

MasterMatrix LF è la soluzione che migliora la stabilità ed omogeneità del calcestruzzo con carenza di fini o di pasta di cemento

Master Builders Solutions Italia Spa

Autori

Nicoletta Zeminian e Sandro Moro, Master Builders Solutions Spa

L'esaurimento delle risorse naturali è attualmente un tema che preoccupa a livello mondiale. Dal momento che la produzione di calcestruzzo continua ad aumentare per rispondere all'incremento della popolazione e alla crescente urbanizzazione, l'industria delle costruzioni è chiamata a garantire un utilizzo sempre più responsabile delle risorse naturali. La riduzione degli scarti e l'utilizzo di materie prime disponibili nelle vicinanze per ridurre al minimo le distanze di trasporto contribuiranno ad affrontare le sfide globali relative alla compatibilità ambientale e alla sostenibilità. MasterMatrix LF è un nuovo additivo modificatore di viscosità, sviluppato da Master Builders Solutions, nato per migliorare la stabilità ed omogeneità del calcestruzzo. MasterMatrix LF può compensare la mancanza di fini (particelle con un diametro < 250 µm) fino a 50 – 70 kg oppure, in alternativa, la carenza di 30 - 40 litri di pasta di cemento per metro cubo di calcestruzzo. La sigla "LF" sta per "low fines", cioè "povero di fini".

È universalmente riconosciuto il fatto che un "buon" calcestruzzo necessita di una certa percentuale di parti fini per ottenere la qualità auspicata, ossia una consistenza omogenea, grazie alla quale esso possa essere facilmente gettato, pompato e finito. Il calcestruzzo che non contiene abbastanza parti fini tende alla segregazione e a una cattiva pompabilità. Di conseguenza, in tale caso, la messa in opera del diventa più complessa e richiede più tempo e manodopera. Tradizionalmente, il tenore ideale di fini nel calcestruzzo è ottenuto grazie a una combinazione mirata di diverse componenti, tra cui cemento, sabbia, filler calcareo e materiali cementizi supplementari (SCM), come per es. cenere volante e loppa. Al giorno d'oggi, il calcestruzzo presenta spesso un contenuto di parti fini insufficiente, per diverse ragioni:

1. la disponibilità di cenere volante e loppa è in continua diminuzione.
2. Il contenuto di cemento è viene ridotto al minimo per abbassare le emissioni di CO2 correlate alla produzione di calcestruzzo.
3. La disponibilità di sabbia di qualità sta diminuendo, il che costringe i produttori di calcestruzzo a rifornirsi di sabbie di minor pregio, ma facilmente reperibili.

MasterMatrix LF assicura la stabilità ed omogeneità del calcestruzzo, risolvendo le seguenti situazioni:

- 1) la carenza di cenere volante costringe ad aumentare il contenuto di cemento delle miscele di calcestruzzo, il che comporta un aumento delle emissioni di CO₂ nonché dei costi correlati.
- 2) se la sabbia disponibile in loco è intrinsecamente povera di fini o ne è stata privata a seguito di un lavaggio pesante; in tal caso, il produttore di calcestruzzo può scegliere se introdurre una sabbia cosiddetta “correttiva”, di solito costosa e trasportata da distanze maggiori oppure, in alternativa, aumentare il contenuto di cemento. Entrambe le soluzioni incidono negativamente sugli obiettivi di sostenibilità ed aumentano i costi.
- 3) una carenza di aggiunte minerali fini (cenere volante oppure filler calcareo) nel calcestruzzo auto-compattante (SCC) che viene corretta dal sovradosaggio del cemento; in alternativa, il produttore di calcestruzzo sarebbe costretto ad investire in un silo aggiuntivo per il filler calcareo. MasterMatrix LF consente di evitare percentuali maggiori di cemento oppure l'investimento nel silo, il che rappresenta un chiaro vantaggio in termini di costi.
- 4) l'impiego di cementi poveri di clinker, spinto dagli obiettivi di sostenibilità. Per raggiungere le resistenze alla compressione predefinite, si riduce maggiormente il contenuto di acqua – una tendenza che si osserva sempre più spesso. In queste circostanze diminuisce il volume della pasta, considerato come quantità totale di acqua e parti fini, il che incide negativamente sulla lavorabilità della miscela di calcestruzzo. MasterMatrix LF è stato sviluppato per garantire la stabilità del calcestruzzo, povero di clinker, in presenza di un tenore ridotto di acqua.

