

PROVINCIA DI PIACENZA

COMUNE DI CAORSO

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

INTERVENTI URGENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO
DEGLI EDIFICI DI PROPRIETÀ COMUNALE
ADIBITI A SCUOLA MEDIA E PALESTRA
SITI NEL CAPOLUOGO IN VIA E. FERMI N.3/A
TERZO STRALCIO – AGGIORNAMENTO 2019

RELAZIONE TECNICA

ALLEGATO A

Committente: Amministrazione Comunale di Caorso

Piazza Rocca, 1 – 29012 Caorso - Piacenza

Piacenza 16 dicembre 2019

DOTT. ING. STEFANO TASSI

Via Pisaroni n. 14 – Piacenza Tel. 0523.490090 - e-mail: studio@ingstefanotassi.it



INDICE

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1. | <i>NORME DI RIFERIMENTO.</i> | 3 |
| 2. | <i>CRITERI DI VALUTAZIONE.</i> | 3 |
| 3. | <i>ANALISI STORICO CRITICA</i> | 6 |
| 4. | <i>UBICAZIONE DEL FABBRICATO E DESCRIZIONE DELL'AREA</i> | 6 |
| 5. | <i>CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOTECNICHE DEL TERRENO</i> | 6 |
| 6. | <i>VISITA DI SOPPRALUOGO</i> | 7 |
| 7. | <i>RILIEVO E DESCRIZIONE DEGLI EDIFICI</i> | 7 |
| 8. | <i>SCHEMA DEL MODELLO DI CALCOLO</i> | 8 |
| 9. | <i>CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI</i> | 9 |
| 10. | <i>LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA</i> | 9 |
| 11. | <i>AZIONI STATICHE</i> | 10 |
| 12. | <i>VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA</i> | 11 |
| 13. | <i>CONSIDERAZIONI PER LA VERIFICA DI SICUREZZA.</i> | 17 |
| 14. | <i>VERIFICA DI SICUREZZA.</i> | 18 |
| 15. | <i>CRITERI E TIPI DI INTERVENTO.</i> | 18 |
| 16. | <i>CRITERI DI PROGETTO DEGLI EVENTUALI INTERVENTI.</i> | 19 |
| 17. | <i>INDICAZIONE DEGLI INTERVENTI MIRATI ALL'ADEGUAMENTO SISMICO.</i> | 20 |
| 18. | <i>CALCOLO SOMMARIO DELLA SPESA.</i> | 21 |
| 19. | <i>CRONOPROGRAMMA E DESCRIZIONE DEI LAVORI.</i> | 23 |
| 20. | <i>INDICAZIONI IN MATERIA DI SICUREZZA.</i> | 26 |

1. NORME DI RIFERIMENTO.

Il presente studio ha per oggetto l'analisi della vulnerabilità sismica degli edifici di proprietà comunale adibiti a scuola media e palestra, siti nel capoluogo in via E. Fermi n.3/A; verifica resa necessaria a seguito dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 che obbligava di procedere alla verifica, di tutti gli edifici e le opere infrastrutturali di interesse strategico e fondamentali per finalità di protezione civile in caso di sisma o per le fasi successive allo stesso. L'analisi è stata eseguita conformemente alle indicazioni contenute nella "Delibera della Giunta Regionale 23 giugno 2008, n. 936", con e particolare riferimento all'Allegato 3 ed al Sub-Allegato 3-A.

2. CRITERI DI VALUTAZIONE.

Il D.M. 17/01/18 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC) al punto 8.3 "Valutazione della Sicurezza", definisce i criteri per la valutazione della sicurezza di un immobile esistente.

Le costruzioni esistenti devono essere sottoposte a valutazione della sicurezza quando ricorra una delle seguenti situazioni:

1. 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;
2. provati gravi errori di progetto o di costruzione;
3. 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;

4. 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.

La valutazione della sicurezza deve permettere di stabilire tre possibili situazioni:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- sia necessario procedere ad aumentare o ripristinare la capacità portante.

La valutazione della sicurezza dovrà effettuarsi ogni qual volta si eseguano gli interventi strutturali di cui al punto 8.4 delle NTC (adeguamento e miglioramento, vedere fine relazione) e dovrà determinare il livello di sicurezza prima e dopo l'intervento.

La Circolare del 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018" ribadisce e chiarisce alcuni aspetti al punto C8.3 "Valutazione della sicurezza".

