

Utilizzo di carbonato di calcio selezionato per ottimizzare formulazioni precast a minore impatto ambientale.

Matteo Felitti, ENGINEERING & CONCRETE CONSULTING – Università degli Studi di Napoli – Federico II

Pascal Gonnon, OMYA INTERNATIONAL

Roberto Berardi, OMYA INTERNATIONAL

Introduzione

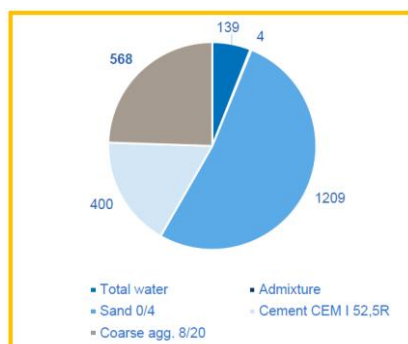
Il carbonato di calcio finemente macinato è stato utilizzato per decenni nell'edilizia per migliorare il rapporto prestazioni-costi di prodotti a base cemento come malte, premiscelati o calcestruzzo. Tuttavia, il contributo che questo prodotto può dare in questi sistemi per ottimizzare densità di impaccamento delle particelle, lavorabilità e sviluppo iniziale delle resistenze, andando a lavorare sulla formulazione dei mix nel suo complesso, talvolta non viene completamente apprezzato.

Obiettivo di questo articolo è quello di descrivere un metodo pratico, denominato LGformulation e sviluppato da P. Gonnon del gruppo Omya, in cui la valutazione di laboratorio del mix viene effettuato a livello di malta equivalente rimuovendo la frazione grossolana degli aggregati, per poi andare a riprodurre il vero mix in calcestruzzo con tutti i suoi componenti ottimizzati rispetto al mix iniziale, e quindi a minor impronta di carbonio, in un esempio per applicazione precast.

Il calcestruzzo studiato è stato formulato dal Tecnologo M. Felitti con elevata esperienza e diversi parametri sono stati valutati sul campo, tra cui la lavorabilità e le prestazioni meccaniche alle brevi e alle lunghe stagionature. Sulla base di questa referenza, è stato utilizzato il metodo LGformulation, per selezionare tipologia, quantità e finezza del carbonato prodotto da Omya per migliorare le prestazioni reologiche, meccaniche e ambientali del calcestruzzo rispetto alla formulazione iniziale. I materiali per la frazione di malta del calcestruzzo (0/5mm) sono stati selezionati e inviati dal produttore di calcestruzzo al laboratorio Mortar & Concrete di Omya situato a Egerkingen (CH).

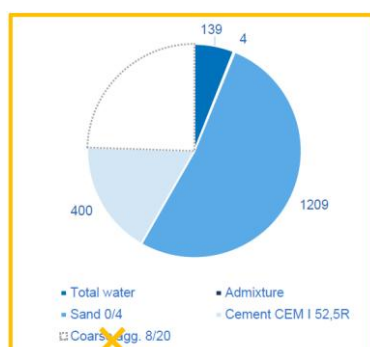
Presentazione del metodo LGformulation – prove di laboratorio

Prima di tutto si è fatta una valutazione della ricetta iniziale, denominata ricetta base, con il metodo LGformulation di Omya. La ricetta è costituita da un mix C45/55 - S5 - XS3 - Dmax20 (UNI EN 206: 2021), con i seguenti componenti:



Fonte: Laboratori Omya in Egerkingen, Svizzera

A cui è stata tolta la frazione grossolana



Fonte: Laboratori Omya in Egerkingen, Svizzera

Per poi andare a valutare:

- Sensibilità all'acqua della malta equivalente senza additivo per raggiungere omogeneità
- Influenza di additivo e acqua sulla fluidità della malta equivalente
- Quantità ottimale di carbonato di calcio fine per migliorare il flow (tre tipologie di carbonato Omya sono state considerate: Betocarb HP, Betocarb F e Betoflow D)
- Valutazione delle prestazioni con contenuto ottimale di fini
- Prestazioni migliorate con ridotta acqua di miscelazione

Betocarb® HP è un carbonato di calcio prodotto da materia selezionata e caratterizzato da elevata finezza. È dedicato all'impiego in calcestruzzi SCC, può essere usato come agente stabilizzante per prevenire bleeding e segregazione dell'impasto. Contribuisce inoltre a ottimizzare il contenuto di parti fini, nei sistemi a base cementizia autocompattanti e a migliorare l'aspetto estetico, può sostituire parzialmente le aggiunte di materiali pozzolanici (SCMs) e i modificatori di viscosità.

