



DIPARTIMENTO DEL TERRITORIO
DIVISIONE DELLE COSTRUZIONI
AREA DEL SUPPORTO E DEL COORDINAMENTO
CASELLA POSTALE 2170 - 6501 BELLINZONA

0809.101

Strada Cantonale - S106.5
Balerna – Morbio Inferiore

Comune di Balerna e Morbio Inferiore

**Formazione corsie preferenziali bus con riorganizzazione
fermata**

Opere di sottostruttura

PIANO CONTROLLO QUALITÀ

**dei prodotti per il restauro e la manutenzione
delle strutture in calcestruzzo**

Struttura documenti dell'offerente

0. INTRODUZIONE	2
1. CALCESTRUZZI, BETONCINI E MALTE A BASE CEMENTIZIA	5
1.1. Introduzione	5
1.2. Malte MT2	11
2. SISTEMI DI PROTEZIONE SUPERFICIALE	14
2.1. Introduzione	14
2.2. Rivestimenti protettivi RPRA/OS2	16
2.3. Trattamenti antigraffiti AG	19

0. INTRODUZIONE

Il “**Piano di controllo qualità dei prodotti per il restauro e la manutenzione delle strutture in calcestruzzo**” contiene i principi generali per la scelta dei prodotti destinati al restauro delle strutture in calcestruzzo unitamente alle voci di capitolato e alle schede di cantiere per i materiali da utilizzare per la manutenzione e il ripristino delle strutture esistenti. E’ stato redatto in accordo alla normativa svizzera vigente e alle norme europee armonizzate di riferimento - EN 1504 - per questa categoria di prodotti.

In particolare fornisce i criteri per definire:

- le prestazioni e le modalità con cui debbono essere determinate le specifiche di capitolato richieste per un determinato prodotto da valutarsi attraverso l’acquisizione di una **certificazione preliminare (obbligatoria)** che dovrà essere esibita dall’impresa su richiesta della committenza prima dell’inizio dei lavori, per accertare che il prodotto prescelto dall’impresa possieda i requisiti fissati;
- le prestazioni richieste, le relative modalità di prova e la frequenza con cui le stesse debbono essere effettuate per la **qualifica (facoltativa a discrezione della direzione lavori)** dei prodotti durante l’esecuzione dell’opera onde accertare che il prodotto prescelto possieda i requisiti dichiarati nella certificazione preliminare. La qualifica ha come obiettivo quello di accertare che, durante l’esecuzione dei lavori, soprattutto quando gli stessi dovessero protrarsi per tempi lunghi, il produttore assicuri la fornitura di prodotti di prestazioni costanti e conformi alla certificazione preliminare. In generale, la qualifica dei prodotti in corso di esecuzione dei lavori di restauro e manutenzione è discrezionale da parte della Direzione lavori per tutti i prodotti contenuti nel presente documento con la sola eccezione dei betoncini e calcestruzzi superfluidi per i quali la qualifica deve intendersi, invece, obbligatoria;
- le prestazioni richieste, le modalità e la frequenza dei **controlli di qualità (obbligatori)** da effettuarsi preliminarmente, in corso d’opera e ad opera ultimata direttamente sulle strutture.

Più in dettaglio, con la terminologia sopra riportata si intende:

CERTIFICAZIONE PRELIMINARE (obbligatoria):

le specifiche di capitolato indicano le prestazioni che un determinato prodotto deve possedere sia allo stato fresco che allo stato indurito, valutate con prove standardizzate in accordo alle normative nazionali ed europee vigenti. La certificazione preliminare deve poter dimostrare che le indicazioni fornite dal produttore, attraverso le schede tecniche del prodotto o attraverso certificazioni aggiuntive basate, ad esempio, su prove condotte presso laboratori pubblici o privati, siano conformi a quelle richieste dalle voci di capitolato. Questa fase ha come obiettivo quello di evitare che vengano utilizzati prodotti le cui prestazioni siano indicate in maniera puramente qualitativa (ad esempio, “ottima adesione” e non un valore medio, minimo o caratteristico della resistenza allo strappo per trazione diretta oppure che il prodotto venga indicato “a ritiro compensato” senza specificare il valore della espansione contrastata misurata nel tempo in condizioni di umidità relativa e di temperatura standardizzate).

PROVE DI QUALIFICA (facoltativa a discrezione della direzione lavori):

individuato il prodotto che in base alla certificazione preliminare possiede prestazioni conformi a quelle specificate nella voce di capitolato, le prove di qualifica hanno come obiettivo quello di accertare, sia preliminarmente che durante l'esecuzione dei lavori, soprattutto quando le forniture di prodotto dovessero protrarsi per tempi lunghi (per almeno tre mesi), che il prodotto prescelto possieda le prestazioni specificate in capitolato e dichiarate nella certificazione preliminare. In linea di massima, al fine di rendere agevole e particolarmente snello il processo di qualifica verranno effettuati dei controlli a discrezione della direzione lavori. solo sulle prestazioni più significative in relazione alla tipologia di prodotto utilizzato. Per i soli betoncini e calcestruzzi le prove di qualifica debbono intendersi obbligatorie e non discrezionali come invece richiesto per tutte le altre tipologie di prodotti contenuti nel presente documento.

