

Costruzioni antisismiche in muratura **POROTON®: risposta al terremoto in Emilia**

Il violento terremoto che ha colpito l'Emilia è stata una vera e propria prova dinamica su scala reale per tutti gli edifici della zona.

Le ricognizioni svolte su 23 costruzioni realizzate con murature POROTON® hanno permesso di rilevare come queste abbiano risposto in modo eccellente ai sismi.

Costruzioni antisismiche ed il Consorzio POROTON® Italia

Il Consorzio POROTON® Italia, fin dalla sua fondazione nel 1972, concentra molti dei propri sforzi nel campo della **sicurezza delle costruzioni in zona sismica**, svolgendo anche ricerca sperimentale sulle [murature portanti](#) moderne fin dagli anni '80, ricerche che hanno condotto alla messa a punto del sistema costruttivo di [muratura armata POROTON®](#), successivamente inserito anche in normativa con il DM'96.

Le numerose ricerche partecipate o direttamente realizzate dal Consorzio POROTON® Italia in collaborazione con Enti di ricerca ed Istituti universitari Italiani (si citano ad esempio le [prove dinamiche svolte all'ENEA di Roma, il progetto Brite-Euram, il progetto DISWall](#)), hanno portato inoltre alla creazione e successivo miglioramento della normativa e dei metodi di calcolo per le **murature portanti in laterizio**.

Le murature POROTON® hanno avuto dunque un processo di sviluppo continuo, da quarant'anni ad oggi, attraverso la ricerca, la normativa e l'esperienza acquisita sul campo. Tutto ciò ha consentito di realizzare costruzioni sempre più sicure ed affidabili.

Gli edifici antisismici nell'Emilia post-sisma

Nella pianura Padana-Emiliana sono stati costruiti numerosi **edifici in muratura POROTON®**, che sono stati messi a dura prova proprio dagli eventi sismici dello scorso maggio.

Si è ritenuto perciò importante svolgere una campagna di **ricognizioni** sulle **costruzioni realizzate con murature POROTON®** progettate seguendo le procedure ed i requisiti indicati nel DM'96 o nelle NTC 2008, per verificare la loro risposta alla devastante sequenza sismica Emiliana. La ricognizione ha coinvolto 23 edifici: 14 in **muratura armata POROTON®**, 5 in **muratura ordinaria POROTON®** e 4 in **telaio in c.a. con tamponatura POROTON®**.

La Fig. 1 mostra la posizione delle ricognizioni svolte (pallini numerati) relativamente alle 7 scosse superiori al grado 5.0 (stelle), insieme all'estratto della mappa di pericolosità sismica per la zona interessata (fasce colorate, dai 0.075 g ai 0.175 g).



Fig. 1 - Localizzazione delle ricognizioni e degli epicentri delle 7 scosse sismiche che hanno superato magnitudo 5.0 della scala Richter su mappa Google. È riportato anche l'estratto della mappa di pericolosità sismica (GdL MPS, 2004; rif. Ordinanza PCM del 28 aprile 2005, n. 3519, All. 1b) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suoli rigidi.

Tutti gli edifici controllati si possono considerare a tutti gli effetti vere e proprie **costruzioni antisismiche** poiché hanno esibito un'ottima capacità di resistere al **terremoto**, dato che nessuno di essi ha subito danni a seguito della sequenza sismica.

Si evita nella presente nota di elencare pedissequamente tutte le ricognizioni e si rimanda per questo alla mappa interattiva presente nel nostro sito al link: [Sisma in Emilia](#).

Gli edifici oggetto della ricognizione consistono in palazzine residenziali, complessi residenziali e ville singole. Di particolare interesse la **scuola primaria di Mortizzuolo a Mirandola** (ricognizione 9, Fig. 2), che presenta il corpo aule e direttivo realizzato in **muratura armata POROTON®** completamente privo di danni (Fig. 3), mentre la palestra in prefabbricati è stata dichiarata inagibile a causa di evidenti fessure agli elementi strutturali e non strutturali (Fig. 4).



Fig. 2 - Vista frontale della scuola di Mortizzuolo di Mirandola.