Betocarb F, è un carbonato di calcio di elevata purezza e di elevata finezza, è appositamente progettato per migliorare la densità di impaccamento fine e la resistenza iniziale dei sistemi a base

cemento. Betocarb F contribuisce positivamente a migliorare l'estetica e la produttività. Anche Betocarb F può sostituire parzialmente gli SCM e i modificatori di viscosità.

Betoflow D è un carbonato di calcio realizzato con materie prime selezionate, altamente pure e consistenti. La finezza è rigorosamente controllata. Aumenta il contenuto fine di una miscela senza ulteriore richiesta di acqua. Betoflow D migliora la fluidità e la lavorabilità attraverso effetti di scorrimento interparticellare. È inoltre caratterizzato da una buona dispersione nella miscela.

Le pietre calcaree estratte oggi sono classificate in base alla loro mineralogia, durezza e purezza chimica. Questa tipologia di materiale è utilizzata in sistemi cementi nell'ambito della norma EN 12620, sotto la categoria dei filler, ma in alcuni Paesi come la Francia, esistono già norme specifiche in merito, e specificatamente, la norma francese NF P 18-508 che definisce una categoria Premium A per il carbonato di calcio macinato con una specifica ristretta di 3g/kg per il contenuto di argilla, superiore purezza e un'area superficiale minima.

Prodotto	Pietra Calcareia	Carbonato di Calcio Macinato
Norma	EN 197-1	NF P 18-508, categoria A
Contenuto di Calcio in Percentuale, %	> 75	> 95
CaCO ₃ + MgCO ₃ , %	-	> 95
Valore di blu di metilene, g/kg	<12	<3
Area superficiale Blaine, m ² /kg	-	>300

Principali specifiche a confronto in EN 197-1 e NF P 18-508

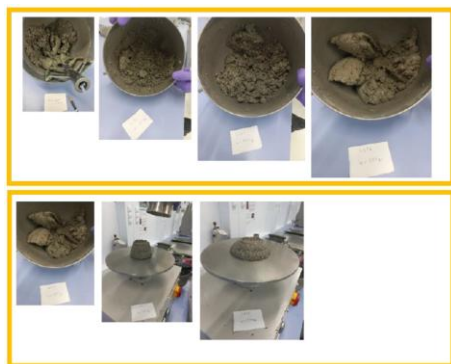
Simile classificazione, sarà disponibile a breve per tutti i Paesi Europei grazie alla nuova norma PREN 18136 "Ground limestone for concrete - Definition, specifications and conformity criteria", applicabile a calcare macinato da utilizzare come addizione al calcestruzzo, malte e boiacche. Il nuovo documento definisce i requisiti per le proprietà chimiche e fisiche, come anche i controlli per il calcare macinato per uso come addizione per la produzione di calcestruzzo conforme alla EN 206, appunto.

Le relative caratteristiche fisico-chimiche di Betocarb HP, Betocarb F e Betoflow D sono riportate nella tabella qui sotto.

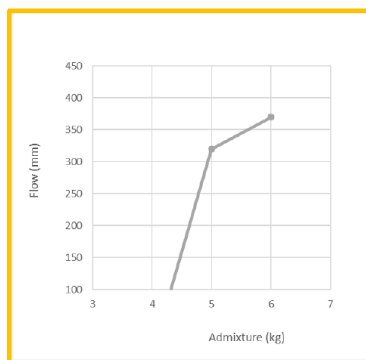
Prodotto	Betocarb HP	Betocarb F	Betoflow D
Passante a 63 µm, %	99	100	100
Area superficiale Blaine, m ² /kg	904	1050	1100
Carbonato di calcio, %	97,8	97,8	98,4
Valore di blu di metilene, g/kg	1	1	0,3

Principali caratteristiche del carbonato di calcio utilizzato in questo lavoro

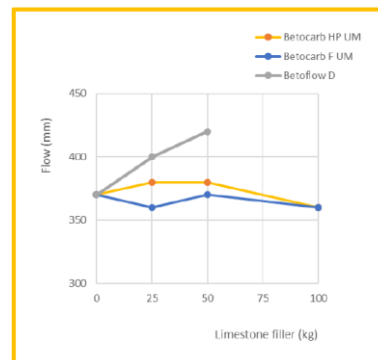
Infine, sulla base dei risultati, si sono identificati i migliori candidati di carbonato per andare a ottimizzare acqua, cemento e additivo.



