

Scuole sicure: SismaCoat, un caso concreto di adeguamento sismico dei plessi scolastici

Dott. Ing. Cecilia Turco, Tecnico SismaCoat – www.sismacoat.it

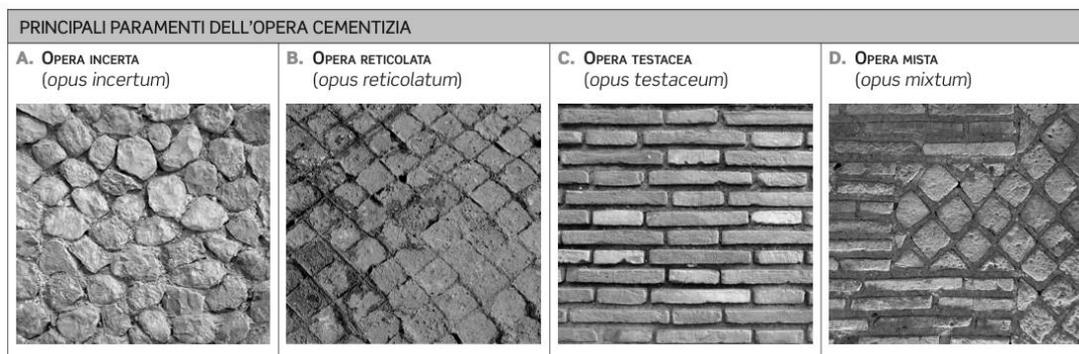
Il presente articolo descrive l'intervento di adeguamento sismico con ampliamento e sopraelevazione realizzato nella Scuola primaria e secondaria di primo grado "Rosaspina" del Comune di Montescudo-Monte Colombo (RN), uno dei casi in cui viene applicata e analizzata la tecnologia brevettata SismaCoat.

Questo caso rappresenta un esempio concreto di come sia possibile intervenire efficacemente su edifici costruiti in periodi storici in cui le normative e le tecniche costruttive non erano ancora all'avanguardia, garantendo oggi la sicurezza sismica delle strutture.

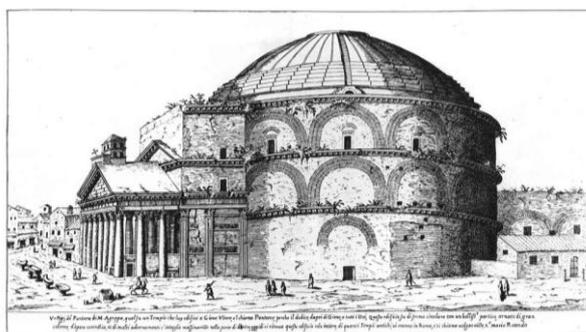
Contesto storico e tecniche costruttive precedenti

Prima dell'entrata in vigore della Legge 1086/1971, in Italia le costruzioni in conglomerato cementizio armato non erano ancora largamente diffuse e le maestranze dell'epoca non sempre erano adeguatamente formate riguardo alla corretta messa in opera del calcestruzzo. Non esistevano protocolli rigidi per i controlli qualitativi delle costruzioni, come i prelievi di campioni in opera, e ciò ha portato alla realizzazione di edifici con strutture particolarmente vulnerabili, sia dal punto di vista della resistenza a compressione e trazione sia dell'azione sismica.

Il calcestruzzo, definito dagli antichi romani "*opus caementitium*", veniva inizialmente usato in strutture a pareti portanti, meno suscettibili a difetti di qualità del materiale.



Gli "Opus" e i primi utilizzi degli impasti di malta e "Caementa", le pietre grezze, Rizzoli, "L'arte romana arcaica e repubblicana" 2019



Pantheon, Roma, costruzione: 112-124 d.C. Immagine: L'esterno del Pantheon in un'incisione del XVI secolo di Étienne Dupérac

Con il passaggio ai sistemi costruttivi moderni, basati su telai in acciaio e calcestruzzo armato, la resistenza strutturale si è concentrata su elementi monodimensionali come travi e pilastri. La qualità del calcestruzzo è diventata così un fattore cruciale, richiedendo una posa in opera accurata e un controllo rigoroso, cosa che, soprattutto fino alla fine degli anni '60 in Italia, non sempre avveniva.



