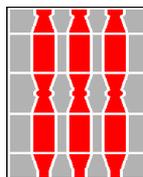


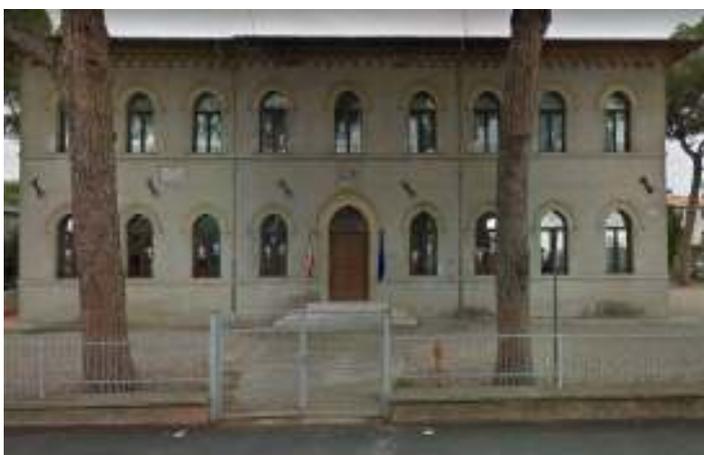


COMUNE DI DERUTA



REGIONE DELL'UMBRIA

Servizio di Verifica di Vulnerabilità Sismica di livello 2 (LC2) da eseguire su edifici scolastici ammessi a finanziamento con Decreto del Direttore della Direzione Generale per interventi in materia di edilizia scolastica, per la gestione dei fondi strutturali per l'istruzione e per l'innovazione digitale 18 luglio 2018, n. 363



SCUOLA PRIMARIA DI SANT'ANGELO DI CELLE - VIA DANTE ALIGHIERI DERUTA (PG)



Via Orazio Tramontani n.52,
P. S. Giovanni 06135 Perugia,
tel. 075/394485 fax. 075/395926
E-mail: mtprogetti@mtprogetti.it
Pec: umberto.tassi2@ingpec.eu
P.IVA 01983250547

Committente:
AREA TECNICA DEL COMUNE DI DERUTA
Geom. Marco Ricciarelli

RELAZIONE TECNICA

TAV.:

RT

REV.	DATA	REDATTO	APPROVATO	MOTIVAZIONE
A	30/01/2019		U. TASSI	PRIMA EMISSIONE
B				
C				



RELAZIONE FINALE SULLE VERIFICHE TECNICHE

0. OGGETTO.....	3
1. INTRODUZIONE	3
2. NORME DI RIFERIMENTO.....	5
3. RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE.....	6
3.1. ESAME DELLA DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE ED ANALISI STORICO-CRITICA	6
3.2. DATI DIMENSIONALI E SCHEMI PLANO-ALTIMETRICI.....	6
3.2.1. Dati dimensionali.....	6
3.2.2. Inquadramento generale.....	8
3.2.3. Descrizione delle destinazioni d'uso dei diversi locali	9
3.2.4. Rilievo materico e dei particolari costruttivi	9
3.2.5. Documentazione fotografica	9
3.3. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEL SITO	9
3.4. QUADRO FESSURATIVO E DI DEGRADO	10
3.5. RILIEVO MATERICO E DEI PARTICOLARI COSTRUTTIVI	11
3.6. IDENTIFICAZIONE DELLA STRUTTURA DI FONDAZIONE	11
3.7. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA PORTANTE E SINTESI DELLE VULNERABILITA' RISCONTRATE E/O POSSIBILI	12
4. AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	13
4.1 Definizione dell'azione sismica.....	15
5. INDAGINI SPECIALISTICHE	17
6. VERIFICHE NUMERICHE	20
6.1. PREMESSA	20
6.2. ANALISI DEI CARICHI	20
6.2.1. Valutazione del carico neve.....	20
6.2.2. Valutazione dell'azione del vento	21
6.2.3. Primo Impalcato	22
6.2.4. Impalcato Sottotetto.....	23
6.2.5. Impalcato Copertura	23
6.2.6. Azione sismica di progetto.....	24
6.2.7. Combinazione delle azioni.....	24

6.3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	25
6.4. DESCRIZIONE DELLE ANALISI CONDOTTE.....	30
6.5. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA – ANALISI SISMICA GLOBALE	30
6.5.1. Premessa.....	30
6.5.2. Identificazione e descrizione del modello di calcolo strutturale	30
6.5.3. Risultati delle elaborazioni	32
6.5.3.1. <i>Principali risultati dell'Analisi Statica Non Lineare – Pushover</i>	32
6.5.3.2. <i>Principali risultati dell'Analisi Dinamica Modale</i>	35
6.6. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA – ANALISI SISMICA DEI MECCANISMI LOCALI	38
6.7. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA – ANALISI PER CARICHI STATICI.....	38
6.7.1. Premessa.....	38
6.7.2. Identificazione e descrizione del modello di calcolo strutturale	38
6.7.3. Parametri di calcolo	38
6.7.4. Principali risultati dell'Analisi Statica Lineare Non Sismica	38
6.8. RIEPILOGO E COMMENTO DEI RISULTATI. SOLUZIONI PROPOSTE.....	41
6.8.1. Riepilogo degli indicatori di rischio sismici (analisi globali e locali)	41
6.8.2. Riepilogo delle verifiche statiche	41
6.8.3. Commento ai risultati e soluzioni proposte	41
6.8.4. Scheda di sintesi.....	42

ALLEGATO A1: Relazioni e certificati delle prove effettuate in sito o presso un laboratorio
accreditato

ALLEGATO A2: Tabulati di calcolo

ALLEGATO A3: Scheda di sintesi della verifica sismica per gli edifici strategici ai fini della
protezione civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico.

0. OGGETTO

La presente relazione si riferisce alla stima di vulnerabilità sismica dell'edificio scolastico ospitante la Scuola Primaria di Sant'Angelo di Celle, sito in Via Dante Alighieri n.31 nel Comune di Deruta.

1. INTRODUZIONE

L'edificio scolastico di Sant'Angelo di Celle è una costruzione realizzata in muratura ordinaria tradizionale, composta da un unico corpo fabbrica del tutto simile agli altri edifici scolastici esistenti nel Comune di Deruta e Comuni limitrofi.

E' ubicato in prossimità del centro abitato di Sant'Angelo subito dopo il bivio con la strada statale "Marscianese" lungo via Dante Alighieri.



Figura 1: Sito di interesse e vista in pianta della struttura in esame

E' stato progettato e realizzato nei primi anni del 1900 e oggetto di un intervento di ristrutturazione ed adeguamento alle norme di sicurezza e abbattimento delle barriere architettoniche nel 2002. Si è trattato, altresì, di un intervento di miglioramento sismico generalizzato, in cui si sono eseguite opere strutturali puntuali, come architravature di porte, sia opere di carattere globali come incatenatura del primo solaio. Gli interventi progettati furono comunque secondari alle opere impiantistiche e alle opere per l'abbattimento delle barriere architettoniche, cioè sono stati eseguiti in funzione delle altre tipologie d'intervento.

Infatti, in quella fase non sono stati eseguiti interventi generalizzati per un miglioramento delle caratteristiche meccaniche di tutte le murature portanti, né si intervenne sulla copertura, peraltro già oggetto di un intervento nel 1981. Lo stesso intervento di rifacimento del tetto, infatti, pur avendo reso funzionale la copertura non è sicuramente in linea con le vigenti normative in special modo quelle riguardanti la sismica. I precedenti interventi non si possono definire di miglioramento sismico globale anche se hanno permesso di conseguire un miglioramento generale del comportamento strutturale dell'edificio sia per la fase statica sia per la fase sismica.

2. NORME DI RIFERIMENTO

Normativa adottata per le verifiche tecniche

La verifica di vulnerabilità sismica si rifà alle seguenti normative nazionali o regionali:

- D.M. del 17/01/2018
- Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del 02/02/2009 n°617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008
- Ordinanza PCM 3274 del 20 Marzo 2003

3. RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE

Ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale esistente e del suo stato di sollecitazione è importante ricostruire il processo di realizzazione e le successive modifiche subite nel tempo dal manufatto, nonché gli eventi che lo hanno interessato.

Il rilievo geometrico-strutturale effettuato ha interessato sia la geometria complessiva dell'organismo che quella degli elementi costruttivi. Si è individuato l'organismo resistente della costruzione, tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi.

3.1. ESAME DELLA DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE ED ANALISI STORICO-CRITICA

La fase di recupero del materiale di progetto originale è forse la più importante per una corretta stima della vulnerabilità di un edificio esistente.

Tra la documentazione fornitaci dal Comune di Deruta è stato possibile reperire il seguente materiale:

- Relazione Tecnica e Certificato di Idoneità Statica redatto dall'Ing. Giuseppe Tosti nel 10/04/1981;
- Progetto schematico relativo all'intervento statico dei lavori di consolidamento della struttura del tetto dell'edificio scolastico di S. Angelo di Celle;
- Perizia suppletiva al progetto generale e approvazione del Progetto per il consolidamento dell'edificio scolastico di S. Angelo di Celle;
- Progetto strutturale dei lavori di ristrutturazione, adeguamento alle norme di sicurezza e abbattimento delle barriere architettoniche dell'edificio sede della Scuola Elementare di S. Angelo di Celle redatto dallo Studio M.T. Progetti nel 2002; contabilità lavori eseguiti dall'Impresa *Mautone Costruzioni S.a.s* – Direttore dei Lavori Ing. Umberto Tassi

In seguito alla documentazione reperita è stata condotta un'attenta operazione di rilievo, volte a verificare la geometria della struttura ed i dettagli costruttivi, ed una campagna d'indagine mediante la quale è stato possibile confermare i lavori di consolidamento degli anni '80 e quelli del 2002.

3.2. DATI DIMENSIONALI E SCHEMI PLANO-ALTIMETRICI

3.2.1. Dati dimensionali

In merito al progetto originale dell'edificio non si hanno notizie sebbene si ritiene che sia stato realizzato nei primi anni del 1900 con un'architettura tipica di quel periodo caratterizzata da altezze d'interpiano superiori a 4,00 m, ampie finestre ad arco a tutto sesto,

servizi caratterizzati da piccole finestrate posti ai lati corti, corpo scale centrato rispetto al lato di maggior lunghezza e decentrato completamente rispetto al lato corto, corridoio centrale di smistamento.

La costruzione presenta le seguenti caratteristiche strutturali:

- fondazioni a cordolo continue in pietra, di sezione maggiore rispetto alla muratura sovrastante, con piano di posa approfondito rispetto al piano terra esterno;
- struttura portante costituita da conci di pietra arenarie con nucleo interno e mattoni pieni nel sottotetto;
- solaio di piano terra rialzato di circa 80 cm rispetto al terreno esterno ed è costituito da un vespaio in ciottoli sovrastato da un battuto di cemento atto a fissare la pavimentazione; solaio di piano primo e del sottotetto in laterocemento tipo sap;
- scale in c.a. con gradini vincolati alle pareti laterali consolidate con intonaco armato;
- tramezzi in laterizio forati.

Il volume complessivo dell'edificio è di circa 4200 m³, è costituito da un piano terra, rialzato di circa 80 cm rispetto alla quota dei giardini, da un piano primo e piano di sottotetto in parte praticabile.

In merito alle murature che costituiscono la struttura portante, va evidenziato che alla fine degli anni settanta ed inizio degli anni ottanta sono state consolidate mediante intonaco cementizio sia interno che esterno.

Nel 1981, durante interventi di manutenzione e rifacimento del tetto, il solaio d'interpiano è stato oggetto di collaudo da parte dell'Ing. Giuseppe Tosti con una prova di carico con risultati più che soddisfacenti. I successivi interventi non hanno, pertanto, interessato tale orizzontamento anche in considerazione del fatto che non vi sono stati né cambi d'uso né variazioni di sovraccarichi dovute ad un cambio di normativa.