Sensibilità all'acqua



Influenza di additivo e acqua



Quantità ottimale di Carbonato

Nel caso specifico, si è visto che l'aggiunta ottimale di carbonato è di 50 kg/mc e tra le tre tipologie, Betoflow D ottiene i valori più alti di flow, seguito da Betocarb HP.

Il passo successivo è stato quello di ottimizzare acqua e cemento, a parità di contenuto di carbonato, per ottenere un flow ottimale (i.e. il superfluidificante è stato modulato per raggiungere un flow della malta di 360-390 mm) e calcolare le resistenze a 1 e 28 giorni.

Il lavoro è proseguito utilizzando Betocarb HP e Betoflow D

Vol. 838L	CONTROL (kg)		TESTING (kg)			
	Cement 400	Sand 1209	Water 221	Cement 400	Cement 380	Cement 360
				Sand 1159	Sand 1220	Sand 1265
				Betocarb HP 50	Betocarb HP 50	Betocarb HP 50
				Water 221	Water 209	Water 198

Formulazioni e risultati con Betocarb HP

		Control	E1	E2	E3
Cement	kg	400	400	380	360
Betocarb HP	kg	0	50	50	50
Total water	L	221	221	209	198
Sand	kg	1209	1159	1220	1265
Admixture	kg	6	6	7	10
Flow mini cone	mm	370	380	370	390
Flow Vfunnel	sec	13	12	18	18
Rc 1d	MPa	42	46	46	45
Rc 28d	MPa	56	59	60	64
w/c		0,55	0,55	0,55	0,55

Vol. 838L	CONTROL (kg)		TESTING (kg)			
	Cement 400	Sand 1209	Water 221	Cement 380	Cement 340	Cement 320
				Sand 1209	Sand 1265	Sand 1275
				Betoflow D 50	Betoflow D 50	Betoflow D 50
				Water 211	Water 199	Water 199

Formulazioni e risultati con Betoflow D

		Control	E4	E5	E6
Cement	kg	400	380	340	320
Betoflow D	kg	0	50	50	50
Total water	L	221	211	199	199
Sand	kg	1209	1209	1265	1275
Admixture	kg	6	6	8	8
Flow mini cone	mm	370	380	395	410
Flow Vfunnel	sec	13	13	14	16
Rc 1d	MPa	42	45	44	39
Rc 28d	MPa	56	60	58	54
w/c		0,55	0,56	0,59	0,62

Dal laboratorio si è poi passati ai mix in calcestruzzo.

Dal laboratorio al caso pratico - prove in calcestruzzo

Le nuove ricette selezionate sono state ottimizzate sulla base dei test di laboratorio E3 ed E5. Passando al mix in calcestruzzo C45/55 - S5 - XS3 - Dmax20 (UNI EN 206: 2021), sono stati introdotti gli aggregati e si è riusciti ad ottimizzare ulteriormente il contenuto di additivo superfluidificante e di acqua, con una riduzione di cemento rispettivamente di 60 e 40 Kg/mc.

Componente	U.M.	Ricetta Base	Betoflow D	Betocarb HP
Sabbia Bianca 0/4	Kg	1210	1240	1200
Graniglia Bianca 8/14	Kg	180	180	180
Breccia Bianca 10/20	Kg	390	390	390
Cem I 52.5 R	Kg	400	340	360
Betoflow D	Kg		50	
Betocarb HP	Kg			50
Acqua	l	150	140	150
Superfluidificante	l	4.8	3.7	4.3
Rapporto a/c teorico		0.38	0.41	0.42
Massa Volumica	[kg/m ³]	2328	2400	2350

Formulazioni in calcestruzzo C45/55 - S5 - XS3 - Dmax20 (UNI EN 206: 2021)

Partendo da una miscela in uso presso lo stabilimento di prefabbricazione, si è provveduto ad aggiungere i filler, riducendo il dosaggio di cemento e ottimizzando superfluidificante e quantità di acqua ove possibile.

Ricetta Base: test su calcestruzzo fresco



Nota: Dallo slump test si nota una buona reologia in assenza di segregazione.

Betocarb HP: test su calcestruzzo fresco



Nota: Dallo slump test si nota una buona reologia in assenza di segregazione.