Le NTC individuano due grandi categorie di situazioni nelle quali è obbligatorio effettuare la verifica di sicurezza, essendo entrambe le categorie comunque riconducibili ad un significativo peggioramento delle condizioni di sicurezza iniziali o di progetto secondo la normativa dell'epoca della costruzione:

- variazioni, improvvise o lente, indipendenti dalla volontà dell'uomo (ad esempio: danni dovuti al terremoto, a carichi verticali eccessivi, a urti, etc., danni dovuti a cedimenti fondali, degrado delle malte nella muratura, corrosione delle armature nel c.a., etc., errori progettuali o esecutivi, incluse le situazioni in cui i

materiali o la geometria dell'opera non corrispondano ai dati progettuali);

- variazioni dovute all'intervento dell'uomo, che incide direttamente e volontariamente sulla struttura (v. § 8.4 delle NTC) oppure sulle azioni (ad esempio: aumento dei carichi verticali dovuto a cambiamento di destinazione d'uso), o che incide indirettamente sul comportamento della struttura (ad esempio gli interventi non dichiaratamente strutturali, discussi nel § 8.2 delle NTC).

Le modalità di verifica dipendono dal modo in cui tali variazioni si riflettono sul comportamento della struttura:

- variazioni relative a porzioni limitate della struttura, che influiscono solo sul comportamento locale di uno o più elementi strutturali o di porzioni limitate della struttura (v. anche § 8.4 delle NTC);
- variazioni che implicano sostanziali differenze di comportamento globale della struttura.

Nel primo caso la verifica potrà concernere solamente le porzioni interessate dalle variazioni apportate (ad esempio la verifica relativa alla sostituzione, al rafforzamento o alla semplice variazione di carico su un singolo campo di solaio potrà concernere solo quel campo e gli elementi che lo sostengono).

Nel secondo caso, invece, la verifica sarà necessariamente finalizzata a determinare l'effettivo comportamento della struttura nella nuova configurazione (conseguente ad un danneggiamento, ad un intervento, etc.). Dall'obbligatorietà della verifica è normalmente esclusa la situazione determinata da una variazione delle azioni che interviene a seguito di una revisione della normativa, per la parte che definisce l'entità delle azioni, o delle zonazioni che

differenziano le azioni ambientali (sisma, neve, vento) nelle diverse parti del territorio italiano.

3. ANALISI STORICO CRITICA

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 modificazioni subite nel tempo dal manufatto, nonché gli eventi che lo hanno interessato.

Per la presente relazione non si sono effettuate ricerche particolari avendo a disposizione i progetti originali degli edifici che si presentano in buono stato, e che non hanno subito modifiche di alcun tipo rispetto all'originario schema strutturale e distributivo oltre ad aver mantenuto nel tempo le medesime destinazioni.

4. UBICAZIONE DEL FABBRICATO E DESCRIZIONE DELL'AREA

Gli edifici sono ubicati in via E. Fermi n.3/A nel Comune di Caorso.

Il terreno è situato in zona pianeggiante.

La quota del terreno è a circa 45 m sul livello del mare.

5. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOTECNICHE DEL TERRENO

Per determinare la categoria di sottosuolo ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un'approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento che nel nostro caso è la "**Categoria C**".

Categoria C: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti 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 n/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).

6. VISITA DI SOPPRALUOGO

Si è proceduto ad un'ispezione degli edifici che si sono presentati in discreto stato di conservazione. Sono stati ispezionati i vari ambienti e le varie strutture. Sono state scattate foto con cui, insieme alla documentazione esistente, si è potuto ricostruire la geometria degli edifici

7. RILIEVO E DESCRIZIONE DEGLI EDIFICI

Si riportano di seguito le indicazioni previste al punto 8.5.2 del del D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" per quanto riguarda il rilievo dell'edificio.

Il rilievo geometrico-strutturale dovrà essere riferito sia alla geometria complessiva ,sia della costruzione, sia degli elementi costruttivi, comprendendo i rapporti con le eventuali strutture in aderenza.

Il rilievo deve individuare l'organismo resistente della costruzione, tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi.

Dovranno altresì essere rilevati i dissesti, in atto o stabilizzati, ponendo particolare attenzione all'individuazione dei quadri fessurativi e dei meccanismi di danno.

Non sono state rilevate fessure o danni particolari che possano compromettere la stabilità dell'edificio dal punto di vista globale e locale.

Geometria del fabbricato

Il complesso di edifici che compongono la scuola media è formato da tre corpi di fabbrica, il primo ospita i locali didattici, il secondo è

adibito a palestra con relativi servizi ed il terzo è adibito a centrale termica.

Il primo edificio è posto su due piani fuori terra mentre gli altri due sono posti su un unico livello.

La struttura portante di tutti e tre i fabbricati è costituita da elementi in cemento armato, in parte prefabbricati ed in parte realizzati in opera, ed in particolare: pilastri 40x40 cm, travi poggianti sulle mensole dei pilastri, solai intermedi e struttura di copertura con tegoli tipo TT poggianti sulle travi.

L'edificio adibito a scuola ha dimensioni in pianta di circa 35x31 m ed altezza totale di circa 7,70 m, esso è composto da 3 campate principali in senso trasversale con luci di 9,60 m, 15,40 m, 9,60 m, mentre gli interassi dei pilastri in senso longitudinale è di 7,50 m.

