

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica

Terremoto dell'Emilia Romagna – Maggio 2012

Report preliminare sui danni riscontrati in alcuni edifici pubblici
dei comuni di San Pietro in Casale (BO), Bondeno (FE) e
Bomporto (MO) in seguito agli eventi sismici del 20 e 29 Maggio
2012

Rilievi e Verifiche di Agibilità dal 31/05/12 al 03/06/2012

Antonio FORMISANO, Gilda FLORIO & Federico GAMARDELLA

Università degli Studi di Napoli “Federico II”



Sommario

Premessa.....	3
1. Comune di San Pietro in Casale (BO).....	3
<i>Scuola elementare di Maccaretolo (31 Maggio 2012)</i>	3
<i>Scuola media inferiore “Bagnoli” (1 Giugno 2012)</i>	4
<i>Scuola elementare “De Amicis” (1 Giugno 2012)</i>	6
2. Comune di Bomporto (MO)	8
<i>Sede del Municipio (2 Giugno 2012)</i>	8
<i>Scuola elementare “Ciro Menotti” (2 Giugno 2012)</i>	9
<i>Palestra della scuola elementare “Ciro Menotti” (2 Giugno 2012)</i>	11
<i>Scuola elementare “Sorelle Luppi” (2 Giugno 2012)</i>	12
3. Comune di Bondeno (FE).....	13
<i>Scuola elementare “Cesare Battisti” (3 Giugno 2012)</i>	13
<i>Scuola dell’infanzia e Asilo Nido “Margherita”(3 Giugno 2012)</i>	15
<i>Scuola media inferiore “Teodoro Bonati” (3 Giugno 2012)</i>	17
<i>Palestra della Scuola media “Teodoro Bonati” (3 Giugno 2012)</i>	18

Premessa

Il presente rapporto preliminare riporta in maniera sintetica i risultati delle verifiche di agibilità effettuate dal 31 maggio al 3 giugno 2012 dalla squadra n.166, costituita nell'ambito del Consorzio Universitario *ReLUIS* per fornire il proprio supporto per le verifiche di agibilità degli edifici colpiti dal sisma dell'Emilia Romagna del 20 e 29 Maggio 2012.

I principali risultati delle verifiche, nonché i danni rilevati nel corso dell'attività di controllo riportati nel seguito, sono tutti relativi ad edifici di interesse pubblico, essendo stati ispezionati 15 edifici scolastici presso i comuni di San Pietro in Casale (BO), Bondeno (FE) e Bomporto (MO) e la sede municipale del comune di Bomporto (MO).

Tutti gli edifici investigati, sia del tipo in muratura che in c.a., presentano schemi strutturali e dettagli costruttivi che non rispettano le disposizioni della normativa sismica vigente. Pertanto, sebbene i danni registrati risultino contenuti, è richiesto necessariamente l'adeguamento sismico di tali edifici affinché possano resistere adeguatamente a futuri eventi sismici.

1. Comune di San Pietro in Casale (BO)

Scuola elementare di Maccaretolo (31 Maggio 2012)

La scuola elementare di Maccaretolo, realizzata nel tra 11 1919 ed il 1945, ha una superficie più o meno rettangolare di circa 500 mq che si sviluppa su 3 livelli (Fig. 1). Essa presenta la struttura portante verticale costituita da pareti, aventi spessore di 28 cm, realizzate con muratura di mattoni pieni a due teste. Gli impalcati sono realizzati con travi e soletta rigida privi di cordoli e catene, mentre la copertura è del tipo spingente leggera.

L'edificio presenta danni poco significativi alla struttura portante.

All'interno della struttura si notano invece al primo livello delle lesioni verticali all'attacco delle pareti murarie portanti con le tramezzature, che hanno prodotto il distacco dell'intonaco, nonché il danneggiamento e la caduta di alcuni pannelli della controsoffittatura (Fig. 2).

Esternamente all'edificio si registrano invece alcune lesioni orizzontali lungo la zona di intersezione fra il paramento murario ed il cornicione di copertura (Fig. 3).