MasterMatrix LF: esempi applicativi

MasterMatrix LF consente di regolare la viscosità e prevenire l'instabilità del calcestruzzo fresco in presenza di un contenuto limitato di parti fini. La modalità d'azione dell'additivo è stata testata sulla base di due esempi pratici: nel primo caso si è eliminato il filler calcareo, mentre nel secondo la sabbia naturale utilizzandone solo una frantumata.

Esempio 1

In questo esempio 30 kg/m³ di filler calcareo sono stati compensati da un pari volume di sabbia. Il calcestruzzo di riferimento conteneva 270 kg/m³ di cemento, 30 kg/m³ di filler calcareo e sabbia con il 16% di passante inferiore a 250 µm; il contenuto totale di parti fini era quindi pari a 448 kg/m³. A confronto, grazie all'utilizzo di MasterMatrix LF, il calcestruzzo “low fines”, cioè a basso tenore di fini” presenta una quantità totale di parti fini di appena 423 kg/m³, il che rappresenta una loro riduzione complessivamente di 25 kg/m³. La Tabella 1 riporta la composizione del calcestruzzo e i risultati delle prove sul fresco.

Nella miscela con ridotta percentuale di parti fini, l'introduzione di MasterMatrix LF garantisce la stabilità desiderata con un leggero aumento della viscosità plastica. Questo parametro reologico è stato misurato con un reometro EBtV della società Schleibinger Geräte, con il quale sono state realizzate letture dello sforzo di taglio (torque) al variare della velocità di rotazione (shear rate). L'elaborazione ed interpolazione dei dati sono state eseguite con il modello di Bingham secondo Reiner-Riwlin, e i risultati sono rappresentati nella Figura 1 e Tabella 2.

Le due miscele di calcestruzzo non mostrano alcuna differenza evidente e presentano una consistenza simile, come si può vedere nelle Figure 2.



Tabella 1: composizione del calcestruzzo e risultati di prova.

	Calcestruzzo di riferimento (kg/m ³)	Calcestruzzo "low fines" (kg/m ³)
CEM II/B-M 42,5 R	270	270
Sabbia	925	955
Aggregato (da frantumazione) D _{max} 20 mm	1045	1045
Filler calcareo	30	-
Acqua	155	155
Superfluidificante	1,7	1,5
MasterMatrix LF	-	1,0
Densità (kg/m ³)	2457	2447
Fluidità iniziale (slump, mm)	200	200
Contenuto iniziale di aria (%)	2,3	3,3
Fluidità dopo 30 min. (slump, mm)	120	130
Contenuto di aria dopo 30 min. (%)	2,7	3,8

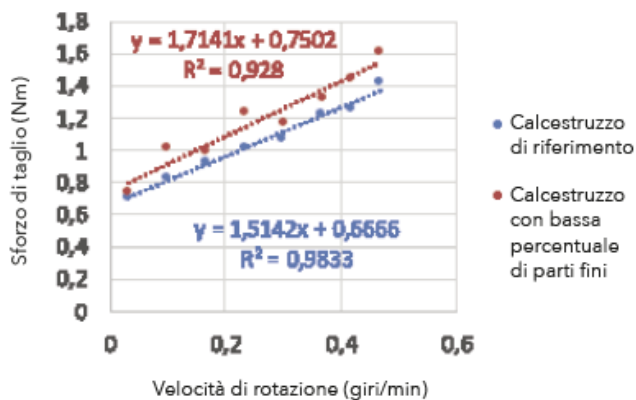


Fig. 1: Determinazione dei parametri reologici.

