

Progetto "FAIR-FACED"



Via Alberto da Giussano, 3C/1

20092 Cinisello Balsamo (MI)

tel. +39.02.6428117 -

fax +39.02.66112057

www.innoventions.eu

**PROTEZIONE E DECORAZIONE
SUPPORTI LAPIDEI
E CALCESTRUZZI
"FAIR.FACED" O
FACCIA A VISTA**

INDICE

■ Introduzione

- *Stato dell'arte*
- *I principi guida nello sviluppo della soluzione*

■ Il ciclo protettivo per calcestruzzi faccia a vista

■ Dati di capitolato

- *DOP secondo UNI EN 1504-2*

■ Schede tecniche

■ Schede Sicurezza

■ Reference list

■ Riferimenti prezzario

TECNICHE DI RIPRISTINO DI CALCESTRUZZI FACCIA A VISTA

Il ripristino e la protezione di supporti cementizi, siano essi gettati in opera o prefabbricati in stabilimento, è già descritta abbondantemente in letteratura. Queste brevi note riassumono le esperienze condotte nello sviluppare una nuova generazione di sistemi di recupero e rivestimenti protettivi caratterizzati da altissima durata.

Stato dell'arte

Introduzione

I calcestruzzi faccia a vista di interesse architettonico, così come i cementi decorativi ampiamente utilizzati, anche con finitura a finta pietra, alla fine del XIX secolo e nell'eclettismo e art nouveau dell'inizio del XX secolo, sono interessati da una serie di degradi che risultano specificatamente legati all'interazione tra la chimica del calcestruzzo ed i ferri che in esso sono immersi come armatura.

I processi che maggiormente possono indurre deturpazioni della superficie e dell'estetica di un manufatto in "cemento armato" sono :

- Carbonatazione → ossidazione dei ferri → spalling del cls
- Penetrazione di cloruri → corrosione dei ferri → pitting e spalling

Inoltre anche attacchi di tipo chimico alla massa legante possono indurre potenti effetti di disgregazione come ad esempio

- Attacco solfatico → formazione di solfo-alluminati idrati di vario tipo → disgregazione e decoesione della massa legante

Carbonatazione

La carbonatazione dei calcestruzzi armati è una delle maggiori fonti di degrado a carico degli stessi, in virtù del cambiamento del pH delle soluzioni presenti all'interno della massa cementizia e delle conseguenze che esso ha sul degrado delle barre di armatura.

Infatti le barre di armatura si trovano in condizioni di passivazione a causa del pH proprio delle soluzioni imprigionate all'interno della massa del calcestruzzo che, in condizioni non carbonatate, si attestano intorno a valori prossimi a pH 11-12.

La permeazione della CO₂ ed il processo di carbonatazione all'interno della massa del cls, avviene secondo i seguenti steps

1. Diffusione della CO₂ in fase gassosa attorno al manufatto
2. Diffusione della CO₂ in fase gassosa attraverso la porosità aperta del solido
3. Solvatazione della CO₂ e formazione di CO₂ miscelata nella acqua presente nel solido
4. Idratazione della CO₂ in fase acquosa a H₂CO₃ in acqua
5. Ionizzazione di H₂CO₃ a H⁺, HCO₃⁻, a CO₃²⁻
6. Dissoluzione delle fasi cementizie Ca²⁺
7. Nucleazione dei cristalli di CaCO₃

8. Precipitazione della calcite in fase solida nella porosità del cls

Il principale target della attacco operato dalla CO_2 è l'idrossido di Calcio Ca(OH)_2 , la cui presenza nel calcestruzzo indurito determina un pH di 12,4 valore corrispondente ad una soluzione satura di idrossido di calcio. La consumazione di tutto il Ca(OH)_2 porta il pH ad abbassarsi rispetto a tale valore.