Fig. 3 - Viste interne del corpo aule in muratura armata POROTON® della scuola primaria di Mortizzuolo di Mirandola.



Fig. 4 - Danni e fessure agli elementi non strutturali e strutturali della palestra della scuola primaria di Mortizzuolo di Mirandola, in elementi prefabbricati, dichiarata inagibile.

Costruzioni antisismiche residenziali come le trifamiliari di Mirandola (ricognizione 6, Fig. 5) realizzata in **muratura armata POROTON®** o come la villa singola di San Felice sul Panaro (ricognizione 16, Fig. 6) realizzata in **muratura ordinaria POROTON®**, si sono presentati completamente illesi e privi di fessure sia esternamente che internamente.



Fig. 5 - Vista esterna delle trifamiliari di Mirandola e vista interna del piano terra.



Fig. 6 - Vista esterna della villa singola di San Felice sul Panaro e vista interna del piano terra.

Valutazione della prestazione degli edifici controllati

Allo scopo di comprendere più precisamente il livello di sicurezza fornito dalle **costruzioni antisismiche POROTON®** durante gli eventi sismici emiliani, è possibile fare una **valutazione della prestazione degli edifici controllati**, mettendo a confronto diretto l'**accelerazione di progetto** ($a_g \cdot S$) valutata secondo NTC 2008, con l'**accelerazione di picco del terreno** (PGA) causata dai due principali eventi sismici.

È stata perciò calcolata l'accelerazione di progetto ($a_g \cdot S$) allo SLD e allo SLV, valutando l'accelerazione di picco al suolo (a_g) allo SLD e allo SLV, in base alle coordinate geografiche delle singole costruzioni, e considerando la categoria di sottosuolo D che corrisponde sostanzialmente alla categoria di sottosuolo di cui è prevalentemente costituita la zona interessata dalla sequenza sismica, e che risulta essere la più gravosa in termini di effetti di amplificazione.

L'accelerazione di picco del terreno (PGA) causata dai due eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012 è stata stimata, per ciascun edificio, impiegando le mappe di scuotimento dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) implementate automaticamente dai dati registrati dalle stazioni sismiche. La Fig. 7 fornisce la localizzazione delle ricognizioni svolte (pallini gialli) sulle mappe di scuotimento elaborate dall'INGV.

