

HILTI

Novembre 2014

**PROGETTI &
TECNOLOGIE**

HILTI



**SEISMIC
ACADEMY**

**Seismic Academy 2014:
Mitigazione del rischio
e soluzioni antisismiche**

Hilti. Passione. Performance.

Ampliamento e adeguamento statico-sismico della Scuola Primaria "A. Canova"

Focus sugli interventi sistematici di adeguamento sismico e messa in sicurezza statica sui corpi di fabbrica esistenti nell'edificio del comune di Caerano di San Marco (TV)

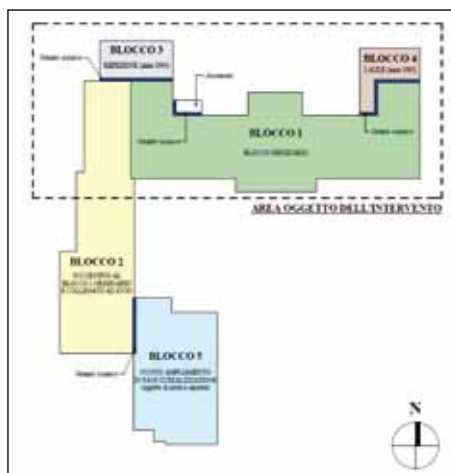
A cura di: Ing. Daniele Spinello – Direttore tecnico Ipt S.r.l. Ingegneria e Architettura di Padova - www.iptonline.it
Ing. Mario Gabaldo – Field Engineer Hilti Italia S.p.a.

Introduzione

L'ampliamento della scuola primaria "A. Canova", situata nel centro del Comune di Caerano di San Marco, di fronte alla piazza del municipio, con progetto architettonico dell'architetto Dondi e progetto strutturale con coordinamento di IPT S.r.l. (società di Ingegneria specializzata nel campo del recupero, miglioramento e adeguamento sismico degli edifici e nella realizzazione di infrastrutture per il terziario), prevede l'ampliamento di una sezione e la realizzazione di uno spazio per le attività fisiche.

Al fine di ottimizzare l'intervento, è stato condiviso con l'Amministrazione comunale di interpretare il progetto di ampliamento e messa a norma della scuola come l'occasione di eseguire uno studio di dettaglio del complesso esistente. Con l'obiettivo di evidenziare le eventuali carenze statiche e sismiche, e prevedere idonei interventi finalizzati alla messa in sicurezza statica e sismica con l'impiego di materiali compatibili e tradizionali (acciaio, legno e muratura), per realizzare così un intervento rispettoso delle tecniche costruttive del manufatto.

Il progetto ha previsto la realizzazione di una serie di interventi sistematici di adeguamento sismico e messa in sicurezza statica sui corpi di fabbrica esistenti, separati dal citato ampliamento di tre piani a uso scolastico con idoneo giunto sismico.



Planimetria del fabbricato- intervento di adeguamento sismico su blocco 1 e 2



Rendering finale del progetto



Foto di dettaglio della fondazione angolo sud-ovest



Prove sui materiali: Flat jack test su muratura



Rilievo sui materiali: elementi lapidei calcarei di forma irregolare allettati con malta. Spessore intonaco 2.5 cm

Analisi dello stato di fatto

Sono state preliminarmente definite ed eseguite una dettagliata campagna diagnostica oltre a indagini conoscitive, condotte da C.S.G. Palladio S.r.l., con il coordinamento di IPT S.r.l. che ha riguardato diversi elementi quali fondazioni, solai, travi, architravi, pilastri e copertura lignea, in laterocemento e in c.a. o mista dei blocchi funzionali, costituenti la scuola primaria.

Il corpo originario si presenta come un edificio con pianta a L costituito da un corpo centrale (blocco nord) e un ampliamento (blocco ovest) connesso al primo, realizzati in periodi differenti e tra di loro connessi; la struttura in elevazione è in muratura, secondo tipologie differenti, con una dimensione in pianta e per piano pari a circa 1320 m² con tre livelli di impalcati fuori terra e la copertura.

Gli impalcati del blocco nord sono costituiti da coppie di travetti in laterizio accostati e intercalati da tavelle, con armatura lenta di piccolo diametro inserita in appositi interstizi; tra i travetti insiste una nervatura in calcestruzzo con armatura di grosso diametro al positivo (campata) e al negativo (appoggio).

I corridoi di copertura al piano interrato e al piano terra presentano un solaio costituito dalla stessa tipologia di travetti in laterizio senza interposizione di tavelle, l'uno accostato all'altro, dotati, per quanto possibile rilevare, di sola armatura di piccolo diametro e nervatura in calcestruzzo trascurabile.

