

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

Comune di Montebelluna
Provincia di Treviso

**ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA PRIMARIA DI
CAONADA “A. SERENA”**

Via Crociera, n° 9 – Foglio 48 mappale n. 429

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA



Il Progettista
Arch. Roberto Bonaventura



COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

PREMESSA

Il fabbricato, accatastato al Foglio 48 m. n. 429, è di proprietà del Comune di Montebelluna ed è situato in buona posizione centrale nella frazione di Caonada, alle pendici del Montello ed in prossimità della nuova rotatoria di via Schiavonesca Priula. E' situato all'interno di un'area urbanizzata, con in prossimità altre costruzioni tra cui gli impianti sportivi; è in zona silenziosa e dispone di un ampio scoperto e relativi parcheggi sui piazzali a nord-ovest e sul fronte est dai quali è accessibile.

Secondo il PRG vigente la destinazione urbanistica del sito in cui si trova l'immobile è SP1 - Istruzione; non sussistono vincoli paesaggistici, ma, trattandosi di bene culturale di proprietà pubblica, l'immobile è soggetto al D.lg. 42/2004 art. 10 e seguenti.

CARATTERISTICHE STRUTTURALI TIPOLOGICHE-QUALITATIVE

Il fabbricato, semplice e lineare in pianta, si sviluppa all'interno del mappale recintato, avente superficie 3.046 mq., su un piano interrato di dimensioni massime 14.3x7.7 ml e su due piani fuori terra che si sviluppano secondo una pianta rettangolare avente dimensioni massime di 35.3x16.25 ml.

Il piano interrato è suddiviso in due porzioni separate, la prima ospita la centrale termica e vi si accede attraverso una scalinata esterno sul lato sud, la seconda ospita la cantina ed il magazzino e vi si accede dall'interno attraverso il vano scale interno dell'edificio situato sul lato nord all'ingresso.

I due piani fuori terra sono adibiti parte all'istruzione e parte alla direzione didattica, nella porzione est del 1° piano.

La copertura dell'edificio è regolare, realizzata a padiglione; è presente una piccola porzione di copertura piana in corrispondenza del prospetto nord, sopra alla scala ed all'ingresso.

L'immobile è costituito sostanzialmente da due manufatti edilizi affiancati e totalmente integrati tra loro (Vedi foto n. 1,2,3,4,5,6).

I due piani fuori terra sono collegati da un'unica scala interna in c.a. (vedi foto n. 7,8,9,10) posizionata all'ingresso principale lungo il lato nord. E' presente una scala di sicurezza in

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

acciaio esterna realizzata in epoca recente sul lato est del plesso scolastico (vedi foto n. 4), in corrispondenza dell'ampliamento.

Il primo manufatto, progettato e diretto dall'ing. Gino D'Alvise di Montebelluna nel 1955, è stato realizzato dall'impresa Basso Angelo di Postioma nel 1956, quest'ultima ha anche provveduto ad eseguire i calcoli della struttura in c.a. della copertura.

Dalla documentazione reperita, il calcolo, il dimensionamento e la verifica delle strutture sono stati svolti secondo le norme della scienza delle costruzioni allora note, dimensionando le travi, solai e la copertura; il collaudo è stato eseguito dall'ing. Luigi Pavanello – Ispettore del Genio Civile presso il Magistrato delle Acque – che con la supervisione dell'ing. Pier Luigi Mulacchiè per il Genio Civile di Treviso il giorno 08/02/1958 ha eseguito alcuni saggi sulle fondazioni constatando che i lavori sono stati eseguiti a regola d'arte; le prove di carico sui solai, di luce 6.75 ml e 5.8 ml del primo piano, sono state eseguite dal D.L. .

Il secondo manufatto, progettato dall'arch. Roberto Kolm di Montebelluna nel 1972, prevedeva l'ampliamento dell'edificio continuando il corpo di fabbrica esistente, nella sua larghezza, verso est per una profondità di 12.30 ml. A seguito di difficoltà di carattere economico ed organizzativo per il ciclo didattico si decise di realizzare tale ampliamento in due stralci, il primo riguardante il piano terra ed il secondo riguardante il piano primo e la copertura. I lavori, conclusi nel 1975, furono eseguiti dalla impresa Morlin & Faccin di Caerano San Marco sotto la direzione lavori dell'arch. Kolm, successivamente sostituito dall'ing. Giorgio Basso in qualità di Ingegnere Municipale del Comune di Montebelluna.

Dalla documentazione reperita, si suppone che il calcolo sia stato eseguito ai sensi della legge n. 1086 del 5 novembre 1971 (prima norma che disciplinava le opere di conglomerato cementizio armato); il dimensionamento e la verifica delle strutture sono stati svolti secondo le norme della scienza delle costruzioni allora note, dimensionando le fondazioni, le travi principali ed i solai.

