in c.a. di controventamento sismico opportunamente disposti nel rispetto dell'aspetto distributivo esterno con interventi locali di rinforzo per la redistribuzione delle riparazioni delle sollecitazioni al fabbricato esistente. La scelta di collocare i nuovi setti all'esterno è stata dettata dall'esigenza di salvaguardare il più possibile gli interni in modo da ridurre i costi e facilitarne l'esecuzione.

L'intervento quindi prevede lo scavo attorno all'edificio per la realizzazione dei plinti di fondazione dei setti in calcestruzzo. Tali plinti saranno eseguiti su pali/micropali che vanno ad intercettare lo strato geotecnico con le migliori caratteristiche di portanza.

Le azioni sismiche in questa nuova configurazione strutturale vengono assorbite quasi completamente dai setti in calcestruzzo (la rigidità dei setti è di due ordini di grandezza maggiore dei pilastri esistenti) mentre i pilastri esistenti risultano sgravati da tali sollecitazioni sismiche, mantenendo la sola funzione di portanza nei confronti dei carichi verticali. Oltre agli interventi prettamente strutturali innanzi descritti per limitare il rischio dovuto al potenziale ribaltamento di porzioni di murature in caso di sisma, è prevista la realizzazione di un rinforzo "anti-ribaltamento" consistente nell'applicazione di angolari nei punti critici di vincolo.

11) Risultanze

L'esito delle verifiche ha confermato le prime valutazioni in ordine alla sicurezza statica e in prospettiva sismica dell'edificio. Gli interventi che si sono resi necessari, hanno portato a un miglioramento del comportamento sismico dell'intera struttura come si può evincere dai risultati in termini di capacità complessiva della struttura.

Dai tabulati di calcolo, riportati nella relazione specialistica, emerge che la struttura esistente presentava una scarsa resistenza in termini di PGA (accelerazione orizzontale di picco al suolo), indicatore che permette di definire l'accelerazione sismica sostenibile dalla costruzione.

L'indicatore di rischio, ottenuto come rapporto tra capacità e domanda in termini di PGA, sia allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), sia allo stato limite di operatività (SLO), risulta essere sempre superiore all'unità per quanto riguarda la struttura in progetto, **confermando l'adeguamento della struttura.**

Riepilogo PGA:

$$\alpha_{SLO} \geq 1.00$$

$$\alpha_{SLV} \geq 1.00$$

Su tutti gli elementi strutturali e non strutturali sono state condotte tutte le verifiche richieste dalle Norme Tecniche adottate e tutte le verifiche, debitamente controllate, hanno dato esito positivo.

Al par. 8.3 delle NTC2018, per quanto riguarda al sicurezza strutturale, vengono esplicitati due parametri per la quantificazione del livello di sicurezza della costruzione, si riportano gli esiti delle struttura ad interventi avvenuti:

- $\zeta_E \geq 1.00$ è il rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione (indice maggiore dell'unità risulta che la struttura è adeguata al supportare l'azione di progetto);
- $\zeta_V \geq 1.00$ è il rapporto tra il valore massimo del sovraccarico variabile verticale supportabile e il valore del sovraccarico verticale variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione (indice maggiore dell'unità risulta che la struttura è adeguata al supportare l'azione di progetto);