



CITTA' DI GROTTAMMARE

(Provincia di Ascoli Piceno)

Via Matteotti, 69 - Tel. 0735 739218 - comune.grottammare.protocollo@emarhce.it

Area Gestione del Patrimonio - Responsabile Arch. Liliana Ruffini

MESSA IN SICUREZZA CONTRO IL RISCHIO SISMICO: RIFACIMENTO SOLAI SCUOLA "G. SPERANZA"

Progetto Definitivo - Esecutivo

Stato di Progetto

Relazione Sismica e sulle Strutture

(art.33 co.1 lett.b e art.35 del D.P.R. 05.10.2010, n.207)

Elab. D.b

NOVEMBRE 2019

Responsabile del progetto
Arch. Bernardino Novelli

Responsabile del Procedimento
Arch. Liliana Ruffini

Supporto al progetto strutturale
Ing. Carlo Cesaroni



Collaboratori:
Geom. Sante Cocci
Geom. Stefania Pulcini
Geom. Rosa Benassati

RELAZIONE SISMICA E SULLE STRUTTURE

(art.33 co.1 lett.b e art.35 del D.P.R. 05.10.2010, n.207)

Le azioni sismiche si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R . La pericolosità sismica di base costituisce, quindi, l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. L'attuale filosofia del *performance based design* individua più livelli prestazionali (stati limite) che dovrebbero essere soddisfatti. Il D.M.17/01/18 al §3.2.1 distingue quattro classi per gli stati limite, due di questi sono stati limite di esercizio mentre gli altri due sono stati limite ultimi.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite ultimi si suddividono in:

- Stato limite di salvaguardia della vita (SLV): a seguito del terremoto, la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
- Stato limite di prevenzione del collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi danni e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite di esercizio si suddividono in:

- Stato Limite di operatività (SLO): a seguito del terremoto, la costruzione nel suo complesso (incluso elementi strutturali, elementi non strutturali, ecc.) non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato limite di danno (SLD): a seguito del terremoto, la costruzione nel suo complesso (incluso elementi strutturali, elementi non strutturali, apparecchiature rilevanti, ecc.) subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

La normativa prevede la verifica nei confronti di uno o più di questi stati limite, facendo riferimento per ciascuno di questi ad una specifica probabilità di occorrenza dell'evento sismico.

Fin dalle norme più antiche, l'obiettivo principale della progettazione antisismica è stato quello di lasciare un buon margine rispetto al collasso, ovvero quello che ora è indicato come SLV. In Italia è imposta anche una verifica allo SLD.

Nel definire il grado di sicurezza per una costruzione occorre tenere conto anche dell'importanza che può avere un suo collasso o danneggiamento. La normativa italiana prevede tre tipi di costruzione, per ciascuna delle quali è assegnata una vita nominale V_N , ossia il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_u . Questo ultimo viene determinato sulla base della classe d'uso a cui la struttura appartiene (§2.4.2):

“In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: 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.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.”

L'evento sismico di riferimento può essere definito in termini di probabilità di superamento P_{VR} in un tempo assegnato oppure come tempo di ritorno T_r . Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} (probabilità di eccedenza) cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tabella sottostante. Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di P_{VR} forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere. Una volta nota la probabilità di superamento nel periodo di riferimento (P_{VR}), il periodo di ritorno dell'azione sismica (T_R) si ricava dalla seguente relazione (espressa in anni):

Al periodo di ritorno dell'evento sismico corrisponde un parametro di accelerazione al suolo a_g . Ovviamente a periodi di ritorno maggiori si associano accelerazioni di picco al suolo a_g più alte. La norma italiana prevede che per ciascuna località venga espressamente indicato il valore di a_g in funzione del periodo di riferimento.

La classificazione sismica generale si riferisce al moto di terreni compatti con superficie orizzontale. Quando lo strato roccioso di base (bed rock) non è affiorante, il moto in superficie è fortemente condizionato dalle caratteristiche degli strati superficiali di terreno.

