Roberto Rosignoli[1]

DURABILITÀ DELLA CICLOVIA SUL TRATTO BARDOLINO-GARDA

FLOORTECH PRERIT, UNA DELLE MIGLIORI SCELTE NEL PANORAMA DELLA VIABILITÀ IN TERMINI DI RESISTENZA, DURABILITÀ, PERCORRIBILITÀ E ADATTABILITÀ AD OGNI FORMA E COLLOCAZIONE DEL TERRITORIO

La pavimentazione in "ghiaietto lavato", anche conosciuta come "calcestruzzo architettonico", è una pavimentazione di spessore solitamente compreso fra i 5 e i 10 cm, in cui - attraverso un esclusivo mix design e uno specifico trattamento superficiale "disattivante" - vengono messi in risalto gli aggregati presenti nella massa del conglomerato cementizio.
In questo modo vengono coniugate le già indiscutibili proprietà del calcestruzzo (resistenze meccaniche, facile lavorabilità, agevole disponibilità di materie prime in sito, ecc.) con una resa estetica di pregevole qualità.
Per ottenere risultati ottimali dal punto di vista fisico-meccanico e della durabilità è importante calibrare preventivamente il mix design del calcestruzzo, integrando, con un compound in polvere e con fibre antiritiro, la tradizionale mescola costituita da legante cementizio più aggregati. Per ottenere risultati ottimali dal punto di vista estetico è invece determinante la scelta e il proporzionamento di due fusi granulometrici di aggregato, combinandoli con la corretta quantità di legante e di compound in polvere. Così facendo è possibile ottenere una distribuzione granulometrica "discontinua", che valorizza le caratteristiche del fuso granulometrico del ghiaietto, con il risultato di metterne in risalto le peculiarità petrografiche, morfologiche e dimensionali, che, se ben equilibrate, consentono perfette integrazioni con l'ambiente circostante, sia dal punto di vista ambientale che architettonico.
Da queste premesse viene da sé che la prequalifica del mix design è un'operazione che, anche se non particolarmente complessa, risulta decisiva per il buon esito della piastra carrabile.
Proprio grazie a quest'insieme di caratteristiche materiche, estetiche, fisico-meccaniche, il ghiaietto lavato viene spesso considerato per tratti stradali, viali ciclopedonali e parcheggi urbani ed extraurbani ubicati in contesti storici, paesaggistici e ambientali di pregio.
Il presente caso di studio analizza nel dettaglio mix design, prestazioni fisico-meccaniche e fasi realizzative di un tratto di circa 4 km del percorso ciclopedonale Bardolino-Garda (VR),





1A e 1B. *Il perfetto stato di conservazione del percorso ciclopedonale risalente a Marzo 2019*

realizzato con la tecnologia Floortech Prerit e posto in opera con vibrofinitrice. Viene in special modo data evidenza delle condizioni ottimali del percorso a cinque anni dalla realizzazione dell'opera, a testimonianza della durabilità offerta dalla tecnologia in oggetto.

IL PERCORSO CICLOPEDONALE BARDOLINO-GARDA

La ciclovia Bardolino-Garda si inserisce in un contesto ambientale di grande pregio paesaggistico e storico, collegando località dotate di straordinaria vocazione turistica.
Operando in questo ambiente, il Progettista dell'opera ha immediatamente posto l'attenzione su due aspetti che dovevano indirizzare la scelta tecnologica: la durabilità della ciclovia e l'inserimento armonico della stessa nel paesaggio circostante.
Il ghiaietto lavato poteva soddisfare contemporaneamente entrambi i requisiti, a differenza di altre scelte che con maggiore difficoltà riescono a coniugare sia le performance estetiche che quelle prestazionali (ad esempio matrici polimerico-resinose oppure matrici asfaltiche). In tale caso di studio, è stato scelto un aggregato locale di origine alluvionale, fortemente eterogeneo sia dal punto di vista composizionale che morfologico.
Il mix design progettato ha dato visibilità e risalto all'aggregato, mentre il colore della matrice legante è stato leggermente scaldato con una leggera aggiunta di ossido minerale ocra per meglio inserire il conglomerato nei colori caratteristici del paesaggio circostante.



