

Master X-Seed STE 35: innovativo additivo incrementatore di resistenze meccaniche per la produzione sostenibile di solai alveolari.

Master Builders Solutions Italia Spa

Ida Ros, Admixtures Development Precast and MCP Manager

Gaetano Guarino, Customer Segment Manager Precast and MCP Europe

Ivana Torresan, Segment Manager Admixtures Italia

I solai alveolari estrusi costituiscono una tipologia particolare di impalcati di calcestruzzo con vuoti di alleggerimento e sono normalmente precompressi. La produzione avviene presso uno stabilimento dedicato, su piste della lunghezza di circa 120-150 metri e larghi 1,2 metri, sui quali vengono stesi, opportunamente distribuiti e tesi i cavi di precompressione. Il getto del calcestruzzo viene effettuato in continuo con l'utilizzo di apposite macchine, principalmente estrusori e vibrofinitrici e il successivo taglio trasversale dopo la maturazione. Le due tipologie di macchine differiscono per la modalità di funzionamento e quindi per le forze imposte al calcestruzzo. A causa dei diversi meccanismi di compattazione degli estrusori e delle vibrofinitrici, il mix design della miscela utilizzata per produrre i solai alveolari può variare in modo significativo e comunque il calcestruzzo deve essere di elevatissima qualità. Nel caso di produzione con estrusori, l'impasto contiene solitamente una quantità inferiore di cemento per m³ di calcestruzzo (compreso tra 300 e 360 kg/m³) ed un rapporto acqua/cemento più basso. Utilizzando invece le vibrofinitrici, l'impasto si basa comunemente su un dosaggio di cemento maggiore, in genere sui 380-450 kg/m³ e su un rapporto acqua/cemento più elevato. In entrambi i casi, la necessità di tagliare le lastre, solitamente dopo circa 16 ore, per soddisfare la produttività richiesta, costringe i produttori di solai alveolari ad utilizzare CEM I 52.5 R nelle loro ricette di calcestruzzo. Il CEM I è composto da un contenuto di clinker $\geq 95\%$. Poiché il clinker è il principale responsabile delle emissioni di CO₂ nel calcestruzzo, questo ha un impatto

negativo sulla sostenibilità. Nonostante il volume molto limitato per m³ di calcestruzzo, che solitamente si aggira intorno al 10-15%, il clinker rappresenta oltre il 90% delle emissioni di CO₂ associate agli impasti di calcestruzzo. Ridurre la percentuale di clinker nel calcestruzzo è fondamentale per rendere la produzione di solai alveolari più sostenibile e per raggiungere gli ambiziosi obiettivi di riduzione della CO₂ delineati nel Green Deal europeo per raggiungere la neutralità climatica entro il 2050. La possibilità di ridurre il dosaggio di CEM I e/o di sostituirlo con tipi di cemento a ridotto contenuto di clinker o con materiali cementizi supplementari (SCM) offre ottime possibilità di abbattere le emissioni di CO₂ associate alla produzione di solai alveolari. Questo però potrebbe portare a carenze prestazionali, in particolare lo sviluppo di basse resistenze sia alle brevi che alle lunghe stagionature. In qualità di fornitore leader di additivi per calcestruzzo con oltre 100 anni di esperienza nel settore, Master Builders Solutions mira a mitigare queste problematiche e aiutare a sfruttare appieno il potenziale di riduzione di CO₂ associato al calcestruzzo a ridotto contenuto di clinker. L'innovativo additivo incrementatore di resistenze meccaniche, Master X-Seed STE 35, consente l'ottimizzazione della miscela di calcestruzzo promuovendo un'edilizia più sostenibile. Master X-Seed STE 35 attiva l'idratazione del cemento e migliora la crescita dei cristalli di silicato idrato di calcio, accelerando l'idratazione sia alle brevissime stagionature (16-18 ore), che alle medie e lunghe (14-28 giorni), garantendo le caratteristiche di resistenza meccanica a compressione necessaria per ottimizzare il contenuto di clinker nella miscela.

Di seguito vengono descritti due casi in cui l'utilizzo di Master X-Seed STE 35 ha contribuito con successo alla riduzione del contenuto di clinker senza alcun impatto negativo sulle proprietà fresche e indurite degli impasti con cui sono stati confezionati i solai alveolari.