CONTROLLI DI QUALITA' (obbligatorie):

preliminarmente all'esecuzione, durante e ad ultimazione dei lavori, il controllo di qualità ha come obiettivo quello di verificare che le prestazioni del prodotto utilizzato non subiscano penalizzazioni rilevanti a seguito dell'applicazione. In sostanza, il controllo di qualità si basa su una serie di specifiche di capitolato consistenti nella valutazione di alcune prestazioni per il prodotto posto in opera direttamente sulle strutture interessate (o su aree campione) dai lavori di ripristino e manutenzione. Questa fase ha come obiettivo anche quello di valutare la bontà di esecuzione del lavoro da parte dell'impresa.

La certificazione preliminare (obbligatoria), la qualifica dei prodotti in corso d'opera (discrezionale per tutti i prodotti ad eccezione dei soli betoncini e calcestruzzi per i quali le prove di qualifica debbono intendersi obbligatorie) ed il controllo di qualità sulle strutture (obbligatorie) concernono le seguenti 4 tipologie di prodotti:

CALCESTRUZZI, BETONCINI E MALTE A BASE CEMENTIZIA

- MT:** Malte tissotropiche a ritiro compensato per applicazioni manuali e/o a spruzzo su superfici verticali e all'intradosso di superfici orizzontali per spessori di riporto compresi tra 10 e 60 mm.
- MC:** Malte colabili a ritiro compensato per applicazioni all'estradosso di superfici orizzontali o per getto entro cassero per spessori di riporto compresi tra 10 e 60 mm.
- BC:** Betoncino cementizio colabile a ritiro compensato confezionato con aggregati di pezzatura massima minore o uguale a 8 mm (spessore di riporto 60-80 mm) oppure minore o uguale a 12 mm (spessore di riporto 80-100 mm) per il ripristino all'estradosso di superfici orizzontali e per il getto entro cassero.
- CS:** Calcestruzzo superfluido a ritiro compensato confezionato con aggregati di pezzatura massima minore o uguale a 16 mm (spessore di riporto 100-130 mm) oppure minore o uguale a 32 mm (spessore di riporto 130-200 mm) per il ripristino all'estradosso di superfici orizzontali e per il getto entro cassero.
- MR:** Malte cementizie per la rasatura (ammannitura) di superfici in calcestruzzo da applicare in spessori millimetrici (1-3 mm).

SISTEMI DI PROTEZIONE SUPERFICIALE

RPRA/OS5: Rivestimenti protettivi elasto-plastici a base di resine in dispersione acrilica.

RPRA/OS2: Rivestimenti protettivi a base di resine in dispersione acrilica.

TI/OS1: Trattamenti idrorepellenti.

AG: Trattamenti antigraffiti.

SISTEMI INIETTANTI PER LA SIGILLATURA DELLE LESIONI

SI: Sistemi iniettanti per la sigillatura di fessure di ampiezza maggiore di 0.3 mm.

SS: Sistemi epossidici a stucco per la sigillatura superficiale delle lesioni.

SISTEMI PER L'INCOLLAGGIO DI MATERIALI COMPOSITI

SA: Sistemi epossidici per l'incollaggio di lamine pultruse o in acciaio.

1. CALCESTRUZZI, BETONCINI E MALTE A BASE CEMENTIZIA

1.1. Introduzione

In questa sezione vengono riportate le specifiche di capitolato per i calcestruzzi preconfezionati, per i betoncini e le malte a base cementizia da utilizzarsi negli interventi di ripristino di elementi in calcestruzzo armato degradati e/o che necessitano di un adeguamento statico. Le prescrizioni riguardano sia i calcestruzzi preconfezionati prodotti in centrale di betonaggio che i betoncini e le malte confezionate direttamente in cantiere ricorrendo all'impiego di prodotti in polvere premiscelati di origine industriale cui aggiungere soltanto acqua (malte) o acqua e aggregati grossi (betoncini).

1.1.1 MT: malte tissotropiche a ritiro compensato per applicazioni manuali e/o a spruzzo su superfici verticali e all'intradosso di superfici orizzontali (*spessori di riporto compresi tra 10 e 60 mm*)

Sono previste le seguenti tipologie di malte tissotropiche:

MT1: malta cementizia premiscelata tissotropica a ritiro compensato, strutturale di classe R3, di tipo PCC, in accordo alla EN 1504-3, per applicazioni a spruzzo o manuale su superfici verticali o all'intradosso di elementi a sviluppo orizzontale per spessori di riporto compresi tra 10 e 60 mm. Per applicazioni superiori a 30-35 mm e in assenza di armatura strutturale si deve prevedere la predisposizione di una rete elettrosaldata. Il supporto deve essere preparato mediante scarifica con martelli leggeri ad aria compressa oppure mediante idrodemolizione e deve presentare asperità non inferiori a 5 mm. La malta MT1 è da utilizzarsi su strutture con calcestruzzi la cui resistenza a compressione in opera è inferiore a 30 N/mm² e, indipendentemente dalla resistenza, all'intradosso di elementi inflessi.