Tabella 2: risultati di prova integrativi relativi alla Fig. 1.

	Calcestruzzo di riferimento	Calcestruzzo con bassa percentuale di parti fini
Soglia di scorrimento (yield value) (Pa)	157	204
Viscosità plastica (Pa*s)	55	64



Fig. 2: a) calcestruzzo di riferimento, b) calcestruzzo con bassa percentuale di parti fini

Tabella 3: risultati delle prove di resistenza alla compressione.

	Resistenza alla compressione, 24h (MPa)	Resistenza alla compressione, 7d (MPa)	Resistenza alla compressione, 28d (MPa)
Calcestruzzo di riferimento	16,6	31,9	37,3
Calcestruzzo con bassa percentuale di parti fini (low fines)	15,2	28,7	37,5

I due calcestruzzi sono stati confrontati anche sulle resistenze a compressione. Dopo aver testato la lavorabilità, per ogni miscela di calcestruzzo si è provveduto a confezionare sei cubi da 150x150x150 mm³. Due cubi sono stati testati subito dopo il disarmo a 24 ore, mentre gli altri quattro sono stati stoccati a 20°C e RH > 95%, per poi misurarne le resistenze dopo 7 e 28 giorni. La Tabella 3 mostra che la resistenza a compressione delle due miscele di calcestruzzo è molto simile, come previsto, dal momento che le due miscele contengono gli stessi dosaggi di cemento ed acqua. Si può concluderne che MasterMatrix LF non incide sulle proprietà meccaniche del calcestruzzo.

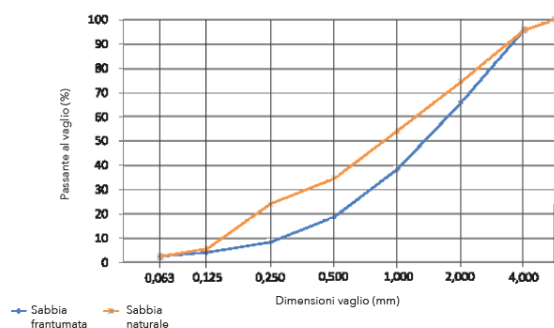


Fig. 3: distribuzione granulometrica delle due sabbie

Esempio 2

Il secondo esempio riflette la situazione in cui il produttore di calcestruzzo – per via della scarsità di sabbia naturale – aumenta la percentuale di aggregato fine frantumato (sabbia frantumata), il che comporta una riduzione della stabilità del calcestruzzo. La differenza nella distribuzione granulometrica tra le due sabbie è rappresentata nella Fig. 3, dove – nel caso della sabbia da frantumazione – sul vaglio da 250 μm rimane trattenuta una percentuale maggiore. Il modulo di finezza della sabbia naturale era pari a 3,11, quello della sabbia da frantumazione a 3,69.

Tabella 4: composizioni del calcestruzzo di riferimento, del calcestruzzo con bassa percentuale di parti fini senza MasterMatrix LF e del calcestruzzo con bassa percentuale di parti fini con MasterMatrix LF.

kg/m ³	Calcestruzzo di riferimento	Calcestruzzo con bassa percentuale di parti fini (lo fines)	Calcestruzzo con bassa percentuale di parti fini (low fines) + MasterMatrix LF
CEM II/A-M (V-LL) 42,5 R	320	320	320
Sabbia naturale	384	–	–
Sabbia frantumata	384	757	757
Aggregato frantumato 10	374	376	376
Aggregato frantumato 20	749	751	751
Acqua	186	186	186
Superfluidificante	4,0	6,0	6,0
MasterMatrix LF	–	–	1,0
Fini < 0,125 mm	444	382	382
Contenuto di aria (%)	3,6	3,2	4,2



Fig. 4: calcestruzzo di riferimento.



Fig. 5: calcestruzzo con bassa percentuale di parti fini senza MasterMatrix LF



Fig. 6: calcestruzzo con bassa percentuale di parti fini con MasterMatrix LF.