Gli edifici adibiti a palestra e centrale termica si possono inscrivere in un unico rettangolo di dimensioni in pianta di circa 45x18 m, divisi uno dall'altro da un piccolo spazio a cielo aperto.

L'edificio adibito a palestra ha una parte con altezza totale di circa 8,00 m, composta da un'unica campata con luce di 18,00 m, mentre gli interassi dei pilastri è di 7,47 m.

Il resto dell'edificio, così come la centrale termica, ha altezza pari a circa 4,00 m., esso è composto da 3 campate principali in senso trasversale con luci di 7,50 m, 3,00 m, 7,50 m, mentre gli interassi dei pilastri in senso longitudinale è di 5,00 m e 10,05 m.

8. SCHEMA DEL MODELLO DI CALCOLO

Per un calcolo strutturale si può considerare uno schema tridimensionale che costituisce la modellazione delle strutture prefabbricate in oggetto.

9. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

Per conoscere le caratteristiche meccaniche ed il livello di degrado dei materiali (in questo caso è cemento armato) è stato possibile ricorrere a verifiche visive in situ, e basarsi su dati già disponibili.

Per la verifica dell'opera in oggetto si sono ipotizzati per i materiali le seguenti caratteristiche:

- calcestruzzo con resistenza caratteristica **Rck = 45 N/mmq**;
- acciaio del tipo ad aderenza migliorata **FeB 38 K** con valore di tensione caratteristica a snervamento **fyk = 375 N/mmq**.

| Resistenza dei materiali (valori medi utilizzati nell'analisi) | | | |
|---|-------------------|-------------------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| | Cls fondazione | Cls elevazione | Acciaio in barre |
| Resistenza a compressione (N/mm ²) | 11,7 | 21,1 | 326 |
| Resistenza a trazione (N/mm ²) | 0 | 0 | 326 |
| Modulo di elasticità Normale (GPa) | 28.5 | 38.2 | 210 |
| Modulo di elasticità Tangenziale (GPa) | 12.5 | 16.8 | 79 |

10. LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Le NTC del 2018 organizzano la qualità della conoscenza su tre possibili livelli, in funzione di un minore o maggiore approfondimento della conoscenza del manufatto.

A ciascun livello di conoscenza (LC1 superficiale , LC2 adeguata e LC3 approfondita) è associato un corrispondente valore per il "fattore di confidenza" (rispettivamente: 1,35, 1,20 e 1,00).

Tale valore verrà impiegato per dividere i valori di resistenza così da ottenere il valore da utilizzare per le analisi e le verifiche.

A livelli di conoscenza maggiori corrispondono fattori di confidenza più bassi, che portano a poter impiegare nei calcoli, per gli stessi manufatti, un valore maggiore per la resistenza.

Gli argomenti attraverso i quali si definisce il livello di conoscenza sono tre:

- la geometria;
- i dettagli costruttivi;
- le proprietà dei materiali.

Per il caso in esame, avendo a disposizione i disegni costruttivi con dettagli strutturali completi e considerati i valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca, oltre a verifiche in situ per le proprietà dei materiali, si assume il livello di conoscenza del manufatto pari a LC3 = 1,00 (livello approfondito).

Quindi tutti i fattori di resistenza dei materiali vengono considerati nel valore massimo.

11. AZIONI STATICHE

Le azioni di calcolo considerate in fase progettuale, in conformità alla normativa vigente all'epoca:

- Azioni permanenti sul solaio intermedio per peso proprio della struttura = **2,34 kN/mq**;
- Azioni permanenti sul solaio intermedio per peso sottofondi, pavimentazione e pareti divisorie = **2,00 kN/mq**;
- Azioni accidentali sul solaio intermedio = **3,50 kN/mq**;
- Azioni permanenti sulla copertura per peso proprio della struttura = **2,34 kN/mq**;

- Azioni permanenti sulla copertura per peso manto di copertura = **1,10 kN/mq**;
- Azioni accidentali sulla copertura = **1,50 kN/mq**;

12. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al capitolo 3.2 del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le Costruzioni".

In particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica;
- individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T_c per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC);
- determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica;
- calcolo del periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerati.

Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito:

| Latitudine | Longitudine | Altitudine |
|------------|-------------|------------|
| 45,03 | 9,52 | 45 m |

| STATO LIMITE | Tr | Ag | F0 | T*c |
|--------------|--------|--------|--------|--------|
| | [anni] | [adim] | [adim] | [s] |
| SLO | 45 | 0,0359 | 2,5495 | 0,2159 |
| SLD | 75 | 0,0445 | 2,5250 | 0,2490 |
| SLV | 712 | 0,1106 | 2,4712 | 0,2842 |
| SLC | 1462 | 0,1432 | 2,4689 | 0,2886 |

Verifiche di regolarità

Sia per la scelta del metodo di calcolo, sia per la valutazione del fattore di struttura adottato, deve essere effettuato il controllo della regolarità della struttura.