MT2: malta cementizia premiscelata tissotropica a ritiro compensato, strutturale di classe R4, di tipo PCC, in accordo alla EN 1504-3, per applicazioni a spruzzo o manuale su superfici verticali o all'intradosso di elementi a sviluppo orizzontale per spessori di riporto compresi tra 10 e 60 mm. Per applicazioni superiori a 30-35 mm e in assenza di armatura strutturale si deve prevedere la predisposizione di una rete elettrosaldata. Il supporto deve essere preparato mediante scarifica con martelli leggeri ad aria compressa oppure mediante idrodemolizione e deve presentare asperità non inferiori a 5 mm. La malta MT2 è da utilizzarsi su strutture con calcestruzzi la cui resistenza a compressione in opera è superiore a 30 N/mm². Per la ricostruzione dell'intradosso di elementi inflessi è preferibile ricorrere all'utilizzo delle malte MT1 oppure MT3.

MT3: malta cementizia premiscelata tissotropica bicomponente a ritiro compensato, strutturale di classe R4, di tipo PCC, in accordo alla EN 1504-3, per applicazioni a spruzzo o manuale su superfici verticali o all'intradosso di elementi a sviluppo orizzontale per spessori di riporto compresi tra 10 e 60 mm. Per applicazioni superiori a 30-35 mm non è necessaria la predisposizione di una rete elettrosaldata. Il supporto deve essere preparato mediante scarifica con martelli leggeri ad aria compressa oppure mediante idrodemolizione e deve presentare asperità non inferiori a 5 mm. Questo tipo di malta può essere applicato anche su supporti preparati mediante sabbiatura in quei contesti dove, per la difficoltà di accesso, non si può operare la scarifica con martelli o con idrodemolizione. La malta MT3 può essere impiegata su qualsiasi struttura indipendentemente dalla resistenza a compressione in opera del calcestruzzo. Questo tipo di malta risulta particolarmente indicata per la ricostruzione all'intradosso di elementi inflessi.

1.1.2 MC: malte colabili a ritiro compensato per applicazioni all'estradosso di superfici orizzontali o per getto entro cassero *(spessori di riporto compresi tra 10 e 60 mm)*

Sono previste le seguenti tipologie di malte colabili:

MC1: Malta cementizia premiscelata colabile a ritiro compensato, strutturale di classe R4, di tipo PCC, in accordo alla EN 1504-3, per applicazioni all'estradosso di superfici orizzontali, per spessori di riporto compresi tra 10 e 60 mm. Per applicazioni superiori a 30-35 mm e in assenza di armatura strutturale si deve prevedere la predisposizione di una rete elettrosaldata. Il supporto deve essere preparato mediante scarifica con martelli leggeri ad aria compressa oppure mediante idrodemolizione e deve presentare asperità non inferiori a 5 mm. La malta può essere utilizzata anche per getti entro cassero purché lo spessore di riporto sia maggiore di 35-40 mm, ma comunque inferiore a 60 mm.

MC2: Malta cementizia premiscelata colabile a ritiro compensato, strutturale di classe R4, di tipo PCC, in accordo alla EN 1504-3, per ripristinare in tempi brevissimi anche a basse temperature (0-5°C) l'estradosso di superfici orizzontali, per spessori di riporto compresi tra 10 e 60 mm. Per applicazioni superiori a 30-35 mm e in assenza di armatura strutturale si deve prevedere la predisposizione di una rete elettrosaldata. Il supporto deve essere preparato mediante scarifica con martelli leggeri ad aria compressa oppure mediante idrodemolizione e deve presentare asperità non inferiori a 5 mm.

1.1.3 BC: betoncini colabili a ritiro compensato per applicazioni all'estradosso di superfici orizzontali o per getto entro cassero *(spessori di riporto compresi tra 60 e 100 mm)*

Betoncini colabili a base cementizia a ritiro compensato da mettere in opera per colaggio all'estradosso di superfici orizzontali o da gettare all'interno di cassero, da utilizzarsi allorché gli spessori di applicazione diventano superiori a 60 mm, ma comunque inferiori a 100 mm, come avviene quando occorre aumentare la sezione originaria di elementi strutturali che necessitano di un adeguamento dal punto di vista statico e/o il degrado risulta particolarmente intenso.

Sono previste le seguenti tipologie di betoncino colabile:

BC1: Betoncino cementizio colabile a ritiro compensato, strutturale di classe R4, di tipo PCC, in accordo alla EN 1504-3, confezionato con aggregati di pezzatura massima minore o uguale a 8 mm (spessore di riporto 60-80 mm) oppure minore o uguale a 12 mm (spessore di riporto 80-100 mm), per il ripristino all'estradosso di superfici orizzontali e per il getto entro cassero. Se il rinforzo della sezione non prevede la predisposizione di armatura aggiuntiva è necessario ricorrere all'impiego di reti elettrosaldate. Il supporto deve essere preparato mediante scarifica con martelli leggeri ad aria compressa oppure mediante idrodemolizione e deve presentare asperità non inferiori a 5 mm.

1.1.4 CS: calcestruzzi superfluidi a ritiro compensato per applicazioni all'estradosso di superfici orizzontali o per getto entro cassero
(spessori di riporto maggiori di 100 mm)

Calcestruzzi superfluidi a base cementizia a ritiro compensato da mettere in opera per colaggio all'estradosso di superfici orizzontali o da gettare all'interno di casseri, da utilizzarsi allorché gli spessori di applicazione diventano superiori a 100 mm, come avviene quando occorre aumentare la sezione originaria di elementi strutturali che necessitano di un adeguamento dal punto di vista statico e/o il degrado risulta particolarmente intenso.