Il Collaudo dell'opera è stato eseguito il giorno 30/10/1975 dall'ing. Gino Saccol di Montebelluna il quale ha eseguito alcune prove di carico sul solaio dell'aula sud-est del primo piano, constatando che i lavori erano stati eseguiti a regola d'arte.

Nella figura sottostante è riportato lo sviluppo e l'evolversi nel tempo del fabbricato in oggetto:

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

PROSPETTO NORD

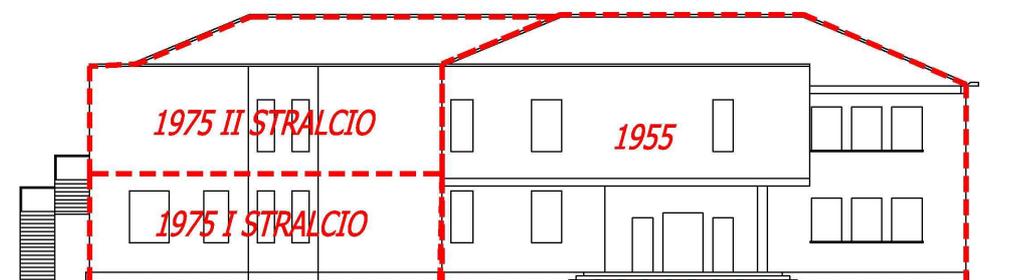


Figura 1 – Prospetto Nord

Il comune di Montebelluna è stato inserito in seguito al D.M. LL. PP. del 19/3/1982 nei Comuni a rischio sismico, con grado di sismicità zona 2 (S=9). Dal 1971 molte norme, leggi, D. M., circolari, ordinanze, sono state emanate fino a giungere al D.M. 14/01/2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, entrato in vigore il 1 Luglio 2009, che, con relativa circolare esplicativa, indica le modalità da seguire per il calcolo della struttura dei fabbricati.

Poiché i due corpi di fabbrica realizzati in fasi successive hanno caratteristiche costruttive diverse, l’analisi eseguita di seguito verrà trattata separatamente.

Architettura

Il fabbricato è stato progettato con i criteri tipici degli anni 50 e degli anni 70, si sviluppa su due piani fuori terra, ed è caratterizzato da ampi spazi (vedi foto n. 10,11), ampie finestrate, ed altezze di interpiano elevate (3.50 ml).

Terreno di fondazione

Morfologicamente l’area su cui sorge il fabbricato si trova a circa 750 m dalle prime pendici del Montello, ad una quota di 114,00 metri s.l.m; il piano campagna presenta una pendenza media verso sud del 1 - 2 %. L’unico corso d’acqua presente nella zona è il Canale del Bosco , è un canale artificiale che scorre a circa 700 m a nord dell’area su cui è ubicato il fabbricato ed ha direzione parallela all’asse longitudinale del Montello. Non sono presenti acque superficiali. Nella fascia pedecollinare Montelliana in corrispondenza

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

di depositi ghiaioso argillosi , si può trovare , ad una profondità di oltre 15-20 m, una falda sospesa di limitata dimensione.

La serie stratigrafica locale consta di un primo strato di argilla con inclusione di ciottoli (“ferretto” del Montello), per uno spessore variabile che poggia sul materasso ghiaioso, di buone caratteristiche meccaniche, i cui spessori dovranno essere rilevati in loco con opportune indagini di campagna per definire il piano di posa delle fondazioni o sottofondazioni. La presenza di uno strato superficiale di limoso – argilloso fa prevedere uno scadente drenaggio verticale delle acque, che tuttavia è sopperito dalla rete meteorica e dai fossati..

Fondazioni

Manufatto 1955. Le fondazioni del fabbricato, come consuetudine per costruzioni di quella tipologia e periodo storico, sono del tipo diretto e sono state realizzate eseguendo uno scavo a sezione ristretta di dimensioni medie 50x60 cm riempito con pietrame (probabilmente con l’aggiunta di cemento); sopra di questo è stato realizzato un cordolo fuori terra di dimensioni medie 45x60 cm in gettata a q.li 2 di cemento con pietrame (non armato) sul quale poggiano le murature portanti.

Il locale scantinato è realizzato con murature in getto, a q.li 2 di cemento, con pietrame che poggiano direttamente sul piano d’imposta dello scavo.

Manufatto 1975. Le fondazioni del fabbricato, come consuetudine per costruzioni di quella tipologia e periodo storico, sono realizzate in calcestruzzo armato con fondazioni continue a T rovescia di larghezza 0.90-1,00 ml, con armatura standard realizzata con 2+2 e 2+3 Φ 12 e staffe Φ 8 passo 30 cm sul basamento, forchette Φ 12 passo 20 cm sulla parte in elevazione, gettate su magrone e poste sotto la muratura portante, e con plinti parzialmente isolati, reciprocamente non collegati, delle dimensioni di 1,20x1,20 ml e 1x1 ml, su cui poggiano i pilastri.