La tabella seguente riepiloga, per le strutture in esame, le condizioni di regolarità degli edifici.

| SCUOLA | | |
|--------|---|------|
| A | La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidità? | SI |
| B | Qual'è il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui l'edificio, con esclusione di sporgenze e superfetazioni, risulta inscritto? | 1,1 |
| C | Qual'è il massimo valore di rientri o sporgenze espresso in % della dimensione totale dell'edificio nella corrispondente direzione? | 0% |
| D | Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti? | NO |
| E | Qual è la minima estensione verticale di un elemento | 100% |

| | | |
|---|--|------------------|
| | resistente dell'edificio (quali telai o pareti) espressi in % dell'altezza dell'edificio? | |
| F | Quali sono le massime variazioni da un piano all'altro di massa e rigidezza espresse in % della massa e della rigidezza del piano contiguo con valori più elevati? | 5% |
| G | Quali sono i massimi restringimenti della sezione orizzontale dell'edificio, in % alla dimensione corrispondente al primo piano ed a quella corrispondente al piano immediatamente sottostante? Nel piano può essere escluso l'ultimo piano di edifici di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento. | 0% p.1 0% p.T |
| H | Sono presenti elementi non strutturali particolarmente vulnerabili o in grado di influire negativamente sulla risposta della struttura (es. tamponamenti rigidi distribuiti in modo irregolare in pianta o in elevazione, camini o parapetti di grande dimensione in muratura, controsoffitti pesanti)? | NO |
| I | Giudizio finale sulla regolarità dell'edificio, ottenuto in relazione alle risposte fornite dal punto A al punto H. | SI |

| PALESTRA | | |
|----------|--|-----|
| A | La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidezze? | NO |
| B | Qual'è il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui l'edificio, con esclusione di sporgenze e superfetazioni, risulta inscritto? | 2,5 |
| C | Qual'è il massimo valore di rientri o sporgenze espresso in % della dimensione totale dell'edificio nella corrispondente direzione? | 3% |
| D | Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e | NO |

| | | |
|---|--|------------------|
| | sufficientemente resistenti? | |
| E | Qual è la minima estensione verticale di un elemento resistente dell'edificio (quali telai o pareti) espressi in % dell'altezza dell'edificio? | 45% |
| F | Quali sono le massime variazioni da un piano all'altro di massa e rigidezza espresse in % della massa e della rigidezza del piano contiguo con valori più elevati? | 0% |
| G | Quali sono i massimi restringimenti della sezione orizzontale dell'edificio, in % alla dimensione corrispondente al primo piano ed a quella corrispondente al piano immediatamente sottostante? Nel piano può essere escluso l'ultimo piano di edifici di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento. | 3% p.1 3% p.T |
| H | Sono presenti elementi non strutturali particolarmente vulnerabili o in grado di influire negativamente sulla risposta della struttura (es. tamponamenti rigidi distribuiti in modo irregolare in pianta o in elevazione, camini o parapetti di grande dimensione in muratura, controsoffitti pesanti)? | NO |
| I | Giudizio finale sulla regolarità dell'edificio, ottenuto in relazione alle risposte fornite dal punto A al punto H. | NO |

Spettri di Progetto per S.L.U. e S.L.D.

Gli edifici sono stati verificati con una Vita Nominale pari a **50 anni** e per Classe d'Uso pari a 3 per un periodo di riferimento di **75 anni**.

In base alle indagini geognostiche effettuate si è classificato il suolo di fondazione di **categoria C**.

Per la definizione degli spettri di risposta, oltre all'accelerazione a_g al suolo occorre determinare il Fattore di Struttura q .

Il Fattore di comportamento q è un fattore riduttivo delle forze elastiche, introdotto per tenere conto delle capacità dissipative

della struttura, che dipende dal sistema costruttivo adottato, dalla Classe di Duttilità e dalla regolarità in altezza.

Si è inoltre assunto il Coefficiente di Amplificazione Topografica ST pari a 1,00.

Per le strutture in esame si possono determinare i seguenti valori:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita:
- Fattore di comportamento q per sisma orizzontale in direz. X = 1,50;
- Fattore di comportamento q per sisma orizzontale in direz. Y = 1,50;
- Fattore di Struttura q per sisma verticale = 1,50.