Sono previste le seguenti categorie di calcestruzzi superfluidi:

CS1: Calcestruzzo superfluido a ritiro compensato, strutturale di classe R4, di tipo PCC, in accordo alla EN 1504-3, confezionato con aggregati di pezzatura massima minore o uguale a 16 mm (spessore di riporto 100-130 mm) oppure minore o uguale a 32 mm (spessore di riporto 130-200 mm), per il ripristino all'estradosso di superfici orizzontali e per il getto entro cassero. Il supporto deve essere preparato mediante scarifica con martelli leggeri ad aria compressa oppure mediante idrodemolizione e deve presentare asperità non inferiori a 5 mm.

1.1.5 MR: malte cementizie polimero-modificate per rasatura
(spessori di riporto compresi tra 1 e 3 mm)

Malte cementizie polimero-modificate da utilizzare per la rasatura superficiale delle strutture in calcestruzzo, da applicare in spessori di 1-3 mm, allorché l'obiettivo primario è quello di ottenere una superficie uniforme dal punto di vista estetico.

Sono previste le seguenti tipologie di malte per rasatura:

- MR1:** Malte cementizie polimero-modificate mono o bi-componenti, non strutturali di classe R2, di tipo PCC, in accordo alla EN 1504-3, per la rasatura (ammannitura) di superfici in calcestruzzo non sottoposte ad azioni abrasive, da applicare in spessori millimetrici (1-3 mm). Il supporto deve essere preparato mediante sabbiatura o idropulizia a pressione e deve presentare asperità non inferiori a 1-2 mm. Questo tipo di malte è indicato per la rasatura di strutture per le quali la ricostruzione centimetrica della sezione è avvenuta utilizzando malte tissotropiche di tipo MT1 oppure MT2 o MT3.
- MR2:** Malte cementizie polimero-modificate mono o bi-componenti, strutturale di classe R3, di tipo PCC, in accordo alla EN 1504-3, per la rasatura (ammannitura) di superfici in calcestruzzo sottoposte o meno ad azioni abrasive, da applicare in spessori millimetrici (1-3 mm). Il supporto deve essere preparato mediante sabbiatura o idropulizia a pressione e deve presentare asperità non inferiori a 1-2 mm. Questo tipo di malte è particolarmente indicato per la rasatura di strutture per le quali la ricostruzione centimetrica della sezione è avvenuta utilizzando malte tissotropiche di tipo MT2.

FLOW-CHART esplicativi

Al fine di agevolare l'individuazione dei campi di impiego dei prodotti a base cementizia e le relative modalità di applicazione si riportano nel seguito due flow-chart esplicativi.



Nella Tabella che segue, quale ulteriore strumento di facilitazione nella scelta del tipo di malta / betoncino / calcestruzzo da utilizzare, si riporta un quadro sinottico che consente di definire la tipologia di prodotto di natura cementizia in base:

- alla superficie da sottoporre all'intervento di ripristino: verticale, orizzontale all'intradosso e orizzontale all'estradosso;
- alle modalità di applicazione: a cazzuola o a spruzzo, per colaggio o per getto entro cassero, mediante rasatura o spatolatura;
- allo spessore di materiale da applicare.

Per ognuna delle malte di rasatura (MR), tissotropiche (MT), colabili (MC), per i betoncini colabili (BC) e per i calcestruzzi superfluidi (CS), viene indicata la classe strutturale in accordo alla EN 1504-3 e segnalate le situazioni ove è necessario ricorrere ad una armatura integrativa (strutturale o in forma di rete elettrosaldata).

	Tipo di malta, betoncino o calcestruzzo	Classe strutturale (EN 1504-3)	Elemento da ripristinare	Tipo di applicazione	Armatura integrativa (strutturale o rete elettrosaldata)	
0						0
1	MR1	R2	Qualsiasi superficie verticale o orizzontale sia all'intradosso che all'estradosso	Manuale: mediante rasatura o spatolatura	NO →	1
2	MR2	R3				2
3	MT1	R3	Per superfici verticali o all'intradosso di elementi orizzontali	A cazzuola o a spruzzo	NO → (per spessori ≤ 30-35 mm)	3
10	MT2	R4				10
20	MT3	R4				20
30	MC1	R4	All' estradosso di superfici orizzontali	Per colaggio o getto entro cassero	SI → (per spessori > 30-35 mm)	30
40	MC2	R4				40
50			Per strutture verticali e per elementi orizzontali sia all'estradosso che all'intradosso	Per colaggio (estradosso elementi orizzontali) e/o per getto entro cassero (superfici verticali o all'intradosso di elementi orizzontali)	SI → (per spessori > 60 mm)	50
60	BC1	R4				60
70						70
80			Per strutture verticali e per elementi orizzontali sia all'intradosso che all'estradosso	Per colaggio (estradosso elementi orizzontali) e/o per getto entro cassero (superfici verticali o all'intradosso di elementi orizzontali)	SI → (per spessori > 100 mm)	80
90						90
100						100
>100	CS1	-				>100

SPESSORE IN mm DI MATERIALE DA APPLICARE

SPESSORE IN mm DI MATERIALE DA APPLICARE

1.2. Malte MT3

MT3: malte cementizie premiscelate tissotropiche modificate con polimeri, bicomponenti, a ritiro compensato, per applicazioni a cazzuola oppure a spruzzo, per il ripristino (riprofilatura) della sezione originaria della struttura, da applicare in spessori compresi tra 10 e 60 mm, strutturali di classe R4, di tipo PCC, in accordo alla norma EN 1504-3.