I fattori che influenzano il processo di carbonatazione di un calcestruzzo indurito riguardano la reattività della CO_2 e la sua diffusività e nel dettaglio possono essere così elencati:

- Composizione
- Contenuto in acqua
- Temperatura
- Permeabilità del solido
- Pressione parziale di CO_2

Di particolare importanza è il contenuto d'acqua. Se il contenuto d'acqua del cls è al di sotto di un dato valore alcune delle reazioni sopra descritte vengono inibite impedendo così il processo di carbonatazione. D'altro canto essendo la diffusività della CO_2 in acqua 10.000 volte inferiore rispetto a quella in aria, anche un eccesso di acqua determina una inibizione della reazione di carbonatazione per rallentamento della diffusione della CO_2 nella massa porosa. Si deve notare che non si può stabilire un contenuto di soglia in quanto esso dipende dalle caratteristiche di porosità e composizione del calcestruzzo. In genere però si può dire che una RH di 50-60% permette una carbonatazione efficace.

I rivestimenti protettivi

Semplificando, i protettivi per calcestruzzi, sono classificabili in tre macrogruppi anche come riportato nella norma UNI EN 1504-2 e nella figura sottostante:

1. rivestimenti idrofobizzanti
2. protettivi permeabili al vapor d'acqua, non permeabili all'acqua liquida, privi di caratteristiche anticarbonatazione;
3. protettivi anticarbonatazione, impermeabili all'acqua liquida ma poco permeabili al vapor d'acqua.



I protettivi idrofobizzanti e traspiranti, impediscono il ristagno d'acqua nel calcestruzzo che è intrinsecamente idrofilo. Il rivestimento non oppone resistenza al passaggio del vapore d'acqua consentendo l'allontanamento dell'acqua assorbita. In tale classe rientrano i rivestimenti decorativi per interni o facciate.

Nel caso di cementi armati, l'obiettivo prioritario è quello di impedire la carbonatazione che determina un abbassamento dell'alcalinità, vero agente protettivo dei ferri d'armatura. La barriera generata da questo tipo di rivestimenti, nell'impedire ingresso e diffusione della CO₂, impedisce di fatto anche l'ingresso dell'acqua liquida. Tuttavia in presenza di discontinuità si possono avere ingressi d'acqua che in funzione dell'origine hanno diverso comportamento. I danni causati dalle infiltrazioni di acqua sono così classificabili:

- acque meteoriche, prive di ioni, portano ad estrazione di ioni e sali dalla matrice cementizia con effetti non sempre prevedibili;
- acque di falda o da deflusso superficiale, ricche di ioni, talvolta molto aggressivi quali i cloruri o solfati, attaccano la pasta cementizia accelerando il degrado.

L'effetto membrana dei protettivi per calcestruzzo attualmente in uso che hanno come obiettivo prioritario la barriera alla CO₂, di fatto impedisce la fuoriuscita dell'acqua liquida rallentando fortemente anche l'eliminazione del vapore.

I principi guida nello sviluppo della soluzione

La rimozione delle parti ammalorate

In un qualsiasi progetti di recupero, constato il degrado nelle sue varie forme, quanto danneggiato va rimosso. La decisione non è per nulla scontata nel caso di restauri con fortissima valenza architettonica e storica. La rimozione può essere condotta dopo che si è dimostrato alla DL oltre che a tutti gli stakeholder che si è in grado di ricostruire i volumi rimossi con adeguate malte di mimesi che non lascino traccia evidente dell'intervento.

La protezione dei ferri

La tecnica di protezione dei ferri d'armatura più comune ed economica è quella di mantenere l'ambiente circostante al metallo in condizione di elevata alcalinità con pH > 11-12. A complemento di ciò sono state sviluppate altre tecniche in grado di conferire protezione galvanica. In appendice è descritta un nuovo prodotto denominato Zinga costituito da una pasta avente un contenuto di zinco metallico > 95% che a parità di spessore ha le stesse prestazioni di una zincatura a caldo.