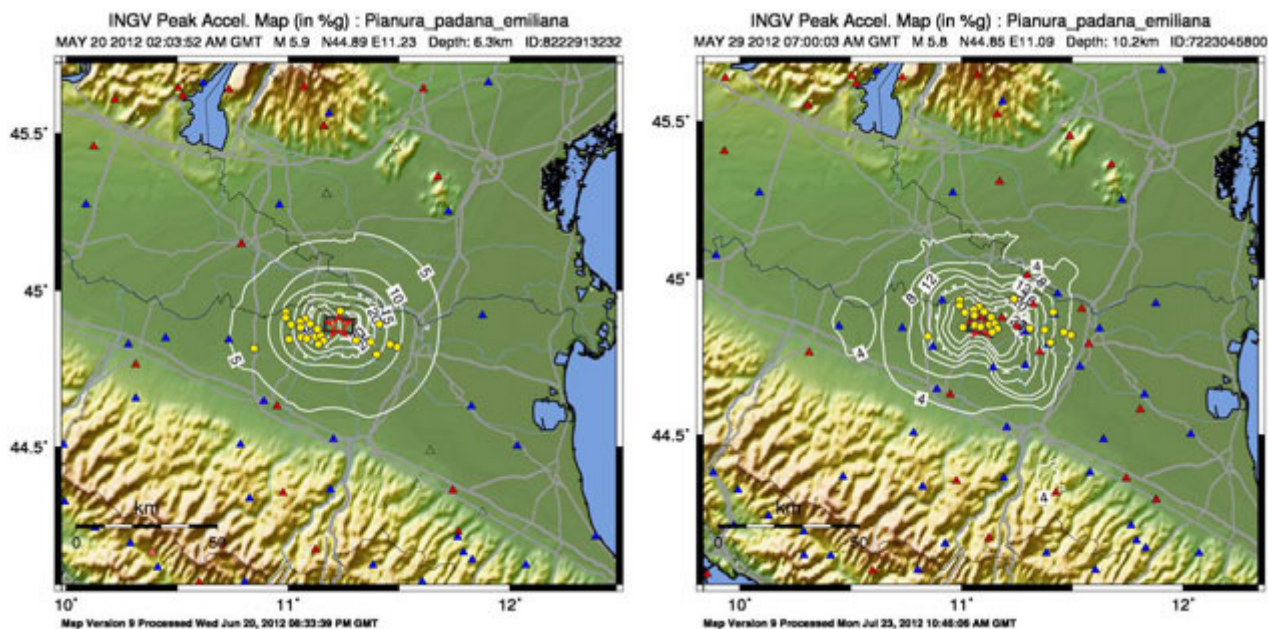


Fig. 7 - Localizzazione delle ricognizioni, relativamente alle mappe di scuotimento del terremoto del 20 Maggio 2012 (a sinistra) e del 29 Maggio 2012 (a destra), elaborate da INGV.

La Tabella 1 permette di effettuare il confronto tra l'accelerazione di progetto ($a_g \cdot S$) allo SLD ed allo SLV e l'accelerazione di picco del terreno (PGA) causata dai due eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012, per ciascuna ricognizione effettuata.

È rilevante osservare che l'accelerazione indotta dai due sismi risulta essere nella maggioranza dei casi corrispondente o superiore a quella prevista per la progettazione allo SLV, valutata secondo NTC 2008.

Nei casi rimanenti l'accelerazione indotta dai sismi è risultata maggiore dell'accelerazione di progetto allo SLD, e solo in tre casi i sismi hanno indotto accelerazioni inferiori.

ID	via	Comune	LAT	LONG	$a_g \cdot S$ suolo D (g)		PGA mappe scuotimento (g)		Distanza Epicentrale (km)	
					SLD	SLV	20/05	29/05	20/05	29/05
1	Lucio Battisti	Carpi, loc. Migliarina MO	44.8148	10.8428	0.09	0.27	0.08	0.14	31.0	19.0
2	Serracchioli	Concordia sulla Secchia MO	44.9130	10.9856	0.08	0.24	0.16	0.28	19.5	10.5
3	Paglierine	Concordia sulla Secchia MO	44.9206	10.9865	0.08	0.23	0.15	0.28	19.5	11.0
4	Malaspina	Cavezzo MO	44.8442	11.0010	0.09	0.27	0.18	> 0.28	18.0	7.0
5	Castello	San Possidonio MO	44.8924	11.0102	0.08	0.25	0.18	> 0.28	17.5	17.0
6	Emilia Romagna	Mirandola MO	44.8815	11.0528	0.09	0.26	0.26	> 0.28	14.0	4.5
7	per Concordia	Mirandola MO	44.8949	11.0539	0.08	0.25	0.25	> 0.28	13.5	5.5
8		Civiale di Mirandola MO	44.8918	11.0962	0.08	0.25	0.30	> 0.28	10.5	4.5
9	Don Rettighieri	Mirandola MO	44.8761	11.1294	0.09	0.26	> 0.30	> 0.28	8.0	4.0
10	Collodi		44.8334	11.1355	0.09	0.27	0.30	> 0.28	9.5	4.0