Nel 2002 l'edificio è stato oggetto di un intervento di ristrutturazione ed adeguamento alle norme di sicurezza e abbattimento delle barriere architettoniche. Si è trattato, altresì, di un intervento di miglioramento sismico generalizzato che ha previsto:

- lo svuotamento parziale del pacchetto del piano rialzato con la costituzione di una soletta di 10 cm armata con rete e spezzoni inseriti sulle murature del piano per dare una solida base di appoggio e di fatto incatenare tutte le murature portanti al piano terra per sopperire alla mancanza di cordoli alla stessa quota;
- l'inserimento di tiranti metallici al piano primo per aumentare l'effetto "scatola" dell'edificio;
- realizzazione di pareti armate in corrispondenza dei setti verticali del vano scale;
- inserimento di una nuova parete portante con relativa fondazione e predisposizione di un ulteriore corpo fondale per future realizzazioni di pareti di controventamento;

- è stata eseguita, a distanza di 20 anni, un'ulteriore prova di carico, che ha dato risultati soddisfacenti, tramite carichi puntuali equivalenti trasmessi da martinetti oleodinamici collegati ad una centralina di carico;

Dall'analisi della struttura allo stato attuale, sulla base dei documenti a disposizione, dalle ricognizioni effettuate e dei saggi condotti, emergono le seguenti considerazioni:

- ✓ la copertura è in parte di tipo spingente realizzata con travetti prefabbricati di tipo "Varese" con doppio tavellonato e una caldana di superficie non armata;
- ✓ le finestre presentano un'ampia svasatura in corrispondenza delle spalle laterali che riducono l'ampiezza dei maschi murari compresi tra le aperture stesse del perimetro dell'edificio;
- ✓ la copertura insiste su pilastri in muratura in mattoni pieni in falso;
- ✓ l'intervento di miglioramento realizzato nel 2002 presenta un miglior comportamento locale soprattutto per effetto dei tiranti metallici posti in corrispondenza del primo impalcato.

3.2.2. Inquadramento generale

L'immagine seguente mette in evidenza il posizionamento dell'edificio rispetto al centro di Sant'Angelo di Celle e la sua collocazione rispetto alle costruzioni adiacenti. E' censito catastalmente al Foglio n. 15 – Part. 80.

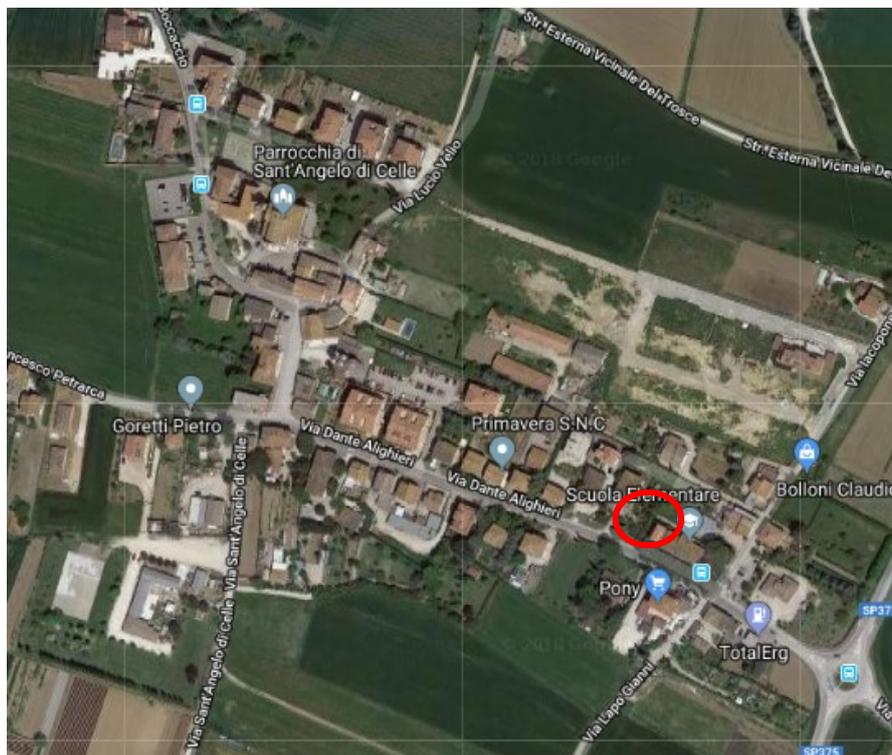


Figura 2 Inquadramento della struttura

3.2.3. Descrizione delle destinazioni d'uso dei diversi locali

L'edificio ospita attualmente la Scuola Primaria di Sant'Angelo di Celle. La destinazione d'uso originaria è la medesima. Per quanto riguarda le diverse destinazioni d'uso degli ambienti si fa riferimento all'elaborato grafico con le planimetrie dell'edificio.

3.2.4. Rilievo materico e dei particolari costruttivi

Per la qualificazione tipologico-materica degli elementi resistenti si è fatto riferimento ai rilievi eseguiti e alla campagna prove eseguita dal Laboratorio Certificato ISTEDIL S.p.a..

Per ulteriori dettagli si rimanda alle tavole grafiche di rilievo materico e strutturale e al rapporto di prova del Laboratorio.

3.2.5. Documentazione fotografica

Si rimanda all'Allegato fotografico.

3.3. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEL SITO

I caratteri geologici, geomorfologici, geotecnici e sismici dell'area in cui è ubicato l'edificio oggetto d'intervento, sono stati determinati dalla relazione geologica-geotecnica redatta dal Dott. Geol. Simone Sforza di cui si allega copia firmata.

Secondo le indagini svolte, secondo la Tabella 3.2.II del DM 17/01/2018, la categoria di suolo è "B" e la categoria topografica T1.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Vista la superficie pianeggiante del terreno la **categoria topografica è T1**.

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

3.4. QUADRO FESSURATIVO E DI DEGRADO

Sulla base degli elaborati strutturali reperiti è stata condotta una accurata analisi delle strutture portanti principali finalizzata all'individuazione di un eventuale quadro fessurativo e di degrado. Non sono emerse problematiche riconducibili a carenze dimensionali della struttura in elevazione né riguardanti il sistema fondale.

Si precisa che non si incorre in nessuno dei punti indicati al capitolo 8.3 delle N.T.C. relativo alla valutazione sulla sicurezza degli edifici e riportati qui di seguito:

- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta ad azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni), situazioni di funzionamento ed uso anomalo, deformazioni significative imposte da cedimenti del terreno di fondazione;
- provati gravi errori di progetto o di costruzione;
- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o della classe d'uso della costruzione;
- interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità o ne modifichino la rigidità.

Allo stato attuale il fabbricato oggetto della presente verifica si presenta in buono stato conservativo. Si segnalano delle infiltrazioni d'acqua a livello del primo impalcato, di seguito le foto che evidenziano tale degrado riscontrato indagando il solaio e smontando il controsoffitto presente.



Infiltrazioni livello del primo impalcato

3.5. RILIEVO MATERICO E DEI PARTICOLARI COSTRUTTIVI

Sulla base degli elaborati reperi, di pari passo all'individuazione di un eventuale quadro fessurativo e di degrado è stato condotto il rilievo materico e dei particolari costruttivi.

La campagna prove ha permesso di rilevare tre differenti tipologie murarie:

- Muratura a conci sbozzati in pietra e nucleo interno;
- Muratura in mattoni pieni e malta di calce nel sottotetto (rifacimento della copertura nel 1981);
- Muratura in blocchi laterizi semipieni (setto piano terra realizzato nel 2002).

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato grafico allegato.

3.6. IDENTIFICAZIONE DELLA STRUTTURA DI FONDAZIONE

Il sistema fondale è caratterizzato dal prolungamento delle murature al di sotto del piano di campagna.

Per quanto concerne la presente verifica di vulnerabilità si fa presente che per l'edificio in esame sono rispettati i punti riportati al C8A.5.11 della Circolare del 2 febbraio 2009, n. 617 delle NTC validi per le strutture in muratura e riportate qui di seguito:

- Nella costruzione non siano presenti importanti dissesti di qualsiasi natura attribuibili a cedimenti delle fondazioni e sia stato accertato che i dissesti della stessa natura

non siano stati prodotti neppure in precedenza.

- La previsione di possibili interventi non comporta alterazioni dello schema strutturale del fabbricato.
- La previsione di possibili interventi non comporta modifiche delle sollecitazioni trasmesse alle fondazioni.
- Sono esclusi fenomeni di ribaltamento della costruzione per effetto delle azioni sismiche.

Si ritiene quindi che si possano omettere le verifiche sulle strutture di fondazione.

3.7. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA PORTANTE E SINTESI DELLE VULNERABILITA' RISCOSTRATE E/O POSSIBILI

La struttura verticale portante originaria è in muratura ordinaria in pietrame disordinato costituita da conci sbazzati con nucleo interno e da mattoni pieni all'ultimo livello (rifacimento copertura anni '80). Il primo impalcato ed il sottotetto sono in solaio tipo Sap mentre la copertura è in travetti prefabbricati di tipo "Varese" con doppio tavellonato e una caldana di superficie non armata, manto in coppi.

Vulnerabilità nei confronti delle azioni statiche

Da quanto è stato possibile riscontrare nel corso dei sopralluoghi e della campagna conoscitiva, dal punto di vista statico la struttura non presenta vulnerabilità evidenti. Come già accennato le strutture si presentano in buono stato di conservazione.

Considerazioni sulla regolarità dell'edificio

Risulta poi necessario verificare la regolarità della struttura in pianta ed in altezza come indicato al paragrafo C8A.1.B.2 in riferimento al paragrafo 7.2.2 delle NTC 2018.

REGOLARITA' IN PIANTA:

- a) La configurazione in pianta deve essere compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidità. SI
- b) Il rapporto tra lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta deve essere < 4 . SI
- c) Nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25% della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione. SI
- d) Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti: NO

Struttura Non Regolare in Pianta

REGOLARITA' IN ALTEZZA:

- a) Tutti i sistemi resistenti verticali si estendono per tutta l'altezza della costruzione NO
- b) Massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione della costruzione: NO

Struttura Non Regolare in Altezza

La struttura in esame non risulta regolare né in pianta né in altezza.

4. AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Ai sensi del DM 17/01/2018 “Norme tecniche per le costruzioni” ai fini della determinazione delle azioni sismiche gravanti sulle opere in progetto, risulta necessaria la conoscenza della cosiddetta “**pericolosità sismica di base**” e della risposta sismica locale, ossia della “**categoria di sottosuolo**”.

La pericolosità sismica viene introdotta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento e suolo rigido (Tipo “A” secondo la Tab. 3.2.II) con superficie topografica orizzontale (a_g), di ordinate dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione ($S_e(T)$), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R definito in fase di scelte progettuali (vedi tabella 3.2.I delle norme sotto riportata).

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Le forme spettrali vengono dunque definite, in funzione delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento (da 30 a 2475 anni), a partire dai seguenti parametri di sito:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Vita nominale della costruzione

- $V_N \geq 50$ anni \Rightarrow “Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale” - Tab. 2.4.I, punto 2, D.M. 17-01-2018.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Classe d'uso

- Classe III \Rightarrow “Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie [...] Dighe rilevanti per il loro eventuale collasso”.

Periodo di riferimento per l'azione sismica

- $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1.50 = 75$ anni

$\Rightarrow C_U = 1.5$ per Classe d'uso III - Tab. 2.4.II, DM 17/01/2018.

Ubicazione dell'opera

Al fine della determinazione dei parametri di sito, è necessaria la conoscenza dell'ubicazione dell'opera. Nel caso in oggetto le coordinate del sito di costruzione risultano (ED50):

\Rightarrow Ubicazione fabbricato: **12.379834 Long.** - **43.999716 Lat.**

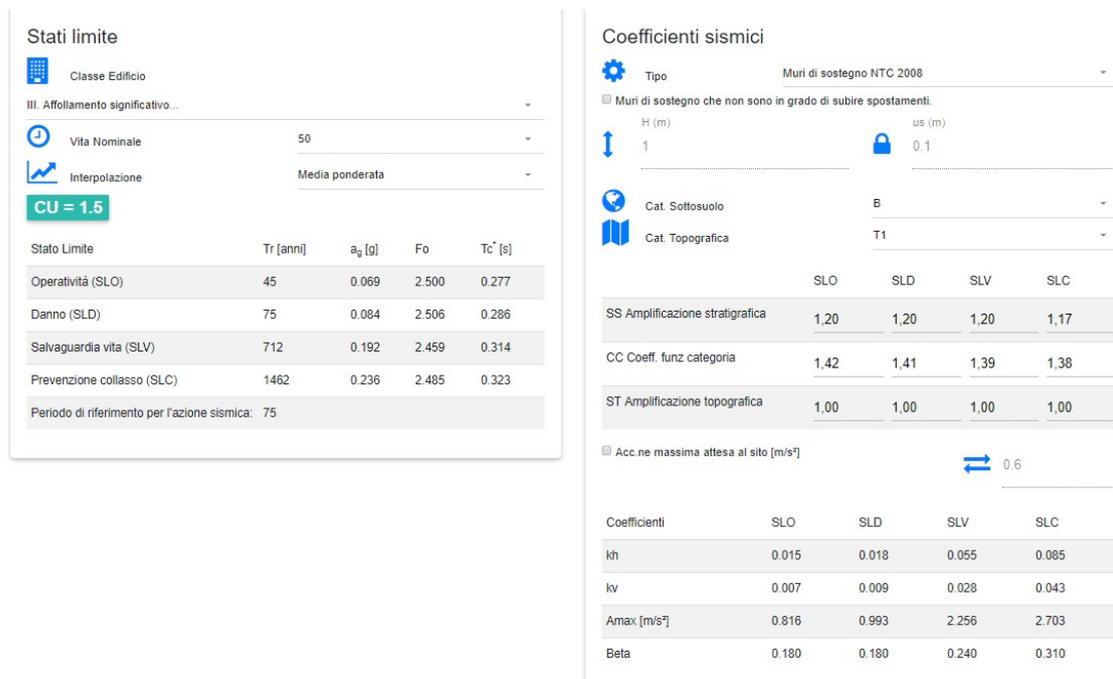


Figura 3 Coordinate geografiche

Condizioni topografiche

Le condizioni topografiche sono tali da considerare la costruzione ricadente nella categoria “T1” della Tab. 3.2.IV del DM 17/01/2018.