Betoflow D: test su calcestruzzo fresco

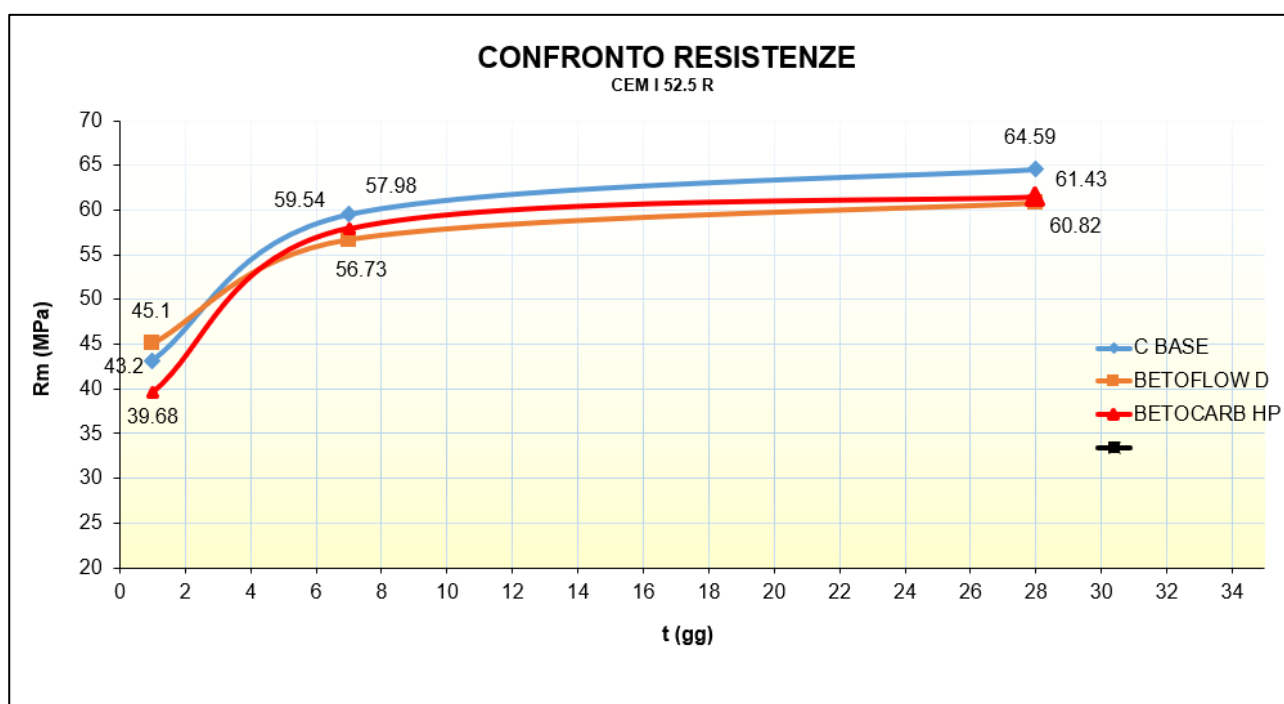


Nota: Dallo slump test si nota una buona reologia in assenza di segregazione.

Risultati delle prove in calcestruzzo

	Slump	Resistenze [MPa]		
	cm	24hr	7d	28d
Ricetta Base	26	43.20	59.54	64.59
Betocarb HP	26.5	39.68	57.98	61.43
Betoflow D	26	45.10	56.73	60.82

Curve delle resistenze nel tempo



Dalle curve si evince che, alle brevi stagionature, la miscela con BETOFLOW D ottiene il miglior risultato in termini di resistenza a compressione e che a 28 giorni, sia la miscela con BETOFLOW D che la miscela con BETOCARB HP, raggiungono ottime prestazioni meccaniche considerando che hanno, rispettivamente, 60 e 40 kg/mc di cemento in meno rispetto alla miscela di base.

Contributo alla riduzione delle emissioni di CO₂

Il calcolo del Carbon Footprint è stato effettuato su base relativa, ovvero considerando soltanto la quota parte dovuta al cemento e ai carbonati, poiché le variazioni dei contributi degli altri componenti si possono considerare pressoché minime. I valori relativi ai carbonati sono stati calcolati dall'Industry Minerals Association (IMA) – se non diversamente specificato – e sono accompagnati dai rispettivi certificati IMA.

Prodotto	Kg CO ₂ eq/DMT	Kg CO ₂ eq/DMT
Betocarb HP	54.2*	66.4**
Betoflow D	54.2*	173.9**
CEM I 52.5 R	864***	--****

Per i prodotti nella tabella qui sopra riportata, sono state evidenziate le quantità di CO₂ (stimata in kg eq per tonnellata secca di prodotto), ottenuti nel modo seguente:

*Rappresenta l'impronta di carbonio del prodotto "cradle-to-omya's gate" (trasporto al cliente escluso)

