

## Rapporto dei danni osservati su alcuni edifici industriali a seguito del terremoto abruzzese del 6/04/2009

**Francesco Giordano**

Protezione Civile

francesco.giordano@protezionecivile.it

**Alessandro Rasulo**

Ricercatore Univ.DiMSAT  
Università degli Studi di Cassino

a.rasulo@unicas.it

**Ivo Vanzi**

Prof. Associato, PRICOS,  
Università degli Studi di  
Chieti "G. d'Annunzio

i.vanzi@pricos.unich.it

**Alessandra Zambrano**

ReLUIS

alessandra.zambrano@unina2.it

### Introduzione

Il presente rapporto intende documentare alcuni danni osservati sugli edifici industriali per lo più prefabbricati, così come rilevati a seguito dalle attività di ricognizione di agibilità sui fabbricati. Tali attività sono state condotte dal personale universitario, sotto il coordinamento e la supervisione della Protezione Civile Nazionale (DPCN) e di ReLuis.

Il documento raccoglie i contributi forniti dai differenti tecnici che componevano le squadre di rilevamento (in ordine alfabetico): arch. Antonio Di Nunzio, ing. Francesco Giordano, ing. Renata Iafrate, ing. Alessandro Rasulo, ing. Elio Sava, ing. Ivo Vanzi, ing. Marcello Vasta e ing. Alessandra Zambrano.

Per ragioni di riservatezza è omesso qualsiasi riferimento che possa ricondurre alla proprietà dei singoli fabbricati sede di attività produttiva, con la sola eccezione delle strutture del Laboratorio Nazionale del Gran Sasso (in considerazione della loro unicità e lo status di struttura pubblica<sup>1</sup>). Le località interessate dall'attività di rilievo del danno sono state Coppito, Bazzano, Monticchio, Paganica e Assergi, tutte frazioni del comune de L'Aquila. Tali località sono riportate in Figura 1, congiuntamente alla posizione epicentrale dell'evento principale (06/04/2009 ore 03:32:39  $M_l=5.8$ ,  $M_w=6.2$ ) e le PGA registrate dalle diverse stazioni della Rete Accelerometrica Nazionale (stazioni AQU, AQK, AQV, AQG, GSA).

Le distanze di queste località rispetto all'epicentro dell'evento principale è riportata dalla seguente tabella:

Località	Distanza epicentrale (km)
Coppito	5
Bazzano	10
Monticchio	11
Paganica	12
Assergi	17

Poiché la distanza epicentrale non è sufficiente da sola a spiegare il differente livello di danneggiamento osservato, al fine di indagare gli aspetti del sottosuolo si sono riportati degli stralci della Carta Geologica d'Italia al 50'000 (fogli 349-Gran Sasso e 359-L'Aquila).

<sup>1</sup> Tali laboratori dipendono infatti dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), organismo di ricerca posto sotto il controllo del Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca (MIUR).



Figura 1 - Localizzazione di Coppito, Bazzano, Monticchio, Paganica e Assergi su cartografia Google Map. Sulla mappa è anche riportata la posizione epicentrale dell'evento principale e le PGA registrate dalle diverse stazioni della Rete Accelerometrica Nazionale.



Figura 2 - Stralci della Carta Geologica d'Italia al 50'000: Bazzano, Monticchio e Paganica (foglio 359 L'Aquila), Assergi (349-Gran Sasso).



## 1. Edifici industriali in Bazzano

Un primo edificio industriale oggetto di sopralluogo è costituito da una ampia struttura prefabbricata sita in Bazzano. Ha presentato danni lievi sulle travi di copertura a causa del martellamento dei tegoli e la trave stessa (figura 3). Tale fenomeno di martellamento si ritrova nel pilastro centrale (figura 4 e 5), in cui non erano stati disposti ritegni né orizzontali né verticali, e all'innesto della forcella fra pilastro d'estremità e capriata (figura 6). Sono stati inoltre rilevati danni nelle tompagnature e tramezzi interni, in particolare si può notare lo schiacciamento dei pannelli in figura 7 e 8, il ribaltamento della tamponatura in figura 9 e la sconnessione dei pannelli esterni in corrispondenza degli angoli (figura 10). Si è inoltre osservato che altri edifici industriali analoghi localizzati nella stessa area di Bazzano, Coppito e Assergi non hanno subito alcun danno strutturale e presentano dei lievi danni non strutturali.