L'ultimo impalcato presenta in parte un solaio in travetti prefabbricati precompressi con trefoli di armatura (solai posizione nord-est) del tipo a "travetti pignatta" con armatura lenta in alloggiamento (corridoio nord-ovest).

La copertura è costituita da capriate lignee asimmetriche parallele ai lati corti con disposizione diagonale sulla parte centrale e sugli spigoli nord est-nord ovest, appoggiate sui muri d'ambito e supportanti travi di colmo e secondarie.

Gli impalcati del blocco ovest sono costituiti, al primo, secondo impalcato e terzo impalcato, da solaio in travetti prefabbricati precompressi con trefoli di armatura ad altezze variabili, minori a piano interrato e terra (travetto h 20 cm), in parte maggiori al terzo solaio 24 cm nella zona di passaggio tra blocco nord e blocco ovest.

La copertura è completata da una struttura in muretti e tavelloni.

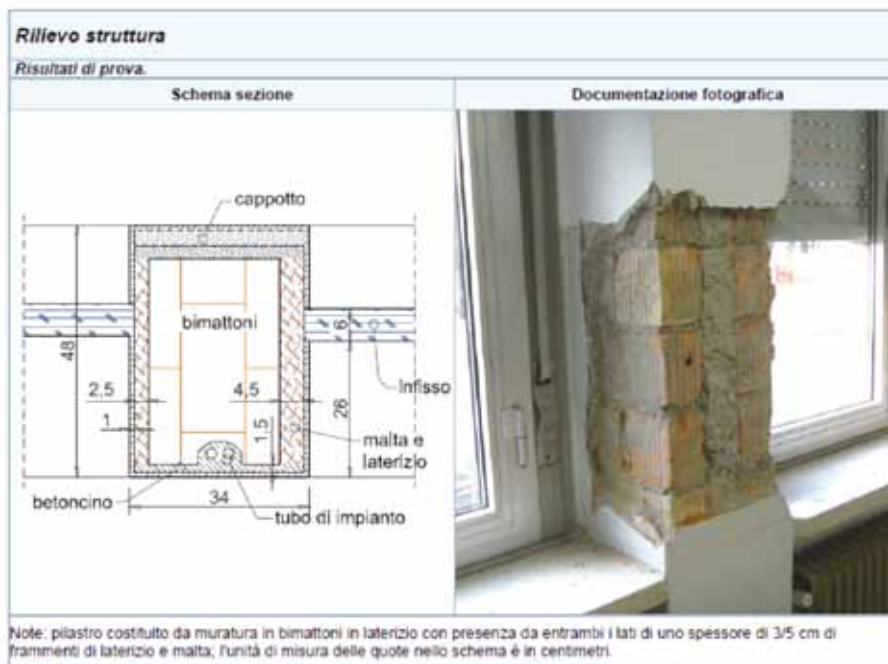
Le verifiche statiche e sismiche condotte allo stato di fatto mediante analisi statica non lineare, hanno evidenziato che l'edificio manifesta delle carenze sotto vari profili, con le seguenti vulnerabilità, tali da non rendere lo stesso conforme ai requisiti previsti dalla vigente normativa:

1) di tipo statico:

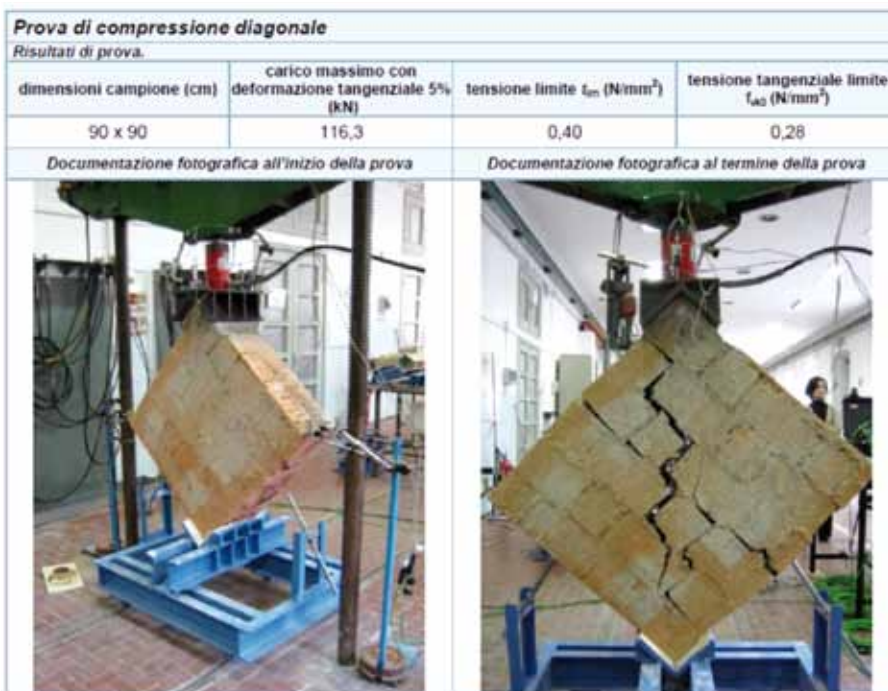
- gli impalcati di tutti i piani del blocco nord hanno presentato un superamento della resistenza ultima in condizioni ordinarie e ai carichi previsti dalle normative vigenti;
- alcuni elementi lignei di copertura del blocco nord hanno presentato il superamento dei limiti di resistenza e deformabilità e di instabilità.