In particolari contesti, quali i lavori di ripristino della sezione originaria (riprofilatura), che prevedono l'applicazione della malta in piccoli spessori (comunque mai inferiori a 1.0 cm) e/o laddove esistono condizioni geometriche (elevato rapporto tra superficie e volume) e climatiche (bassa umidità relativa e forte ventilazione) che esasperano i fenomeni di ritiro, e quindi la tendenza alla fessurazione del materiale cementizio, il progettista dovrà prendere in esame la necessità di utilizzare malte cementizie bicomponenti modificate con l'aggiunta di polimeri, le cui prestazioni vengono riportate nelle tabelle che seguono. Allorquando lo spessore di riporto dovesse superare i 30-35 mm, ma comunque rimanere inferiore a 60 mm, e in assenza di armatura strutturale, è necessaria la predisposizione di una rete elettrosaldata. Queste malte possono essere utilizzate anche laddove, per la difficoltà di asportazione del calcestruzzo, il supporto viene sottoposto ad una semplice operazione di sabbiatura. La malta MT3 è da utilizzarsi su qualsiasi struttura indipendentemente dalla resistenza a compressione in opera del calcestruzzo. Questo tipo di malta risulta particolarmente indicata per la ricostruzione all'intradosso di elementi inflessi. La malta MT3 è strutturale di classe R4 in accordo alla EN 1504-3. Si precisa inoltre che, per gli interventi di ripristino su strutture che in servizio operano fuori terra, le prestazioni minime riportate nelle tabelle che seguono debbono essere ottenute con le procedure di maturazione previste per le malte di tipo PCC in accordo alla norma EN 1504 (stagionatura all'aria).

Per gli elementi strutturali che in servizio operano a contatto permanente con acqua o che risultano permanentemente interrati, le prestazioni minime debbono essere conseguite con le modalità di prova previste per le malte di tipo CC in accordo alla norma EN 1504 (stagionatura in acqua).

MT3

Malte cementizie premiscelate tissotropiche modificate con polimeri, bicomponenti, a ritiro compensato, per applicazioni a cazzuola oppure a spruzzo, per il ripristino (riprofilatura) della sezione originaria della struttura, da applicare in spessori compresi tra 10 e 60 mm, strutturali di classe R4, di tipo PCC, in accordo alla norma EN 1504-3.

Cantiere:	Formazione corsie preferenziali bus con riorganizzazione fermata – Nuovo Ponte Polenta
Committente:	Divisione delle costruzioni
Progettista:	Lurati Muttoni Partner SA
Direzione lavori:	.....
Impresa esecutrice:	.....
Elemento costruttivo:	Cordolo esistente Manufatto Nord
Preparazione substrato:	Idrodemolizione del calcestruzzo deteriorato, irruvidimento con acqua a pressione (5- 10 mm)
Modalità di messa in opera della malta:	a cazzuola
Spessore min. di applicazione (mm):	10 mm
Spessore max. di applicazione per strato (mm):	40 mm
Modalità di maturazione (post-trattamento):	.....
Tipo di malta MT3 e nome commerciale:	.....

Certificazione preliminare obbligatoria - Requisiti prestazionali:

PRESTAZIONE	NORMATIVA RIFERIMENTO	REQUISITO	REQUISITO MATERIALE PROPOSTO
Modulo elastico (statico) secante a compressione a 28 giorni all'aria (T= 18-22°C e U.R.=55-65%) [1]	EN 13412	$\leq 25'000 \text{ N/mm}^2$ [1] $\geq 20'000 \text{ N/mm}^2$	.....
Resistenza a compressione a 28 giorni all'aria (T= 18-22°C e U.R.= 55-65%):	EN 12190	$\geq 45 \text{ N/mm}^2$	.....
Adesione al calcestruzzo dopo 28 giorni all'aria (T= 18-22°C e U.R.= 55-65%):	EN 1542	$\geq 2.0 \text{ N/mm}^2$	.....
Resistenza alla carbonatazione	EN 13295	$dk \leq$ al calcestruzzo di controllo (MC 0.45)	.....
Contenuto di cloruri:	EN 1015-17	$\leq 0.05\%$	.....
Compatibilità termica cicli di gelo-disgelo all'aria (T= 18-22°C e U.R.= 55-65%): valore di adesione	EN 13687-1	$\geq 2.0 \text{ N/mm}^2$	.....
Espansione contrastata a 1 giorno all'aria (T= 20°C e U.R.= 50%) [2]	UNI 8147	$\geq 20 \mu\text{m/m}$	.....[2]
Assorbimento capillare	EN 13057	$\leq 0.5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-0.5}$	.....
Resistenza a trazione per flessione a 1 giorno (T= 18-22°C e U.R.=95%):	EN 196-1	$\geq 2 \text{ N/mm}^2$	.....
Resistenza a trazione per flessione a 28 giorni all'aria (T= 18-22°C e U.R.= 55-65%):	EN 196-1	$\geq 5 \text{ N/mm}^2$	.....
Lavorabilità: spandimento [3]	EN 13395-1	150-180 mm [3]	.....