Caso 1 – Riduzione del cemento tipo CEM I 52,5 R

In questo esempio il produttore di solai alveolari utilizza un cemento di tipo CEM I 52,5 R. La macchina in uso è un estrusore che lavora con una miscela di calcestruzzo terra umida a 0 cm di slump (Figura 1). La quantità elevata di cemento nell'impasto di riferimento è dovuta al fatto che il test è stato effettuato durante il periodo invernale (temperatura esterna di 5°C) e nello stabilimento non era disponibile un sistema di riscaldamento. Inoltre, nella miscela non viene utilizzato alcun additivo superfluidificante. Nell'impasto a basso contenuto di clinker, 50 kg/m³ di cemento sono stati sostituiti in volume con una quantità equivalente di sabbia ed è stato aggiunto Master X-Seed STE 35 ad un dosaggio dell'1% in peso sul cemento per favorire un



rapido sviluppo delle resistenze a compressione. Il contenuto di acqua è stato inoltre regolato per mantenere fisso il rapporto acqua/cemento e per garantire la stessa capacità di estrusione (Tabella 1).



Figura 1 – Consistenza del calcestruzzo fresco.

Tabella 1 – Mix design ed emissioni di CO₂ per 1 m³ di calcestruzzo.

Materiale	u.m.	Mix di Riferimento	Mix a ridotto contenuto di clinker
Sabbia	kg/m ³	855	900
Aggregato	kg/m ³	1070	1070
CEM I 52,5 R	kg/m ³	400	350
Acqua	kg/m ³	160	150
A/C	kg/m ³	0,40	0,43
Master X-Seed STE 35	kg/m ³	-	3,5
GWP totale	kg CO ₂ eq/m ³	381	344

Il potenziale di riscaldamento globale totale (GWP tot) è stimato sulla base dei valori medi negli EPD (EDP = Environmental Product Declaration) raccolti nel database mondiale Ecoinvent 3.8, dove per questi calcoli si considerano l'impatto per l'approvvigionamento di materie prime (A1), il trasporto (A2) e la produzione (A3). La miscela a basso contenuto di clinker consente un risparmio di 37 kg CO₂ eq/m³, equivalente ad una riduzione del 10% delle emissioni di CO₂.

Nonostante nella miscela a ridotto contenuto di clinker ci fosse una minore quantità di pasta di cemento, l'elemento è stato estruso alla stessa velocità (circa 1,5 m/min) del riferimento e con una finitura equivalente. (Figura 2)



Figura 2 – Sulla sinistra, l'elemento prodotto con il mix di riferimento (400 kg/m³ di cemento); sulla destra l'elemento prodotto con mix a ridotto contenuto di clinker (350 kg/m³ di cemento) e Master X-Seed STE 35.

Grazie all'effetto di Master X-Seed STE 35, la riduzione del contenuto di cemento nell'impasto a ridotto contenuto di clinker non influisce sulla resistenza a compressione misurata su cubi di 15x15x15 cm secondo la EN 12390-3 (Figura 3). I valori della miscela a ridotto contenuto di clinker sono addirittura migliori di quelli della miscela di riferimento, sia alle brevi stagionature che a 28 giorni.