*Figura 3 - Effetti di martellamento dei tegoli di copertura sulla trave (Foto dell'Arch. A. Di Nunzio).*



*Figura 4 - Effetti di Martellamento fra capriata e pilastro centrale(Foto dell'Arch. A. Di Nunzio)*



*Figura 5 - Effetti di Martellamento fra capriata e pilastro centrale(Foto dell'Arch. A. Di Nunzio)*



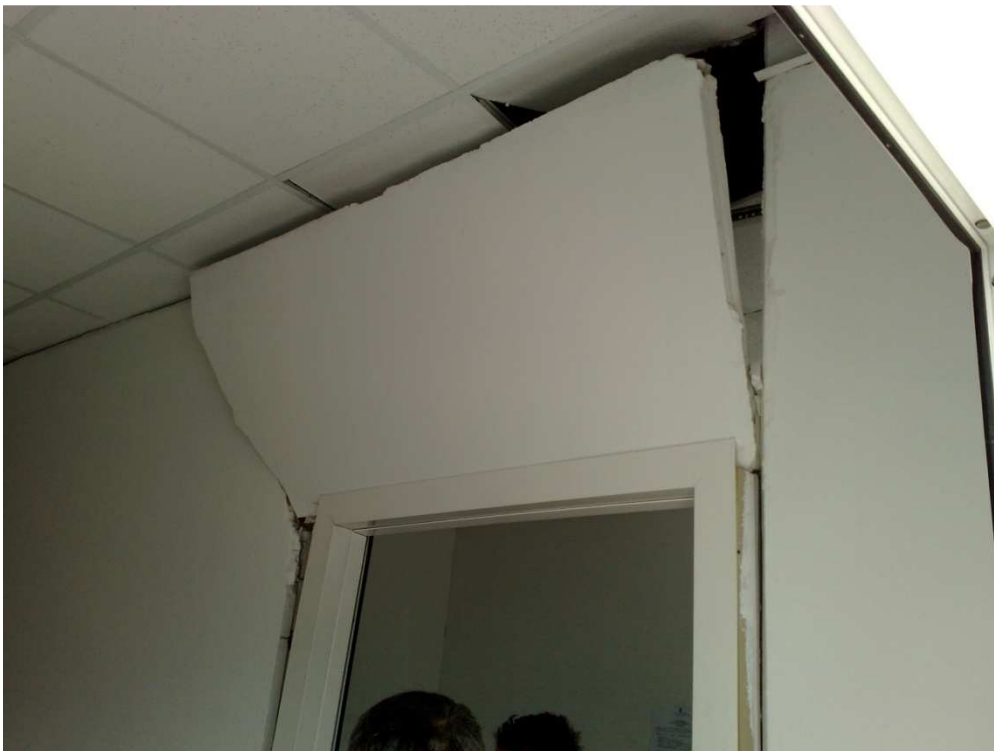
*Figura 6 - Effetti di martellamento all'innesto a forcella fra pilastro di estremità e capriata. (Foto dell'Arch. A. Di Nunzio).*