Struttura portante

Manufatto 1955. La struttura portante del fabbricato è realizzata mediante muratura di due tipi: una muratura in roccia listata dello spessore di 40 cm per le pareti esterne del fabbricato e una muratura in mattoni, da 26,0 x 25,5 cm e altezza 13,4 cm, **forati con 3**

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

fori di grosso diametro posti in orizzontale dello spessore di 26 cm per i muri di spina all'interno del fabbricato.

In testa alle murature portanti sono stati realizzati dei cordoli in calcestruzzo armato, di altezza 25 cm e larghezze variabili da 34 a 45 cm armati con barre Φ 12 e staffe Φ 8, in corrispondenza dell'appoggio dei solai.

E' presente una struttura in calcestruzzo armato in corrispondenza del portico, del vano scala e dei bagni sul lato nord, costituita da pilastri 38x38 e 25x45 cm (vedi foto n. 13) armati con ferri Φ 12 e staffe Φ 6 e da travi di grossa sezione (75x40 cm) su cui poggia anche una pensilina in laterizio a sbalzo.

Manufatto 1975. La struttura portante del fabbricato è realizzata in struttura mista, costituita muratura portante realizzata in bimattoni di spessore 26 cm e da un telaio di calcestruzzo armato composto da pilastri e travi a spessore gettati in opera. I pilastri si trovano nella parte interna del fabbricato ed hanno dimensione di 25x45 cm e di 25x100 cm armati con 2+2 Φ 12 e staffe Φ 8 passo 30 e con 3+3 Φ 12 e staffe Φ 8 passo 30.

Le travi a spessore hanno altezza 24 cm e larghezze rispettivamente 60 e 80 cm, sono armate con ferri Φ 18 e staffe Φ 6 passo 20 cm.

In testa alle murature portanti sono stati realizzati dei cordoli in calcestruzzo armato, di dimensioni 26x30 cm armati con barre Φ 16 e staffe Φ 6 passo 30 cm, in corrispondenza dell'appoggio dei solai.

Muratura di tamponamento

La muratura di tamponamento interna dell'intero edificio è realizzata in forati di laterizio ed è evidente lo scollegamento di questa ultima dalla struttura portante.

Le murature di tamponamento non trovano nella attuale normativa tecnica alcun impiego come elemento strutturale, non sono legate a formare un corpo unico, lasciando gli elementi verticali privi di controventature e di un minimo di resistenza al sisma.

Solai

Manufatto 1955. I solai sono del tipo a travetti in laterizio composti tipo SAPAL o Solaio 2000 Val d'Adige armati ed eseguiti fuori opera, larghi 25 cm e posti ad interasse di 55 cm (vedi foto n. 14) e intervallati da pignatte in laterizio con getto di completamento in calcestruzzo di spessore 3, 5 cm, per una altezza totale di 23,5 cm, con luce massima di

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

6,80 ml (quindi aventi snellezza $> 1/25$ luce); nella documentazione reperita è presente parte della relazione di calcolo, da cui si ricava che i calcoli sono stati eseguiti secondo le disposizioni della Circ. n° 4246/Div. XVII Min. LL. PP. Considerando un sovraccarico di 300 kg/mq incrementato del 20% dal progettista.

Manufatto 1975. I solai della porzione di ampliamento, calcolati dalla ditta SET di Tesser M. & C. di Montebelluna, di cui è presente la relazione di calcolo nella documentazione reperita, sono costituiti da travetti in laterizio e c.a. del tipo TRAVETTI “S.B.” e PIGNATTE, con interasse di 60 cm. L’altezza del solaio è di 24 cm compreso il getto integrativo di calcestruzzo di 4 cm a q.li 3 di cemento del tipo 325 ed hanno una luce massima di 6.08 ml; sono stati verificati per un sovraccarico accidentale di 350 kg/mq, secondo uno schema di carico a due campate e con armatura integrativa costituita da ferri Φ 12 e Φ 14.

Copertura

Manufatto 1955. La copertura del fabbricato, che come suddetto è stata calcolata dalla impresa Basso Angelo, è realizzata mediante sei capriate in calcestruzzo armato (vedi foto n. 15,16,18) costituite da una catena di sezione a T rovescia su cui poggiano i travetti in laterizio del controsoffitto (vedi foto n. 17), da puntoni di sezione a T su cui poggiano i travetti in laterizio che sostengono il manto di copertura e da un monaco realizzato con una barra in acciaio Φ 20. Sia la catena che i puntoni sono armati con barre Φ 16, 18, 20 e 22 e con staffe Φ 6.