Stato Limite di Salvaguardia della Vita

Le azioni sulle costruzioni sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

$$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \dots$$

dove:

G₁ rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);

G₂ rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

P rappresenta pretensione e precompressione;

Q azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:

- di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
- di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;

Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i -esima azione variabile;

γ_{G1} , γ_{G2} , γ_{Q1} coefficienti parziali come definiti nella tabella 2.6.I del DM 17 gennaio 2018;

γ_{oi} sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

In zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle generiche condizioni di carico statiche, devono essere considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} * Q_{ki}$$

dove:

E azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;

G₁ rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;

G₂ rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

P_k rappresenta pretensione e precompressione;

ψ_{2i} coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i ;

Q_{ki} valore caratteristico dell'azione variabile Q_i ;

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali: $G_k + \sum_i(\psi_{2i} * Q_{ki})$

I valori dei coefficienti ψ_{2i} sono riportati nella seguente tabella:

| Categoria/Azione | ψ_{2i} |
|---|----------------------------|
| Categoria A – Ambienti ad uso residenziale | 0,3 |
| Categoria B – Uffici | 0,3 |
| Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento | 0,6 |
| Categoria D – Ambienti ad uso commerciale | 0,6 |
| Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale. Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale | 0,8 |
| Categoria F – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso 30 kN) | 0,6 |
| Categoria G – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN) | 0,3 |
| Categoria H – Coperture accessibili per sola manutenzione | 0,0 |
| Categoria I – Coperture praticabili | Da valutarsi caso per caso |
| Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti,) | Da valutarsi caso per caso |
| Vento | 0,0 |
| Neve (a quota \leq 1000 m s.l.m.) | 0,0 |
| Neve (a quota > 1000 m s.l.m.) | 0,2 |
| Variazioni termiche | 0,0 |

13. **CONSIDERAZIONI PER LA VERIFICA DI SICUREZZA.**

Per la verifica di sicurezza della struttura si è proceduto nel seguente modo :

1. Analisi della struttura allo stato iniziale senza alcun collegamento fra le varie parti strutturali.
2. Analisi della struttura dopo aver realizzato i collegamenti interni.
3. Analisi della struttura dopo la realizzazione dei telai di controvento esterni.

Dall'analisi di questi tre step al variare della Pga si sono potuti definire i vari meccanismi di crisi e vedere quali carenze strutturali presentano gli edifici.

14. VERIFICA DI SICUREZZA.

Dall'analisi dei tre step descritti nel paragrafo 13.0 si sono ottenuti i seguenti risultati :

1. tutti i pilastri superano la loro capacità portante a partire dai pilastri d'angolo;
2. i pilastri perimetrali dei lati est-ovest superano la loro capacità portante;
3. tutti i pilastri risultano verificati. Il coefficiente di sfruttamento peggiore è riferito ai pilastri d'angolo e risulta valere $\eta = 0.97 < 1$ riferito a una Pga = 0.11 e TR = 712 anni;

15. CRITERI E TIPI DI INTERVENTO.

Si riportano di seguito i principi da applicare per gli interventi di miglioramento o adeguamento sismico dell'edificio.

Per tutte le tipologie di costruzioni esistenti gli interventi di consolidamento vanno applicati, per quanto possibile, in modo regolare ed uniforme. L'esecuzione di interventi su porzioni limitate dell'edificio va opportunamente valutata e giustificata, considerando la variazione nella distribuzione delle rigidità e delle resistenze e la conseguente eventuale interazione con le parti restanti della struttura. Particolare attenzione deve essere posta alla

fase esecutiva degli interventi, in quanto una cattiva esecuzione può peggiorare il comportamento globale delle costruzioni.

La scelta del tipo, della tecnica, dell'entità e dell'urgenza dell'intervento dipende dai risultati della precedente fase di valutazione, dovendo mirare prioritariamente a contrastare lo sviluppo di meccanismi locali e/o di meccanismi fragili e, quindi, a migliorare il comportamento globale della costruzione.

In generale dovranno essere valutati e curati gli aspetti seguenti:

1. riparazione di eventuali danni presenti;
2. riduzione delle carenze dovute ad errori grossolani;
3. miglioramento della capacità deformativa ("duttilità") di singoli elementi;
4. riduzione delle condizioni che determinano situazioni di forte irregolarità degli edifici, in termini di massa, resistenza e/o rigidità, anche legate alla presenza di elementi non strutturali;
5. riduzione delle masse, anche mediante demolizione parziale o variazione di destinazione d'uso;
6. riduzione dell'impegno degli elementi strutturali originari mediante l'introduzione di sistemi d'isolamento o di dissipazione di energia;
7. riduzione dell'eccessiva deformabilità degli orizzontamenti;
8. miglioramento dei collegamenti degli elementi non strutturali, incremento della resistenza degli elementi verticali resistenti, tenendo eventualmente conto di una possibile riduzione della duttilità globale per effetto di rinforzi locali;
9. realizzazione, ampliamento, eliminazione di giunti sismici o interposizione di materiali atti ad attenuare gli urti;
10. miglioramento del sistema di fondazione, ove necessario.

16. CRITERI DI PROGETTO DEGLI EVENTUALI INTERVENTI.

Per tutte le tipologie costruttive, il progetto dell'intervento di adeguamento o miglioramento sismico deve comprendere:

- verifica della struttura prima dell'intervento con identificazione delle carenze e del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU (e SLE se richiesto);
- scelta motivata del tipo di intervento;
- scelta delle tecniche e/o dei materiali;
- dimensionamento preliminare dei rinforzi e degli eventuali elementi strutturali aggiuntivi;
- analisi strutturale considerando le caratteristiche della struttura post-intervento;
- verifica della struttura post-intervento con determinazione del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU (e SLE se richiesto).