Occorre dunque tenere conto di tale moto per definire l'azione sismica in un determinato sito. Le norme definiscono le caratteristiche dello spettro di risposta elastico, in punti individuati da una griglia di circa dieci chilometri di lato e per ciascun valore del periodo di ritorno del sisma, mediante tre parametri, riferiti ad un suolo rigido (sottosuolo C), nello specifico:

1. *Accelerazione al suolo a_g*
2. *Amplificazione spettrale massima per accelerazioni orizzontali F_0*
3. *Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_C^**

La suddetta premessa risulta necessaria, per riuscire a comprendere il comportamento dell'edificio nei confronti delle azioni sismiche.

CARATTERIZZAZIONE DELLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO

Il presente progetto è inerente all'intervento di miglioramento sismico dell'edificio ERAP e sede della Protezione Civile che l'amministrazione comunale di Monsampietro Morico (FM) intende realizzare.

In relazione alle diverse tipologie di intervento da adottare sulle strutture, il Decreto Ministeriale emanato il 17 Gennaio 2018 al §8.4.1 distingue:

- Gli interventi di riparazione o locali: interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti;
- **Gli interventi di miglioramento**: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3;
- Gli interventi di adeguamento: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3.

A tal riguardo la Circolare n°7 del 21.01.2019 C.S.LL.PP al punto C8.4.2 afferma quanto segue:

“Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di $-E$ definito dalle NTC e introdotto al § C.8.3 può essere minore dell'unità; in particolare, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di ζ_E a seguito degli interventi di miglioramento deve essere comunque non minore di 0,6.”

Nel caso in esame, trovandoci con un edificio sede di una scuola statale (scuola primaria “Giuseppe Speranza”), siamo in classe d'uso III, pertanto il miglioramento sismico della costruzione sarà raggiunto una volta ottenuto un indice di sicurezza strutturale maggiore di 0,6.

La necessità di incrementare la resistenza dell'edificio in oggetto nei confronti del sisma deriva principalmente dall'inadeguatezza della struttura nei confronti delle azioni sismiche.

Il principio fondamentale su cui si fonda l'ingegneria antisismica, ai sensi delle normative attualmente vigenti, consiste nella realizzazione di opere che, a seguito di un evento sismico di elevata intensità, garantiscano la salvaguardia delle vite umane, pur sacrificando l'indennità strutturale degli organismi edilizi.

La suddetta filosofia di progettazione accetta l'entrata in campo plastico della struttura legando l'entità delle azioni di natura sismica agenti su di essa alla propria capacità di deformarsi senza collassare, ossia alla sua

duttilità. Tuttavia, risulta molto complessa la scelta degli interventi da eseguire su un edificio esistente in modo da ottenere un livello di protezione sismica confrontabile con quello degli edifici di nuova costruzione.

DESCRIZIONE GENERALE DELL'EDIFICIO

L'edificio della scuola primaria "Giuseppe Speranza" ricade in classe d'uso III (p.to 2.4.2. del D.M. Infrastrutture 17/01/2018) ed è ubicato all'interno del "Centro Storico" del Comune di Grottammare.

La scuola statale primaria "G. Speranza" di Grottammare (AP) fu edificata a partire dal 1911, su via Regina Margherita, l'attuale via Garibaldi, che costituì la prima estensione del Nuovo Piano Regolatore Municipale. Lo strumento urbanistico fu redatto dall'ingegnere Attilio Pinocchi e promosso dell'allora Sindaco Ricciotti, allo scopo di offrire risposta al crescente incremento demografico che in quei tempi investiva la città di Grottammare e alla conseguente intensa attività edilizia. L'edificio scolastico "Giuseppe Speranza" si presenta al margine meridionale di questa prima espansione urbana del secolo scorso, dell'abitato di Grottammare, oltre la quale fino al 1911 "vi era solo la silenziosa strada Statale che percorreva una desolata campagna sino alle porte di San Benedetto del Tronto".