Robert Maillart, Lagerhaus der Magazzini Generali - Chiasso (TI), 1924–1925

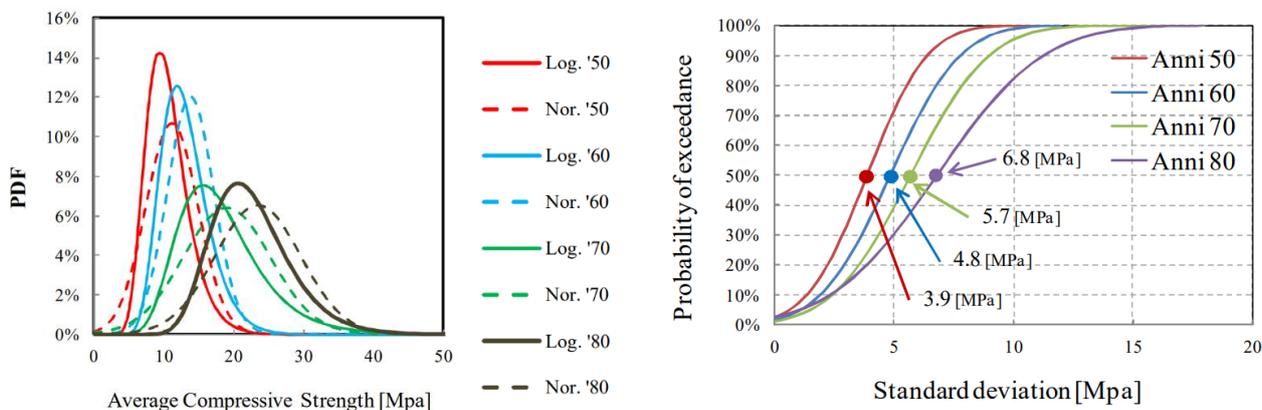
Fonte: Archivio Immagini della Biblioteca dell'ETH di Zurigo. Fondo Robert Maillart; a destra, foto di ©Chriusha [CC-BY-SA-3.0](#)
Un esempio rappresentativo dell'innovazione delle prime costruzioni in conglomerato cementizio armato



Costruzioni miste in muratura e conglomerato cementizio armato, anni '70-'80, fotografie SismaCoat

In molti edifici di questo periodo, costruiti senza strutturisti e maestranze adeguatamente formati, si riscontrano valori di resistenza del calcestruzzo bassi, mediamente tra i 100 e 150 kg/cm², con diversi casi che presentano valori ancora inferiori.

Cristofaro et al. hanno evidenziato come negli anni '50/'60 le resistenze del calcestruzzo in opera fossero estremamente inferiori a quelle odierne, in uno studio che ha preso in considerazione 89 edifici costruiti tra gli anni '50 e '80 nel centro Italia.



M. Cristofaro, M. De Stefano, R. Pucinotti, M. Taganelli (2014) "Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in situ", analisi delle resistenze a compressione di n. 89 edifici costruiti tra gli anni '50 e '80. AIPnD - PnD 2013 e-Journal of Nondestructive Testing Vol 19/9

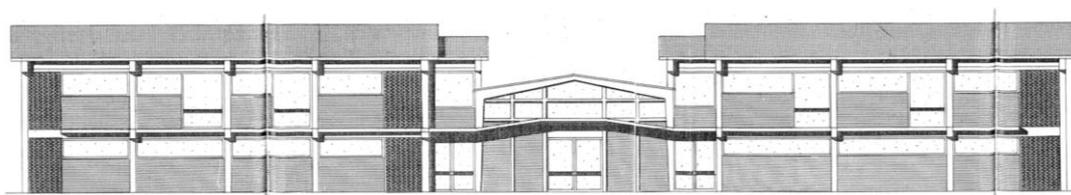
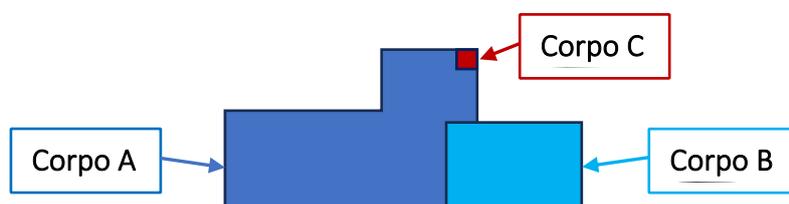
Questa problematica riguarda molti edifici pubblici e privati, in taluni casi edificati anche poco dopo l'introduzione della normativa del 1971.