17. INDICAZIONE DEGLI INTERVENTI MIRATI ALL'ADEGUAMENTO SISMICO.

Per gli edifici oggetto di studio, al fine di pervenire all'adeguamento sismico, si rendono necessari interventi strutturali da dimensionare sulla base dei livelli prestazionali che si intendono raggiungere, nel rispetto di quanto indicato dalla vigente normativa.

Per l'adeguamento sismico delle strutture in oggetto è stato consigliato di effettuare i seguenti interventi in ordine cronologico:

Fase 1. sarà necessario realizzare i collegamenti interni fra i manufatti prefabbricati (pilastro – trave, trave – tegolo, pilastro – pannello di tamponamento) posti al piano copertura dell'edificio scolastico e del corpo principale della palestra, mediante piastre metalliche, oltre all'irrigidimento dei pilastri della palestra. In questo modo si eviterà, durante l'evento sismico, il formarsi di distacchi e la perdita di appoggio dei manufatti prefabbricati. In particolar modo per la struttura

della scuola, questi collegamenti aumenteranno la rigidità nel proprio piano dei solai in modo tale che i pilastri centrali vengono sgravati e risultino quindi verificati.

Fase 2. sarà necessario realizzare i collegamenti interni fra i manufatti prefabbricati (pilastro – trave, trave – tegolo, pilastro – pannello di tamponamento) del primo solaio dell'edificio scolastico e nel corpo di fabbrica più basso della palestra, mediante piastre metalliche. In questo modo si eviterà, durante l'evento sismico, il formarsi di distacchi e la perdita di appoggio dei manufatti prefabbricati; inoltre questi collegamenti aumenteranno la rigidità nel proprio piano dei solai in modo tale che i pilastri centrali vengono sgravati e risultino quindi verificati.

Fase 3. In terzo luogo è necessario realizzare dei telai metallici esterni alla struttura dell'edificio scolastico, nelle due direzioni principali e collegati ai pilastri d'angolo; in questo modo si controventerà la struttura, riducendone gli spostamenti orizzontali e riducendo le sollecitazioni sui pilastri perimetrali, riportando le sollecitazioni entro i valori di sicurezza.

18. CALCOLO SOMMARIO DELLA SPESA.

I costi degli interventi sono stati valutati tramite un calcolo sommario della spesa basato su una valutazione delle opere da realizzare, applicando alle quantità caratteristiche delle stesse, i corrispondenti costi standardizzati. Per maggior chiarezza e dettaglio si veda il seguente quadro economico.

I prezzi considerati sono da ritenersi comprensivi della quota per le spese generali 15%, degli utili d'impresa 10%, del compenso per forniture, lavorazioni, sfridi, spese provvisoriale e di cantiere, degli ordinari oneri relativi alla sicurezza in adempimento alla vigente

normativa, nonché di tutti gli oneri attinenti all'esecuzione delle diverse categorie di lavoro necessari a dare l'opera compiuta a regola d'arte, quali l'applicazione della migliore tecnica, l'impiego di mano d'opera idonea e di materiali di qualità.

| QUADRO ECONOMICO | | | |
|-------------------------|--|----|-------------------|
| | 3 - COLLEGAMENTI INTERNI LOCALE SECONDARIO PALESTRA | | |
| | Allestimento cantiere | €. | 500,00 |
| | Fissaggi interni elementi prefabbricati | €. | 27.000,00 |
| | Opere di modifica cartongessi e murature | €. | 3.500,00 |
| | Opere di modifica impianti tecnologici | €. | 1.000,00 |
| | 4 – IRRIGIDIMENTI PILASTRI SCUOLA MEDIA | | |
| | Allestimento cantiere | €. | 1.000,00 |
| | Irrigidimento pilastri | €. | 125.000,00 |
| | Opere murarie | €. | 22.000,00 |
| | Opere di modifica pluviali, e lattonerie varie | €. | 3.500,00 |
| | Opere di modifica impianti tecnologici | €. | 2.500,00 |
| | Importo lavori a base d'asta | €. | 186.000,00 |
| | Oneri fissi della sicurezza | €. | 4.000,00 |
| | SOMMANO | €. | 190.000,00 |
| | IVA 10% | €. | 19.000,00 |
| | spese tecniche (compresi oneri contributivi e fiscali) | €. | 19.000,00 |
| | imprevisti, spese varie, incentivi, ecc... | €. | 4.400,00 |
| | IMPORTO COMPLESSIVO DI SPESA | €. | 232.400,00 |

Il plesso scolastico sarà quindi oggetto di interventi graduali di adeguamento sismico che verranno programmati nel tempo ed inseriti nei Piani triennali ed annuali delle Opere Pubbliche e considerati nella predisposizione del piano straordinario di messa in sicurezza antisismica di cui all'art. 80, c.21, della legge 27 dicembre 2002, n.289.