L'architetto Vincenzo Pilotti nutriva la convinzione che "le città vivano e respirino e si modificano nel corso dei secoli, e l'architettura le segue e le accompagna nel proprio sviluppo". Le sue opere rappresentano il conflitto in atto, nei primi decenni del Novecento, tra la tesi dichiarante la città luogo di memorie e l'architettura quale manifesto dell'opera del progettista.

La scuola primaria "Giuseppe Speranza", edificio di notevoli dimensioni, si eleva per un'altezza complessiva di circa 17 m., su di un impianto planimetrico simmetrico a forma di acca ed esibisce contaminazioni stilistiche e morfologiche ricorrenti nelle realizzazioni architettoniche ad esso contemporanee. L'orientamento espressivo del progettista, si stempera in un accademismo formale. Il partito di facciata, ritmato e articolato dalle ampie bifore al primo piano e dalle notevoli aperture ricorrenti al piano rialzato-terra, corredate da architrave su cui sono impostati archi a tutto sesto e a sesto acuto, è caratterizzato da paramento murario di laterizio con finitura a vista, cinto da un marcapiano binato, modanato e impostato su di un ampio basamento intonacato. La facciata è completata da un'elegante cornice affrescata con motivi floreali. Notevoli i portali caratterizzati da apparati decorativi costituiti da paraste sormontate da timpano con archi a sesto ribassato e a sesto acuto con frontone arricchito da motivi fitoformi.

L'edificio si costituisce come un raffinato esempio di architettura liberty marchigiana del tempo, in un contesto urbano, quello di Grottammare, dove l'art nouveau ha radicato forme espressive semplici ma particolarmente significative.

L'organismo strutturale è in muratura portante e si sviluppa su più livelli, ossia un piano seminterrato, un piano rialzato (terra), un piano primo ed un sottotetto.

Attualmente, per la funzione scolastica che ospita, nel seminterrato troviamo i servizi mensa, mentre le aule, gli uffici ed i servizi igienici sono distribuiti sui piani terra e primo.

Il collegamento tra il piano seminterrato e i piani superiori è consentito mediante due corpi scala posti ad est ed ovest nonché da un ascensore adatto anche a persone con disabilità.

La struttura portante verticale dell'edificio oggetto dell'intervento di miglioramento sismico, ai sensi del punto §8.4.2 del D.M.17.01.2018 e del punto C 8.4.2 della Circolare del 21.01.2019 n°7 C.S.LL.PP., consta prevalentemente di

una muratura mista avente un paramento esterno costituito da mattoni pieni in laterizio legati con calce e un paramento interno di blocchi in conglomerato cementizio naturale.

Al livello del seminterrato, nell'ala ad ovest, sono presenti delle volte in muratura di mattone pieno e calce.

Al livello del sottotetto furono ricostruiti in parte i muri di spina longitudinali e trasversali impiegando blocchi di laterizio semipieno portante di spessore pari a 30 cm legati con malta cementizia.

LOCALIZZAZIONE

L'intervento di miglioramento sismico in oggetto, ai sensi del punto §8.4.2 del D.M.17.01.2018 e del punto C8.4.2 della Circolare del 21.01.2019 n°7 C.S.LL.PP., riguarda l'edificio ospitante la scuola primaria "Giuseppe Speranza" sito in via Giuseppe Garibaldi n°39 nel centro storico del comune di Grottammare (AP), le cui coordinate geografiche sono le seguenti:

Latitudine: 42,98848

Longitudine: 13,86835

TIPOLOGIA DI MODELLAZIONE ADOTTATA

Per valutare il comportamento globale della struttura in risposta alle azioni sismiche, si esegue lo studio della vulnerabilità sismica dell'edificio differenziando due situazioni:

- *Ante – Operam (stato attuale);*
- *Post-operam (stato post- intervento).*

La vulnerabilità sismica di una costruzione, il cui indicatore mette in relazione la capacità di resistenza della struttura e la richiesta in termini di resistenza e/o spostamento del sisma, delinea la predisposizione della stessa a subire danneggiamenti e crolli: pertanto, quanto più un edificio risulta vulnerabile (tipologia, progettazione inadeguata, materiali di scadente qualità, modalità di costruzione, scarsa manutenzione), tanto maggiori saranno le conseguenze su di esso.