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Categoria di sottosuolo

La categoria di sottosuolo individuata tra quelle previste nella Tabella 3.2.II del DM 17/01/2018, è la “B”.

4.1 Definizione dell’azione sismica

Tutti i parametri sopra descritti sono funzionali alla determinazione dell’azione sismica. Si riportano di seguito le immagini relative al software di calcolo dove è possibile prendere visione dei diversi parametri sismici adottati nell’analisi.

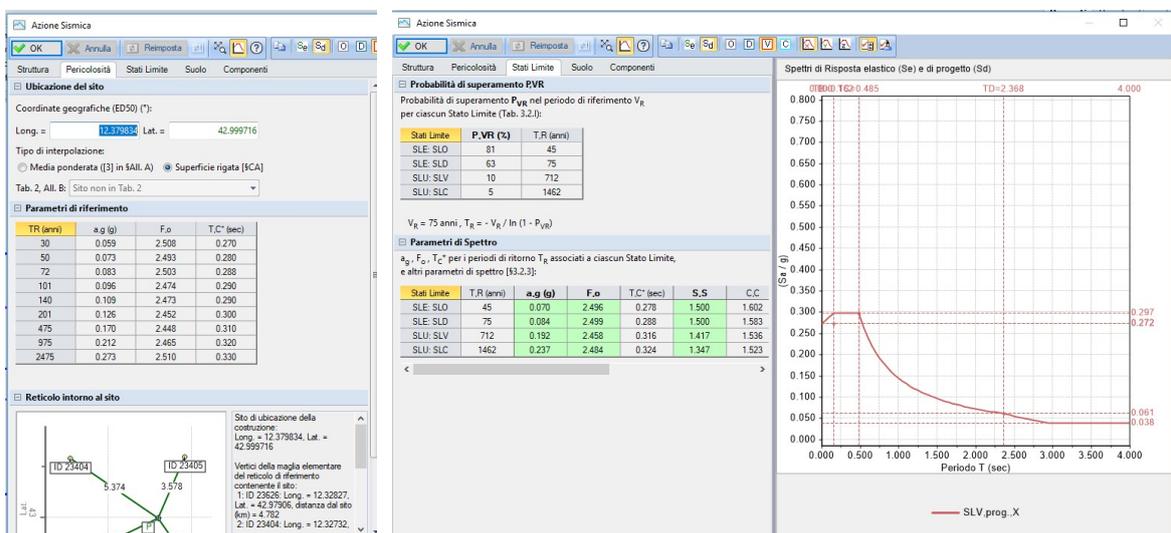


Figura - Parametri sismici adottati nell’analisi

Azioni sismiche

In definitiva le accelerazioni di ancoraggio (PGA) definite in funzione dei vari Stati Limite risultano:

Su suolo di fondazione (tipo “B”)

$$\Rightarrow \mathbf{PGA_{SLV,RIF} = 0.230 \text{ m/s}^2}$$

$$\Rightarrow \mathbf{PGA_{SLD,RIF} = 0.101 \text{ m/s}^2}$$

$$\Rightarrow \mathbf{PGA_{SLO,RIF} = 0.084 \text{ m/s}^2}$$

I corrispondenti periodi di riferimento, sempre in funzione dei vari Stati Limite, risultano:

$$\Rightarrow \mathbf{T_{R,SLV,RIF} = 712 \text{ anni}}$$

$$\Rightarrow \mathbf{T_{R,SLD,RIF} = 75 \text{ anni}}$$

$$\Rightarrow \mathbf{T_{R,SLO,RIF} = 45 \text{ anni}}$$

5. INDAGINI SPECIALISTICHE

L'esecuzione delle indagini specialistiche, unitamente all'analisi della documentazione progettuale reperita ed al rilievo geometrico/strutturale e del quadro fessurativo/degrado, costituisce la fase di campagna conoscitiva necessaria all'acquisizione di un Livello di Conoscenza e quindi propedeutica all'esecuzione delle verifiche tecniche finali.

L'obiettivo prefissato era di raggiungere un livello di conoscenza **LC2**.

Conseguentemente la campagna effettivamente posta in essere in sito è stata condotta nel rispetto di quanto ipotizzato e riducendo il più possibile le interferenze ed i disagi con le attività didattiche all'interno della struttura il tutto in accordo con le esigenze della Pubblica Amministrazione.

Le indagini sperimentali sui materiali e strutture sono state effettuate da **Istedil S.p.a.**, laboratorio autorizzato all'esecuzione di prove sui materiali da costruzione ai sensi dell'art. 20 della Legge 1086 del 05/11/1971, alle certificazioni CE, Notificato CEE n. 0529.

In relazione alla Tabella C8A.1.2 della Circ.617/2009 sotto riportata, si specifica:

Tabella C8A.1.2 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00

- **Geometria:** è stata dedotta dalle tavole architettoniche messe a disposizione dall'Ente e poi verificata o determinata ex novo con rilievi e campagna prove eseguiti sulla struttura.

- **Dettagli costruttivi:** saggi visivi in più punti della struttura e campagna prove (Prove Videoendoscopiche).

- **Proprietà dei materiali:** mediante prove con martinetti piatti singoli e doppi e chimica su malta;

Di seguito un riepilogo delle prove eseguite, per una conoscenza più approfondita si rimanda al rapporto di prova del laboratorio certificato e alla tavola grafica.

Indagini diagnostiche eseguite				
Tipo di prova	Sigla	N° prove	Ubicazione delle prove	Motivazione
<i>Saggi Visivi</i>	<i>SV</i>	<i>8</i>	<i>Piano Terra Piano Primo Sottotetto</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Rilievo tipologia muraria; - Qualità del collegamento tra pareti verticali; - Confronto dei collegamenti con quelli di progetto
<i>Martinetti piatti singoli e doppi</i>	<i>M</i>	<i>1</i>	<i>Piano Terra</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Resistenza a compressione della muratura (martinetto doppio) - Modulo di elasticità normale (martinetto doppio) - Stato tensionale di esercizio della muratura (martinetto singolo)
<i>Chimica su malta</i>	<i>PM</i>	<i>1</i>	<i>Piano Terra</i>	- qualità malta;
<i>Prova Videoendoscopica</i>	<i>VE</i>	<i>2</i>	<i>Piano Terra Piano Primo</i>	<p><i>Solai</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Individuazione pacchetto di solai e stima dei carichi di piano. <p><i>Muratura - Proprieta' dei materiali</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipologia della muratura (a un paramento, a due o più paramenti, con o senza riempimento, a sacco, con o senza collegamenti trasversali...) - Caratteristiche costruttive (eseguita in mattoni o in pietra, regolare, irregolare...) - Visualizzare i materiali utilizzati nella costruzione

				<i>Dettagli costruttivi</i> <i>- Rilievo della consistenza dello spessore murario</i> <i>- Capire la tecnica costruttiva</i> <i>- Individuare eventuali vuoti o cavità</i>
--	--	--	--	---

6. VERIFICHE NUMERICHE

6.1. PREMESSA

A seguito della fase di reperimento della documentazione e della fase conoscitiva/diagnostica, si è passati alle verifiche numeriche e alla stima del grado di sicurezza dell'edificio.

6.2. ANALISI DEI CARICHI

Nel presente paragrafo si stimano i carichi che gravano sulla struttura in accordo con le prescrizioni contenute al capitolo 2 del D.M. 17/01/2018.

6.2.1. Valutazione del carico neve

Il carico neve viene valutato secondo quanto indicato al punto 3.4 del D.M.17/01/2018 mediante l'espressione:

$$q_s = \mu_i \times q_{sk} \times C_E \times C_t$$

$q_{sk} \Rightarrow$ valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo

- Deruta (Perugia) \Rightarrow Zona II
 - a_s ($h_{s.l.m.}$) \Rightarrow m (< 200m)
- $q_{sk} = 1.00 \text{ kN/m}^2$

$C_E \Rightarrow$ coefficiente di esposizione

$$C_E = 1 \text{ (Area con esposizione normale)}$$

$C_t \Rightarrow$ coefficiente termico

$$C_t = 1$$

$\mu_i \Rightarrow$ coefficiente di forma

- Copertura ad una falda
 - $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$
- $\mu_i = \mu_1 = 0.8 \text{ } (\alpha=0^\circ)$

In definitiva i valori del carico neve da utilizzare per l'analisi delle strutture risultano pari a:

$$q_s = \mu q_{sk} C_E C_t = 0.8 \text{ kN/m}^2 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{80 \text{ kN/m}^2}$$

Nel modello di calcolo si è assunto cautelativamente il valore di 100 kg/m^2 di modo che il carico variabile neve risulta sempre più sfavorevole rispetto al carico per la manutenzione ordinaria della copertura (Cat. H - 50 kg/m^2) e si evita pertanto di elaborare la combinazione in cui la manutenzione della copertura è l'azione variabile dominante e la neve quella secondaria.

6.2.2. Valutazione dell'azione del vento

La pressione del vento è stata valutata secondo quanto indicato al paragrafo 3.3 delle NTC 2018.

Il sito si trova in Provincia di Perugia e quindi, da quanto indicato in Tab. 3.3.I e Fig. 3.3.1 ricade in Zona III.

L'altezza del sito a_s dove sorge la costruzione è inferiore di a_0 per cui il valore caratteristico della velocità del vento risulta pari a $v_b = 27$ m/s.

La pressione cinetica di riferimento q_b , considerando che la densità dell'aria è assunta convenzionalmente pari a $\rho = 1,25$ kg/m³, vale:

$$q_b = 45.5 \text{ kg/m}^2$$

La rugosità del terreno relativa al sito di costruzione può essere ricondotta ad una classe di rugosità B.

Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....), aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

In base alle tabelle riportate in Fig. 3.3.2 delle NTC 2018 si assume di conseguenza una categoria di esposizione IV.

I parametri per la definizione del coefficiente di esposizione risultano:

Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

L'altezza da terra è inferiore al valore limite per la suddetta classe di esposizione ed il valore

del coefficiente di topografia è assunto pari all'unità come indicato al paragrafo 3.3.7 delle NTC 2018; poiché si determina un coefficiente di esposizione: $c_e(z=10m) = 1.92$

Il valore del coefficiente di forma (o di pressione) viene assunto pari a:

$$C_p = 0.8.$$

Il valore del coefficiente dinamico può essere cautelativamente assunto pari ad 1, come indicato al paragrafo 3.3.8 delle NTC 2018.

Il carico a metro quadrato della pressione del vento vale, genericamente:

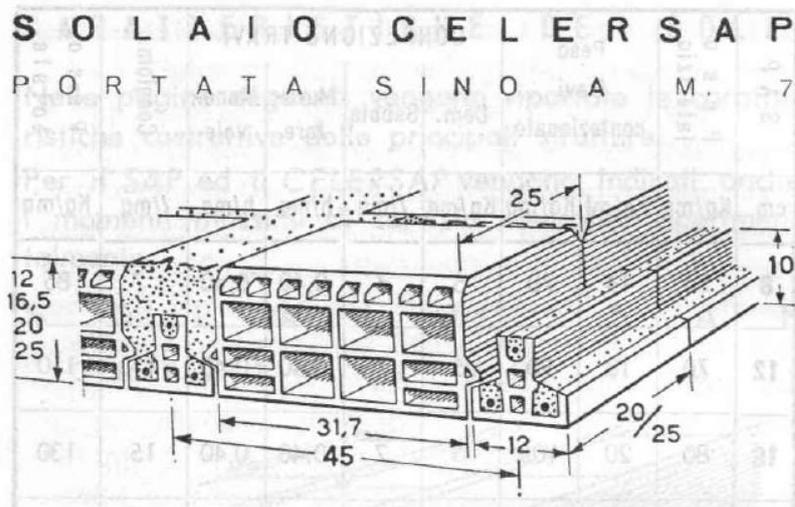
$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Si possono dunque calcolare i valori della pressione a metro quadrato:

$$P = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d = 45.5 \times 1.92 \times 0.8 \times 1 = 70 \text{ kg/m}^2$$

6.2.3. Primo Impalcato

Il primo impalcato è solaio tipo Sap (Vedi E1). Il peso proprio del solaio tipo Sap è stato stimato dagli estratti del Bollettino "Il laterizio" di Erredibi Piacenza 1958.



