

**Autore:** Simone Barile

**Abstract:** Per il ripristino del calcestruzzo la durabilità è un elemento chiave. La malta Mapegrout Easy Flow Zero ha dimostrato eccellente resistenza a carichi dinamici dopo essere stata sottoposta a prove di fatica presso l'Università Federico II di Napoli.

## La via sostenibile per il recupero del calcestruzzo

Mapegrout Easy Flow Zero è stato sottoposto a prove di fatica presso l'Università Federico II di Napoli che ne hanno testato l'eccellente resistenza ai carichi dinamici

Il concetto di durabilità delle strutture ha assunto nel tempo un ruolo sempre più importante e centrale quando si parla di ripristino del calcestruzzo.

Come riportato nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" del 2018, per durabilità si intende "la capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione". Il tema della durabilità si sposa perfettamente anche con il concetto di sostenibilità ambientale, argomento ormai di primaria importanza in tutti i settori e soprattutto in quello delle costruzioni.

La durabilità delle strutture e infrastrutture in calcestruzzo è spesso intaccata da fenomeni fessurativi legati all'insorgenza di carichi ciclici dinamici. Questo comporta la creazione di vie di accesso preferenziali per gli agenti aggressivi che mettono a rischio l'integrità delle strutture stesse.

A tal proposito, è stato formulato [MAPEGROUT EASY FLOW ZERO](#), malta tissotropica, resistente ai solfati, a elevata resistenza alla fessurazione, a emissioni di CO<sub>2</sub> compensate per l'intero ciclo di vita. Di seguito vengono riportati i risultati di alcuni test eseguiti su questo prodotto.

### Ripristino delle infrastrutture con malte a elevata resistenza a fatica

La campagna sperimentale condotta presso l'Università "Federico II" di Napoli consiste nella determinazione del comportamento di elementi in calcestruzzo sottoposti a carichi ciclici di flessione dinamica e ripristinati con [MAPEGROUT EASY FLOW ZERO](#).

A tale scopo, sono state testate tre diverse serie di provini. La prima e la seconda serie, composte da elementi in calcestruzzo con resistenza caratteristica a compressione rispettivamente di 30 MPa e 60 MPa, la terza serie da elementi in calcestruzzo con resistenza caratteristica a compressione di 30 MPa e ripristinati con [MAPEGROUT EASY FLOW ZERO](#).

Il comportamento a fatica degli elementi è stato analizzato attraverso la costruzione del diagramma S-N all'interno del quale sono rappresentate, per ciascuna serie di provini, delle curve analitiche in scala logaritmica, dove S rappresenta il valore della sollecitazione agente ed N il numero di cicli di carico. A tal proposito, sono state eseguite delle prove di flessione su quattro punti sui travetti realizzati; i provini sono stati prima caricati staticamente fino alla rottura per determinare la resistenza a flessione ultima del materiale  $\sigma_u$ , e poi dinamicamente applicando step di carico (50.250 cicli ciascuno) con ampiezza crescente. Per la determinazione delle curve S-N e per la stima della resistenza a fatica di ciascun elemento testato, è stata utilizzata la regola di Palmgren-Miner.

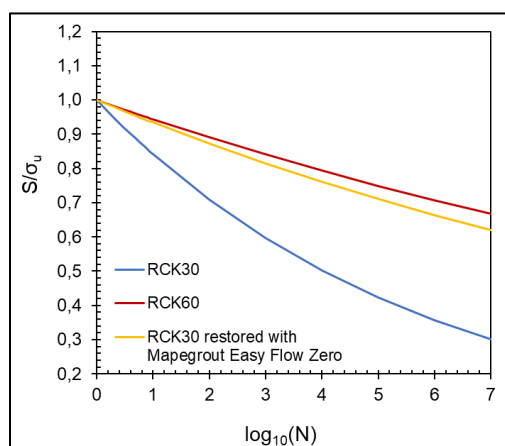


Figura 1. Provini ripristinati sottoposti a carichi dinamici. Figura 2. Rappresentazione grafica delle curve S-N delle 3 serie.

Come mostrato nella Figura 2, i provini di calcestruzzo con Rck 30 MPa e ripristinati con [MAPEGROUT EASY FLOW ZERO](#) mostrano un comportamento a fatica migliore rispetto a quello mostrato dall'elemento in calcestruzzo tal quale, con una resistenza caratteristica a compressione di 30 MPa. Inoltre, questo comportamento può essere assimilato a quello di un calcestruzzo con resistenza caratteristica a compressione di 60 MPa.

### Prove su travi in scala reale

Oltre a questa campagna sperimentale su piccola scala, sono state eseguite delle prove cicliche di flessione dinamica su travi in scala reale, ripristinate e non ripristinate. Queste prove sono state progettate attraverso una procedura sperimentale ad hoc basata su:

- corrosione accelerata;
- ripristino strutturale con [MAPEGROUT EASY FLOW ZERO](#);
- applicazione di carichi dinamici;

Il comportamento a fatica delle travi testate e il quadro fessurativo emerso a seguito delle prove sono stati messi in relazione con il livello di corrosione raggiunto e con l'efficacia dell'intervento di ripristino effettuato con [MAPEGROUT EASY FLOW ZERO](#).

