



**RIPRISTINO, RINFORZO
E PROTEZIONE
DI ELEMENTI E STRUTTURE
IN CALCESTRUZZO ARMATO**

**QUADERNO
TECNICO**



CVR S.p.A. si riserva il diritto di apportare modifiche formulative sui propri prodotti nei modi e nei tempi che reputerà opportuni.

Il presente Quaderno Tecnico è distribuito in forma non controllata, pertanto ogni nuova edizione aggiornerà e sostituirà integralmente l'attuale senza comunicazione o preavviso. La data di emissione è riportata di seguito.

CVR S.p.A. Tutti i diritti riservati. Vietata la riproduzione anche parziale di testi e immagini.

2a edizione _ Febbraio 2024

**RIPRISTINO, RINFORZO
E PROTEZIONE
DI ELEMENTI E STRUTTURE
IN CALCESTRUZZO ARMATO**



SOMMARIO

1.	INTRODUZIONE E DEFINIZIONI	6
2.	INQUADRAMENTO NORMATIVO	10
3.	PROPRIETÀ E CARATTERISTICHE	12
3.1	Composizione del calcestruzzo	14
3.2	Legami costitutivi e classificazione	18
3.3	Comportamento a rottura	24
3.4	Conclusioni	26
4.	DURABILITÀ E DEGRADO	30
4.1	Aggressioni di tipo chimico	34
4.1.1	Aggressione da anidride carbonica: il fenomeno della carbonatazione	34
4.1.2	Aggressione da cloruri	45
4.1.3	Reazione alcali-aggregati (ASR)	48
4.1.4	Aggressione da solfati	49
4.2	Aggressioni di tipo fisico	50
4.3	Aggressioni di tipo meccanico	52
4.4	Difetti di realizzazione	53
4.5	Classe di esposizione ambientale	56
4.6	Classe di consistenza	59
4.7	Requisiti aggiuntivi	62
4.8	Determinazione del copriferro nominale	64
4.9	Controlli di accettazione	66
5.	IL RIPRISTINO DEL CALCESTRUZZO: LA UNI EN 1504	70
5.1	UNI EN 1504-1 Definizioni	73
5.2	UNI EN 1504-9 Principi generali per l'utilizzo dei prodotti e dei sistemi	77
5.2.1	Requisiti minimi per la protezione e riparazione	77
5.2.2	Protezione e riparazione nel contesto di una strategia di gestione della struttura	79
5.2.3	Scelta dei principi e metodi di protezione e riparazione	79
5.3	UNI EN 1504-2 Sistemi di protezione della superficie di calcestruzzo	85
5.3.1	Termini e definizioni	86
5.3.2	Caratteristiche prestazionali per gli impieghi previsti	88
5.3.3	Requisiti prestazionali	91
5.3.4	Reazione al fuoco	99
5.4	UNI EN 1504-3 Riparazione strutturale e non strutturale	99
5.4.1	Termini e definizioni	100
5.4.2	Caratteristiche prestazionali per gli impieghi previsti	101
5.4.3	Requisiti prestazionali	102
5.4.4	Reazione al fuoco	104
5.5	UNI EN 1504-4 Incollaggio strutturale	104
5.5.1	Termini e definizioni	105
5.5.2	Caratteristiche prestazionali per gli impieghi previsti	105
5.5.3	Requisiti prestazionali	107
5.5.4	Reazione al fuoco	110

5.6	UNI EN 1504-5 Iniezione del calcestruzzo	110
5.6.1	Termini e definizioni	111
5.6.2	Caratteristiche prestazionali in relazione ai principi generali di protezione e riparazione	113
5.6.3	Requisiti prestazionali	116
5.7	UNI EN 1504-6 Ancoraggio dell'armatura di acciaio	122
5.7.1	Termini e definizioni	123
5.7.2	Caratteristiche prestazionali per gli impieghi previsti	123
5.7.3	Requisiti prestazionali	124
5.7.4	Reazione al fuoco	124
5.8	UNI EN 1504-7 Protezione contro la corrosione delle armature	125
5.8.1	Termini e definizioni	125
5.8.2	Caratteristiche prestazionali per gli impieghi previsti	126
5.8.3	Requisiti prestazionali	126
5.9	UNI EN 1504-8 Controllo di qualità e valutazione e verifica della costanza della prestazione (AVCP)	127
5.10	UNI EN 1504-10 Applicazione in opera di prodotti, sistemi e controllo di qualità dei lavori	128
6.	TECNICHE DI INDAGINE	130
<hr/>		
6.1	Carotaggio	131
6.1.1	Misura della profondità della carbonatazione	132
6.2	Prova di pull-out	133
6.3	Misura sclerometrica	135
6.4	Misura ultrasonica	136
6.5	Indagine pacometrica	137
7.	TECNICHE DI INTERVENTO	138
<hr/>		
7.1	Principali caratteristiche tipologiche dei materiali da ripristino	140
7.2	Ciclo applicativo	145
8.	LE PROPOSTE CVR	164
<hr/>		
8.1	Tabella sinottica	174
9.	MATERIALI E STRATIGRAFIE	176
<hr/>		
1.	Ripristino corticale di un pilastro	178
2.	Rinforzo di un pilastro con aumento di sezione	180
3.	Ripristino del frontalino di un balcone	182
4.	Fissaggio di una piastra di ancoraggio metallica a un plinto di fondazione	184
5.	Ripristino a basso spessore esteso o localizzato di una pavimentazione pedonale	186
6.	Ripristino a basso spessore esteso o localizzato di una pavimentazione carrabile	188
7.	Ripristino a medio spessore esteso o localizzato di una pavimentazione	190
8.	Ripristino ad alto spessore esteso o localizzato di una pavimentazione	192
9.	Ripristino corticale di un muro andatore lievemente degradato	194
10.	Rinforzo dell'estradosso della soletta e ripristino corticale del cordolo di un viadotto stradale	196
11.	Ripristino corticale dell'intradosso di un impalcato stradale	198



1

INTRODUZIONE E DEFINIZIONE

Lo scopo di questa divulgazione è quello di fornire un supporto tecnico ad utilizzatori, professionisti ed imprese che faccia comprendere nel modo più esaustivo e intuitivo possibile quali sono le peculiarità, le potenzialità e i limiti del calcestruzzo armato, approfondendo le possibili cause di degrado e descrivendo quali sono le principali tecniche di intervento e di ripristino, all'interno del perimetro definito dalla normativa cogente, in continua evoluzione.



Il calcestruzzo è un materiale da costruzione costituito da una miscela di leganti, acqua e aggregati di diverse dimensioni, con eventuale aggiunta di additivi che influenzano le caratteristiche fisiche o chimiche del conglomerato, sia fresco che indurito.

Il calcestruzzo inteso come materiale composito ha origini molto antiche ed era già ampiamente conosciuto durante l'epoca romana, dove veniva utilizzato per la costruzione di paramenti murari, fondazioni, strade e opere di ingegneria idraulica. Per il confezionamento della malta come legante veniva utilizzata principalmente la calce aerea, che però sviluppava delle reazioni chimiche che non consentivano di ottenere impasti abbastanza resistenti ed in tempi contenuti. Nei secoli tuttavia la tecnica realizzativa si è perfezionata, infatti già i romani sostituirono la sabbia con la pozzolana che, attraverso il suo tipico comportamento, garantiva al calcestruzzo migliori proprietà indurenti anche in acqua, senza la necessità del contatto con l'aria.

In epoca contemporanea le avanguardie scientifiche nel campo chimico portarono prima allo sviluppo della calce idraulica e poi, solo nel XIX secolo, alla formulazione di quello che ancora oggi rappresenta il legante idraulico maggiormente utilizzato, il cemento.

Ad oggi la quasi totalità dei calcestruzzi utilizzati in campo edile sono realizzati con il cemento Portland che è ottenuto attraverso la macinazione del clinker, cioè una particolare miscela di calcare e argilla cotta ad altissima temperatura. Il cemento, idratandosi con l'acqua, fa presa e indurisce conferendo alla miscela resistenza e consistenza simili alla roccia, ed esistono diversi tipi in funzione delle resistenze, dei tempi di indurimento e di percentuale di clinker presente.

▼
Il calcestruzzo è un materiale da costruzione costituito da una miscela di leganti, acqua e aggregati di diverse dimensioni, con eventuale aggiunta di additivi che influenzano le caratteristiche fisiche o chimiche del conglomerato, sia fresco che indurito

▲



Il calcestruzzo così costituito è utilizzato per realizzare le parti strutturali di un'opera civile e rappresenta attualmente il materiale da costruzione più impiegato nel mondo. È composto sostanzialmente da materie di comoda reperibilità, relativamente di basso costo e di facile realizzazione, risponde in maniera eccellente se sottoposto a forze di compressione ma, allo stesso tempo, ha una scarsa resistenza a forze di trazione (circa 10÷15% rispetto alla resistenza a compressione), motivo per il quale venne combinato con delle armature di acciaio disposte nelle zone sollecitate a trazione per sopperire a questo difetto, da cui nacque il nome appunto di calcestruzzo armato.

Questa combinazione, unitamente alle peculiarità sopra descritte, renderebbe in teoria questo materiale pienamente rispondente ad ogni tipo di situazione e senza punti deboli, ma in realtà purtroppo questo è solo parzialmente vero.

Il calcestruzzo armato infatti risente di molteplici variabili che ne condizionano l'efficacia nel tempo, come ad esempio le modalità di confezionamento, le condizioni ambientali, la qualità delle materie prime, e non per ultimo proprio la presenza di barre di acciaio.



Il calcestruzzo armato risente di molteplici variabili che ne condizionano l'efficacia nel tempo, come ad esempio le modalità di confezionamento, le condizioni ambientali, la qualità delle materie prime, e non per ultimo proprio la presenza di barre di acciaio.





2

INQUADRAMENTO
NORMATIVO

Di seguito un riepilogo dei principali riferimenti normativi a livello nazionale ed europeo che regolano gli aspetti legati al mondo del calcestruzzo armato, dalla progettazione strutturale alle prestazioni dei componenti, fino al ripristino e il consolidamento.

LEGGI

- ▶ Legge 5 novembre 1971 - n°1086 **“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica”**

DECRETI MINISTERIALI

- ▶ D.M. 20 novembre 1987 - **“Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento”**
- ▶ D.M. 14 febbraio 1992 - **“Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”**
- ▶ D.M. 9 gennaio 1996 - **“Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”**
- Parti 1 e 2
- ▶ D.M. 16 gennaio 1996 - **“Norme tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”**
- ▶ D.M. 14 gennaio 2008 - **“Norme tecniche per le costruzioni”**
- ▶ D.M. 17 gennaio 2018 - **“Norme tecniche per le costruzioni”**

EUROCODICI

- ▶ Eurocodice 2 - **“Progettazione delle strutture in calcestruzzo”** - UNI EN 1992 parti da 1 a 4

NORME

- ▶ UNI EN 206 - **“Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”**
- ▶ UNI EN 197-1 - **“Cemento - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni”**
- ▶ UNI 11104 - **“Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206”**
- ▶ UNI EN 12620 - **“Aggregati per calcestruzzo”**
- ▶ UNI EN 1504 - **“Protezione e riparazione di strutture in c.a.”** - Parti da 1 a 10



3

PROPRIETÀ E
CARATTERISTICHE

Il calcestruzzo armato sfrutta la perfetta combinazione ed unione tra un conglomerato tradizionale, pienamente rispondente a compressione, e le barre d'acciaio, dotate di un'ottima resistenza a trazione. Le barre di acciaio vengono sagomate con dei risalti sulla superficie esterna (*ad aderenza migliorata*) per migliorare l'adesione e permettere il pieno trasferimento delle sollecitazioni, grazie al legame di aderenza che si crea tra i due materiali all'interfaccia, dal calcestruzzo all'acciaio, che viene generalmente distribuito in correnti longitudinali (che assorbono le sollecitazioni flessionali) e staffe trasversali (che assorbono le sollecitazioni di taglio) opportunamente dimensionati, creando una sorta di gabbia d'armatura.

La nascita del calcestruzzo armato si fa risalire al XIX secolo e si è diffuso sempre di più nel corso degli anni seguenti fino ad un pieno sviluppo durante il XX secolo, dove è stato impiegato per realizzare costruzioni dal notevole pregio architettonico ed ingegneristico.

L'introduzione dell'acciaio all'interno del conglomerato cementizio è stata possibile grazie al fatto che entrambi i materiali possiedono lo stesso coefficiente di dilatazione termica, che sostanzialmente misura la variazione volumetrica di un materiale in funzione della temperatura a cui è sottoposto.

Il conglomerato confezionato ancora fresco viene gettato all'interno di casseri e costipato all'interno con dei vibratori. Le straordinarie possibilità del materiale sono legate ad un'eccellente modellabilità e allo sviluppo di elevate caratteristiche prestazionali.

▼
Il calcestruzzo armato sfrutta la perfetta combinazione ed unione tra un conglomerato tradizionale, pienamente rispondente a compressione, e le barre d'acciaio, dotate di un'ottima resistenza a trazione



▼
La nascita del calcestruzzo armato si fa risalire al XIX secolo e si è diffuso sempre di più nel corso degli anni seguenti fino ad un pieno sviluppo durante il XX secolo, dove è stato impiegato per realizzare costruzioni dal notevole pregio architettonico ed ingegneristico



3.1 COMPOSIZIONE DEL CALCESTRUZZO

I componenti di un conglomerato cementizio sono:

- ▶ **Cemento**
- ▶ **Aggregati**
- ▶ **Acqua**
- ▶ **Additivi (eventuali)**

CEMENTO

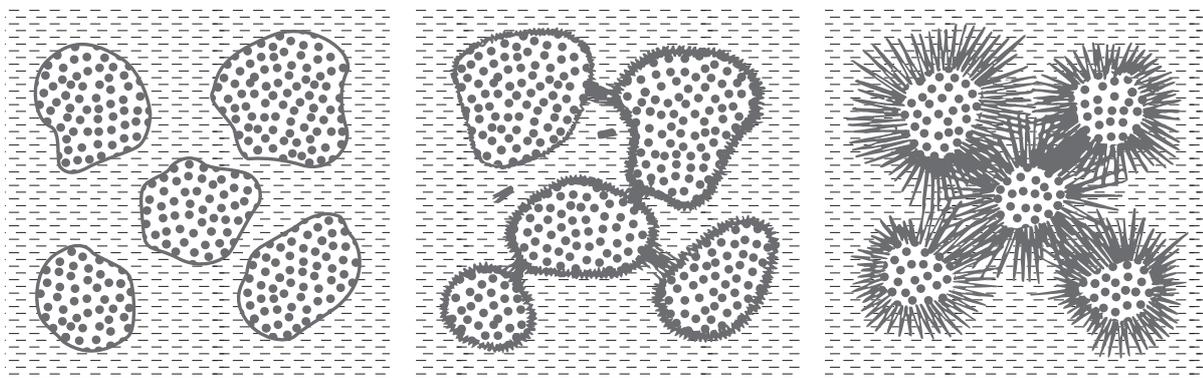
La norma UNI EN 197-1 definisce il cemento “*un legante idraulico, ossia un materiale inorganico finemente macinato che, quando mescolato con acqua, forma una pasta che raprende e indurisce a seguito di reazioni e processi di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua adattabilità anche in acqua*”.

Il cemento è realizzato con la cottura a circa 1500 °C del clinker, cioè una miscela composta da materie prime come calcare e argilla che vengono frantumate e macinate.

Esistono diversi di cemento che si suddividono principalmente in base alla percentuale di clinker, alla resistenza a compressione dopo 28 giorni secondo la UNI EN 196-1, ed ai tempi di indurimento normale (N) o rapido (R):

- ▶ 32,5 MPa N/R
- ▶ 42,5 MPa N/R
- ▶ 52,5 MPa N/R

Schema di idratazione del cemento



cemento anidro



acqua



cemento idrato

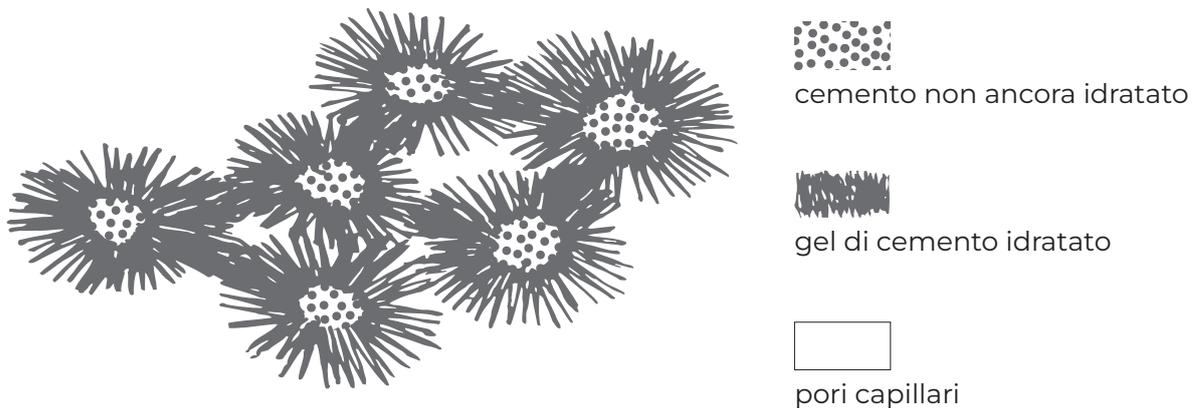
La peculiarità più importante del cemento, che lo rende il legante più utilizzato per la realizzazione del calcestruzzo, è il suo alto indice di idraulicità.

L'idratazione del cemento produce silicati di calcio idrati (C-S-H), alluminati di calcio idrati (C-A-H) e idrossido di calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, mentre i granuli reagiscono perfettamente con l'acqua formando un gel di cemento idratato che lega tutti gli inerti, le sabbie e i filler, attraverso una struttura aghiforme.

Il legame cementizio è fortemente rigido, legato e coeso, oltre che poroso, con spiccato assorbimento capillare e caratterizzato da alte resistenze meccaniche.

La sua rigidità però rende il calcestruzzo allo stesso tempo molto fragile, scarsamente rispondente a sollecitazioni cicliche ripetute di fatica, con un inevitabile decadimento prestazionale nel tempo, quindi potenzialmente vulnerabile ed esposto a pericolosi fenomeni di accumulo del danno.

Legame cementizio a struttura aghiforme



AGGREGATI

La norma UNI EN 206-1 definisce aggregato *“un materiale minerale granulare adatto per l'impiego nel calcestruzzo. Gli aggregati possono essere naturali, artificiali o riciclati da materiali precedentemente usati nella costruzione”*.

Gli aggregati sono elementi che non partecipano alla reazione idraulica del cemento che, una volta indurito, diminuisce di volume creando delle fratture proporzionali alla quantità di cemento presente.

Il tipo di aggregato, il rapporto aggregato - cemento, la granulometria e le proprietà, come ad esempio la resistenza al ciclo gelo/disgelo o all'abrasione, devono essere scelti in relazione all'esecuzione dell'opera, all'impiego finale del conglomerato cementizio e alle condizioni ambientali alle quali il medesimo sarà esposto.

Gli aggregati saranno complessivamente di diversi diametri opportunamente distribuiti in una curva granulometrica più omogenea possibile per non lasciare delle cavità interstiziali all'interno dell'impasto che comprometterebbero le resistenze.

Si possono individuare 3 tipi di aggregato in base ai diametri:

- ▶ **Sabbia:** $1 < D_{\max} < 6 \text{ mm}$
- ▶ **Ghiaia:** $6 < D_{\max} < 25 \text{ mm}$
- ▶ **Pietrisco:** $D_{\max} > 25 \text{ mm}$



Sabbia



Ghiaia



Pietrisco

In base alla dimensione dell'aggregato si distinguono:

- ▶ **Malta:** legante + sabbia $D_{\max} = 4 \text{ mm}$
- ▶ **Betoncino:** legante + sabbia + ghiaino $D_{\max} = 8 \text{ mm}$
- ▶ **Calcestruzzo:** legante + sabbia + ghiaia + pietrisco



ACQUA

L'acqua è da intendersi in molteplici combinazioni: semplicemente aggiunta, contenuta da aggregati e additivi, derivante da eventuale aggiunta di ghiaccio o conseguente alla formazione di vapore.

Un parametro fondamentale da considerare è il rapporto acqua - cemento (A/C) che nelle condizioni ottimali deve essere compreso tra 0,40 e 0,60.

L'aggiunta di acqua in fase operativa in cantiere è un aspetto molto delicato perché permette una maggiore lavorabilità dell'impasto ma porta con sé moltissimi inconvenienti, a partire dal decadimento delle resistenze, l'aumento del ritiro, la scarsa qualità del faccia-vista e il rischio di segregazione dell'impasto.

ADDITIVI

Gli additivi sono una famiglia di materiali eventualmente presenti in piccolissime proporzioni nell'impasto che hanno lo scopo di modificare sensibilmente il comportamento del calcestruzzo sia fresco che indurito.

I principali additivi disponibili sono del tipo:

- ▶ **Acceleranti:** incrementano le resistenze in tempi brevi, utilizzati soprattutto nella stagione fredda.
- ▶ **Fluidificanti:** garantiscono maggiore lavorabilità all'impasto mantenendo lo stesso rapporto A/C.
- ▶ **Ritardanti:** prolungano i tempi di lavorabilità, utilizzati soprattutto nella stagione calda.
- ▶ **Aeranti:** generano macroporosità impedendo che l'aumento di volume dell'acqua congelata nei cicli gelo-disgelo fessuri il calcestruzzo.

▼
L'aggiunta di acqua in fase operativa in cantiere è un aspetto molto delicato perché permette una maggiore lavorabilità dell'impasto ma porta con sé moltissimi inconvenienti, a partire dal decadimento delle resistenze, l'aumento del ritiro, la scarsa qualità del faccia-vista e il rischio di segregazione dell'impasto

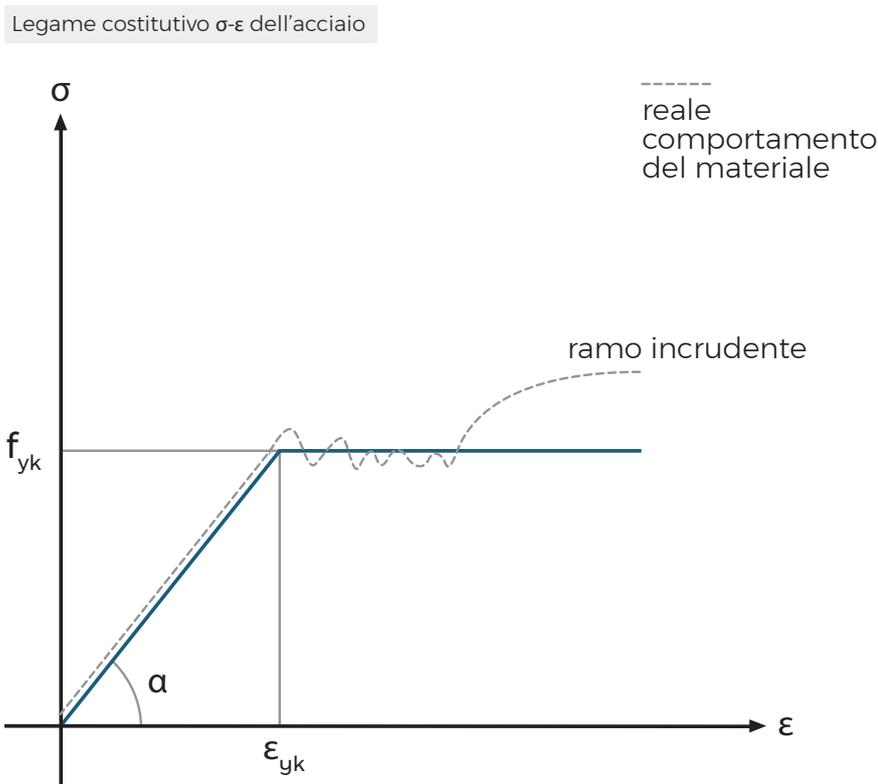


3.2 LEGAMI COSTITUTIVI E CLASSIFICAZIONE

Parlare di calcestruzzo armato significa innanzitutto parlare di un materiale composito dove la corretta combinazione tra calcestruzzo e acciaio permette di sfruttare pienamente le possibilità di ognuno dei due materiali, che hanno evidentemente caratteristiche molto diverse tra loro.

ACCIAIO

Per l'acciaio da un punto di vista costitutivo tramite una prova a sollecitazione mono-assiale di trazione (o compressione) si può rappresentare il rapporto tra tensione (cioè una forza su una superficie, espressa in Megapascal = N/mm^2) e deformazione (rapporto tra allungamento e lunghezza iniziale, adimensionale) σ - ϵ attraverso un grafico che per approssimazioni successive esprime un legame elastico-perfettamente plastico.



Nella prima fase il rapporto tra tensione e deformazione è di tipo elastico-lineare, con una perfetta corrispondenza e proporzionalità tra le due, sia per sollecitazioni di trazione che per compressione. Tale caratteristica consente all'acciaio, una volta rimossa la sollecitazione, di tornare alla configurazione iniziale senza accumulare deformazioni residue e irreversibili.

Questo andamento si interrompe una volta che la tensione arriva al valore f_{yk} che rappresenta la tensione di snervamento, dopo la quale l'acciaio snervato entra in fase plastica e continua a deformarsi a carico costante.

Per la Legge di Hooke il rapporto tra tensione e deformazione è espresso dal modulo elastico E (o Modulo di Young) che graficamente è rappresentato dalla tangente al grafico (α), ed in campo elastico-lineare per l'acciaio è approssimabile ad un valore costante:

$$\text{tg}(\alpha) = \Delta\sigma / \Delta\varepsilon = E \text{ [MPa]}$$

Il modulo elastico E è espresso in MPa come il rapporto tra sforzo e allungamento, e misura la capacità di un materiale di consentire delle deformazioni. Più è alto e più il materiale sarà rigido e poco deformabile, e viceversa.

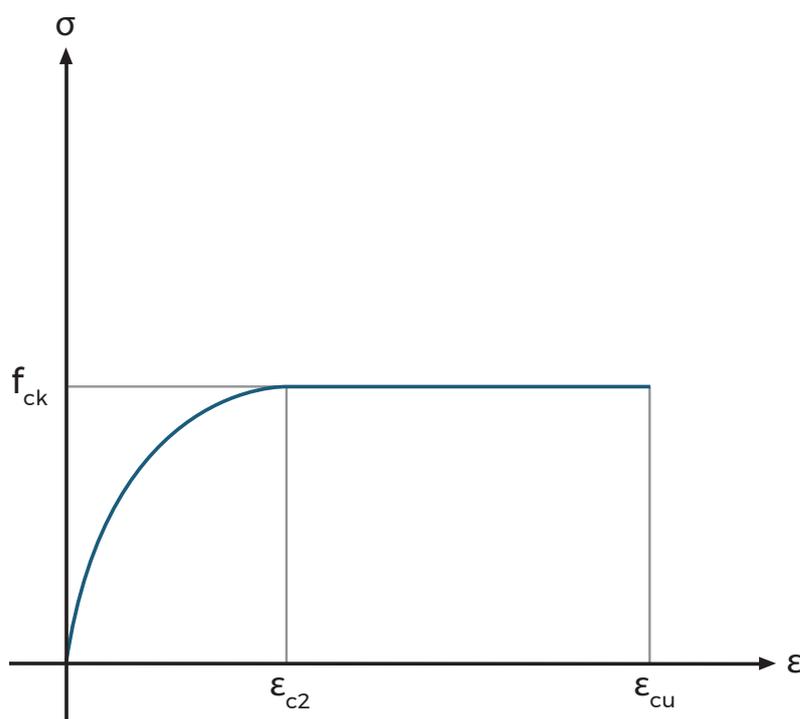
CALCESTRUZZO

L'andamento tipico del legame costitutivo σ - ε del calcestruzzo, ancora attraverso una prova a sollecitazione mono-assiale, è rappresentato da un grafico diverso rispetto a quello dell'acciaio perché si possono notare due comportamenti diversi a seconda che la sollecitazione sia di trazione o compressione.

Il ramo a trazione come detto è talmente breve che può essere trascurato, infatti la normativa italiana non considera il contributo a trazione del calcestruzzo anche se il suo ruolo è determinante nel comportamento a fessurazione.

In compressione l'andamento è non lineare, questo perché la rottura è preceduta da fenomeni disgregativi che determinano un danneggiamento progressivo all'aumentare del carico.

Legame costitutivo σ - ε del calcestruzzo



Anche in questo caso per approssimazioni successive si può adottare per il calcestruzzo un grafico semplificato a compressione chiamato parabola-rettangolo, dove in corrispondenza del valore massimo della resistenza del calcestruzzo f_{ck} si ha un valore della deformazione ε_{c2} pari a circa a 0,2 %. Segue un ramo plastico con aumento della deformazione a carico costante fino alla deformazione ultima ε_{cu} pari a 0,35 %.

CLASSI DI RESISTENZA

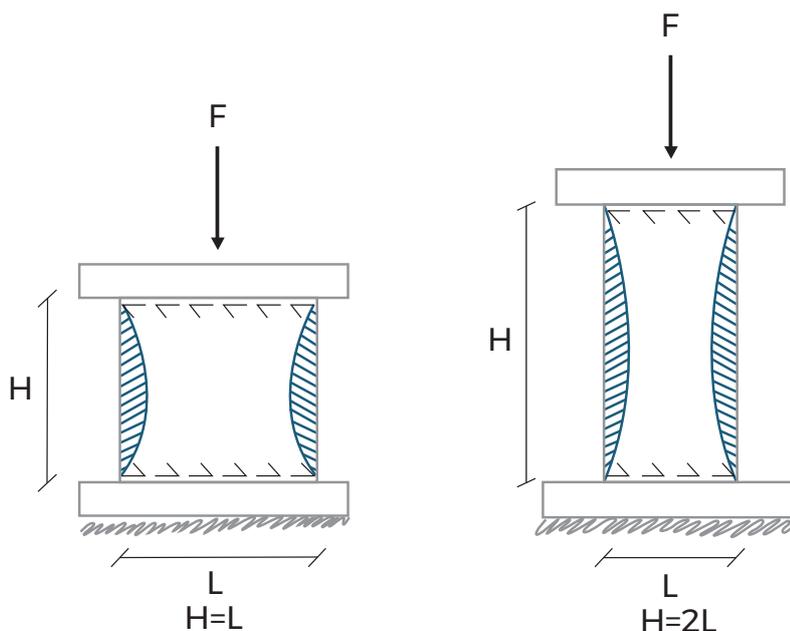
La misurazione della resistenza del calcestruzzo f_{ck} avviene tramite delle prove a schiacciamento con una pressa idraulica su dei provini preconfezionati, opportunamente maturati, cubici o cilindrici, rispettivamente previsti dalla normativa italiana ed europea.

La forza di compressione viene applicata molto lentamente, con dei gradienti prestabiliti dalle normative, in modo da permettere una corretta distribuzione delle tensioni ed evitare un incremento di resistenza che potrebbe apparentemente falsare i risultati; infatti più velocemente si applica la forza e più resistenza oppone il calcestruzzo, perché il danneggiamento non ha il giusto tempo di propagarsi.

Generalmente i provini hanno queste proporzioni dimensionali:

- ▶ Cubici -> $L=H$: 15/16/20 cm _ con un rapporto $H/L = 1$
- ▶ Cilindrici -> L : 10 cm / H : 20 cm _ con un rapporto $H/L = 2$

Per entrambi i provini però la modalità di collasso è di tipo bipiramidale, in quanto superiormente ed inferiormente si generano delle tensioni tangenziali che confinano il provino determinando una rottura al centro della sezione.



 rottura del provino

Per il provino cubico, essendo tozzo, l'effetto del confinamento è superiore, quindi la resistenza a rottura è superiore.

Si possono quindi individuare due tipi di tensione di rottura in funzione della tipologia di provino, convenzionalmente legati da questo rapporto riportato dalle NTC 2018 al paragrafo 11.2.10.1:

- ▶ Tensione di rottura provino cubico R_{ck}
 - ▶ Tensione di rottura provino cilindrico f_{ck}
- $$\left. \vphantom{\begin{matrix} R_{ck} \\ f_{ck} \end{matrix}} \right\} f_{ck} = 0,83 R_{ck}$$

Quindi ad esempio per un calcestruzzo di classe C 28/35:

- ▶ **28 (MPa) = tensione di rottura provino cilindrico f_{ck}**
- ▶ **35 (MPa) = tensione di rottura provino cubico R_{ck}**

Entrambe espresse in Megapascal [1 MPa = 1 N/mm²], cioè come forza su una superficie.

La tabella 4.1.1 delle NTC 2018 riporta le seguenti classi di resistenza:

Classe di resistenza	
C 8/10	C 40/50
C 12/15	C 45/55
C 16/20	C 50/60
C 20/25	C 55/67
C 25/30	C 60/75
C 28/35	C 70/85
C 30/37	C 80/95
C 32/40	C 90/105
C 35/45	



La forza di compressione viene applicata molto lentamente, con dei gradienti prestabiliti dalle normative, in modo da permettere una corretta distribuzione delle tensioni ed evitare un incremento di resistenza che potrebbe apparentemente falsare i risultati; infatti più velocemente si applica la forza e più resistenza oppone il calcestruzzo, perché il danneggiamento non ha il giusto tempo di propagarsi





Diga nei pressi di Krichim (Bulgaria)



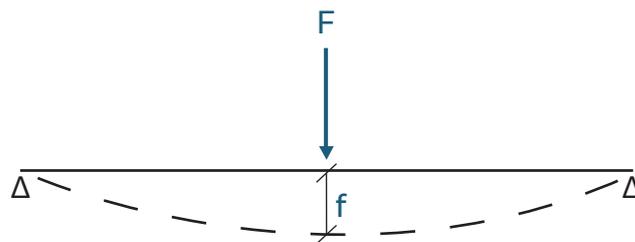
3.3 COMPORTAMENTO A ROTTURA

Per conoscere il comportamento del calcestruzzo armato a rottura è necessario introdurre le modalità di collasso tipiche che possono presentarsi.

Nella formulazione bisogna far riferimento ad alcune ipotesi fondamentali di partenza, che riguardano principalmente la conservazione delle sezioni piane durante la deformazione e la perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo.

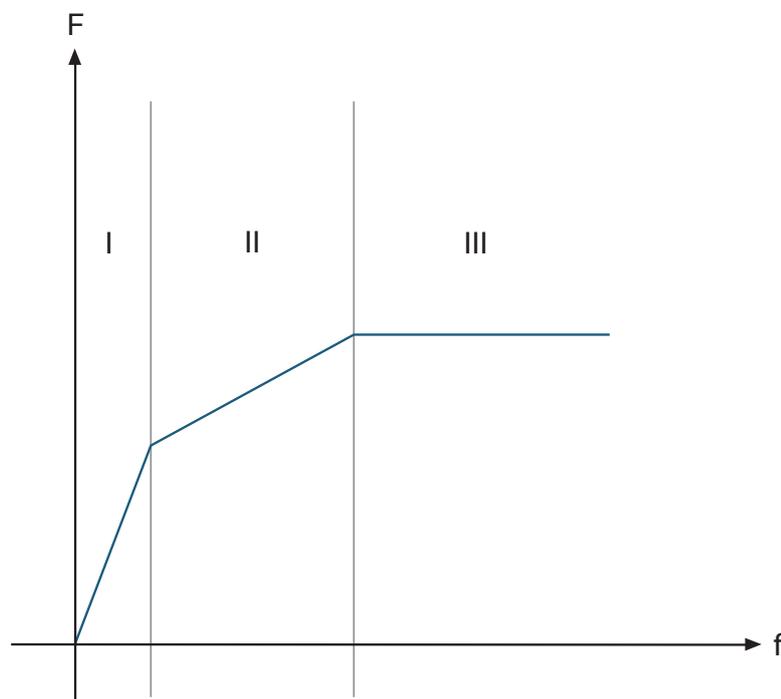
Si consideri un elemento in calcestruzzo armato con correnti longitudinali inferiori e superiori e delle staffe trasversali, semplicemente appoggiato a cui viene applicato un carico concentrato F in mezzeria con incrementi gradualmente e si misuri l'abbassamento progressivo f .

Schema statico prova a rottura



Aumentando il carico F possiamo approssimare l'andamento del grafico sollecitazione-deformazione come lineare, individuando 3 stadi.

Diagramma a rottura del calcestruzzo



STADIO I

In questa prima fase F è ancora molto piccola e il comportamento è elastico-lineare. Il calcestruzzo è ancora integro e si considera reagente anche se sottoposto a trazione, poiché le tensioni sono ancora inferiori a quelle di rottura.

Lo Stadio I termina quando la tensione applicata è pari alla resistenza a trazione del calcestruzzo, e si crea la prima fessurazione al centro dell'elemento.

Il motivo per cui è inserita l'armatura metallica è proprio per sopperire alla scarsa resistenza a trazione del calcestruzzo, infatti conseguentemente alla prima fessurazione le tensioni si trasferiscono dal calcestruzzo all'armatura metallica che deve essere superiore ad un certo valore minimo per evitare rotture di tipo fragile al termine dello Stadio I.

STADIO II

La prova di carico può continuare dopo la prima fessurazione se è presente in zona tesa un quantitativo di armatura sufficiente a sopportare il momento flettente prodotto dal carico.

Le fessure diventano più numerose e il grafico si inclina perché l'elemento fessurato è più fragile, quindi a piccoli incrementi di carico corrispondono maggiori deformazioni rispetto allo Stadio I.

Nella realtà tra due sezioni fessurate, a causa dell'aderenza con le barre d'acciaio che lo attraversano, il conglomerato continua ad essere teso e collabora con l'acciaio fornendo un contributo irrigidente (*tension stiffening*), che però viene trascurato nella valutazione della capacità portante allo Stato Limite Ultimo.

Lo Stadio II termina con il collasso dell'elemento.

STADIO III

Nello Stadio III il collasso avviene per schiacciamento del calcestruzzo compresso che può essere preceduto o meno dallo snervamento dell'acciaio.

FRAGILITÀ E DUTTILITÀ

Osservando gli stadi appena descritti si possono individuare fondamentalmente due tipi di collasso, di tipo fragile e di tipo duttile.