[1] 25'000 N/mm² limite massimo indicativo del modulo elastico del prodotto offerto. Un modulo elastico superiore a quello indicato è permesso a condizione che sia inferiore al modulo elastico del sottofondo/supporto/substrato cementizio sul quale viene applicata la malta.

[2] Dato da fornire su espressa richiesta del committente per particolari lavori e/o condizioni climatiche.

[3] Valore puramente indicativo purchè il premiscelato confezionato con la percentuale di acqua suggerita dal produttore sia applicabile a mano e/o spruzzo senza sfridi e/o rimbalzi eccessivi.

Controllo di qualità obbligatorio

PRESTAZIONE	NORMATIVA RIFERIMENTO	REQUISITO	FREQUENZA
Adesione al calcestruzzo dopo 28 giorni (valore medio):	EN 1542	$\geq 1.6 \text{ N/mm}^2$	1 prova (5 strappi su 1 m ²) ogni 50 m ²

PREPARAZIONE DEL SOTTOFONDO/SUPPORTO/SUBSTRATO

La preparazione della superficie dell'elemento sul quale applicare la malta deve essere effettuata mediante scarifica con martelli leggeri ad aria compressa oppure mediante idrodemolizione e deve presentare asperità non inferiori a 5 mm. Queste malte possono essere utilizzate anche laddove, per la difficoltà di asportazione del calcestruzzo, il supporto viene sottoposto ad una semplice operazione di sabbiatura.

2. SISTEMI DI PROTEZIONE SUPERFICIALE

2.1. Introduzione

In questa sezione vengono riportate le specifiche di capitolato per i sistemi di protezione superficiale degli elementi in calcestruzzo armato. Le specifiche di capitolato sono state elaborate tenendo conto di quanto riportato dalla norma SIA 162/5 (punto 7.13 e Tabella A8) unitamente ai requisiti richiesti dalla norma europea EN 1504-2. I sistemi di protezione superficiale delle strutture in calcestruzzo si differenziano in sistemi filmogeni e trattamenti idrorepellenti. I sistemi filmogeni vengono utilizzati per la protezione dell'elemento strutturale dagli agenti aggressivi esterni.

Essi, in particolare possono essere utilizzati:

- come sistemi di protezione preventiva allorquando le strutture non presentano fessurazioni o parti di calcestruzzo distaccate e lo spessore di calcestruzzo carbonatato risulta inferiore al copriferro;
- come sistemi di protezione di quegli elementi strutturali che, sottoposti ad interventi di ripristino con malte cementizie per la ricostruzione della sezione originaria, presentano copriferri di basso spessore.

In entrambi i casi l'applicazione dei sistemi protettivi ha lo scopo di impedire o ritardare l'insorgere di fenomeni che possono determinare la comparsa di fessurazioni, la corrosione delle barre, la delaminazione, il rigonfiamento o il distacco di parti di calcestruzzo. Per conseguire questi obiettivi, i rivestimenti filmogeni debbono essere in grado di impedire la penetrazione delle sostanze aggressive nel calcestruzzo quali, ossigeno, acqua, anidride carbonica, cloruri etc. In alcuni contesti l'applicazione dei rivestimenti filmogeni viene effettuata con l'obiettivo di aumentare la resistenza all'abrasione di superfici carrabili. L'applicazione di un rivestimento filmogeno, infine, può avere come finalità anche quella di migliorare l'aspetto estetico dei manufatti.

I sistemi di protezione idrorepellenti vengono applicati al fine di limitare l'assorbimento di acqua del calcestruzzo su quelle strutture laddove è importante non modificare l'estetica dei manufatti. Alcuni trattamenti idrorepellenti possono essere utilizzati per facilitare la pulizia delle superfici in calcestruzzo imbrattate dai graffi. Come meglio verrà specificato nel seguito la scelta dei trattamenti protettivi deve essere effettuata in funzione del tipo di elemento strutturale da proteggere e in relazione alle possibili aggressioni cui l'elemento stesso è esposto.

Nella presente sezione, in particolare, vengono presi in esame:

RPRA/OS5: questi rivestimenti vengono impiegati per aumentare la durabilità delle strutture in calcestruzzo con particolare riferimento all'azione aggressiva promossa dall'anidride carbonica nei confronti delle armature e non risultano indicati per quegli elementi strutturali a contatto permanente con acqua. Devono essere conformi ai requisiti minimi previsti dalla EN 1504-2/C per i prodotti filmogeni [rivestimento (C)] ed essere di classe di deformabilità A3 in accordo alla stessa norma.