Manufatto 1975. La copertura dell’ampliamento è del tipo a falde realizzata da muretti di spessore 8 cm (vedi foto n. 18 a dx) appoggiati sul solaio e da tavelloni di spessore 3 cm sovrastante cappa di cemento spessore 3 cm non armata.

Stato materiali

Lo stato dei materiali da una indagine a vista, sull’intonaco, sulla muratura, sul tavellonato dei solai, sulla pavimentazione e da prove sclerometriche sui getti privi di intonaco, evidenziano il buono stato dei materiali originali. Il legante impiegato per i mattoni e il pietrame, da una indagine visiva, ha subito il normale degrado dovuto ai 55 anni dalla posa in opera. Il calcestruzzo delle travi del sottotetto, privo di elementi protettivi quali intonaco o altro, ma posato in ambiente asciutto , non presenta distacchi o evidente

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

corrosione delle armature, sicuramente lo strato superficiale delle travi, il cui spessore è da definire con opportune indagini, è carbonatato.

Per elementi più precisi sullo stato dei materiali e la determinazione di adeguati coefficienti sulla muratura e sul calcestruzzo sono necessarie indagini mirate di laboratorio e in loco con adeguata strumentazione.

Manutenzioni e adeguamenti eseguiti

Nel tempo sono stati eseguiti diversi adeguamenti, in particolare all'impianto di riscaldamento, alla normativa antincendio e alla sicurezza in genere. Nessun adeguamento o manutenzione è stata eseguita alla struttura portante del fabbricato.

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

ADEGUAMENTO SISMICO: CONSIDERAZIONI SU STATO DI FATTO E POSSIBILITA' DI ADEGUAMENTO

Le considerazioni di seguito elencate sono riferite alle Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 14/01/2008 e alla Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” del D.M. 14 gennaio 2008, in vigore per tutte le costruzioni dal 1° luglio 2009. In particolare il capitolo 8 tratta delle costruzioni esistenti, i capitoli 2 e 3 definiscono le modalità di valutazione della sicurezza e le prestazioni attese in funzione della vita nominale e della classi d'uso delle costruzioni. Vengono inoltre indicate le azioni e le relative combinazioni da applicare alle costruzioni, gli stati limite ultimi e di esercizio nei confronti dei quali valutare la sicurezza per tutti i tipi di edifici.

In particolare gli edifici scolastici, come meglio specificato al n. 2.4.2 della Circolare le scuole vengono classificate fra le opere che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso, comprese nella classe III, in quanto costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi.

Da tale classificazione consegue il periodo di riferimento per il calcolo dell'azione sismica che, combinato con la “pericolosità sismica di base” del sito di Costruzione (Macrozonizzazione) e gli effetti di amplificazione sismica locale dovuti al terreno di fondazione (Microzonizzazione), permettono il calcolo delle azioni sismiche da applicare alla struttura per ogni stato limite di verifica.

La pericolosità sismica di base è stata calcolata per tutto il territorio Nazionale ed è tabulata nell'Allegato A alle Norme Tecniche per la Costruzioni; per il sito in esame, dalla caratterizzazione del terreno di fondazione (vedi 2.1) si può adottare una Categoria B del sottosuolo (depositi di terreni a grana grossa molto addensati) e coefficienti di incremento stratigrafico e topografico unitari. E' così possibile il calcolo delle azioni sismiche per ogni stato limite di verifica, a titolo esemplificativo si riportano i parametri relativi allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita.

Si premette che l'attuale normativa oltre che definire i carichi agenti sulle costruzioni definisce con chiarezza e in modo univoco il metodo di calcolo per le strutture che, in zona sismica II (secondo la classificazione dell'OPCM 2003) deve necessariamente essere il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

In particolare devono essere soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica), allo stato limite di esercizio, nei confronti di eventuali azioni eccezionali.

Per quanto riguarda le azioni sismiche devono anche essere esaminate le deformazioni relative, che controllano eventuali danni alle opere secondarie e agli impianti.

In particolare, anche per le stesse strutture secondarie e gli impianti sono previste specifiche verifiche sia al fine di poterne garantire il funzionamento anche durante un evento sismico, sia per prevenire i pericoli conseguenti ad un possibile cedimento (espulsione dei tamponamenti, fuoriuscite di gas ecc.) .

La Normativa definisce con chiarezza per ogni tipologia costruttiva, oltre che il dimensionamento delle strutture resistenti anche tutti i dettagli costruttivi, quali limitazioni geometriche o di armatura dei vari componenti strutturali.