4. *Un particolare del ghiaietto lavato che evidenzia il perfetto grado di coesione fra matrice e granuli (anno 2019)*

L'ubicazione della ciclovia, prossima alle acque del lago, espone il conglomerato a un degrado da gelo-disgelo potenzialmente pericoloso (ambienti d'esposizione XF3 - XF4). Per questo motivo, il mix design è stato testato - oltre che con le consuete caratterizzazioni fisico-meccaniche - anche con cicli di gelo-disgelo svolte nei laboratori di ricerca Azichem, che hanno fornito risultati molto interessanti, confermati - nella realtà dei fatti - a seguito dei riscontri dopo cinque anni di esposizione.

MIX DESIGN	COMPONENTE	KG/M³	NOTE
	Aggregato locale alluvionale "ghiaino 5-15 mm"	1.655	Aggregato di origine alluvionale, petrograficamente eterogeneo, con presenza di elementi provenienti da rocce sedimentarie (calcari, calcari dolomitici, dolomie), rocce ignee (porfidi quarziferi, graniti) e rocce metamorfiche (gneiss, filladi quarzifere). Anche dal punto di vista morfologico il ghiaietto presenta una discreta eterogeneità passando da forme subangolose ad arrotondate con leggera prevalenza di forme tondeggianti
	Aggregato locale alluvionale "sabbia fine 0-3 mm"	145	
	Cemento IIA/-LL 32,5 R	380	
	Composto aggiuntivo tipo Prerit Compound	25	Vedi descrizione riportata nell'articolo
	Fibre antiritiro tipo Readymesh PM 180	1	Vedi descrizione riportata nell'articolo
	Ossido minerale ocra	15	

2. *Il mix design*

Rapporto acqua-cemento	0,45	La stesura del ghiaietto lavato è stata realizzata tramite macchina vibrofinitrice per calcestruzzo della società Daelcom Srl. La compattezza del conglomerato in fase di stesura (consistenza S3), unitamente all'utilizzo delle sponde laterali mobili della vibrofinitrice, hanno permesso di sostenere l'impasto per quel tempo necessario e sufficiente a rendere il conglomerato volumetricamente stabile, compatto e lisciato superficialmente con tavola di magnesio. L'utilizzo della vibrofinitrice per calcestruzzo ha così permesso un rapido avanzamento dei getti e una preziosa velocizzazione delle operazioni di posa e finitura
Massa volumica a fresco	2.390 g/l	
Consistenza al cono di Abrams	S3	
Porosità a fresco (contenuto in aria%)	4,50%	
Spessore della piastra ciclopedonale in ghiaietto lavato	10 cm	
Sottofondo di posa: conglomerato cementizio spessore	10-15 cm	

3. *I parametri sull'impasto fresco*

PRERIT COMPOUND

Il Prerit Compound è un'aggiunta in polvere ricchissima di microsilicati ad attività pozzolanica e speciali additivi reologici. I microsilicati sono costituiti sia da metacaolino che da fumo di silice (silica fume).
La silica fume è un sottoprodotto derivante dal processo di lavorazione del silicio e di leghe metalliche a base di silicio. Si configura come una polvere formata da particelle di forma sferica, raggruppate a formare degli aggregati. La singola particella ha una grandezza compresa fra 0,05 e 1,0 µm, con un diametro medio di 0,1-0,2 µm, quindi molto più piccola rispetto alle particelle che compongono il range granulometrico dei cementi. Queste dimensioni permettono un'ideale compensazione della curva granulometrica dei leganti, con le particelle di fumo di silice che vanno ad occupare e riempire in modo ottimale i vuoti lasciati a disposizione dai granuli di cemento.
Chimicamente il fumo di silice è in prevalenza costituito da silice (SiO_2), con percentuali variabili da circa l'85% fino al 98%. Dal punto di vista mineralogico, il fumo di silice è un materiale completamente amorfo.
Proprio grazie alla sua composizione chimica e mineralogica, il fumo di silice è un materiale ad altissima attività pozzolanica, capace di reagire con la calce o con la calce di idrolisi del cemento Portland per produrre CSH (silicati di calcio idrati) ovverosia i principali componenti responsabili della resistenza meccanica della pasta cementizia e della riduzione della porosità del calcestruzzo.
I vantaggi nell'utilizzo della silica fume nei conglomerati cementizi sono da tempo noti e sono stati oggetto di innumerevoli indagini scientifiche.