Figura 1. Viste anteriore e posteriore della scuola di “Maccareto”



a)



b)

Figura 2. Caduta di pannelli del controsoffitto (a) e lesione verticale fra muro portante e tramezzo (b)



Figura 3. Lesioni lungo il cornicione di copertura

Scuola media inferiore “Bagnoli” (1 Giugno 2012)

La scuola media “Bagnoli” è costituita da due corpi di fabbrica aventi forma rettangolare che si sviluppano su 5 livelli (Fig. 4). Tali corpi, tra loro giuntati, sono stati costruiti in epoche diverse. Il corpo più vecchio è stato edificato tra il 1972 ed il 1981, mentre quello più recente negli ultimi dieci anni.

Entrambi i corpi presentano una struttura portante verticale costituita da telai in cemento armato che definiscono uno schema strutturale spaziale dalle maglie piuttosto irregolari. Gli impalcati sono realizzati in cemento armato, mentre la copertura è del tipo non spingente pesante.

Un significativo danneggiamento si è registrato in corrispondenza del giunto strutturale, non eseguito a regola d'arte (Fig. 5a), in quanto il martellamento delle due strutture accostate ha causato il distacco di consistenti parti di intonaco. Uno dei due corpi presenta, inoltre, un leggero cedimento fondale, che ha prodotto all'esterno dell'edificio l'abbassamento e la rotazione dell'elemento in cemento armato prefabbricato a chiusura della "bocca di lupo" di aerazione (Fig. 5b).

Internamente, sono stati rilevati danni alla scala (Fig. 6a) e ad una trave del piano terra (Fig. 6b), con quest'ultima che presenta fessurazioni lievi ma diffuse dovute all'azione sismica sussultoria. Tra i danni alle strutture non portanti, si notano crepe nell'intonaco nella zona prossima al giunto (Fig. 7a), nonché una lesione orizzontale a pavimento in un'aula del primo livello dell'edificio (Fig. 7b).



Figura 4. I due corpi di fabbrica costituenti la scuola "Bagnoli"

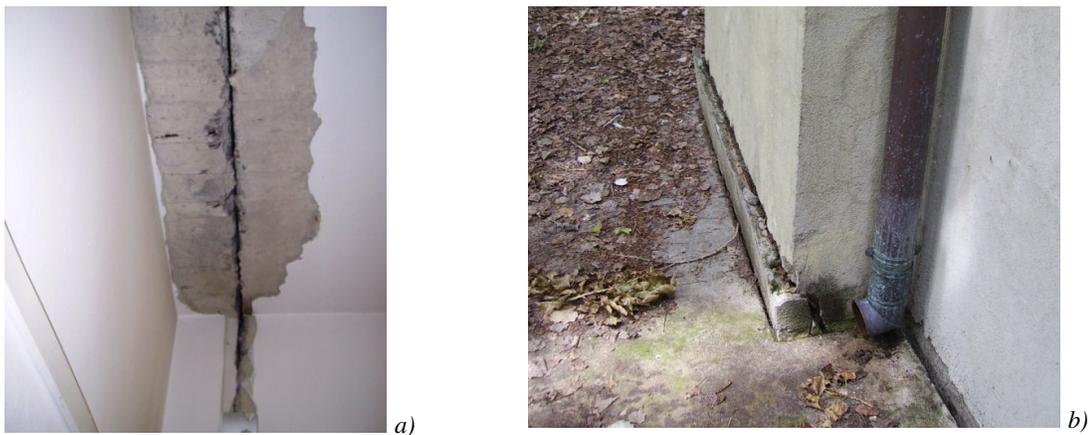


Figura 5. Lesione verticale in corrispondenza del giunto (a) e cedimento e rotazione dell'elemento di chiusura della "bocca di lupo" (b)