Il collasso di tipo fragile può verificarsi allo Stadio III se l'armatura metallica è talmente sovradimensionata al punto da non raggiungere la tensione di snervamento prima che il calcestruzzo collassi a compressione. In questo caso la rottura fragile avviene per schiacciamento del calcestruzzo compresso con l'acciaio ancora in fase elastica, è repentina e imprevedibile, non preceduta da alcun tipo di segnale che possa preannunciare una crisi, e rappresenta sicuramente la situazione più sfavorevole perché non garantisce la salvaguardia delle persone e non assicura il tempo necessario per evacuare l'edificio.

Parallelamente una rottura fragile può verificarsi anche al termine dello Stadio I se l'armatura minima è insufficiente ad assorbire le sollecitazioni di trazione dopo la prima fessurazione.

Dal legame costitutivo σ - ϵ dell'acciaio sappiamo che questo una volta snervato entra in fase plastica conservando ancora una resistenza residua tramite un ramo incrudente del grafico tensione-deformazione.

Questa caratteristica permette alla struttura di continuare a deformarsi prima di collassare sfruttando le proprietà plastiche dell'acciaio, e rappresenta certamente la condizione più favorevole, motivo per il quale l'armatura deve essere inferiore ad un certo quantitativo per scongiurare rotture fragili allo Stadio III e superiore a quella minima per quelle allo Stadio I. Quando ciò avviene la rottura sarà di tipo duttile, ed è una tipologia di collasso che il progettista è in grado di governare tramite il corretto quantitativo di armatura.

3.4 CONCLUSIONI

In considerazione di quanto sinteticamente riportato appare evidente quanto sia importante assicurarsi che l'armatura metallica conservi nel tempo le caratteristiche, le dimensioni originarie e le proprietà che consentono ad una struttura in calcestruzzo armato di mantenere adeguati livelli prestazionali, attraverso una corretta manutenzione dell'acciaio e del copriferro in calcestruzzo.

Il copriferro in particolar modo è quello spessore di calcestruzzo adeguatamente dimensionato che si interpone tra le barre d'acciaio perimetrali e la superficie esterna della sezione, e che riveste un ruolo fondamentale perché, oltre ad assicurare la corretta trasmissione delle forze di aderenza tra acciaio e conglomerato, garantisce la necessaria protezione dell'armatura dall'ambiente esterno che potrebbe innescare la corrosione dei tondini, compromettendo nel tempo le caratteristiche meccaniche richieste.

Il copriferro è dimensionato in base al grado di aggressività dell'ambiente esterno, alla sensibilità delle armature alla corrosione e alle dimensioni massime dell'aggregato. Si tratta di un valore tabellato e normato dall'Eurocodice 2 che viene stabilito come spessore minimo in funzione della classe di esposizione ambientale.

Tutto ciò è stato premesso al fine di introdurre dei parametri necessari per comprendere quanto sia importante provvedere a degli interventi di manutenzione che salvaguardino la durabilità del calcestruzzo armato che è condizionata dalle tipologie di degrado a cui lo stesso calcestruzzo è soggetto, e che sono in grado di ridurre, anche significativamente, quella che la normativa tecnica indica come Vita Nominale di una struttura.

▼
Appare evidente quanto sia importante assicurarsi che l'armatura metallica conservi nel tempo le caratteristiche, le dimensioni originarie e le proprietà che consentono ad una struttura in calcestruzzo armato di mantenere adeguati livelli prestazionali, attraverso una corretta manutenzione dell'acciaio e del copriferro in calcestruzzo



La NTC del 2018 al punto 2.4.1 introduce (in realtà già dalla versione del 2009 dopo il terremoto dell'Aquila) il concetto di Vita Nominale di Progetto, definendola come *“il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali”*.

La Vita Nominale di un edificio in calcestruzzo armato con livelli prestazionali ordinari è fissata a 50 anni e non va confusa con la vita utile dell'opera o che un edificio è progettato per rimanere in condizioni di esercizio solo per 50 anni. Si tratta di una misura convenzionale superata la quale è verosimile ipotizzare che l'opera abbia la necessità di interventi di manutenzione straordinaria.

Allo stesso modo al punto 2.4.2 la NTC 2018 definisce le 4 Classi d'uso degli edifici, disposte in ordine crescente in funzione del grado di rilevanza conseguentemente ad un eventuale interruzione di operatività o collasso:

- ▶ **Classe I:** costruzioni con presenza occasionale di persone.
- ▶ **Classe II:** costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali.
- ▶ **Classe III:** costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi (ad esempio teatri, musei e scuole). Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in classe IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza.
- ▶ **Classe IV:** costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie tipo A e B, secondo il codice della strada. Ponti e reti viarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione dell'energia elettrica.

L'introduzione di Vita Nominale e Classe d'uso consente al legislatore di disporre di strumenti più efficaci per approcciare in maniera più esaustiva un concetto estremamente sensibile come quello del Rischio Sismico.

▼
La Vita Nominale di un edificio in calcestruzzo armato con livelli prestazionali ordinari è fissata a 50 anni e non va confusa con la vita utile dell'opera o che un edificio è progettato per rimanere in condizioni di esercizio solo per 50 anni. Si tratta di una misura convenzionale superata la quale è verosimile ipotizzare che l'opera abbia la necessità di interventi di manutenzione straordinaria.

▲

Già dall'inizio del secolo scorso in Italia in realtà si iniziava a parlare di Rischio Sismico, prevedendo una macro suddivisione in sole due zone del territorio nazionale sulla base di eventi sismici già avvenuti. Solo nei primi anni 2000 con l'emanazione del P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, l'Italia si è dotata di una classificazione sismica dell'intero territorio suddiviso in 4 categorie in funzione del grado di sismicità:

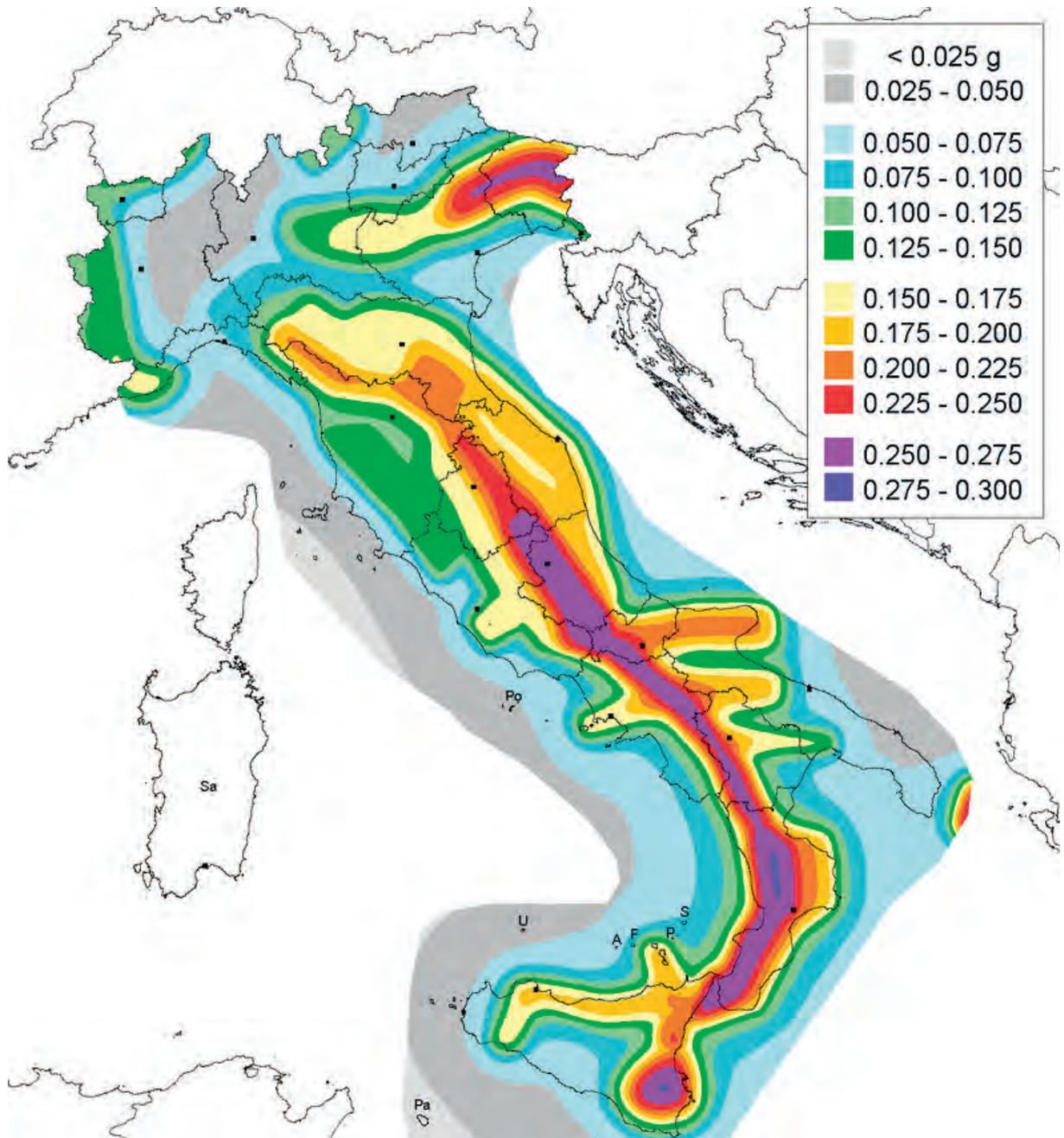


La carta sismica è in continuo aggiornamento perché è frutto di elaborazioni statistiche di eventi avvenuti in passato, questo perciò non esclude la possibilità che un territorio ad oggi classificato con bassa sismicità possa, a seguito di un terremoto senza precedenti, ritrovarsi in una zona diversa rispetto a quella di partenza.

Ad oggi rientrano nelle zone ad alta sismicità (1 e 2) più di 3000 mila comuni italiani.

Da un recente censimento circa un terzo degli edifici del patrimonio edilizio nazionale è realizzato in calcestruzzo armato. Si tratta all'incirca di 4.200.000 edifici di cui il 45% (oltre 1.900.000) è stato costruito tra gli anni '60 e '70 del '900, mentre il 10% (circa 420.000) appare in mediocre o addirittura in pessimo stato di conservazione.

Riprendendo quindi il concetto di Vita Nominale e valutando i numeri appena riportati, attualmente in Italia circa 2 milioni di edifici avrebbero bisogno urgente di interventi di manutenzione straordinaria.



Mappa sismica INGV - 2004



4

DURABILITÀ
E DEGRADO

Il paragrafo 2.1 della NTC 2018 definisce la durabilità come *“la capacità della costruzione di mantenere, nell’arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione”*.

Ancora al paragrafo 2.2.4 *“un adeguato livello di durabilità può essere garantito progettando la costruzione, e la specifica manutenzione, in modo tale che il degrado della struttura, che si dovesse verificare durante la sua vita nominale di progetto, non riduca le prestazioni della costruzione al di sotto del livello previsto”*. Possiamo quindi intendere la durabilità come un vero e proprio requisito di un’opera strutturale, che deve essere soddisfatto tenendo conto delle condizioni ambientali in cui l’opera sarà realizzata, perché queste, al pari delle modalità esecutive, influenzano le proprietà e le caratteristiche della costruzione, innescando potenzialmente dannosi fenomeni di degrado.

Data la classe d’uso e la vita nominale di un’opera, dovranno definirsi le tipologie di degrado che possono verificarsi nei confronti del calcestruzzo armato sulla base delle condizioni ambientali presenti, determinando così la classe di esposizione ambientale. In funzione di questa saranno poi determinati i parametri prestazionali minimi come la classe di resistenza, la classe di consistenza, il diametro massimo dell’aggregato, lo spessore dell’interferro e del copriferro.

Il concetto di durabilità è subordinato alla capacità del calcestruzzo di proteggere le armature metalliche ed è strettamente legato all’esposizione ambientale della struttura.

Realizzare un’opera durevole perciò significa sostanzialmente prevenirne il degrado e risulta quindi di estrema importanza definire quali sono le tipologie di aggressione più frequenti a cui il calcestruzzo armato è soggetto.

▼ Possiamo intendere la durabilità come un vero e proprio requisito di un’opera strutturale, che deve essere soddisfatto tenendo conto delle condizioni ambientali in cui l’opera sarà realizzata, perché queste, al pari delle modalità esecutive, influenzano le proprietà e le caratteristiche della costruzione, innescando potenzialmente dannosi fenomeni di degrado



La corrosione delle armature metalliche ha espulso il copriferro. A causa dell’armatura troppo fitta il calcestruzzo non è penetrato negli interferri



Le travi di bordo di impalcanti sono le più esposte a fenomeni di degrado



4.1 AGGRESSIONI DI TIPO CHIMICO

Il degrado più frequente nelle strutture in calcestruzzo armato riguarda certamente la corrosione dell'armatura metallica, che è causata dall'interazione elettrochimica dei metalli con l'ambiente circostante e con l'azione aggressiva degli agenti presenti in aria, in acqua e nei terreni.

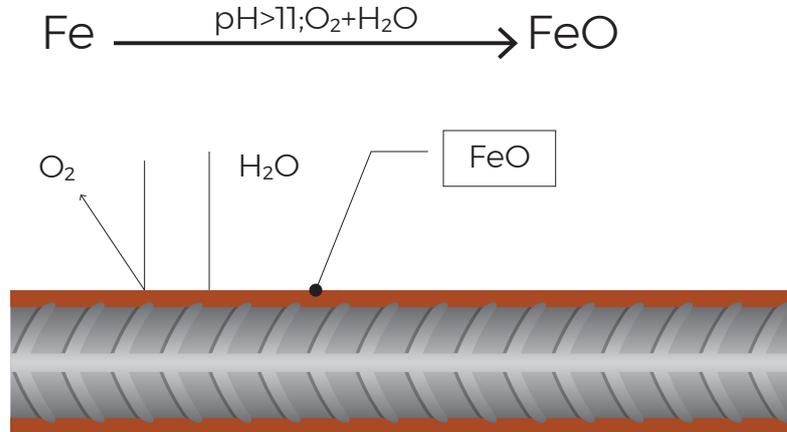
Possiamo distinguere tra le principali aggressioni di natura chimica:

- ▶ **Aggressione da anidride carbonica: il fenomeno della carbonatazione**
- ▶ **Aggressione da cloruri**
- ▶ **Reazione alcali-aggregati (ASR)**
- ▶ **Aggressione da solfati**

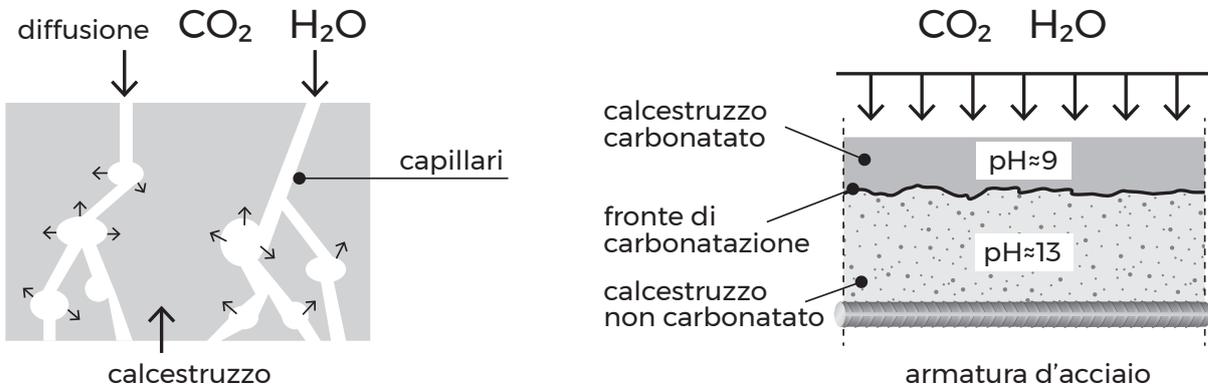
4.1.1. AGGRESSIONE DA ANIDRIDE CARBONICA: IL FENOMENO DELLA CARBONATAZIONE

La carbonatazione è un processo chimico per il quale nel calcestruzzo indurito, a seguito dell'ingresso di anidride carbonica, si crea carbonato di calcio. La carbonatazione di per sé non è dannosa per il conglomerato cementizio poiché non ne altera le prestazioni meccaniche, anzi può persino provocare un indurimento della superficie esterna del calcestruzzo, ma rappresenta tuttavia un fenomeno molto insidioso perché crea le condizioni affinché si inneschi la corrosione delle armature metalliche.

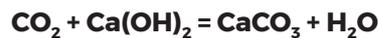
Da un punto di vista chimico nella realizzazione di un calcestruzzo il cemento idratandosi produce idrossido di calcio Ca(OH)_2 che aumenta l'alcalinità del calcestruzzo, fino a valori di pH $> 12,5 \div 13,5$. In questo ambiente fortemente alcalino si sviluppa ossido di ferro Fe_2O_3 che crea attorno alle barre d'armatura una pellicola protettiva, impermeabile e compatta, isolando la massa metallica dall'ossigeno e dall'acqua, e rendendola allo stesso tempo passiva, cioè in condizioni tali per cui la velocità di corrosione è talmente bassa da ritenerla trascurabile. Finché permane questa favorevole condizione l'acciaio continua ad essere integro ed efficiente, ed è impedita la formazione di ruggine.



La penetrazione di anidride carbonica CO₂ avviene dall'esterno verso l'interno e la migrazione può essere influenzata da molteplici fattori come la porosità della pasta cementizia, le eventuali fessurazioni presenti e un copriferro troppo sottile.

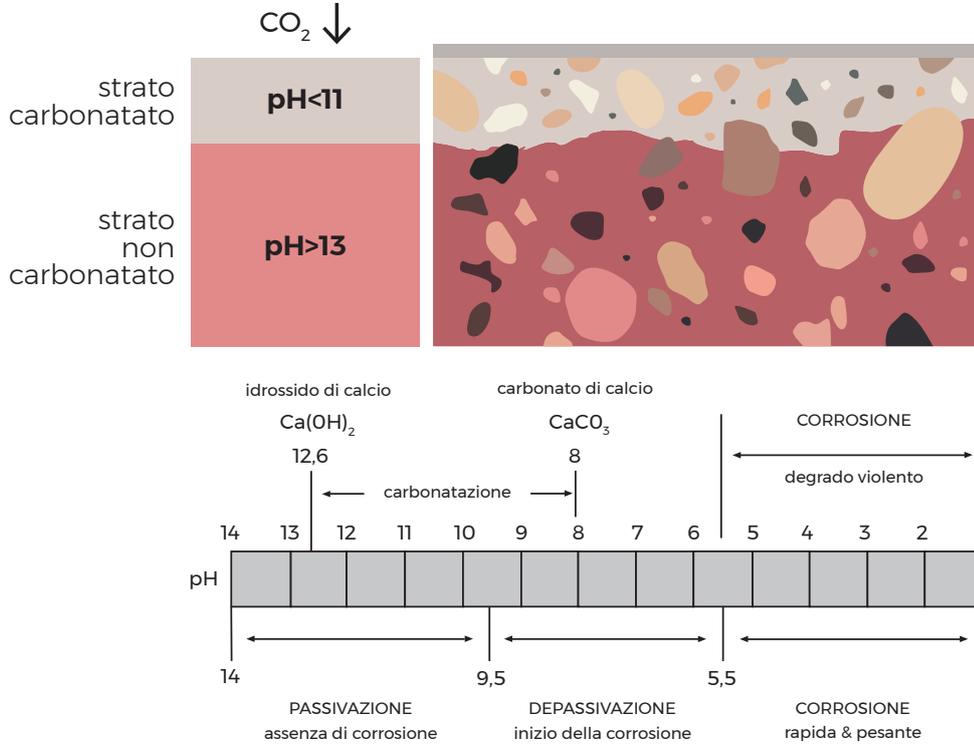


La presenza di idrossido di calcio Ca(OH)₂, derivante dall'idratazione del cemento, e di anidride carbonica CO₂ innesca il fenomeno della carbonatazione del calcestruzzo tramite la formazione di carbonato di calcio CaCO₃, secondo la seguente reazione:

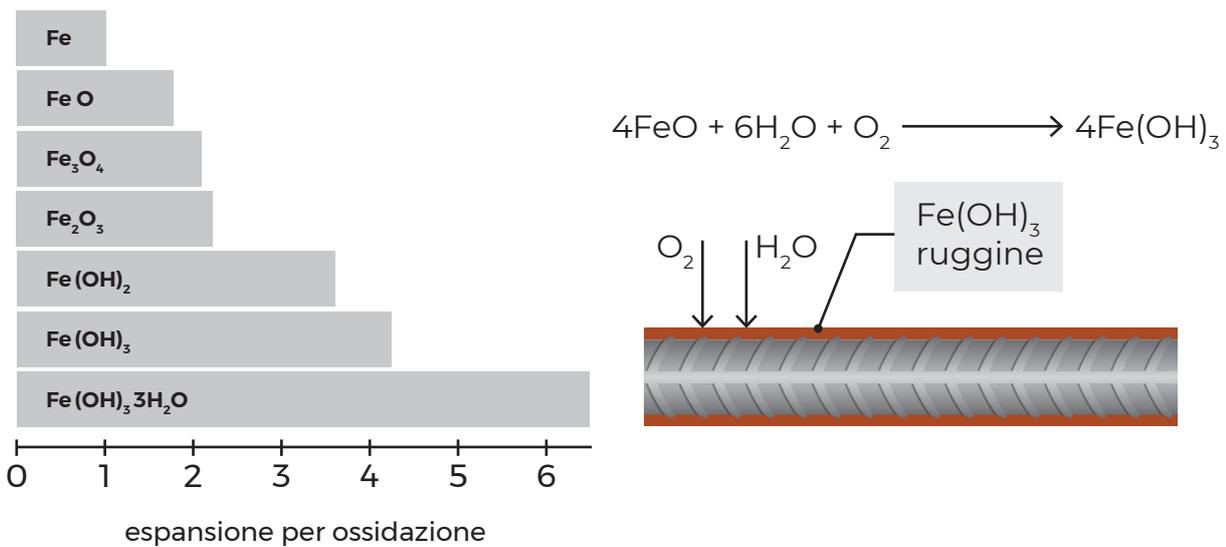


La carbonatazione abbatte il tenore alcalino del conglomerato portandolo a valori di pH < 8÷9. Nei calcestruzzi compatti e densi questo fenomeno si limita generalmente allo strato superficiale per pochi millimetri, ma in presenza di fessurazioni e porosità può penetrare nella pasta cementizia attraversando il copriferro fino a raggiungere le barre di armatura.

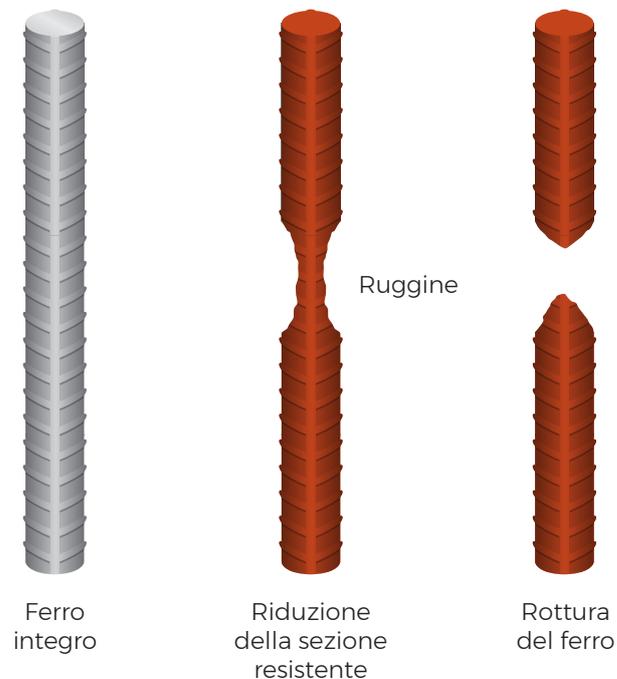
La riduzione del pH della soluzione fino a valori inferiori a 9÷10 fa sì che il calcestruzzo non assicuri più le condizioni di passività delle armature.



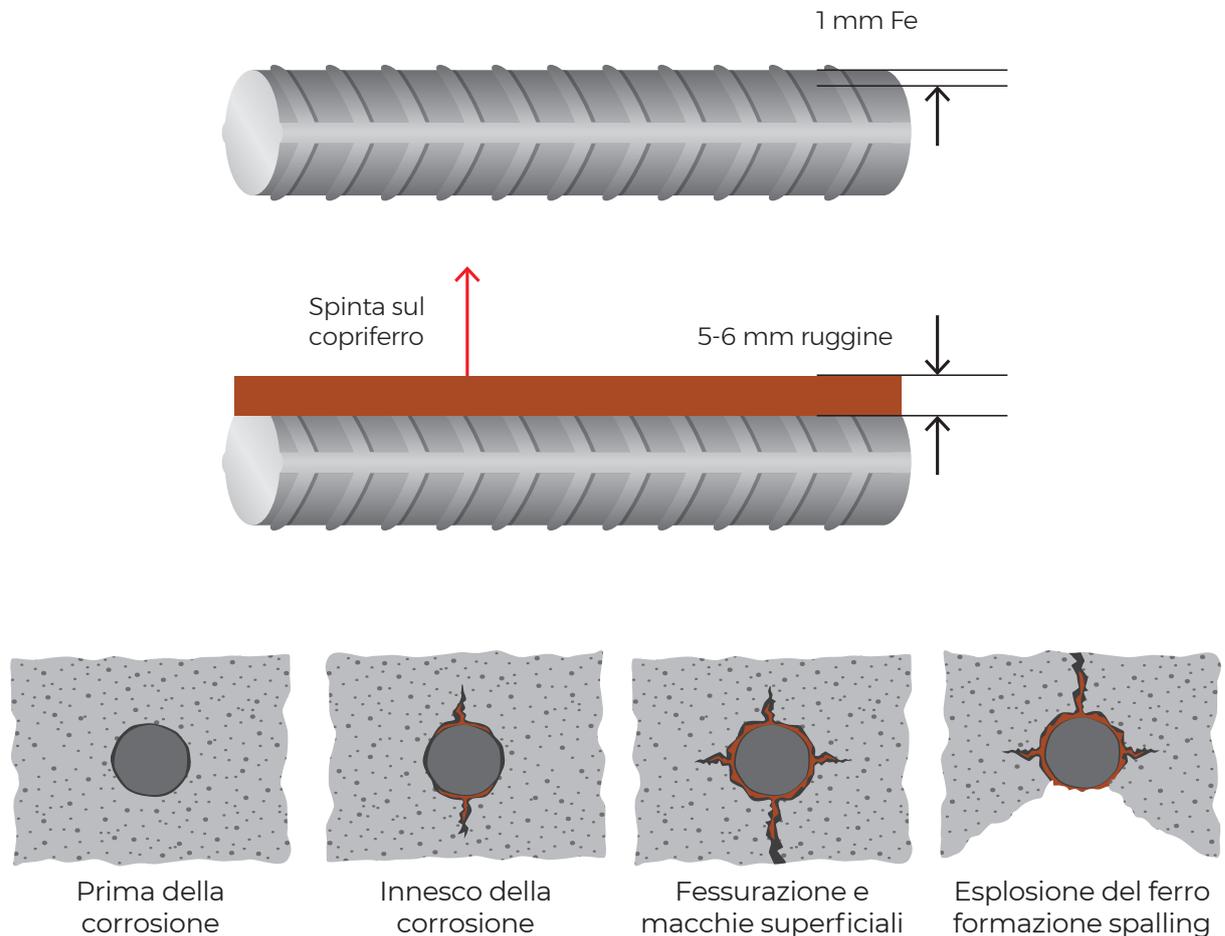
La pellicola di ossido di ferro Fe₂O₃ che proteggeva i ferri diventa porosa, incoerente e permeabile all'ingresso di ossigeno e acqua che aggrediscono la massa metallica fino allo sviluppo di idrossido di ferro Fe(OH)₂, innescando così il processo di corrosione delle armature metalliche che ha una progressione repentina.



- Aggredisce la barra metallica assottigliandone la sezione resistente, con ripercussioni sulla capacità portante e sulla resistenza a fatica, fino alla rottura della barra;

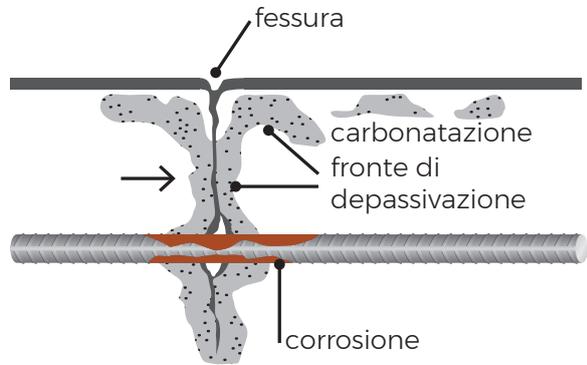
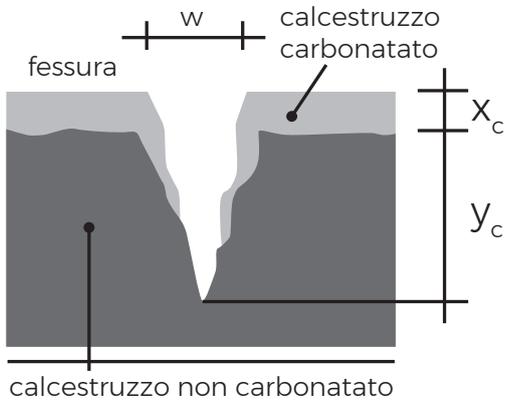


- Comporta la perdita di aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- Crea una patina di ruggine attorno alle barre che aumenta il proprio volume di circa 6÷7 volte rispetto alla configurazione iniziale. Queste espansioni volumetriche determinano delle tensioni sul calcestruzzo che, al raggiungimento della sua resistenza a trazione, provocano le prime fessurazioni. Il processo degenerativo avanza progressivamente e si conclude con lo *spalling*, cioè l'espulsione completa del copriferro, lasciando le armature a diretto contatto con gli agenti atmosferici;



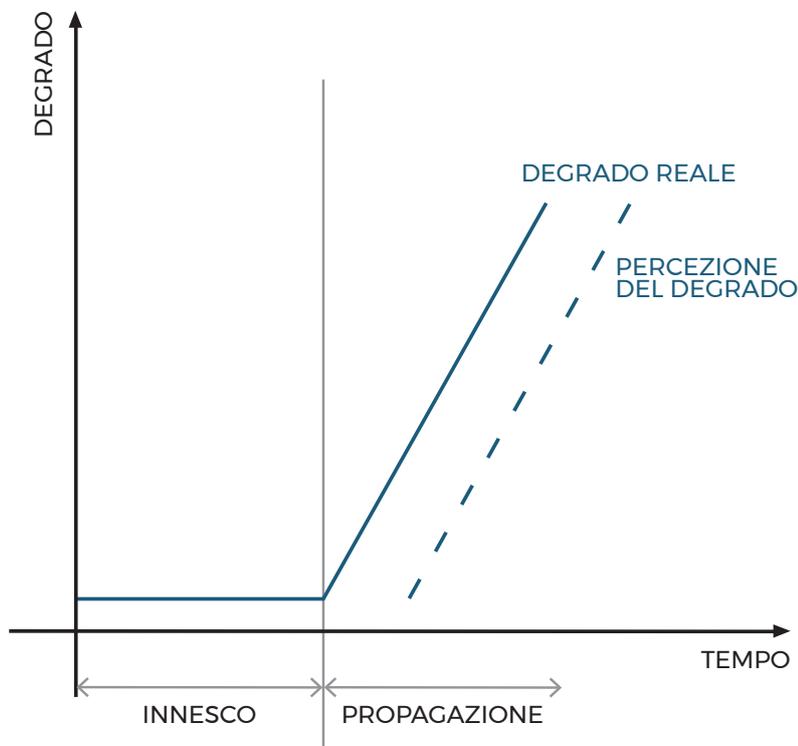
I fenomeni corrosivi possono essere insidiosi perché solo apparentemente a prima vista si ha la percezione che i degradi siano confinati a ridotte porzioni delle superfici con semplici difformità estetiche, ma nella realtà le loro conseguenze sono molto più severe, legate anche ad aspetti strutturali e di sicurezza. Un intervento di ripristino localizzato in corrispondenza dei difetti visibili non è risolutivo perché anche su porzioni apparentemente sane con buona probabilità la corrosione è già in atto.

Inizialmente le armature sono passive, avvolte da un calcestruzzo alcalino che le protegge. In seguito l'anidride carbonica inizia a penetrare all'interno del calcestruzzo a partire dagli strati superficiali, a causa di fessure o copriferri inadeguati.



Come si osserva nel diagramma di Tuutti, il periodo di innesco termina quando lo strato di calcestruzzo carbonatato è pari al copriferro, superato il quale la corrosione inizia a propagarsi in maniera repentina, mentre la percezione del degrado arriva più lentamente, quando nella realtà è in fase molto più avanzata.

Diagramma di Tuutti



La durata del periodo di innesco è tanto più breve quanto minore sarà lo spessore del copriferro, mentre la velocità di penetrazione diminuirà nel tempo all'aumentare della profondità. La penetrazione della carbonatazione può essere descritta dalla seguente legge:

$$x = K\sqrt{t}$$

Dove:

- ▶ **x** = spessore del calcestruzzo carbonatato [mm]
- ▶ **K** = coefficiente di carbonatazione [mm/anni^{1/2}]
- ▶ **t** = tempo [anni]

La legge che descrive la penetrazione della carbonatazione per calcestruzzi porosi ha un andamento parabolico, dove la velocità è funzione del coefficiente di carbonatazione K che dipende da molteplici fattori ambientali, come le alte temperature, le alte concentrazioni di CO₂ ad esempio in ambiente urbano, ma soprattutto il tenore di umidità relativa (U.R.).

Un alto tasso di umidità è infatti essenziale affinché si sviluppi corrosione, poiché l'acqua contenuta nei pori capillari è il mezzo tramite il quale l'anidride carbonica e l'ossigeno possono diffondersi nel calcestruzzo verso i ferri di armatura.

Influenzano il fenomeno anche le proprietà del calcestruzzo come il grado di alcalinità (cioè la capacità di fissare la CO₂, che dipende linearmente dalla quantità e dalla qualità del cemento utilizzato) e un rapporto troppo alto di A/C, che produrrebbe un calcestruzzo eccessivamente poroso e permeabile, facilitando quindi l'ingresso di CO₂.

Rapporto A/C	Coefficiente K [mm/anno ^{1/2}]
0,40	3,8
0,50	7,0
0,60	10,1
0,70	12,3
0,80	15,1

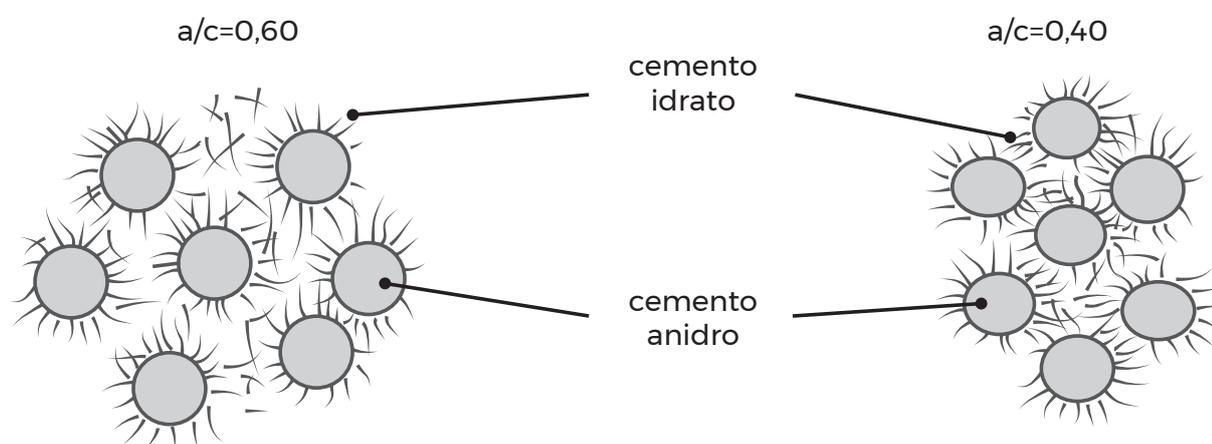
Tabella 1

Nella Tabella 1 (Tabella 10.2 - M. Collepardi, S. Collepardi, R. Troli - Il nuovo calcestruzzo) si riportano i valori esemplificativi del coefficiente K per la carbonatazione in funzione del rapporto A/C in un calcestruzzo con cemento CEM IIA-L 32,5N, con U.R. = 65%.

ACCORGIMENTI

Per limitare le possibilità che entri CO_2 e quindi dilatare i tempi di innesco della carbonatazione, è possibile adottare alcuni accorgimenti specifici come ad esempio un rapporto A/C più basso, utilizzando quindi un calcestruzzo più denso, chiuso e compatto, e incrementare gli spessori del copriferro compatibilmente con quanto previsto dalle normative cogenti per le rispettive classi di esposizione ambientale.

Idratazione del cemento (Figura 3.9 - M. Collepardi, S. Collepardi, R. Troli - Il nuovo calcestruzzo)



Abbiamo detto che l'idratazione del cemento produce silicati di calcio idrati (C-S-H), alluminati di calcio idrati (C-A-H) e idrossido di calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

I silicati di calcio idrati in particolare (C-S-H), che sono di natura prevalentemente fibrosa, sviluppano dei legami aghiformi con i granuli di cemento che conferiscono al calcestruzzo alte resistenze meccaniche e durabilità.

Un'eventuale acqua in eccesso si posiziona tra i singoli grani di cemento allontanandoli reciprocamente, con un intreccio allentato che determina un decadimento delle resistenze meccaniche, e una pasta porosa e pertanto permeabile all'acqua e all'ingresso di agenti aggressivi. Diminuendo il rapporto A/C si garantisce una pasta più densa e compatta, e una microstruttura meno porosa in grado di proteggere la matrice cementizia dall'ingresso di CO_2 .



Pulvino e travi degradate per effetto della carbonatazione

Carbonatazione diffusa su spalla autostradale



Calcestruzzo carbonatato e corrosione dell'armatura metallica

4.1.2 AGGRESSIONE DA CLORURI

La presenza di elevate quantità di cloruri solubili nel calcestruzzo innesca il fenomeno della corrosione perché aggredisce il film passivante delle armature alterando lo strato di ossido.

Il fenomeno è particolarmente frequente in ambienti in cui il contenuto di cloruri è molto alto, come le acque marine o i sali disgelanti.