Per evidenziare la prestazione di MasterMatrix LF come additivo miglioratore di reologia, la sabbia naturale presente nella composizione della miscela di calcestruzzo è stata completamente sostituita dalla sabbia da frantumazione. Le composizioni del 1) calcestruzzo di riferimento, 2) calcestruzzo con bassa percentuale di parti fini senza MasterMatrix LF, nonché 3) calcestruzzo con bassa percentuale di parti fini con MasterMatrix LF sono riassunte nella Tabella 4.

Le miscele di calcestruzzo appena confezionate sono state caratterizzate mediante la misura della consistenza iniziale secondo EN 12350-5 (spandimento) e il contenuto di aria. Inoltre sono state scattate alcune foto per documentare l'eventuale segregazione oppure instabilità. Infine si è provveduto a confezionare 6 cubi $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}^3$ per testare la resistenza a compressione dopo 1, 7 e 28 giorni.

Le miscele di calcestruzzo presentavano una consistenza quasi equivalente (spandimento $\approx 600 \text{ mm}$), ma il calcestruzzo con bassa percentuale di parti fini senza MasterMatrix LF presentava – sul bordo – fenomeni di essudazione, un sintomo di instabilità. Per contro, dopo l'introduzione di MasterMatrix LF, non si è più osservata alcuna segregazione della pasta di cemento e l'aspetto del calcestruzzo era complessivamente paragonabile a quello del calcestruzzo di riferimento.

Il contenuto di aria misurato nel calcestruzzo con bassa percentuale di parti fini con MasterMatrix LF era leggermente superiore che nel calcestruzzo di riferimento. Tuttavia, l'aria in eccesso è risultata rimossa dalla matrice del calcestruzzo durante il processo di compattazione, come è dimostrato dai valori misurati per la resistenza alla compressione pressoché inalterati (Fig. 7).

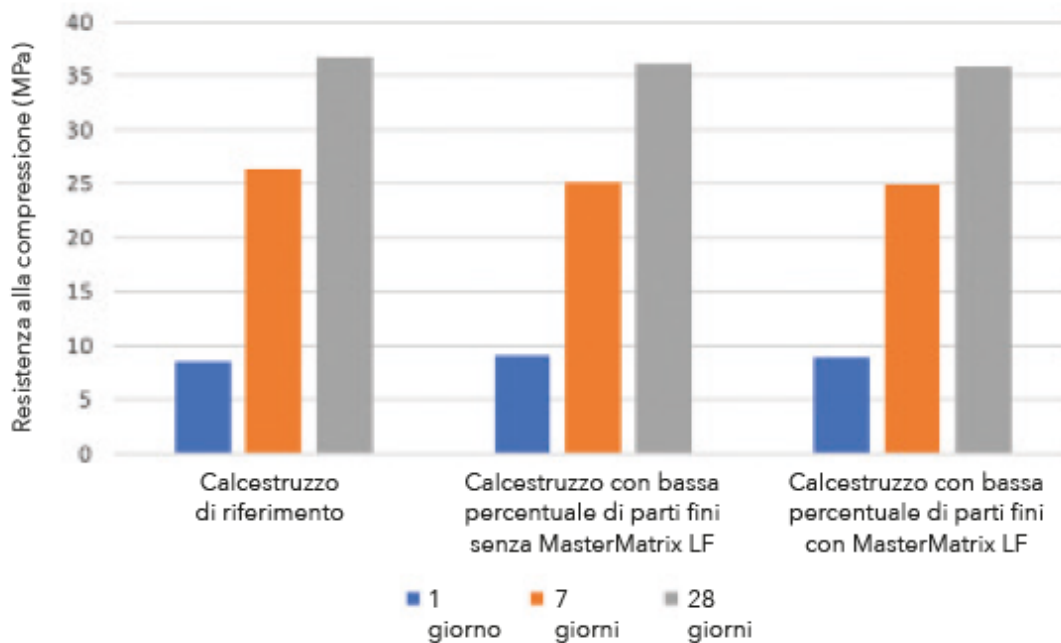


Fig. 7: evoluzione della resistenza alla compressione dei calcestruzzi.