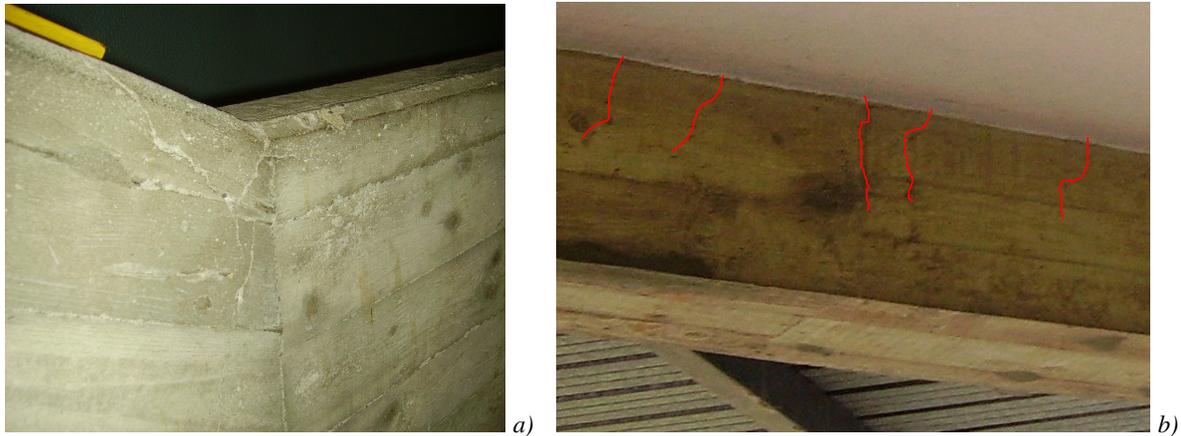


Figura 6. Lesioni nella trave della scala (a) ed in una trave esterna all'edificio (b) al pian terreno



Figura 7. Danni alle strutture non portanti: crepe nell'intonaco (a) e lesioni a pavimento (b)

Scuola elementare “De Amicis” (1 Giugno 2012)

La scuola elementare “De Amicis” è costituita da due edifici costruiti in epoche diverse, l'uno costruito prima del 1919 (Fig. 8a) e l'altro tra il 1945 ed il 1961 (Fig. 8b). Sebbene collegate da una passerella in acciaio al primo livello, è lecito considerare le due strutture come autonome.

La costruzione più antica, con pianta simmetrica ma di forma irregolare, presenta una struttura in muratura portante di mattoni pieni, ($s=28$ cm) caratterizzata da maschi molto snelli.

Gli impalcati sono realizzati con travi con soletta semirigida senza cordoli e catene, mentre la copertura è del tipo non spingente leggera.

I danni, sia interni che esterni, riguardano, sostanzialmente, lievi lesioni di tipo verticale negli architravi dei vani e di tipo diagonale nelle fasce murarie al di sopra dei vani stessi (Fig. 9). Sono state, inoltre, rilevate lesioni orizzontali all'attacco tra le murature ed i solai di interpiano dovute al cattivo grado di ammorsamento fra gli stessi.



a)



b)

Figura 8. Viste posteriore dell'edificio antico (a) e della parte nuova (b) della scuola "De Amicis"



a)



b)

Figura 9. Lesioni verticali in corrispondenza della piattabanda (a) ed alla base dell'edificio (b)

Analogamente, la costruzione più recente presenta una struttura verticale dello stesso tipo di quella dell'edificio realizzato per primo ed una pianta dalla forma irregolare.

Anche in questo caso, i danni sono essenzialmente leggeri e riguardano lesioni negli architravi e nelle fasce murarie (Fig. 10a). Sono state, inoltre, rilevate anche in questo caso lesioni orizzontali all'attacco tra il paramento murario ed il solaio di interpiano (Fig. 10b).



Figura 10. Lesione in un architrave (a) e tra il paramento murario ed il solaio di interpiano (b)

2. Comune di Bomporto (MO)

Sede del Municipio (2 Giugno 2012)

Il municipio di Bomporto, realizzato prima del 1919, è costituito da una costruzione regolare in pianta ed in alzato con struttura in muratura portante (Fig. 11a). Gli impalcati sono sia di tipo ligneo che misti in ferro e tavelloni. E' presente inoltre una volta a schifo che copre la sala consiliare (Fig. 11 b). Le fondazioni sono del tipo ad archi rovesci.