In presenza di anidride carbonica CO_2 l'abbassamento del pH sotto certi valori provoca una disgregazione generalizzata del film protettivo delle armature. La presenza di cloruri, entro certi valori, provoca invece una distruzione localizzata del film protettivo.

In entrambi i casi però i fattori distruttivi sono ossigeno e acqua a diretto contatto con le armature.

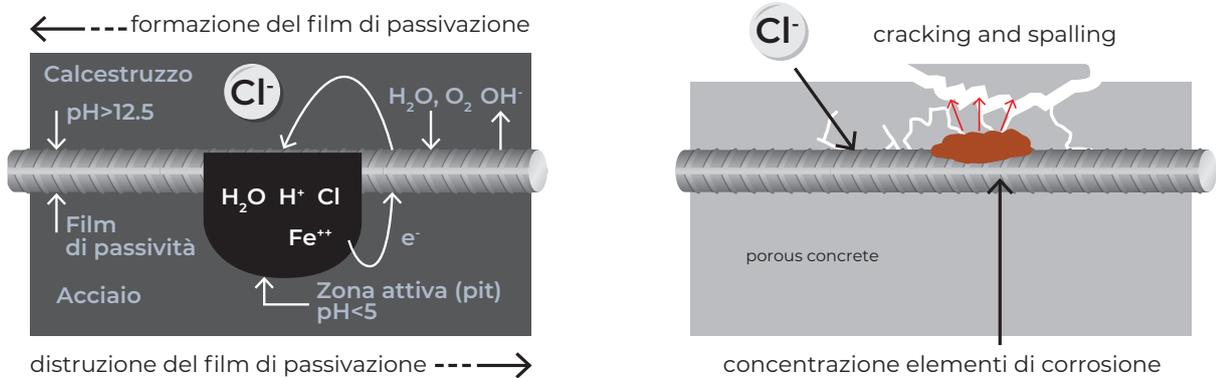
I cloruri, oltre a provocare la corrosione dell'armatura, possono aggredire e danneggiare direttamente il calcestruzzo. Questo accade ad esempio con il cloruro di calcio CaCl_2 che viene utilizzato come sale disgelante nelle infrastrutture stradali di montagna e non solo, o nelle pavimentazioni esterne.

La presenza di fessurazioni o copriferri sottodimensionati può agevolare l'ingresso del cloruro di calcio CaCl_2 che, penetrando, reagisce con l'idrossido di calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (dovuto al processo di idratazione del cemento) sviluppando ossicloruro di calcio idrato $3\text{CaO} \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$, secondo la seguente reazione:



Come per la carbonatazione, anche in questo caso la reazione è di natura espansiva, provoca fenomeni di rigonfiamento, fessurazione e distacco del materiale. Tuttavia è importante sottolineare che la penetrazione dei cloruri provoca la depassivazione dei ferri di armatura anche in un calcestruzzo non carbonatato, cioè con valori di $\text{pH} > 12,5 \div 13$.

Il processo elettrochimico di corrosione, come per la carbonatazione, è innescato con la presenza di ossigeno e acqua, ma in questo caso la distruzione del film protettivo se il calcestruzzo non è carbonatato avviene in maniera localizzata sulla superficie della barra, spesso non accompagnata dalla formazione di ruggine espansiva (*pitting*), il che la rende estremamente insidiosa in quanto il fenomeno non è facilmente rilevabile.



Lo ione cloruro Cl⁻ è un elettrolita che sottrae elettroni dalla zona anodica rispetto a quella circostante su cui invece ha luogo l'azione riducente, cioè quella catodica.

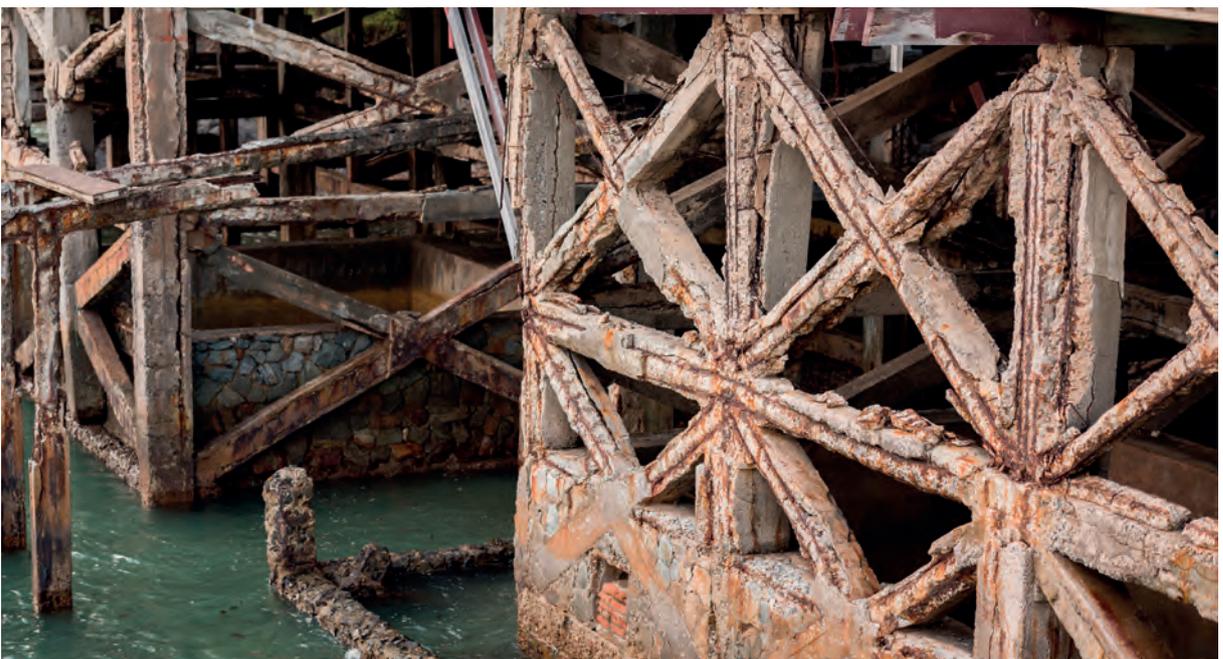
La differenza di potenziale innesca un attacco localizzato con la concentrazione degli elementi di corrosione.

Il fattore che concorre al degrado è anche in questo caso il forte tenore di umidità, infatti per opere totalmente immerse in acque marine le porosità del conglomerato cementizio saranno sempre sature, frenando di fatto l'ingresso di ossigeno. Per queste strutture sono le zone di transizione con la superficie esterna, esposte a cicli periodici di bagnatura e asciugatura causati dal moto ondoso delle maree, quelle più soggette al degrado.



Aggressione da cloruri per sali disgelanti su viadotto di alta montagna

Aggressione da cloruri per sali disgelanti causati da insufficiente regolamentazione delle acque meteoriche

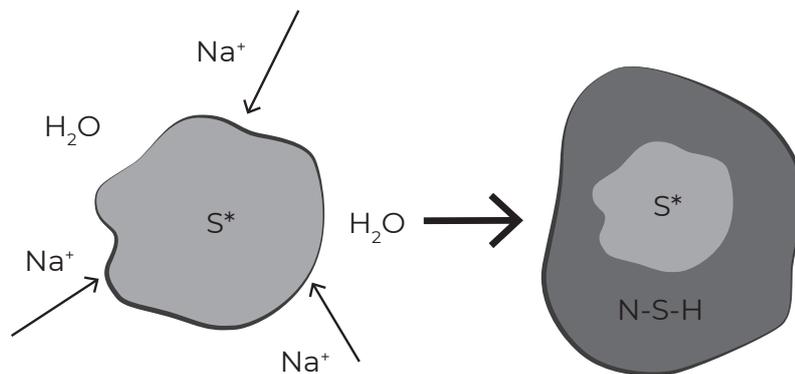


Aggressione da cloruri su bagnasciuga

4.1.3 REAZIONE ALCALI-AGGREGATI (ASR)

Un tipo specifico di aggressione da cloruri è quella provocata dal cloruro di sodio NaCl, anche questo utilizzato come sale disgelante nelle infrastrutture stradali, per calcestruzzi confezionati con aggregati alcali-reattivi, cioè capaci di reagire con sodio e potassio.

La presenza di alcali nel calcestruzzo come sodio e potassio, dovuta al processo di idratazione del cemento o all'ingresso dall'esterno del cloruro di sodio NaCl, e di un particolare tipo di silice amorfa reattiva, eventualmente presente in alcuni aggregati, innesca in ambiente umido una reazione che prende il nome di alcali-silice (ASR).



La silice amorfa reattiva S^* a contatto in soluzione acquosa con ioni di sodio, potassio e idrossidi, sviluppa silicati idrati di sodio (N-S-H), determinando un'espansione volumetrica.

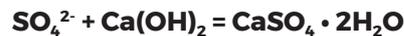
Il degrado provocato da questa reazione chimica si può manifestare in diverse forme come un rigonfiamento corticale preceduto da una fessurazione a ragnatela estesa e diffusa.

Il fenomeno nella fattispecie è insidioso perché la reazione avviene molto lentamente, scatenando il degrado quando la struttura è ormai da tempo in condizioni di esercizio.

4.1.4 AGGRESSIONE DA SOLFATI

L'aggressione da solfati è un attacco di natura chimica che si manifesta attraverso un rigonfiamento del conglomerato, soprattutto nelle zone corticali. I più comuni sono i solfati di sodio, potassio, calcio, magnesio, ammonio, che possono trovarsi nelle acque marine, nei terreni, in ambienti industriali o anche direttamente all'interno dei conglomerati cementizi, per via delle impurità eventualmente presenti nelle superfici degli aggregati in fase di miscelazione.

Lo ione solfato SO_4^{2-} penetra nel calcestruzzo indurito e reagisce con l'idrossido di calcio $Ca(OH)_2$ già presente dal processo di idratazione del cemento, sviluppando gesso biidrato $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, secondo la seguente reazione:



In funzione delle temperature e del grado di umidità, il gesso biidrato $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ può ulteriormente reagire sviluppando ettringite secondaria o thaumasite.

ETTRINGITE SECONDARIA

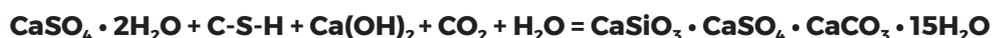
Il gesso biidrato può reagire a sua volta con gli alluminati di calcio idrati (C-A-H) dando origine all'ettringite secondaria, mediante un processo fortemente espansivo, con evidenti fessurazioni superficiali generalmente senza andamenti preferenziali, secondo la seguente reazione:



Il degrado avanza con dei rigonfiamenti corticali che modificano la planarità delle superfici e aumentano l'ampiezza delle fessure, infine distaccamenti ed espulsioni dello strato corticale. Per contenere il fenomeno sarà necessario ridurre il rapporto A/C e utilizzare cementi con aggiunte pozzolaniche che consumano l'idrossido di calcio $Ca(OH)_2$ e limitano le conseguenze dell'attacco solfatico, perché si forma minor quantitativo di gesso.

THAUMASITE

Il gesso biidrato può reagire a sua volta anche con i silicati di calcio idrati (C-S-H) e con il carbonato di calcio $CaCO_3$ (e quindi con l'anidride carbonica CO_2) dando origine alla thaumasite, secondo la seguente reazione:



Attacco solfatico da sostanze chimiche aggressive

In questo caso il processo è fortemente distruttivo però senza effetti espulsivi, caratterizzato da una totale disgregazione della pasta cementizia, trasformando il calcestruzzo in un materiale completamente incoerente. La formazione di thaumasite è un fenomeno devastante ma piuttosto raro perché necessita di condizioni ambientali molto severe, quali basse temperature ($< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) e tenori di umidità molto elevati (U.R. $> 95\%$).



4.2 AGGRESSIONI DI TIPO FISICO

Rientrano tra le principali aggressioni fisiche:

- ▶ **Azione disgregante dei cicli gelo-disgelo**
- ▶ **Deformazioni dimensionali termiche**
- ▶ **Ritiro idraulico**
- ▶ **Erosione**
- ▶ **Abrasione**

AZIONE DISGREGANTE DEI CICLI GELO-DISGELO

I danni dovuti ai cicli gelo-disgelo sono legati all'aumento di volume dell'acqua in seguito al congelamento (circa il 9% in più), generando delle pressioni espansive che tendono a fratturare la pasta cementizia tra gli aggregati. Le basse temperature e l'assenza di macroporosità nel conglomerato sono favorevoli al degrado, unitamente ad un alto livello di umidità e aria inglobata.

L'osservazione visiva, oltre al tipo di esposizione, permette di riconoscere il fenomeno che generalmente si presenta attraverso uno sfarinamento superficiale o uno sgretolamento della malta cementizia attorno agli aggregati grossi, in funzione della presenza o meno di sali disgelanti.

DEFORMAZIONI DIMENSIONALI TERMICHE

Temperature troppo elevate sono fortemente dannose per il calcestruzzo, perché potrebbero compromettere le resistenze dell'armatura nel caso in cui ci sia un copriferro sottodimensionato. Queste infatti per effetto del calore aumentano il loro volume creando ossido che spinge sulla matrice cementizia.

Allo stesso modo bruschi cali termici, ad esempio durante lo spegnimento di un incendio, potrebbero trasformare l'ossido in calce, determinando un effetto disintegrante sul calcestruzzo.

RITIRO

Il ritiro è il fenomeno per il quale il calcestruzzo subisce una variazione del proprio volume durante la fase di presa e indurimento causato dalla progressiva perdita di acqua contenuta nella pasta cementizia. Può determinarsi una contrazione di volume o un rigonfiamento, rispettivamente se la maturazione avviene in aria o in acqua.

Nel caso di perdita di acqua per evaporazione, possiamo distinguere due tipologie principali di ritiro: plastico e idraulico.

Il ritiro plastico avviene nel breve termine a poche ore dal getto quando ancora il calcestruzzo è nella fase plastica, quello idraulico si manifesta invece nel medio/lungo termine, nei primi mesi di stagionatura.

Entrambi portano alla formazione di cavillature e fessurazioni superficiali, diversamente distribuite, dovute all'evaporazione dell'acqua verso un ambiente esterno insaturo di vapore, con tassi di umidità relativa $UR < 95\%$; tuttavia è il ritiro idraulico quello più diffuso e causa principale della formazione di fessure, poiché tutte le strutture non sommerse sono potenzialmente interessate da ritiro idraulico.

Tra i fattori che influenzano il fenomeno, oltre alle alte temperature esterne e i bassi tassi di umidità, ci sono un rapporto acqua/cemento troppo alto e un rapporto inerte/cemento troppo basso. Gli inerti infatti non partecipano al processo di idratazione del cemento e si oppongono al ritiro proporzionalmente alla loro rigidità.



Degrado da erosione



Degrado da cicli gelo-disgelo

4.3 AGGRESSIONI DI TIPO MECCANICO

Rientrano tra le principali aggressioni meccaniche:

URTI



TERREMOTI



ESPLOSIONI



FENOMENI
DI FATICA



Urto



Terremoto

Anche intuitivamente sappiamo già come un urto, un'esplosione o un terremoto possono provocare un dissesto strutturale, vale la pena però sottolineare la risposta del calcestruzzo ad un tipo di carico non distruttivo applicato ciclicamente che può portare, anche non nell'immediato, a danni imprevisi e imprevedibili, a causa delle caratteristiche peculiari del calcestruzzo cioè rigidità e quindi fragilità.

È il caso di una sollecitazione a fatica applicata ad esempio sui giunti stradali dal continuo passaggio di mezzi pesanti che, per essere correttamente assorbita, richiederebbe un grado di elasticità che il calcestruzzo non possiede, portando dopo molti cicli al degrado per fessurazione o disgregazione del manufatto.

4.4 DIFETTI DI REALIZZAZIONE

A margine delle diverse aggressioni che il calcestruzzo può subire è importante sottolineare come buona parte dei degradi possono essere evitati, o quanto meno contenuti, adottando delle specifiche accortezze durante la realizzazione e la posa del calcestruzzo stesso.

La qualità e la miscelazione delle materie prime rivestono un ruolo molto importante, gli inerti dovranno essere distribuiti secondo un'omogenea curva granulometrica bilanciando parte grossa e parte fine, un corretto rapporto acqua - cemento per evitare un eccessivo ritiro plastico o un impasto troppo fluido che abbatta le prestazioni.

Eseguire correttamente le operazioni di getto, seppur apparentemente semplici, è fondamentale per una buona realizzazione e per il pieno sviluppo delle resistenze attese.

Durante la posa occorre adottare delle misure che prevengano la segregazione dell'impasto, che avviene ad esempio quando il conglomerato cade liberamente dall'alto urtando le armature e le pareti dei casseri. L'aggregato grosso si separa dal resto del conglomerato e si concentra in porzioni limitate creando nidi di ghiaia o vespai, lasciando l'acqua affiorare superiormente nei casseri. In questo caso sarà necessario utilizzare degli scivoli o dei tubi per accompagnare l'impasto fresco fino al fondo delle casseforme.

Tra le operazioni sensibili del getto rientrano sicuramente il controllo e la pulizia delle casseforme, una corretta vibrazione evitando il contatto dell'ago con le armature e mantenendolo sempre in posizione verticale, unitamente ad una corretta protezione del getto dagli agenti atmosferici e dalle brusche variazioni di temperatura, e una perfetta stagionatura cercando di mantenere il più possibile il calcestruzzo all'interno dei casseri.



Pulizia dei casseri



Getto di un cordolo autostradale

4.5 CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE

Per consentire la realizzazione di un'opera durevole la normativa tecnica introduce una classificazione basata sull'interazione tra il calcestruzzo e l'ambiente circostante, individuando delle classi di esposizione ambientale che prescrivono dei parametri dimensionali e prestazionali minimi che il calcestruzzo deve avere in funzione della tipologia di aggressione a cui sarà sottoposto nella sua vita nominale in esercizio.

Al fine di classificare il potenziale degrado la NTC 2018 ed Eurocodice 2 indicano come riferimento normativo la UNI EN 206 e la UNI 11104, individuando 6 classi di esposizione ambientale.

Come riportato dalla UNI 11104, si individuano quindi:

X0 ASSENZA DI RISCHIO DI CORROSIONE O ATTACCO	XC CORROSIONE INDOTTA DA CARBONATAZIONE	XD CORROSIONE INDOTTA DA CLORURI ESCLUSI QUELLI PROVENIENTI DALL'ACQUA DI MARE
XS CORROSIONE INDOTTA DA CLORURI PRESENTI NELL'ACQUA DI MARE	XF ATTACCO DEI CICLI GELO/DISGELO CON O SENZA SALI DISGELANTI	XA ATTACCO CHIMICO

Queste classi a loro volta sono suddivise in 17 sottoclassi disposte in ordine crescente in funzione dell'entità del degrado.

In funzione della classe, o della combinazione di classi, il progettista deve individuare i requisiti minimi del calcestruzzo come il rapporto massimo acqua/cemento $[a/c]$, il contenuto minimo di cemento $[\text{kg}/\text{m}^3]$ e la resistenza R_{ck} minima $[\text{MPa}]$, considerando in via precauzionale la condizione più gravosa in caso di combinazione di più classi.

X0 - ASSENZA DI RISCHIO DI CORROSIONE O ATTACCO

Calcestruzzi privi di armatura o inserti metallici. Calcestruzzi con armatura non strutturale in ambiente molto asciutto, con umidità relativa molto bassa (es: pavimentazioni industriali interne).

Per questa classe la UNI 11104 non fornisce indicazioni circa la quantità di cemento ma riporta solo la classe di resistenza minima cioè C12/15.

XC - CORROSIONE INDOTTA DA CARBONATAZIONE

Classe di esposizione	Ambiente	Tipologia	Rapporto max a/c	Contenuto minimo cemento	R _{ck} minima
XC1	Secco	Interni di edifici con umidità relativa bassa	0,60	300	30 C25/30
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo	0,60	300	30 C25/30
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo in esterno protetto da pioggia	0,55	320	35 C30/37
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non rientranti nella XC2	0,50	340	40 C32/40

XD - CORROSIONE INDOTTA DA CLORURI ESCLUSI QUELLI PROVENIENTI DALL'ACQUA DI MARE

Classe di esposizione	Ambiente	Tipologia	Rapporto max a/c	Contenuto minimo cemento	R _{ck} minima
XD1	Umidità moderata	Superfici di calcestruzzo esposte a nebbia salina	0,55	320	35 C30/37
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine. Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri	0,50	340	40 C32/40
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri. Pavimentazioni di parcheggi	0,45	360	45 C35/45

XS - CORROSIONE INDOTTA DA CLORURI PRESENTI NELL'ACQUA DI MARE

Classe di esposizione	Ambiente	Tipologia	Rapporto max a/c	Contenuto minimo cemento	R _{ck} minima
XS1	Umidità moderata	Strutture prossime oppure sulla costa	0,55	320	35 C30/37
XS2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture marine	0,50	340	40 C32/40
XS3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Parti di strutture marine	0,45	360	45 C35/45

XF - ATTACCO DEI CICLI GELO/DISGELO CON O SENZA SALI DISGELANTI

Classe di esposizione	Ambiente	Tipologia	Rapporto max a/c	Contenuto minimo cemento	R _{ck} minima
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte a pioggia o gelo	0,50	300	40 C32/40
XF2*	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte a gelo e nebbia di agenti antigelo	0,50	300	30 C25/30
XF3*	Elevata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte a pioggia o gelo	0,55	320	30 C25/30
XF4*	Elevata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici di calcestruzzo esposte direttamente a gelo e nebbia contenente agenti antigelo	0,40	340	35 C30/37

(*) = contenuto minimo d'aria aggiunta pari al 3%

XA - ATTACCO CHIMICO

Classe di esposizione	Ambiente	Tipologia	Rapporto max a/c	Contenuto minimo cemento	R _{ck} minima
XA1*	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue	0,50	320	35 C30/37
XA2**	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi	0,45	340	40 C32/40
XA3***	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di mangimi e liquami provenienti da allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriale	0,40	360	45 C35/45

(*) = utilizzo di cemento a moderata resistenza ai solfati

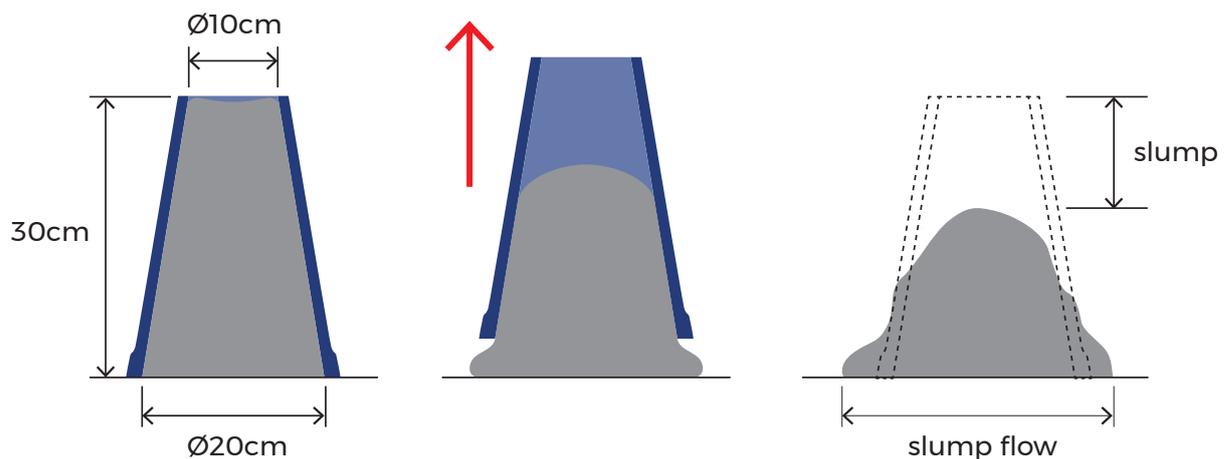
(**) = utilizzo di cemento ad alta resistenza ai solfati

(***) = utilizzo di cemento ad altissima resistenza ai solfati

4.6 CLASSE DI CONSISTENZA

Un altro parametro molto importante tra le prestazioni richieste al calcestruzzo è la consistenza con cui si presenta allo stato fresco, che è imposta dal tipo di costruzione e dai metodi di posa adottati. Se il calcestruzzo prodotto presenta una consistenza inadeguata si rischia una posa difficoltosa e la struttura finale potrà presentare dei difetti come vespai o nidi di ghiaia, per carenza o errori di compattazione.

La consistenza è misurata attraverso la prova del cono di Abrams, che si articola nelle seguenti fasi:



Si pone il cono di Abrams su un piano

- 1) Il cono viene riempito con del calcestruzzo fresco fino ad un terzo della sua altezza
- 2) Il calcestruzzo viene costipato manualmente tramite un tondino e gradualmente si aggiunge il calcestruzzo mancante fino al livellamento della superficie
- 3) Si estrae il cono verticalmente
- 4) Si misura il cedimento del campione di calcestruzzo rispetto all'altezza iniziale del cono (*slump*) e si verifica la classe prescritta

Riempimento del cono



Compattazione manuale del calcestruzzo fresco

Estrazione del cono



Misura dell'abbassamento

La UNI EN 12350-2 individua 5 classi di consistenza in funzione dello slump.

Classe di consistenza	Abbassamento / Slump (mm)	Consistenza	Tipologia di struttura
S1	10 ÷ 40	Umida	Pavimentazioni con vibrofinitrice
S2	50 ÷ 90	Plastica	Strutture con casseri rampanti
S3	100 ÷ 150	Semifluida	Strutture poco armate o non armate
S4	160 ÷ 210	Fluida	Strutture mediamente armate
S5	> 210	Superfluida	Strutture fortemente armate o con modesto spessore

Il calcestruzzo fresco che non rispetta le prescrizioni sulla consistenza può essere respinto dal Direttore dei Lavori, fermo restando che tale valore può essere aumentato quando ancora in betoniera con l'aggiunta di acqua o additivi, facendo attenzione comunque a non superare il massimo rapporto a/c.

4.7 REQUISITI AGGIUNTIVI

Tra le prescrizioni minime che interessano un calcestruzzo in fase progettuale, oltre alla classe di resistenza, la classe di esposizione ambientale, la classe di consistenza e, per calcestruzzi precompressi, la classe di contenuto di cloruri, rientra certamente anche il diametro massimo degli aggregati.

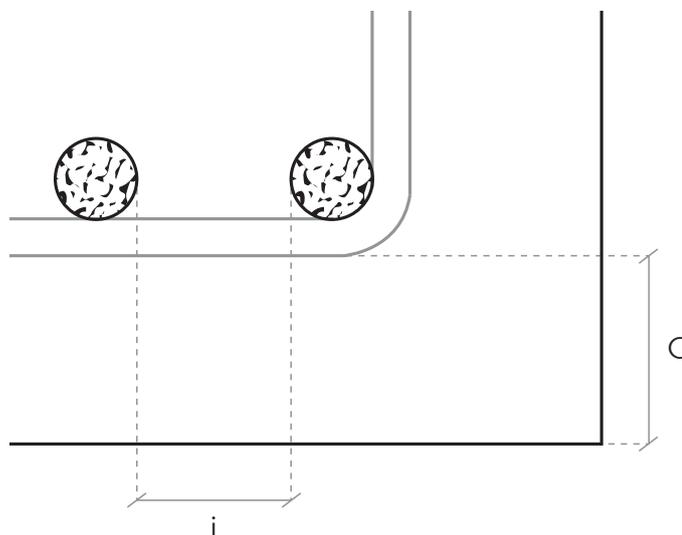
Gli aggregati saranno di diverse dimensioni, grossi e fini, distribuiti in maniera omogenea secondo delle specifiche curve granulometriche al fine di ottenere la piena saturazione dell'impasto senza lasciare cavità interstiziali, e la loro dimensione massima D_{max} sarà definita in funzione di:

- ▶ Copriferro ($1,3 D_{max} < \text{spessore copriferro}$)
- ▶ Dimensione minima di un elemento strutturale ($D_{max} < 1/4 \text{ dimensione minima}$)
- ▶ Densità delle armature ($D_{max} < d - 5 \text{ mm}$)

Per consentire un getto omogeneo il diametro massimo degli aggregati è legato anche all'interferro, cioè alla distanza netta tra le barre di armatura longitudinali, che deve essere:

- ▶ Non inferiore al diametro delle barre
- ▶ Almeno di 2 cm
- ▶ Superiore alla dimensione massima dell'aggregato più 5 mm

Copriferro (c) - interferro (i)



Pertanto, riassumendo quanto precedentemente riportato, sarà possibile ottenere un calcestruzzo a prestazione garantita, cioè un calcestruzzo le cui proprietà e caratteristiche aggiuntive sono specificate al produttore che ne è responsabile, attraverso la formulazione dei requisiti minimi di base che sono:

- ▶ Richiesta di conformità alle UNI EN 206 e UNI 11104
- ▶ Classe di resistenza caratteristica a compressione (UNI 11104)
- ▶ Classe di esposizione ambientale (UNI 11104)
- ▶ Classe di consistenza (UNI EN 12350-2)
- ▶ Dimensione massima dell'aggregato (UNI EN 206)
- ▶ Classe di contenuto di cloruri per calcestruzzi precompressi (UNI EN 206)

Inoltre, al fine di garantire particolari prestazioni, possono essere richiesti al calcestruzzo ulteriori requisiti come:

- ▶ Classi speciali di cemento (per getti massivi)
- ▶ Classi speciali di aggregato o resistenze al gelo/disgelo (per opere in climi rigidi)
- ▶ Resistenze alla penetrazione di acqua (per opere idrauliche)
- ▶ Brevi stagionature o prese ritardate (per esigenze di cantiere)
- ▶ Altro (resistenze all'abrasione, resistenze a trazione indiretta, cementi resistenti ai solfati e al dilavamento della calce, ritiro)

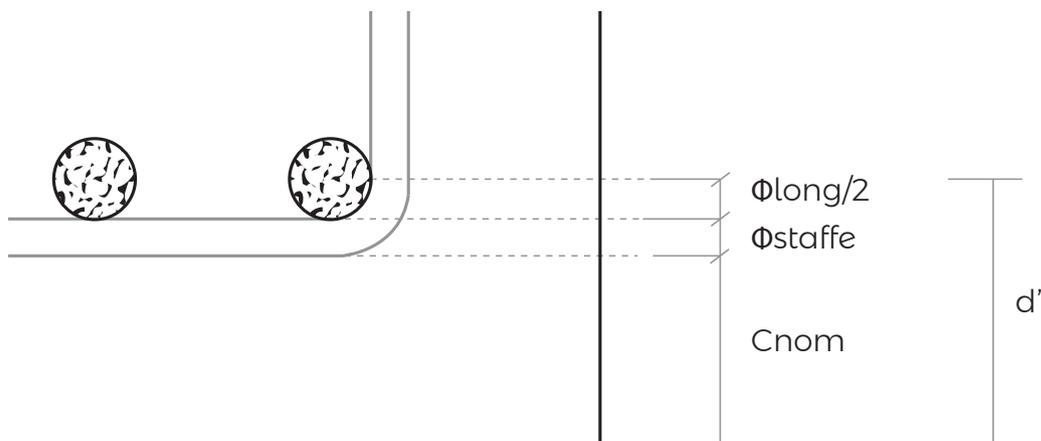
4.8 DETERMINAZIONE DEL COPRIFERRO NOMINALE

Abbiamo parlato di come la durabilità del calcestruzzo sia a tutti gli effetti un vero e proprio requisito da perseguire, sia nella fase progettuale, sia nella fase realizzativa e sia nella fase manutentiva, attraverso la corretta prescrizione e mantenimento delle caratteristiche fisiche, meccaniche e dimensionali del conglomerato.

Un parametro determinante in questo senso è lo spessore minimo del copriferro che va dimensionato correttamente in fase progettuale e, ovviamente, garantito in fase esecutiva.

L'Eurocodice 2 definisce il copriferro nominale (C_{nom}) la distanza netta tra la superficie più esterna dell'armatura e la superficie esterna del calcestruzzo.

Copriferro (c) - interferro (i)



Tale parametro va obbligatoriamente indicato nei progetti esecutivi e non va confuso con d' che invece si riferisce alla distanza con l'asse baricentrico dell'armatura longitudinale, ed è utilizzato nei calcoli per definire l'altezza utile della sezione.

C_{nom} è così definito:

$$C_{nom} [\text{mm}] = C_{min} + \Delta C = \max (C_{min,b}; C_{min,dur}; C_{min,fuoco}) + 10$$

Dove:

- ▶ C_{min} = copriferro minimo accettabile, quindi il valore massimo tra ($C_{min,b}; C_{min,dur}; C_{min,fuoco}$)
- ▶ ΔC = tolleranza di posizionamento delle armature convenzionalmente pari a **10 mm**, come previsto dall'Appendice Nazionale dell'Eurocodice 2
- ▶ $C_{min,b}$ = copriferro minimo per garantire aderenza, pari al diametro delle barre ϕ per il numero delle barre in caso di molteplicità di barre d'armatura

- ▶ $C_{min,dur}$ = copriferro minimo per garantire durabilità dell'opera, in funzione delle classi di esposizione ambientale
- ▶ $C_{min,fuoco}$ = garantisce resistenza all'incendio (valori tabellati presenti nella UNI EN 1992-1-2)

Considerando quindi $C_{min,dur}$ si riportano i valori tabellati secondo i prospetti 4.4N dell'Eurocodice 2, in funzione della classe di esposizione ambientale, per strutture con vita nominale di 50 e 100 anni, rispettivamente in calcestruzzo armato ordinario o precompresso.

Spessore minimo di copriferro $C_{min,dur}$ [mm]				
Classe di esposizione	Vita nominale 50 anni		Vita nominale 100 anni	
	c.a.	c.a.p.	c.a.	c.a.p.
XC1	15	25	25	35
XC2 / XC3	25	35	35	45
XC4	30	40	40	50
XD1 / XS1	35	45	45	55
XD2 / XS2	40	50	50	60
XD3 / XS3	45	55	55	65

A questi valori si aggiunge la tolleranza ΔC convenzionalmente pari a 10 mm come previsto dall'Appendice Nazionale dell'Eurocodice 2, ottenendo lo spessore del copriferro nominale C_{nom} :

Spessore copriferro nominale C_{nom} [mm]				
Classe di esposizione	Vita nominale 50 anni		Vita nominale 100 anni	
	c.a.	c.a.p.	c.a.	c.a.p.
XC1	25	35	35	45
XC2 / XC3	35	45	45	55
XC4	40	50	50	60
XD1 / XS1	45	55	55	65
XD2 / XS2	50	60	60	80
XD3 / XS3	55	65	65	75

Nel caso di calcestruzzi a contatto con superfici irregolari i valori del copriferro saranno incrementati per tenere conto delle maggiori tolleranze di esecuzione previste, ed in particolare per le strutture contro terra per via delle difficoltà di rilevamento visivo di un processo degenerativo del calcestruzzo o delle armature.

4.9 CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

Il capitolo 11 della NTC 2018 descrive il processo di controllo della qualità del calcestruzzo prima, durante e dopo la messa in opera, attribuendo all'impresa la responsabilità sulla qualità realizzativa e alla Direzione Lavori quella sul controllo di accettazione.

Il Direttore Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito nel progetto. Il prelievo e il controllo di accettazione infatti sono attività obbligatorie previste dalla normativa tecnica cogente, ed è espressa responsabilità del Direttore Lavori provvedere alla redazione di verbali di campionamento, in funzione della frequenza e della quantità di getti, e presenziare alle operazioni di prelievo e confezionamento dei provini.

Un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti il calcestruzzo necessario per la confezione di un gruppo di provini, e la media delle resistenze a compressione di questi provini rappresenta il valore mediante il quale verranno eseguiti i controlli del calcestruzzo, che nella fattispecie possono essere di due tipi: tipo A e tipo B.

CONTROLLO DI TIPO A

È riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m³, è costituito da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m³ di getto di miscela omogenea, determinando quindi un controllo di accettazione ogni 300 m³ di getto, o comunque almeno un controllo giornaliero per getti ripetuti.

CONTROLLO DI TIPO B

È riferito ad un controllo di tipo statistico perché previsto per opere strutturali che richiedano l'impiego di oltre 1500 m³ di miscela omogenea.

Va eseguito almeno un controllo ogni 1500 m³ di miscela omogenea, confezionando 15 provini, ed è effettuato almeno con cadenza giornaliera per getti ripetuti.

Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
	$R_1 > R_{ck} - 3,5$
$R_m > R_{ck} + 3,5$ (n° prelievi: 3)	$R_m > R_{ck} + 1,4 \cdot S$ (n° prelievi > 15)
R_m = resistenza media dei prelievi [MPa]	
R_1 = valore minore della resistenza dei prelievi [MPa]	
S = scarto quadratico medio [MPa]	

La classe di resistenza è contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cubiche R_{ck} e cilindriche f_{ck} per compressione uniassiale su provini normalizzati, cioè su cubi di lato 150 x 150 mm per quelle cubiche, e su cilindri di diametro 150 mm e altezza 300 mm.

Al fine delle verifiche sperimentali i provini cilindrici sono equiparabili a provini prismatici di base 150 x 150 mm e altezza 300 mm.

Nella NTC 2018 la resistenza caratteristica è quella che si ottiene con delle prove a compressione eseguite su provini a 28 giorni di maturazione, confezionati e stagionati come indicato al paragrafo 11.2.4.

La norma UNI EN 12390 descrive le prove sul calcestruzzo indurito, tra le quali anche la modalità di esecuzione di un prelievo, che nella fattispecie è possibile riassumere nei seguenti punti.

- ▶ Con il conglomerato ancora in fase di impasto attendere almeno 3 minuti facendo girare la betoniera al massimo della velocità;
- ▶ Versare il calcestruzzo in una carriola pulita dopo aver scaricato a parte almeno 0,3 m³;
- ▶ Prelevare il calcestruzzo a riprese regolari durante il getto e versarlo in cubettiere 15x15x15 cm, utilizzando utensili puliti e cubettiere di alta qualità;
- ▶ Tramite dei piccoli aghi vibranti, compattare i provini in almeno due strati non superiori a 10 cm;
- ▶ Aggiungere il calcestruzzo mancante dopo l'assestamento, rasare la parte superficiale e siglare i cubetti con delle targhe di riconoscimento;
- ▶ Attendere almeno 24 ore prima di rimuovere il cubetto nel frattempo indurito. Il cubetto deve essere protetto per minimizzare l'evaporazione o in alternativa fatto maturare preferibilmente in acqua a 20°C per 28 giorni, prima della prova a compressione presso un laboratorio autorizzato;



Il Direttore Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito nel progetto. Il prelievo e il controllo di accettazione infatti sono attività obbligatorie previste dalla normativa tecnica cogente, ed è espressa responsabilità del Direttore Lavori provvedere alla redazione di verbali di campionamento, in funzione della frequenza e della quantità di getti, e presenziare alle operazioni di prelievo e confezionamento dei provini





Compattazione del calcestruzzo con aghi vibranti

Tra i controlli sul calcestruzzo fresco è possibile utilizzare anche un porosimetro che misura il volume d'aria presente nell'impasto, per evitare l'eccessivo inglobamento di bolle sferoidali che potrebbero compromettere le resistenze attese.