Le procedure più complesse ed affidabili per valutare la vulnerabilità sismica di un edificio e di conseguenza studiarne il comportamento dinamico sotto l'azione sismica si basano su analisi numeriche eseguite mediante metodi di calcolo lineari e non lineari.

Nel caso in esame, per tenere conto del comportamento non lineare della struttura, il quale incide profondamente sulla sua capacità di resistere all'azione sismica, è stata condotta l'*analisi pushover analisi sismica statica non lineare* sul modello globale agli elementi finiti dell'edificio rappresentato nella sua completezza (geometria e caratteristiche meccaniche).

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per valutare l'effetto della risposta sismica locale si utilizzano specifiche analisi, in assenza delle quali si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento esposte nella tabella 3.2.II del DM17.01.2018.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Per configurazioni topografiche semplici, può essere adottata la classificazione riportata in tabella 3.2.IV. e 3.2.VI.

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

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 $i > 30^\circ$

Secondo quanto riportato dalla relazione geologica redatta dal geologo dott. Giuseppe Capponi, nel caso in esame la categorie di sottosuolo e la categoria topografica a cui occorre fare riferimento sono rispettivamente la **B** (*Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*) e la **T1** (*pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$, S_T pari a 1*).

ANALISI DEI CARICHI

AZIONI ACCIDENTALI

CARICO NEVE

- a_s = quota del sito sul livello del mare ≈ 2 m.
- Zona di riferimento: II
- μ_i = coefficiente di forma della copertura: 0.80
- q_{sk} = valore di riferimento del carico neve al suolo = 100 Kg/m^2
- C_E = coefficiente di esposizione (normale) 0.9
- C_T = coefficiente termico 1.00
- q = carico neve sulla copertura per tale quota = $\mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_T = 71 \text{ Kg/m}^2$

AZIONI DELLA TEMPERATURA

Nel caso specifico la temperatura non costituisce azione fondamentale per la sicurezza o l'efficienza funzionale della struttura. Pertanto ai sensi del D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 si adotta come carico sollecitante la sola componente $\Delta T_u = \pm 15^\circ \text{C}$ ricavata dalla tabella 3.5.II.

L'effetto della variazione termica non produce conseguenze di rilievo sulle strutture, quindi tali azioni vengono trascurate.

AZIONI ECCEZIONALI

Nel caso in esame si tratterebbe di valutare l'effetto sulle strutture di eventuali urti, esplosioni, incendi. La sua condizione di utilizzo e l'ubicazione permette di escludere ognuna di queste eventualità.

AZIONI PERMANENTI

PESO PROPRIO - G_{k1}

Il peso proprio costituisce il peso degli elementi strutturali e viene determinato in base alle caratteristiche geometriche degli elementi ed al peso proprio del materiale.

PESO PORTATO - G_{k2}

Il carico permanente portato è il peso degli elementi non strutturali o strutturali secondari, dipendente dalla tecnologia costruttiva con cui è stato realizzato l'edificio.

CARICHI VARIABILI - Q_k

I carichi variabili sono legati alla destinazione d'uso dell'opera e sono individuati in conformità a quanto riportato nel par.3.1.4 del DM 17/01/2018.