La Normativa definisce in modo inequivocabile le proprietà di tutti i materiali e i prodotti per uso strutturale (Capitolo 11) fornendo anche precise indicazioni sulle modalità di controllo da eseguire in fase di produzione, di messa in opera e di collaudo.

Rispetto alle modalità progettuali e costruttive adottate nel progetto dei tre stralci della scuola elementare l'attuale Normativa lascia scarsa discrezionalità al progettista.

Il progetto strutturale redatto in tre stralci pur in linea con le regole e le metodologie costruttive in vigore all'epoca della realizzazione **è completamente fuori dell'attuale quadro normativo.**

Si riporta a titolo esemplificativo la premessa con cui si apre la relazione di “VERIFICA E COLLAUDO DELLE STRUTTURE PORTANTI” allora eseguita per il primo stralcio del 1955: *“Si premette che le uniche strutture portanti sono quelle dei solai, ...”*. In sostanza la metodologia costruttiva dell'epoca prevedeva un semplice calcolo statico per isolai quale unica componente della valutazione della sicurezza dell'edificio.

Anche le modalità di calcolo dei successivi stralci, dal punto di vista della concezione strutturale, non sono molto diverse in quanto non considerano il calcolo delle strutture verticali dell'edificio, in particolare nei riguardi delle azioni sismiche.

La scuola è stata realizzata in epoca precedente all'entrata in vigore della legge n. 64 del 2/2/1974 *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”*, che è di fatto la prima legge dello Stato a fornire indicazioni cogenti per le costruzioni sottoposte ad azioni sismiche.

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

In conseguenza è stata progettata per resistere ai soli carichi verticali, presumibilmente considerando secondaria anche la presenza delle azioni orizzontali dovute al vento.

L'evoluzione normativa degli ultimi 40 anni ha completamente ampliato le conoscenze presenti all'epoca della costruzione nei riguardi del comportamento delle strutture soggette ad azioni dinamiche di tipo sismico, determinando una metodologia di progettazione, oltre che di verifica, delle strutture completamente diversa.

Elementi Critici della struttura esistente

Disomogeneità strutturale

Come si deduce dalla ricostruzione storica riportata ai punti precedenti, l'edificio è il risultato di tre momenti edificatori distinti, dei quali gli ultimi due riferiti ad un unico progetto. Sostanzialmente l'edificio si compone di due unità strutturali solidarizzate fra loro e caratterizzate da elementi strutturali completamente differenti:

- Fondazioni. Il complesso originale del '55 è sostanzialmente privo di fondazioni in quanto sia i muri controterra che le murature della parte priva di scatinato poggiano direttamente sul terreno con l'interposizione di un materasso di pietrame e magrone, non armato. L'ampliamento del '75' presenta, invece, fondazioni continue e plinti in c.a. più vicini alla metodologia costruttiva attuale sebbene non vi sia un adeguato reticolo di fondazione che colleghi i plinti alle fondazioni esterne dei muri portanti. La risposta delle due tipologie di fondazione nei riguardi di un evento sismico sarà, quindi, completamente differente determinando possibili cedimenti differenziali e i concentrazioni locali del danno. Un complesso di fondazione così disomogeneo, inoltre, pregiudica fin dall'inizio un efficiente comportamento scatolare della struttura complessiva dell'edificio.
- Strutture portanti in elevazione. L'edificio del '55 ha struttura a muratura portante scarsamente simmetrica in entrambe le direzioni, caratterizzata da un ampio spazio vuoto nel vano comune prospiciente l'ingresso dell'edificio, da una parete a sud riccamente forata, da un muro centrale, in direzione est-ovest, molto snello e da alcune strutture in c.a., vano scala, bagni e portico, concentrate sul lato nord dell'edificio. Mentre la distribuzione delle masse è quindi abbastanza simmetrica in conseguenza della forma rettangolare dell'edificio, la distribuzione delle rigidità, più sbilanciata verso il lato nord, non lo è altrettanto. Si determina così un'eccentricità fra

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

il baricentro delle masse e il baricentro delle rigidità che porta ad una significativa componente torsionale eccentrica dell'azione sismica. La muratura esterna è realizzata in roccia listata dello spessore di 40 cm mentre il muro interno è in **mattoni forati con fori di grosso diametro, in orizzontale**, larghezza di 26 cm e altezza 13,5 cm.

L'edificio del '75, ha una struttura di tipo misto in cui le strutture in muratura portante sono concentrate al bordo dell'edificio e gli elementi in c.a., pilastri e travi, nella parte interna. Dall'esame della pianta degli impalcati si constata come i pilastri centrali non sono collegati in direzione est-ovest, ma collegati in direzione nord-sud mediante travi in spessore dimensionate e armate in semplice appoggio sui pilastri. Per mancanza di sconfinamento, dei collegamenti e delle caratteristiche geometriche necessarie non si può sostanzialmente parlare di veri nodi trave pilastro e tanto meno di telai. I pilastri centrali, quindi, svolgono la loro funzione esclusivamente nei confronti dei carichi verticali e non forniscono un valido contributo alla resistenza nei confronti delle azioni orizzontali di tipo sismico che è necessariamente affidata alla muratura esterna. La muratura interna è realizzata in mattoni di laterizio dello spessore di 26 cm.