Cubettiere pronte

5

IL RIPRISTINO DEL
CALCESTRUZZO:
LA UNI EN 1504

Contrariamente a quanto si possa credere, il degrado è sempre presente e inizia al momento della costruzione dell'opera. Il periodo di "incubazione" è l'arco temporale in cui il deterioramento è effettivamente in corso ma non appaiono ancora dei segni visibili, può essere breve o lungo, ma indipendentemente dalle cause che lo hanno prodotto sappiamo che una volta manifestato progredisce in modo molto rapido, da qui la necessità di intervenire tempestivamente.

Molto spesso tra gli operatori del settore c'è l'errata convinzione che un intervento di ripristino del calcestruzzo sia banale, frutto di un approccio acritico e semplicistico, dove ci si limita alla rimozione del materiale incoerente sostituendolo con dei prodotti spesso dalle prestazioni e caratteristiche non pienamente rispondenti e coerenti con ciò che effettivamente sarebbe necessario. La valutazione nel breve termine della buona riuscita di un intervento è illusoria perché solo con il passare del tempo avremo maggiore evidenza di eventuali fessure, distacchi, reticoli o cavillature.

L'approccio che viene richiesto è invece di tipo scientifico, basato sulla conoscenza del fenomeno di degrado, sulle cause che lo hanno scatenato e sui criteri previsti per un corretto recupero e ripristino. In questo senso un'importante guida a disposizione dei professionisti e utilizzatori è rappresentata dalla norma europea [UNI EN 1504](#) "**Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione di strutture di calcestruzzo. Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità**".

Con questa norma il legislatore ha voluto fornire un unico strumento attraverso il quale rivolgersi a progettisti, imprese ed utilizzatori. La norma stabilisce le procedure standard, le indicazioni per ottimizzare l'intervento di ripristino e la richiesta dei requisiti minimi prestazionali per i prodotti e i sistemi da utilizzare per una corretta valutazione di conformità.

Tutti i prodotti dedicati al trattamento del calcestruzzo, che sia ripristino, protezione, iniezione, ancoraggio o passivazione delle armature ad esempio, devono obbligatoriamente possedere la marcatura CE, preferibilmente esposta nelle confezioni, a testimonianza della conformità del prodotto, per il suo rispettivo campo di utilizzo, a specifiche prestazioni, precisi criteri di durabilità, e stringenti parametri di sicurezza richiesti dalla normativa europea.

La norma UNI EN 1504 si articola in 10 parti:

1. UNI EN 1504-1:2005 Definizioni	2. UNI EN 1504-2:2005 Sistemi di protezione della superficie di calcestruzzo	3. UNI EN 1504-3:2006 Riparazione strutturale e non strutturale
4. UNI EN 1504-4:2005 Incollaggio strutturale	5. UNI EN 1504-5:2013 Iniezione del calcestruzzo	6. UNI EN 1504-6:2007 Ancoraggio dell'armatura di acciaio
7. UNI EN 1504-7:2007 Protezione contro la corrosione delle armature	8. UNI EN 1504-8:2016 Controllo delle qualità e valutazione delle conformità	9. UNI EN 1504-9:2009 Principi generali per l'utilizzo dei prodotti e dei sistemi
10. UNI EN 1504-10:2017 Applicazione in opera dei prodotti, sistemi e controllo qualità dei lavori		

Riassumeremo i principali aspetti che caratterizzano le singole parti della UNI EN 1504, riportando se necessario alla lettera quanto scritto nei testi, iniziando dalle definizioni, descrivendo poi i principi generali, le tecniche di ripristino, i requisiti e le classificazioni che la norma prevede.

5.1

UNI EN 1504-1

DEFINIZIONI

La UNI EN 1504-1 definisce i termini relativi a prodotti e sistemi utilizzati per la riparazione, la manutenzione e la protezione, restauro e consolidamento delle strutture di calcestruzzo.

TERMINI E DEFINIZIONI

Lotto: quantità di materiale prodotta in una singola operazione o, in caso di produzione continua, di una quantità definita (in tonnellate) la cui uniformità di composizione deve essere dimostrabile da parte del produttore e non deve eccedere la produzione giornaliera.

Valore dichiarato: valore dichiarato e documentato dal produttore per i requisiti di identificazione o prestazionali.

Prova di identificazione: Prova effettuata per verificare un valore dichiarato della composizione o proprietà del prodotto o sistema, in termini di uniformità della produzione.

Nota: ciò consente di garantire la corrispondenza, entro le tolleranze consentite, tra il prodotto o sistema da sottoporre a prova e il prodotto o sistema sottoposto alla prova di tipo iniziale.

Prestazione: capacità di un prodotto o sistema di fornire una riparazione o protezione efficace e durevole, senza effetti dannosi sulla struttura originale, su altre strutture, sugli operatori del luogo, sugli utilizzatori, su terzi e sull'ambiente.

Requisiti prestazionali: proprietà meccaniche, fisiche e chimiche richieste a prodotti e sistemi per garantire durabilità e stabilità sia al calcestruzzo riparato sia alla struttura.

Prova prestazionale: prova effettuata per verificare il valore di una proprietà richiesta del prodotto o sistema, in termini della sua prestazione specificata durante l'applicazione e l'impiego.

Nota: ciò consente di garantire la conformità del prodotto o sistema alle rispettive caratteristiche prestazionali specificate.

Prodotto: costituenti formulati per la riparazione o la protezione di strutture di calcestruzzo.

Sistemi: due o più prodotti che sono utilizzati insieme, o consecutivamente, per ottenere la riparazione o la protezione di strutture di calcestruzzo.

Tecnologia: applicazione di un prodotto o sistema utilizzando un'attrezzatura o un metodo specifico (per esempio iniezione nelle fessure).

PRINCIPALI CATEGORIE DI PRODOTTI E SISTEMI

Prodotti e sistemi di ancoraggio: Prodotti e sistemi che:

- ▶ fissano l'armatura nel calcestruzzo per conferire un adeguato comportamento strutturale
- ▶ riempiono le cavità allo scopo di assicurare una continuità tra elementi di acciaio e calcestruzzo

Prodotti e sistemi per iniezione: prodotti e sistemi che, quando iniettati in una struttura di calcestruzzo, ripristinano l'integrità e/o la durabilità della struttura.

Prodotti e sistemi di riparazione non strutturali: prodotti e sistemi che, quando applicati su una superficie di calcestruzzo, ripristinano l'aspetto geometrico o estetico della struttura.

Prodotti e sistemi di protezione dell'armatura: prodotti e sistemi applicati ad armature non protette per aumentare la protezione dalla corrosione.

Prodotti e sistemi aggrappanti strutturali: prodotti e sistemi applicati al calcestruzzo per garantire un legame strutturale duraturo ad altri materiali applicati.

Prodotti e sistemi di riparazione strutturali: prodotti e sistemi applicati a una struttura di calcestruzzo per sostituire il calcestruzzo danneggiato e ripristinare l'integrità e la durabilità strutturale.

Prodotti e sistemi di protezione della superficie: Prodotti e sistemi che, quando applicati, aumentano la durabilità delle strutture di calcestruzzo e calcestruzzo armato.

PRINCIPALI TIPI E COSTITUENTI CHIMICI PER PRODOTTI E SISTEMI DI PROTEZIONE E DI RIPARAZIONE

Aggiunte: materiali inorganici finemente suddivisi che possono essere aggiunti ai prodotti per la riparazione, allo scopo di migliorare determinate proprietà o conferirne di speciali.

Esistono due tipi di aggiunte:

- ▶ aggiunte praticamente inerti (tipo I)
- ▶ aggiunte pozzolaniche o ad idraulicità latente (tipo II)

Additivi per leganti idraulici: prodotti che sono addizionati ai leganti idraulici per conferire proprietà specifiche e che non sono compresi negli additivi e nelle aggiunte.

Additivi per polimeri reattivi: prodotti diversi dagli additivi e dalle aggiunte che conferiscono al prodotto per riparazione proprietà specifiche.

Nota: additivi tipici sono, per esempio:

- ▶ *i plastificanti*
- ▶ *gli esaltatori di flessibilità*
- ▶ *gli acceleranti*
- ▶ *i ritardanti*
- ▶ *i materiali che regolano la reologia*
- ▶ *i pigmenti*
- ▶ *i filler*

Additivi: materiale aggiunto durante il procedimento di miscelazione del calcestruzzo in quantità non maggiore del 5% in massa del contenuto di cemento del calcestruzzo, allo scopo di modificare le proprietà della miscela allo stato fresco e/o indurito.

Rivestimento: trattamento finalizzato ad ottenere uno strato protettivo continuo sulla superficie del calcestruzzo.

Nota 1: lo spessore è generalmente da 0,1 mm a 5,0 mm. Applicazioni particolari possono richiedere uno spessore maggiore di 5 mm.

Nota 2: leganti possono essere, per esempio, polimeri organici, polimeri organici con cemento come filler o cemento idraulico modificato con lattice polimerico.

Leganti idraulici (H): materiale inorganico che reagisce con l'acqua, subendo un processo di idratazione per produrre un materiale solido.

Nota: si tratta generalmente di cementi conformi alla EN 197-1 o alla EN 413-1, calcestruzzi conformi alla EN 459-1 o combinati con altri cementi.

Malte idrauliche e calcestruzzi idraulici (CC): malte o calcestruzzi a base di leganti idraulici miscelati con aggregati di idonea granulometria e possono contenere additivi e aggiunte e che, quando miscelati con malta, fanno presa mediante una reazione di idratazione.

Impregnazione idrofobica: trattamento del calcestruzzo finalizzato ad ottenere una superficie idrorepellente. Forma un rivestimento idrofobico nelle pareti interne di pori e capillarità, senza riempirli. Non forma nessun film sulla superficie del calcestruzzo il cui aspetto non cambia o cambia di poco.

Nota: composti attivi possono essere, per esempio, i silani o i silossani.

Impregnazione: trattamento del calcestruzzo finalizzato a ridurre la porosità superficiale e a rafforzare la superficie. I pori e i capillari sono parzialmente o totalmente riempiti.

Nota 1: questo trattamento produce generalmente un film discontinuo sottile, sulla superficie del calcestruzzo.

Nota 2: leganti possono essere, per esempio, i polimeri organici.

Malte cementizie o calcestruzzi polimerici idraulici (PCC): malte o calcestruzzi idraulici modificati tramite l'aggiunta di additivi polimerici, in quantità sufficiente ad ottenere proprietà specifiche.

Nota: I polimeri generalmente utilizzati sono:

- ▶ *acrilici, metacrilati o resine acriliche modificate in forma di polveri ridispersibili o di dispersioni acquose;*
- ▶ *mono-, co-, e ter-polimeri vinilici in forma di polveri ridispersibili o di dispersioni acquose;*
- ▶ *copolimeri stirene-butadiene, generalmente in forma di dispersioni acquose;*
- ▶ *lattici di gomma naturale;*
- ▶ *resine epossidiche.*

Malte polimeriche e calcestruzzi polimerici (PC): miscele di leganti polimerici e aggregati calibrati che fanno presa mediante una reazione di polimerizzazione.

Leganti polimerici reattivi (P): leganti costituiti generalmente da due componenti, un polimero base reattivo e un induritore o catalizzatore, e che polimerizzano a temperatura ambiente. Possono essere aggiunti anche degli additivi.

Nota 1: in alcuni sistemi, il vapore acqueo a temperatura ambiente può reagire come induritore/catalizzatore.

Nota 2: i leganti tipici utilizzati sono, per esempio:

- ▶ le resine epossidiche;
- ▶ i poliesteri insaturi;
- ▶ gli acrilici reticolanti;
- ▶ poliuretani mono o bicomponenti.

5.2

UNI EN 1504-9

PRINCIPI GENERALI PER L'UTILIZZO DEI PRODOTTI E DEI SISTEMI

La norma espone le considerazioni di base per la specifica della protezione e della riparazione di strutture di calcestruzzo semplice ed armato con prodotti e sistemi che sono specificati nelle norme della serie UNI EN 1504, ed è per questo che viene considerata prima delle altre.

I punti fondamentali della UNI EN 1504-9 sono:

- ▶ Requisiti minimi per la protezione e riparazione
- ▶ Protezione e riparazione nel contesto di una strategia di gestione della struttura
- ▶ Scelta dei principi e metodi di protezione e riparazione

5.2.1

REQUISITI MINIMI PER LA PROTEZIONE E RIPARAZIONE

Questa parte della norma definisce le generalità sulla valutazione delle condizioni della struttura, rimandando all'appendice A la guida generale, le condizioni legate alla sicurezza intesa come rischio per la salute e una valutazione dei difetti e delle loro cause.

Come già descritto nel capitolo 4, la norma distingue le cause di deterioramento tra quelle legate ai difetti del calcestruzzo e quelle legate alla corrosione dell'armatura, ed in particolare:

DIFETTI DEL CALCESTRUZZO

Aggressioni chimiche

- ▶ Reazione alcali-aggregato
- ▶ Agenti aggressivi (solfati, sali, acqua dolce)
- ▶ Attività biologiche

Aggressioni meccaniche

- ▶ Abrasioni
- ▶ Fatica
- ▶ Impatto
- ▶ Sovraccarico
- ▶ Movimento (assestamento)
- ▶ Esplosione
- ▶ Vibrazione

Aggressioni fisiche

- ▶ Gelo/disgelo
- ▶ Effetti termici
- ▶ Cristallizzazione dei Sali
- ▶ Ritiro
- ▶ Erosione
- ▶ Usura

Fuoco

CORROSIONE DELLE ARMATURE

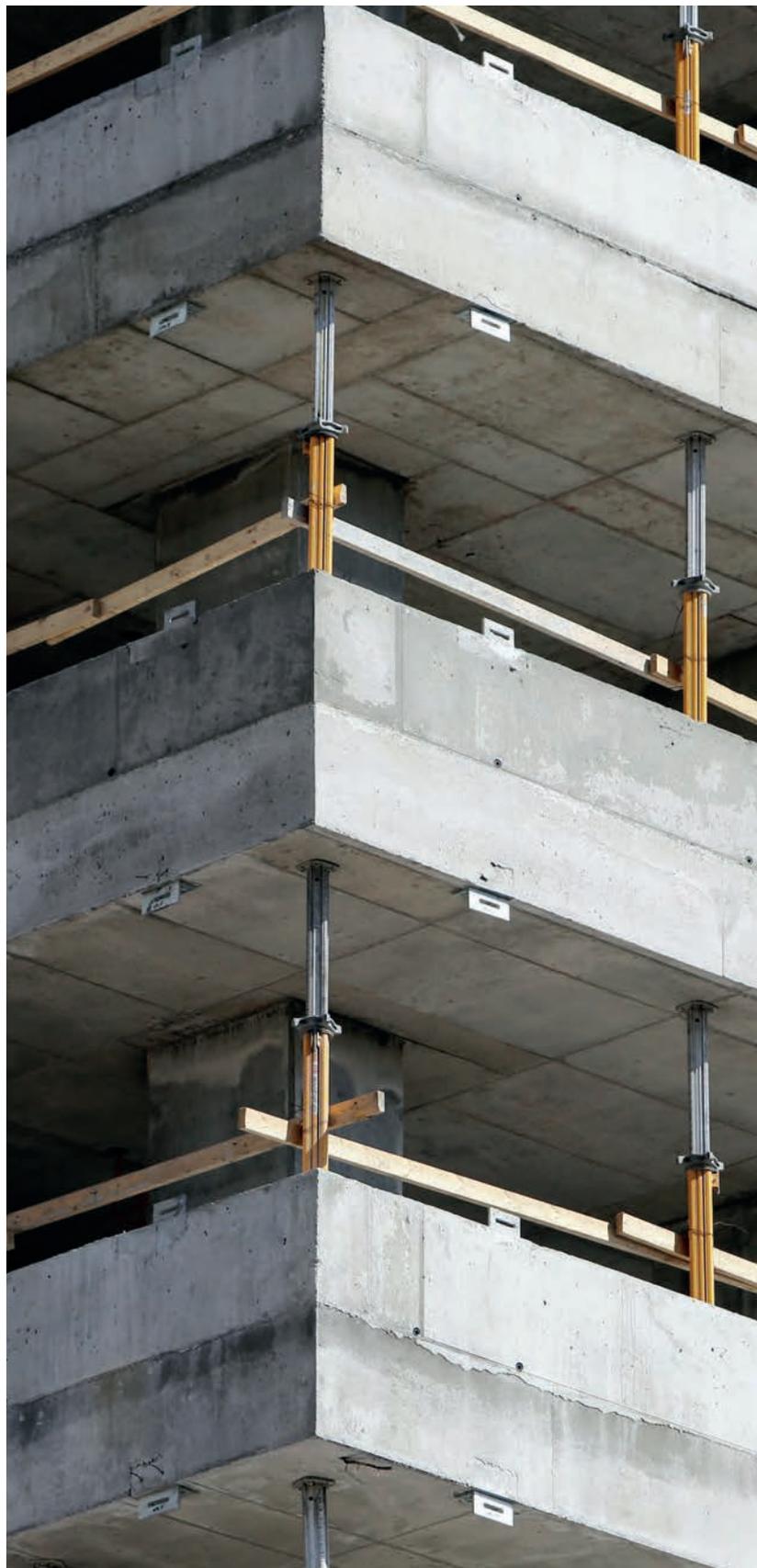
Carbonatazione

- ▶ Contenuto e tipo di cemento
- ▶ Rapporto acqua/cemento
- ▶ Stagionatura
- ▶ Pioggia
- ▶ Temperatura/umidità

Contaminanti corrosivi

- ▶ Cloruro di sodio
- ▶ Acqua di mare
- ▶ Sali per impieghi stradali
- ▶ Altri contaminanti

Correnti vaganti





5.2.2 PROTEZIONE E RIPARAZIONE NEL CONTESTO DI UNA STRATEGIA DI GESTIONE DELLA STRUTTURA

Questo paragrafo indica le opzioni e i fattori da considerare quando si sceglie una strategia di gestione della struttura, individuando:

- ▶ **Aspetti generali** (impiego previsto, vita di progetto, requisiti prestazionali)
- ▶ **Aspetti strutturali** (interventi sul mantenimento della resistenza)
- ▶ **Salute e sicurezza** (conseguenze di cedimenti, requisiti sanitari)
- ▶ **Aspetti ambientali** (ambiente di esposizione)

La scelta della strategia è subordinata alla valutazione di questi aspetti, tenendo conto del luogo in cui la struttura sarà in esercizio.

5.2.3 SCELTA DEI PRINCIPI E METODI DI PROTEZIONE E RIPARAZIONE

La norma attraverso il Prospetto 1 introduce una correlazione tra cause del degrado, principi e metodi di ripristino. In particolare per le cause correlate ai difetti del calcestruzzo occorre procedere con i principi da 1 a 6, mentre per quelle legate alla corrosione delle armature con i principi da 7 a 11.

PROSPETTO 1 ► PRINCIPI E METODI PER PROTEZIONE E RIPARAZIONE DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO

Principio	Esempi di metodi basati sui principi	Parte della EN 1504
Principi e metodi riguardanti i difetti del calcestruzzo		
1) Protezione contro l'ingresso (PI)	1.1 Impregnazione idrofobica	2
	1.2 Impregnazione	2
	1.3 Rivestimento	2
	1.4 Fasciatura superficiale di fessure	5
	1.5 Riempimento di fessure	
	1.6 Trasformare le fessure in giunti	
	1.7 Costruzione di pannelli esterni ^{a)}	
	1.8 Applicazione di membrane ^{a)}	
2) Controllo dell'umidità (MC)	2.1 Impregnazione idrofobica	2
	2.2 Impregnazione	2
	2.3 Rivestimento	2
	2.4 Costruzione di pannelli esterni	
	2.5 Trattamento elettrochimico	
3) Ripristino del calcestruzzo (CR)	3.1 Applicazione della malta a mano	3
	3.2 Nuovo getto di calcestruzzo o malta	3
	3.3 Spruzzo di calcestruzzo o malta	3
	3.4 Sostituzione degli elementi	
4) Rafforzamento strutturale (SS)	4.1 Aggiunta o sostituzione delle barre di armatura interne o esterne	6
	4.2 Aggiunta di barre annegate in fori preformati o realizzati al trapano	
	4.3 Collegamento mediante piastre	4
	4.4 Aggiunta di malta o calcestruzzo	3, 4
	4.5 Iniezione delle fessure, nei vuoti o negli interstizi	5
	4.6 Riempimento delle fessure, dei vuoti o degli interstizi	5
	4.7 Precompressione - (post tensionamento)	
5) Aumento della resistenza fisica (PR)	5.1 Rivestimento	2
	5.2 Impregnazione	2
	5.3 Aggiunta di malta o calcestruzzo	3
6) Resistenza ai prodotti chimici (RC)	6.1 Rivestimento	2
	6.2 Impregnazione	2
	6.3 Aggiunta di malta o calcestruzzo	3

Principio	Esempi di metodi basati sui principi	Parte della EN 1504
Principi e metodi riguardanti la corrosione dell'armatura		
7) Conservazione o ripristino della passività (RP)	7.1 Aumento del copriferro con aggiunta di malta o calcestruzzo	3
	7.2 Sostituzione del calcestruzzo contaminato o carbonatato	3
	7.3 Rialcalizzazione elettrochimica del calcestruzzo carbonatato	
	7.4 Rialcalizzazione del calcestruzzo carbonatato mediante diffusione	
	7.5 Estrazione elettrochimica dei cloruri	
8) Aumento della resistività (IR)	8.1 Impregnazione idrofobica	2
	8.2 Impregnazione	2
	8.3 Rivestimento	2
9) Controllo catodico (CC)	9.1 Limitazione del contenuto di ossigeno (al catodo) mediante saturazione o rivestimento della superficie	
10) Protezione catodica (CP)	10.1 Applicazione di un potenziale elettrico	
11) Controllo delle aree anodiche (CA)	11.1 Rivestimento attivo dell'armatura	7
	11.2 Rivestimento di protezione dell'armatura	7
	11.3 Applicazione di inibitori di corrosione nel o al calcestruzzo	
a) Questi metodi possono essere applicabili anche ad altri principi		

PRINCIPI E METODI RIGUARDANTI I DIFETTI DEL CALCESTRUZZO

1) PROTEZIONE CONTRO L'INGRESSO (PI)

La protezione contro l'ingresso include misure per la riduzione delle porosità o permeabilità di superficie del calcestruzzo, mediante il trattamento della superficie o la sigillatura delle fessure.

Le fessure possono essere strutturali e non strutturali.

Quelle strutturali possono aprirsi e chiudersi in risposta ai carichi controllati dall'armatura del calcestruzzo, mentre quelle non strutturali a causa ad esempio del ritiro plastico, cedimento, calore di idratazione, contrazione termica e altro, e possono risultare molto più larghe rispetto a quelle strutturali.

Dove sussista il pericolo di infiltrazione di contaminanti corrosivi dovrebbe essere considerata la possibilità di riempimento secondo il metodo 1.4. Tutti gli altri metodi del principio 1 possono essere ugualmente adottati una volta definite le cause del degrado, gli effetti e i campi di movimento, cercando di capire se la fessura è attiva o passiva, cioè se si apre o meno in risposta a carichi o variazioni termiche.

Alcune fessure si formano nel calcestruzzo indurito per via della corrosione delle armature, quindi in questo caso non è possibile utilizzare i metodi del principio 1 ma bisogna considerare quelli dei principi da 7 a 11.

2) **CONTROLLO DELL'UMIDITÀ (MC)**

Il controllo dell'umidità è impiegato nella riparazione del calcestruzzo per controllare le reazioni avverse consentendo al calcestruzzo di asciugarsi, nonché prevenire la formazione di umidità. Le reazioni avverse possono includere la reazione agli alcali-silice e l'attacco dei solfati. Il calcestruzzo saturato può inoltre essere soggetto a danno da gelo/disgelo.

I sistemi di protezione superficiale non dovrebbero generalmente essere applicati a calcestruzzo contenente umidità in eccesso.

I sistemi di protezione applicati verticalmente o a soffitto dovrebbero essere permeabili al vapore per consentire al fuoriuscita di umidità, mentre quelli applicati orizzontalmente possono essere impermeabili.

MC

3) **RIPRISTINO DEL CALCESTRUZZO (CR)**

Avviene generalmente mediante rappezzature applicate manualmente o mediante nuovo getto di calcestruzzo fluido o malta, oppure applicando calcestruzzo o malta mediante proiezione

CR

4) **RAFFORZAMENTO STRUTTURALE (SS)**

La norma suggerisce di tenere in considerazione tutte le tensioni associate alla riparazione e alla struttura originale e deteriorata, che comportino variazioni funzionali delle strutture.

Specifica inoltre che le iniezioni non hanno carattere rafforzativo, ma si limitano a ripristinare la condizione strutturale antecedente la rottura.

SS

5) **AUMENTO DELLA RESISTENZA FISICA (PR)**

La rimozione della superficie del calcestruzzo mediante azioni fisiche quali urto o abrasione, può influenzare la prestazione o durabilità della struttura.

La norma suggerisce di individuare le cause per adottare specifiche soluzioni che proteggano la struttura.

PR

6) **RESISTENZA AI PRODOTTI CHIMICI (RC)**

Oltre ad applicare idonei sistemi di riparazione la norma chiede di individuare le cause del degrado per prevenirne gli effetti.

Terreni, lavori di trattamento di acque e acque reflue possono generare acidi o solfati mediante l'azione batterica che può promuovere l'attacco del calcestruzzo e dell'armatura.

RC

PRINCIPI E METODI RIGUARDANTI LA CORROSIONE DELL'ARMATURA

7) CONSERVAZIONE O RIPRISTINO DELLA PASSIVITÀ (RP)

L'appendice A della UNI EN 1504-9, introducendo il concetto di corrosione, distingue tra carbonatazione (A.6.2.2.2) e presenza di cloruri e altri contaminanti aggressivi (A.6.2.2.3) come le principali cause del fenomeno, e descrive puntualmente i metodi del principio 7, cioè:

The logo consists of the letters 'RP' in a light blue, sans-serif font, centered within a light gray square background.

► **Metodo 7.1 Aumento del copriferro con aggiunta di malta o calcestruzzo**

Qualora l'armatura risultasse passiva, è possibile aggiungere un ulteriore strato di malta o calcestruzzo sul calcestruzzo carbonatato per fornire una protezione aggiuntiva.

► **Metodo 7.2 Sostituzione del calcestruzzo contaminato o carbonatato**

Dove l'armatura ha perso la protezione in seguito alla carbonatazione o all'ingresso di ioni cloruro, è possibile riparare la struttura sostituendo il calcestruzzo contaminato o carbonatato con nuovo calcestruzzo o malta, come da metodo 7.2. La protezione aggiuntiva può essere richiesta in conformità al Principio 1. Nel caso in cui permangano ioni cloruro nel calcestruzzo si assiste al rischio di ricontaminazione della riparazione per diffusione e la formazione di anodi incipienti sull'armatura del calcestruzzo circostante. In queste situazioni può essere necessario considerare metodi di riparazione alternativi.

► **Metodo 7.3 Rialcalinizzazione elettrochimica del calcestruzzo carbonatato**

Vengono applicati i principi del CEN/TS 14038-1 per cui è possibile fornire una protezione aggiuntiva, per armature attive o passive, mediante rialcalinizzazione elettrochimica, che innalza l'alcalinità del calcestruzzo carbonatato e fornisce passività all'armatura.

► **Metodo 7.4 Rialcalinizzazione del calcestruzzo carbonatato mediante diffusione**

Un approccio riguarda l'applicazione di calcestruzzo o malta ad alta alcalinità sulla superficie del calcestruzzo carbonatato in modo tale che esso possa essere rialcalinizzato per diffusione dalla superficie.

► **Metodo 7.5 Estrazione elettrochimica dei cloruri**

Vengono applicati i principi del CEN/TS 14038-2 per cui è possibile fornire una protezione aggiuntiva mediante estrazione elettrochimica dei cloruri che riduce il contenuto di ioni cloruro nel calcestruzzo circostante l'armatura e fornisce passività.

8) **AUMENTO DELLA RESISTIVITÀ (IR)**

All'interno delle costruzioni asciutte la corrosione raramente costituisce un problema anche se il calcestruzzo è carbonatato in profondità fino all'armatura. Ciò perché il basso contenuto di umidità in questo caso tende ad aumentare la resistività del calcestruzzo fino ad un livello per cui la corrosione si può ritenere trascurabile.

Diversamente la resistività può essere ridotta mediante l'applicazione di una placcatura esterna ventilata, trattamenti superficiali idrorepellenti, impregnazione per la chiusura di pori o rivestimenti di superficie (Principi 1 e 2). La tecnica per ridurre il tasso di corrosione limitando il tenore di umidità è limitata alle situazioni in cui è possibile evitare la penetrazione di acqua drenata da altre fonti nel calcestruzzo.

IR

9) **CONTROLLO CATODICO (CC)**

Prevede l'inibizione all'ingresso dell'ossigeno tramite saturazione o rivestimenti superficiali

CC

10) **PROTEZIONE CATODICA (CP)**

La protezione catodica correntemente impressa, applicata secondo la EN 12696, può controllare la corrosione qualunque sia il livello di contaminazione da cloruri nel calcestruzzo e limita la quantità di rimozione del calcestruzzo a quello fisicamente danneggiato per corrosione dell'armatura sottostante. Esistono diversi tipi di sistemi anodici esterni, alcuni dei quali utilizzano una corrente impressa da una fonte di alimentazione esterna, mentre altri l'azione galvanica (anodo sacrificale).

CP

11) **CONTROLLO DELLE AREE ANODICHE (CA)**

Qualora la contaminazione sia estesa ma non sia possibile rimuovere tutto il calcestruzzo contaminato, è possibile controllare la formazione anodica incipiente trattando la superficie dell'armatura nella rappezzatura per prevenire la corrosione. I rivestimenti possono essere applicati direttamente all'armatura ma questa deve essere completamente libera da residui, in modo da garantire un rivestimento completo e privo di difetti.

In alternativa è possibile utilizzare degli inibitori della corrosione che modificano chimicamente la superficie dell'acciaio, formando una pellicola passiva su di esso. Gli inibitori possono essere introdotti per aggiunta al prodotto o sistema di riparazione del calcestruzzo, o per applicazione alla superficie di calcestruzzo e successiva migrazione fino alla profondità dell'armatura. L'efficacia degli inibitori è subordinata alla possibilità che hanno di raggiungere l'armatura in profondità.

CA

5.3

UNI EN 1504-2

SISTEMI DI PROTEZIONE DELLA SUPERFICIE DI CALCESTRUZZO

La norma UNI EN 1504-2 specifica quali sono i requisiti per l'identificazione, le prestazioni (compresi gli aspetti di durabilità), la sicurezza e la valutazione della conformità dei prodotti e sistemi da impiegare per la protezione della superficie di calcestruzzo, per aumentare la durabilità delle strutture di calcestruzzo e del calcestruzzo armato, nonché per il calcestruzzo nuovo e per opere di manutenzione e riparazione.

I sistemi di protezione superficiale sono utilizzati come "metodi" per i seguenti "principi", già introdotti dalla UNI EN 1504-9:

PRINCIPIO 1 - PROTEZIONE CONTRO L'INGRESSO (PI)

- 1.1 Impregnazione idrofobica (H)
- 1.2 Impregnazione (I)
- 1.3 Rivestimento (C)

PI

PRINCIPIO 2 - CONTROLLO DELL'UMIDITÀ (MC)

- 2.1 Impregnazione idrofobica (H)
- 2.2 Impregnazione (I)
- 2.3 Rivestimento (C)

MC

PRINCIPIO 5 - AUMENTO DELLA RESISTENZA FISICA (PR)

- 5.1 Rivestimento (C)
- 5.2 Impregnazione (I)

PR

PRINCIPIO 6 - RESISTENZA AI PRODOTTI CHIMICI (RC)

- 6.1 Rivestimento (C)
- 6.2 Impregnazione (I)

RC

PRINCIPIO 8 - AUMENTO DELLA RESISTIVITÀ (IR)

- 8.1 Impregnazione idrofobica (H)
- 8.2 Impregnazione (I)
- 8.3 Rivestimento (C)

IR

5.3.1 TERMINI E DEFINIZIONI

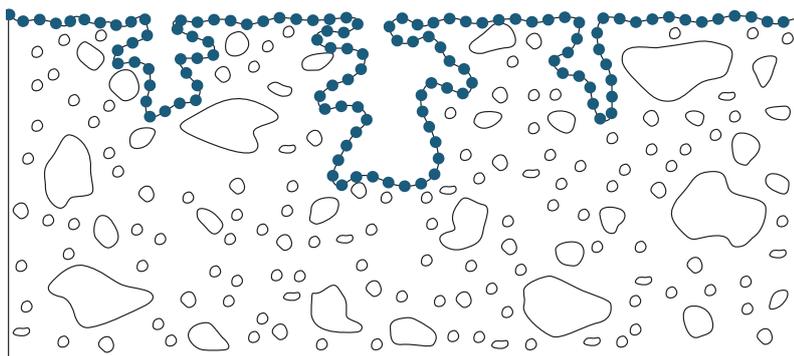
Per tutti i principi previsti dalla UNI EN 1504-2 si fa riferimento a tre diversi metodi di protezione superficiale.

IMPREGNAZIONE IDROFOBICA (H)

Trattamento del calcestruzzo finalizzato ad ottenere una superficie idrorepellente. I pori e le capillarità sono rivestiti internamente, ma non riempiti. Non vi è alcuna pellicola sulla superficie del calcestruzzo e l'aspetto varia poco o niente. Composti attivi possono essere, per esempio, i silani o silossani.

A blue letter 'H' is centered within a light gray square box.

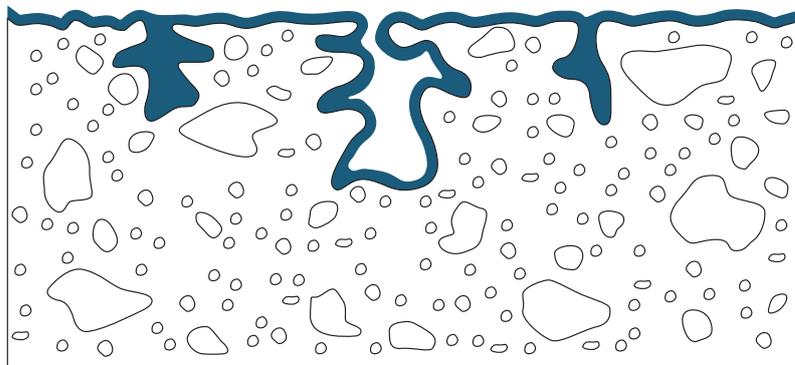
Rappresentazione schematica di una tipica impregnazione idrofobica



IMPREGNAZIONE (I)

Trattamento del calcestruzzo finalizzato a ridurre le porosità della superficie e a rinforzare la superficie. I pori e le capillarità sono parzialmente o totalmente riempiti. Questo trattamento produce generalmente una pellicola sottile, discontinua sulla superficie del calcestruzzo. Leganti possono essere, per esempio, i polimeri organici.

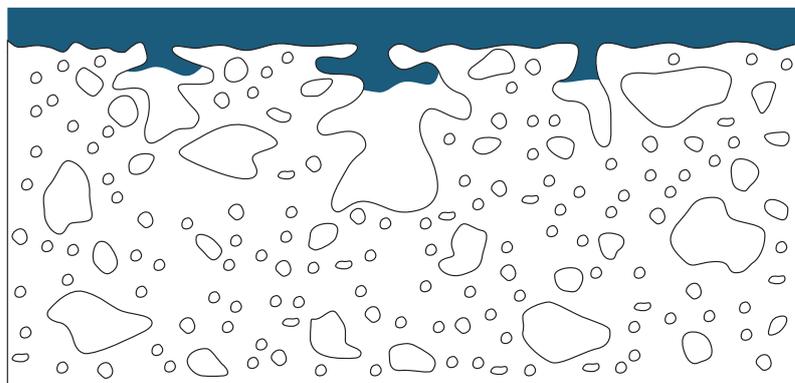
Rappresentazione schematica di una tipica impregnazione



RIVESTIMENTO (C)

Trattamento finalizzato ad ottenere uno strato protettivo continuo sulla superficie del calcestruzzo. Lo spessore è generalmente da 0,1 mm a 5,0 mm. Applicazioni particolari possono richiedere uno spessore maggiore di 5,0 mm. Leganti possono essere, per esempio, polimeri organici, polimeri organici con cemento come filler o cemento idraulico modificato con lattice polimerico.

Rappresentazione schematica di un tipico rivestimento



5.3.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI PER GLI IMPIEGHI PREVISTI

Il sistema di protezione superficiale deve essere selezionato sulla base di una valutazione delle cause di deterioramento effettivo o potenziale e considerando i principi e metodi più appropriati per la protezione e riparazione specificati dalla UNI EN 1504-9. Il processo che conduce alla scelta dei prodotti e sistemi può essere descritto brevemente come segue:

- a) Valutazione delle sollecitazioni, dei difetti e dei danni, loro classificazione e determinazione delle loro cause;
- b) Sulla base della valutazione dovrebbe essere scelto il “principio” (o i principi) per la protezione e riparazione della struttura di calcestruzzo;
- c) Una volta definito il principio (o i principi) deve essere scelto il “metodo” (impregnazione idrofobica, impregnazione o rivestimento) appropriato a soddisfare uno o più principi;
- d) Possono essere selezionate, se necessarie per determinati impieghi previsti, in base alla diagnosi di ulteriori caratteristiche dei prodotti o sistemi da impiegare.

Un prospetto molto importante introdotto dalla UNI EN 1504-2 è il prospetto 1 che elenca le principali caratteristiche prestazionali dei prodotti e sistemi di protezione superficiale che sono richiesti “per tutti gli impieghi previsti” o per “determinati impieghi previsti” in accordo ai “principi” e “metodi” definiti dalla UNI EN 1504-9.