Meccanismo di azione di MasterMatrix LF

La prestazione di MasterMatrix LF è garantita dalla combinazione sinergica di due meccanismi d'azione, come spiegato nelle sezioni seguenti.



Ottimizzazione reologica

L'ottimizzazione reologica avviene tramite polimeri sviluppati ad hoc, i quali garantiscono la stabilità ed omogeneità del calcestruzzo fresco aumentando solo leggermente la viscosità plastica. Molti agenti modificatori di viscosità tradizionali, come per es. gli eteri di cellulosa, garantiscono un'omogeneità migliorata, ma hanno lo svantaggio di un netto aumento della viscosità del calcestruzzo. MasterMatrix LF presenta un comportamento reologico cosiddetto "shear thinning", tale per cui il calcestruzzo è molto stabile da fermo ma allo stesso tempo scorre agevolmente non appena viene messo in movimento, come durante il getto e la messa in opera. Rispetto agli agenti modificatori di viscosità tradizionali, i polimeri di MasterMatrix LF formano un reticolo che collega e tiene unite omogeneamente tutte le particelle fini del calcestruzzo (Fig. 8). Questa capacità è subordinata all'intensità dello sforzo esercitata sul calcestruzzo. Quando questa è ridotta, la segregazione delle particelle viene evitata aumentando la viscosità plastica del reticolo. Se invece aumenta, questo reticolo in parte si allenta, il che comporta la riduzione della viscosità del calcestruzzo fresco. Nella pratica, questo effetto conferisce al calcestruzzo il comportamento reologico desiderato durante l'intero processo di produzione, dal getto e pompaggio alle operazioni di finitura.

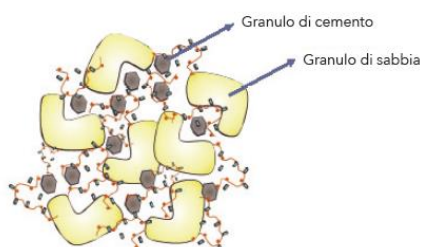


Fig. 8: meccanismo parte 1 -
formazione del reticolo

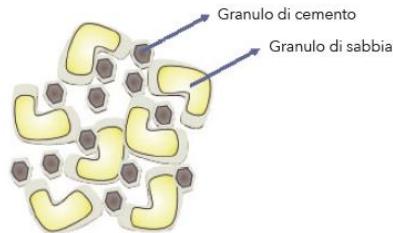


Fig. 9: meccanismo parte 2 –
effetto tribologico.

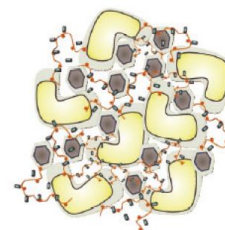


Fig. 10: Combinazione
dei due meccanismi.

Effetto tribologico o di riduzione dell' attrito / dissipazione dell'energia

Questo effetto lubrificante funziona analogamente a quanto avviene nei cuscinetti meccanici; MasterMatrix LF avvolge le particelle solide presenti nella miscela del calcestruzzo, riducendo l'attrito tra le particelle e la dissipazione di energia (Fig. 9).

La combinazione di entrambi i contributi assicura la totale stabilità del calcestruzzo (Fig.10)

Conclusione

MasterMatrix LF è una soluzione innovativa di Master Builders Solutions per migliorare l'omogeneità e la stabilità del calcestruzzo fresco e garantire così una pompabilità e capacità di messa in opera eccellenti, anche quando la miscela presenta una carenza di fini. I vantaggi in caso di utilizzo di MasterMatrix LF sono molteplici e comprendono la riduzione delle emissioni di CO₂, l'utilizzo più responsabile delle risorse naturali, una minore complessità nella produzione di calcestruzzo e, aspetto non trascurabile, costi ridotti.