READYMESH PM 180

Le fibre, aggiunte in forma dispersa in un conglomerato cementizio, modificano le proprietà del materiale composito fibrorinforzato, partendo dalle prime fasi di lavorazione dell'impasto e fino ad indurimento completamente avvenuto, agendo perciò:

- durante lo stato "fresco";
- durante la maturazione;
- durante il suo intero ciclo di vita.

In particolare, le fibre contrastano l'apertura delle fessure, sia quelle da ritiro plastico che quelle da ritiro igrometrico, e migliorano il comportamento a trazione e l'energia di frattura del conglomerato.
Per esplicare queste importanti caratteristiche, risulta determinante la forza di legame che si riesce a sviluppare fra matrice legante e fibre. Nei mix design di ghiaietto lavato realizzati con tecnologia Floortech Prerit, la forza di legame fra matrice e fibre è straordinariamente rafforzata dall'azione del compound di additivi e microsilicati Prerit Compound.



5. *Le fasi realizzative (anno 2014): il passaggio della vibrofinitrice e la lisciatura con tavola di magnesio*



6. La fase di idrolavaggio a pressione

Tra le 6 e le 12 ore il sottile strato di boiacca cementizia disattivata, veniva asportato tramite idrogetto operante a circa 150 bar, mettendo alla luce il ghiaietto di dimensioni 5-15 mm. Subito dopo, le superfici ancora umide venivano trattate con il consolidante/protettivo a base di silicati di litio QL Nano Lithium, che si combina con l'umidità e la calce d'idrolisi formando complesse mineralizzazioni silicatiche dotate di grande stabilità fisico-chimica, in grado di rafforzare le superfici con azione ad elevata durabilità. Sempre entro le 24 ore dalla stesura del conglomerato, veniva eseguito il taglio dei giunti di contrazione, con passo di circa 5 m, successivamente riempiti con sigillante poliuretanico Protech Flex. ■

(1) Direzione Tecnica, Ricerca e Sviluppo Azichem Srl



7. La fase di idrolavaggio a pressione con messa a nudo della parte superiore dei granuli

Il disattivante di presa Prerit Solution è stato irrorato sulle superfici con nebulizzatore, poco dopo il passaggio con la vibrofinitrice. La leggera colorazione azzurrognola di Prerit Solution permette l'immediato riconoscimento delle superfici trattate.

DATI TECNICI

Stazione Appaltante: Comune di Bardolino (VR)
Contraente Generale: Tecnoverde Srl
Progetto preliminare, definitivo ed esecutivo: Arch. Massei Maurizio
Collaudo: Geom. Casali Anselmo
RUP: Geom. Casali Anselmo
Direzione dei Lavori: Geom. Casali Anselmo
Responsabile Sicurezza: Geom. Casali Anselmo
Direzione di Cantiere: Dott. Valeriano Erbisti
Esecutori dei Lavori: Tecnoverde Srl
Subappaltatori: Daelcom Srl
Fornitura Calcestruzzo: Calcestruzzi Danese SpA
Tecnologia "ghiaietto lavato": Azichem Srl
Importo dei lavori: 222.893,20 Euro
Durata dei lavori: 60 giorni
Data di consegna: 10 Febbraio 2014
Data di ultimazione: 31 Marzo 2014

	Maturazione di un giorno protetta con Prerit Solution	Maturazione di 90 giorni umida per 72 ore + ambiente esterno per 87 giorni	Maturazione di 90 giorni umida per 72 ore + ambiente esterno per 27 giorni + cicli di gelo-disgelo (–18 °C per 14 ore, +20 ° per 10 ore) per 60 giorni
MASSA VOLUMICA KG/M³	2,9	2.375	2.370
COMPRESSIONE MPA	15,5	41	40
FLESSOTRAZIONE MPA	2	5,2	4,9
MODULO ELASTICO GPA		31	33
ASSORBIMENTO CAPILLARE		0,70 kg/m2•h^0,5	0,76 kg/m2•h^0,5

8. I parametri fisico-meccanici a uno, 90 giorni e 90 giorni con cicli di gelo-disgelo