Ne è un esempio il plesso scolastico "Rosaspina" del Comune di Montescudo-Monte Colombo, edificato negli anni '60 con struttura a telaio in calcestruzzo armato. Infatti, come verrà di seguito descritto in modo approfondito, le prove di trazione e compressione eseguite rispettivamente sulle armature e sui provini di calcestruzzo hanno evidenziato alcune carenze, anche nei confronti delle azioni statiche.

Il caso della scuola "Rosaspina" a Montescudo di Rimini

La scuola primaria e secondaria "Rosaspina" è stata realizzata in due fasi: l'ala sinistra e la parte centrale dell'edificio (corpo "A") sono state completate nel 1965, mentre la porzione destra (corpo "B") nel 1969. Il corpo "C", indicato in figura, rappresenta un piccolo ampliamento realizzato nell'anno 2005.

La struttura è costituita da telai in calcestruzzo armato disposti in entrambe le direzioni, solai in laterocemento ed elementi murari di tamponamento in muratura a faccia a vista. Le fondazioni, realizzate a travi rovesce, sono state eseguite con una particolare attenzione, come dimostrato dal fatto che, sul posto, esse sono state approfondite nel terreno - di tipo sabbioso compatto, in misura considerevolmente maggiore rispetto a quanto previsto nei disegni esecutivi di progetto. Le indagini hanno inoltre confermato che le strutture in elevazione (pilastri, travi e solai) corrispondono perfettamente ai progetti architettonici e strutturali originari, realizzati dal noto ingegnere riminese Carlo Della Bianca.



Schema compositivo e prospetto del progetto originale; sotto: documenti e fotografie SismaCoat



Tuttavia, nonostante la buona qualità costruttiva, i risultati dei numerosi carotaggi su travi e pilastri (ne sono stati fatti ben 28) hanno evidenziato una bassa resistenza del calcestruzzo in diverse parti della struttura, con valori di resistenza ben al di sotto non solo degli standard attuali, ma anche della resistenza prevista nel progetto originario, con un valore medio di **8,42 Mpa**.

Questo ha messo in evidenza la necessità di intervenire immediatamente attraverso la realizzazione di un progetto di messa in sicurezza statica dell'intero complesso scolastico.

La scelta della tecnologia SismaCoat

A seguito dei risultati delle indagini conoscitive condotte, dunque, il Comune di Montescudo-Montecolombo ha deciso di intraprendere repentinamente i lavori di messa in sicurezza della scuola. Inoltre, grazie ad un finanziamento di circa 2 milioni di euro ottenuto tramite il **PNRR** (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza), si è manifestata anche l'esigenza di attuare un progetto di ampliamento e sopraelevazione. Inizialmente, date le carenze statiche riscontrate nelle strutture portanti, si era valutata l'opzione della demolizione e ricostruzione dell'edificio, che tuttavia avrebbe comportato un costo complessivo stimato pari a circa 6 milioni di euro. Successivamente, la scelta è ricaduta sull'uso della **tecnologia SismaCoat**, una soluzione più economica e compatibile con le risorse disponibili, come verrà descritto di seguito.

SismaCoat è una tecnologia brevettata che consente di adeguare sismicamente edifici esistenti, attraverso la costruzione di una struttura scatolare esterna in conglomerato cementizio debolmente armato. Tale nuova struttura, grazie alla sua elevata rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali, è capace di "scaricare" il sistema strutturale esistente dalla quasi totalità delle sollecitazioni sismiche orizzontali. In questo modo, le travi e i pilastri esistenti vengono a svolgere unicamente la funzione di sostegno dei carichi statici (quelli già considerati originariamente in fase di progettazione), mentre le forze sismiche (considerate nelle rispettive componenti orizzontali e verticali) vengono assorbite dalla nuova struttura scatolare in calcestruzzo armato, rendendo così la struttura esistente un unico grande elemento sismico secondario.

Tale strategia ha reso possibile l'attuazione dell'intervento di ampliamento e sopraelevazione della scuola: le strutture esistenti sono state rinforzate nei confronti delle sole azioni verticali, mentre un nuovo sistema resistente alle azioni orizzontali è stato identificato nella struttura esterna SismaCoat.

