



01 – oggetto della relazione

Confezionamento di conglomerati cementizi resistenti all'abrasione ed alla cavitazione per la costruzione di un rivestimento antiusura a salvaguardia dell'estradosso di copertura (solaio) della vasca di dissipazione idraulica di un impianto idroelettrico (diga), in ambiente montano, con severe alternanze gelo-disgelo.



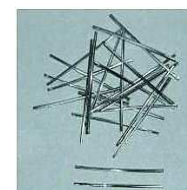
02 – elementi informativi noti

- Calcestruzzo massivo per diga : diametro massimo dell'aggregato compreso fra mm 63 e 80.
- Aggregato di tipo alluvionale di parziale frantumazione, con coefficiente di forma e granulometria adeguati alle dimensioni di getto.
- Spessore indicativo dello strato resistente da realizzare = cm 50.
- Dosaggio indicativo di cemento, espresso in kg di cemento per metro cubo = 160;
- Classe di resistenza caratteristica di progetto (Rck) = C 16/20 (N/mm²)
- Addizione richiesta e prevista = fibre d'acciaio.

03 – risposta preliminare al quesito

Ricorso ad un conglomerato composito, fibrorinforzato, (SFRC: Steel Fiber Reinforced Concrete) mediante addizione, al calcestruzzo correttamente confezionato, di fibre d'acciaio (*) al carbonio del tipo **READY – MESH M1** di lunghezza pari a mm 60, da dosare in ragione di 40/60 kg per metro cubo di conglomerato.

L'addizione considerata consente di conseguire la riduzione delle deformazioni da ritiro, l'incremento di resistenza a trazione, la duttilizzazione del materiale calcestruzzo, l'incremento della tenacità, l'incremento della durezza e della resistenza superficiale.



(*) = Prodotto di acciaio caratterizzato geometricamente da una dimensione prevalente rispetto alle altre, avente superficie liscia o lavorata e forma rettilinea o sagomata, impiegato come rinforzo nel conglomerato cementizio, in grado di essere disperso omogeneamente nell'impasto, mantenendo inalterate le caratteristiche geometriche. (UNI 11037:2003)

04 – risposta esaustiva al quesito

L'addizione di fibre d'acciaio, in funzione del miglioramento di matrice, in termini di resistenza e tenacità di matrice che ne consegue, costituisce un indubbio miglioramento delle prestazioni dei conglomerati cementizi, per quanto attiene la resistenza all'usura, al logoramento ed alla cavitazione. Come è possibile evincere dalla copiosa letteratura in argomento, i limiti dei sistemi cementizi in ordine alle sollecitazioni considerate, specie nelle previste condizioni di servizio, in presenza costante d'acqua, sono però insiti nelle caratteristiche del legante e dei prodotti di idratazione dello stesso, sino a richiedere contributi specifici in grado di operare sulla chimico-fisica della matrice cementizia.

La schematizzazione riportata a lato è piuttosto eloquente. Il termine CSH gel* rappresenta infatti le profonde modificazioni introdotte nella chimico fisica della matrice cementizia, dall'addizione dei filler reattivi del tipo **MICROPLUS**.

CH + S = CSH (gel*)
la formula per migliorare il calcestruzzo

Modificazioni schematizzate nelle figure 2: "reaction", 3: "Microplus GEL", 4: "Proprietà", proposte nella pagina che segue.

Sull'impiego di questi agenti, del tutto particolari, definiti normativamente con il termine "aggiunte" (*), nel confezionamento di calcestruzzi resistenti all'abrasione ed alla cavitazione, è disponibile una copiosa letteratura con positivi esempi che annoverano ormai periodi di servizio del tutto significativi, come gli interventi antiabrasivi operati sulla diga di KINZUA, progettati dal "U.S. Corps of Engineers", risalenti al 1983, tuttora efficacemente operanti.



figura 1: Kinzua dam rehabilitation

(*) "aggiunta": secondo UNI EN 206-1 punto 3.1.23: Materiale finemente suddiviso usato nel calcestruzzo allo scopo di migliorare certe proprietà o di ottenere proprietà speciali. La presente norma considera due tipi di aggiunte inorganiche, le aggiunte praticamente inerti (tipo I) e le aggiunte pozzolaniche o ad attività idraulica latente (tipo II), corrispondenti queste ultime al prodotto considerato (MICROSIL).

Una trattazione sufficientemente esauriente dell'apporto che i filler reattivi superpozzolanici, come tali e/o in coazione con le fibre polipropileniche ad armatura tridimensionale, o con fibre d'acciaio, strutturali, offrono alla tecnologia dei conglomerati cementizi richiederebbe uno spazio considerevole; ci si limita pertanto a definirli in termini essenziali accennando alle reazioni e modificazioni fondamentali comportate.