Considerato che nel frattempo l'edificio scolastico dovrà essere normalmente utilizzato e che il rischio di crolli pericolosi per l'incolumità delle persone sia legato ad eventi sismici rari e di probabilità molto ridotta (il comune di Caorso rientra in classe 4, la

classe di sismicità più bassa), verranno effettuati in prima battuta gli interventi più urgenti, in grado di migliorare il livello di sicurezza sismica degli edifici.

I lavori già realizzati si sono svolti in due fasi:

la prima fase è avvenuta mediante la posa di piastre e strutture metalliche che fungono da collegamenti interni fra i manufatti prefabbricati (pilastro-trave, trave-tegolo, pilastro-pannello di tamponamento) posti al piano primo di copertura dell'edificio scolastico e nel locale principale della palestra che, essendo le parti più alte, sono quelle soggette alle maggiori sollecitazioni in caso di sisma.

nella seconda fase sono stati realizzati, mediante piastre e strutture metalliche, i collegamenti interni fra i manufatti prefabbricati (pilastro-trave, trave-tegolo, pilastro-pannello di tamponamento, trave porta shed grande-trave, trave porta shed piccola-trave, shed-trave porta shed, shed-shed-trave porta shed, tegolo-tegolo, tegolo-trave porta shed) posti al piano terra di dell'edificio scolastico, in modo da realizzare una continuità di intervento per il fabbricato in oggetto.

Per la terza ed ultima fase sarà necessario realizzare i collegamenti interni fra i manufatti prefabbricati (pilastro – trave, trave – tegolo, pilastro – pannello di tamponamento) del corpo di fabbrica più basso della palestra, mediante piastre metalliche. In questo modo si eviterà, durante l'evento sismico, il formarsi di distacchi e la perdita di appoggio dei manufatti prefabbricati; inoltre questi collegamenti aumenteranno la rigidità nel proprio piano dei solai in modo tale che i pilastri centrali vengono sgravati e risultino quindi verificati.

Verranno inoltre realizzati dei telai metallici, esterni alla struttura dell'edificio scolastico, nelle due direzioni principali e collegati ai

pilastri d'angolo; in questo modo si controventerà la struttura, riducendone gli spostamenti orizzontali e riducendo le sollecitazioni sui pilastri perimetrali, riportando le sollecitazioni entro i valori di sicurezza.

19. CRONOPROGRAMMA E DESCRIZIONE DEI LAVORI.

Di seguito sono riportate in ordine cronologico di realizzazione le descrizioni dei lavori per la realizzazione delle opere precedentemente elencate.

- 1) Allestimento cantiere presso l'edificio adibito a palestra per la realizzazione dei fissaggi al piano primo;
- 2) Taglio delle contropareti in cartongesso o demolizione di parti di muratura in laterizio in corrispondenza dei fissaggi da posare;
- 3) Modifica e spostamento degli impianti tecnologici presenti in corrispondenza dei fissaggi da posare;
- 4) Posa di fissaggi in acciaio tipo 1 per fissaggio PILASTRO-TRAVE mediante l'uso di ponteggi e trabattelli;
- 5) Posa di fissaggi in acciaio tipo 2 per fissaggio TEGOLO-TRAVE mediante l'uso di ponteggi e trabattelli;
- 6) Posa di fissaggi in acciaio tipo 3 per fissaggio PANNELLO-PILASTRO mediante l'uso di ponteggi e trabattelli;
- 7) Posa di fissaggi in acciaio tipo 4 per fissaggio PANNELLO-TRAVE mediante l'uso di ponteggi e trabattelli;
- 8) Posa di fissaggi in acciaio tipo 5 per fissaggio TRAVE PORTA SHED-TRAVE mediante l'uso di ponteggi e trabattelli;
- 9) Posa di fissaggi in acciaio tipo 6 per fissaggio SHED-TRAVE PORTA SHED mediante l'uso di ponteggi e trabattelli;
- 10) Posa di fissaggi in acciaio tipo 7 per fissaggio SHED-SHED-TRAVE PORTA SHED mediante l'uso di ponteggi e trabattelli;