“SCUOLA SPERANZA” ALLO STATO DI FATTO

• Analisi dei carichi del solaio di copertura

Tetto

Carico permanente G_{2k}

Manto di copertura in laterizio:	30,00 Kg/ m ²
Guaina bituminosa:	5,00 Kg/ m ²
Pannello OSB (s=25 mm):	15,75 Kg/ m ²
Travicelli in legno di castagno 60 x 80	1,82 Kg/m ²
Isolante termico (160 kg/m ³ , s=8 cm)	12,80 Kg/m ²
Barriera al vapore (500 kg/m ³ , s=0,22 mm)	0,11 Kg/m ²
Tavolato di abete (s=32 mm):	12,16 Kg/ m ²

Carico proprio G_{1k}

Travi principali in legno Lamellare GL24H 160 x 600	36,48 Kg/m ²
Travi secondarie in legno Lamellare GL24H 140 x 250	13,30 Kg/m ²

Carico Variabile Q_k

Carico Accidentale Q_k	50,00 Kg /m ²
Carico Neve Q_k	71,00 Kg /m ²

Gronda

Carico permanente G_{2k}

Manto di copertura in laterizio:	30,00 Kg/ m ²
Guaina bituminosa:	5,00 Kg/ m ²
Pannello OSB (s=25 mm):	15,75 Kg/ m ²
Travicelli in legno di castagno 60 x 80	1,82 Kg/m ²
Tavolato di abete (s=32 mm):	12,16 Kg/ m ²

Carico proprio G_{1k}

Travi principali in legno Lamellare GL24H 160 x 600	36,48 Kg/m ²
Travi secondarie in legno Lamellare GL24H 140 x 250	13,30 Kg/m ²

Carico Variabile Q_k

Carico Accidentale Q_k	50,00 Kg /m ²
Carico Neve Q_k	71,00 Kg /m ²

• Analisi dei carichi del solaio di calpestio del piano terra (ala ovest)

Carico permanente G_{2k}

Pavimento:	60,00 Kg/ m ²
Massetto:	60,00 Kg/m ²
Intonaco:	30,00 Kg/m ²

Carico proprio G_{1k}

Soletta in c.a. s= 15 cm (2500 kg/m ³)	375,00 Kg/m ²
--	--------------------------

Carico Variabile Q_k

Carico Accidentale Q_k	300,00 Kg /m ²
--------------------------	---------------------------

• Analisi dei carichi del solaio di calpestio del piano primo (ala sud-ovest)

Carico permanente G_{2k}

Pavimento:	60,00 Kg/ m ²
Massetto:	60,00 Kg/m ²
Intonaco:	30,00 Kg/m ²

Carico proprio G_{1k}

Dott. Ing. Carlo Cesaroni, Via San Giuseppe n. 5, 63066 Grottammare (AP)

Tel/Fax: 0735500557 – mobile: 3358121816 – e-mail: carlo_ cesaroni@libero.it –posta certificata: carlo.cesaroni2@ingpec.eu

Solaio in latero-cemento Bausta (H=20+4 cm) 300,00 Kg/m²

Carico Variabile Q_k

Carico Accidentale Q_k 300,00 Kg /m²

• **Analisi dei carichi del solaio di calpestio del piano primo(ala nord-ovest)**

Carico permanente G_{2k}

Pavimento: 60,00 Kg/ m²

Massetto: 60,00 Kg/m²

Intonaco: 30,00 Kg/m²

Carico proprio G_{1k}

Soletta in c.a. s= 12 cm (2500 kg/m³) 300,00 Kg/m²

Carico Variabile Q_k

Carico Accidentale Q_k 300,00 Kg /m²

• **Analisi dei carichi del solaio di calpestio del piano primo(ala centro-est)**