*Figura 7 - Schiacciamento dei pannelli (Foto dell'Arch. A. Di Nunzio).*

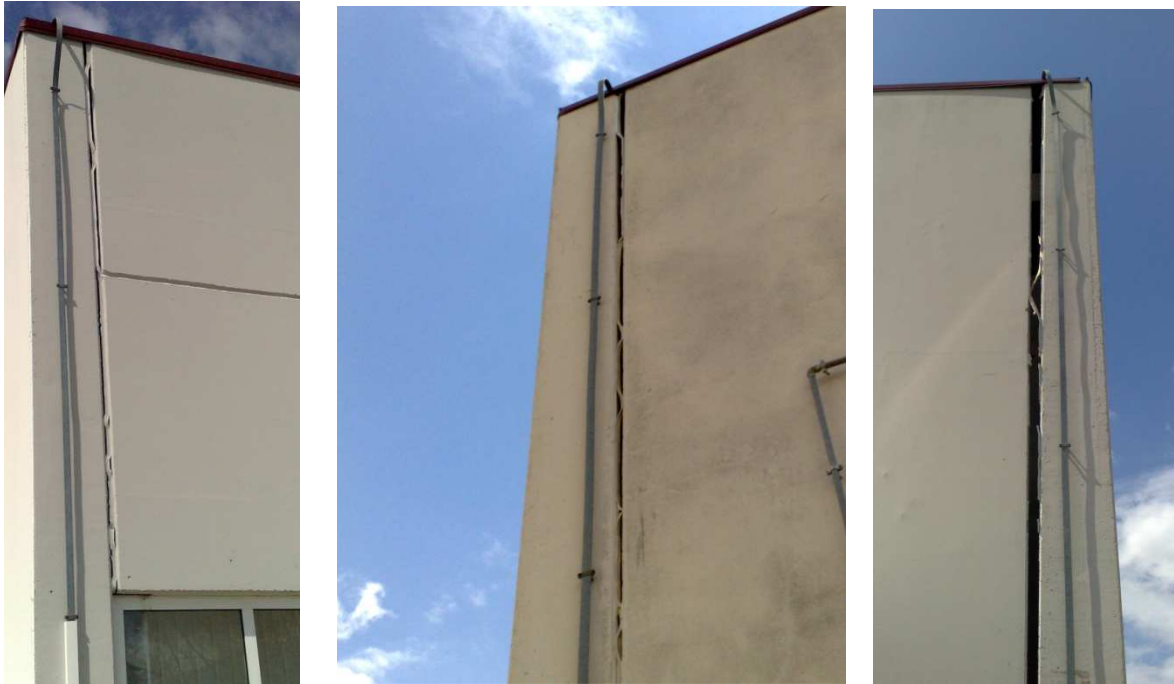


*Figura 8 - Schiacciamento dei pannelli (Foto dell'Arch. A. Di Nunzio).*



*Figura 9 - Ribaltamento di un pannello di tamponatura (Foto dell'Arch. A. Di Nunzio).*





*Figura 10 - Sconnessione dei pannelli d'angolo (Foto dell'Arch. A. Di Nunzio).*

## **2. Laboratorio Nazionale del Gran Sasso**

Il laboratorio Nazionale del Gran Sasso sito in Bazzano non ha subito danni strutturali, e dei lievi danni non strutturali, solo alcune apparecchiature ha subito degli spostamenti elevati. In figura 11 è mostrato il blocco per l'isolamento ambientale di un'apparecchiatura industriale. Come si può osservare dalla figura la struttura di isolamento ha subito un notevole spostamento permanente.



*Figura 11 - Spostamento permanente di un blocco per l'isolamento dalle vibrazioni ambientali di un'apparecchiatura industriale (Foto dell'Arch. A. Di Nunzio).*

### 3. Edifici industriali in Paganica

Le strutture in oggetto consistono in tre capannoni a struttura industriale adibiti ad uso di ufficio, deposito e magazzino. Le tre strutture risultano gravemente compromesse dal sisma, tanto da essere state classificate inagibili.

L'edificio industriale adibito ad uffici, realizzato nel 1980 presenta un danneggiamento molto diffuso alle parti non strutturali: cadute di contro-soffittature e lesioni diagonali alle pareti di tamponatura (figura 12). Le parti strutturali non sono generalmente in vista, ma dove visibili presentano segni di martellamento fra elementi in contatto e/o spostamenti relativi fra gli stessi, con possibile disarticolazione dell'impianto strutturale (figure 13 e 14). I danni strutturali riscontrati agli edifici industriali adiacenti suggeriscono un sopralluogo più approfondito sulle strutture, una volta effettuata la rimozione di tutti gli elementi non strutturali che attualmente ne impediscono l'ispezione.

Nel capannone industriale adibito a magazzino (piano terreno) e uffici (1° piano), realizzato nel 2004 sono visibili le strutture solo al piano terreno, visto che la presenza di elementi edilizi di finitura al 1° piano non rendono direttamente accessibili gli elementi strutturali nella zona adibita ad ufficio. Dall'ispezione visiva delle strutture al piano terreno, risultano danni molto seri alle selle di appoggio, in corrispondenza della connessione fra travi e pilastro, con lesioni verticali (figura 16, 17).

Le strutture del capannone industriale adibito a deposito (ultimato nel 2004) sono completamente visibili. Circa un terzo dei pilastri presenta delle fessure orizzontali a circa mezza altezza, in posizione similare (figura 18). Tale danno è ravvisabile come principio di formazione di una cerniera plastica, in corrispondenza di una zona di maggiore debolezza dell'elemento verticale (probabilmente dovuto all'interruzione delle armature longitudinali). In considerazione del fatto che il sistema resistente è, in questa tipologia di strutture, sostanzialmente a schema isostatico, la presenza di tale danno è particolarmente temibile.



Figura 12 - Danno non strutturale all'edificio industriale adibito ad Uffici (foto dell'ing. A. Zambrano).