Altezza cm.	Peso travi e blocchi Kg/mq.	Conglomerato per il getto l/mq.	Peso solaio in opera Kg/mq.
12	74	14	105
16,5	87	26	145
20	92	35	170
25	113	48	220

Solaio tipo SAP.....	220	kg/m ²
Rigetto di completamento	<u>50</u>	kg/m ²
<i>Carico permanente strutturale totale caratteristico.....</i>	G_{1k} = 270	kg/m²
Pavimento	10	kg/m ²
Massetto e allettamento	100	kg/m ²
Tramezzature	100	kg/m ²
Controsoffitto - Intonaco	<u>40</u>	kg/m ²
<i>Carico permanente non strutturale totale caratteristico.....</i>	G_{2k} = 250	kg/m²
<i>Carico variabile caratteristico</i> (Cat. C1 – Scuole).....	Q_{1k}=300	kg/m²

6.2.4. Impalcato Sottotetto

Il secondo impalcato è solaio tipo Sap.

Solaio tipo SAP.....	220	kg/m ²
Rigetto di completamento	<u>50</u>	kg/m ²
<i>Carico permanente strutturale totale caratteristico.....</i>	G_{1k} = 270	kg/m²
Allettamento	20	kg/m ²
Controsoffitto - Intonaco	<u>30</u>	kg/m ²
<i>Carico permanente non strutturale totale caratteristico.....</i>	G_{2k} = 50	kg/m²
<i>Carico variabile caratteristico</i> (Cat. H1 – Manutenzione)	Q_{1k}=50	kg/m²

6.2.5. Impalcato Copertura

L'impalcato di copertura è in travi tipo "Varese" e doppio tavellone con caldana di superficie non armata.

Travi "Varese"	70	kg/m ²
Doppia tavella.....	80	kg/m ²
Caldana non armata	<u>100</u>	kg/m ²
<i>Carico permanente strutturale totale caratteristico.....</i>	G_{1k} = 250	kg/m²
Isolamento – Tegoli - Coppi	<u>100</u>	kg/m ²
<i>Carico permanente non strutturale totale caratteristico.....</i>	G_{2k} = 100	kg/m²
<i>Carico variabile caratteristico</i> (Neve)	Q_{1k}=100	kg/m²

6.2.6. Azione sismica di progetto

Le azioni sismiche di riferimento per i vari Stati Limite, sono modellate mediante gli spettri di risposta elastici descritti al punto 4, cui si rimanda anche per l'individuazione di tutti i parametri che ne concorrono alla definizione.

6.2.7. Combinazione delle azioni

Al fine di condurre le verifiche strutturali sia allo stato limite ultimo sia allo stato limite di esercizio, sono state prese in considerazione le combinazioni di carico riportate al paragrafo 2.5.3 delle NTC2018.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

I coefficienti parziali sono stati scelti secondo quanto riportato al punto 8.5.5 delle NTC ove viene data al progettista/verificatore la possibilità di scegliere coefficienti parziali modificati. **A seguito del rilievo effettuato è stato possibile definire un coefficiente parziale unitario per i carichi permanenti strutturali e per i carichi permanenti portati.**

6.3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Trattandosi di edifici esistenti la valutazione della sicurezza è normalmente affetta da un grado di incertezza diverso da quello degli edifici di nuova progettazione. Ciò comporta l'impiego di adeguati fattori di confidenza (FC) nelle verifiche di sicurezza dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità dell'informazione disponibile e quindi dal grado di conoscenza del manufatto raggiunto a seguito delle indagini effettuate.

La norma individua tre livelli di conoscenza definiti in funzione della completezza dei dati acquisiti su tre aspetti fondamentali:

- geometria
- dettagli strutturali
- materiali.

Il livello di conoscenza acquisito determina il metodo di analisi e i fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali.

Sulla base dell'accuratezza delle operazioni di rilievo, volte a definire la geometria della struttura e i dettagli costruttivi, i saggi visivi e la campagna di indagine svolta dal laboratorio certificato Istedil Spa si assume un **livello di conoscenza LC2 e il relativo fattore di confidenza FC=1,2.**

Dai saggi visivi eseguiti e dalla campagna prove **si sono rilevate tre differenti tipologie murarie:**

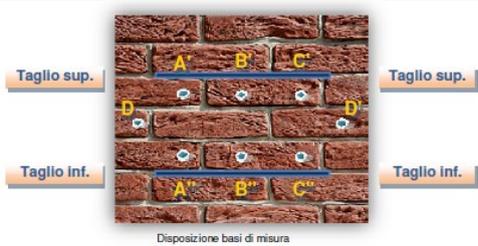
- **Muratura a conci sbazzati e nucleo interno;**
- **Muratura in mattoni pieni (sottotetto);**
- **Muratura in blocchi laterizi semipieni (setto piano terra realizzato nel 2002).**

Per i valori dei **parametri meccanici della muratura**, dal momento che i risultati della prova con martinetti piatti doppi ha fornito valori di resistenza della muratura bassi (1.23 Mpa), si sono considerati **cautelativamente i valori minimi** della tabella **Tab. C8A.2.1 per tipologia muraria di conci sbazzati e nucleo interno** nonostante la Normativa preveda il valore medio dell'intervallo per il livello di conoscenza adeguata della struttura LC2.

I risultati scadenti della prova dei martinetti sono stati inficiati dalla presenza di pietre arenarie di piccole dimensioni presenti nella zona di indagine e nella presenza di discontinuità strutturali localizzate nella zona di prova.

Il non utilizzare il valore della prova, a parere dello scrivente, falsato per le motivazioni di cui sopra, è suffragato anche dai valori della stessa prova registrati presso il plesso di San Nicolò di Celle. Tale costruzione, realizzata negli stessi anni, e con lo stesso tipo di materiale ha dato risultati decisamente diversi. Lo stesso si può dire analizzando la prova di martinetti piatti eseguita presso il plesso di Casalina. Stesso periodo di realizzazione, materiali forse più scadenti, pietre rotondeggianti da fiume, ma risultati decisamente migliori.

Di seguito si riporta un'immagine estrapolata dal rapporto di prova.

SCHEDA DATI MARTINETTO PIATTO DOPPIO		
Prova n° 1		
Tipo di prova: DOPPIO	TENSIONE MASSIMA RILEVATA : 1,23 Mpa	
Martinetti n° 1 e 2		
Area taglio superiore	(cm ²)	286,52
Area taglio inferiore	(cm ²)	286,52
Area martinetto	(cm ²)	286,52
K _m	---	0,82
K _a	---	1,00
K _{tot} = K _a x K _m	---	0,82
Distanza basi di misura verticali	(cm)	20
Distanza basi di misura orizzont.	(cm)	20
Distanza tagli	(cm)	40
		 <p style="text-align: center; font-size: small;">Disposizione basi di misura</p>

Risultati Prova Martinetti Piatti Doppri

In virtù dei bassi valori ottenuti dalla prova con martinetti doppi i valori dei parametri meccanici della muratura in conci sbozzati sono stati ulteriormente **ridotti applicando il coefficiente correttivo 0.9** per nucleo scadente della **Tab. C8A.2.2**.

Per la tipologia muraria in mattoni pieni del sottotetto e del setto in blocchi poroton realizzato nel 2002 sono stati invece considerati i valori medi della tabella Tab. C8A.2.1.

Di seguito i valori inseriti nel modello di calcolo.

Tipologia di muratura	f_m	τ_0	E	G	w
	(N/cm ²)	(N/cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/m ³)
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200 300	3,5 5,1	1020 1440	340 480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260 380	5,8 7,4	1500 1980	500 660	21
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140 240	2,8 4,2	900 1260	300 420	16
Muratura a blocchi lapidei quadrati	600 800	9,0 12,0	2400 3200	780 940	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240 400	6,0 9,2	1200 1800	400 600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)	500 800	24 32	3500 5600	875 1400	15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400 600	30,0 40,0	3600 5400	1080 1620	12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	500 400	18,0 13,0	2700 3600	810 1080	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150 200	9,5 12,5	1200 1600	300 400	12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300 440	18,0 24,0	2400 3520	600 880	14

Di seguito i valori inseriti nel modello di calcolo.

Muratura a conci sbozzati e nucleo interno

$$f_m = 200 \text{ N/cm}^2 \times 0.9 = 180 \text{ N/cm}^2$$

$$\tau_0 = 3.5 \text{ N/cm}^2 \times 0.9 = 3.15 \text{ N/cm}^2$$

$$E = 1020 \text{ N/mm}^2 \times 0.9 = 918 \text{ N/mm}^2$$

$$G = 340 \text{ N/mm}^2 \times 0.9 = 306 \text{ N/mm}^2$$

$$W = 20 \text{ kN/m}^3 \times 0.9 = 18 \text{ kN/m}^3$$

Muratura in mattoni pieni

$$f_m = 320 \text{ N/cm}^2$$

$$\tau_0 = 7.6 \text{ N/cm}^2$$

$$E = 1500 \text{ N/mm}^2$$

$$G = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$W = 18 \text{ kN/m}^3$$