L'edificio presenta danni poco significativi alle strutture portanti verticali e lesioni importanti in quelle orizzontali. In particolare, il solaio ligneo del primo impalcato risulta fortemente deformato e presenta lesioni a pavimento (Fig. 12). Tale fenomeno è dovuto all'eccessiva luce dei travetti lignei a copertura del corridoio, che presentano una sezione trasversale circolare di limitate dimensioni (circa 10 x 10 cm).



Figura 11. Viste del municipio: facciata principale (a) e sala consiliare (b)

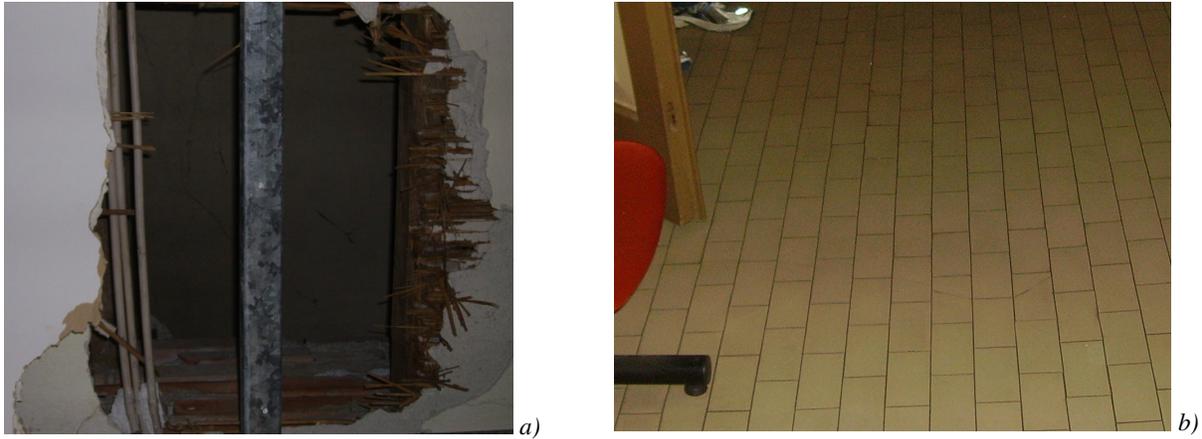


Figura 12. Dettaglio dei travetti in legno e della controsoffittatura a copertura del corridoio (a) e lesioni al pavimento del primo impalcato a causa dell'eccessiva deformabilità del solaio (b)

Scuola elementare “Menotti” (2 Giugno 2012)

L'edificio scolastico “Ciro Menotti” rappresenta un aggregato costituito da tre diverse unità strutturali tra loro giuntate (Fig. 13)

La più antica di esse, costruita prima del 1919, (Fig. 14a) presenta una struttura in muratura portante perfettamente analoga a quella delle strutture precedenti e solai misti in putrelle e tavelloni (Fig. 14b).

I danni, di entità medio-grave, riguardano il distacco dei muri di facciata dai solai, a causa della mancanza di collegamento tra gli stessi (Fig. 15a), lesioni in chiave alle volte, lesioni orizzontali nei solai e lesioni a taglio nelle murature (Fig. 15b).

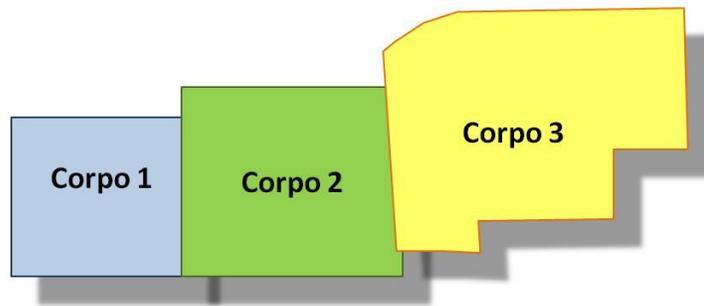


Figura 13. Schema generale della scuola elementare “Menotti”



Figura 14. Corpo in muratura della scuola “Menotti”: vista esterna (a) e vista del corridoio (b), in cui è evidente l’orditura dei solai in ferro e tavelloni



Figura 15. Corpo in muratura della scuola “Menotti”: lesione orizzontale di distacco muro-solaio (a) e lesioni diagonali nella muratura e nel solaio (b)

Il corpo centrale del complesso edilizio, edificato negli anni '80, presenta una struttura portante intelaiata in cemento armato con sistemi sismo-resistenti nella direzione longitudinale dell’edificio (Fig. 16a).