**Rappresenta l'impronta di carbonio del trasporto dallo stabilimento di produzione di Omya al cliente

***Rappresenta l'impronta di carbonio dichiarato nel documento EPD del produttore

****Il contributo del trasporto viene considerato nullo per la distanza minima dell'impianto

Grazie all'utilizzo di questi carbonati di calcio selezionati, è possibile ridurre l'impatto relativo dell'impronta di carbonio rispettivamente del 7% in un caso e del 13% nell'altro:

	CO ₂ eq
	Kg
Ricetta Base	345.6 (100%)
Betocarb HP	322.4 (-7%)
Betoflow D	299.8 (-13%)

Conclusioni

Questo lavoro conferma che è possibile utilizzare il metodo malta equivalente per indirizzare su formulazioni ottimizzate con carbonati selezionati fini, risparmiando tempo e risorse, raggiungendo i target desiderati sia in termini di prestazioni che di riduzione di impatto ambientale.

Questi principi possono essere molto utili nella formulazione di calcestruzzo o malta in futuro sia per applicazioni speciali che tradizionali, anche alla luce della nuova normativa prevista. Anche il comportamento reologico risulta importante, e l'approccio e la metodologia LGformulation di Omya può giocare un ruolo cruciale nel supportare formulatori e tecnologi ad una comprensione sempre maggiore dei carbonati fini selezionati in applicazioni sia speciali che tradizionali.

L'alto contenuto dei fini nelle sabbie, ha consentito di utilizzare il minimo indispensabile di carbonati di calcio selezionati per ottimizzare la formulazione, ottenendo risultati interessanti sia in termini reologici che meccanici.

In caso di scarsa qualità delle sabbie, il contenuto di questi materiali può essere aumentato fino a 250-300 kg/m³, mantenendo prestazioni di lavorabilità, fluidità e resistenze meccaniche e con la possibilità di ridurre ulteriormente l'impronta di carbonio.

Nel caso di Betocarb HP, è stato possibile ottimizzare sia contenuto di cemento, che di superfluidificante, mentre nel caso di Betoflow D, è stato possibile ridurre al minimo anche il quantitativo di acqua e ottimizzare ulteriormente l'additivo superfluidificante. In entrambi i casi la riduzione del contenuto di cemento non ha impattato sulle performance, mantenendo i target prestazionali.

Ci auspichiamo che questa panoramica sulle migliori pratiche di utilizzo del carbonato fine e in particolare in applicazione precast, possa stimolare l'interesse per il materiale e le idee per l'uso sempre più importante di questa tipologia di materiale.

Bibliografia essenziale

- [1] Method of the concrete equivalent mortar (CEM) -A new tool to design concrete containing admixture, 2000
- [2] Omya International, LGsystem–LG16 –LG10 brochure.
- [3] EFNARC SCC Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete, February 2002.
- [4] Influence des fillers calcaires sur la maniabilité des bétons, BERTRANDY, R. 1975, IFSTTAR.
- [5] NF P18-508, Additions pour béton hydraulique - Additions calcaires - Spécifications et critères de conformité. 2012.
- [6] Towards net zero carbon for concrete and mortar: Clinker substitution with ground calcium carbonate, P. Gonnon, D. Lootens, Cement and Concrete Composites 142 (2023).
- [7] Limestone filler for concrete, French research and practice, BERTRANDY, R - POITEVIN, 1993, Transport Research Laboratory.
- [8] Towards tailored cement-based materials with ground calcium carbonates, Denarie, International Conference on “Cement – Based Materials Tailored for a Sustainable Future” 7-8 May 2020 – Istanbul.
- [9] Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO2 cement-based materials industry, Copyright © United Nations Environment Programme, Paris 2017 (Revised Edition).
- [10] Industrial minerals laboratory manual: limestone, D. J. Harrison, Br. Geol. Surv. Tech. Rep. WG/92/29.
- [11] Ottimizzazione del contenuto di materiali fini nella malta e nel calcestruzzo al fine di ridurre le emissioni di CO2, N. Zeminian e S. Moro, Master Builders Solutions Spa, P. Gonnon e R. Berardi, Omya, Italia
- [12] Industrial minerals laboratory manual: limestone, D. J. Harrison, Br. Geol. Surv. Tech. Rep. WG/92/29.
- [13] Durable eco-concrete in Austria: Materials and mix design methods, J. Juhart, G.A. David , C. Nickel, G. Fischer, F. Mittermayr, P. Maydl – Institute of Technology and Testing of Building Materials, Graz University of Technology, Austria.
- [14] Recherche collective Bétons avec additions. Béton B25, type Bâtiment. Rapport final, CEBTP, 1998. RMGC98-002.
- [15] Use selected GCC in digital formulation, P. Gonnon, T. Lys, Omya International AG, Oftringen (CH).