Muratura in blocchi laterizi semipieni

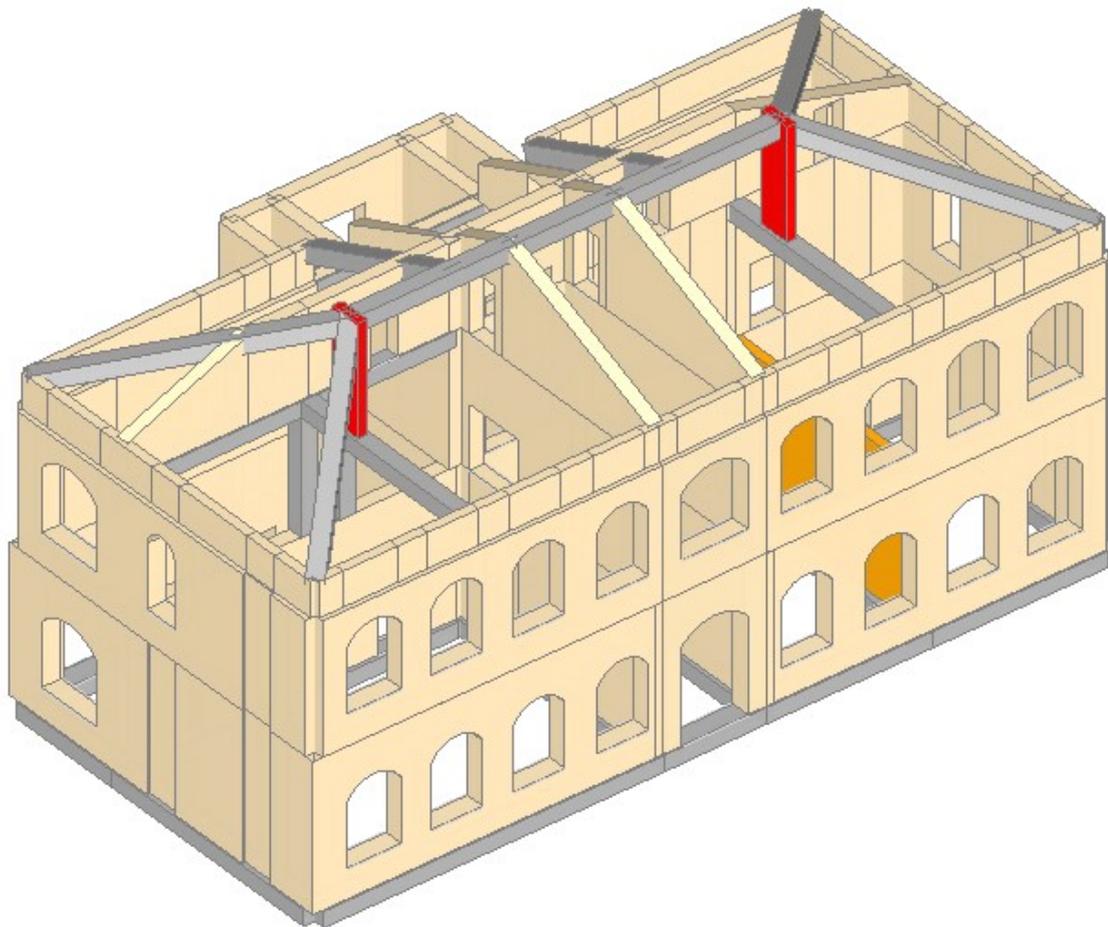
$$f_m = 500 \text{ N/cm}^2$$

$$\tau_0 = 3.5 \text{ N/cm}^2$$

$$E = 4500 \text{ N/mm}^2$$

$$G = 1350 \text{ N/mm}^2$$

$$W = 12 \text{ kN/m}^3$$



Modello di calcolo con evidenziate le diverse tipologie di materiale

Proprietà		Report																																												
Mattoni Pieni																																														
<table border="1"> <tr><td colspan="2">Generale</td></tr> <tr><td>Nome</td><td>Mattoni Pieni</td></tr> <tr><td>Tipologia</td><td>Pietrame disordinata</td></tr> <tr><td>Fattore di Confidenza</td><td>1.35</td></tr> <tr><td colspan="2">Moduli elastici</td></tr> <tr><td>Valori</td><td>Medi</td></tr> <tr><td>E</td><td>870</td></tr> <tr><td>G</td><td>290</td></tr> <tr><td colspan="2">Resistenze</td></tr> <tr><td>Valori</td><td>Medi</td></tr> <tr><td>f,m</td><td>1.400</td></tr> <tr><td>$\tau,0$</td><td>0.026</td></tr> <tr><td>f,tm</td><td>0.140</td></tr> <tr><td>f,hm</td><td>0.700</td></tr> <tr><td colspan="2">Altre proprietà meccaniche</td></tr> <tr><td>w</td><td>20.00</td></tr> <tr><td>Coefficiente d'attrito</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>α</td><td>0.000010</td></tr> <tr><td colspan="2">Coefficienti correttivi</td></tr> <tr><td colspan="2">Proprietà grafiche</td></tr> <tr><td>Colore 2D</td><td>0; 0; 0</td></tr> <tr><td>Colore 3D</td><td>Red</td></tr> </table>			Generale		Nome	Mattoni Pieni	Tipologia	Pietrame disordinata	Fattore di Confidenza	1.35	Moduli elastici		Valori	Medi	E	870	G	290	Resistenze		Valori	Medi	f,m	1.400	$\tau,0$	0.026	f,tm	0.140	f,hm	0.700	Altre proprietà meccaniche		w	20.00	Coefficiente d'attrito	0.40	α	0.000010	Coefficienti correttivi		Proprietà grafiche		Colore 2D	0; 0; 0	Colore 3D	Red
Generale																																														
Nome	Mattoni Pieni																																													
Tipologia	Pietrame disordinata																																													
Fattore di Confidenza	1.35																																													
Moduli elastici																																														
Valori	Medi																																													
E	870																																													
G	290																																													
Resistenze																																														
Valori	Medi																																													
f,m	1.400																																													
$\tau,0$	0.026																																													
f,tm	0.140																																													
f,hm	0.700																																													
Altre proprietà meccaniche																																														
w	20.00																																													
Coefficiente d'attrito	0.40																																													
α	0.000010																																													
Coefficienti correttivi																																														
Proprietà grafiche																																														
Colore 2D	0; 0; 0																																													
Colore 3D	Red																																													
Blocchi Poroton																																														
<table border="1"> <tr><td colspan="2">Generale</td></tr> <tr><td>Nome</td><td>Blocchi Poroton</td></tr> <tr><td>Tipologia</td><td>Blocchi laterizi semipieni</td></tr> <tr><td>Fattore di Confidenza</td><td>1.20</td></tr> <tr><td colspan="2">Moduli elastici</td></tr> <tr><td>Valori</td><td>Medi</td></tr> <tr><td>E</td><td>4500</td></tr> <tr><td>G</td><td>1350</td></tr> <tr><td colspan="2">Resistenze</td></tr> <tr><td>Valori</td><td>Medi</td></tr> <tr><td>f,m</td><td>5.000</td></tr> <tr><td>$\tau,0$</td><td>0.350</td></tr> <tr><td>f,tm</td><td>0.500</td></tr> <tr><td>f,hm</td><td>2.500</td></tr> <tr><td colspan="2">Altre proprietà meccaniche</td></tr> <tr><td>w</td><td>12.00</td></tr> <tr><td>Coefficiente d'attrito</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>α</td><td>0.000010</td></tr> <tr><td colspan="2">Coefficienti correttivi</td></tr> <tr><td colspan="2">Proprietà grafiche</td></tr> <tr><td>Colore 2D</td><td>0; 0; 0</td></tr> <tr><td>Colore 3D</td><td>255; 165; 0</td></tr> </table>			Generale		Nome	Blocchi Poroton	Tipologia	Blocchi laterizi semipieni	Fattore di Confidenza	1.20	Moduli elastici		Valori	Medi	E	4500	G	1350	Resistenze		Valori	Medi	f,m	5.000	$\tau,0$	0.350	f,tm	0.500	f,hm	2.500	Altre proprietà meccaniche		w	12.00	Coefficiente d'attrito	0.40	α	0.000010	Coefficienti correttivi		Proprietà grafiche		Colore 2D	0; 0; 0	Colore 3D	255; 165; 0
Generale																																														
Nome	Blocchi Poroton																																													
Tipologia	Blocchi laterizi semipieni																																													
Fattore di Confidenza	1.20																																													
Moduli elastici																																														
Valori	Medi																																													
E	4500																																													
G	1350																																													
Resistenze																																														
Valori	Medi																																													
f,m	5.000																																													
$\tau,0$	0.350																																													
f,tm	0.500																																													
f,hm	2.500																																													
Altre proprietà meccaniche																																														
w	12.00																																													
Coefficiente d'attrito	0.40																																													
α	0.000010																																													
Coefficienti correttivi																																														
Proprietà grafiche																																														
Colore 2D	0; 0; 0																																													
Colore 3D	255; 165; 0																																													

Parametri meccanici della muratura a mattoni pieni e blocchi laterizi semipieni

Proprietà		Report																																														
Muratura in pietrame																																																
<table border="1"> <tr><td colspan="2">Generale</td></tr> <tr><td>Nome</td><td>Muratura in pietrame</td></tr> <tr><td>Tipologia</td><td>Conci sbozzati</td></tr> <tr><td>Fattore di Confidenza</td><td>1.20</td></tr> <tr><td colspan="2">Moduli elastici</td></tr> <tr><td>Valori</td><td>Minimi</td></tr> <tr><td>E</td><td>1020</td></tr> <tr><td>G</td><td>340</td></tr> <tr><td colspan="2">Resistenze</td></tr> <tr><td>Valori</td><td>Minimi</td></tr> <tr><td>f,m</td><td>2.000</td></tr> <tr><td>$\tau,0$</td><td>0.035</td></tr> <tr><td>f,tm</td><td>0.200</td></tr> <tr><td>f,hm</td><td>1.000</td></tr> <tr><td colspan="2">Altre proprietà meccaniche</td></tr> <tr><td>w</td><td>20.00</td></tr> <tr><td>Coefficiente d'attrito</td><td>0.40</td></tr> <tr><td>α</td><td>0.000010</td></tr> <tr><td colspan="2">Coefficienti correttivi</td></tr> <tr><td colspan="2">Proprietà grafiche</td></tr> <tr><td>Colore 2D</td><td>169; 169; 169</td></tr> <tr><td>Colore 3D</td><td>245; 222; 179</td></tr> <tr><td>Texture</td><td>Pietra_1</td></tr> </table>			Generale		Nome	Muratura in pietrame	Tipologia	Conci sbozzati	Fattore di Confidenza	1.20	Moduli elastici		Valori	Minimi	E	1020	G	340	Resistenze		Valori	Minimi	f,m	2.000	$\tau,0$	0.035	f,tm	0.200	f,hm	1.000	Altre proprietà meccaniche		w	20.00	Coefficiente d'attrito	0.40	α	0.000010	Coefficienti correttivi		Proprietà grafiche		Colore 2D	169; 169; 169	Colore 3D	245; 222; 179	Texture	Pietra_1
Generale																																																
Nome	Muratura in pietrame																																															
Tipologia	Conci sbozzati																																															
Fattore di Confidenza	1.20																																															
Moduli elastici																																																
Valori	Minimi																																															
E	1020																																															
G	340																																															
Resistenze																																																
Valori	Minimi																																															
f,m	2.000																																															
$\tau,0$	0.035																																															
f,tm	0.200																																															
f,hm	1.000																																															
Altre proprietà meccaniche																																																
w	20.00																																															
Coefficiente d'attrito	0.40																																															
α	0.000010																																															
Coefficienti correttivi																																																
Proprietà grafiche																																																
Colore 2D	169; 169; 169																																															
Colore 3D	245; 222; 179																																															
Texture	Pietra_1																																															
<table border="1"> <tr><td colspan="2">Caratteristiche</td></tr> <tr><td>Tipologia</td><td>Maschio</td></tr> <tr><td>Da analizzare</td><td>Si</td></tr> <tr><td>Piano</td><td>Piano 2</td></tr> <tr><td>Lunghezza</td><td>4.150</td></tr> <tr><td>Direzione</td><td>0.000,0.000,1.000</td></tr> <tr><td>Colore</td><td>211; 211; 211</td></tr> <tr><td>Sezione</td><td>A 600x2677</td></tr> <tr><td>Angolo di rotazione</td><td>90.00°</td></tr> <tr><td>Materiale</td><td>Muratura in pietrame</td></tr> <tr><td>Rigidezza fessurata</td><td>50</td></tr> <tr><td>Infinitamente rigida</td><td>No</td></tr> <tr><td>Paramento</td><td></td></tr> <tr><td>Assemblaggio</td><td></td></tr> <tr><td>Gruppo strutturale</td><td></td></tr> <tr><td colspan="2">Caratteristiche costruttive</td></tr> <tr><td>Malta buona</td><td>No</td></tr> <tr><td>Giunti sottili</td><td>No</td></tr> <tr><td>Ricorsi</td><td>No</td></tr> <tr><td>Connessioni trasversali</td><td>No</td></tr> <tr><td>Nucleo scadente</td><td>Si</td></tr> </table>			Caratteristiche		Tipologia	Maschio	Da analizzare	Si	Piano	Piano 2	Lunghezza	4.150	Direzione	0.000,0.000,1.000	Colore	211; 211; 211	Sezione	A 600x2677	Angolo di rotazione	90.00°	Materiale	Muratura in pietrame	Rigidezza fessurata	50	Infinitamente rigida	No	Paramento		Assemblaggio		Gruppo strutturale		Caratteristiche costruttive		Malta buona	No	Giunti sottili	No	Ricorsi	No	Connessioni trasversali	No	Nucleo scadente	Si				
Caratteristiche																																																
Tipologia	Maschio																																															
Da analizzare	Si																																															
Piano	Piano 2																																															
Lunghezza	4.150																																															
Direzione	0.000,0.000,1.000																																															
Colore	211; 211; 211																																															
Sezione	A 600x2677																																															
Angolo di rotazione	90.00°																																															
Materiale	Muratura in pietrame																																															
Rigidezza fessurata	50																																															
Infinitamente rigida	No																																															
Paramento																																																
Assemblaggio																																																
Gruppo strutturale																																																
Caratteristiche costruttive																																																
Malta buona	No																																															
Giunti sottili	No																																															
Ricorsi	No																																															
Connessioni trasversali	No																																															
Nucleo scadente	Si																																															

Parametri meccanici della muratura a conci sbozzati

6.4. DESCRIZIONE DELLE ANALISI CONDOTTE

La valutazione della sicurezza è stata condotta con riferimento sia all'analisi del comportamento globale che in relazione ai possibili meccanismi di collasso locali.

L'edificio ospitante la scuola primaria di Sant'Angelo di Celle è stato modellato con il software AEDES PCM 2018 conducendo l'analisi statica lineare non sismica, analisi dinamica modale e analisi statica non lineare (Pushover) attraverso la quale sono stati definiti gli indicatori di rischio, che esprimono il rapporto tra capacità resistente della struttura e domanda sismica. Tali indicatori di rischio sono stati così definiti per diverse condizioni di sicurezza (resistenza a pressoflessione ortogonale, resistenza a taglio per fessurazione diagonale, resistenza a pressoflessione complanare) agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita.

6.5. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA – ANALISI SISMICA GLOBALE

6.5.1. Premessa

L'analisi sismica globale è stata condotta attraverso un'analisi statica non lineare (Pushover) per le azioni nel piano dei pannelli murari e un'analisi dinamica modale per le azioni fuori piano.

Le verifiche sono state condotte nei confronti dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e Stato Limite di Operatività (SLO).