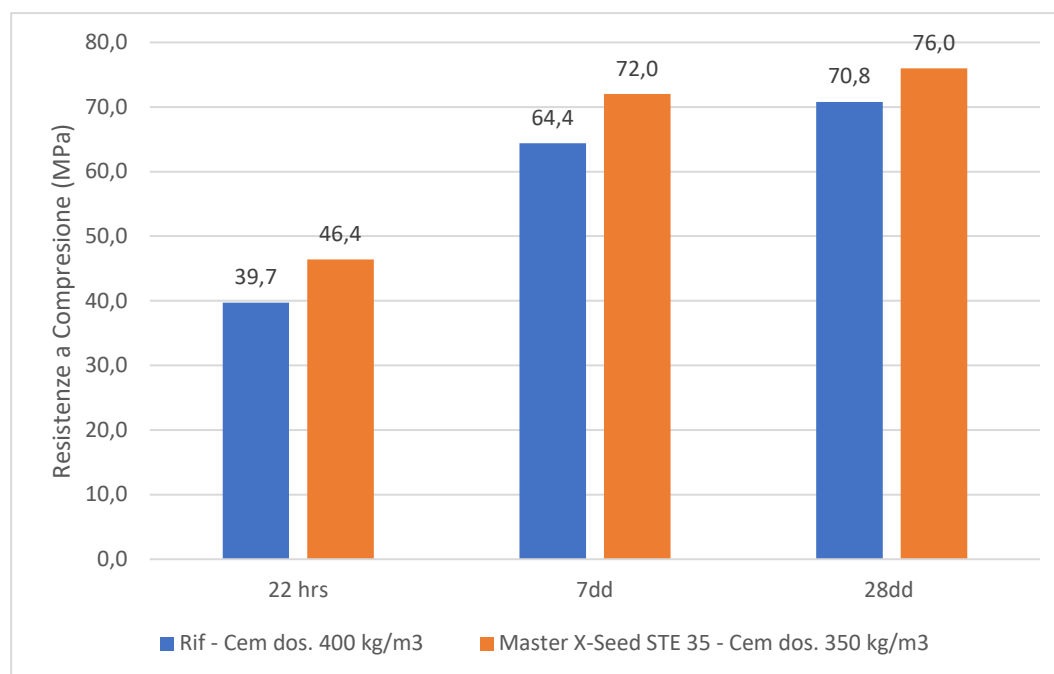


Figura 3 – Resistenze a compressione del mix di riferimento contenente 400 kg/m³ di cemento tipo I e del mix a ridotto contenuto di clinker con Master X-Seed STE 35 e 50 kg/m³ in meno di cemento.

Caso 2 – Sostituzione parziale di cemento CEM I 52,5 R con un cemento CEM IV/A (V) 42,5 R

Come mostrato nell'esempio precedente, la riduzione del contenuto di cemento può comportare un risparmio nelle emissioni di CO₂ nell'ordine del 10%, direttamente proporzionale alla quantità di cemento ridotto. Per ridurre ulteriormente l'impronta di CO₂ nella produzione di solai alveolari è possibile sostituire parzialmente CEM I 52,5 R con una tipologia di cemento a minor contenuto di clinker.

In questo secondo caso il CEM I 52,5 R è stato parzialmente sostituito con un CEM IV/A (V) già in uso presso il produttore, mantenendo la stessa quantità di cemento a m³ dell'impasto di riferimento. La macchina in oggetto è ancora un estrusore e la consistenza del calcestruzzo è terra umida a slump 0 cm.

In tabella 2 è riportato il mix design della miscela di riferimento e della miscela a ridotto contenuto di clinker: in quest'ultima il 55% di CEM I 52,5 R è stato sostituito con CEM IV/A (V) 42,5 R. Inoltre, il contenuto di acqua ed il dosaggio di superfluidificante sono stati corretti in modo da garantire una buona estrudibilità del calcestruzzo. Master X-Seed STE 35 è stato aggiunto all'1% sul peso totale del legante per promuovere lo sviluppo delle resistenze meccaniche. La riduzione di CO₂ rispetto al mix di riferimento

è di circa un 20%. In questo caso la valutazione del GWP è stata condotta considerando le EPD specifiche delle due tipologie di cemento in oggetto.

Tabella 2 – Mix design ed emissioni di CO₂ per 1 m³ di calcestruzzo.

Materiali	u.m.	Mix di Riferimento	Mix a ridotto contenuto di clinker
Sabbia	kg/m ³	800	815
Aggregato	kg/m ³	1150	1170
CEM I 52,5 R	kg/m ³	360	160
CEM IV/A (V) 42,5 R	kg/m ³		200
Acqua	kg/m ³	131	128
A/C	kg/m ³	0,36	0,35
MasterCast	kg/m ³	1,2	1,5
Master X-Seed STE 35	kg/m ³		3,6
GWP totale	kg CO ₂ eq/m ³	352	283

Come nell'esempio 1, l'elemento prodotto con impasto a ridotto contenuto di clinker è stato estruso alla stessa velocità (circa 1,3 m/min) del riferimento e con una finitura equivalente. Tuttavia, la sostituzione parziale del CEM I con il CEM IV/A (V) potrebbe rappresentare una grande sfida in termini di sviluppo della resistenza a compressione. Grazie all'utilizzo di Master X-Seed STE 35 nella miscela del calcestruzzo, la sostituzione parziale del CEM I con il CEM IV nell'impasto a ridotto contenuto di clinker non influisce sulla resistenza a compressione misurata su cubi 15x15x15 cm secondo la EN 12390-3 (Figura 4): i valori ottenuti con la miscela a ridotto contenuto di clinker sono simili a quelli della miscela di riferimento, sia alle brevi stagionature che a 28 giorni.