Carico permanente G_{2k}

Pavimento: 60,00 Kg/ m²

Massetto: 60,00 Kg/m²

Intonaco: 30,00 Kg/m²

Carico proprio G_{1k}

Soletta in c.a. s= 15 cm (2500 kg/m³) 375,00 Kg/m²

Carico Variabile Q_k

Carico Accidentale Q_k 300,00 Kg /m²

• **Analisi dei carichi del solaio di calpestio del piano secondo**

Carico permanente G_{2k}

Pavimento: 60,00 Kg/ m²

Massetto: 60,00 Kg/m²

Intonaco: 30,00 Kg/m²

Carico proprio G_{1k}

Solaio in latero-cemento Celersap (H=20+4 cm) 320,00 Kg/m²

Carico Variabile Q_k

Carico Accidentale Q_k 300,00 Kg /m²

• **Analisi dei carichi agenti sulla scala in c.a.**

Carico permanente G_{2k}

Pavimento (Marmo): 100,00 kg/m²

Massetto: 100,00 kg/m²

Imbottitura gradini: 105,00 kg/m²

Intonaco: 30,00 Kg/ m²

Carico proprio G_{1k}

Soletta in c.a. s= 15 cm (2500 kg/m³) 375,00 Kg/m²

Carico Variabile Q_k

Carico Accidentale Q_k 400,00 Kg /m²

“SCUOLA SPERANZA” ALLO STATO MODIFICATO

• Analisi dei carichi del solaio di copertura

Tetto

Carico permanente G_{2k}

Manto di copertura in laterizio:	30,00 Kg/ m ²
Guaina bituminosa:	5,00 Kg/ m ²
Pannello OSB (s=25 mm):	15,75 Kg/ m ²
Travicelli in legno di castagno 60 x 80	1,82 Kg/m ²
Isolante termico (160 kg/m ³ , s=8cm)	12,80 Kg/m ²
Barriera al vapore (500 kg/m ³ , s=0,22 mm)	0,11 Kg/m ²
Tavolato di abete (s=32 mm):	12,16 Kg/ m ²

Carico proprio G_{1k}

Travi principali in legno Lamellare GL24H160 x 600	36,48 Kg/m ²
Travi secondarie in legno Lamellare GL24H 140 x 250	13,30 Kg/m ²

Carico Variabile Q_k

Carico Accidentale Q_k	50,00 Kg /m ²
Carico Neve Q_k	71,00 Kg /m ²

Gronda

Carico permanente G_{2k}

Manto di copertura in laterizio:	30,00 Kg/ m ²
Guaina bituminosa:	5,00 Kg/ m ²
Pannello OSB (s=25 mm):	15,75 Kg/ m ²
Travicelli in legno di castagno 60 x 80	1,82 Kg/m ²
Tavolato di abete (s=32 mm):	12,16 Kg/ m ²

Carico proprio G_{1k}

Travi principali in legno Lamellare GL24H 160 x 600	36,48 Kg/m ²
Travi secondarie in legno Lamellare GL24H 140 x 250	13,30 Kg/m ²

Carico Variabile Q_k

Carico Accidentale Q_k	50,00 Kg /m ²
Carico Neve Q_k	71,00 Kg /m ²

• Analisi dei carichi del solaio di calpestio del pianoterra (ala ovest)

Carico permanente G_{2k}

Pavimento:	60,00 Kg/ m ²
Massetto:	60,00 Kg/m ²
Intonaco:	30,00 Kg/m ²

Carico proprio G_{1k}

Soletta in c.a. s= 15 cm (2500 kg/m ³)	375,00 Kg/m ²
--	--------------------------

Carico Variabile Q_k

Carico Accidentale Q_k	300,00 Kg /m ²
--------------------------	---------------------------

• Analisi dei carichi del solaio di calpestio del piano terra (ala est)

Carico permanente G_{2k}

Pavimento (grés porcellanato):	55,00 Kg/ m ²
Massetto alleggerito (s=5 cm):	50,00 Kg/m ²
Controsoffitto alleggerito (s=2 cm):	25,00 Kg/m ²

Carico proprio G_{1k}

Soletta in c.a. (s= 9 cm; 1800 kg/m ³)	162,00 Kg/m ²
Lamiera grecata HI-BOND	10,00 Kg/ m ²
Travi IPE270 (i~100 cm):	36,10 Kg/ m ²

Carico Variabile Q_k

Carico Accidentale Q_k	300,00 Kg /m ²
--------------------------	---------------------------