L’edificio mostra un leggero danneggiamento alle parti non strutturali, quali tramezzature, intonaco e controsoffittatura (Fig. 16b). Quantunque la risposta della struttura all’azione sismica sia stata discreta, la mancanza di collegamento tra i telai la rende particolarmente vulnerabile nei confronti delle azioni sismiche.

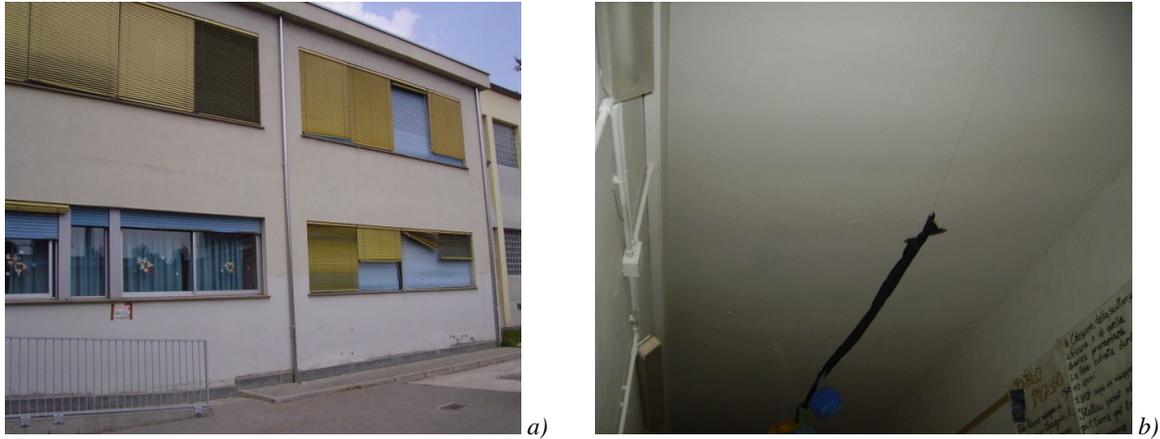


Figura 16. Corpo centrale: (a) vista esterna; (b) danni alla controsoffittatura

L'ultimo corpo, costruito negli anni '90 per ospitare la mensa scolastica, presenta una struttura portante in cemento armato con telai in un'unica direzione (Fig. 17a).

L'edificio non è caratterizzato da alcun tipo di danneggiamento significativo visibile sia all'interno (Fig. 17b) che all'esterno. Tuttavia, anche in questo caso, la mancanza di travi di collegamento in direzione trasversale ai telai sismo-resistenti rende la struttura particolarmente vulnerabile nei confronti delle azioni sismiche. Pertanto se ne richiede l'opportuno adeguamento sismico in accordo alle disposizioni della norma vigente.



Figura 17. Corpo in c.a. di recente edificazione: vista esterna (a) e mensa (b)

Palestra della scuola elementare "Menotti" (2 Giugno 2012)

La palestra della scuola "Menotti" è costituita da una struttura in cemento armato prefabbricata coperta da travi in legno lamellare, per le quali non è stato possibile verificare la tipologia di collegamento con i sottostanti pilastri (Fig. 18).

Il capannone non presenta danni agli elementi portanti verticali, mentre i pannelli prefabbricati di tamponatura hanno subito un cinematismo da ribaltamento verso l'esterno dell'edificio e risultano completamente scollegati dai telai.

Sono stati rilevati, inoltre, danni alla controsoffittatura, caratterizzati dalla caduta di alcuni pannelli.