6.5.2. Identificazione e descrizione del modello di calcolo strutturale

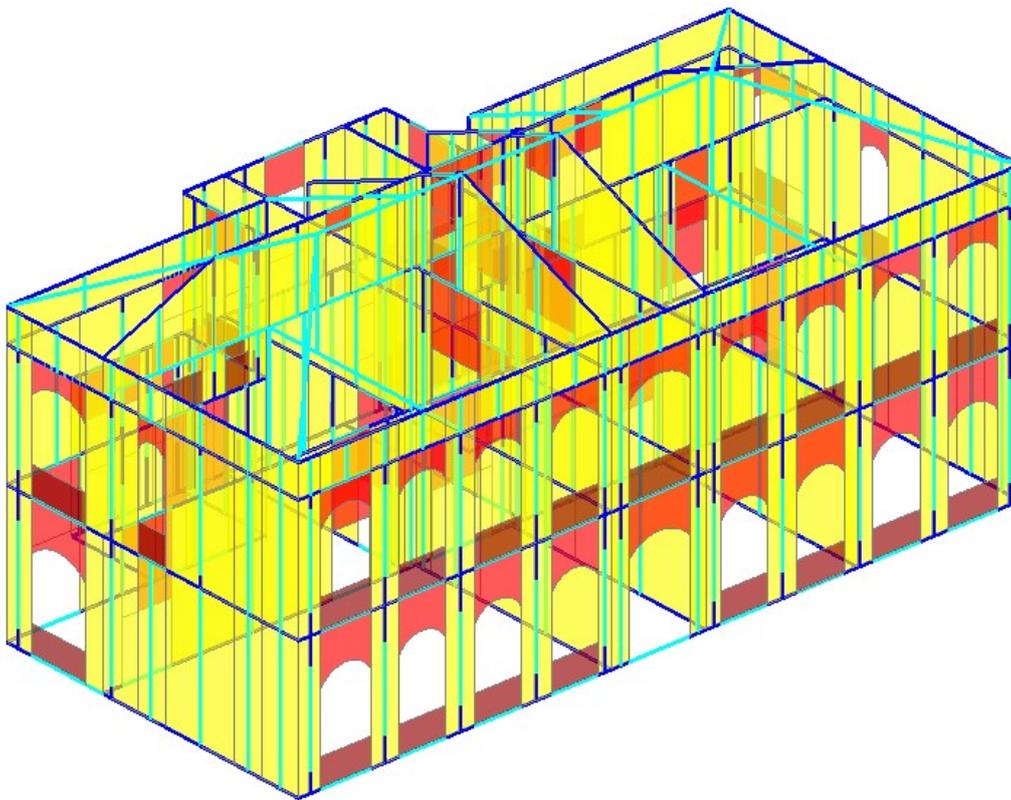
L'edificio è stato modellato con schema tridimensionale a telaio equivalente (software AEDES PCM 2018) con aste deformabili e tratti rigidi a definire la luce non deformabile dei maschi murari. Le rigidezze degli elementi murari sono state calcolate considerando sia il contributo flessionale sia quello tagliante, si è considerata una rigidezza fessurata pari al 50% di quella non fessurata (7.8.1.5.2 NTC 2018).

Le fasce di piano (sottofinestra, soprafinestra e sovrapporta) sono state modellate con delle bielle per non trascurare il loro peso proprio nel modello di calcolo così da massimizzare le azioni sui maschi.

Ai maschi murari sono state attribuite le caratteristiche meccaniche riportate nel paragrafo "Caratteristiche dei materiali".

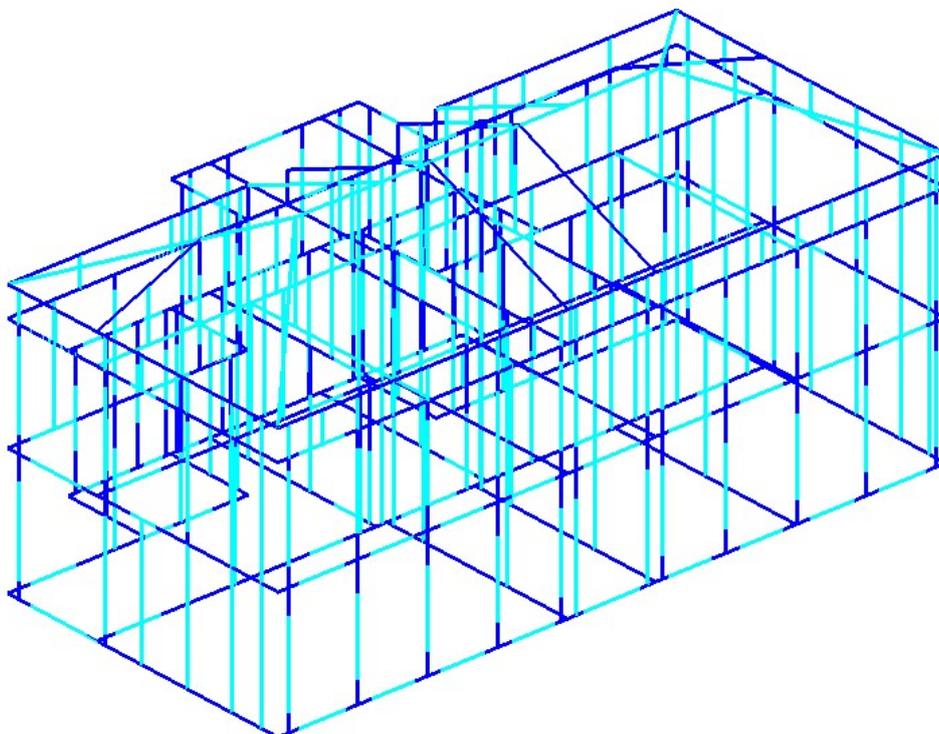
La struttura è stata considerata incastrata alla base.

I carichi verticali relativi ai solai vengono assunti direttamente dal codice di calcolo una volta assegnati i valori di carico strutturali, permanenti portati e accidentali del solaio assegnati come carico per unità di superficie. I solai sono stati considerati deformabili.



Modello di calcolo 3D

4



Modello di calcolo Unifilare

6.5.3. Risultati delle elaborazioni

Il dettaglio delle analisi strutturali e delle relative verifiche condotte sul modello di calcolo agli elementi finiti precedentemente descritto, sono contenute nei Tabulati di calcolo allegati alla presente relazione, mentre di seguito per brevità si riportano solamente i principali risultati in forma sintetica

6.5.3.1. Principali risultati dell'Analisi Statica Non Lineare – Pushover

L'analisi sismica globale è stata condotta attraverso un'analisi statica non lineare (Pushover) nei confronti dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) utilizzando le seguenti distribuzioni di forze, indipendentemente dalla percentuale di massa partecipante del primo modo:

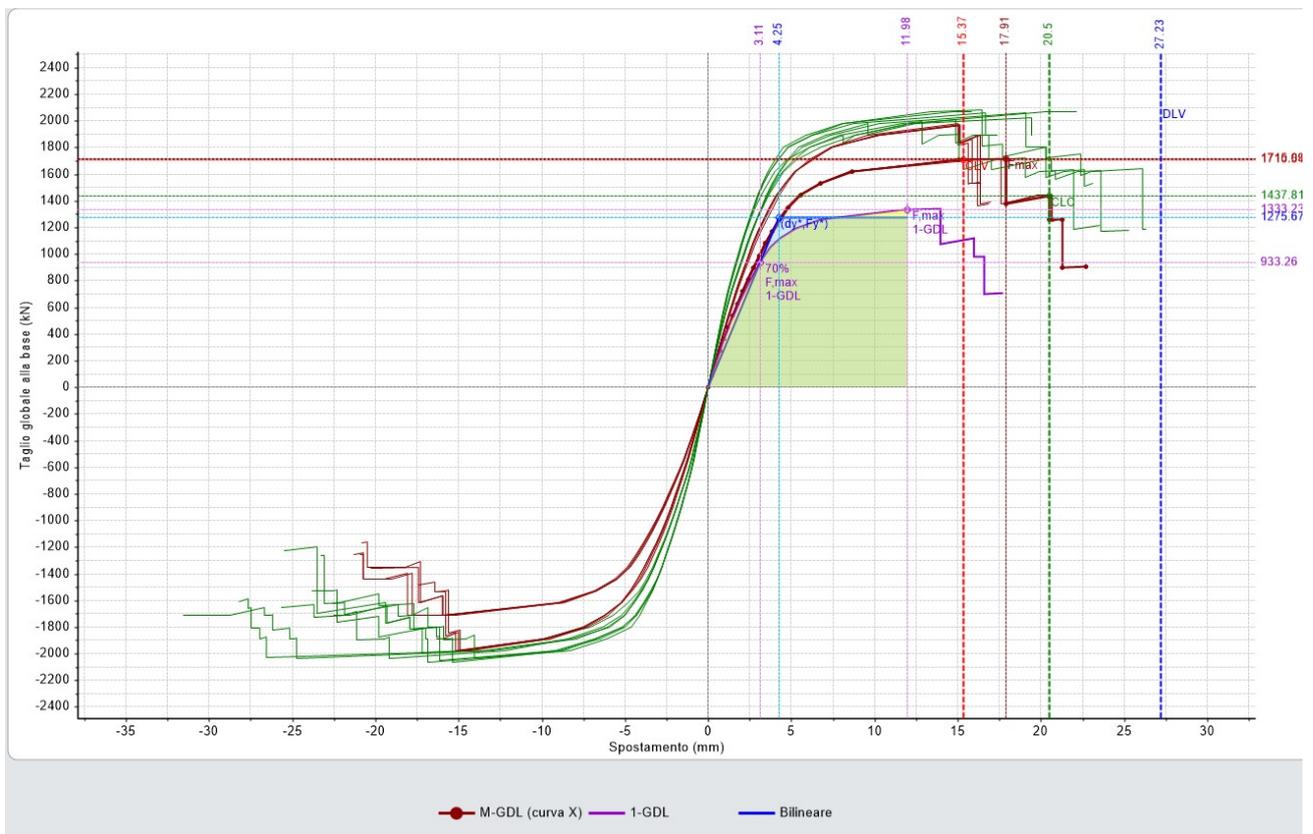
- Gruppo 1 – Distribuzioni principali
Distribuzione di forze proporzionale alle forze statiche.
- Gruppo2 – Distribuzioni secondarie
Distribuzione uniforme di forze.

L'analisi fornisce un confronto in termini di spostamento tra capacità globale della struttura e domanda cui la stessa è soggetta per la presenza dell'evento sismico per i diversi stati limite. Lo spostamento del nodo di controllo, considerato al piano più alto verrà confrontato con quello richiesto alla struttura. Durante l'analisi Pushover la singola parete raggiunge lo stato limite ultimo (punto di collasso) per uno spostamento orizzontale determinato dal drift (spostamento ultimo) che nel caso di resistenza ultima per pressoflessione complanare è pari allo 1% dell'altezza del pannello e dello 0.5% H nel caso di resistenza ultima per Taglio. Si eseguono, inoltre, verifiche in direzione ortogonale 'per pressoflessione fuori piano, in modo simile alle complanari.

Le curve di capacità della struttura (sistema a più gradi di libertà: M-GDL) vengono rappresentate in diagrammi che riportano in ascisse lo spostamento del punto di controllo, ed in ordinate il taglio globale alla base. Per ogni curva, attraverso le relazioni di equivalenza dinamica, riportate al punto C7.3.4.1, viene definita la corrispondente curva del sistema ad 1 grado di libertà equivalente 1-GDL, e successivamente il diagramma bilineare, attraverso il quale è possibile definire la domanda sismica (spostamento richiesto secondo lo spettro di risposta) del sistema 1-GDL, ricondotta infine alla domanda per il sistema M-GDL.

Lo Stato Limite Ultimo SLV coincide con il punto caratterizzato dallo spostamento corrispondente ad una riduzione della forza non superiore al 20% del massimo.

Di seguito vengono riportate le curve di capacità ottenute dal modello di calcolo. Per maggiori dettagli relativi alle curve di capacità elaborate dall'analisi si rimanda ai tabulati di calcolo allegati.



Curve di Capacità

Per ogni curva di capacità ed ogni stato limite analizzato, il risultato della verifica è esprimibile sotto forma di un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra capacità e domanda. Di seguito si riportano i valori degli indici di rischio ottenuti dalle curve di capacità.