2) di tipo sismico:

- le murature, caratterizzate da un elevato numero di aperture, in analisi statica non lineare manifestano una crisi in prevalenza a pressoflessione dei maschi murari sud e nord del blocco nord, pur presentando la muratura in sé caratteristiche meccaniche medie superiori ai valori tabellari della normativa. Le ca-



Rilievo della struttura



Analisi sui materiali: risultati della prova di compressione diagonale su un blocco di muratura

renze sono concentrate, per la quasi totalità, nelle condizioni di sisma entrante in direzione nord-sud;

- il sistema in capriate lignee asimmetriche è semplicemente appoggiato sulla muratura d'ambito e non sono presenti idonei sistemi di confinamento e contenimento (cordoli) alla presenza di azioni fuori dal piano;
- sul nodo di congiunzione tra il blocco ovest e il corpo nord in ambito sismico si rileva la comparsa di azioni di piano che devono essere trasmesse nel

nodo di congiunzione tra i due blocchi che presenta collegamenti limitati e frequenti soluzioni di continuità dovute alle aperture di collegamento tra i due blocchi di edificio.

In definitiva, il fattore di sicurezza nelle verifiche pre-intervento era inferiore all'unità.

Pertanto, si è provveduto a migliorare e rinforzare i collegamenti esistenti tra i due comparti (blocchi 1 e 2) secondo le indicazioni emerse nel corso dell'analisi sismica dello stato di fatto.

Attuazione degli interventi necessari

Sulla base di quanto riscontrato con l'analisi del modello, nello specifico sono stati pertanto previsti diversi interventi di seguito elencati.

Interventi di tipo statico:

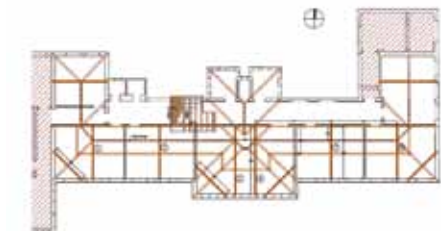
- sono stati rinforzati i solai intermedi e di copertura del blocco nord mediante un reticolo di travi metalliche;
- sui soffitti piani sottostanti la copertura lignea del blocco nord sono stati rimossi gli elementi di alleggerimento in laterizio e isolamento, mantenendo i travetti in cls, per ridurre il carico sugli stessi evitando di eseguire interventi con rompitratta;
- per rinforzare staticamente le strutture lignee di copertura, sono stati interposti elementi lignei e metallici di ripartizione, incrementando le connessioni, al fine di migliorare il grado di collegamento tra le strutture.



Rilievo del sottotetto: sopralluogo



Rilievo del sottotetto: sezione tipo capriate 3 e 4 - Ala Nord



Rilievo del sottotetto: planimetria



Modellazione FEM della struttura



Vista 3D della struttura FEM



Foto del cantiere

Interventi di tipo sismico:

- creazione di cordoli di confinamento nel punto di congiunzione dei blocchi nord-ovest a livello degli impalcati intermedi, con connessioni tramite barre ad aderenza migliorata con ancorante chimico **HIT-RE 500-SD**;
- creazione di una cordolatura interna al sottotetto del blocco nord con profili metallici a L, ancorati alle murature mediante inghisaggio chimico Hilti HIT-RE 500-SD certificato in ambito sismico, inoltre si sono confinati i pilastri in muratura del sottotetto utilizzando una cerchiatura in piatti metallici (correnti e trasversali) garantendo l'aderenza tra muratura e metalli iniettando ancorante chimico **Hilti HIT-MM PLUS**;
- placcaggio delle pareti ad elevata presenza di finestrate (lati nord, sud est del blocco nord) con betoncino armato su entrambe le facce; le connessioni tra le facce della muratura sono state realizzate mediante inserimento diffuso di barre di piccolo diametro passanti ad aderenza migliorata, adeguatamente ancorate con resina epossidica Hilti HIT-RE 500-SD;
- collegamento con barre ad aderenza migliorata inghisate chimicamente di base betoncino-collo fondazione-struttura in elevazione (che presenta il punto di discontinuità tra i materiali) lato interno ed esterno;
- tamponamento delle finestre e delle pareti del blocco nord centrale con incremento della sezione sismo-resistente dei maschi murari;
- incremento della connessione delle pareti del blocco nord con la parete nord dello stesso con una cucitura armata formata da barre incrociate iniettate con chimico HIT-RE 500-SD.



Travi in acciaio per il rinforzo dei solai impalcati intermedi



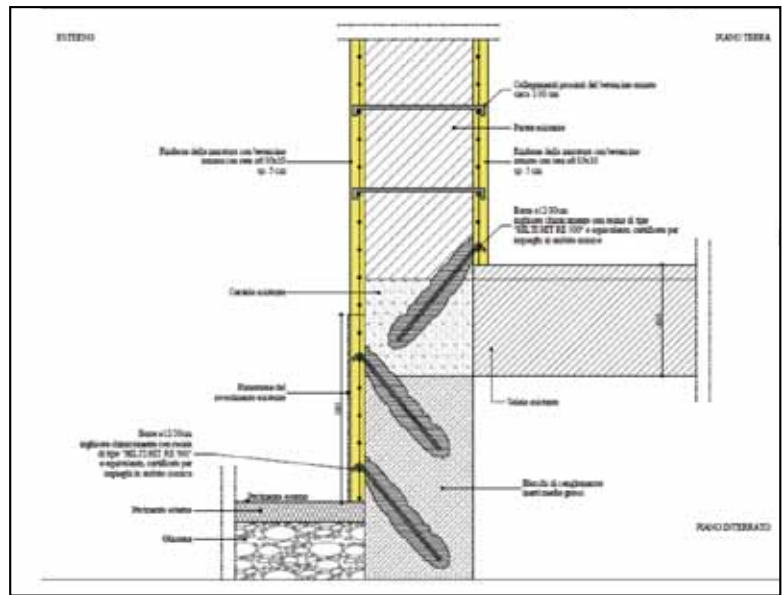
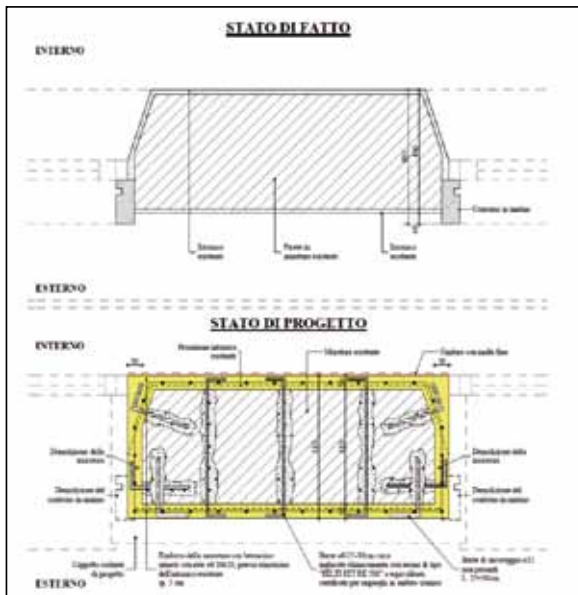
Travi in acciaio per il rinforzo dei solai- fase di messa in tensione



Rinforzo delle travi in legno con tavoloni metallici e barre passanti-integrazioni delle sezioni lignee



Realizzazione cordolo: smembratura dell'esistente



Rinforzo con betoncino: stato di fatto e di progetto

Interventi di collegamento tra vari elementi con RE500-SD



Realizzazione cordolo: foto finale posa cordolo metallico piolato con integrazione di getto in cls



Esecuzione delle prove di pull-out su muratura



Realizzazione cordolo: angolare utilizzato



Confinamento dei solai pilastri del sottotetto tramite piastrine angolari. Aderenza dei mattoni all'acciaio realizzata inserendo negli interstizi resina HIT-MM Plus



Inghisaggio delle barre ad aderenza migliorata nella muratura al fine di realizzare placcatura con betoncino armato