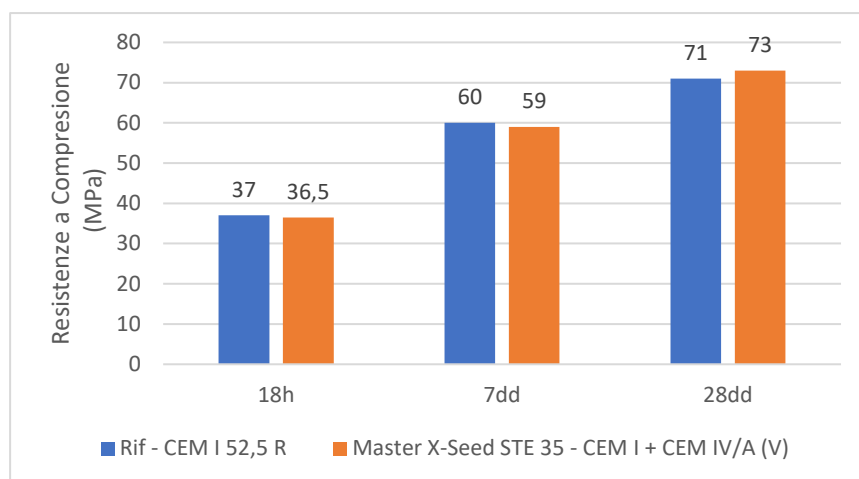


Figura 4 – Resistenza a compressione della miscela di riferimento, contenente 360 kg/m^3 di CEM I e della miscela a ridotto contenuto di clinker (miscela di CEM I e CEM IV) con l'uso di Master X-Seed STE 35.

Conclusioni

Master X-Seed STE 35 è un innovativo additivo incrementatore di resistenza meccanica messo a punto nei laboratori di ricerca e sviluppo di Master Builders Solutions.

Con il suo meccanismo d'azione unico, Master X-Seed STE 35 aiuta e supporta un'edilizia sostenibile attraverso l'ottimizzazione della miscela di calcestruzzo. La capacità di attivare lo sviluppo della resistenza a compressione dell'additivo Master X-Seed STE 35 consente la riduzione del contenuto totale di clinker della miscela di calcestruzzo mantenendo allo stesso tempo lo sviluppo di resistenza a compressione equivalente a quello del calcestruzzo di riferimento, con benefici associati nella riduzione delle emissioni di CO_2 . Per questo motivo, Master X-Seed STE 35 è fortemente consigliato per la produzione di elementi prefabbricati e manufatti in calcestruzzo (MCP) sostenibili, in particolare nella produzione di solai alveolari.

Per supportare ulteriormente i nostri clienti nell'affrontare le sfide legate all'aumento dei costi energetici ed alla necessità di ricette di calcestruzzo a basse emissioni di carbonio nel settore delle costruzioni, Master Builders Solutions ha sviluppato un nuovo software di analisi chiamato ECO²NOW (Figura 5). Con l'aiuto di questo software, possiamo confrontare e ottimizzare le ricette ed i mix design in termini di sostenibilità (emissioni di CO_2) e costi, offrendo una soluzione completa che offre confronti sia ecologici che economici delle ricette di calcestruzzo.

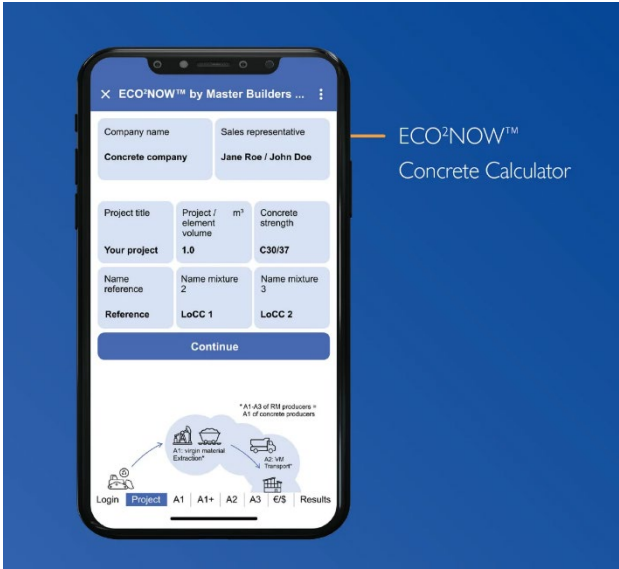


Figura 5 – L' app ECO²NOW.