- RPRA/OS2:** questi rivestimenti protettivi vengono impiegati per aumentare la durabilità delle strutture in calcestruzzo con particolare riferimento all'azione aggressiva promossa dall'anidride carbonica nei confronti delle armature e non risultano indicati per quegli elementi strutturali a contatto permanente con acqua. Devono essere conformi ai requisiti minimi previsti dalla EN 1504-2/C per i prodotti filmogeni [rivestimento (C)] ed essere di classe di deformabilità A1 in accordo alla stessa norma.
- TI/OS1:** le impregnazioni con prodotti idrofobici sono finalizzate ad ottenere superfici in calcestruzzo idrorepellenti caratterizzate da un ridotto assorbimento di acqua. Devono essere conformi ai requisiti fissati dalla norma europea EN 1504-2 [impregnazione idrofobica (H)].
- AG:** i trattamenti antigraffiti sono destinati a prevenire l'ingresso delle vernici all'interno dei pori capillari favorendo così le successive operazioni di pulizia. Sfortunatamente, né le norme SIA né quelle europee 1504, prevedono alcuna specifica di capitolato per questa tipologia di prodotto. Tuttavia, essendo i trattamenti antigraffiti sostanzialmente basati sull'impiego di sostanze idrorepellenti, le specifiche di capitolato sono simili a quelle dei prodotti TI/OS1.

2.2. Rivestimenti protettivi RPRA/OS2

RPRA/OS2: rivestimenti protettivi a base di resine in dispersione acrilica conformi alla norma EN 1504-2 per i prodotti filmogeni [rivestimento (C)].

Questi rivestimenti vengono impiegati per aumentare la durabilità delle strutture in calcestruzzo con particolare riferimento all'azione aggressiva promossa dall'anidride carbonica nei confronti delle armature. e non risultano indicati per quegli elementi strutturali a contatto permanente con acqua. Il sistema protettivo applicabile a rullo o a spruzzo, è costituito da un primer acrilico all'acqua applicato in spessore di 50 µm e da una finitura acrilica applicata in spessore di 50-100 µm per garantire la protezione nei confronti dell'anidride carbonica (CO₂), dell'ossigeno (O₂) e dell'acqua (H₂O). I rivestimenti debbono essere conformi ai requisiti minimi previsti dalla EN 1504-2 per i prodotti filmogeni [rivestimento (C)] e debbono essere di classe di deformabilità A1 (metodo A, apertura continua della fessurazione) in accordo alla stessa norma. Avendo una minore capacità di crack-bridging rispetto ai rivestimenti elasto-plastici descritti nel paragrafo 2.2, i rivestimenti RPRA/OS2 possono essere utilizzati solo su elementi in calcestruzzo armato che non presentano fessure di ampiezza maggiore di 0.1 mm.

RPRA/OS2

Rivestimenti protettivi a base di resine in dispersione acrilica conformi alla norma EN 1504-2 per i prodotti filmogeni [rivestimento (C)].

Cantiere:	Formazione corsie preferenziali bus con riorganizzazione fermata – Nuovo Ponte Polenta
Committente:	Divisione delle costruzioni
Progettista:	Lurati Muttoni Partner SA
Direzione lavori:	.....
Impresa esecutrice:	.....
Elemento costruttivo:	Cordolo esistente Manufatto Nord
Preparazione substrato:	Pulizia superficie asciutta ed esente da polvere
Modalità di applicazione:	Spruzzo / rullo
Tipo di rivestimento RPRA/OS2 e nome commerciale:	.....

Certificazione preliminare obbligatoria - Requisiti prestazionali:

PRESTAZIONE	NORMATIVA RIFERIMENTO	REQUISITO	REQUISITO MATERIALE PROPOSTO
Spessore minimo di applicazione	EN ISO 2808	$\geq 100 \mu\text{m}$ (micron) [1]	.....[2]
Resistenza alla diffusione del vapore	DIN 53615 EN ISO 7783/1-2	< 5 m	.....
Resistenza alla diffusione dell'anidride carbonica	EN 1062/6	> 50 m	.....
Adesione al calcestruzzo dopo 7 giorni all'aria (T= 23°C e U.R.=50%):	EN 1542	$\geq 1.0 \text{ N/mm}^2$	.....
Permeabilità all'acqua (assorbimento capillare)	EN 1062/3	$< 0.1 \text{ kgm}^2\text{h}^{-0.5}$	.....
Compatibilità termica cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti: valore di adesione:	EN 13687/1	$\geq 1.0 \text{ N/mm}^2$	.....
Capacità di crack-bridging Metodo A - Apertura continua della fessura [3]	EN 1062/7	$0.1 < A1 < 0.25$ mm (T= -10°C)	.....[3]

[1] Spessore minimo a secco richiesto del rivestimento.

[2] Spessore a secco necessario per l'ottenimento dei "Requisiti prestazionali" richiesti (da indicare).

[3] Dato da fornire su espressa richiesta del committente per particolari lavori e/o condizioni climatiche. Il requisito richiesto si riferisce alla temperatura di prova suggerita dalla norma EN 1062/7. Sono ammesse anche altre temperature di prova purchè più restrittive rispetto a quella indicata nei "Requisiti prestazionali".