• **Analisi dei carichi del solaio di calpestio del piano primo(ala ovest)**

Carico permanente G_{2k}

Pavimento:	60,00 Kg/ m ²
Massetto:	60,00 Kg/m ²
Intonaco:	30,00 Kg/m ²

Carico proprio G_{1k}

Solaio in latero-cemento Bausta (H=20+4 cm)	300,00 Kg/m ²
---	--------------------------

Carico Variabile Q_k

Carico Accidentale Q_k	300,00 Kg /m ²
--------------------------	---------------------------

• **Analisi dei carichi del solaio di calpestio del piano primo(ala centro-est)**

Carico permanente G_{2k}

Pavimento (grés porcellanato):	55,00 Kg/ m ²
Massetto alleggerito (s=5 cm):	50,00 Kg/m ²
Controsoffitto (s=2 cm):	25,00 Kg/m ²

Carico proprio G_{1k}

Soletta in c.a. (s= 9 cm; 1800 kg/m ³)	162,00 Kg/m ²
Lamiera grecata HI-BOND	10,00 Kg/ m ²
Travi IPE270 (i~100 cm):	36,10 Kg/ m ²

Carico Variabile Q_k

Carico Accidentale Q_k	300,00 Kg /m ²
--------------------------	---------------------------

• **Analisi dei carichi del solaio di calpestio del piano secondo(ala ovest)**

Carico permanente G_{2k}

Pavimento:	60,00 Kg/ m ²
Massetto:	60,00 Kg/m ²
Intonaco:	30,00 Kg/m ²

Carico proprio G_{1k}

Solaio in latero-cemento Celersap (H=20+4 cm)	320,00 Kg/m ²
---	--------------------------

Carico Variabile Q_k

Carico Accidentale Q_k	300,00 Kg /m ²
--------------------------	---------------------------

• **Analisi dei carichi agenti sulla scala in c.a.**

Si riporta di seguito l'analisi dei carichi permanenti e variabili di esercizio agenti sulla scala in c.a. esistente.

Carico permanente G_{2k}

Pavimento (Marmo):	100,00 kg/m ²
Massetto:	100,00 kg/m ²
Imbottitura gradini:	105,00 kg/m ²
Intonaco:	30,00 Kg/ m ²

Carico proprio G_{1k}

Soletta in c.a. s= 15 cm (2500 kg/m ³)	375,00 Kg/m ²
--	--------------------------

Carico Variabile Q_k

Carico Accidentale Q_k	400,00 Kg /m ²
--------------------------	---------------------------

COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Le azioni pocanzi definite devono essere combinate tra loro secondo le combinazioni definite al § 2.5.3 delle NTC2018.

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- 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, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

- 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:

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

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

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

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Dove γ_{G1} , γ_{Q1} sono rispettivamente i coefficienti parziali dei carichi permanenti e delle azioni variabili (Tab.2.6.I) e ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} sono i coefficienti di combinazione per le azioni variabili (Tab.2.5.I).

Essendo l'edificio di cui all'oggetto una scuola secondaria di primo grado, la categoria di destinazione d'uso a cui fare riferimento per la combinazione delle azioni è quella inerente agli "ambienti suscettibili ad affollamento", ossia la C della tab.3.1.IIe della tab.2.5.I. del D.M.17.01.2018.

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcosceruci.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Ambienti ad uso commerciale			
D	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	da valutarsi caso per caso e comunque non minori di 5,00 2 x 50,00 1,00**		
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

Tab. 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 – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
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

SPETTRO DI RISPOSTA

L'azione sismica, secondo quanto riportato nel D.M.17.01.2018 è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta o dalla componente accelerometrica verticale.

In mancanza di documentata informazione specifica, in via semplificata l'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie possono essere determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali. La componente accelerometrica verticale può essere correlata alle componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

Qualche che sia la probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , la definizione degli spettri di risposta elastici, degli spettri di risposta di progetto e delle storie temporali del moto del terreno è fornita ai paragrafi successivi.