		San Felice sul Panaro MO									
11	Milano	San Felice sul Panaro MO	44.8426	11.1462	0.09	0.27	0.30	> 0.28	8.0	4.5	
12	Sibilla Aleramo	San Felice sul Panaro MO	44.8427	11.1443	0.09	0.27	0.30	> 0.28	8.0	4.0	
13	Portovecchio	San Martino Spino MO	44.9333	11.2324	0.08	0.22	0.30	0.22	5.0	14.0	
14	Legnari	Finale Emilia MO	44.8393	11.3034	0.09	0.27	0.30	0.20	8.0	16.5	
15	Grande	Medolla MO	44.8528	11.0832	0.09	0.27	0.27	> 0.28	12.0	0.5	
16	Canalino	San Felice sul Panaro MO	44.8497	11.1343	0.09	0.27	0.30	> 0.28	8.5	3.5	
17	ex Dogana	Casumaro FE	44.8345	11.36965	0.09	0.27	0.21	0.12	12.5	22.0	
18	Statale	Sant'Agostino FE	44.7943	11.3978	0.10	0.27	0.15	0.10	17.0	25.0	
19	Caduti di Nassiriya	Mirabello FE	44.8257	11.4574	0.09	0.26	0.14	0.06	19.0	29.0	
20	Cristoforo Colombo	Mirandola MO	44.8956	11.0731	0.08	0.25	0.27	0.28	12.0	5.0	
21	XV Aprile	Medolla MO	44.8478	11.0726	0.09	0.27	0.24	> 0.28	13.0	1.0	
22	Volta	Bondeno FE	44.8915	11.4078	0.08	0.23	0.18	0.08	14.0	25.5	
23	Madonna dei Boschi	Vigarano Mainarda FE	44.8182	11.4888	0.09	0.27	0.12	0.04	22.0	31.0	

Tabella 1 - Dati di localizzazione delle ricognizioni, accelerazioni di progetto allo SLD e SLV per la categoria di sottosuolo D, accelerazioni stimate dalle mappe di scuotimento e distanza della singola costruzione dall'epicentro.

È opportuno a questo punto ricordare cosa si intenda per SLD e SLV nelle NTC 2008 (§3.2.1), in modo da poter svolgere ulteriori considerazioni:

- **"Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle attrezzature";
- **"Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali".

Analizzando i singoli casi alla luce di quanto detto finora, è possibile identificare **tre categorie di danneggiamento atteso** in funzione delle accelerazioni indotte dagli eventi sismici:

- I. gli edifici delle ricognizioni dalla 2 alla 16, la 20 e la 21 hanno subito almeno un terremoto che ha causato un'accelerazione uguale o maggiore a quella di progetto allo SLV, e un altro terremoto che ha indotto un'accelerazione ben oltre allo SLD.

Per questa categoria ci si poteva attendere crolli di elementi non strutturali e danni significativi alla struttura, senza che la vita degli occupanti fosse in pericolo. La **costruzione** sarebbe stata dichiarata **inagibile** e probabilmente **da demolire**;

- II. gli edifici delle ricognizioni 17, 18 e 22 hanno subito in entrambi i sismi accelerazioni importanti, comprese tra le accelerazioni di progetto allo SLD e allo SLV.
Per questa categoria ci si poteva attendere danni strutturali e non strutturali importanti, ma non così gravi come per la categoria "I.". La **costruzione** sarebbe stata dichiarata **inagibile** e sarebbero stati **necessari interventi di ripristino**;
- III. gli edifici delle ricognizioni 1, 19 e 23 hanno superato solo in uno dei due sismi lo SLD.
Per questa categoria ci si poteva attendere danni strutturali e non strutturali limitati, con il rischio però di una **inagibilità parziale o temporanea** e sarebbero stati **necessari degli interventi di sistemazione**.

Lo scenario che ci si poteva attendere, analizzando le accelerazioni indotte dalle scosse del 20 e 29 maggio, sarebbe stato dunque devastante. Invece, lo scenario rilevato sul territorio è stato completamente diverso: le **costruzioni visionate non hanno presentato danni**, tanto che gli edifici sono rimasti pienamente operativi, a meno di inagibilità per rischio esterno (come nel caso già citato della scuola, ricognizione 9, in cui l'inagibilità della palestra rendeva inagibile l'intera scuola anche nelle sue parti non danneggiate).

Muratura e progettazione antisismica

Quanto discusso, permette di affermare come le **murature POROTON®**, sviluppate tramite la ricerca continua da quarant'anni ad oggi, se progettate correttamente nel rispetto delle normative tecniche a disposizione, permettono di realizzare **costruzioni antisismiche** che garantiscono eccellenti livelli di sicurezza, l'incolumità degli occupanti e preservano l'investimento economico sostenuto per la costruzione dell'edificio.

Autore: Flavio Mosele