Controllo di qualità obbligatorio

PRESTAZIONE	NORMATIVA RIFERIMENTO	REQUISITO	FREQUENZA
Spessore secco (valore medio)	EN ISO 2808 - Metodo ottico	≥ di quello indicato per il superamento dei requisiti prestazionali richiesti	1 prova ogni 200 m ²
Adesione al calcestruzzo dopo 7 giorni all'aria: valore medio	EN 1542	≥ 0.8 N/mm ²	1 prova (5 strappi su 1 m ²) ogni 200 m ²

PREPARAZIONE DEL SOTTOFONDO/SUPPORTO/SUBSTRATO

La preparazione della superficie dell'elemento sul quale applicare il rivestimento protettivo deve essere effettuata mediante idropulizia in pressione al fine di rimuovere ogni traccia di polvere, di sporcizia o di grasso. Si potrà ricorrere, inoltre, ad ulteriori accorgimenti richiesti e/o suggeriti dal produttore del prodotto offerto.

2.3. Trattamenti antigraffiti AG

AG: **trattamento antigraffiti.**

Con questa terminologia vengono generalmente indicati due tipi di prodotti: quelli destinati ad evitare che le vernici spray possano penetrare nelle porosità capillari del calcestruzzo rendendo più agevole la loro eliminazione durante il trattamento di pulizia e i prodotti destinati invece a facilitare la pulizia di superfici in calcestruzzo già verniciate, che non erano state sottoposte ad alcun trattamento preventivo. Per gli scopi che si prefigge il presente documento, ai fini protettivi in un intervento di ripristino di superfici in calcestruzzo faccia-vista esposte al rischio dei graffiti, nel seguito vengono presi in esame i soli prodotti destinati a prevenire l'ingresso delle vernici all'interno dei pori capillari favorendo così le successive operazioni di pulizia. Sfortunatamente né le norme SIA né quelle europee 1504 prevedono alcuna specifica di capitolato per questa tipologia di prodotto. Tuttavia, essendo i trattamenti antigraffiti sostanzialmente basati sull'impiego di sostanze idrorepellenti, è possibile comunque formulare delle specifiche di capitolato similari a quelle esposte nel paragrafo 2.4 opportunamente integrate da una prova empirica da condursi in cantiere per stabilire la reale efficacia del prodotto nel facilitare la pulizia delle superficie verniciate.

AG

Trattamento antigraffiti.

Cantiere:	Formazione corsie preferenziali bus con riorganizzazione fermata – Nuovo Ponte Polenta
Committente:	Divisione delle costruzioni
Progettista:	Lurati Muttoni Partner SA
Direzione lavori:	.....
Impresa esecutrice:	.....
Elemento costruttivo:	Cordolo esistente Manufatto Nord
Preparazione substrato:	Pulizia superficie asciutta ed esente da polvere
Modalità di applicazione:	Spruzzo / rullo
Tipo di trattamento AG e nome commerciale:	.....

Certificazione preliminare obbligatoria - Requisiti prestazionali:

PRESTAZIONE	NORMATIVA RIFERIMENTO	REQUISITO	REQUISITO MATERIALE PROPOSTO
Profondità di penetrazione del trattamento idrofobico (secondo EN 13579) su provini di calcestruzzo C in accordo alla EN 1766	prEN 14630	Classe I < 10 mm oppure Classe II ≥ 10 mm	.....
Assorbimento d'acqua e resistenza agli alcali	EN 13580	Rapporto d'assorbimento < 7.5% rispetto al provino non trattato Rapporto d'assorbimento (dopo l'immersione in soluzione di alcali) < 10%	.....
Coefficiente di velocità di essiccazione	EN 13579	Classe I > 30% oppure Classe II > 10%	.....

Prove di qualifica obbligatorie/discrezionali

PRESTAZIONE	NORMATIVA RIFERIMENTO	REQUISITO	REQUISITO MATERIALE PROPOSTO
Profondità di penetrazione del trattamento idrofobico (secondo EN 13579) su provini di calcestruzzo C in accordo alla EN 1766	prEN 14630	Classe I < 10 mm oppure Classe II ≥ 10 mm	.....
Assorbimento d'acqua e resistenza agli alcali	EN 13580	Rapporto d'assorbimento < 7.5% rispetto al provino non trattato Rapporto d'assorbimento (dopo l'immersione in soluzione di alcali) < 10%	.....
Prova di idropulizia con acqua calda su superficie di 50 X 50 cm ² sottoposta a trattamento con vernice spray in colore e quantità prefissata	-	positiva	.....

Controllo di qualità obbligatorio/discrezionale

PRESTAZIONE	NORMATIVA RIFERIMENTO	REQUISITO	FREQUENZA
Profondità di penetrazione del trattamento idrofobico	EN 13579	Classe I < 10 mm Classe II \geq 10 mm	Prima dell'inizio dei lavori e ogni 100 m ²
Assorbimento d'acqua (Tubo di Karsten)	Direttiva "Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen" del DAfStb, parte 3, paragrafo 3.2.3	\leq 50 % rispetto al calcestruzzo non idrofobizzato	Prima dell'inizio dei lavori e ogni 100 m ² 1 serie = 6 prove

PREPARAZIONE DEL SOTTOFONDO/SUPPORTO/SUBSTRATO

La preparazione della superficie dell'elemento sul quale applicare il rivestimento protettivo deve essere effettuata mediante idropulizia in pressione al fine di rimuovere ogni traccia di polvere, di sporco o di grasso eventualmente presenti. Attendere, quindi, che il supporto si asciughi prima di applicare il trattamento protettivo. Si potrà ricorrere, inoltre, ad ulteriori accorgimenti richiesti e/o suggeriti dal produttore del prodotto offerto.