Le caratteristiche prestazionali che sono richieste “per tutti gli impieghi previsti” sono contrassegnate con ■.

Tutte le altre caratteristiche prestazionali, contrassegnate con □, possono essere richieste per “determinati impieghi previsti”.

PROSPETTO 1 ► CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI PER I PRODOTTI E SISTEMI DI PROTEZIONE SUPERFICIALE CORRELATI AI "PRINCIPI" E "METODI" DEFINITI NELLA ENV 1504-9

N°	Metodi di prova definiti nella	Principi		1. Protezione contro i rischi di penetrazione			2. Controllo dell'umidità		5. Resistenza fisica		6. Resistenza chimica	8. Aumento della resistività	
		Caratteristiche prestazionali	Metodi	1.1 (H)	1.2 (I)	1.3 (C)	2.1 (H)	2.2 (C)	5.1 (C)	5.2 (I)		6.1 (C)	8.1 (H)
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	EN 12617-1	Ritiro lineare				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
2	EN 12190	Resistenza alla compressione							<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
3	EN 1770	Coefficiente di espansione termica			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
4	EN ISO 5470-1	Resistenza all'abrasione							<input checked="" type="checkbox"/>				
5	EN ISO 2409	Aderenza mediante prova di taglio obliquo ^{a)}			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
6	EN 1062-6	Permeabilità alla CO ₂			<input checked="" type="checkbox"/>								
7	EN ISO 7783-1 EN ISO 7783-2	Permeabilità al vapore acqueo		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>
8	EN 1062-3	Absorbimento capillare e permeabilità all'acqua		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
		Aderenza in seguito a compatibilità termica											
	EN 13687-1	Cicli di gelo-disgelo con immersione in sali disgelanti		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
9	EN 13687-2	Cicli temporaleschi (shock termico)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
	EN 13687-3	Cicli termici senza immersione in sali disgelanti		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
	EN 1062-11:2002	4.1. Invecchiamento: 7 giorni a 70 °C		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
10	EN 13687-5	Resistenza allo shock termico			<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
11	EN ISO 2812-1	Resistenza chimica		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
12	EN 13529	Resistenza all'attacco chimico severo									<input checked="" type="checkbox"/>		
13	EN 1062-7	Resistenza alla fessurazione			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
14	EN ISO 6272-1	Resistenza all'urto							<input checked="" type="checkbox"/>				
15	EN 1542	Forza di aderenza per trazione diretta		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
16	EN 13501-1	Classificazione al fuoco di prodotti da costruzione ed elementi edilizi - Classificazione utilizzando in base ai risultati della prova di reazione al fuoco		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

PROSPETTO 1 ► CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI PER I PRODOTTI E SISTEMI DI PROTEZIONE SUPERFICIALE CORRELATI AI “PRINCIPI” E “METODI” DEFINITI NELLA ENV 1504-9 (CONTINUA)

N°	Metodi di prova definiti nella	Principi	1. Protezione contro i rischi di penetrazione			2. Controllo dell'umidità		5. Resistenza fisica		6. Resistenza chimica	8. Aumento della resistività	
			1.1 (H)	1.2 (I)	1.3 (C)	2.1 (H)	2.2 (C)	5.1 (C)	5-2 (I)		6.1 (C)	8.1 (H)
1	2	3 Caratteristiche prestazionali	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17	EN 13581	Resistenza alla perdita di massa del calcestruzzo idrofobico impregnato dopo cicli di gelo-disgelo in presenza di sale	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>	
18	EN 13036-4	Resistenza allo scivolamento/strisciamento		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
19	vedere prospetto 3	Profondità di penetrazione	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
20	EN 1062-11/2002	4.2: Comportamento dopo l'esposizione all'azione di agenti atmosferici artificiali			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
21	EN 1081	Comportamento antistatico			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
22	EN 13578	Aderenza su calcestruzzo umido			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
23	EN 13580	Absorbimento d'acqua e prova di resistenza agli alcali per impregnazione idrofobica	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>	
24	EN 13579	Velocità di essiccazione per impregnazione idrofobica	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>	
25	Soggetto a norme nazionali e regolamentazioni nazionali	Diffusione degli ioni cloruro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							

H Impregnazione idrofobica

I Impregnazione

C Rivestimento

■ Caratteristica per tutti gli impieghi previsti

□ Caratteristica per determinati impieghi previsti che rientrano nello scopo e campo di applicazione della ENV 1504-9 (vedere anche prospetti 3,4,5)

a) Questa prova è finalizzata al confronto con la prova di aderenza per trazione diretta, vedere nota al punto 5 nel prospetto 5.

5.3.3 REQUISITI PRESTAZIONALI

La norma UNI EN 1504-2, nei prospetti 3, 4 e 5, definisce i requisiti prestazionali e i riferimenti normativi di prova in funzione del metodo di protezione adottato, rispettivamente che sia impregnazione idrofobica, impregnazione o rivestimento.

PROSPETTO 3 ► REQUISITI PRESTAZIONALI PER L'IMPREGNAZIONE IDROFOBICA

N° del prospetto I	Caratteristiche prestazionali	Metodo di prova	Requisiti
1	2	3	4
17	Perdita di massa dopo cicli di gelo-disgelo in presenza di sali disgelanti. Questa prova è necessaria solo per strutture che possono entrare in contatto con sali disgelanti.	EN 13581	La perdita di massa della superficie del provino impregnato deve verificarsi almeno 20 cicli più tardi rispetto a quella del provino non impregnato.
19	La profondità di penetrazione misurata su provini cubici di calcestruzzo C (0,70) di 100 mm di lato secondo la prova di EN 1766 (non C (0,45) come riportato nella EN 13579). Dopo 28 giorni di maturazione secondo la EN 1766, i campioni devono essere conservati secondo il procedimento a secco indicato nella EN 1766. Il trattamento con agente idrofobico deve essere in accordo alla EN 13579.	La profondità di penetrazione è misurata con accuratezza di 0,5 mm mediante apertura per rottura del provino trattato e spruzzando la superficie della frattura con acqua (utilizzando il metodo della prova di fenolftaleina con acqua al posto della fenolftaleina) come da prEN 14630. La profondità dell'area asciutta è considerata come profondità effettiva di impregnazione idrofobica.	classe I: <10 mm classe II: ≥10 mm
23	Assorbimento d'acqua e resistenza agli alcali	EN 13580	Rapporto di assorbimento <7,5% rispetto al provino non trattato. Rapporto di assorbimento (dopo l'immersione in una soluzione di alcali) <10%.
24	Coefficiente di velocità di essiccazione	EN 13579	classe I: >30% classe II: >10%
25	Diffusione degli ioni cloruro ^{a)}	Soggetto a norme e regolamentazioni nazionali	

a) Quando l'assorbimento capillare di acqua è <0,01 kg/m² · h^{0,5} non è da prevedersi la diffusione di ioni cloruro.

PROSPETTO 4 ► REQUISITI PRESTAZIONALI PER L'IMPREGNAZIONE

N° del prospetto I	Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti
1	2	3	4
4	Resistenza all'abrasione (prova Taber) misurata su una fetta di 10 mm prelevata da provini cubici di calcestruzzo impregnato C (0,70) di lato 100 mm secondo la EN 1766. Nota: Sono accettabili anche metodi di prova pertinenti per sistemi di pavimentazioni secondo la EN 13813.	EN ISO 5470-1	mola abrasiva HZ2 / rotazione 1 000 cicli / carico di 1 000 g almeno 30% di miglioramento nella resistenza all'abrasione rispetto ad un campione non impregnato
7	Permeabilità al vapore acqueo	EN ISO 7783-1 EN ISO 7783-2	classe I $s_p < 5m$ (permeabilità al vapore acqueo) classe II $5m < s_p < 50m$ (da permeabile a non permeabile al vapore acqueo, per esempio in tinteggiature di interni) classe III $s_p > 50 m$ (non permeabile rispetto al vapore acqueo)
8	Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua	EN 1062-3	$w < 0,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$
9	Aderenza dopo compatibilità termica Substrato di riferimento: C (0,70) secondo la EN 1766 Per applicazioni esterne con influenza di sali disgelanti: Cicli di gelo-disgelo con immersione in sali disgelanti (20 x) e Cicli temporaleschi (shock termico) (10 x) Per applicazioni esterne senza influenza di sali disgelanti: Cicli termici senza impatto con sali disgelanti (20 x)	EN 13687-1 EN 13687-2 EN 13687-3	I cicli termici secondo la EN 13687-1 e la EN 13687-2 sono effettuati sullo stesso campione, partendo dai cicli temporaleschi. Dopo i cicli termici a) Nessun rigonfiamento, fessurazione e delaminazione b) Prova di aderenza per trazione diretta Applicazione/carico verticale Medio [N/mm ²] $\geq 0,8 (0,5)^{b)}$ orizzontale senza carico meccanico $\geq 1,0 (0,7)^{b)}$ orizzontale con carico meccanico $\geq 1,5 (1,0)^{b)}$
11	Resistenza chimica (metodo con mezzo assorbente)	EN ISO 2812-1	La resistenza all'influenza dei rispettivi ambienti deve essere quella definita nella EN 206-1 dopo 30 giorni di esposizione; nessun difetto visibile
14	Resistenza all'urto misurata su campioni di calcestruzzo rivestito MC (0,40) secondo la EN 1766. Nota: Lo spessore e l'impatto del carico previsto influenzano la scelta della classe.	EN ISO 6272-1	Dopo il carico nessuna fessurazione e delaminazione Classe I: $\geq 4 \text{ Nm}$ Classe II: $\geq 10 \text{ Nm}$ Classe III: $\geq 20 \text{ Nm}$
15	Aderenza per trazione diretta sul substrato di riferimento: C (0,70) secondo la EN 1766 maturazione di 7 giorni a clima normale e invecchiamento di 7 giorni a 70 °C in confronto con il provino non impregnato	EN 1542	Medio [N/mm ²] $\geq 0,8 (0,5)^{b)}$ $\geq 1,0 (0,7)^{b)}$ $\geq 1,5 (1,0)^{b)}$
16	Reazione al fuoco dopo l'applicazione	EN 13501-1	Euroclassi

PROSPETTO 4 ► REQUISITI PRESTAZIONALI PER L'IMPREGNAZIONE (CONTINUA)

N° del prospetto 1	Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti
1	2	3	4
18	Resistenza allo scivolamento/strisciamento	EN 13036-4	Classe I: ≥40 unità con prova a umido (superfici interne umide) Classe II: ≥40 unità con prova a secco (superfici interne secche) Classe III: ≥55 unità con prova a umido (all'esterno) Oppure in conformità a regolamentazioni nazionali
19	La profondità di penetrazione misurata su provini cubici di calcestruzzo impregnato C (0,70) di lato 100 mm secondo la EN 1766 [non C (0,45) come riportato nella EN 13579]. Dopo 28 giorni di maturazione secondo la EN 1766, i campioni devono essere conservati secondo il procedimento a secco indicato nella EN 1766. Il trattamento con impregnazione deve essere conforme alle istruzioni del produttore.	La profondità di penetrazione è definita con una esattezza di 0,5 mm mediante apertura per rottura del provino trattato e spruzzando la superficie della frattura con acqua (utilizzando il metodo della prova della fenolftaleina con acqua al posto della fenolftaleina) come da prEN 14630. La profondità dell'area asciutta è considerata come profondità effettiva di impregnazione.	≥5 mm
25	Diffusione degli ioni cloruro ^{a)}	Soggetto a norme e regolamentazioni nazionali	

a) Quando l'assorbimento capillare di acqua è <0,01 kg/m² · h^{0,5} non è da prevedersi la diffusione di ioni cloruro.

b) Il valore tra parentesi è il valore più piccolo valore accettato.

PROSPETTO 5 ► REQUISITI PRESTAZIONALI PER RIVESTIMENTI

N° del prospetto 1	Caratteristiche prestazionali	Metodo di prova.	Requisiti
1	2	3	4
1	Ritiro lineare Appropriato solo per sistemi rigidi ^(b) con spessore di applicazione ≥ 3 mm	EN 12617-1	$\leq 0,3\%$
2	Resistenza a compressione	EN 12190	Classe I: ≥ 35 N/mm ² (per traffico con ruote di poliammide) Classe II: ≥ 50 N/mm ² (per traffico con ruote di acciaio)
3	Coefficiente di espansione termica solo per rivestimenti con spessore ≥ 1 mm	EN 1770	Sistemi rigidi ^(b) per applicazione esterna: $\alpha_T \leq 30 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
4	Resistenza all'abrasione (prova Taber) Nota: Sono accettabili anche metodi di prova pertinenti per sistemi di pavimentazioni secondo la EN 13813.	EN ISO 5470-1	Perdita di peso minore di 3000 mg con mola abrasiva HZZ/rotazione 1000 cicli/carico di 1000 g
5	Prova di taglio obliquo su campioni di calcestruzzo rivestito MC (0/40) secondo la EN 1766. Questa prova è solo per pellicole lisce e sottili di spessore secco totale fino a 0,5 mm. Nota: Questa prova è effettuata nella prova di base oltre alla prova di aderenza. Pertanto, la prova di taglio obliquo in sito, può sostituire la prova di aderenza per trazione diretta.	EN ISO 2409 larghezza di taglio: 4 mm	valore di taglio incrociato: $\leq \text{GT } 2$
6	Permeabilità alla CO ₂	EN 1062-6 (il condizionamento dei campioni prima della prova dovrebbe essere come da prEN 1062-11:2002.4.3)	Permeabilità alla CO ₂ $s_p > 50$ m
7	Permeabilità al vapore acqueo	EN ISO 7783-1 EN ISO 7783-2	classe I $s_p < 5$ m classe II $5 \text{ m} \leq s_p \leq 50$ m classe III $s_p > 50$ m (permeabile al vapore acqueo) (non permeabile al vapore acqueo)
8	Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua	EN 1062-3	$w < 0,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$

PROSPETTO 5 ► REQUISITI PRESTAZIONALI PER RIVESTIMENTI (CONTINUA)

N° del prospetto 1	Caratteristiche prestazionali	Metodo di prova	Requisiti
1	2	3	4
9	Aderenza in seguito a compatibilità termica Substrato di riferimento: CC (0,40) secondo la EN 1766 Per applicazioni esterne con influenza di sali disgelanti: Cicli di gelo-disgelo con immersione in sali disgelanti (50 x) e Cicli temporaleschi (shock termico) (10 x) Per applicazioni esterne senza influenza di sali disgelanti: Cicli termici senza impatto con sali disgelanti (20 x) Per applicazione interna Invecchiamento: 7 giorni a 70 °C	EN 13687-1 EN 13687-2 EN 13687-3 EN 1062-11	I cicli termici secondo la EN 13687-1 e la EN 13687-2 sono effettuati sullo stesso campione, partendo dai cicli temporaleschi. Dopo i cicli termici a) nessun rigonfiamento, fessurazione e delaminazione b) Prova di aderenza per trazione diretta Media [N/mm ²] Sistemi di fessurazione o Sistemi rigidi ^(c) sistemi flessibili ≥1,0 (0,7) ^(b) ≥1,5 (1,0) ^(b) ≥2,0 (1,5) ^(b) senza traffico: con traffico:
10	Resistenza a shock termico (I x)	EN 13687-5	
11	Resistenza chimica (metodo con mezzo assorbente)	EN ISO 2812-1	La resistenza all'influenza dei rispettivi ambienti deve essere quella definita nella EN 206-1 dopo 30 giorni di esposizione; nessun difetto visibile
12	Resistenza all'attacco chimico severo Classe I: 3 d senza pressione Classe II: 28 d senza pressione Classe III: 28 d con pressione È consigliabile utilizzare liquidi di prova delle 20 classi indicate nella EN 13529 che coprono tutti i tipi di agenti chimici comuni. Altri liquidi di prova possono essere concordati tra le parti interessate.	EN 13529	Riduzione della durezza minore del 50% quando misurata in base al metodo Buchholz, della EN ISO 2815, o al metodo Shore della EN ISO 868, 24 h dopo aver rimosso il rivestimento dall'immersione nel liquido di prova.
13	Capacità alla fessurazione Dopo condizionamento come da EN 1062-11:2002, 4.1 - 7 giorni a 70 °C per sistemi a resina reattiva 4.2 - Radiazione UV e umidità per sistemi di dispersione	EN 1062-7	Le classi richieste e le condizioni di prova sono indicate nei prospetti 6 e 7 La resistenza richiesta alla fessurazione deve essere selezionata dal progettista in base alle condizioni locali (clima, larghezza della fessurazione e movimento della fessurazione). Dopo aver sottoposto a prova la classe richiesta non è ammessa alcuna rottura.
14	Resistenza all'urto misurata su campioni di calcestruzzo rivestito MC (0,40) secondo la EN 1766. Nota: Lo spessore e l'impatto del carico previsto influenzano la scelta della classe.	EN ISO 6272-1	Dopo il carico nessuna fessura e delaminazione Classe I: ≥4 Nm Classe II: ≥10 Nm Classe III: ≥20 Nm
15	Prova di aderenza per trazione diretta Substrato di riferimento: MC (0,40) come specificato nella EN 1766, maturazione: - 28 giorni per sistemi monocomponente contenenti calcestruzzo e sistemi PCC - 7 giorni per sistemi a resina reattiva.	EN 1542	Media [N/mm ²] Fessurazione o Sistemi rigidi ^(c) sistemi flessibili ≥1,0 (0,7) ^(b) ≥1,5 (1,0) ^(b) ≥2,0 (1,5) ^(b) senza traffico: con traffico:
16	Reazione al fuoco dopo l'applicazione	EN 13501-1	Euroclassi

PROSPETTO 5 ► REQUISITI PRESTAZIONALI PER RIVESTIMENTI (CONTINUA)

N° del prospetto 1	Caratteristiche prestazionali	Metodo di prova	Requisiti
1	2	3	4
18	Resistenza allo scivolamento/strisciamento	EN 13036-4	Classe I: >40 unità con prova a umido (superfici interne umide), Classe II: >40 unità con prova a secco (superfici interne asciutte), Classe III: >55 unità con prova a umido (all'esterno) Oppure in conformità a regolamentazioni nazionali
20	Esposizione agli agenti atmosferici artificiali secondo la EN 1062-11:2002, 4.2 (radiazione UV e umidità) solo per applicazioni esterne. Deve essere sottoposto a prova solo il bianco e il RAL 7030.	EN 1062-11	Dopo 2000 h di intemperie artificiali: nessun rigonfiamento secondo la EN ISO 4628-2 nessuna fessurazione secondo la EN ISO 4628-4 nessuna scagliatura secondo la EN ISO 4628-5 Leggera variazione di colore, perdita di lucentezza e sfarinamento possono essere accettabili ma devono essere descritti.
21	Comportamento antistatico	EN 1081	Classe I: >10 ⁴ e <10 ⁶ Ω (esplosivi) Classe II: >10 ⁵ e <10 ⁸ Ω (esplosione di sostanze pericolose)
22	Adesione su calcestruzzo umido [Substrato: MC (0,40)]	EN 13578	Dopo il carico: a) nessun rigonfiamento secondo la EN ISO 4628-2 nessuna fessurazione secondo la EN ISO 4628-4 nessuna scagliatura secondo la EN ISO 4628-5 b) Aderenza per trazione diretta ≥ 15 N/mm ² , la rottura deve essere >50% sottoforma di rottura del calcestruzzo Questa prova concerne i rivestimenti destinati all'applicazione su calcestruzzo fresco o calcestruzzi con alto tenore di umidità
25	Diffusione degli ioni cloruro ^{a)}	Soggetto a norme e regolamentazioni nazionali	

a) Quando l'assorbimento capillare di acqua è <0,01 kg/m² · h^{0,5} non è da prevedersi la diffusione di ioni cloruro.
b) Il valore tra parentesi è il valore più accettato.
c) I rivestimenti rigidi sono rivestimenti con durezza shore D ≥ 60 secondo la EN ISO 868.

Un parametro molto importante per i prodotti classificabili secondo il metodo del rivestimento (C) per la UNI EN 1504-2 è la **Resistenza alla fessurazione**, cioè la capacità di un materiale, una volta indurito e sottoposto a diversi stress termici, di far ponte alle fessurazioni rimanendo integro.

La resistenza alla fessurazione è introdotta come prova numero 13 del prospetto 1, ed è normata secondo i metodi di prova della UNI EN 1062-7, in particolare secondo i metodi A e B, rispettivamente che l'apertura della fessurazione sia continua (Metodo Statico) o ciclica (Metodo Dinamico), definendo le seguenti classificazioni riportate nei prospetti 6 e 7 della UNI EN 1504-2.

PROSPETTO 6 > CONDIZIONI DI PROVA SECONDO LA UNI EN 1062-7 METODO A, APERTURA CONTINUA DELLE FESSURE

Classe	Larghezza della fessura mm	Velocità di apertura della fessura mm/min
A 1	> 0,100	-
A 2	> 0,250	0,05
A 3	> 0,500	0,05
A 4	> 1,250	0,5
A 5	> 2,500	0,5

Come temperatura di prova per le classi da A 2 ad A 5 si raccomanda -10 °C (mentre A 1 = 21 °C). Altre temperature possono essere concordate tra le parti interessate, per esempio: 10 °C, 0 °C, -20 °C, -30 °C, -40 °C.

La temperatura di prova deve essere riportata tra parentesi dopo la classe, per esempio: A 4 (-20 °C).

PROSPETTO 7 ► CONDIZIONI DI PROVA SECONDO LA UNI EN 1062-7 METODO B, APERTURA CICLICA DELLE FESSURE

Classe	Condizioni di prova	
B 1		w_o = 0,15 mm w_u = 0,10 mm trapezoidale n = 100 f = 0,03 Hz w = 0,05 mm
B 2		w_o = 0,15 mm w_u = 0,10 mm trapezoidale n = 1.000 f = 0,03 Hz w = 0,05 mm
B 3.1		w_o = 0,30 mm w_u = 0,10 mm trapezoidale n = 1.000 f = 0,03 Hz w = 0,20 mm
B 3.2	Come in B 3.1, e	w_L = \pm 0,05 sinusoidale n = 20.000 f = 1 Hz
B 4.1		w_o = 0,50 mm w_u = 0,20 mm trapezoidale n = 1.000 f = 0,03 Hz w = 0,30 mm
B 4.2	Come in B 4.1, e	w_L = \pm 0,05 sinusoidale n = 20.000 f = 1 Hz

Dove:

f = frequenza

n = numero di cicli di fessurazione

w = variazione della larghezza della fessura

w_L = movimento della fessura dipendente dal carico

w_o = larghezza massima della fessura

w_u = larghezza minima della fessura

Come temperatura di prova per le classi da B 1 a B 4.2 si raccomanda -10 °C.

Altre temperature possono essere concordate tra le parti interessate, per esempio: 10 °C, 0 °C, -20 °C, -30 °C, -40 °C.

La temperatura di prova deve essere riportata tra parentesi dopo la classe, per esempio:

B 3.1 (-20 °C).

5.3.4

REAZIONE AL FUOCO

Per sistemi di protezione di superfici da utilizzare in elementi soggetti al fuoco il produttore deve dichiarare la classificazione di reazione al fuoco del sistema di protezione della superficie indurita.

Per i sistemi induriti che hanno un valore fino all'1% in massa o in volume di materiali organici omogeneamente distribuiti, si può dichiarare una Classe A1 senza necessità di prove.

Per gli stessi sistemi induriti che però superano l'1% va dichiarata la Classe di reazione al fuoco, in conformità alla UNI EN 13501-1.

5.4

UNI EN 1504-3

RIPARAZIONE STRUTTURALE E NON STRUTTURALE

La norma UNI EN 1504-3 specifica i requisiti per l'identificazione, le prestazioni (inclusa la durabilità), la sicurezza di prodotti e sistemi da utilizzare per la riparazione strutturale e non strutturale delle strutture di calcestruzzo.

La presente norma europea riguarda la riparazione di malte e calcestruzzi, potenzialmente utilizzati insieme ad altri prodotti e sistemi, per il restauro e/o la sostituzione di calcestruzzo deteriorato e per la protezione delle armature, al fine di prolungare la vita di servizio di una struttura di calcestruzzi che mostri deterioramento. I campi di applicazione coperti sono in accordo con la UNI EN 1504-9, come segue:

PRINCIPIO 3 - RIPRISTINO DEL CALCESTRUZZO (CR)

- 3.1 Applicazione della malta a mano
- 3.2 Nuovo getto di calcestruzzo o malta
- 3.3 Spruzzo di calcestruzzo o malta

CR

PRINCIPIO 4 - RAFFORZAMENTO STRUTTURALE (SS)

- 4.4 Aggiunta di malta o calcestruzzo

SS

PRINCIPIO 5 - AUMENTO DELLA RESISTENZA FISICA (PR)

5.3 Aggiunta di malta o calcestruzzo

MC

PRINCIPIO 6 - RESISTENZA AI PRODOTTI CHIMICI (RC)

6.3 Aggiunta di malta o calcestruzzo

RC

PRINCIPIO 7 - CONSERVAZIONE O RIPRISTINO DELLA PASSIVITÀ (RP)

7.1 Aumento del copriferro con aggiunta di malta o calcestruzzo

7.2 Sostituzione del calcestruzzo contaminato o carbonatato

RP

5.4.1. TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini della presente norma europea si applicano i termini e le definizioni di cui alle parti 1, 8 e 9 della UNI EN 1504, in particolare:

Agente di ancoraggio - componente di un sistema di riparazione utilizzato per promuovere l'adesione di una malta o di un calcestruzzo di riparazione ad un substrato di calcestruzzo, ai fini di ottenere un legame permanente, non influenzato dall'umidità e dagli alcali forti durante il servizio.

Tempo di irrigidimento - tempo oltre il quale si perde la lavorabilità di un calcestruzzo o di una malta di riparazione a base di leganti idraulici e idraulici polimerici.

Ritiro/espansione impediti - capacità di un prodotto o di un sistema di riparazione, una volta legato ad un substrato di calcestruzzo preparato, di sopportare le sollecitazioni dovute al cambiamento di volume.

Assorbimento capillare - capacità di un prodotto o di un sistema di riparazione di assorbire l'acqua senza applicazione di pressione idrostatica.

Compatibilità termica - proprietà di un prodotto o di un sistema di riparazione, una volta legato ad un substrato di calcestruzzo preparato, di sopportare le variazioni cicliche della temperatura.

Malta o calcestruzzo ad elevato spandimento - prodotto di riparazione formulato per avere caratteristiche di spandimento estremamente elevato, al di fuori dei limiti dei normali metodi di prova, in grado di penetrare negli interstizi e attorno ad armature molto fitte senza dare luogo ad essudamento o a segregazione.

5.4.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI PER GLI IMPIEGHI PREVISTI

Il prospetto 1 della UNI EN 1504-3 elenca le principali caratteristiche prestazionali dei prodotti e sistemi di riparazione strutturali e non strutturali richieste “per tutti gli impieghi previsti” o per “determinati impieghi previsti” in accordo ai “principi” e “metodi” definiti dalla UNI EN 1504-9. Le caratteristiche prestazionali che sono richieste “per tutti gli impieghi previsti” sono contrassegnate con ■.

Tutte le altre caratteristiche prestazionali, contrassegnate con □, possono essere richieste per “determinati impieghi previsti”.

Il sistema di riparazione deve essere selezionato sulla base della valutazione delle cause effettive o potenziali di deterioramento e della considerazione dei principi e metodi di protezione e riparazione specificati nella UNI EN 1504-9.

PROSPETTO 1 ► CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DEI PRODOTTI DI RIPARAZIONE STRUTTURALI E NON STRUTTURALI PER TUTTI GLI IMPIEGHI PREVISTI E PER DETERMINATI IMPIEGHI PREVISTI

Caratteristiche prestazionali	Principio di riparazione			
	3	4	7	
	Metodo di riparazione			
	3.1, 3.2	3.3 ^{a)}	4.4	7.1, 7.2
Resistenza a compressione	■	■	■	■
Contenuto di cloruri ^{b)}	■	■	■	■
Legame di aderenza	■	■	■	■
Ritiro/espansione impediti ^{c)}	■	■	■	■
Durabilità				
a) Resistenza alla carbonatazione ^{b) d)}	■	■	■	■
Durabilità				
b) Compatibilità termica Parte 1 o Parte 2 o Parte 4 della EN 13687 ^{e)}	□	□	□	□
Modulo di elasticità	□	□	■	□
Resistenza allo slittamento ^{f)}	□		□	□
Coefficiente di espansione termica ^{c) g)}	□	□	□	□
Assorbimento capillare (permeabilità all'acqua) ^{e) h)}	□	□	□	□

- a) La natura del metodo di applicazione può determinare il cambiamento di alcuni metodi di prova. Fare riferimento alla UNI EN 14487-1;
- b) Questo requisito non è pertinente alla riparazione del calcestruzzo non armato;
- c) Se sottoposto a cicli termici, questa prova aggiuntiva non è richiesta;
- d) Qualora il sistema di riparazione includa un sistema di protezione superficiale con comprovate caratteristiche di protezione contro la carbonatazione (vedere la UNI EN 1504-2) o sia una malta PC, questa prova non è pertinente;
- e) Secondo le condizioni di esposizione ambientale;
- f) Pertinente solo per aree trafficate;
- g) Pertinente solo per PC;
- h) La resistenza alla corrosione rientra nei requisiti del contenuto di cloruro e della permeabilità all'acqua del prodotto;

5.4.3 REQUISITI PRESTAZIONALI

La UNI EN 1504-3 definisce in funzione delle prestazioni 4 classe di malte R1, R2, R3 e R4.

Le classi **R1** e **R2** si riferiscono a malte per usi **non strutturali**.

Le classi **R3** e **R4** si riferiscono a malte per usi **strutturali**.

Il prospetto 3 riporta una sintesi delle prestazioni che andremo a suddividere per usi non strutturali e strutturali.

PROSPETTO 3 ► PRESTAZIONI PER MALTE NON STRUTTURALI R1 - R2

n.	Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisito prestazionale	
			R1	R2
1	Resistenza a compressione	EN 12190	≥ 10 MPa	≥ 15 MPa
2	Contenuto ioni cloruro	EN 1015-17	≤ 0,05 %	
3	Legame di aderenza	EN 1542	≥ 0,8 MPa ^{a)}	
4	Ritiro/espansione impediti ^{b) c)}	EN 12617-4	Nessun requisito	Forza di legame dopo la prova ^{d) e)} ≥ 0,8 MPa ^{a)}
5	Resistenza alla carbonatazione ^{f)}	EN 13295	Nessun requisito ^{g)}	
6	Modulo elastico	EN 13412	Nessun requisito	
7	Compatibilità termica ^{h) h)} Gelo-disgelo	EN 13687-1	Ispezione visiva dopo 50 cicli ^{e)}	Forza di legame dopo 50 cicli ^{d) e)} ≥ 0,8 MPa
8	Compatibilità termica ^{h) h)} Temporali	EN 13687-2	Ispezione visiva dopo 30 cicli ^{e)}	Forza di legame dopo 30 cicli ^{d) e)} ≥ 0,8 MPa ^{a)}
9	Compatibilità termica ^{h) h)} Cicli a secco	EN 13687-4	Ispezione visiva dopo 30 cicli ^{e)}	Forza di legame dopo 30 cicli ^{d) e)} ≥ 0,8 MPa ^{a)}
10	Resistenza allo slittamento	EN 13036-4	Classe I: > 40 unità con prova a umido Classe II: > 40 unità con prova a secco Classe III: > 55 unità con prova a umido	
11	Coefficiente di espansione termica ^{c)}	EN 1770	Non richiesto se sono eseguite le prove 7, 8 o 9, altrimenti valore dichiarato	
12	Assorbimento capillare	EN 13057	Nessun requisito	≤ 0,5 kg*m ⁻² *h ^{-0,5}

PROSPETTO 3 ► PRESTAZIONI PER MALTE STRUTTURALI R3 - R4

n.	Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisito prestazionale	
			R3	R4
1	Resistenza a compressione	EN 12190	≥ 25 MPa	≥ 45 MPa
2	Contenuto ioni cloruro	EN 1015-17	≤ 0,05 %	
3	Legame di aderenza	EN 1542	≥ 1,5 MPa	≥ 2,0 MPa
4	Ritiro/espansione impediti ^{b) c)}	EN 12617-4	Forza di legame dopo la prova ^{d) e)} ≥ 1,5 MPa	Forza di legame dopo la prova ^{d) e)} ≥ 2,0 MPa
5	Resistenza alla carbonatazione ^{f)}	EN 13295	$d_K \leq$ calcestruzzo di controllo [MC(0,45)]	
6	Modulo elastico	EN 13412	≥ 15 GPa	≥ 20 GPa
7	Compatibilità termica ^{f) h)} Gelo-disgelo	EN 13687-1	Forza di legame dopo 50 cicli ^{d) e)} ≥ 1,5 MPa	Forza di legame dopo 50 cicli ^{d) e)} ≥ 2,0 MPa
8	Compatibilità termica ^{f) h)} Temporal	EN 13687-2	Forza di legame dopo 30 cicli ^{d) e)} ≥ 1,5 MPa	Forza di legame dopo 30 cicli ^{d) e)} ≥ 2,0 MPa
9	Compatibilità termica ^{f) h)} Cicli a secco	EN 13687-4	Forza di legame dopo 30 cicli ^{d) e)} ≥ 1,5 MPa	Forza di legame dopo 30 cicli ^{d) e)} ≥ 2,0 MPa
10	Resistenza allo slittamento	EN 13036-4	Classe I: > 40 unità con prova a umido Classe II: > 40 unità con prova a secco Classe III: > 55 unità con prova a umido	
11	Coefficiente di espansione termica ^{c)}	EN 1770	Non richiesto se sono eseguite le prove 7, 8 o 9, altrimenti valore dichiarato	
12	Assorbimento capillare	EN 13057	≤ 0,5 kg*m ⁻² *h ^{-0,5}	

Dove:

- a) Il valore di 0,8 MPa non è richiesto ove si manifesti un difetto di coesione del materiale di riparazione. Se si manifesta un difetto di coesione, è richiesto un carico di rottura minimo di 0,5 MPa;
- b) Non richiesto per il metodo di riparazione 3.3;
- c) Non richiesto se sottoposto a cicli termici;
- d) Valore medio senza nessun valore singolo minore del 75% del requisito minimo;
- e) Larghezza media massima consentita di una incrinatura ≤ 0,05 mm senza alcuna incrinatura ≥ 0,1 mm e senza delaminazione;
- f) Per la durabilità;
- g) Non idoneo per la protezione contro la carbonatazione, a meno che il sistema di riparazione non includa un sistema di protezione superficiale con comprovate caratteristiche di protezione contro la carbonatazione (vedere la UNI EN 1504-2);
- h) La scelta del metodo dipende dalle condizioni di esposizione. Se un prodotto soddisfa la Parte 1, si suppone che soddisfi anche le Parti 2 e 4;

5.4.4 REAZIONE AL FUOCO

Per i prodotti di riparazione da impiegare in elementi soggetti a requisiti per il fuoco, il produttore deve dichiarare la classificazione di reazione al fuoco del prodotto di riparazione.

Per prodotti di riparazione contenenti fino all'1% in massa o in volume di materiali organici omogeneamente distribuiti, la dichiarazione della Classe di reazione al fuoco A1 senza necessità di prove.

Per i prodotti di riparazione induriti contenenti più dell'1% in massa o in volume di materiali organici omogeneamente distribuiti, devono essere classificati in accordo alla UNI EN 13501-1 e deve essere dichiarata la classe di reazione al fuoco appropriata.

5.5 UNI EN 1504-4 INCOLLAGGIO STRUTTURALE

La UNI EN 1504-4 specifica i requisiti per l'identificazione, le prestazioni (compresa la durabilità) e per la sicurezza di prodotti e sistemi da impiegare per l'incollaggio strutturale di materiali di rinforzo ad una struttura di calcestruzzo esistente, tra cui:

- ▶ Incollaggio di piastre di acciaio o altri materiali idonei (per esempio compositi rinforzati con fibre) alla superficie di una struttura di calcestruzzo per scopi di rafforzamento, inclusa l'applicazione di piastre;
- ▶ Incollaggio di calcestruzzo indurito al calcestruzzo indurito, generalmente associato all'impiego di unità prefabbricate nella riparazione e nel rafforzamento;
- ▶ Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito utilizzando un giunto adesivo facente parte integrante di una nuova struttura composta dai tre elementi;

I requisiti prestazionali di questa Parte della presente norma possono non essere applicabili per applicazioni altamente specializzate in condizioni ambientali estreme, quali per esempio l'impiego criogenico, e non coprono circostanze particolari quali l'urto accidentale causato per esempio da carichi di traffico, ghiaccio o terremoto, che richiedono requisiti prestazionali specifici.

La parte 4 della UNI EN 1504 prende in considerazione esclusivamente il principio 4 descritto dalla UNI EN 1504-9, in particolare:

PRINCIPIO 4 - RAFFORZAMENTO STRUTTURALE (SS)

4.3 Collegamento mediante piastre

4.4 Aggiunta di malta o calcestruzzo

SS

5.5.1 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini della presente norma europea si applicano i termini e le definizioni di cui alle parti 1, 8 e 9 della UNI EN 1504, in particolare:

Prodotti e sistemi per l'incollaggio strutturale - prodotti e sistemi applicati al calcestruzzo per conferire un incollaggio strutturale duraturo a materiali complementari aggiunti.

Malte polimeriche e calcestruzzi polimerici (PC) - miscele di leganti polimerici con aggregati assortiti granulometricamente, che fa presa mediante una reazione di polimerizzazione.

Tempo aperto - intervallo di tempo massimo compreso tra il completamento della miscelazione dell'agente adesivo fino alla chiusura del giunto, che permette di soddisfare il requisito relativo alla forza di aderenza come specificato nella presente norma.

Durata in vaso dei prodotti per incollaggio strutturale - periodo di tempo impiegato dall'agente adesivo per raggiungere una temperatura specificata nel contenitore di miscelazione (prova eseguita in condizioni di laboratorio normalizzate).

Tempo di lavorabilità dei prodotti per incollaggio strutturale - periodo di tempo in cui l'agente adesivo rimane lavorabile nelle quantità di prodotto miscelato utilizzate e al limite delle condizioni di impiego per le quali il prodotto è previsto.