Figura 18. Viste esterna ed interna della palestra “Menotti”

Scuola elementare “Sorelle Luppi” (2 Giugno 2012)

La scuola elementare “Sorelle Luppi” è una costruzione edificata prima del 1919 e, per il suo pregio architettonico, risulta attualmente coperta da vincolo della Soprintendenza per i Beni Architettonici (Fig. 19). La struttura portante è caratterizzata dalla tipica muratura in mattoni pieni a due teste con orizzontamenti costituiti da travi con soletta deformabile senza cordoli e catene.

L'edificio presenta lievi lesioni orizzontali tra solai e pareti e tra muri ortogonali. Diffuse sono, inoltre, le fessurazioni a taglio nei maschi murari e di tipo orizzontale nelle volte (Fig. 20).



(a)

(b)

Figura 19. Viste anteriore e posteriore della scuola “Sorelle Luppi”



Figura 20. Dettagli di alcune lesioni riscontrate nella scuola “Sorelle Luppi”

3. Comune di Bondeno (FE)

Scuola elementare “Battisti” (3 Giugno 2012)

La scuola elementare “Cesare Battisti” è un’imponente costruzione edificata in epoca fascista (Fig. 21a). L’edificio, di rilevante pregio architettonico, presenta una struttura in muratura portante analoga alle altre scuole in muratura oggetto del presente documento.

Pur essendo simmetrica, la struttura è fortemente irregolare in pianta ed è costituita da un unico corpo di fabbrica.

Sono stati riscontrati danni strutturali leggeri, quali lesioni verticali su architravi di porte e finestre (Fig. 21b), lesioni orizzontali all’attacco solaio-parete portante, lesioni diagonali e verticali nei maschi murari (Fig. 22). D’altro canto, lesioni gravissime sono state rilevate all’incrocio delle pareti murarie nel vano ottagonale dell’edificio (Fig. 23a) e lesioni di entità medio-grave si sono registrate all’attacco canna fumaria-facciata posteriore dell’edificio (Fig. 23b).

Infine, i principali danni alle parti non strutturali sono dati dal distacco di parte della controsoffittatura.



Figura 21. La scuola elementare “Battisti”: vista esterna (a) e lesioni negli architravi (b)

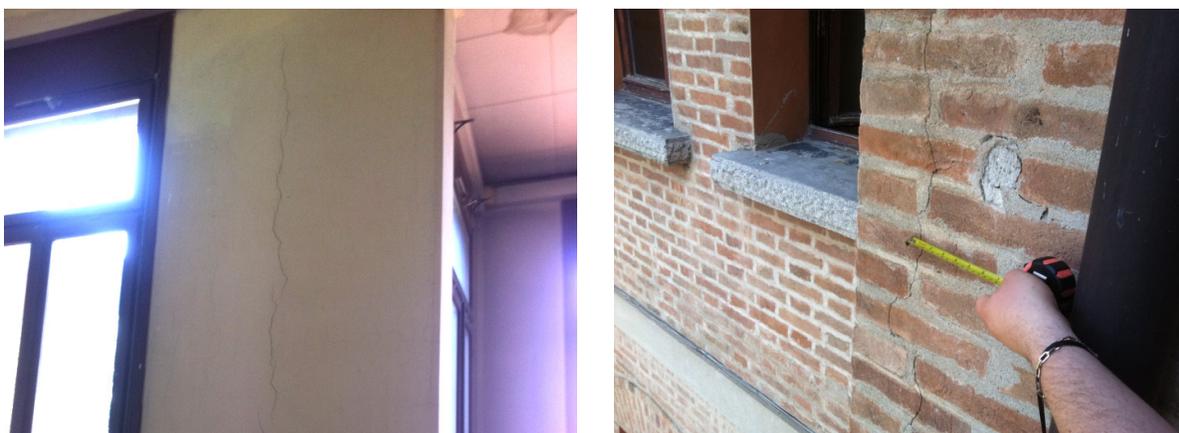


Figura 22. Lesioni verticali nei maschi murari della scuola “Battisti”



Figura 23. Fessurazione gravissima fra due pareti del vano ottagonale (a) e lesione di distacco del camino dalla facciata posteriore (b) della scuola “Battisti”

Scuola dell'infanzia e asilo nido "Margherita" (3 Giugno 2012)

Il complesso scolastico di Bondeno è costituito da due edifici monopiano, costruiti in epoche diverse e collegati tra loro attraverso un passaggio centrale (Fig. 24 e Fig. 25).