- 11) Posa di fissaggi in acciaio tipo 8 per fissaggio SHED-SHED mediante l'uso di ponteggi e trabattelli;
- 12) Ripristino di cartongesso e parti di muratura in laterizio in corrispondenza dei fissaggi posati;
- 13) Ripristino impianti tecnologici modificati o spostati precedentemente;
- 14) Smontaggio del cantiere presso l'edificio adibito a palestra.
- 15) Allestimento cantiere presso l'edificio adibito a scuola per la realizzazione degli irrigidimenti esterni;
- 16) Taglio dell'asfalto in prossimità delle fondazioni a travi rovesce da realizzare;
- 17) Scavo a sezione obbligata per realizzazione di trave rovescia in c.a.;
- 18) Realizzazione di trave rovescia in c.a. per basamento strutture di irrigidimento;
- 19) Modifica delle scale esterne di accesso alle aule;
- 20) Modifica e spostamento degli impianti tecnologici presenti in corrispondenza delle strutture da posare;
- 21) Modifica e spostamento dei pluviali in corrispondenza delle strutture da posare;
- 22) Posa dei telai di controventamento della struttura dell'immobile adibito a scuola realizzati in carpenteria metallica;
- 23) Ripristino dell'asfalto;
- 24) Ripristino impianti tecnologici modificati o spostati precedentemente;
- 25) Smontaggio del cantiere presso l'edificio adibito a scuola.

20. INDICAZIONI IN MATERIA DI SICUREZZA.

In fase di redazione del progetto esecutivo il Coordinatore in fase di progettazione dovrà predisporre il piano di sicurezza e coordinamento ai sensi del D.Lgs.81/08 e successive modifiche, con l'individuazione delle fasi lavorative e i relativi accorgimenti da adottare in materia di sicurezza, con particolare riguardo al pericolo di caduta dall'alto.

Dovrà essere notificato l'inizio dei lavori agli organi territorialmente competenti, quali AUSL e Ispettorato Provinciale del Lavoro, copia delle notifiche dovrà essere sempre presente ed esposta in cantiere, così come copia del Piano di coordinamento.

Le imprese operanti dovranno redigere il Piano Operativo di Sicurezza relativo all'intervento in oggetto.

I rappresentanti per la sicurezza dei lavoratori dovranno poter prendere visione del Piano di Sicurezza e Coordinamento e del Piano Operativo di Sicurezza, almeno 10 giorni prima dell'inizio lavori; gli stessi rappresentanti dei lavoratori potranno avanzare richieste di chiarimenti sul contenuto del Piano e ove lo ritengano necessario produrre proposte di modifica.

Sarà facoltà e dovere del Coordinatore in fase di esecuzione, ove egli stesso lo ritenga necessario per il verificarsi di mutate condizioni nel corso delle lavorazioni o perché lo reputi comunque indispensabile, apportare eventuali modifiche al fine di integrare e migliorare il Piano di Sicurezza e Coordinamento. Esso potrà essere modificato, integrato od aggiornato dal Coordinatore anche in accoglimento di eventuali proposte da parte delle imprese o dei lavoratori autonomi coinvolti nelle lavorazioni.

Tutti i lavoratori presenti in cantiere, sia quelli dipendenti dell'impresa appaltatrice che quelli autonomi, dovranno seguire i contenuti e prescrizioni del suddetto piano.

L'idoneità del Piano Operativo di Sicurezza, POS, considerato come piano complementare di dettaglio del Piano di sicurezza e coordinamento, e la sua coerenza con quest'ultimo sarà verificato dal Coordinatore per l'esecuzione dei lavori. I POS delle singole imprese esecutrici dovranno essere adeguati nel caso l'evoluzione dei lavori ed eventuali modifiche intervenute lo richiedano.

Dovrà essere prevista in cantiere adeguata segnaletica di sicurezza di cui al D. Lgs. 493/96. Essa verrà posizionata stabilmente negli specifici punti del cantiere ove è necessaria la presenza di un determinato cartello in relazione al tipo di lavorazione svolta, alla sua pericolosità, alla presenza impianti, attrezzature o macchine operatrici che inducano rischio. In generale si dovrà evitare di raggruppare la segnaletica in un unico grande cartello.

Ogni lavoratore della Ditta appaltatrice e rappresentante per la sicurezza, così come ciascun lavoratore autonomo dovranno essere a conoscenza del significato dei segnali (divieto, prescrizione, salvataggio).

I lavoratori, sul luogo di lavoro, dovranno essere adeguatamente protetti con mezzi di protezione contro agenti ed effetti nocivi all'igiene, alla salute e alla loro incolumità fisica.

I D.P.I. (dispositivi di protezione individuale) avranno la funzione di salvaguardare la persona che li indossa, durante il lavoro, da rischi per la salute e la sicurezza.

Le caratteristiche che dovranno avere i D.P.I. sono precisate nel D.Lgs. 04.12.92, n° 475 che recepisce la direttiva del Consiglio dell'Unione Europea 89/686.

L'allegato II al citato decreto definisce i requisiti di carattere generale che sono applicabili a tutti i D.P.I.

Prima dell'inizio dei lavori i lavoratori dovranno essere portati a conoscenza delle modalità di pronto intervento, degli obblighi e

competenze degli specifici addetti e del comportamento da tenere singolarmente in caso si verifichi un incidente.

Il tecnico
(Ing. Stefano Tassi)