Complessivamente l'edificio ha un organismo strutturale fortemente disomogeneo con murature portanti verticali di 3 tipologie differenti.

- Solai. I solai delle due unità strutturali sono molto diversi, nel manufatto del '55 sono realizzati con travetti in laterizio composti tipo SAPAL o Solaio 2000 Val d'Adige armati ed eseguiti fuori opera, mentre nel manufatto del '75 sono realizzati a travetti in laterizio e c.a. del tipo TRAVETTI "S.B." e PIGNATTE, con interasse di 60 cm. Le dimensioni di progetto in rapporto alle luci di calcolo, le tipologie costruttive e la deformabilità riscontrata permettono di valutare una netta differenza di rigidità fra i due solai, con una prevalenza nei solai del manufatto più recente del '75. Anche nei confronti della funzione di piano rigido, fondamentale per un corretto comportamento scatolare della struttura le due unità che compongono l'edificio complessivo sono molto differenti.

In conclusione si ha a che fare con un complesso strutturale fortemente disomogeneo dal punto di vista della risposta all'azione sismica, sia fra le due unità principali che lo compongono sia all'interno delle stesse.

Insufficienza ed inadeguatezza delle strutture nei riguardi dell'azione sismica.

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

La classe d'uso della struttura e la pericolosità sismica di base evidenziate in precedenza e stabilite dalla vigente normativa sismica determinano una notevole entità delle azioni sismiche di progetto alle quali la struttura deve saper resistere con le prestazioni richieste ed indicate dalla normativa stessa.

La disomogeneità strutturale individuata in precedenza determina inoltre la sostanziale impossibilità per la struttura in esame di sfruttare riserve di resistenza in campo plastico essendo presenti componenti eccentriche dell'azione sismica tali da provocare concentrazioni localizzate del danno.

La tipologia delle murature utilizzate per l'edificio del '55, in particolare la muratura in roccia listata delle pareti esterne, in base alla Tabella C8A.2.1 dell'appendice C8A della Circolare 2 febbraio 2009 n°617, i valori di riferimento della resistenza media a taglio della muratura sono fra i più bassi utilizzabili, totalmente incompatibili con le capacità di resistenza richieste dalle azioni di progetto previste dalla attuale normativa. Il muro portante di spina del complesso del 55' ha una snellezza λ calcolata secondo la formula 4.5.1 del n. 4.5.4 delle NTC'08, pari a 13.4 superiore al valore massimo di 12 richiesto per le pareti resistenti al sisma (n.7.8.1.4). Anche tale muro, quindi, caricato per altro in modo discontinuo, non fornisce valide garanzie di resistenza.

Complessivamente le pareti murarie resistenti al sisma, sia per tipologia che per estensione e di distribuzione non sono sufficienti a soddisfare le richieste prestazionali dell'attuale normativa sismica.

Eccessiva deformabilità e vibrazione al calpestio dei solai nel complesso del '55.

Strutture secondarie , soffitti tamponamenti e sporgenze da controllare e solidarizzare.

CONCLUSIONI E PROPOSTE DI INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

L'edificio ha una consistenza strutturale inadeguata alla Normativa vigente per le azioni dovute ai carichi verticali e scarsa resistenza all'azione sismica orizzontale.

Tenuto conto:

- che la costruzione è stata progettata in assenza di previsione di azioni sismiche e con le notevoli limitazioni dal punto di vista costruttivo precedentemente evidenziate;
- che la resistenza dei materiali da costruzione impiegati (cls e acciaio) già notevolmente inferiore agli standard attuali, andrà comunque ridotta in base ai coefficienti di

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

confidenza che si potranno adottare in base all'entità e al grado di approfondimento delle analisi conoscitive che verranno eseguite;

L'intervento di adeguamento strutturale al fine di resistere al sisma, come si evince dalla relazione tecnica, non potrà essere finalizzato al semplice ripristino, con mantenimento delle strutture portanti esistenti, ma dovrà prevedere la realizzazione di una nuova struttura verticale, adeguatamente collegata agli orizzontamenti, oltre alle relative nuove opere di fondazione, tra loro interconnesse, atte a contrastare ed ad assorbire efficacemente le sollecitazioni orizzontali di un evento sismico, così come attualmente codificato.