RELAZIONE FINALE SULLE VERIFICHE TECNICHE

N°curva	Corrente	Vista	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Control	ζ ,PGA(SLV)	ζ ,TR(SLV)	VN,CLV
1	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+X'	+0.3Y'	+	L3	0.603	0.228	11
2	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+X'	+0.3Y'	-	L3	0.608	0.237	12
3	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+X'	-0.3Y'	+	L3	0.599	0.222	11
4	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+X'	-0.3Y'	-	L3	0.608	0.237	12
5	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+Y'	+0.3X'	+	L3	0.816	0.527	26
6	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+Y'	+0.3X'	-	L3	0.829	0.545	27
7	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+Y'	-0.3X'	+	L3	0.747	0.402	20
8	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+Y'	-0.3X'	-	L3	0.777	0.452	23
9	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	-X'	+0.3Y'	+	L3	0.608	0.237	12
10	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	-X'	+0.3Y'	-	L3	0.516	0.156	8
11	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	-X'	-0.3Y'	+	L3	0.621	0.247	12
12	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	-X'	-0.3Y'	-	L3	0.516	0.152	8
13	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	-Y'	+0.3X'	+	L3	0.859	0.607	30
14	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	-Y'	+0.3X'	-	L3	0.885	0.674	34
15	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	-Y'	-0.3X'	+	L3	0.903	0.699	35
16	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	-Y'	-0.3X'	-	L3	0.729	0.386	19
17	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E	+X'	+0.3Y'	+	L3	0.547	0.177	9
18	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E	+X'	+0.3Y'	-	L3	0.573	0.199	10
19	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E	+X'	-0.3Y'	+	L3	0.525	0.160	8
20	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E	+X'	-0.3Y'	-	L3	0.569	0.194	10
21	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E	+Y'	+0.3X'	+	L3	0.799	0.489	24
22	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E	+Y'	+0.3X'	-	L3	0.707	0.355	18
23	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E	+Y'	-0.3X'	+	L3	0.660	0.292	15
24	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E	+Y'	-0.3X'	-	L3	0.755	0.419	21
25	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E	-X'	+0.3Y'	+	L3	0.569	0.194	10
26	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E	-X'	+0.3Y'	-	L3	0.538	0.173	9
27	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E	-X'	-0.3Y'	+	L3	0.538	0.169	8
28	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E	-X'	-0.3Y'	-	L3	0.525	0.160	8
29	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E	-Y'	+0.3X'	+	L3	0.777	0.452	23
30	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E	-Y'	+0.3X'	-	L3	0.799	0.489	24
31	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E	-Y'	-0.3X'	+	L3	0.777	0.455	23
32	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	E	-Y'	-0.3X'	-	L3	0.777	0.452	23

Indici di rischio sismico - stato attuale

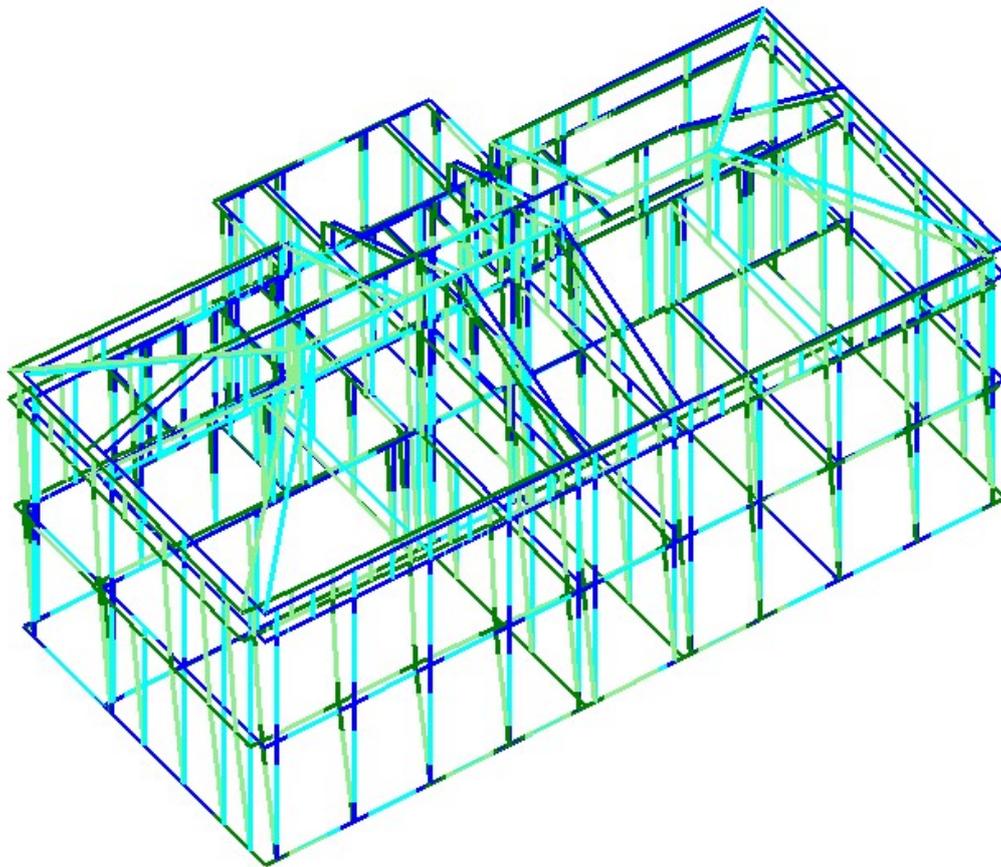
I valori sopra riportati sono riferiti allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita e sono espressi sia in termini di PGA (accelerazione di picco al suolo) che in termini di TR (tempi di ritorno). I due valori non sono uguali data la non linearità del legame fra PGA e TR, possono risultare paragonabili se l'espressione in termini di tempi di ritorno viene elevata per il coefficiente 0.41 derivante dall'analisi statistica delle curve di pericolosità a livello nazionale.

L'indice di rischio sismico globale dello stato attuale della Scuola primaria di Sant'Angelo di Celle per azioni nel piano è di 0.516 in termini di accelerazione di picco al suolo e di 0.461 in termini di tempi di ritorno.

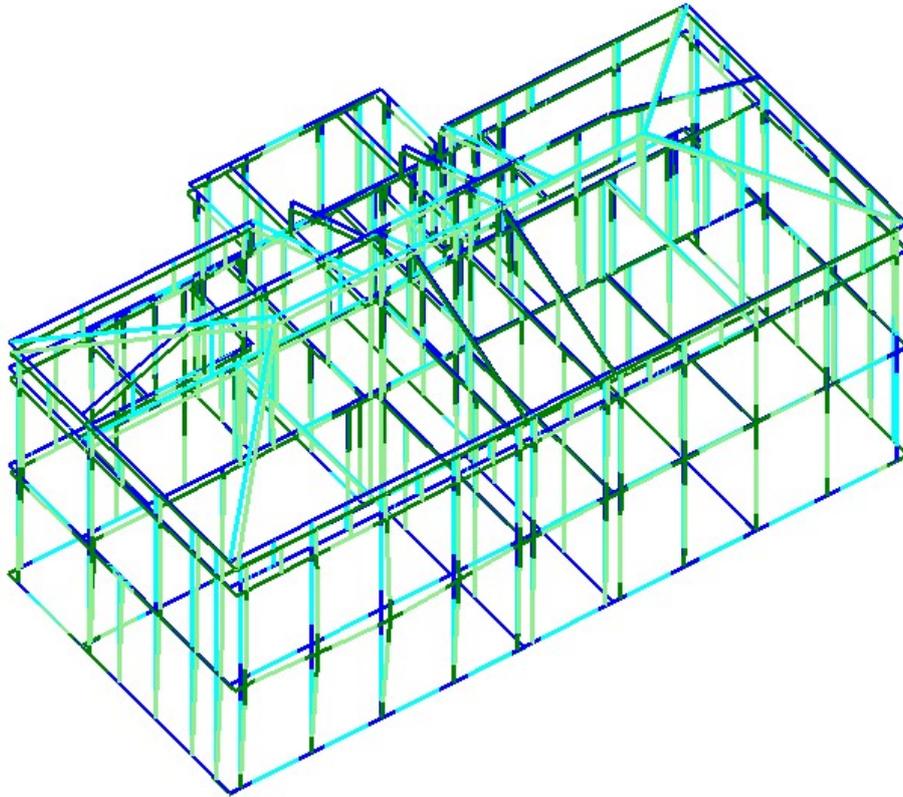
6.5.3.2. Principali risultati dell'Analisi Dinamica Modale

Per valutare le azioni fuori piano dei pannelli murari è stata condotta un'analisi dinamica modale nei confronti dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) l'analisi dinamica modale con fattore di struttura q pari a 2.25.

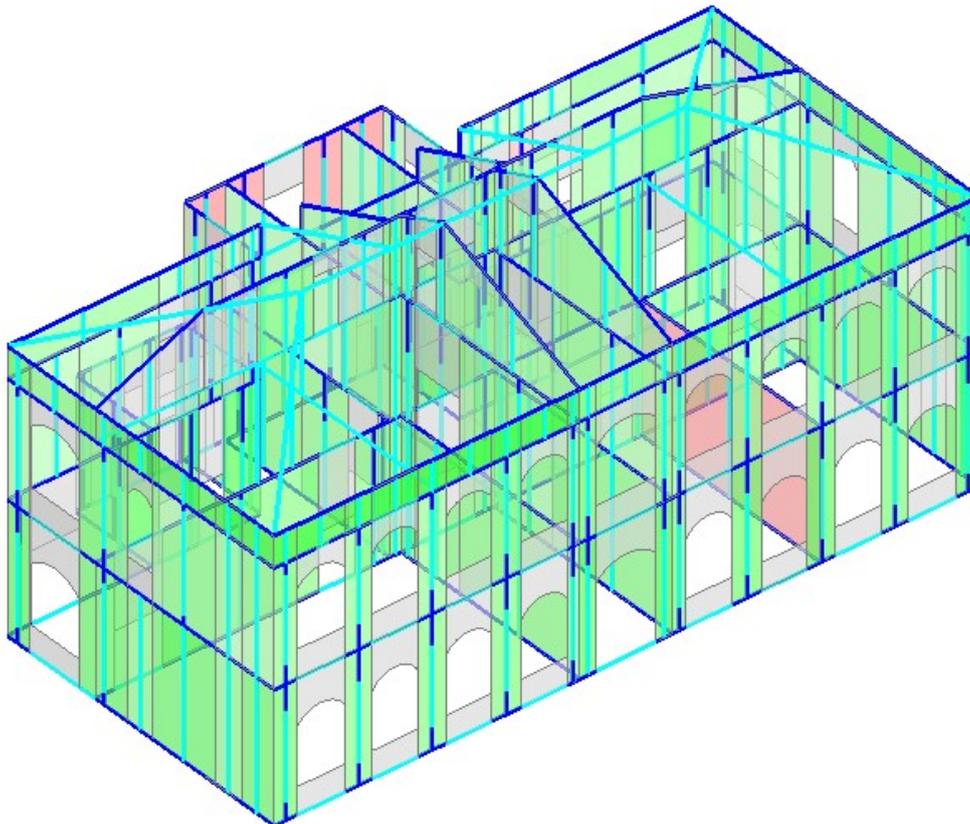
Di seguito i principali modi di vibrare della struttura e l'immagine riepilogativa delle verifiche di resistenza a pressoflessione ortogonale.



Primo modo di vibrare traslazionale direz. X – massa partecipante 65% - $T=0.500$ sec



Primo modo di vibrare traslazionale direz. Y – massa partecipante 43.6% - $T=0.400$ sec



Verifiche Presso flessione Ortogonale

Analisi Sismica, Dinamica Modale (D.M.17.1.2018) - Adeguamento

Analisi Sismica Dinamica Modale [§7.8.1.5.3]
Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura

SLV di salvaguardia della Vita (SLV)
Verifica di Resistenza (RES)
Ed.esistente, CU III: obbligatoria

Pressofless. complanare [§7.8.2.2.1]

Taglio scorcimento [§7.8.2.2.2]

Taglio fessuraz. diag. [§C8.7.1.5]

Pressofless. ortog. (da modello 3D) [§7.8.2.2.3]

Pressofless. ortog. [§7.2.3, §7.8.2.2.3] **0.641** **97.0%**

Confronto fra Capacita' e Domanda - Indicatori di rischio
Valore obiettivo di (zeta,E) = 0.800

VN = 50 anni, PGA,DLV = 0.230 g - TR,DLV = 712 anni - P,VR, DLV = 10 %

Indicatori di rischio (zeta,E),SLV

PGA,CLV (g)	TR,CLV (anni)	PVR,CLV (%)	PGA,CLV / PGA,DLV	TR,CLV / TR,DLV	VN,CLV (anni)
Verifica di Resistenza nel piano					
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Verifica di Resistenza fuori piano					
0.149	191	32.448	0.648	0.268	13

Indici di Rischio Sismico per Azioni Fuori Piano

L'indice di rischio sismico globale dello stato attuale della Scuola primaria di Sant'Angelo di Celle per meccanismi fuori piano è di 0.648 in termini di accelerazione di picco al suolo e di 0.582 in termini di tempi di ritorno.