5.5.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI PER GLI IMPIEGHI PREVISTI

Il prospetto 1 della UNI EN 1504-4 elenca le principali caratteristiche prestazionali dei prodotti e sistemi per l'incollaggio strutturale che sono richiesti "per tutti gli impieghi previsti" o per "determinati impieghi previsti" in accordo ai "principi" e "metodi" definiti dalla UNI EN 1504-9. Le caratteristiche prestazionali che sono richieste "per tutti gli impieghi previsti" sono contrassegnate con ■.

Tutte le altre caratteristiche prestazionali, contrassegnate con □, possono essere richieste per "determinati impieghi previsti".

Le proprietà di aderenza possono essere influenzate sfavorevolmente dal fuoco e pertanto devono essere adottate misure protettive adeguate qualora si preveda il rischio di incendio.

I principi e metodi per l'incollaggio strutturale sono definiti dalla UNI EN 1504-9 cioè 4.3 e 4.4.

PROSPETTO 1 ► CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI PER TUTTI E DETERMINATI IMPIEGHI PREVISTI

Caratteristica prestazionale	Principio di riparazione 4 Rinforzo strutturale (Nota 7)	
	Metodo di riparazione 4.3 Rinforzo con piastra aderente (Nota 1)	Metodo di riparazione 4.4 Malta o calcestruzzo adesivo (Nota 2)
1. Idoneità per l'applicazione:		
a) su superfici verticali e intradossi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) su estradosso di superfici orizzontali	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) mediante iniezione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Idoneità per l'applicazione e la maturazione alle seguenti condizioni ambientali particolari:		
a) bassa o alta temperatura (nota 3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) substrato umido		<input checked="" type="checkbox"/>
3. Aderenza:		
a) piastra su piastra	<input checked="" type="checkbox"/>	
b) piastra su calcestruzzo	<input checked="" type="checkbox"/>	
c) acciaio con protezione anticorrosione su acciaio con protezione anticorrosione (nota 4)	<input type="checkbox"/>	
d) acciaio con protezione anticorrosione su calcestruzzo (nota 4)	<input type="checkbox"/>	
e) calcestruzzo indurito su calcestruzzo indurito		<input checked="" type="checkbox"/>
f) calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito (nota 5)		<input checked="" type="checkbox"/>
4. Durabilità del sistema composito:		
a) cicli termici	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
b) cicli di umidità	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5. Caratteristiche del materiale per il progettista:		
a) tempo aperto (nota 5) (nota 6)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
b) tempo di lavorabilità (nota 6)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
c) modulo di elasticità in compressione	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
d) modulo di elasticità in flessione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) resistenza alla compressione		<input checked="" type="checkbox"/>
f) resistenza al taglio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
g) temperatura di transizione vetrosa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
h) coefficiente di espansione termica	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
i) ritiro	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Note:

- 1 Il metodo di riparazione 4.3 è conforme alla UNI EN 1504-9. Incollaggio di piastre esterne alla superficie di una struttura di calcestruzzo per scopi di rinforzo e applicazione di piastre in tali applicazioni. È improbabile ottenere un legame accettabile con l'acciaio inossidabile;
- 2 Il metodo di riparazione 4.4 è conforme alla UNI EN 1504-9. Incollaggio di calcestruzzo indurito su calcestruzzo indurito, generalmente associato con l'impiego di unità prefabbricate o l'incollaggio di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito facente parte integrante di una nuova struttura composta dai tre elementi;
- 3 Possono essere specificate le temperature da parte del produttore per l'impiego previsto;
- 4 In questo contesto la protezione dalla corrosione implica l'applicazione di uno strato di mano di fondo che inibisce la corrosione dell'acciaio dolce;
- 5 Non applicabile alle tecniche di iniezione;
- 6 Alle temperature di applicazione minime, normali o massime;

5.5.3 REQUISITI PRESTAZIONALI

Secondo la UNI EN 1504-4 il produttore deve effettuare prove prestazionali iniziali sul prodotto secondo i prospetti 3.1 e 3.2, cioè per agenti adesivi rispettivamente per rinforzo con piastra aderente (Prospetto 3.1) e per malta o calcestruzzo aderente (Prospetto 3.2).

PROSPETTO 3.1 ► REQUISITI PRESTAZIONALI DELL'AGENTE ADESIVO PER RINFORZO CON PIASTRA ADERENTE

n.	Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti prestazionali								
1	Modulo di elasticità in flessione	EN ISO 178	$\geq 2\ 000\ \text{N/mm}^2$								
2	Resistenza al taglio	EN 12188	$\geq 12\ \text{N/mm}^2$								
3	Tempo aperto ^{a)}	EN 12189	Valore dichiarato $\pm 20\%$								
4	Tempo di lavorabilità	EN ISO 9514	Valore dichiarato <i>Nota informativa: la durata di lavorabilità dipende dalla quantità di prodotto miscelato e dalle condizioni ambientali. Gli utilizzatori dovrebbero notare che la durata di lavorabilità è generalmente minore della durata in vaso</i>								
5	Modulo di elasticità in compressione	EN 13412	$\geq 2\ 000\ \text{N/mm}^2$								
6	Temperatura di transizione vetrosa	EN 12614	$\geq 40\ ^\circ\text{C}$								
7	Coefficiente di espansione termica	EN 1770	$\leq 100 \times 10^{-6}$ per K								
8a	Ritiro totale per agenti adesivi strutturali	EN 12617-1	$\leq 0,1\ \%$								
8b	Ritiro totale per agenti adesivi strutturali (metodo alternativo)	EN 12617-3	$\leq 0,1\ \%$								
9	Idoneità per l'applicazione su superfici verticali e intradossi	EN 1799	Il materiale non deve abbassarsi di oltre 1 mm quando si applica in spessori minori di 3 mm.								
10	Idoneità per l'applicazione su estradossi di superfici orizzontali	EN 1799	L'area della superficie dell'agente adesivo alla fine della prova di schiacciamento non deve essere minore di 3 000 mm ² (60 mm di diametro)								
11	Idoneità per l'iniezione ^{a)}	EN 12618-2	Per la prova eseguita a secco, la rottura deve verificarsi nel calcestruzzo								
12	Idoneità per l'applicazione e la maturazione in condizioni ambientali particolari	EN 12188 <i>Nota: il metodo di prova può richiedere l'esecuzione in condizioni ambientali diverse da quelle specificate nella EN 12188</i>	La resistenza a taglio in compressione di prismi incollati obliquamente a varie angolature θ non deve essere minore dei valori σ_0 N/mm ² di seguito riportati: <table style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>θ</td> <td>σ_0</td> </tr> <tr> <td>50°</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>60°</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>70°</td> <td>70</td> </tr> </table>	θ	σ_0	50°	50	60°	60	70°	70
θ	σ_0										
50°	50										
60°	60										
70°	70										
13	Aderenza	EN 12188	La sollecitazione alla trazione creata dal giunto incollato in una prova di trazione diretta non deve essere minore di 14 N/mm ² . La resistenza a taglio in compressione di prismi incollati obliquamente a varie angolature θ non deve essere minore dei valori σ_0 N/mm ² di seguito riportati: <table style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>θ</td> <td>σ_0</td> </tr> <tr> <td>50°</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>60°</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>70°</td> <td>70</td> </tr> </table>	θ	σ_0	50°	50	60°	60	70°	70
θ	σ_0										
50°	50										
60°	60										
70°	70										
14	Durabilità (temperatura e umidità)	EN 13733 <i>Nota: il metodo di prova non è applicabile a piastre diverse dall'acciaio</i>	Il carico di taglio-compressione alla rottura dei provini di calcestruzzo indurito dopo l'esposizione a cicli termici o all'ambiente caldo-umido non deve essere minore della resistenza a trazione del calcestruzzo. I provini di acciaio su acciaio non devono rompersi in seguito ad esposizione a cicli termici o all'ambiente caldo-umido.								

a) Calcestruzzo o malta di riferimento: EN 1766 - MC(0,40)

Nota: i requisiti di soglia si applicano al valore medio della caratteristica prestazionale pertinente di qualsiasi lotto di prodotto come definito nella UNI EN 1504-8.

PROSPETTO 3.2 ► REQUISITI PRESTAZIONALI DELL'AGENTE ADESIVO PER MALTA O CALCESTRUZZO INCOLLATO

n.	Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti prestazionali
1	Modulo di elasticità in flessione	EN ISO 178	$\geq 2000 \text{ N/mm}^2$
2	Resistenza alla compressione	EN 12190	$\geq 30 \text{ N/mm}^2$
3	Resistenza al taglio	EN 12188	$\geq 6 \text{ N/mm}^2$
4	Tempo aperto ^{a)}	EN 12189	Valore dichiarato $\pm 20\%$
5	Tempo di lavorabilità	EN ISO 9514	Valore dichiarato <i>Nota informativa: la durata di lavorabilità dipende dalla quantità di prodotto miscelato e dalle condizioni ambientali. Come tale è di responsabilità del produttore. Tuttavia, gli utilizzatori dovrebbero tenere presente che la durata di lavorabilità è generalmente minore della durata in vaso</i>
6	Modulo di elasticità in compressione	EN 13412	$\geq 2000 \text{ N/mm}^2$
7	Temperatura di transizione vetrosa	EN 12614	$\geq 40 \text{ }^\circ\text{C}$
8	Coefficiente di espansione termica	EN 1770	$\leq 100 \times 10^{-6}$ per K
9a	Ritiro totale per agenti adesivi strutturali	EN 12617-1	$\leq 0,1 \%$
9b	Ritiro totale per agenti adesivi strutturali (metodo alternativo)	EN 12617-3	$\leq 0,1 \%$
10	Idoneità per l'applicazione su superfici verticali e intradossi	EN 1799	Il materiale non deve abbassarsi di oltre 1 mm quando si applica in spessori minori di 3 mm.
11	Idoneità per l'applicazione su superfici orizzontali	EN 1799	L'area della superficie dell'agente adesivo alla fine della prova di schiacciamento non deve essere minore di 3000 mm ² (60 mm di diametro)
12	Idoneità per l'iniezione ^{a)}	EN 12618-2	Per la prova eseguita a secco, la rottura deve verificarsi nel calcestruzzo
13a	Idoneità per l'applicazione e la maturazione in condizioni ambientali particolari ^{a)}	EN 12636	Per calcestruzzo indurito su calcestruzzo indurito, la prova di resistenza a flessione deve provocare una rottura nel calcestruzzo. Per calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito, la prova di trazione diretta deve provocare una rottura nel calcestruzzo
13b	Idoneità per l'applicazione e la maturazione in condizioni ambientali particolari (metodo di prova alternativo) ^{b)}	EN 12615	La prova di taglio in compressione deve provocare una frattura nel calcestruzzo
14a	Adesione ^{a)}	EN 12636	Per calcestruzzo indurito su calcestruzzo indurito, la prova di resistenza a flessione deve provocare una rottura nel calcestruzzo. Per calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito, la prova di trazione diretta deve provocare una rottura nel calcestruzzo
14b	Aderenza (metodo di prova alternativo) ^{b)}	EN 12615	La prova di taglio in compressione deve provocare una frattura nel calcestruzzo
15	Durabilità (temperatura e umidità) ^{a)}	EN 13733	Il carico di taglio-compressione alla rottura dei provini di calcestruzzo indurito su calcestruzzo indurito o di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito dopo l'esposizione a cicli termici o all'ambiente caldo-umido non deve essere minore della più bassa resistenza a trazione posseduta dal calcestruzzo incollato o dal calcestruzzo originale

a) Calcestruzzo o malta di riferimento: EN 1766 - MC(0,40)

b) Calcestruzzo o malta di riferimento: EN 1766 - C(0,40) o MC(0,40)

Nota: i requisiti di soglia si applicano al valore medio della caratteristica prestazionale pertinente di qualsiasi lotto di prodotto come definito nella UNI EN 1504-8.

5.5.4 REAZIONE AL FUOCO

Per gli agenti adesivi strutturali da utilizzare in elementi soggetti ai requisiti di relazione al fuoco il produttore deve dichiarare la classificazione di reazione al fuoco dell'agente adesivo strutturale indurito.

Gli agenti adesivi strutturali induriti contenenti oltre l'1% in massa o in volume di materiali organici omogeneamente distribuiti, devono essere classificati in conformità alla UNI EN 13501-1 e deve essere dichiarata la classe di reazione al fuoco appropriata.

5.6 UNI EN 1504-5 INIEZIONE DEL CALCESTRUZZO

La UNI EN 1504-5 specifica i requisiti e i criteri di conformità per l'identificazione, le prestazioni (inclusi gli aspetti di durabilità) e la sicurezza dei prodotti per l'iniezione, per la riparazione e protezione delle strutture di calcestruzzo.

La norma utilizza i seguenti metodi e principi, definiti dalla UNI EN 1504-9:

PRINCIPIO 1 - PROTEZIONE CONTRO L'INGRESSO (PI)

1.5 Riempimento di fessure

PI

PRINCIPIO 4 - RAFFORZAMENTO STRUTTURALE (SS)

4.5 Iniezione delle fessure, nei vuoti o negli interstizi

4.6 Riempimento delle fessure, dei vuoti o degli interstizi

SS

L'iniezione è utilizzata per evitare le conseguenze dannose dei vuoti e delle fessure nel calcestruzzo al fine di ottenere l'impermeabilità e quindi la tenuta all'acqua, evitare la penetrazione di agenti che potrebbero indurre la corrosione dell'armatura e consolidare la struttura mediante il rafforzamento del calcestruzzo.

La norma introduce tre tipologie di prodotti in funzione del tipo di riempimento:

► **Categoria F - Riempimento delle fessure, vuoti e interstizi nel calcestruzzo che permette di trasmettere le forze**

Prodotti in grado di legarsi alla superficie del calcestruzzo e consentire la trasmissione delle forze attraverso sé stessi.

Queste tipologie di prodotti possono, inoltre, essere utilizzati per l'iniezione di impregnazione senza formare legami che trasmettono forze. Se non diversamente specificato, i prodotti per iniezione sono destinati al riempimento di fessure, vuoti e interstizi, e come tali saranno indicati.

► **Categoria D - Riempimento duttile di fessure, vuoti e interstizi nel calcestruzzo**

Prodotti flessibili che sono in grado di sopportare movimenti successivi

► **Categoria S - Riempimento espansivo di fessure, vuoti e interstizi nel calcestruzzo**

Prodotti che sono in grado, allo stato reattivo, di espandersi ripetutamente per assorbimento d'acqua, in modo che le molecole dell'acqua si legano alle molecole dei prodotti per iniezione.

Questa categoria di prodotti, denominata gel, è utilizzata esclusivamente per scopi di impermeabilizzazione di fessure e vuoti umidi, bagnati e in flusso d'acqua.

5.6.1 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini della presente norma europea si applicano i termini e le definizioni di cui alle parti 1, 8 e 9 della UNI EN 1504, in particolare:

Prodotti e sistemi per iniezione - prodotti e sistemi che, quando iniettati in una struttura di calcestruzzo, ripristinano l'integrità e/o la durabilità della struttura.

Prodotto per iniezione formulato con legante polimerico reattivo (P) - prodotto nel quale l'indurimento è correlato alla maturazione di un legante polimerico reattivo; la parte reattiva di un legante polimerico coinvolto nell'indurimento del legante è il gruppo funzionale.

Prodotto per iniezione formulato con legante idraulico (H) - prodotto nel quale l'indurimento è correlato alla reazione di idratazione di un legante idraulico

Durata in vaso dei prodotti per iniezione - periodo di tempo impiegato dal prodotto appena miscelato per:

- ▶ Raggiungere un incremento di temperatura di 15 °C, per prodotti per l'iniezione formulati con legante polimerico reattivo (o per raggiungere l'aumento di temperatura massimo qualora questo sia inferiore a 15 °C)
- ▶ Raggiungere una viscosità di 1000 mPa x s
- ▶ Registrare una diminuzione della stabilità alla filtrazione, per prodotti per iniezione formulati con legante idraulico

La durata in vaso è una prova eseguita in condizioni normalizzate di laboratorio.

Tempo di lavorabilità dei prodotti per iniezione - periodo di tempo in cui il prodotto per iniezione miscelato rimane lavorabile nelle quantità di impasto utilizzate e al limite delle condizioni di impiego per le quali il prodotto è previsto.

Larghezza della fessura - misurata sulla superficie del calcestruzzo non trattata.

Iniettabilità - capacità di un prodotto per iniezione di penetrare in una fessura, che è data dalla larghezza minima della fessura nella quale il prodotto è iniettabile. Si considerano larghezze espresse in millimetri di 0,1 mm | 0,2 mm | 0,3 mm | 0,5 mm | 0,8 mm. L'iniettabilità è dichiarata dal produttore e sottoposta a prova mediante una o più prove di iniettabilità.

Stato di umidità della fessura, dei vuoti o degli interstizi - contenuto di acqua presente nella fessura o che trasuda da essa, considerando le seguenti condizioni:

- ▶ Asciutta: totale assenza di acqua nella fessura e nei fianchi. Nessuna differenza cromatica tra la fessura e il calcestruzzo che la contiene;
- ▶ Umida: assenza di acqua nella fessura ma presente nei fianchi senza però formare uno strato di acqua. Differenza cromatica tra la fessura e il calcestruzzo che la contiene;
- ▶ Bagnata: acqua permanente nella fessura. Presenza di gocce d'acqua sulla superficie della fessura
- ▶ Flusso d'acqua: acqua che scorre attraverso la fessura, i vuoti o gli interstizi. Il produttore indica lo stato di umidità o gli stati con i quali il prodotto è compatibile, sulla base dei risultati di iniettabilità e di altre prove prestazionali pertinenti.

Movimento della fessura - modifica della larghezza in funzione del tempo e di azioni sulle strutture come sollecitazioni meccaniche o fisiche, giornaliere o stagionali.

5.6.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI IN RELAZIONE AI PRINCIPI GENERALI DI PROTEZIONE E RIPARAZIONE

La UNI EN 1504-5 al capitolo 4 introduce le caratteristiche prestazionali di prodotti per iniezione del calcestruzzo che sono richieste “per tutti gli impieghi previsti” o per “determinati impieghi previsti” in accordo ai “principi” e “metodi” definiti dalla UNI EN 1504-9.

Le caratteristiche prestazionali che sono richieste “per tutti gli impieghi previsti” sono contrassegnate con ■. Tutte le altre caratteristiche prestazionali, contrassegnate con □, possono essere richieste per “determinati impieghi previsti”.

Ci sono tre diverse caratteristiche prestazionali in funzione della categoria del prodotto F, D, S, attraverso i Prospetti 1, 2 e 3, ma tutte sono classificate in questo modo:

- ▶ Caratteristiche di base: resistenza a compressione, forza di aderenza, variazione di volume (ritiro), compatibilità con acciaio e calcestruzzo, temperatura di transizione vetrosa, impermeabilità all'acqua;
- ▶ Caratteristiche di lavorabilità: relative a condizioni di lavoro per le quali il prodotto può essere impiegato (larghezza, stato di umidità della fessura); queste caratteristiche sono dichiarate dal produttore e quindi sottoposte a prova;
- ▶ Caratteristiche di reattività: relative al tempo di lavorabilità e allo sviluppo delle resistenze;
- ▶ Durabilità: relativa al comportamento a lungo termine del prodotto indurito sotto l'effetto del clima;

In funzione delle categorie vengono utilizzati uno o più metodi e i prospetti sono articolati in questo modo:

- ▶ **Prospetto 1** - Categoria F - Prodotti per iniezione per il riempimento delle fessure con trasmissione di forza - Prodotti formulati con legante idraulico (H) e legante polimerico reattivo (P) - Metodi e principi: 1.5 - 4.5 - 4.6
- ▶ **Prospetto 2** - Categoria D - Prodotti per iniezione per il riempimento duttile delle fessure - Prodotti formulati con legante polimerico reattivo (P) - Metodi e principi: 1.5
- ▶ **Prospetto 3** - Categoria S - Prodotti per iniezione per il riempimento espansivo delle fessure - Prodotti formulati con legante polimerico reattivo (P) - Metodi e principi: 1.5

Il comportamento alla corrosione dei prodotti per iniezione formulati con legante idraulico (H) è valutato mediante la misurazione del contenuto di cloruri. I prodotti per iniezione formulati con legante polimerico reattivo per l'iniezione della categoria F e della categoria D sono ritenuti privi di effetti corrosivi sull'armatura.

I requisiti “per determinati impieghi previsti” sono soggetti a condizioni specifiche relative ai lavori:

- a) La temperatura di transizione vetrosa deve essere considerata se la temperatura del prodotto indurito nella fessura può essere maggiore di 21 °C per prodotti della categoria F con legante polimerico reattivo (P), e minore di 3 °C per prodotti della categoria D;
- b) Il contenuto di cloruri e il comportamento alla corrosione devono essere considerati durante l'iniezione del calcestruzzo armato
- c) La tenuta all'acqua deve essere considerata per l'iniezione ai fini dell'impermeabilizzazione

La prova di iniettabilità (in mezzo asciutto o non asciutto) è eseguita alla larghezza di fessura minima dichiarata dal produttore e allo stato di umidità meno favorevole della fessura dichiarato dal produttore del prodotto sottoposto a prova.

PROSPETTO 1 ► PRODOTTI PER INIEZIONE PER IL RIEMPIMENTO DI FESSURE CON TRASMISSIONE DI FORZA (F) - CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

Caratteristiche prestazionali Metodi 1.5, 4.5 e 4.6	Impiego previsto
CARATTERISTICHE DI BASE	
Aderenza mediante resistenza a trazione (H, P)	■
Resistenza a compressione (H)	■
Aderenza mediante resistenza al taglio inclinato (H, P)	□
Sostanze non volatili (P)	■
Formazione di essudazione (bleeding) (H)	■
Variazione di volume (H)	■
Temperatura di transizione vetrosa (P)	□
Contenuto di cloruri (H)	□
CARATTERISTICHE DI LAVORABILITÀ	
Iniettabilità in mezzo asciutto Larghezze delle fessure: 0,1 mm - 0,2 mm - 0,3 mm: determinazione dell'iniettabilità e prova di trazione indiretta (H, P) Larghezze delle fessure: 0,5 mm - 0,8 mm o dove la EN 1771 non è idonea: trattata come aderenza mediante resistenza a trazione (H, P)	■
Iniettabilità in mezzo non asciutto Larghezze delle fessure: 0,1 mm - 0,2 mm - 0,3 mm: determinazione dell'iniettabilità e prova di trazione indiretta (H, P) Larghezze delle fessure: 0,5 mm - 0,8 mm o dove la EN 1771 non è idonea: trattata come aderenza mediante resistenza a trazione (H, P)	■
Viscosità (P)	■
Tempo di efflusso (H)	■
CARATTERISTICHE DI REATTIVITÀ	
Tempo di lavorabilità (H, P)	■
Sviluppo di resistenza alla trazione per i polimeri (P)	■
Tempo di presa (H)	■
DURABILITÀ	
Aderenza mediante resistenza a trazione dopo cicli termici e di bagnato-asciutto (H, P)	■
Compatibilità con il calcestruzzo (H, P)	■

- Per tutti gli impieghi previsti.
- Per determinati impieghi previsti.
- (H) Prodotto per iniezione formulato con legante idraulico.
- (P) Prodotto per iniezione formulato con legante polimerico reattivo.

PROSPETTO 2 ► PRODOTTI PER INIEZIONE PER IL RIEMPIMENTO DUTTILE DELLE FESSURE (D) - CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

Caratteristiche prestazionali Metodo 1.5	Impiego previsto
CARATTERISTICHE DI BASE	
Capacità di aderenza e di allungamento dei prodotti per iniezione duttili (P)	■
Tenuta all'acqua (P)	□
Temperatura di transizione vetrosa (P)	□
CARATTERISTICHE DI LAVORABILITÀ	
Iniettabilità in mezzo asciutto Larghezze delle fessure: 0,1 mm - 0,2 mm - 0,3 mm: determinazione dell'iniettabilità e prova di trazione indiretta (P) Larghezze delle fessure: 0,5 mm - 0,8 mm o dove la EN1771 non è idonea: trattata come aderenza mediante resistenza a trazione (P)	■
Iniettabilità in mezzo non asciutto Larghezze delle fessure: 0,1 mm - 0,2 mm - 0,3 mm: determinazione dell'iniettabilità e prova di trazione indiretta (P) Larghezze delle fessure: 0,5 mm - 0,8 mm o dove la EN 1771 non è idonea: trattata come aderenza mediante resistenza a trazione (P)	■
Viscosità (P)	■
CARATTERISTICHE DI REATTIVITÀ	
Tempo di lavorabilità (P)	
DURABILITÀ	
Compatibilità con il calcestruzzo (P)	■

- Per tutti gli impieghi previsti.
- Per determinati impieghi previsti.
- (P) Prodotto per iniezione formulato con legante polimerico reattivo.

PROSPETTO 3 ► PRODOTTI PER INIEZIONE PER IL RIEMPIMENTO ESPANSIVO DI FESSURE (S) - CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

Caratteristiche prestazionali Metodo 1.5	Impiego previsto
CARATTERISTICHE DI BASE	
Tenuta all'acqua (P)	■
Comportamento alla corrosione (P)	□
CARATTERISTICHE DI LAVORABILITÀ	
Viscosità (P)	■
Rapporto di espansione per condizionamento nell'acqua (P)	■
CARATTERISTICHE DI REATTIVITÀ	
Tempo di lavorabilità (P)	■
DURABILITÀ	
Sensibilità all'acqua: rapporto di espansione per condizionamento in acqua (P)	■
Sensibilità ai cicli di bagnato-asciutto (P)	■
Compatibilità con il calcestruzzo (P)	■

- Per tutti gli impieghi previsti.
- Per determinati impieghi previsti.
- (P) Prodotto per iniezione formulato con legante polimerico reattivo.

5.6.3 REQUISITI PRESTAZIONALI

La UNI EN 1504-5 definisce i requisiti prestazionali di prodotti per iniezione nei prospetti 6, 7 e 8, rispettivamente:

- ▶ **Prospetto 6** - Categoria F - Requisiti prestazionali per prodotti per iniezione per il riempimento di fessure con trasmissione delle forze;
- ▶ **Prospetto 7** - Categoria D - Requisiti prestazionali per prodotti per iniezione per il riempimento duttile delle fessure;
- ▶ **Prospetto 8** - Categoria S - Requisiti prestazionali per prodotti per iniezione per il riempimento espansivo delle fessure;

PROSPETTO 6 ▶ PRODOTTI PER INIEZIONE PER IL RIEMPIMENTO DI FESSURE CON TRASMISSIONE DELLE FORZE (F) - REQUISITI PRESTAZIONALI

N°	Caratteristiche prestazionali	Metodo di prova	Requisiti
CARATTERISTICHE DI BASE			
1	Aderenza mediante resistenza a trazione f_{ct} (H, P)	EN 12618-2 Tipo di calcestruzzo MC(040)	Secondo il principio 4 (H, P) F1: $f_{ct} \geq 3,0$ N/mm ² (2,5 N/mm ²) ^{a)} F2: $f_{ct} \geq 2,0$ N/mm ² (1,5 N/mm ²) ^{a)} se $f_{ct} \leq 3,5$ N/mm ² , rottura coesiva nel calcestruzzo (P) se $f_{ct} > 3,5$ N/mm ² , rottura coesiva o adesiva (P) Per prodotti per iniezione destinati solo al riempimento di vuoti e interstizi e secondo il principio 1 per le fessure (H) F3 Valore dichiarato (H)
2	Resistenza a compressione (H)	EN 12190 dopo 7 giorni senza sabbia	F3: > 20 N/mm ² dopo 7 giorni Per prodotti per iniezione destinati solo al riempimento di vuoti e interstizi (H)
3	Aderenza mediante resistenza al taglio inclinato (H, P)	EN 12618-3	Rottura monolitica (modello di rottura simile a quello dei prismi di controllo)
4	Sostanze non volatili (P)	EN ISO 3251 Il campione pesato di miscela fresca è di 10 g (massa iniziale, m1). Dopo un condizionamento di 7 giorni a (21 ± 2) °C e con un'umidità relativa dell'1%, un'essiccazione (essiccatore) di 3 h a 105 °C (massa finale, m2)	$> 95\%$
5	Formazione di essudazione (bleeding) (H)	EN 445/3.3	Essudazione $< 1\%$ del volume iniziale dopo 3 h
6	Variazione di volume (H)	EN 445/3.4	$-1\% < \text{variazione di volume} < +5\%$ del volume iniziale
7	Temperatura di transizione vetrosa (P)	EN 12614	$> 40^\circ\text{C}$
8	Contenuto di cloruri (H)	EN 196-2	$< 0,2\%$

PROSPETTO 6 ► PRODOTTI PER INIEZIONE PER IL RIEMPIMENTO DI FESSURE CON TRASMISSIONE DELLE FORZE (F) - REQUISITI PRESTAZIONALI (CONTINUA)

N°	Caratteristiche prestazionali	Metodo di prova	Requisiti
CARATTERISTICHE DI LAVORABILITÀ			
9	Iniettabilità in mezzo asciutto. ► Larghezze delle fessure 0,1 mm-0,2 mm-0,3 mm: determinazione della iniettabilità e prova di trazione indiretta (H, P)	EN 1771	Classe di iniettabilità (P) 1: <4 min (solo colonna) per larghezza delle fessure 0,1 mm 2: <8 min (solo colonna) per larghezza delle fessure 0,2 mm 3: <12 min (solo colonna) per larghezza delle fessure 0,3 mm Classe di iniettabilità (H) 3: <12 min + eccedenza 20 ml per larghezza delle fessure 0,3 mm Prova di trazione indiretta > 7 N/mm ² (P) > 3 N/mm ² (H)
	► Larghezze delle fessure 0,5 mm-0,8 mm o dove la EN 1771 non è idonea: trattata come aderenza mediante resistenza a trazione (H, P)	EN 12618-2 Tipo di calcestruzzo MC(040) Per larghezze delle fessure 0,5 mm e 0,8 mm, devono essere utilizzati distanziatori flessibili di plastica inerte rispettivamente di 0,5 mm e 0,8 mm di larghezza.	Quando sono soddisfatti i requisiti di aderenza di cui al N° (I) 5: Percentuale di riempimento delle fessure > 90 con larghezza delle fessure di 0,5 mm 8: Percentuale di riempimento delle fessure > 90 con larghezza delle fessure di 0,8 mm
10	Iniettabilità in mezzo non asciutto ► Larghezze delle fessure 0,1 mm-0,2 mm-0,3 mm: determinazione della iniettabilità e prova di trazione indiretta (H, P)	EN 1771	Classe di iniettabilità Classe di iniettabilità (P) 1: < 4 min (solo colonna) per larghezza delle fessure 0,1 mm 2: <8 min (solo colonna) per larghezza delle fessure 0,2 mm 3: < 12 min (solo colonna) per larghezza delle fessure 0,3 mm Classe di iniettabilità (H) 3: <4 min + eccedenza 20 ml per larghezza delle fessure 0,3 mm Prova di trazione indiretta > 7 N/mm ² (P) > 3 N/mm ² (H)

PROSPETTO 6 ► PRODOTTI PER INIEZIONE PER IL RIEMPIMENTO DI FESSURE CON TRASMISSIONE DELLE FORZE (F) - REQUISITI PRESTAZIONALI (CONTINUA)

N°	Caratteristiche prestazionali	Metodo di prova	Requisiti
10	► Larghezze delle fessure 0,5 mm-0,8 mm o dove la EN 1771 non è idonea (H, P)	Trattato come forza di aderenza per trazione EN 12618-2 Tipo di calcestruzzo MC(040) Per classi di iniettabilità 0,5 mm e 0,8 mm, devono essere utilizzati distanziatori flessibili di plastica inerte rispettivamente di 0,5 mm e 0,8 mm di larghezza	Classe di iniettabilità (H, P) Quando sono soddisfatti i requisiti di aderenza (N° 1) 5: Percentuale di riempimento delle fessure > 90 con larghezza delle fessure di 0,5 mm 8: Percentuale di riempimento delle fessure > 90 con larghezza delle fessure di 0,8 mm
11	Viscosità (P)	EN ISO 3219	Valore dichiarato
12	Tempo di efflusso (H)	EN 14117	Valore dichiarato
CARATTERISTICHE DI REATTIVITÀ			
13	Tempo di lavorabilità (H, P)	EN ISO 9514 Durata in vaso: vedere prospetti 4 (P) e 5 (H) Nota: Si applicano le definizioni dei punti 3.4 e 3.5.	Valore dichiarato
14	Sviluppo di resistenza alla trazione per i polimeri (P)	EN 1543 La prova deve essere effettuata a tre temperature di condizionamento e di prova: a 21 °C e alle temperature massima e minima raccomandate dal produttore, con tolleranza di ± 2 °C	Resistenza alla trazione > 3 N/mm ² entro 72 h alla temperatura di utilizzo minima, o entro 10 h alla temperatura di utilizzo minima per movimenti giornalieri della fessura maggiori del 10% o di 0,03 mm (deve essere considerato il valore più basso)
15	Tempo di presa (H)	EN 196-3 La prova deve essere effettuata a tre temperature di condizionamento e di prova: a 21 °C e alle temperature massima e minima raccomandate dal produttore, con tolleranza di ± 2 °C	Valore dichiarato
DURABILITÀ			
16	Aderenza mediante resistenza a trazione f_{ct} dopo cicli termici e di bagnato-asciutto (H, P)	EN 12618-2 Tipo di calcestruzzo MC(0,40) Prima dell'invecchiamento artificiale deve essere segata una lastra (300 mm x 300 mm) dal centro della metà superiore del provino composito. I quattro lati (fianchi) della lastra devono essere sigillati a tenuta d'acqua con materiale epossidico. La temperatura di prova massima dell'invecchiamento artificiale è di 40 °C. Il produttore può definire una temperatura maggiore (per esempio: 60 °C). Alla fine di ogni periodo di variazione, la temperatura deve raggiungere il valore richiesto di ± 2 °C. Dopo i cicli di condizionamento, devono essere perforate cinque carote con un diametro di 50 mm per la prova di trazione. Devono essere disposte in modo che la distanza fra i bordi delle carote perforate e dal bordo di registrazione sia almeno di 50 mm.	F1: $f_{ct} \geq 3,0$ N/mm ² (2,5 N/mm ²) (P) ^{al} F2: $f_{ct} \geq 2,0$ N/mm ² (1,5 N/mm ²) (P) ^{al} Riduzione della forza di aderenza di trazione minore del 30% dei valori iniziali (H) F3: Valore dichiarato (H)

PROSPETTO 6 ► PRODOTTI PER INIEZIONE PER IL RIEMPIMENTO DI FESSURE CON TRASMISSIONE DELLE FORZE (F) - REQUISITI PRESTAZIONALI (CONTINUA)

N°	Caratteristiche prestazionali	Metodo di prova	Requisiti
17	Compatibilità con il calcestruzzo Trattata come: Aderenza resistenza a trazione (H, P)	EN 12618-2 Tipo di calcestruzzo MC(040) Prima dell'invecchiamento artificiale deve essere segata una lastra (300 mm x 300 mm) dal centro della metà superiore del provino composito. I quattro lati (fianchi) della lastra devono essere sigillati a tenuta d'acqua con materiale epossidico. La temperatura di prova massima dell'invecchiamento artificiale è di 40 °C. Il produttore può definire una temperatura maggiore (per esempio: 60 °C). Alla fine di ogni periodo di variazione, la temperatura deve raggiungere il valore richiesto di ±2 °C. Dopo i cicli di condizionamento, devono essere perforate cinque carote con un diametro di 50 mm per la prova di trazione. Devono essere disposte in modo che la distanza fra i bordi delle carote perforate e dal bordo di registrazione sia almeno di 50 mm.	F1: $f_{ct} \geq 3,0 \text{ N/mm}^2$ (2,5 N/mm ²) (P) ^{a)} F2: $f_{ct} \geq 2,0 \text{ N/mm}^2$ (1,5 N/mm ²) (P) ^{a)} Riduzione della forza di aderenza di trazione minore del 30% dei valori iniziali (H) F3: Valore dichiarato (H)

(P) Prodotto per iniezione formulato con legante polimerico reattivo.

(H) Prodotto per iniezione formulato con legante idraulico.

a) Il valore tra parentesi è il valore più basso accettato di ogni lettura.

PROSPETTO 7 ► PRODOTTI PER INIEZIONE PER IL RIEMPIMENTO DUTTILE DELLE FESSURE (D) - REQUISITI PRESTAZIONALI

N°	Caratteristiche prestazionali	Metodo di prova	Requisiti
CARATTERISTICHE DI BASE			
1	Capacità di aderenza e di allungamento dei prodotti per iniezione duttili (P)	EN 12618-1	Aderenza: valore dichiarato Allungamento: > 10%
2	Tenuta all'acqua (P)	EN 14068	Tenuta all'acqua a $2 \times 10^5 \text{ Pa}$
3	Temperatura di transizione vetrosa (P)	EN 12614	Valore dichiarato
CARATTERISTICHE DI LAVORABILITÀ			
4	Iniettabilità in mezzo asciutto ► Larghezze delle fessure 0,1 mm - 0,2 mm - 0,3 mm: determinazione della iniettabilità (P)	EN 1771	Classe di iniettabilità 1: <4 min (solo colonna) per larghezza delle fessure 0,1 mm 2: <8 min (solo colonna) per larghezza delle fessure 0,2 mm 3: <12 min (solo colonna) per larghezza delle fessure 0,3 mm
	► Larghezze delle fessure 0,5 mm-0,8 mm o dove la EN 1771 non è idonea	Trattato come iniezione tra lastre di calcestruzzo nella EN 12618-2:2004 (dal punto 4.3 al punto 4.6) Tipo di calcestruzzo MC(040) Per larghezze delle fessure 0,5 mm e 0,8 mm, devono essere utilizzati distanziatori flessibili di plastica inerte rispettivamente di 0,5 mm e 0,8 mm di larghezza.	Classe di iniettabilità 5: Percentuale di riempimento delle fessure > 90 con larghezza delle fessure di 0,5 mm 8: Percentuale di riempimento delle fessure > 90 con larghezza delle fessure di 0,8 mm

PROSPETTO 7 ► PRODOTTI PER INIEZIONE PER IL RIEMPIMENTO DUTTILE DELLE FESSURE (D) - REQUISITI PRESTAZIONALI (CONTINUA)

N°	Caratteristiche prestazionali	Metodo di prova	Requisiti
5	Iniettabilità in mezzo non asciutto		
	► Larghezze delle fessure 0,1 mm-0,2 mm-0,3mm: determinazione della iniettabilità (P)	EN 1771	Classe di iniettabilità 1: <4 min (solo colonna) per larghezze delle fessure di 0,1 mm 2: <8 min (solo colonna) per larghezze delle fessure di 0,2 mm 3: <12 min (solo colonna) 0,3 mm
	► Larghezze delle fessure 0,5 mm-0,8 mm o dove la EN1771 non è idonea	Trattato come iniezione tra lastre di calcestruzzo nella EN 12618-2:2004 (dal punto 4.3 al punto 4.6) Tipo di calcestruzzo MC(040)	
		Per larghezze delle fessure 0,5 mm e 0,8 mm, devono essere utilizzati distanziatori flessibili di plastica inerte rispettivamente di 0,5 mm e 0,8 mm di larghezza.	5: Percentuale di riempimento delle fessure > 90 con larghezza delle fessure di 0,5 mm 8: Percentuale di riempimento delle fessure > 90 con larghezza delle fessure di 0,5 mm
6	Viscosità (P)	EN ISO 3219	Valore dichiarato
CARATTERISTICHE DI REATTIVITÀ			
7	Tempo di lavorabilità (P)	EN ISO 9514 Nota: Sono applicabili le definizioni di cui ai punti 3.4 e 3.5 Durata in vaso: vedere prospetto 4.	Valore dichiarato
DURABILITÀ			
8	Compatibilità con il calcestruzzo (P)	EN 12637-1	Nessuna rottura nelle prove di compressione Lavoro perso per deformazione < 20 % relativamente al lavoro perso per deformazione del provino condizionato all'aria, preparato con acqua

(P) Prodotto per iniezione formulato con legante polimerico reattivo.