*Figura 13 - Movimento fra elementi strutturali all'edificio industriale adibito ad Uffici (foto dell'ing. A. Zambrano).*



*Figura 14 - Martellamento fra elementi strutturali all'edificio industriale adibito ad Uffici (foto dell'ing. A. Zambrano).*



*Figura 15 - Danneggiamento delle tramezzature nell'edificio industriale adibito ad Uffici (foto dell'ing. A. Zambrano).*



*Figura 16 - Lesioni verticali alle selle di appoggio alla connessione trave/pilastro (foto dell'ing. A. Zambrano)*



*Figura 17 - Danneggiamento dalle selle di appoggio alla connessione trave/pilastro (foto dell'ing. A. Zambrano).*



*Figura 18 - Lesioni orizzontali nei pilastri del capannone industriale adibito a Deposito (foto dell'ing. R. Iafrate)*



#### 4. Edifici industriali in Monticchio

Le strutture in oggetto consistono in tre corpi separati: una struttura adibita a negozio ad un solo livello con adiacente rustico, una stalla, un capannone per la lavorazione industriale a due livelli. Tutte le strutture sono state ultimate nel 2007.

Il negozio è stato realizzato in c.a. con copertura in legno. La struttura presenta un lieve danneggiamento dovuto al movimento della copertura rispetto alla struttura sottostante, ma il possibile crollo delle velette dell'edificio attiguo per eventuali scosse successive la rendono temporaneamente inagibile finché non vengano messe in sicurezza questi elementi dell'edificio adiacente.

La stalla realizzata con elementi prefabbricati è costituita da un volume ad un solo piano, in esso non si è rilevato alcun danno.

Il capannone industriale realizzato con elementi prefabbricati non ha subito danni nella struttura portante (travi e pilastri) al piano terra (figure 18, 19), mentre nel piano copertura numerosi nodi colonna-trave sono lesionati (figure 20, 21, 22), difatti sono evidenti fessure nei ritegni sismici di diversi appoggi, due, in particolare, hanno subito un danno medio-grave. Sebbene sia assicurata la capacità portante per carichi verticali non può essere garantita la sicurezza nei confronti di un ulteriore evento sismico di entità paragonabile a quella del main-shock. Inoltre le travi di copertura risultano lievemente danneggiate nel coprifermo in più punti a causa del martellamento dovuto alla presenza di strutture in acciaio che collegano le travi di copertura ai solai sovrastanti e sottostanti (figura 23).

La scala esterna in acciaio, a causa del martellamento fra le due diverse strutture (scala e struttura del capannone) si è scollegata dal capannone portando al danneggiamento del coprifermo della trave di bordo della struttura in c.a. (figura 24), e restando vincolata con un solo perno.

Le velette in sommità delle pareti laterali (longitudinali, disposte secondo l'orientamento est-ovest) del capannone sono uscite fuori piano, sono pertanto in condizioni di incipiente collasso, come si può notare in figura 25, 26.

Alcune tompagnature esterne dell'edificio realizzate in mattoni si sono severamente danneggiate, in particolare quelle disposte in adiacenza alle porte delle celle frigorifere (figura 27). Le tramezzature interne realizzate con materiali a elevata deformabilità non hanno subito alcun danno mentre quelle in laterizi presentano delle tipiche lesioni che hanno portato al distacco dei rivestimenti.

L'edificio prefabbricato (figura 28) in località Monticchio dell'Aquila presenta da un sopralluogo effettuato dall'esterno il collasso fuori piano delle tompagnature esterne.



*Figura 19 - Struttura del capannone industriale adibito alla produzione (foto dell'ing. A. Zambrano).*



*Figura 20 - Particolare del nodo trave-colonna del capannone industriale adibito alla produzione al piano terra (foto dell'ing. A. Zambrano).*



*Figura 21 - Danneggiamento del nodo colonna-trave in corrispondenza del ritegno sismico in copertura (foto dell'ing. A. Zambrano).*



*Figura 22 - Danneggiamento del nodo colonna-trave in corrispondenza del ritegno sismico in copertura (foto dell'ing. A. Zambrano).*





Figura 23 - Danneggiamento del copriferro delle travi in corrispondenza del collegamento con struttura in acciaio (foto dell'ing. A. Zambrano & F. Giordano).



Figura 24 - Collegamento scala in acciaio-capannone industriale (foto dell'ing. A. Zambrano & F. Giordano).



*Figura 25- Velette fuori piano in sommità dell'edificio nelle facciate orientate est-ovest (foto dell'ing. A. Zambrano).*



*Figura 26 - Velette fuori piano in sommità dell'edificio nelle facciate orientate est-ovest vista dall'interno(foto dell'ing. F. Giordano).*





*Figura 27 - Danno nelle tomagnature in corrispondenza delle porte delle celle frigorifere (foto dell'ing. A. Zambrano).*



*Figura 28 - Fuori piano delle tomagnature esterne dell'edificio prefabbricato in Monticchio (AQ) (foto dell'ing. A. Zambrano).*