Dettagli dell'intervento

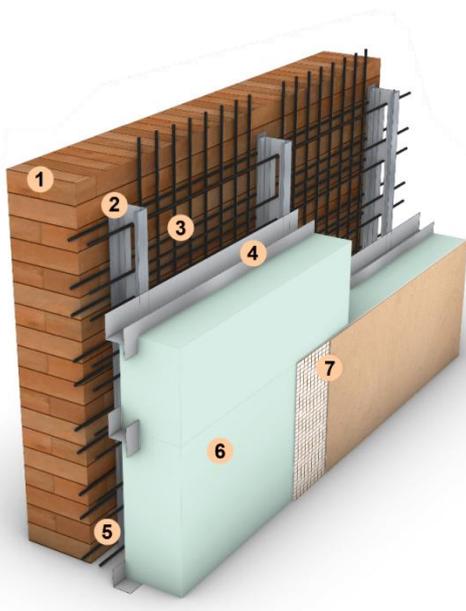
L'intervento presso la scuola Rosaspina ha incluso numerose operazioni volte a consolidare la struttura esistente e a garantire la sicurezza sismica. Nello specifico:

- **Consolidamento** dei pilastri attraverso la **cerchiatura** degli stessi mediante calastrelli in acciaio;
- Messa in sicurezza delle travate interne tramite inserimento di **puntelli rompitratta** a loro volta appoggiati sulle sottostanti travi di fondazione, allo scopo di "spezzare" le campate e conseguentemente diminuire le sollecitazioni entro valori accettabili;
- **Rinforzi a taglio** su alcune travate esistenti laddove sono emerse carenze nelle armature trasversali;
- **Inserimento di ritegni antiribaltamento dei muri divisorii interni**, in conformità al cap. 7.2.3 delle NTC 2018;

- **Alleggerimento** delle coperture, attraverso la rimozione del manto esistente in cotto e la sostituzione di una doppia guaina riflettente;
- **Realizzazione del nuovo sistema resistente alle azioni orizzontali SismaCoat.**

Il cuore dell'intervento è costituito dall'impiego della tecnologia SismaCoat, volto ad eliminare le sollecitazioni sismiche sulla struttura esistente.

La posa del sistema si concentra esclusivamente sulle facciate esterne: dopo aver fissato appositi profili metallici laminati a freddo "steel frame" mediante opportuni inghisaggi meccanici, si sono posate le armature diffuse e le connessioni, dimensionate in fase di progetto, per la corretta trasmissione delle azioni orizzontali; poi sono stati posizionati i pannelli isolanti-cassero per permettere il getto del calcestruzzo. Una volta completato il getto, i pannelli rimangono adesi alla struttura, costituendone anche l'isolamento termico. La parete SismaCoat realizzata presso la scuola Rosaspina è caratterizzata da 15/18 cm di calcestruzzo armato e 16 cm di cappotto termico in lana di roccia, in modo di garantire non solo la resistenza sismica, ma anche l'efficienza energetica dell'edificio, in conformità con le norme di sicurezza antincendio.



1. Parete perimetrale esistente
2. Profilo metallico laminato a freddo in acciaio zincato e piastra angolare in acciaio
3. Rete elettrosaldata e armatura da calcolo strutturale
4. Profili metallici a "μ" per il fissaggio dei pannelli isolanti ai profili verticali
5. Intercapedine per il getto di calcestruzzo
6. Pannello da cappotto
7. Rasatura armata di finitura

Schema compositivo del kit SismaCoat, brevetto di invenzione n. 0280577 del 20/09/2022.

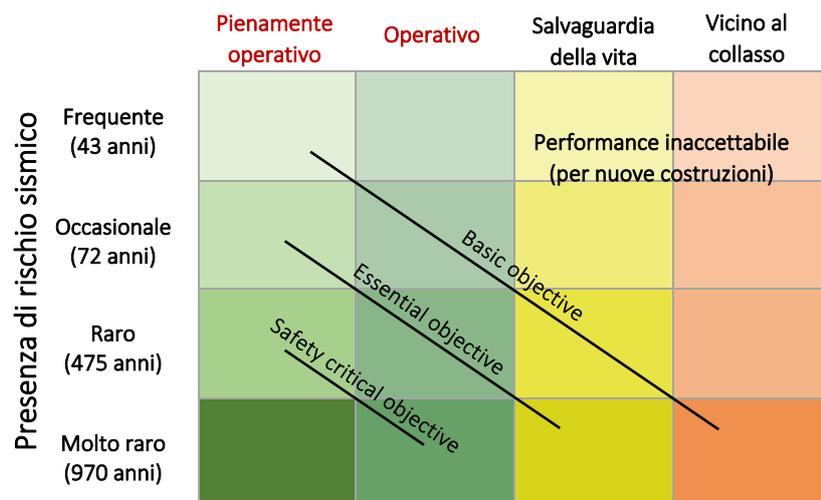
Risultati e impatto sul plesso scolastico