PROSPETTO 8 ► PRODOTTI PER INIEZIONE PER IL RIEMPIMENTO ESPANSIVO DELLE FESSURE (S) - REQUISITI PRESTAZIONALI

N°	Caratteristiche prestazionali	Metodo di prova	Requisiti
CARATTERISTICHE DI BASE			
1	Tenuta all'acqua (P)	EN 14068	Tenuta all'acqua a 2×10^5 Pa
		Il metodo di prova descritto nella EN 14068 deve essere completato mediante 500 cicli di variazione di pressione, essendo ciascun ciclo costituito come segue: 15 min al 75% della pressione massima -15 min al 25% della pressione massima. Dopo l'applicazione della pressione massima dichiarata per 7 giorni, come indicato nella EN 14068, la pressione deve essere abbassata al 50% della pressione massima dichiarata, e deve essere mantenuta per 2 h tale pressione, prima dell'inizio dei cicli	
2	Comportamento alla corrosione (P)	Fino a quando non esisterà una norma europea accettata, devono essere applicate, quando richiesto, le regolamentazioni nazionali valide nel luogo d'impiego	Nessun effetto di induzione di corrosione dell'armatura di acciaio nel calcestruzzo
CARATTERISTICHE DI LAVORABILITÀ			
3	Lavorabilità - Viscosità (P)	EN ISO 3219	≤ 60 mPa x s
		Quando la EN ISO 3219 non è idonea, deve essere applicata la EN 12618-2. Per larghezze delle fessure di 0,3 mm-0,5 mm-0,8 mm, devono essere utilizzati distanziatori di plastica inerte, rispettivamente di 0,3 mm-0,5 mm-0,8 mm	Percentuale di riempimento delle fessure >95
4	Rapporto di espansione e sua evoluzione per condizionamento in acqua	EN 14498	Valore dichiarato
	Variazioni di massa durante asciugatura all'aria e condizionamento in acqua (P)		
CARATTERISTICHE DI REATTIVITÀ			
5	Tempo di lavorabilità (P)	EN ISO 9514	Valore dichiarato
		Durata in vaso: vedere prospetto 4	
		Nota: Si applicano le definizioni di cui ai punti 3.4 e 3.5.	
CARATTERISTICHE DI DURABILITÀ			
6	Sensibilità all'acqua: rapporto di espansione per condizionamento in acqua - Trattato come: variazioni di massa durante asciugatura all'aria e condizionamento in acqua (P)	EN 14498 (regime di condizionamento A)	Il rapporto di espansione deve raggiungere un livello costante durante l'immersione in acqua

PROSPETTO 8 ► PRODOTTI PER INIEZIONE PER IL RIEMPIMENTO ESPANSIVO DELLE FESSURE (S) - REQUISITI PRESTAZIONALI (CONTINUA)

N°	Caratteristiche prestazionali	Metodo di prova	Requisiti
7	Sensibilità ai cicli di bagnato-asciutto - Trattata come: Variazioni di massa durante asciugatura all'aria e condizionamento in acqua (P)	EN 14498 (regime di condizionamento B) Per il "regime di condizionamento B": temperatura di asciugatura: (40+/-2)°C I provini devono essere tenuti in un sacco permeabile (per esempio geotessile). La massa costante è considerata raggiunta per questa prova quando la variazione di massa durante 3 misurazioni consecutive a intervalli di 24 h è minore del 10%	Dopo ogni ciclo di bagnato-asciutto, la massa dei provini deve essere maggiore o uguale alla massa iniziale. Dopo al massimo 28 giorni dal condizionamento finale in acqua, la variazione di massa (espansione) deve avere raggiunto un livello costante ed essere almeno del +10% della massa iniziale.
8	Compatibilità con il calcestruzzo (P)	La prova è eseguita su provini secondo la EN 14498, (condizionamento regime A) Campione: 3 provini, ognuno di 25 mm di spessore Condizionamento: 3 provini devono essere condizionati in una soluzione satura di Ca(OH) ₂ . La massa costante è considerata raggiunta per questa prova quando la variazione di massa durante 3 misurazioni consecutive a intervalli di 24 h è minore del 10%	Dopo al massimo 28 giorni nella soluzione, la variazione di massa (espansione) deve avere raggiunto un livello costante ed essere almeno del +10% della massa iniziale

(P) Prodotto per iniezione formulato con legante polimerico reattivo.

5.7 UNI EN 1504-6 ANCORAGGIO DELL'ARMATURA DI ACCIAIO

La UNI EN 1504-6 specifica i requisiti di identificazione, prestazionali (compresa la durabilità) e di sicurezza dei prodotti e sistemi da impiegare per l'ancoraggio dell'armatura di acciaio (barra di armatura) nei consolidamenti strutturali destinati a garantire la continuità delle strutture di calcestruzzo armato.

La norma utilizza i seguenti metodi e principi, definiti dalla UNI EN 1504-9:

PRINCIPIO 4 - RAFFORZAMENTO STRUTTURALE (SS)

4.2 Aggiunta di barre annegate in fori preformati o realizzati al trapano

5.7.1 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini della presente norma europea si applicano i termini e le definizioni di cui alle parti 1, 8 e 9 della UNI EN 1504, in particolare:

Prodotto di ancoraggio – prodotti basati su leganti idraulici, resine sintetiche o una loro miscela, installati alla consistenza di fluido o di impasto, per l'iniezione di ancoraggi nervati dell'armatura di acciaio (barre di armatura) nelle strutture di calcestruzzo idraulico.

5.7.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI PER GLI IMPIEGHI PREVISTI

Il prospetto 1 della UNI EN 1504-6 elenca le caratteristiche prestazionali dei prodotti di ancoraggio che sono richieste per l'ancoraggio di armature di acciaio (barre di armatura) secondo i "principi" e "metodi" definiti dalla UNI EN 1504-9.

Le caratteristiche prestazionali che sono richieste "per tutti gli impieghi previsti" sono contrassegnate con ■.

PROSPETTO 1 ► CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DEI PRODOTTI DI ANCORAGGIO PER TUTTI GLI IMPIEGHI PREVISTI

Caratteristica prestazionale	Principio di riparazione
	Consolidamento strutturale Installazione di barra di armatura con prodotti di ancoraggio
Sfilamento	■
Contenuto di ioni cloruro	■
Temperatura di transizione vetrosa ^{a)}	■
Scorrimento viscoso sotto carico di trazione ^{a)}	■

a) Solo per polimeri.

■ Per tutti gli impieghi previsti.

5.7.3 REQUISITI PRESTAZIONALI

Il fabbricante deve eseguire prove iniziali sulle prestazioni dei prodotti di ancoraggio in conformità al prospetto 3 e il prodotto deve risultare conforme ai requisiti.

PROSPETTO 3

n.	Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti prestazionali
1	Sfilamento	prEN 1881	Spostamento $\leq 0,6$ mm al carico di 75 kN
2	Contenuto di ioni cloruro	EN 1015-17	$\leq 0,05\%$
3	Temperatura di transizione vetrosa ^{a)}	EN 12614	≥ 45 °C oppure 20 °C al di sopra della temperatura massima ambientale della struttura in servizio, qualsiasi sia il valore più alto
4	Scorrimento viscoso sotto carico di trazione ^{a)}	prEN 1544	Spostamento $\leq 0,6$ mm dopo caricamento continuo di 50 kN dopo 3 mesi

a) Solo per prodotti di PC.

5.7.4 REAZIONE AL FUOCO

Per i prodotti di ancoraggio da impiegare in elementi soggetti ai requisiti di reazione al fuoco, il fabbricante deve dichiarare la classificazione di reazione al fuoco del prodotto di ancoraggio. Per i prodotti di ancoraggio contenenti una quantità minore o uguale all'1% in massa o in volume (qualsiasi sia il maggiore dei due) di materiali organici omogeneamente distribuiti può essere dichiarata la classe di reazione al fuoco A1 senza prova.

I prodotti di ancoraggio induriti contenenti più dell'1% in massa o in volume di materiali organici omogeneamente distribuiti devono essere classificati in conformità alla UNI EN 13501-1 e deve essere dichiarata la classe di reazione al fuoco appropriata.

5.8

UNI EN 1504-7

PROTEZIONE CONTRO LA

CORROSIONE DELLE ARMATURE

La UNI EN 1504-7 specifica i requisiti di identificazione e prestazionali (compresi gli aspetti di durabilità) dei prodotti e sistemi da impiegare per come rivestimenti attivi e barriera per la protezione delle armature esistenti di acciaio non rivestito e acciaio preinglobato nelle strutture di calcestruzzo sottoposte a riparazione.

La presente norma non tratta i prodotti di protezione contro la corrosione di acciai da precompressione e acciai inossidabili.

La norma utilizza i seguenti metodi e principi, definiti dalla UNI EN 1504-9:

PRINCIPIO 11 - CONTROLLO DELLE AREE ANODICHE (CA)

11.1 Rivestimento attivo dell'armatura

11.2 Rivestimento di protezione dell'armatura

The logo consists of the letters 'CA' in a light blue, sans-serif font, centered within a light gray square background.

5.8.1

TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini della presente norma europea si applicano i termini e le definizioni di cui alle parti 1, 8 e 9 della UNI EN 1504, in particolare:

Rivestimenti attivi - rivestimenti che contengono pigmenti elettro-chimicamente attivi che possono fungere da inibitori o che possono fornire protezione catodica localizzata. Il cemento è considerato un pigmento attivo a causa della sua alcalinità.

Rivestimenti barriera - rivestimenti che isolano l'armatura dall'acqua contenuta nei pori nella matrice cementizia circostante.

5.8.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI PER GLI IMPIEGHI PREVISTI

Il prospetto 1 della UNI EN 1504-7 elenca le caratteristiche prestazionali dei prodotti e sistemi di protezione contro la corrosione dell'armatura che sono richieste "per tutti gli impieghi previsti" o per "determinati impieghi previsti" in accordo ai "principi" e "metodi" definiti dalla UNI EN 1504-9. Le caratteristiche prestazionali che sono richieste "per tutti gli impieghi previsti" sono contrassegnate con ■. Tutte le altre caratteristiche prestazionali, contrassegnate con □, possono essere richieste per "determinati impieghi previsti".

PROSPETTO 1 ► CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI PER TUTTI E PER DETERMINATI IMPIEGHI PREVISTI

Metodi di prova definiti nella	Caratteristiche prestazionali	Impieghi previsti	
		Rivestimento attivo 11.1 ^{a)}	Rivestimento barriera 11.2 ^{a)}
EN 15183	Protezione contro la corrosione	■	■
EN 12614	Temperatura di transizione vetrosa	□	□
EN 15184	Aderenza per taglio (del calcestruzzo di rivestimento dell'armatura)	□	□

a) Metodo in conformità alla ENV 1504-9.

5.8.3 REQUISITI PRESTAZIONALI

Il fabbricante deve eseguire prove iniziali sulle prestazioni dei prodotti di protezione della corrosione in conformità al prospetto 3 e il prodotto deve risultare conforme ai requisiti.

PROSPETTO 3 ► REQUISITI PRESTAZIONALI

Metodi di prova definiti nella	Caratteristiche prestazionali	Requisiti
EN 15183	Protezione contro la corrosione	La prova è considerata superata se le aree rivestite degli acciai sono esenti da corrosione e se la propagazione di ruggine al bordo della piastra base è < 1 mm
EN 12614	Temperatura di transizione vetrosa	Almeno 10 K al di sopra della temperatura massima di esercizio
EN 15184	Aderenza per taglio (del calcestruzzo di rivestimento dell'armatura)	Il criterio di valutazione è la tensione di aderenza ad uno spostamento di $\Delta = 0,1$ mm. La prova è considerata superata se la tensione di aderenza determinata con le barre rivestite è in ciascun caso almeno l'80% della tensione di aderenza di riferimento determinata per le barre non rivestite

5.9

UNI EN 1504-8 CONTROLLO DI QUALITÀ E VALUTAZIONE E VERIFICA DELLA COSTANZA DELLA PRESTAZIONE (AVCP)

La UNI EN 1504-8 specifica i procedimenti per il campionamento, il controllo di qualità, la valutazione e verifica della costanza della prestazione (AVCP) compresa la marcatura ed etichettatura dei prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione del calcestruzzo secondo le parti da 2 a 7 della UNI EN 1504.

Si rivolge principalmente ai produttori ed enti certificatori.

La norma si articola in diverse parti, descrivendo specifiche su:

Campionamenti – generalità, registrazione e frequenza.

Valutazione della conformità – generalità, prove iniziali di tipo, prove di identificazione, prestazionali e controllo di produzione in fabbrica.

Marcatura ed etichettatura

Valutazione, sorveglianza e certificazione del controllo di produzione in fabbrica

Compiti e ruoli degli enti certificatori e ispettivi – valutazioni iniziali, sorveglianza, certificazioni, azioni in caso di non conformità.

5.10

UNI EN 1504-10

APPLICAZIONE IN OPERA DI PRODOTTI, SISTEMI E CONTROLLO DI QUALITÀ DEI LAVORI

La UNI EN 1504-10 fornisce i requisiti per le condizioni del substrato prima e durante l'applicazione (compresa la stabilità strutturale), lo stoccaggio e la preparazione dei prodotti, l'applicazione dei prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo, compresi il controllo di qualità, la manutenzione, la salute, la sicurezza e l'ambiente.

Fornisce anche un approccio al ripristino basato su tecniche generalmente così costituite:

- 1) Studio e diagnosi delle cause del degrado;
- 2) Scelta accurata dei metodi e dei sistemi per riportare la struttura all'efficienza originale;
- 3) Preparazione sia del calcestruzzo che delle armature;
- 4) Scelta dei prodotti/sistemi in accordo alla norma e del metodo, realizzato da operatori qualificati;
- 5) Rispetto della salute e della sicurezza degli operatori e dell'ambiente, prima e durante l'applicazione;

Partendo dalla UNI EN 1504-10 nei prossimi capitoli verranno introdotte le principali metodologie di indagine e le tecniche di intervento.





6

TECNICHE
D'INDAGINE

Un approccio al ripristino che raramente porta a dei risultati soddisfacenti è quello semplicistico e acritico, quando cioè ci si limita alla rimozione del materiale incoerente, non conoscendo minimamente le cause del degrado, e dove successivamente si adottano dei prodotti per il ripristino molto spesso non caratterizzati da prestazioni idonee e compatibili con quello che effettivamente sarebbe necessario.

Come già introdotto dalla UNI EN 1504-10, l'approccio corretto al ripristino del calcestruzzo è di tipo scientifico, è richiesto infatti uno studio preliminare per la determinazione delle cause del degrado attraverso le tecniche di indagine sul calcestruzzo o sull'armatura di acciaio.

Ci sono diversi tipi di indagini che possono essere condotte e le più comuni che descriveremo si differenziano a seconda che siano:

- ▶ Distruttive (**es. carotaggio**)
- ▶ Semi-distruttive (**es. pull-out**)
- ▶ Non distruttive (**es. sclerometro, ultrasuoni, pacometro**)

6.1 CAROTAGGIO

Una delle tecniche tradizionali utilizzate per effettuare le indagini sul calcestruzzo è quella del carotaggio, che viene classificata come prova distruttiva perché di tipo invasivo, ed è regolamentata dalla UNI EN 12504-1.

Tale tecnica consiste nel prelevare un campione cilindrico dalla struttura, con l'utilizzo di una idonea carotatrice, affinché siano determinate le caratteristiche meccaniche a compressione attraverso delle prove a schiacciamento.

Generalmente il numero di carote da prelevare non deve essere inferiore a 3, e il diametro deve essere scelto tenendo conto di alcuni aspetti come la riduzione della sezione resistente dell'elemento in studio, il diametro dell'inerte e la possibilità di carotare le armature.

In fase di carotaggio è importante utilizzare utensili idonei allo scopo e perfettamente funzionanti, fissare la carotatrice al supporto tramite una corretta tassellatura e utilizzare acqua per il raffreddamento delle superfici.



Carota sottoposta a schiacciamento

La carota estratta andrà immediatamente pulita e contrassegnata, avendo cura di non danneggiarla per non compromettere le prove a compressione, che andranno condotte presso un laboratorio autorizzato e schiacciate secondo i metodi di prova della UNI EN 12390 parti 1 e 3, che forniranno la resistenza cilindrica a compressione f_{ck} .

Prima di procedere allo schiacciamento però le stesse carote estratte possono essere utilizzate, tramite una prova specifica, per determinare la profondità della carbonatazione.

6.1.1 MISURA DELLA PROFONDITÀ DELLA CARBONATAZIONE

Sui provini carotati e contrassegnati viene eseguita la prova di carbonatazione con l'ausilio del test colorimetrico della fenolftaleina, secondo quanto previsto dalla UNI EN 14630, o dalla precedente UNI 9944.

Sappiamo che l'anidride carbonica che penetra all'interno del calcestruzzo abbatte i livelli di pH portandolo da una condizione ottimale di circa 12,5 a valori inferiori a 9. Questa condizione provoca la carbonatazione del calcestruzzo e conseguentemente la corrosione delle barre di armatura, poiché il calcestruzzo diventa fortemente permeabile e si riduce sua la capacità protettiva.

L'indagine con la fenolftaleina consiste nello spalmare il liquido sulla superficie esterna della carota dopo averla pulita accuratamente, senza attendere che si crei una patina esterna al provino che impedirebbe una reazione con la soluzione.

La fenolftaleina reagisce con il calcestruzzo provocando un cambiamento di colore: il calcestruzzo non carbonatato si colora di rosso/viola, determinando così una separazione cromatica netta che permette di misurare direttamente sulla carota la profondità della carbonatazione, che corrisponde allo strato di colore bianco/grigio.



Misura della profondità della carbonatazione con reazione alla fenolftaleina

6.2 PROVA DI PULL-OUT

Un tipo di indagine semi-distruttiva, cioè arrecante un danno limitato al materiale costituente, è quella del pull-out che consiste nell'estrarre dei tasselli inseriti in un pre-foro nel calcestruzzo, in conformità alla UNI EN 12504-3.

Il tassello è inserito attraverso battitura in un pre-foro, viene poi applicato un martinetto sulla superficie del calcestruzzo che misura la forza di estrazione del tassello e, tramite delle particolari curve di correlazione, permette di determinare la resistenza a compressione del supporto in calcestruzzo.

Il foro va adeguatamente pulito da impurità e vanno eseguite almeno 3 prove per avere dei risultati apprezzabili.

La resistenza caratteristica R_{ck} è determinata considerando i valori medi di tutte le prove eseguite e lo scarto quadratico che tiene conte delle incertezze rispetto a tutta la popolazione di risultati, in particolare:

$$R_{ck} = R_{tm} - 1,64 SQ$$

Dove:

R_{tm} è il valore medio di tutti i risultati

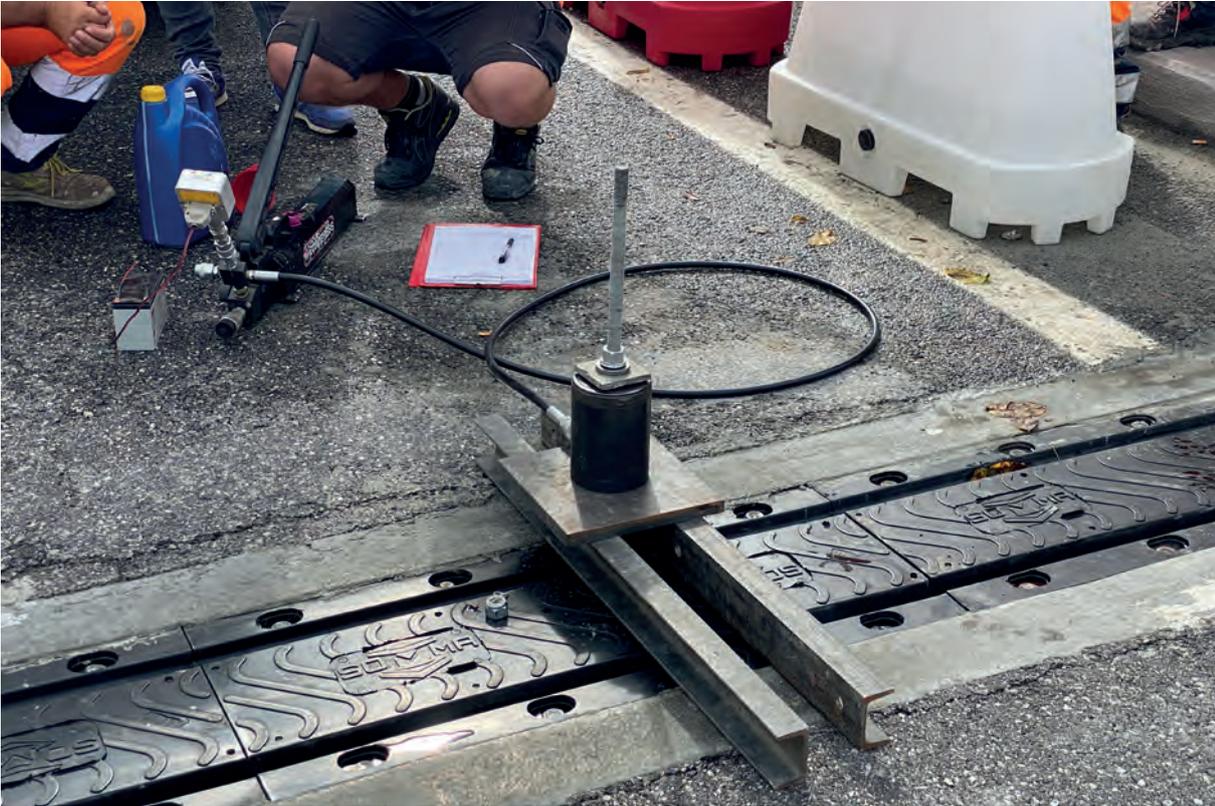
SQ è lo scarto quadratico

Con un set-up di prova sostanzialmente simile sarà possibile indagare oltre al calcestruzzo anche la resistenza dei prodotti di ancoraggio.



Tassello di sacrificio per prova pull out su cordolo in calcestruzzo

Prova di pull out su un tirafondo di un giunto stradale



Prova di pull out su soletta

6.3 MISURA SCLEROMETRICA

L'obiettivo delle prove sclerometriche è quello di determinare, mediante l'utilizzo di uno sclerometro, lo stato di deterioramento e degrado del calcestruzzo e stimare la resistenza a compressione partendo dalla durezza superficiale, in conformità alla UNI EN 12504-2.

Lo sclerometro è uno strumento costituito da una massa battente azionata da una molla che, applicando una percussione sul calcestruzzo, misura il valore del rimbalzo a cui, tramite delle particolari curve di correlazione, corrispondono dei valori di resistenza cubica del calcestruzzo.

Devono eseguirsi almeno 12 battute scartando il valore maggiore e minore, mediando i 10 rimanenti.

La prova sclerometrica è una prova non distruttiva ed è più attendibile su calcestruzzi giovani perché la carbonatazione, provocando un indurimento superficiale del calcestruzzo, potrebbe alterare i fenomeni di rimbalzo e quindi fornire risultati non pienamente rispondenti.



Indagine con sclerometro

6.4 MISURA ULTRASONICA

Le indagini ultrasoniche sono di tipo non invasivo e non distruttivo, non consentono di misurare le resistenze dei calcestruzzi ma hanno l'obiettivo di testare i materiali costituenti per determinarne dei parametri come il grado di omogeneità, la presenza di vuoti e fessure, imperfezioni generiche, modulo elastico e coefficiente Poisson in termini dinamici, in conformità alla UNI EN ISO 16810.

La misura si ottiene ponendo due sonde, emettitrice e ricevente, nelle facce opposte di un manufatto con spessori contenuti, oppure lungo la stessa superficie.

La sonda emettitrice produce degli impulsi ultrasonici che sono captati da quella ricevente dopo che tali impulsi hanno attraversato il materiale interposto. Viene registrato il tempo di attraversamento a cui, mediante delle specifiche curve di correlazione, corrispondono determinati valori di resistenza.

Dai valori ottenuti per approssimazioni successive, attraverso particolari formule di correlazione, si ottengono informazioni circa il materiale costituente.



Misura ultrasonica su facce opposte

Misura ultrasonica lungo la stessa superficie



6.5 INDAGINE PACOMETRICA

Le indagini pacometriche sono di tipo non invasivo e non distruttivo, e hanno l'obiettivo di risalire all'ubicazione, alla quantità, alla profondità e alle dimensioni degli elementi metallici presenti nel calcestruzzo analizzato, attraverso l'utilizzo di un pacometro, in conformità alla BS 1881-204.

Il pacometro è costituito da una sonda emettitrice di un campo magnetico collegata ad un'unità di elaborazione digitale ed acustica.

Si lascia scorrere la sonda sulla superficie di calcestruzzo e, attraverso l'assorbimento del campo magnetico, si può determinare la posizione delle armature, lo spessore del copriferro e il diametro dei ferri.

La prova con pacometro può essere utile anche in previsione di un successivo carotaggio o prova di pull-out, al fine di evitare la presenza di armature con i fori.



7

TECNICHE
DI INTERVENTO

Dopo aver condotto le indagini si saranno determinate le condizioni della struttura che quasi mai saranno omogenee per tutto il manufatto, ma presenteranno situazioni diverse che richiederanno approcci e tecniche di intervento diversi, in funzione della profondità e dell'estensione del degrado.

In via del tutto approssimativa e a titolo di esempio possiamo individuare quattro classi di degrado in funzione della profondità del problema, a cui corrispondono altrettante metodologie di intervento.



I prodotti e sistemi adottati nelle diverse tecniche di intervento hanno tutti un fuso granulometrico degli inerti crescente al crescere dello spessore dell'intervento.

Senza degrado apparente: nel caso la struttura sia di recente realizzazione o si presenti ancora in buone condizioni e senza degrado superficiale, sarà possibile semplicemente proteggere le superfici con finitura impermeabilizzante.

Degrado lieve: quando il degrado è limitato allo spessore superficiale del calcestruzzo, indicativamente inferiore al centimetro, si può utilizzare una rasatura che consiste nell'applicazione di uno strato di prodotto da ripristino sottile a grana fina, dopo aver rimosso il calcestruzzo ammalorato. Generalmente questa situazione non coinvolge le armature, fatto salvo errori realizzativi che fin dal principio pongono le staffe trasversali troppo vicine alla superficie esterna.

Degrado medio: per spessori compresi tra 1 e 5 cm il degrado è considerato di media entità, e l'intervento può differenziarsi per le tipologie di prodotto da applicare, cioè un ripristino a spruzzo o manuale tramite prodotti tixotropici (tipico per superfici verticali o intradossi), o un colaggio nei casseri tramite prodotti colabili e fluidi (tipico per estradossi).

Degrado profondo: per spessori superiori a 5 cm il ripristino potrà avvenire con l'utilizzo di malte (o betoncini/calcestruzzi in funzione del fuso granulometrico) colate all'interno di casseri, che possono fungere anche da incamiciatura nel caso di pilastri o estradossi di elementi orizzontali.

7.1 PRINCIPALI CARATTERISTICHE TIPOLOGICHE DEI MATERIALI DA RIPRISTINO

La profondità e l'entità del degrado determinano la tipologia dell'intervento, dopodiché sulla base delle indagini verranno selezionati i materiali da ripristino in funzione di diversi parametri, come:

- ▶ **Caratteristiche meccaniche** – parametro determinante perché oltre alle prestazioni meccaniche è assolutamente fondamentale selezionare un materiale che garantisca parametri elastici simili al supporto, come il modulo elastico e il coefficiente di dilatazione termica;
- ▶ **Spessore dell'intervento** – si selezioneranno prodotti con fusi granulometrici crescenti al crescere dello spessore dell'intervento;

- ▶ **Tipologia di sezione da ricostruire** – regolare o variabile;
- ▶ **Estensione dell'intervento** – applicazione manuale o meccanica;
- ▶ **Tipologia dell'intervento** – orizzontale o verticale;

Esistono in commercio molteplici prodotti che possiedono delle particolari caratteristiche diverse tra loro che permettono di sviluppare delle proprietà, sia sull'impasto fresco che indurito, funzionali alla destinazione d'uso, al tipo di intervento e alle prestazioni attese.

CC | PCC

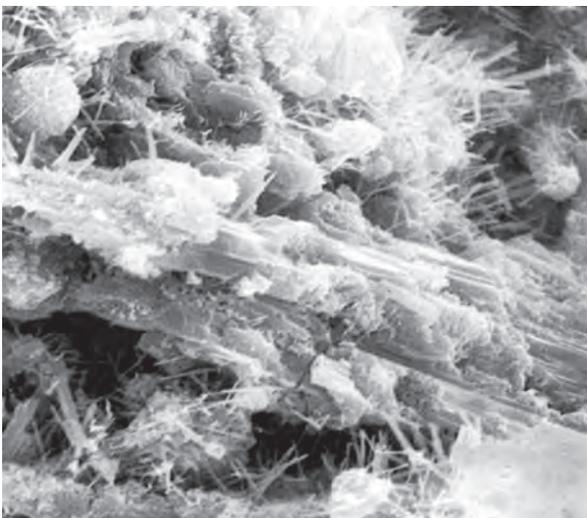
Come già descritto nelle definizioni della UNI EN 1504-1 la prima distinzione fondamentale riguarda la composizione chimica dei prodotti, distinguendo appunto CC / PCC.

Le malte CC sono malte cementizie e sono composte esclusivamente da soli leganti idraulici. Le malte PCC sono malte cementizie polimero modificate tramite l'aggiunta di additivi polimerici che ne influenzano le prestazioni.

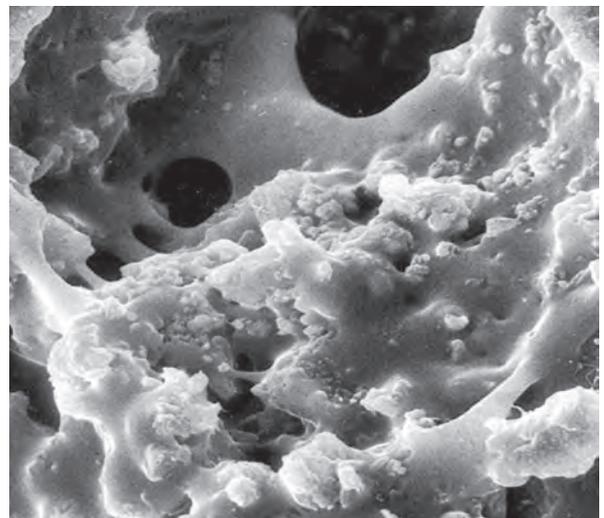
I legami cementizi sono caratterizzati da un'alta porosità e assorbimento capillare, sono rigidi con alte resistenze meccaniche ma allo stesso tempo fragili.

I legami polimero modificati, essendo molto più ricchi di additivi polimerici, riducono la porosità e l'assorbimento capillare, garantiscono alla malta maggiore resistenza a fatica e incrementano la duttilità e l'adesione. Vengono utilizzati per prodotti altamente deformabili, impermeabili, ad elevata adesione e con una tenuta superiore rispetto ai materiali puramente cementizi.

Le due malte hanno condizioni di stagionatura diverse e diverse sono le prestazioni finali, in particolare le PCC hanno condizioni decisamente più severe, paragonabili alle condizioni reali di esercizio. Va specificato che se una malta è classificata come CC non può essere contemporaneamente classificata come PCC e viceversa, perché secondo la norma una esclude l'altra.



Legame cementizio - CC



Legame cementizio polimero modificato - PCC

TIXOTROPICO | COLABILE

La tixotropia è la capacità di un materiale di fluidificarsi se sottoposto ad agitazione meccanica, sviluppando contestualmente proprietà altamente adesive e di aggrappo, salvo poi ritornare alla configurazione iniziale recuperando viscosità. Per questo i prodotti tixotropici vengono utilizzati per ripristini a medio/basso spessore su superfici verticali, orizzontali sia in intradosso che in estradosso, per recuperare pendenze e geometrie complesse grazie alle capacità adesive e di modellabilità dell'impasto fresco, unitamente ad una granulometria non troppo grossa. Al contrario un prodotto colabile è un prodotto normalmente dalla granulometria più grossolana, con delle forti proprietà fluidificanti, di spandimento e penetrazione che lo rendono idoneo a ripristini di medio/alto spessore su superfici orizzontali in estradosso o verticali tramite incamiciatura e casseratura.



FINE | GROSSO

Un prodotto fine ha generalmente un intervallo granulometrico massimo di 0,6/0,8 mm ed è utilizzato per ripristini dallo spessore contenuto come rasature o malte tixotropiche sottili. Un prodotto grosso ha una granulometria che arriva fino a 4,0/6,0 mm ed è impiegato per ripristini con spessori superiori, come malte tixotropiche grossolane, colaggio o incamiciatura di travi o pilastri.

MONOCOMPONENTE | BICOMPONENTE

Un prodotto monocomponente è costituito dalla polvere (A) che va opportunamente mescolata con sola acqua, mentre un bicomponente (o composto da più di due componenti) è costituito da una parte in polvere (A) e da una parte liquida (B), che vanno mescolati tra loro senza l'aggiunta di acqua, con un rapporto polvere/liquido prestabilito.

Normalmente un bicomponente ha maggiori capacità elastiche, come lo sono ad esempio molti prodotti per l'impermeabilizzazione e la protezione delle superfici in calcestruzzo.



RAPIDO | RITARDANTE

Particolari additivi possono accelerare i tempi di presa e indurimento di una malta da ripristino fino a 15/20 minuti, consentendo di sviluppare rapidamente le resistenze meccaniche e comprimere notevolmente anche i tempi per le lavorazioni successive. Questa proprietà risulta determinante ad esempio in condizioni di emergenza o nella stagione invernale dove le basse temperature potrebbero compromettere i normali tempi di maturazione e presa delle malte. Al contrario nella stagione estiva le alte temperature potrebbero accelerare pericolosamente il processo di idratazione del cemento, quindi sarà possibile utilizzare prodotti con particolari additivi ritardanti che evitino la presa accelerata e consentano una lavorabilità prolungata dell'impasto.

FIBRORINFORZATO

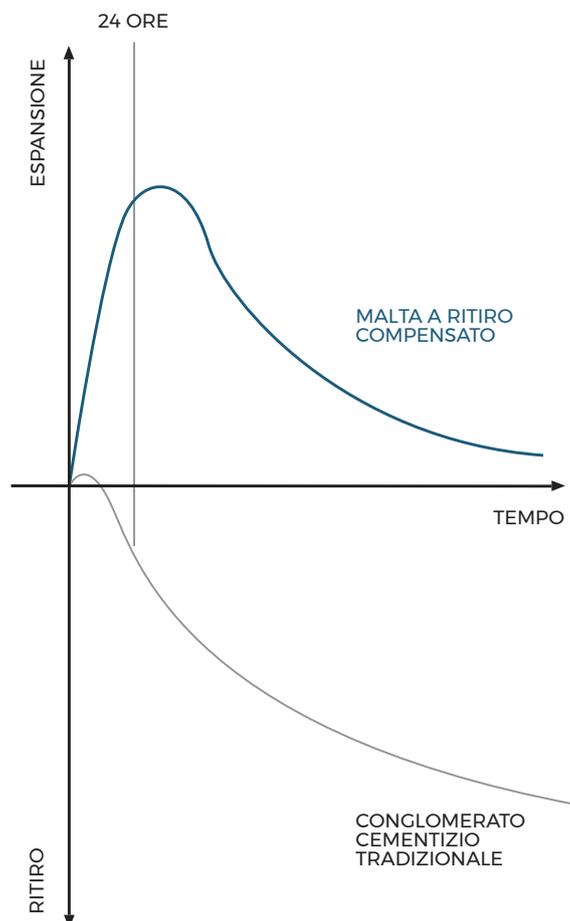
Esistono in commercio una moltitudine di prodotti fibrati che si distinguono essenzialmente per il tipo di fibra presente, che può essere ad esempio in acciaio, sintetica, polimerica e in altri materiali, e per le dimensioni delle stesse che possono andare da pochi millimetri e qualche centimetro.

Un prodotto additivato con fibre in generale ha una migliore resistenza a sollecitazioni flessionali poiché queste, distribuite omogeneamente nell'impasto correttamente miscelato, formano una micro armatura tridimensionale diffusa che contrasta l'apertura di crepe o fessure in zona tesa.

RITIRO COMPENSATO

Il calcestruzzo ancora in fase plastica durante la prima stagionatura tende a cedere parzialmente la sua umidità all'ambiente circostante, a causa del processo di idratazione del cemento. Questo fenomeno, accentuato in presenza di alte temperature, sole battente, forte vento e bassa umidità, provoca un ritiro volumetrico con fessurazioni e cavillature per contrazione. Esistono prodotti e malte a ritiro compensato che sono caratterizzati da un'espansione volumetrica iniziale nelle prime 24÷36 ore che compensa il ritiro finale in fase di maturazione, garantendo così stabilità della malta da ripristino e migliorando l'effetto monolitico con il supporto.