Completamento fasi di cantiere



Esecuzione delle prove di pull-out su calcestruzzo

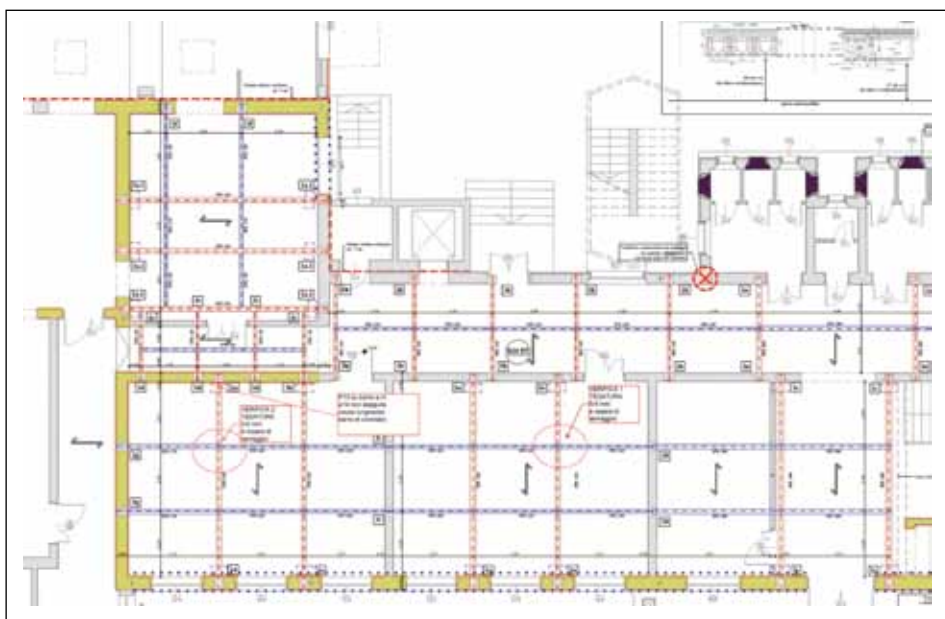
Conclusioni

Gli interventi di messa in sicurezza statica e adeguamento sismico sono stati monitorati durante tutte le fasi di cantiere per verificarne l'idoneità ed eventuali criticità realizzative anche tramite prove di pull-out eseguite da tecnici Hilti.

Le prove hanno consentito di verificare il raggiungimento di valori di sollecitazione superiori sia a quelli prescritti in fase di progetto sia a quelli indicati nelle schede tecniche dei prodotti Hilti impiegati, con risultati più che soddisfacenti e superiori alle attese. Le verifiche simiche globali condotte nella

condizione post-intervento con gli interventi sopra descritti e monitorati step by step, hanno consentito di raggiungere un fattore di sicurezza superiore all'unità consentendo la duplice finalità di una messa in sicurezza statica, nei limiti di tolleranza delle strutture esistenti, e un idoneo grado di sicurezza sotto il profilo sismico senza apportare significative alterazioni del comparto strutturale originario.

LAVORI: adeguamento statico e sismico della scuola primaria "A. Canova" sita in via A. De Gasperi n. 3 nel Comune di Carerano di San Marco



STAZIONE APPALTANTE:
COMUNE DI CAERANO DI SAN MARCO
 con sede in Piazza della Repubblica n. 1
 responsabile settore LL.PP.
geom. Barichello
 responsabile del procedimento
geom. Eugenio Dal Pra

**IMPRESA INDAGINI CONOSCITIVE PRE-
 LIMINARI: C.S.G. Palladio s.r.l.**
 Strada di Saviabona, 278/1A - 36100 Vicenza

IMPRESA COSTRUTTRICE:
EDIL MONTELLIANA s.n.c.
 di Scandiuizzi Geometra Antonio & Pietro
 con sede in via Cioche n. 6
 Montebelluna (TV).

IMPRESA COSTRUTTRICE ED INSTALLA-

TRICE DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO:
OFFICINE BERTAZZON S.p.A.
 con sede in via Marconi n. 35 e 37
 Vidor (TV).

R.T.P. - CAPOGRUPPO: IPT srl
www.iptonline.it Via Uruguay, 20, Padova
 ing. Davide Ferro, Ing. Daniele Spinello,
 geom. Marco Riolfo, Ing. Silvia Rosso,
 geom. Elisa Barbieri, geom. Marco Biasi

Altri membri del raggruppamento:
 arch. Andrea Dondi Pinton,
 arch. Daila Canevari - Tfe ingegneria s.r.l.