Il corpo meno recente è stato costruito negli anni '80 ed ospita l'asilo nido (Fig. 26a). L'edificio, caratterizzato da una struttura a pareti portanti in c.a.p., non ha subito danneggiamenti significativi, mostrando lesioni diffuse ma di piccola entità. In particolare, sono state riscontrate lesioni orizzontali nelle pareti portanti (Fig. 26b) e verticali in corrispondenza dell'attacco parete-solaio e dell'incrocio tra due pannelli ortogonali (Fig. 27).

Il secondo fabbricato del complesso, costruito nel corso dell'ultimo decennio, presenta una tipologia strutturale a telaio in cemento armato. La struttura ha fornito una buona risposta strutturale nei confronti del sisma, non avendo riportato nessun danno degno di nota (Fig. 28).

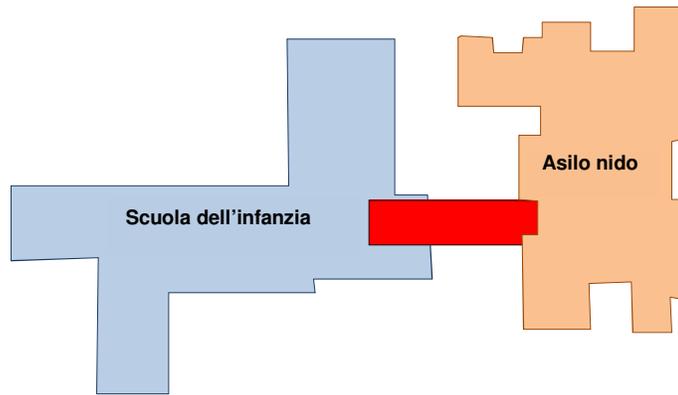


Figura 24. Schema generale del complesso scolastico "Margherita"



a)



b)

Figura 25. Vista dei due corpi di fabbrica del complesso "Margherita" (a) e del passaggio che le collega (b)

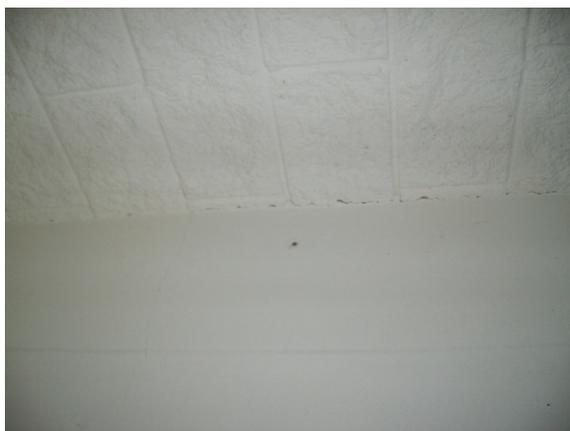


a)



b)

Figura 26. Vista interna (a) e lesioni in una parete in c.a.p. (b) dell'asilo nido



a)



b)

Figura 27. Lesioni riscontrate all'attacco tra parete portante e solaio (a) e all'incrocio tra due pareti ortogonali (b)



a)



b)

Figura 28. La scuola dell'infanzia del complesso "Margherita" (a) ed una vista di dettaglio dell'attacco trave-pilastro (b)

Scuola media inferiore “Teodoro Bonati” (3 Giugno 2012)

La scuola media “Bonati” (Fig. 29) è una costruzione in cemento armato edificata dopo il 2005. Essa è collegata alla propria palestra attraverso un passaggio coperto (Fig. 30a)

Data la forte irregolarità planimetrica, l’edificio è stato diviso in sei corpi di fabbrica opportunamente giuntati tra loro (Fig. 30b). Tuttavia, poiché i giunti sismici non sono stati eseguiti a regola d’arte, i principali danni si sono riscontrati proprio in corrispondenza di essi. Significative sono, infatti, le lesioni verticali dell’intonaco in prossimità del pilastro binato (Fig. 31), del solaio (Fig. 32a) e del pavimento (Fig. 32b).