Una definizione concisa è data dal termine superpozzolane superfini ed i prefissi, apparentemente enfaticanti, posti a precedere la dimensione ed il termine pozzolanico trovano completa giustificazione nelle seguenti considerazioni :

- elevata purezza in termini di SiO_2 : oltre il 92%;
- elevatissima finezza : dimensione media 0,1 micron;
- elevatissima superficie specifica : $20 \text{ m}^2/\text{grammo}$;
- elevata idrofilia specifica;
- elevata capacità di riduzione dell'idrossido di calcio;
- forma sferica.

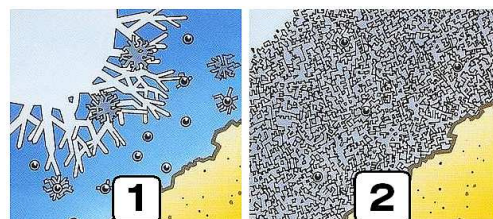


Figura 2: Reaction

1= inizio della trasformazione. 2 = la struttura densa ed impermeabile di gel (C-S-H) determinata dalla reazione superpozzolanica

Caratteristica peculiare delle pozzolane in genere, è la capacità di consumare, fissandolo in nuovi composti stabili, l'idrossido di calcio, attraverso la reazione che le caratterizza.

Caratteristica peculiare dei reattivi in esame è la reazione superpozzolanica : la capacità, significativamente incrementata in termini qualitativi e quantitativi di trasformare l'idrossido di calcio in composti, i silicati di calcio idrati, stabili, insolubili, resistenti sia meccanicamente che al logoramento. I filler reattivi del tipo MICROPLUS svolgono inoltre un'azione peculiare dei filler reattivi : saturano le porosità della pasta cementizia e del conglomerato, forniscono strutture dense, stabili, impermeabili, chimicamente e meccanicamente resistenti.

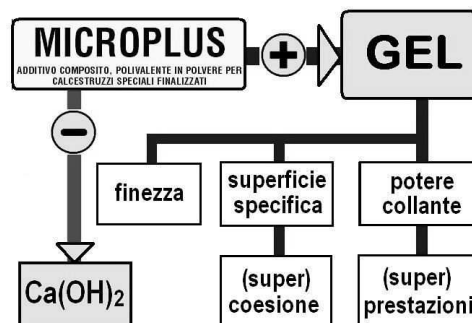
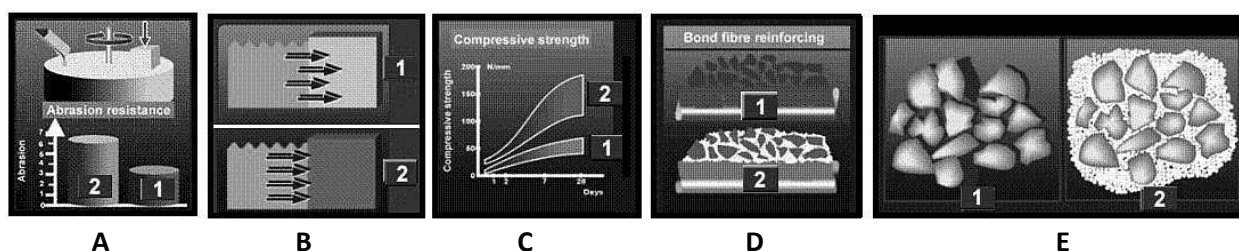


Figura 3: Microplus Gel

Una semplice indicazione dei termini quantitativi e qualitativi delle azioni sommariamente descritte è fornita dalla considerazione inerente "l'effetto binder" figura E di pagina 3 : *in un calcestruzzo addizionato in ragione del 10% in peso, rispetto al peso del cemento, con i filler reattivi di cui trattasi, ogni granulo di cemento è "circondato e coadiuvato" da circa 100.000 particelle superpozzolaniche.*

I miglioramenti conseguibili con l'aggiunta di **MICROPLUS**, in termini di resistenza all'abrasione e di incremento dell'impermeabilità intrinseca sono schematizzati nei grafici di seguito riportati :



Il calcestruzzo di riferimento è contraddistinto dal numero 1, quello addizionato con MICROPLUS, dal numero 2. Le lettere sintetizzano le caratteristiche del conglomerato. A = comportamento all'abrasione/cavitazione; B = impermeabilità; C = resistenze meccaniche; D = legame di matrice con aggregati e fibre; E effetto binder.

05 – considerazioni e proposte in dettaglio

Oltre all'aggiunta di fibre d'acciaio è consigliabile considerare le ulteriori addizioni richiamate nella seguente tabella riassuntiva che riporta anche il dosaggio :

READY-MESH M1	50 - 60 kg/m³	MICROPLUS	25 - 40 kg/m³
FLUID S	2,2 - 3 kg/m³		

06 – collaborazione tecnica

Siamo a completa disposizione per l'elaborazione di analisi e studi particolari, ove richiesti.

TECNO-BI S.r.l.

**TECNO B. srl - Via Cadorna, 6 - 21046 Malnate (VA) - Phone +39 0332.429830
Fax 0332.429716 - E-mail: info@ltecnob-srl.it - www.tecnob-srl.it**