Di seguito vengono riportati gli indici di rischio allo **Stato Limite di Opertività (SLO)** ottenuti dall'analisi dinamica modale.

SLE di Operatività (SLO)
Verifica di Rigidezza (RIG)
Ed.esistente, CU III: non obbligatoria

(d,r / h),max (per mille; deve essere: < 1.33) = 1.088

Coefficiente di sicurezza (= 1.33 / (d,r / h),max) = **1.222**

Coefficienti di sicurezza per verifiche da azione sismica in input:
 verde: soddisfatte per tutti gli elementi: (zeta),E>=1.000
 rosso: non soddisfatte per uno o più elementi: (zeta),E<1.000

PGA,DLO = 0.084 g - TR,DLO = 45 anni - P,VR, DLO = 81 %

Indicatori di rischio (zeta,E),SLO

PGA,CLO (g)	TR,CLO (anni)	PVR,CLO (%)	PGA,CLO / PGA,DLO	TR,CLO / TR,DLO	VN,CLO (anni)
Verifica degli Spostamenti					
0.102	77	62.191	1.214	1.711	5

Valori assenti: comportamenti non analizzati
 Indicatori in grigio: comportamenti da non considerare (cfr. §7.3.6, Tab.7.3.III)
 Per la verifica complessiva dell'edificio: consultare Report, Indicatori di rischio sismico

Vai a: SLV RES, SLD RIG Chiudi

Indici di Rischio Sismico SLO

L'indice di rischio sismico globale allo Stato Limite di Operatività dello stato attuale della Scuola primaria di Sant'Angelo di Celle è di 1.214 in termini di accelerazione di picco al suolo e di 1.246 in termini di tempi di ritorno.

6.6. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA – ANALISI SISMICA DEI MECCANISMI LOCALI

La presenza di cordoli di piano sia a livello del primo impalcato che in copertura impediscono di fatto l'istaurarsi di fenomeni di ribaltamento, non sono stati pertanto valutati cinematismi locali.

6.7. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA – ANALISI PER CARICHI STATICI

6.7.1. Premessa

E' stata eseguita un'analisi statica lineare non sismica.

6.7.2. Identificazione e descrizione del modello di calcolo strutturale

L'analisi è stata condotta con lo stesso software di calcolo e con le stesse note riportate al punto 6.5.2 cui si rimanda per brevità.

Anche in questo caso per maggiori dettagli si rimanda ai tabulati di calcolo allegati.

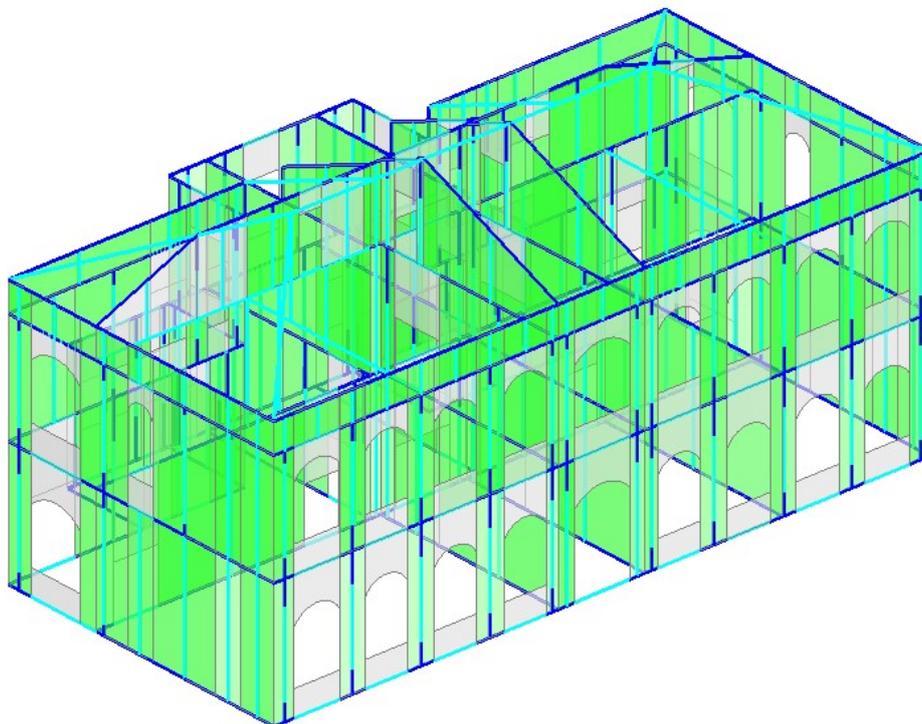
6.7.3. Parametri di calcolo

Nell'analisi statica lineare si è assunto come valore del coefficiente parziale di sicurezza dei materiali γ_M il valore 2.5. La Normativa tecnica, infatti, non specifica i valori dei coefficienti di sicurezza dei materiali da assumere in condizioni statiche per edifici esistenti.

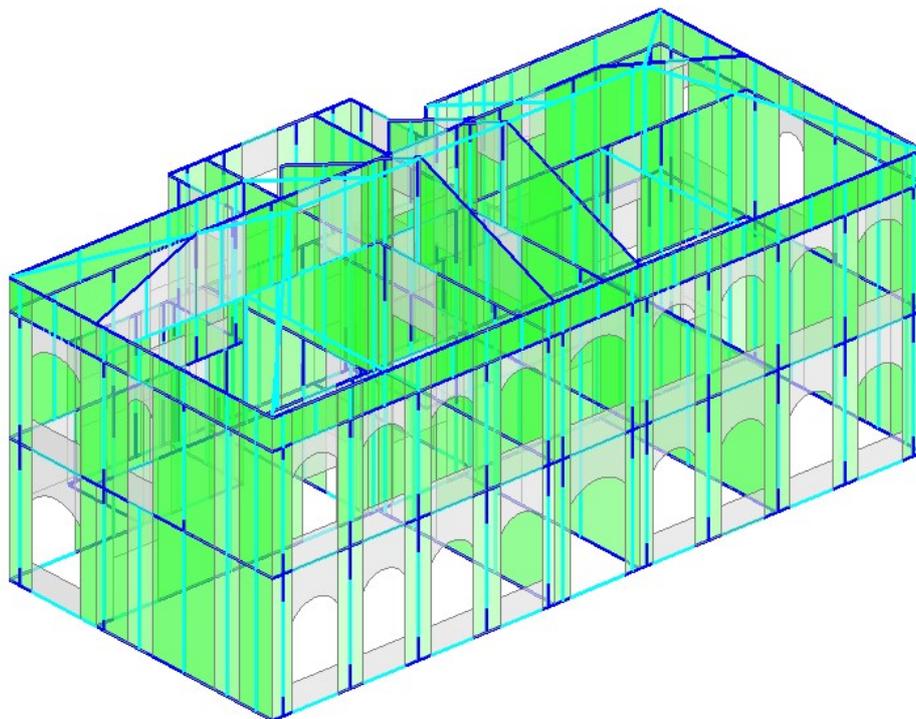
6.7.4. Principali risultati dell'Analisi Statica Lineare Non Sismica

Di seguito vengono riportate le verifiche di sicurezza in condizioni statiche (non sismiche) ed i valori del coefficiente di sicurezza relativo alle diverse verifiche eseguite (presso-flessione complanare, taglio per fessurazione diagonale, presso-flessione ortogonale).

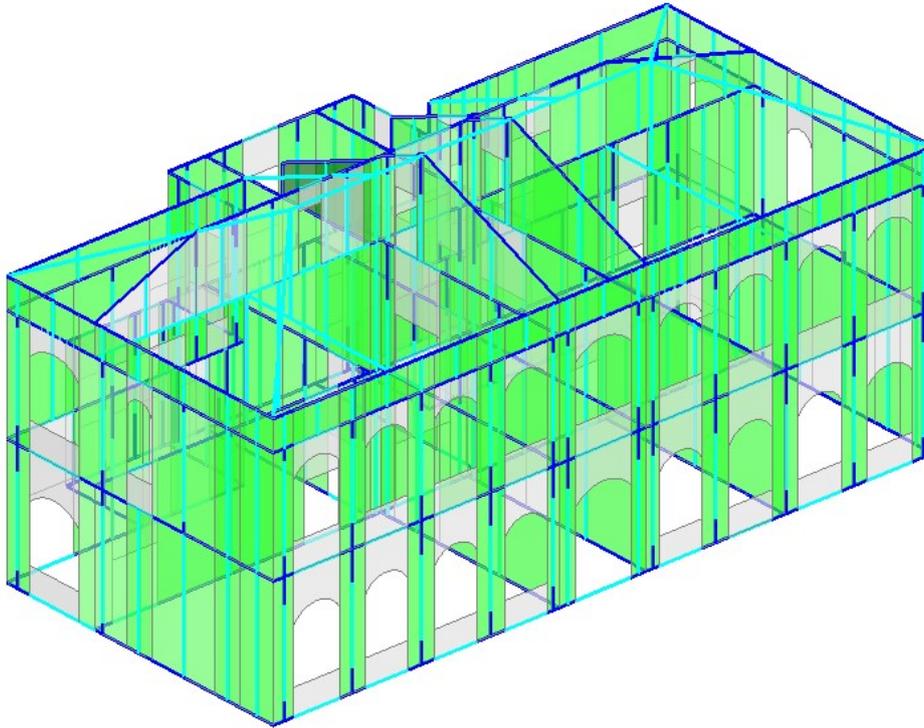
Verifiche di sicurezza



Verifiche Presso flessione Complanare



Verifiche Presso flessione Ortogonale



Verifiche Taglio per Fessurazione diagonale

Coefficiente di Sicurezza

Analisi Statica Lineare, NON Sismica (D.M.17.1.2018)

Analisi Statica Lineare NON Sismica [§4.5.5]
Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura

SLU di salvaguardia della Vita (SLV)
Verifica di Resistenza (RES)

Inviluppo CCC

Pressofless. complanare [§4.5.6]	1.016	100%
Taglio scorcimento [§4.5.6]		
Taglio fessuraz. diag. [§4.5.6]	1.253	100%
Pressofless. ortogonale (da modello 3D)	1.043	100%

Coefficiente di Sicurezza

6.8. RIEPILOGO E COMMENTO DEI RISULTATI. SOLUZIONI PROPOSTE

6.8.1. Riepilogo degli indicatori di rischio sismici (analisi globali e locali)

Nell'immagine sottostante sono riportati gli indici di rischio ottenuti dalle analisi.

Stato Limite	Indice di Rischio - Stato Attuale Modello globale	
	PGA	TR
SLV	0.516	0.461
SLD	1.267	1.260
SLO	1.214	1.246

Indice di Rischio Sismico Stato Attuale – Analisi Statica Non Lineare (Pushover)

6.8.2. Riepilogo delle verifiche statiche

In base alle verifiche statiche condotte non sono emersi problemi, così come poteva essere ipotizzato già a seguito delle ricognizioni condotte sulla struttura a seguito delle quali non erano emerse problematiche riconducibili a carenze di dimensionamento delle strutture portanti orizzontali e verticali o del sistema fondale. Si segnalano, tuttavia, le infiltrazioni sul primo impalcato rilevate smontando il controsoffitto.

6.8.3. Commento ai risultati e soluzioni proposte

L'analisi globale della Scuola Primaria di Sant'Angelo di Celle ha evidenziato criticità della struttura nei confronti delle azioni sismiche.

Al fine di ridurre la vulnerabilità dello stabile e garantire un livello di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche almeno pari al 60% di quello previsto per edifici di nuova realizzazione si consigliano i seguenti interventi:

- Demolizione dei setti in falso del sottotetto;
- Demolizione della copertura pesante esistente e realizzazione di una nuova in capriate in acciaio e pannello sandwich;
- Setto murario di controventamento al piano terra in blocchi Poroton di spessore pari a 30 cm, per il setto in oggetto era già stata prevista la trave di fondazione negli interventi del 2002;
- Chiusura di nicchie;
- Aumento della capacità resistenziale della muratura con intervento di intonaco armato su entrambe le facce murarie con fibre di vetro.

6.8.4. Scheda di sintesi

I risultati delle attività condotte (rilievi, campagna di indagine sperimentale, analisi strutturali e proposte di intervento), sono riportati in forma riassuntiva anche nella ***“Scheda di sintesi della verifica sismica per gli edifici strategici ai fini della protezione civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico”***.