Si propone un adeguamento strutturale che mantenga inalterata l'attuale tipologia architettonica del fabbricato, gli attuali impianti, serramenti, ecc., lasciando inalterate le murature attuali che saranno considerate come tamponamenti e divisori, ed i solai, inserendo una nuova struttura intelaiata (setti in c.a. e orizzontamenti in acciaio di controvento e supporto degli attuali solai) con relative opere di fondazione, rispondenti, da sole, ai requisiti della normativa in vigore, che leghino e supportino le fondazioni, gli elementi in elevazione e gli orizzontamenti esistenti.

Gli attuali componenti strutturali verranno così a cessare ogni funzione statica in caso di sisma ovvero in caso di loro cedimento parziale o globale in fase di esercizio.

STRUTTURA VERTICALE.

Dovrà esser realizzata, a ridosso dell'attuale, una nuova struttura verticale. Nuovi setti in calcestruzzo armato, adeguatamente dimensionati ed orientati lungo le due direttrici principali, saranno posti in opera lungo il perimetro esterno, sui quattro lati dell'edificio ed in corrispondenza dei muri interni di spina, per i due piani dello stesso.

FONDAZIONI.

Sul perimetro del fabbricato, agendo dall'esterno sarà posta in opera una sottofondazione alla struttura esistente e una nuova fondazione, affiancata alla prima, a sostegno dei setti in c.a. previsti, una nuova fondazione continua, legata staticamente all'esistente, sarà posta a sostegno dei nuovi setti interni e dei muri divisori esistenti; opportuni cordoli di collegamento completeranno il reticolo di fondazioni.

SOLAI

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

Al fine di sorreggere, in caso di collasso e/o di eccessiva deformazione, i solai esistenti, collegare le strutture verticali e creare degli irrigidimenti di piano, sarà posto in opera un reticolo di travi in acciaio, reciprocamente controventate sul piano orizzontale, poste sotto i solai esistenti, alle quali i primi verranno opportunamente vincolati; tale fatto comporterà l'inserimento di controsoffitti di mascheramento e la riduzione dell'altezza utile dei piani ai tre metri di normativa.

Durante i lavori di adeguamento strutturale, che si ripercuoteranno, ovviamente, anche su pavimenti, serramenti, impianti, rivestimenti, ecc., l'edificio dovrà essere sgomberato; vista l'entità e la complessità, la durata dei lavori non sarebbe in ogni caso contenibile entro il periodo di sospensione estiva dell'attività scolastica, che pertanto dovrà essere trasferita, almeno per 12 mesi, altrove.

Ne consegue che **l'adeguamento strutturale finalizzato al recupero della struttura per uso scolastico** (edificio di classe d'uso III come da punto 2.4.2 del D.M. 14/01/2008) è da classificare come intervento consistente ed oneroso.

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI DI CALCOLO

Dall'analisi dei risultati numerici si possono trarre le seguenti conclusioni:

Mentre l'ampliamento del 1976 è dotato di una discreta distribuzione muraria perimetrale con muri portanti dalla tessitura regolare e dotati di una fondazione seppure non eccessiva comunque adeguata all'assorbimento dei carichi verticali, il fabbricato originario del 1956 che non è sismicamente separato dall'ampliamento e costituisce con esso un unico organismo strutturale, manifesta, invece, notevoli lacune:

- Alcune pareti dell'edificio sotto l'azione di sole forze statiche (pesi propri +sovraccarichi+neve/vento) hanno una tensione prossima a quella ammissibile;
- Parecchi setti murari (buona parte di quelli perimetrali con muratura portante in pietra) raggiungono in combinazione sismica tensioni taglienti maggiori del valore limite. Inoltre parecchi di questi setti non sono verificati neppure a pressoflessione nel proprio piano.
- Le pareti del fabbricato originario del 1956 sono sostanzialmente prive di fondazioni adeguate.

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

In conclusione, si deduce che l'edificio non soddisfa i requisiti strutturali antisismici per garantire il margine di sicurezza richiesto agli edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso, quali gli edifici scolastici.

Le cause di tale comportamento sono sostanzialmente **la geometria dell'edificio che presenta setti di spessore limitato (sp. 30cm) con irrigidimenti trasversali poco efficienti essendo le stanze molto larghe (7-8m), e modesti parametri meccanici del complesso malta/mattone/pietra, in particolare nell'edificio originario del 1956.**

Concluso quindi che il fabbricato non è adeguato alle norme antisismiche, sono stati determinati i limiti di resistenza rispetto alla accelerazione sismica di progetto ($a = 0.25 g$).