Il ripristino dei volumi

Il ripristino dei volumi può avvenire con malte tradizionali che soddisfano i requisiti della UNI EN ISO 1504-3 oppure, nel caso di calcestruzzi faccia a vista di specifiche malte di mimesi appositamente formulate per le varie necessità e cantieri

Il rivestimento protettivo

Il rivestimento protettivo si comporta come una membrana iperselettiva in grado cioè di impedire il passaggio di un gas quale l'anidride carbonica, essere invece molto permeabile al vapor d'acqua, ed essere impermeabile a liquidi come l'acqua. Il protettivo multistrato sviluppati ha le seguenti caratteristiche:

1. fissativo silossanico ad elevata idrofobicità, con l'obiettivo di :
 - a. impedire il flusso di sali solubili dalla matrice cementizia all'interfaccia calcestruzzo – rivestimento;
 - b. impedire la formazione di acqua liquida al di sotto del film protettivo¹;
 - c. sigillare chimicamente (idrofobia) le porosità dell'impasto;
2. film intermedio acrilico bi-componente, resistente all'attacco alcalino, impermeabile alla CO₂, ottima adesione alla matrice cementizia ed in grado di ancorarsi alle superfici idrofobiche precedentemente trattate;
3. finitura fluorurata², altamente idro-oleo repellente, inattaccabile alla radiazione UV, avente le seguenti finalità:
 - a. garantire sul lungo periodo il mantenimento delle caratteristiche fisico-meccaniche (resistenza all'urto, durezza, allungamento, ecc.) e chimico-fisiche (permeabilità ai gas, vapori e ioni idrati);
 - b. garantire la costanza delle caratteristiche superficiali: brillantezza, idro-oleo repellenza che equivale ad avere un angolo di contatto con l'acqua superiore a 90°, preferibilmente > 100°, impenetrabilità allo sporco, ecc.;
 - c. garantire l'integrità del rivestimento protettivo fino ad assicurare la costanza nel tempo delle proprietà ad effetto barriera;
 - d. garantire la costanza dell'adesione al supporto.

Il ciclo sviluppati si differenzia da quelli già esistenti per la sensibile riduzione delle mani da applicare e quindi, per l'economicità e la rapidità della posa.

Il ciclo è stato messo a punto dalla INNOVENTIONS sulla base di esperienze ventennale volte ad individuare la miglior combinazione fra le caratteristiche chimico-fisiche e di maturazione dei supporti cementizi. Il risultato è un rivestimento ad elevato effetto anticarbonatazione e fortemente idrorepellente che rappresenta un caso unico sul mercato. I cicli protettivi soddisfano le prescrizioni della norma UNI EN ISO 1504-2 e sono dotati di marcatura CE.

Il Servizio Tecnico dell'INNOVENTIONS è a disposizione per approfondire le esigenze specifiche dei differenti utilizzatori, progettisti, gestori e committenti.

¹ Trattasi del fenomeno di "blistering" sottopellicolare, alla base dei più diffusi casi di distacco.

² è possibile utilizzare anche finiture silossaniche

Le soluzioni cromatiche

Le prestazioni anticarbonatazione o di idrorepellenza del ciclo protettivo descritto al punto precedente non sono influenzate dalla colorazione dell'ultimo strato. Il sistema protettivo sviluppato è indipendente dalla qualità estetica. Il ciclo di verniciatura infatti prevede l'utilizzo di sofisticate resine fluorurate quale strato finale di protezione. A partire da tali resine si possono ottenere la più ampia gamma di variazioni cromatiche disponibili, dalle colorazioni perlescenti, metallizzate oppure trasparenti fino alle più semplici colorazioni pastello.

I cicli di applicazione dei rivestimenti protettivi

Il calcestruzzo deve essere maturato almeno 48 ore³. In letteratura tecnica in passato ed anche di recente era richiesta la stagionatura per almeno 30 - 90 giorni. La nuova generazione di fondi acrilici all'acqua consentono tempi di sovraverniciatura ridotti. Nel caso di superficie rasata con malte cementizie valgono le regole suddette.

La reazione superficiale di presa del cemento deve aver raggiunto almeno l'80%⁴, l'umidità relativa di superficie deve essere inferiore al 10%⁵ ed il pH di superficie deve essere inferiore a 12,5⁶.