Per questi test, sono state realizzate quattro travi in calcestruzzo armato. La prima trave è stata denominata B1\_R, dove "R" sta per "riferimento" perché è l'unica trave che è stata testata senza l'applicazione della malta da ripristino dopo la corrosione accelerata (3%). Le altre travi, denominate B2\_8%, B3\_6% e B4\_3%, sono state ripristinate all'intradosso con [MAPEGROUT EASY FLOW ZERO](#) e presentano diversi livelli di corrosione; il numero percentuale, precedentemente indicato, rappresenta il livello di corrosione che varia dal 3% all'8% espresso in termini di perdita di massa (teorica) di acciaio. Tutte le travi sono state progettate in accordo alle prescrizioni presenti nelle NTC2018. Una volta completato il processo di corrosione accelerata, il copriferro delle travi B2\_8%, B3\_6% and B4\_3% è stato rimosso meccanicamente prima dell'applicazione della malta da ripristino. Successivamente il copriferro è stato ricostruito mediante l'applicazione di uno spessore di 5 cm di [MAPEGROUT EASY FLOW ZERO](#).

Tutti le travi sono state sottoposte a delle prove di flessione dinamica su quattro punti, come rappresentato nella figura 3.

La sollecitazione di flessione è stata applicata utilizzando un telaio in acciaio dotato di un attuatore servoidraulico con capacità di carico di 200 kN.



Figure 3 - Set up di prova

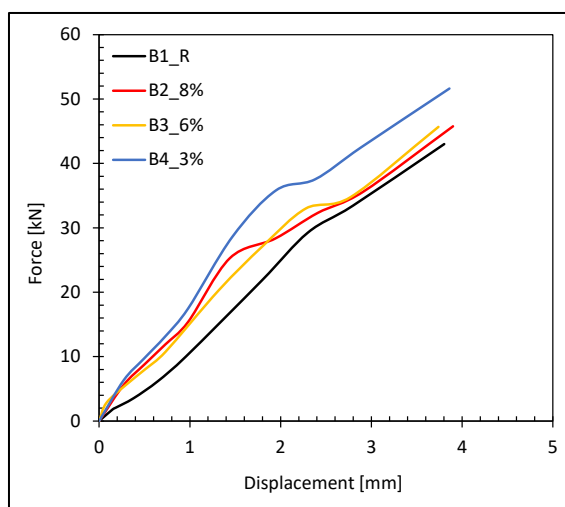


Figure 4 - Inviluppo delle curve di fatica delle 4 travi

Il grafico in Figura 4 mette in relazione la forza e lo spostamento registrati durante le prove ed è stato ottenuto sovrapponendo l'inviluppo delle curve di fatica per le quattro travi con tre diverse percentuali di corrosione. Importanti considerazioni sono state fatte analizzando le modalità di propagazione delle fessurazioni durante le prove.

- Per le travi con percentuali di corrosione simili, da basse a moderate, il ripristino del copriferro eseguito con [MAPEGROUT EASY FLOW ZERO](#) tende ad aumentare il carico di prima fessurazione della trave rispetto alla corrispettiva non ripristinata; l'applicazione della malta è in grado di stabilizzare l'apertura delle fessure e ne evita l'insorgenza in direzione longitudinale, come rilevato nella superficie inferiore della B1\_R;

- Nei casi di percentuali di corrosione più elevate, il ripristino del copriferro con [MAPEGROUT EASY FLOW ZERO](#) è in grado di indurre una configurazione di multi-fessurazione sotto carichi ciclici dinamici. Maggiore è il numero di fessure, minore sarà la loro apertura.

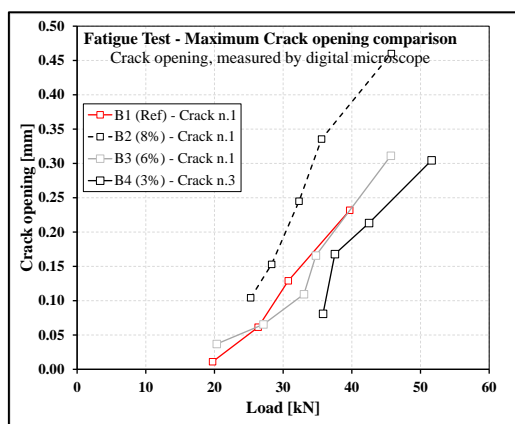


Figure 5 - Crack opening vs Load Comparison

La Figura 5 mostra l'andamento della propagazione della fessura di ampiezza massima in funzione del carico applicato. Confrontando la trave di riferimento B1\_R e la trave B4 ripristinata, aventi lo stesso livello di corrosione, l'apertura della fessura si verifica per valori di carico ben più elevati per la trave riparata. Analizzando anche il comportamento della trave B2 con un tasso di corrosione del 6%, doppio rispetto a quello della trave di riferimento, l'andamento dell'apertura della fessura è simile, pur avendo un livello di corrosione significativamente più elevato.

Le strutture e le infrastrutture in calcestruzzo degradate possono essere, quindi, ripristinate con un approccio altamente durevole e sostenibile, grazie all'applicazione di una malta da ripristino strutturale avente un'eccellente resistenza ai carichi dinamici e a CO<sub>2</sub> compensata per l'intero ciclo di vita.