In sintesi questi sono i valori delle PGA:

DANNO LIMITATO

VALUTAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI INTERPIANO

$PGA_{DL} \geq 0.10 g$ (verifica soddisfatta)

DANNO SEVERO

RESISTENZA A TAGLIO NEL PIANO DEI PANNELLI

$PGA_{DS,T} = 0.15 g$

RESISTENZA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO DEI PANNELLI

$PGA_{DS,P} = 0.10 g$

RESISTENZA A PRESSOFLESSIONE FUORI PIANO DEI PANNELLI

$PGA_{DS,O} \geq 0.18 g$

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

MODALITÀ' DI POSSIBILI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

Dal momento che sotto l'azione del sisma di progetto parecchi setti superano il valore limite del taglio e della pressoflessione, arrivando a uno stato di collasso, è necessario effettuare un intervento di adeguamento sismico.

Per raggiungere uno stato di miglioramento sismico con i coefficienti richiesti sono necessari lavori di consolidamento che portino all'introduzione di un sistema strutturale aggiuntivo a quello presente, che sia in grado di resistere autonomamente e per intero all'azione sismica di progetto richiesta dalle vigenti norme per le nuove costruzione in classe d'uso 3 (scuole). Tale sistema strutturale, parallelo a quello esistente, consente di superare tutti i problemi strutturali riscontrati, quali:

- l'incapacità delle pareti murarie di resistere alle azioni orizzontali (sismiche) di progetto;
- la profonda disomogeneità e irregolarità dell'attuale sistema strutturale;
- i difetti realizzativi riscontrati in diverse pareti;
- l'eccessiva deformabilità degli orizzontamenti;
- l'inadeguatezza del sistema di fondazione.

Il problema del giunto non antisismico tra i due corpi strutturali, realizzato con semplice accostamento, e del conseguente martellamento in caso di sisma è particolarmente oneroso e difficilmente risolvibile, in quanto bisognerebbe realizzare un taglio dei solai, dei pavimenti e dei muri per realizzare il distacco dei due fabbricati.

PREVISIONI DI MASSIMA DEGLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO NECESSARI

- L'analisi storico-critica della costruzione, ha permesso di individuare il processo di realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dal manufatto.

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

- Il rilievo geometrico-strutturale completo dell'edificio, ha permesso di individuare sia la geometria complessiva dell'organismo che quella degli elementi costruttivi che lo compongono.

E' stato così individuato l'organismo resistente della costruzione, tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi; per fare ciò ci si è basati sulla documentazione già disponibile, su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali.

Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive sopra riportate, è stato raggiunto un livello di conoscenza adeguato dei diversi parametri coinvolti nel modello strutturale dell'opera (geometria, dettagli costruttivi e materiali) che ha permesso di valutarne le capacità resistive nei confronti delle azioni di progetto previste dalle Norme Tecniche (DM 14/01/2008), in particolare per quanto riguarda le Azioni Sismiche.

Gli esiti del processo di Valutazione sopraindicato, per le notevoli carenze costruttive riscontrate, dovute alla successione temporale dei vari interventi edificatori, già indicate in precedenza, ha condotto a scegliere, come unica soluzione di adeguamento sismico possibile, **l'introduzione di un sistema strutturale aggiuntivo a quello presente**, che sia in grado di resistere autonomamente e per intero all'azione sismica di progetto richiesta dalle vigenti norme per le nuove costruzione in classe d'uso 3 (scuole).

Tale sistema strutturale, parallelo a quello esistente, consente di superare tutti i problemi strutturali riscontrati, quali:

- l'incapacità delle pareti murarie di resistere alle azioni orizzontali (sismiche) di progetto;
- la profonda disomogeneità e irregolarità dell'attuale sistema strutturale;
- i difetti realizzativi riscontrati in diverse pareti;
- l'eccessiva deformabilità degli orizzontamenti ;
- l'inadeguatezza del sistema di fondazione.

La proposta di progetto consiste nella realizzazione di un sistema strutturale costituito da setti in c.a. e travi in acciaio.

COMUNE DI MONTEBELLUNA

Corso Mazzini, 118 – 31044 Montebelluna (Treviso)
Tel. 0423 - 6171 fax 0423 - 617250 – E-mail: protocollo@comune.montebelluna.tv.it

Le travi in acciaio hanno la sola funzione di assorbire i carichi verticali dei solai riportandoli ai setti in c.a., i quali, oltre che avere funzione portante nei riguardi delle azioni verticali assorbono anche per intero le azioni orizzontali di tipo inerziale generate dall'evento sismico. Le pareti in muratura dell'attuale edificio vengono considerate solo come tamponamenti, prive di alcuna funzione strutturale. Opportuni sistemi di incatenamento ne garantiranno la collaborazione con la struttura in c.a. I solai, invece, continueranno a lavorare in parallelo con l'intelaiatura in acciaio, la quale viene comunque dimensionata in modo da poterli sostenere completamente.

Montebelluna, lì 14 Ottobre 2016