Dal punto di vista applicativo, il ciclo è costituito da una fase di primerizzazione in due diverse mani da realizzarsi preferibilmente in stabilimento oppure sul campo secondo le esigenze ed i tempi del cantiere. La fase di decorazione/protezione ad alto effetto barriera è costituita dall'applicazione di una mano unica secondo le scelte dei progettisti e può essere condotta sia sul campo che in stabilimento.

Le procedure per la primerizzazione sono le seguenti:

- **Se la superficie è fortemente irregolare e non è stata preventivamente rasata con malte specifiche, omogeneizzare la superficie** mediante applicazione a spatola di malte cementizie contenente oppure fibre stucchi epossidici, depositando un sottile strato non necessariamente omogeneo o continuo per eliminare le maggiori irregolarità del supporto.
- Applicare⁷ una prima mano di un fissativo denominato **Primer Silossanico Antisale W.1258** di idrorepellenza media oppure **W.1257** ad alta idrorepellenza
- Il giorno dopo, applicare a spruzzo⁸ o a rullo il fondo⁹ acril-uretanico all'acqua tipo **Acriccoat w.1351/2**; lo spessore medio del film secco è di circa 35 - 50 μm ¹⁰; ove si

³ nel caso si usasse un fondo a solvente con Acriccoat S.821, è necessario attendere almeno 28 giorni

⁴ Vedi norme UNI-EN 196-3 e la vasta serie di norme sulle specifiche e sulla caratterizzazione del cemento

⁵ Mediante apposito Igrometro a Condensatore oppure secondo ASTM D4263 (metodo del foglio di plastica)

⁶ Misurato mediante pHmetro con elettrodo per misure di superficie

⁷ Il primer silossanico Antisale può essere applicato in stabilimento in modo da spedire in cantiere un componente sul quale applicare uno strato di pittura in meno

operasse su superfici molto irregolari potrebbe essere buona norma applicare una seconda mano di Acricoat secondo le prescrizioni; in questo caso lo spessore sarà di circa 70 - 90 μm ; consultare l'assistenza tecnica INNOVENTIONS in caso di dubbi

- **Lasciare reticolare** completamente il prodotto all'aria (a temperatura compresa fra 5 e 35 °C secondo le indicazioni di scheda tecnica) per un periodo non inferiore a **12 ore**.

Per applicazioni in esterno, la fase di finitura, è la seguente:

- Incrociando bene le passate, applicare a spruzzo rullo o pennello, senza necessità di carteggiare il fondo, una mano di **Fluorcoat S.051/S.061/s.161/S.106 oppure Klean F**, in tinta o effetto desiderato; La resa degli smalti è di circa 7 – 13 m^2/l ; lo spessore medio del film secco deve essere maggiore di 30 μm DFT e non oltre 50 μm DFT

Dati di capitolato e referenze

Il ciclo di verniciatura/protezione descritto è corredato dalle seguenti certificazioni:

- Caratterizzazione meccanica
 - Durezza matita, Koh-I-Noor > 1H (norma ASTM D3369)
 - Adesione: cross cut 5 (norma ASTM 3359)
 - Pull-off > 1,5 N/mm^2 (norma ASTM D5421)
 - Caratterizzazione chimica e chimico fisico
 - Resistenza MEK > 100 doppi colpi (Norma ECCA T/7)
- Invecchiamento accelerato e naturale
- QUV-B test (313nm) > 4500 ore, $\Delta E < 5$, $\Delta G < 50\%$
 - Invecchiamento naturale: campioni di pittura devono essere state esposte per almeno 10 anni in clima sub-tropicale (es. Florida, Okinawa ecc.);
- Riproducibilità
 - La differenza di colore tra diversi lotti di produzione $\Delta E < 0,4$

Test in conformità secondo UNI EN 1504, par. 2

Permeabilità al vapor d'acqua		Permeabilità all'acqua $\text{kg}/\text{m}^2 \text{h}^{0,5}$	Permeabilità a cloruri (UNI ----)	Permeabilità alla CO_2		Taber test mola CS 10, peso 1 kg, 1 kcycle
$\mu * 10^4$	Sd (m)	W		$\mu * 10^6$	Sd (m)	mg asportati
4,5	2,81	< 0,01	0,01	5,50	313	105

⁸ le modalità di applicazione sono determinate dal tipo di finitura richiesta. Nel caso di finiture aventi effetti speciali tipo perlescenti o altro, il prodotto va applicato a spruzzo misto aria o HVLP, nel caso invece di finiture pastello, è possibile usare sia il rullo che l'applicazione mediante spruzzo airless.