È interessante precisare che, dopo il sisma, l’edificio in oggetto è stato adibito a centro di accoglienza per sfollati. In altre parole, la costruzione assolve una funzione “strategica” e, pertanto, non avrebbe dovuto riportare alcun danno, né alle parti strutturali né a quelle non strutturali.



Figura 29. Viste esterne della scuola media “Bonati”

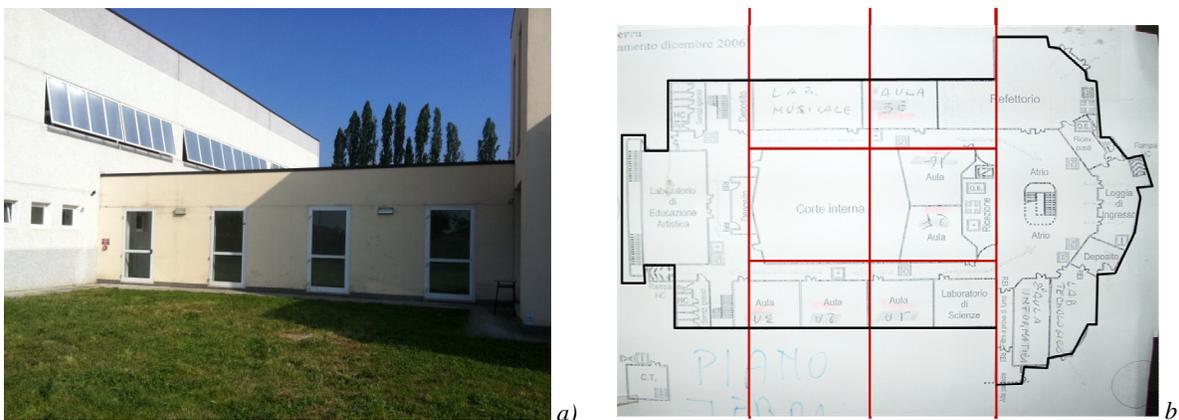


Figura 30. Padiglione di collegamento tra la scuola media “Bonati” e la palestra (a) e schema planimetrico del complesso scolastico con indicazione (in rosso) dei giunti strutturali (a)



Figura 31. Lesioni rilevate in corrispondenza del giunto strutturale non eseguito a regola d'arte



Figura 32. Lesioni riscontrate al livello del solaio (a) e del pavimento in prossimità del giunto strutturale (b)

Palestra della Scuola media “Teodoro Bonati” (3 Giugno 2012)

La palestra della scuola media “Bonati” è costituita da una struttura in cemento armato prefabbricata costituita da travi semplicemente appoggiate ai pilastri e pannelli di chiusura anch’essi con struttura prefabbricata in c.a. (Fig. 33).

Il capannone, che assolve funzione strategica al pari della scuola, presenta danni rilevanti alle pannellature di chiusura. Alcune di esse, infatti, essendo mal collegate alle colonne, hanno subito un meccanismo di ribaltamento verso l’esterno che ha provocato il distacco dalle colonne stesse (Fig. 34a). In particolare, è stata evidenziata una lesione verticale estesa su quasi tutta l’altezza dell’edificio. Inoltre si è registrato il martellamento fra il corpo della palestra ed il tunnel di collegamento fra la scuola e la palestra stessa (Fig. 34b).

Per le ragioni sopra esposte, data l'assenza di collegamenti travi-pilastrati e l'inefficienza di quelli pilastri-pareti, l'edificio si presenta particolarmente vulnerabile nei confronti del sisma e richiede pertanto appropriati interventi che ne migliorino il comportamento sismico globale.



Figura 33. Viste interne della palestra della scuola media "Bonati"



Figura 34. Lesione verticale di distacco pannello-colonna (a) e lesione verticale dovuto al martellamento fra la parete della palestra e quella del tunnel di collegamento con la scuola (b)