L'intervento si è articolato in due fasi successive: la **prima fase** (da dicembre 2023 a giugno 2024) ha interessato esclusivamente il corpo "A", consentendo l'utilizzo del corpo "B" all'amministrazione scolastica. La **seconda fase** (da giugno a dicembre 2024), ancora in corso, consiste nello svolgimento dei lavori sul corpo B, mentre il corpo A viene già utilizzato regolarmente da settembre 2024.

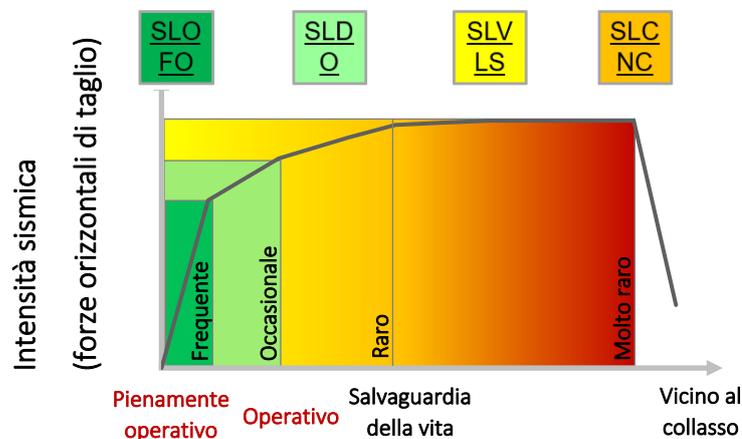


Giugno 2024, il corpo "A" completato - Ottobre 2024, la palestra (parte del corpo "B") completata, fotografie SismaCoat

L'intervento di consolidamento, dunque, restituirà alla comunità un fabbricato non solo conforme agli standard previsti dalle norme tecniche vigenti, ma che possiede una **prestazione antisismica superiore a quella minima richiesta**: il progetto, infatti, è stato sviluppato, seguendo quanto descritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, utilizzando una concezione strutturale come **struttura non dissipativa**, adottando un fattore di struttura $q_{nd} = 1,5$: ciò significa che l'edificio è in grado di sopportare l'azione sismica di progetto rimanendo in *campo sostanzialmente elastico*, garantendo una prestazione equiparabile a quella prevista nello **stato limite di danno**.



Livello di prestazione sismica degli edifici



Relazione tra la risposta strutturale "Engineering Demand Parameter" e l'intensità sismica, R. Hamburger & J. Moehle, grafico rielaborato SismaCoat

Conclusioni e prospettive future

L'esperienza della Scuola "Rosaspina" ha dimostrato la versatilità e l'efficacia della tecnologia SismaCoat, poiché quest'ultima è in grado di garantire prestazioni sismiche considerevoli e **ben determinabili**, riducendo al minimo l'invasività degli interventi.

Questo sistema ha trovato applicazione anche in altre strutture, pubbliche e private, contribuendo significativamente al miglioramento della sicurezza sismica del patrimonio edilizio esistente. Grazie alla sua innovatività e alla standardizzazione dei dettagli costruttivi, SismaCoat permette interventi rapidi e con risultati eccellenti, un aspetto cruciale per strutture come scuole e ospedali, ma anche uffici e altre attività.

L'adeguamento sismico di edifici strategici come le scuole è fondamentale per garantire la sicurezza delle persone, in particolare dei bambini, riducendo al minimo i rischi legati a futuri eventi sismici. Grazie a tecnologie come SismaCoat, è possibile intervenire in modo efficace e tempestivo, salvaguardando vite e migliorando la qualità delle infrastrutture educative in Italia.