⁹ La tinta del fondo Acricoat va scelta, caso per caso, in funzione della finitura richiesta e necessità operative,

¹⁰ La determinazione dello spessore di un film di pittura essiccata su supporto non metallico può essere eseguita secondo ASTM D3002, D3359, DIN 50986 - 53151 - 53153, ISO 2409 ecc.

CAMPO DI IMPIEGO *Trattamento calcestruzzi: ciclo misto acqua – solvente FINITURA TRASPARENTE*
Soddisfa i requisiti di ANAS/2016 - B.09.125.b

- Sistema di verniciatura **trasparente** per superfici esterne in calcestruzzo per edifici e strutture di notevole valore storico ed architettonico
- Categoria di corrosione: ambiente marino, urbano, industriale

PRETRATTAMENTO DELLE SUPERFICI

Calcestruzzo nuovo

1. il supporto deve essere stagionato almeno 48 ore, pH superficiale < 12,5
2. il supporto deve essere asciutto e privo di evidenti fenomeni di umidità (di risalita o colature)
3. in funzione delle indicazioni della direzione lavori (DL), eventuali discontinuità derivanti dalle casseforme devono essere asportati mediante sabbiatura o idrosabbiatura se sporgenti oltre 2-3 cm, o rasati con malta cementizia se costituiscono buchi o gole

Calcestruzzo vecchio:

4. il supporto deve essere asciutto e privo di evidenti fenomeni di umidità
5. il supporto deve essere compatto, privo di ferri sporgenti; il copriferro deve essere in linea con quanto richiesto dal progetto; le armature sottostanti devono essere integre e prive fenomeni di corrosione anche se incipienti;
6. se non previsto intervento di protezione dei ferri d'armatura, prima di applicare il protettivo, verificare con la DL che la profondità di carbonatazione sia inferiore al copriferro

PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI

Temp. della superficie	+3°C sopra il punto di rugiada
Umidità relativa	≤ 80%
Standard di pulizia delle superfici	Idrolavaggio o idrosabbiatura a pressione da definire dalla DL. Dopo la preparazione, il supporto deve essere pulito, privo di oli, sali ed efflorescenze

CICLO DI VERNICIATURA

Sistema di Rivestimento		Norma ISO EN 1504 par 2		
Strato	Prodotto/Tipo	W.F.T. µm	D.F.T. µm	Colore
1°	PRIMER SILOSSANICO ANTISALE S.1257 (monocomponente trasparente all'acqua)	N.V.	N.V.	Tutti gli strati di protettivi devono essere trasparenti opachi
2°	ACRICOAT W.1352 Intermedio acril-uretanico (bicomponente trasparente all'acqua)	100 ÷ 120	30÷40	
3°	KLEAN F Finitura poliuretanicca fluorurata	70 - 90	35 - 40	
Totale d.f.t.		150÷190	65÷80	

n.v.: non valutabile

MODALITA' DI APPLICAZIONE (*)

Temperatura dell'aria	10 °C ÷ 30 °C
Temperatura della superficie	+3°C sopra il punto di rugiada
Umidità relativa	≤ 80%

Strato	Metodo di applicazione	Pot life (h)	Intervallo di sovraverniciatura		Diluizione	
			Min	max	Codice	Max %
1°	A - C - P	-	24 h	---	Acqua	0
2°	A - P - C	2	24 h	---	Acqua	5
3°	A - C	4	4 h	---	Diluyente specifico	5 - 15
Dati testati alla temperatura di 20 °C						

Metodo di applicazione: **A:** Airless **P:** Pennello **C:** Spruzzo convenzionale **R:** Rullo