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito al §3.2.3.2.1 del DM17.01.2018 come segue:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Dove:

- T ed S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale.
- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = SS \times ST$, essendo SS il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.V) e ST il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.VI);
- h è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali γ diversi dal 5%, mediante la relazione $h = 10 / (5 + \gamma)^{0,55}$, dove γ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione.
- F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

- T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da

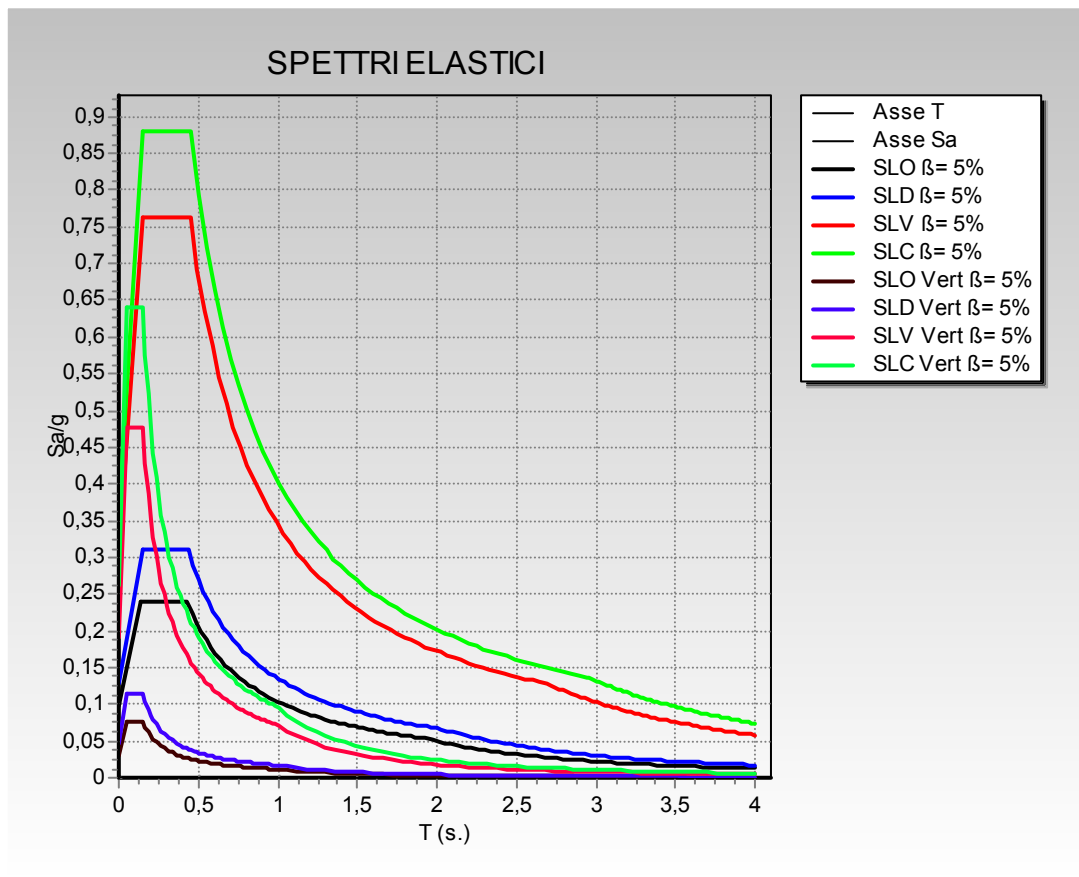
$$T_C = C_C \times T_C^*$$

Dove T_C^* è il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;

- T_C è definito al § 3.2 e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;
- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
- $T_B = T_C / 3$;
- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6.$$

Nel caso in esame, gli spettri elastici di risposta sono i seguenti.



Grottammare, li Novembre 2019

Il Tecnico: Ing. CARLO CESARONI