Diagramma malta a ritiro compensato



REODINAMICO

Sono prodotti colabili che hanno una marcata capacità di scorrere e auto compattarsi senza essere vibrati, anche per getti fortemente armati e dalla geometria complessa.

INCRUDENTE

Sono prodotti fortemente additivati con delle particolari fibre di acciaio o sintetiche, in quantità superiori al 2% rispetto alla massa volumica, che conferiscono alla malta un comportamento incrudente in fase plastica per sollecitazioni di trazione, cioè in grado di conservare una tenacità residua garantita dalla fitta matrice di fibre che incrementano ulteriormente le resistenze anche in uno stato multi fessurativo.

Questa caratteristica permette di ottenere prodotti con maggiore duttilità, resistenti agli urti, alle abrasioni e alla fatica, riducendo il comportamento fragile della matrice cementizia e il quantitativo di armatura.

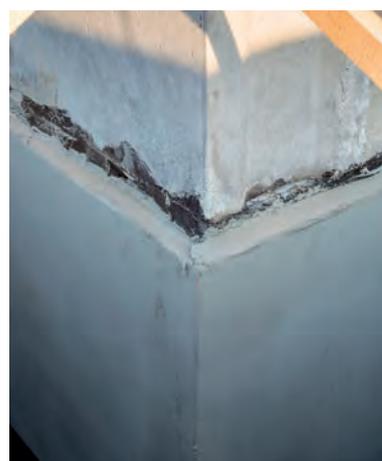
7.2 CICLO APPLICATIVO

Partendo da un'attenta analisi delle cause che hanno prodotto il degrado, dopo accurate indagini e diagnosi sarà possibile determinare il tipo di aggressione, la profondità di penetrazione degli agenti inquinanti e le caratteristiche del calcestruzzo esistente.

Come descritto nella UNI EN 1504-9 esistono molteplici principi e metodi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo, in funzione dei difetti legati al conglomerato o alla corrosione delle armature metalliche. Ad ogni modo possiamo sintetizzare principalmente due categorie di intervento:

- ▶ **Ripristino corticale**
- ▶ **Rinforzo con aumenti di sezione**

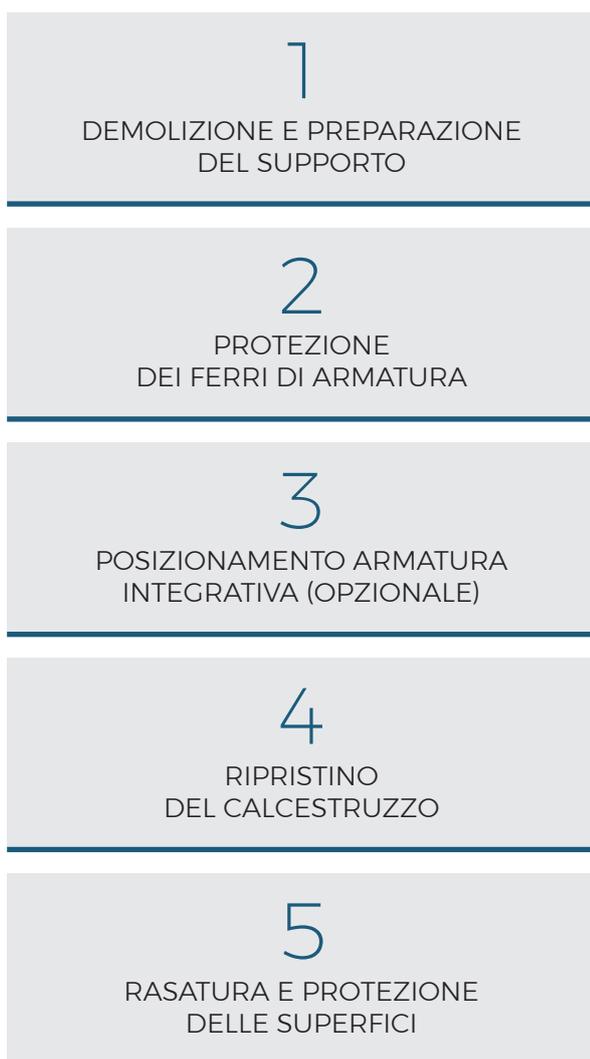
Ripristino corticale



Rinforzo

In entrambi i casi si possono prevedere o meno degli interventi per la salvaguardia delle armature metalliche esistenti tramite trattamenti passivanti, predisponendo altresì per i ringrossi nuove armature integrative.

Un ciclo realizzativo comune per il ripristino del calcestruzzo può articolarsi secondo le seguenti fasi:



Ogni fase elencata contiene diversi prodotti e la scelta tra questi dipende essenzialmente dalle specifiche progettuali e dagli spessori del ripristino.

Dobbiamo ulteriormente sottolineare che ogni prodotto utilizzato per il trattamento del calcestruzzo deve obbligatoriamente per legge possedere la marcatura CE, in conformità alla rispettiva parte della UNI EN 1504 a cui il prodotto stesso si attiene.

Un marchio CE contiene le seguenti informazioni:

Marcatura CE secondo UNI EN 1504-3 di Konkreto 40 – CVR S.p.A.

 0407	
CVR S.p.A. Zona Industriale Padule 06024 Gubbio (PG) / ITALY	
23	
0407-CPR-067 (IG-021-2006)	
UNI EN 1504-3:2005	
DoP N° CPR_070170	
KONKRETO 40	
Hydraulic mortar modified by the addition of polymer additives (R3-PCC) for structural repair of concrete in building and civil engineering works	
Compressive strength	Class R3
Chloride ion content	≤0,05%
Adhesive bond	≥2,0 MPa
Carbonation resistance	Pass
Elastic modulus	17 GPa
Thermal compatibility - Part 1, Freeze-thaw	≥2,0 MPa
Capillary absorption	≤0,5 kg/(m ² min ^{0,5})
Reaction to fire	Euroclass F
Dangerous substances	see SDS

Simbolo CE

Nome del produttore

Anno marcatura

Numero certificato di attestazione

Parte della norma UNI EN 1504

Numero DoP

Nome commerciale del prodotto

Descrizione sintetica

Caratteristiche prestazionali



1. DEMOLIZIONE E PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

A monte di ogni possibile intervento e per garantire un'adeguata applicazione dei prodotti e sistemi per la protezione e riparazione di una struttura in calcestruzzo, è assolutamente indispensabile predisporre correttamente un supporto in grado di promuovere l'adesione con il nuovo getto fondamentale per ottenere l'effetto monolitico desiderato e un intervento a regola d'arte.

Il calcestruzzo ammalorato, incoerente o eventualmente contaminato andrà necessariamente rimosso per una profondità che risponda ai requisiti progettuali, alle resistenze del supporto, alla profondità di carbonatazione e contaminazione, e allo spessore del copriferro, e sarà comunque ridotta al minimo indispensabile per non ridurre l'integrità strutturale oltre la capacità di svolgere la propria funzione.

Nel caso in cui le barre siano interessate da fenomeni corrosivi, la profondità della rimozione dovrà essere tale da scoprire interamente il perimetro delle armature, lasciando una distanza dal supporto che consenta di intervenire efficacemente con la passivazione delle stesse e garantire una compattazione adeguata del materiale da ripristino.

La demolizione potrà essere manuale o meccanica, con dei martelli o delle bocciarde, preceduta da scrupolose ispezioni visive e indagini tramite battitura, al fine di rilevare eventuali distacchi e parti incoerenti che potrebbero irrimediabilmente compromettere il buon esito dell'intervento.

Demolizione corticale di una pila



Demolizione corticale di un pilastro

Demolizione pesante con escavatore



Demolizione manuale con martello pneumatico

Demolizione leggera con bocciarde



Idrodemolizione di barriere autostradali

L'idrodemolizione è una tecnica di demolizione selettiva del calcestruzzo che sfrutta l'effetto disgregante dell'acqua proiettata con delle lance ad altissima pressione, anche oltre i 2000 bar. La UNI EN 1504-10 chiarisce che già una pressione di 600 bar in realtà è sufficiente a rimuovere il calcestruzzo incoerente e a pulire le armature senza compromettere il supporto non lesionato, ma per aggredire il calcestruzzo non disgregato e ben aderente saranno necessarie pressioni superiori, adottando comunque ogni possibile precauzione per salvaguardare l'integrità delle strutture.

Terminata la demolizione, la superficie del supporto dovrà presentare un profilo di ruvidità accentuato con delle asperità non inferiori a 5 mm al fine di migliorare l'aderenza tra il supporto stesso e il materiale da ripristino, e dovrà essere stabile, resistente e porosa.

Il calcestruzzo che eventualmente residua attorno alle barre d'armatura presenti sarà necessariamente rimosso e i ferri disciolti a seguito di vibrazioni andranno tra loro riconnessi.

Si procederà alla rimozione delle parti ossidate dai ferri d'armatura preferibilmente attraverso una sabbiatura o idrosabbiatura, oppure tramite una energica spazzolatura manuale, per riportare il ferro a metallo bianco per tutto il suo perimetro.

La preparazione del supporto terminerà con la pulizia ad aria compressa e un idrolavaggio a pressione di tutte le superfici al fine di rimuovere tutte le impurità e le polveri dovute all'attività di demolizione, che potrebbero ostacolare l'adesione con la nuova malta e quindi compromettere l'intervento. Tale operazione di saturazione inoltre risulta fondamentale per evitare che successivamente il supporto in calcestruzzo sottragga acqua alla malta da ripristino.



Sabbiatura dell'armatura metallica

2. PROTEZIONE DEI FERRI DI ARMATURA

Immediatamente dopo aver terminato la preparazione del supporto e aver raggiunto il metallo bianco dei ferri di armatura si procederà quanto prima con l'applicazione sugli stessi di uno strato sottile di un prodotto passivante per trattamenti anticorrosivi delle armature, in conformità alla UNI EN 1504-7, avendo cura di coprire l'intera superficie esterna delle barre. Questi prodotti creano una barriera che ha la funzione di mantenere il metallo in uno stato di passività con valori di pH superiori a 12,5.

Il prodotto sarà preparato in cantiere e applicato in due mani direttamente sulle armature con rullo o pennello.



Passivazione armature

3. POSIZIONAMENTO ARMATURA INTEGRATIVA (OPZIONALE)

Per garantire stabilità al nuovo getto e per renderlo perfettamente solidale al supporto in alcuni casi sarà predisposta un'armatura integrativa in acciaio o in fibra di vetro. Tale soluzione è sempre necessaria nel caso di rinforzi strutturali con aumenti di sezione e ringrossi o nel caso di interventi con spessori elevati, per migliorare il contrasto con il materiale da ripristino e opporsi ai fenomeni fessurativi da ritiro.

L'armatura integrativa può essere realizzata con barre di armatura o reti elettrosaldate, e sarà fissata al calcestruzzo tramite dei connettori inghisati a dei pre-fori che andranno prima puliti con aria compressa e poi saturati con dei particolari prodotti ancoranti.

I connettori saranno distribuiti in quantità secondo le prescrizioni progettuali e permetteranno anche di regolare la distanza tra la nuova armatura e il supporto in calcestruzzo, o l'armatura esistente già passivata.



Rinforzo pilastro



Rinforzo con rete elettrosaldata integrativa in acciaio inox

4. RIPRISTINO DEL CALCESTRUZZO

Prima di procedere con il ripristino è spesso consigliabile effettuare un pretrattamento delle superfici in calcestruzzo per il contatto tra vecchi e nuovi getti tramite una boiaccia d'aggrappo, dopo aver inumidito adeguatamente il supporto. Tale soluzione funge da promotore di adesione tra il supporto esistente e la malta da ripristino, creando così un legame che favorisca così l'effetto monolitico indispensabile per la buona riuscita dell'intervento. L'applicazione della boiaccia avverrà coinvolgendo anche la nuova armatura eventualmente presente, facendo in modo di lasciare un supporto che sia saturo a superficie asciutta (s.s.a.) per una posa "fresco su fresco" della malta da ripristino, cioè senza tempi di attesa.

Per il ripristino del calcestruzzo si utilizzeranno esclusivamente malte in classe R1 e R2 per usi non strutturali, e in classe R3 e R4 per usi strutturali, in conformità a quanto previsto dalla UNI EN 1504-3.

La preparazione dei prodotti in polvere avverrà in cantiere miscelandoli con acqua in betoniere o con trapano e frusta, prevedendo l'aggiunta di eventuale ghiaino di adeguata granulometria nel caso di spessori importanti, soprattutto per malte colabili.

L'applicazione può avvenire per proiezione meccanica (o a mano con cazzuola) con malte tixotropiche, o per colaggio con malte colabili.

Malte tixotropiche

Si utilizzeranno malte tixotropiche, data la loro adesione, per ripristini a medio/basso spessore particolarmente indicate su superfici verticali e orizzontali sia in intradosso che in estradosso, tramite l'applicazione a mano o macchina intonacatrice, garantendo l'ortogonalità tra la lancia e il supporto, a una distanza non superiore a 1 m rispetto all'ugello di uscita.

Per spessori superiori a 2÷3 cm è consigliabile prevedere un'armatura integrativa per aumentare il contrasto e diminuire il ritiro, mentre il getto avverrà in almeno due mani successive a distanza di 24÷48 ore per evitare fenomeni di scivolamento causati da impasti troppo pesanti, avendo cura di lasciare la superficie di attesa sufficientemente ruvida per facilitare l'aggrappo tra i due getti.



Ripristino con malta tixotropica



Ripristino spalla con malta tixotropica

Colaggio entro casseri

Malte colabili

Si utilizzeranno malte colabili per ripristini anche di spessori più elevati particolarmente indicate su superfici estradossali e per ringrossi tramite incamiciatura, grazie alla loro capacità di scorrimento.

Il getto avverrà all'interno di casseri puliti da detriti, la costipazione può avvenire con l'utilizzo di vibratori ad aghi evitando la formazione di bolle d'aria e distribuendo l'impasto omogeneamente attorno le armature.

I casseri devono sempre consentire la fuoriuscita di aria e acqua da essudamento.



Ripristino estradosso soletta con malta colabile

Stagionatura

Una corretta stagionatura è determinante per una buona riuscita dell'intervento e per lo sviluppo delle resistenze attese.

Il conglomerato nelle prime ore successive al getto dovrà essere protetto da pioggia e brusche variazioni termiche, utilizzando ad esempio dei teli protettivi e lasciando il calcestruzzo all'interno dei casseri per almeno 7 giorni in temperature ambientali favorevoli.



Stagionatura entro casseri

5. RASATURA E PROTEZIONE DELLE SUPERFICI

Capita spesso che dopo un intervento di ripristino le superfici in calcestruzzo si presentino con una texture frammentata e un pachwork disomogeneo dovuto ai diversi spessori dell'intervento. Questo aspetto, se non correttamente trattato, si tradurrà sempre in una rilettura superficiale delle disomogeneità dopo l'applicazione del film protettivo, con problemi sul piano funzionale ed estetico.

In questo senso è importante utilizzare dei prodotti rasanti tixotropici a grana fine, differenzialmente conformi a seconda dei prodotti alla UNI EN 1504-2 o alla UNI EN 1504-3, per pochi millimetri di spessore sul calcestruzzo ripristinato, come rasatura di regolarizzazione prima dell'applicazione del protettivo.



Ripristino localizzato del calcestruzzo - esempio di pachwork disomogeneo

Per la protezione del calcestruzzo si utilizzeranno prodotti conformi esclusivamente alla UNI EN 1504-2, come rivestimento o come impregnazione.

I primi formano una coltre superficiale continua, mentre gli impregnanti agiscono penetrando nei pori formando al loro interno uno strato idrofobo.

Esiste in commercio una molteplicità di prodotti come guaine liquidi monocomponenti e bicomponenti, vernici, pitture e impregnanti, e tutti sono accumulati dalla capacità di impermeabilizzazione della superficie finita e dalla marcata elasticità.

Uno degli aspetti più importanti nella protezione del calcestruzzo è proprio la capacità del prodotto di deformarsi elasticamente garantendo la continuità del rivestimento superficiale impermeabile, facendo così da ponte alle fessure sottostanti che possono generarsi anche dopo che la struttura è da tempo in esercizio.

Le superfici di attesa dovranno essere solide, senza parti in distacco, e adeguatamente pulite. Sarà possibile applicare un primer nel caso di supporti particolarmente sfarinati per favorirne l'adesione.

I prodotti saranno miscelati in cantiere con trapano a basso numero di giri e applicati con i metodi tradizionali a rullo, a pennello o spruzzati, sia su interventi di ripristino che su manufatti di nuova costruzione o prefabbricati, per prevenirne il possibile degrado.



Rasatura di regolarizzazione a spessore sottile

Impermeabilizzazione terrazza esterna



Protezione impalcato stradale mediante Rivestimento (C)





Protezione pile e pulvini mediante Rivestimento (C)



∞

LE PROPOSTE
CVR

Le proposte CVR, da sempre sinonimo di qualità e tecnologia, sono concepite per affrontare le sfide più impegnative nel campo dell'edilizia.

I prodotti della linea dedicata al ripristino e alla protezione di strutture in calcestruzzo armato si distinguono per la loro composizione avanzata, formulati con leganti ad alta reattività e resistenza, sabbie selezionate in curva granulometrica controllata e specifici additivi. Queste caratteristiche conferiscono eccezionali resistenze meccaniche per interventi che richiedono stabilità dimensionale e garanzia del risultato.

L'elevata stabilità in ambienti aggressivi e il basso contenuto di cloruri solubili assicurano prestazioni affidabili anche in severe condizioni di esercizio. Le diverse reologie e il ritiro compensato garantiscono modellabilità, facilità di applicazione e interventi monolitici di precisione.

Scegliere CVR significa investire nella sicurezza e nella durabilità delle strutture, infatti tutti i prodotti sono provvisti di marcatura CE secondo la norma europea UNI EN 1504, con sistema 2+ di valutazione e verifica della costanza della prestazione (VACP), che è il sistema di attestazione di conformità più stringente tra quelli previsti dalle norme di riferimento della UNI EN 1504, e del resto il solo che consente di intervenire su elementi in calcestruzzo armato per costruzioni e opere di ingegneria civile che non abbiano requisiti di basse prestazioni. Una gamma completa e in continua evoluzione in grado di offrire soluzioni affidabili e innovative per il ripristino e la protezione di strutture in calcestruzzo armato.

BCR 400 V PLUS



Ancorante chimico bicomponente vinilestere senza stirene per carichi pesanti e strutturali, marcato CE e qualificato ETA per fissaggi su elementi in calcestruzzo. Prodotto qualificato in categoria sismica C1 e C2, idoneo anche per installazione su calcestruzzo fessurato. Grazie alla sua speciale formulazione può essere applicato anche sott'acqua e su fori allagati. Le elevate prestazioni meccaniche, unitamente alla altissima capacità adesiva e l'estrema facilità di utilizzo consentono la realizzazione di fissaggi estremamente stabili e duraturi. Prodotto per uso professionale.

Consumo	vedi scheda tecnica			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Scatola da 12 pezzi	-	-	240269	Cad.
Pistola BCR 400 V PLUS	-	-	240270	Cad.

FERROSAN



Trattamento passivante per armature metalliche in soluzione acquosa, stabile in ambiente alcalino, in grado di inibire l'ossidazione di armature metalliche in acciaio. Il prodotto attraverso specifici inibitori agisce sia per inibizione organica ad effetto filmante creando una sottile pellicola che isola e protegge il metallo, che per inibizione anodica sfruttando il fenomeno di passivazione attraverso la formazione di ossidi passivi stabili. Specifici disperdenti permettono ai principi attivi contenuti nella soluzione di penetrare nel calcestruzzo e di interessare anche porzioni delle armature metalliche non completamente portate a vista. Il trattamento risulta funzionale per contrastare la formazione dell'ossido e il successivo aumento di volume dello stesso, fenomeno deleterio per la stabilità del copriferro ricostruito. Tale effetto garantisce durabilità e funzionalità del ripristino del calcestruzzo salvaguardando le caratteristiche di portanza dell'elemento strutturale. Prodotto per uso professionale.

Consumo	Variabile in base al sottofondo			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Taniche da 1 lt in scatola da 12 pezzi	-	Liquido paglierino	200681B	scatola
Taniche 5 lt	-	Liquido paglierino	200681	lt

FERROSAN 1K



Trattamento anticorrosivo ad azione passivante, specifico per proteggere e prevenire l'ossidazione delle armature metalliche di elementi in calcestruzzo armato quali travi, pilastri e solette. Protettivo cementizio monocomponente a tecnologia Steel Active Protection efficace per la protezione attiva delle armature metalliche attraverso specifici inibitori della corrosione unitamente a composti alcalinizzanti essenziali per ottenere un ambiente passivante. Formulato a base di cementi solfato resistenti, filler a spiccata reattività pozzolanica, resine ad elevata capacità adesiva, additivi siliconici impermeabili all'acqua, specifico per la protezione anti corrosione delle armature metalliche causata da agenti atmosferici aggressivi quali cloruri, solfati, anidride carbonica e piogge acide. Ferrosan 1K contiene micro granuli di quarzo che rendono la superficie delle armature trattate ruvida assicurando una perfetta coesione tra il trattamento e le malte strutturali da ripristino della linea SUPERGROUT. Prodotto per uso professionale.

Consumo	100 g/m per una barra Φ 8 (2 mm di prodotto applicato)			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Vaso da 5 kg	-	Rosso	200702	kg

KONCRETO 40



Malta tixotropica strutturale fibrorinforzata a presa semirapida con elevate resistenze meccaniche e basso modulo elastico, certificata per la protezione contro la corrosione delle armature, l'ancoraggio dell'armatura di acciaio, il ripristino strutturale e la protezione mediante rivestimento di elementi in calcestruzzo armato in edifici e opere di ingegneria civile. Applicabile con spessore variabile tra 3 e 40 mm in unica mano. Prodotto per uso professionale.



Consumo	17 kg/m ² /cm			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Sacco carta 25 kg	700 kg	Grigio	070170	kg

SUPERGROUT unico



Malta cementizia fibrorinforzata, polimero modificata, a presa rapida, formulata con leganti ad alta resistenza, sabbie selezionate in curva granulometrica controllata e specifici additivi. Prodotto tixotropico a ritiro compensato altamente modellabile con elevate resistenze meccaniche, buona lavorabilità e bassa reattività in ambienti esposti all'azione di agenti aggressivi, specifico per interventi di ripristino strutturale di elementi in cemento armato quali travi, pilastri e solette. L'elevata resistenza meccanica, l'adeguato modulo elastico e la bassissima presenza di cloruri solubili, rendono il prodotto particolarmente idoneo per interventi di precisione ad elevata stabilità dimensionale ed eccellente durabilità. Prodotto per uso professionale.



Consumo	16 - 18 kg/m ² /cm			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Sacco carta 25 kg	700 kg	Grigio	070163	kg
Basic Box 5x5 kg *	700 kg	Grigio	070163C	kg

* prodotto disponibile su richiesta - ordine minimo di 1 pianale

SUPERGROUT compact



Malta tixotropica a granulometria fine, fibrorinforzata, ad elevate resistenze meccaniche in classe R4 per il ripristino strutturale del calcestruzzo armato in edifici e opere di ingegneria civile e infrastrutturale. Applicabile con spessore variabile tra 3 e 40 mm in un'unica mano. Prodotto per uso professionale.

Consumo	17 kg/m ² /cm			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Sacco carta 25 kg	700 kg	Grigio	070171	kg

SUPERGROUT compact fast



Malta tixotropica a granulometria fine e presa rapida, fibrorinforzata, ad elevate resistenze meccaniche in classe R4 per il ripristino strutturale del calcestruzzo armato in edifici e opere di ingegneria civile e infrastrutturale. Applicabile con spessore variabile tra 3 e 40 mm in un'unica mano. Prodotto per uso professionale.

Consumo	17 kg/m ² /cm			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Sacco carta 25 kg	700 kg	Grigio	070172	Kg

SUPERGROUT tixotropico R3



Malta cementizia fibrorinforzata, polimero modificata, a comportamento reoplastico, formulata con leganti ad alta resistenza, sabbie selezionate in curva granulometrica controllata e specifici additivi. Prodotto tixotropico a ritiro compensato con elevate resistenze meccaniche, ottima lavorabilità e bassa reattività in ambienti esposti all'azione di agenti aggressivi, specifico per interventi di ripristino strutturale di elementi in cemento armato quali travi, pilastri e solette. L'elevata resistenza meccanica, l'adeguato modulo elastico e la bassissima presenza di cloruri solubili, rendono il prodotto particolarmente idoneo per interventi di consolidamento statico di precisione ad elevata stabilità dimensionale ed eccellente durabilità. Prodotto per uso professionale.

Consumo	18 - 20 kg/m ² /cm			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Sacco carta 25 kg	1400 kg	Grigio	070151	kg

SUPERGROUT FAST tixotropico R3



Malta cementizia fibrorinforzata, polimero modificata, a presa rapida, formulata con leganti ad alta resistenza, sabbie selezionate in curva granulometrica controllata e specifici additivi. Prodotto tixotropico a ritiro compensato con elevate resistenze meccaniche, ottima lavorabilità e bassa reattività in ambienti esposti all'azione di agenti aggressivi, specifico per interventi di ripristino strutturale di elementi in cemento armato quali travi, pilastri e solette. L'elevata resistenza meccanica, l'adeguato modulo elastico e la bassissima presenza di cloruri solubili, rendono il prodotto particolarmente idoneo per interventi di consolidamento statico di precisione ad elevata stabilità dimensionale ed eccellente durabilità. Prodotto per uso professionale.

Consumo	18 - 20 kg/m ² /cm			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Sacco carta 25 kg *	700 kg	Grigio	070155	kg

* prodotto disponibile su richiesta - ordine minimo di 5 piani

SUPERGROUT tixotropico R4



Malta cementizia fibrorinforzata, polimero modificata, ad altissime prestazioni, formulata con leganti ad alta resistenza, sabbie selezionate in curva granulometrica controllata e specifici additivi. Prodotto tixotropico a ritiro compensato con elevate resistenze meccaniche, ottima lavorabilità e bassa reattività in ambienti esposti all'azione di agenti aggressivi, specifico per interventi di ripristino strutturale di elementi in cemento armato quali travi, pilastri e solette. L'elevata resistenza meccanica, l'adeguato modulo elastico e la bassissima presenza di cloruri solubili, rendono il prodotto particolarmente idoneo per interventi di consolidamento statico di precisione ad elevata stabilità dimensionale ed eccellente durabilità. Prodotto per uso professionale.

Consumo	18 - 20 kg/m ² /cm			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Sacco carta 25 kg	700 kg	Grigio	070168	Kg

SUPERGROUT rasatura



Malta cementizia polimero-modificata tixotropica ad elevate resistenze meccaniche in classe R3, fibrorinforzata a granulometria fine per la rasatura e la protezione superficiale di elementi in calcestruzzo armato in opere di ingegneria civile. Applicabile con spessore variabile tra 2 e 6 mm in un'unica mano. Prodotto per uso professionale.

Consumo	1,7 kg/m ² /mm			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Sacco carta 25 kg	700 kg	Grigio	070167	Kg

SUPERGROUT colabile



Malta cementizia fibrorinforzata a comportamento reodinamico di classe R4 per la riparazione strutturale di elementi in calcestruzzo e per l'ancoraggio di armature in acciaio. Prodotto colabile ad elevate prestazioni meccaniche, ottima fluidità, assenza di segregazione specifico per interventi di riparazione strutturale di elementi in calcestruzzo armato quali travi, pilastri, solette e per l'inghisaggio di armature metalliche. L'elevata resistenza meccanica, l'adeguato modulo elastico, la bassissima presenza di cloruri solubili, l'eccellente stabilità anche in ambienti esposti all'azione di agenti aggressivi, unitamente ad un ritiro idraulico compensato, rendono il prodotto particolarmente idoneo per ripristini monolitici con elevata stabilità dimensionale ed eccellente durabilità. Prodotto per uso professionale.

Consumo	20 kg/m ² /cm			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Sacco carta 25 kg	700 kg	Grigio	070152	kg

SUPERGROUT iniezioni



Malta cementizia, polimero modificata a comportamento reodinamico, formulata con leganti ad alta resistenza, micro sabbie silicee in curva granulometrica controllata e specifici additivi. Prodotto colabile con elevate resistenze meccaniche, ottima fluidità, assenza di segregazione e bassa reattività in ambienti esposti all'azione di agenti aggressivi, specifico per interventi quali ancoraggi, iniezioni e getti di precisione. L'elevata resistenza meccanica, l'adeguato modulo elastico, l'ottima pompabilità, unitamente a un ritiro idraulico compensato, rendono il prodotto particolarmente idoneo per interventi di precisione ad elevata stabilità dimensionale ed eccellente durabilità. Prodotto per uso professionale.



Consumo	1,65 kg/dm ³			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Sacco carta 25 kg *	700 kg	Grigio	070115	kg

* prodotto disponibile su richiesta - ordine minimo di 10 pianali

SPRITZ BETON



Malta cementizia fibrorinforzata a comportamento reoplastico, formulata con leganti ad alta resistenza, sabbie selezionate in curva granulometrica controllata e specifici additivi. Prodotto tixotropico con elevate resistenze meccaniche, buona lavorabilità e bassa reattività in ambienti umidi esposti all'azione di agenti aggressivi, specifico per interventi di consolidamento e ripristino strutturale di elementi in calcestruzzo armato in cui occorra consolidare o costruire volte, tunnel, cunicoli, intonaci armati o solette. L'elevata resistenza meccanica, l'adeguato modulo elastico, la bassissima presenza di cloruri solubili, unitamente a un ritiro idraulico compensato, rendono il prodotto particolarmente idoneo per interventi di consolidamento strutturale ad elevata stabilità dimensionale e durabilità. Prodotto per uso professionale.



Consumo	18 - 20 kg/m ² /cm			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Sacco carta 25 kg	1400 kg	Grigio	070153	kg
Sfuso	silos	Grigio	070254	kg

TECNORASO 3-30



Rasante tecnico polimero modificato a presa semi rapida e ritiro compensato specifico per la preparazione, la regolarizzazione e la rettifica di supporti irregolari. Malta minerale tissotropica a grana fine, applicabile con spessori variabili da 3 a 30 mm, per la livellatura e la finitura di supporti orizzontali e verticali che presentino difetti, errori nelle quote, pendenze sbagliate, irregolarità o fuori piombo. Prodotto fibrato modellabile ad elevata lavorabilità idoneo per la riparazione o ricostruzione non strutturale di elementi in calcestruzzo. Prodotto per uso professionale.



Consumo	1,60 kg/m ² /mm			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Sacco carta 25 kg	700 kg	Grigio	020246	kg

CALCESTRUZZO CLS 45



Calcestruzzo strutturale premiscelato a resistenza garantita specifico per getti armati in cui occorra realizzare, consolidare o ricostruire elementi strutturali quali travi, pilastri o solette. Prodotto a consistenza semifluida, stabile alla segregazione, a ritiro contenuto, formulato con cemento Portland 42.5 R II/A-LL, inerti silicei e calcarei in curva granulometrica controllata perfettamente essiccati e privi di impurità, specifici additivi superfluidificanti, antisegreganti e ritentori di acqua. Ideale per getti ad alta stabilità dimensionale quali nodi tecnici strutturali rigidi di collegamento di elementi prefabbricati, solette collaboranti, micropali e tutte le strutture in calcestruzzo armato a profilo sottile in cui siano richieste durabilità dell'opera, elevate resistenze meccaniche e ottima stabilità. Prodotto per uso professionale.

Consumo				2200 kg/m ³
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Sacco carta 25 kg	1500 kg	Grigio	200145	kg

LATEX



Lattice multiuso per additivare malte e adesivi cementizi al fine di migliorarne la capacità adesiva, le prestazioni meccaniche, l'impermeabilità all'acqua ed incrementarne la durabilità. Dispersione polimerica idonea per la preparazione di boiacche d'aggancio e riprese di getto che permettano l'adesione delle malte su supporti lisci e scarsamente assorbenti. Prodotto per uso professionale.

Consumo				
boiacca d'aggancio	1 lt di LATEX + 3 - 4 kg cemento + 1 lt acqua			
malta con adesione migliorata	1 lt di LATEX ogni 25 kg malta cementizia			
adesivo migliorato	1 - 2 lt di LATEX ogni 25 kg adesivo cementizio			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Taniche da 1 lt in scatola da 12 pezzi	-	Liquido lattiginoso	200500A	scatola
Taniche 5 lt	-	Liquido lattiginoso	200500	lt

OSMOTIC



Rivestimento cementizio ad azione osmotica per interventi di impermeabilizzazione in spinta idrostatica positiva (pressione diretta) e negativa (contropinta), di manufatti cementizi, opere idrauliche, strutture in calcestruzzo e murature. La capacità di penetrazione osmotica e l'elevata adesione al supporto permettono di realizzare un rivestimento estremamente resistente e perfettamente impermeabile in grado di garantire interventi di protezione e contenimento dell'acqua. Prodotto per uso professionale.

Consumo				1,6 kg/m ² /mm
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Sacco carta 25 kg	700 kg	Grigio	020134	kg



SYLASTIC

Guaina monocomponente polimero cementizia estremamente deformabile, impermeabile all'acqua e resistente al cloro, specifica per impermeabilizzazioni a vista o sotto rivestimenti e come membrana protettiva di strutture e manufatti a contatto con acqua. È consigliata come rivestimento impermeabile di elementi in calcestruzzo esposti all'azione di agenti atmosferici e per la bonifica di intonaci fessurati. Prodotto per uso professionale.



Consumo	1,20 kg/m ² /mm			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Sacco carta 20 kg	560 kg	Grigio chiaro	030141	kg

GUAINAFLEX

Guaina bicomponente acrilico cementizia estremamente deformabile, impermeabile all'acqua e resistente al cloro, specifica per impermeabilizzazioni a vista o sotto rivestimenti e come membrana protettiva di strutture e manufatti a contatto con acqua. È consigliata come rivestimento impermeabile di elementi in calcestruzzo esposti all'azione di agenti atmosferici e per la bonifica di intonaci fessurati. Prodotto per uso professionale.



Consumo (A+B)	1,65 kg/m ² /mm			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Comp. A Sacchi 20 kg	560 kg	Grigio	030120	kg
Comp. B Vasi 8 kg	224 kg	Lattice bianco	030121	kg
Confezione A + B (20 + 8 kg)	-	-	-	Cad kg

DRYKOLL

Guaina monocomponente e adesivo polimero cementizio progettato per impermeabilizzare e posare, in un'unica lavorazione e con un solo prodotto, pavimenti e rivestimenti di balconi, terrazze, lastrici solari e bagni. Come adesivo è estremamente deformabile (categoria S2) risultando ideale per pose tecniche ad alte prestazioni su supporti con elevati stress meccanici ed esposti a severe condizioni di esercizio. Rivestimento per la protezione anti carbonatazione di elementi in calcestruzzo armato. Prodotto per uso professionale.



Consumo	1,15 kg/m ² /mm			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Sacco carta 20 kg	560 kg	Grigio chiaro	010130	kg

KALCYCA biocover



Rivestimento impermeabilizzante ecosostenibile, esente da cemento, formulato con calce e microsilicati ad elevata reattività pozzolanica, per l'impermeabilizzazione e la protezione di superfici, particolari costruttivi ed elementi architettonici in bioedilizia e nel restauro di edifici storici. Prodotto per uso professionale.

Consumo	1,70 kg/m ² /mm			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Comp. A Sacchi 20 kg	560 kg	Beige - Avorio	010142	kg
Comp. B Vasi 8 kg	224 kg	Lattice bianco		kg
Confezione A + B (20 + 8 kg)	-	-	-	Cad kg

LAVELAST



Pittura acrilica elastomerica estremamente idrorepellente, ed elevata copertura e alta capacità di deformazione, specifica per eseguire tinteggiature su superfici sottoposte a lievi deformazioni dimensionali indotte da assestamenti o da escursioni termiche o per interventi di ripristino di intonaci che presentano micro fessurazioni prodotte da ritiro idraulico. Prodotto per uso professionale.

Consumo	60 m ² ogni vaso da 20 kg in 2 mani			
Confezione	Pallet	Colore	Codice	U.M.
Vaso 20 kg	33 vasi	Bianco	200525	kg
		Fascia 1		
		Fascia 2		
		Fascia 3		
		Fascia 4		
		Fascia 5		

N.B: la fascia va controllata su mazzetta colori CVR

8.1 TABELLA SINOTTICA

Prodotto	Utilizzo	Reologia	Conformità norma	Classificazione	Categoria	Granulometria massima [mm]	Range spessori [mm]	Presatura	Tempo di lavorabilità [min]
FERROSAN	Protezione dalla corrosione	liquido	EN 1504-7		conforme				
FERROSAN 1K	Protezione dalla corrosione	tissotropico	EN 1504-7	PCC	conforme	0,5	3 - 5	normale	60
SUPERGROUT tixotropico R3	Riparazione strutturale CLS	tissotropico modellabile	EN 1504-3	PCC	R3	4,0	10 - 40 (80)	normale	60
SUPERGROUT FAST tixotropico R3	Riparazione strutturale CLS	tissotropico modellabile	EN 1504-3	PCC	R3	4,0	10 - 40 (80)	rapida	20
SPRITZ BETON	Riparazione strutturale CLS	tissotropico modellabile	EN 1504-3	CC	R3	4,0	10 - 40 (100)	normale	60
SUPERGROUT unico	Riparazione strutturale CLS	tissotropico modellabile	EN 1504-3	PCC	R3	0,6	2 - 40 (60)	rapida	20
KONCRETO 40	Protezione superficiale CLS	tissotropico modellabile	EN 1504-2	PCC	PI-MC-IR	0,8	3 - 40 (80)	semi-rapida	30÷40
	Riparazione strutturale CLS		EN 1504-3		R3				
	Ancoraggio barre armatura		EN 1504-6		conforme				
	Protezione dalla corrosione		EN 1504-7		conforme				
SUPERGROUT tixotropico R4	Riparazione strutturale CLS	tissotropico modellabile	EN 1504-3	PCC	R4	4,0	10 - 40 (100)	normale	60
SUPERGROUT compact	Riparazione strutturale CLS	tissotropico modellabile	EN 1504-3	CC	R4	0,8	3 - 40 (80)	normale	60
SUPERGROUT compact fast	Riparazione strutturale CLS	tissotropico modellabile	EN 1504-3	CC	R4	0,8	3 - 40 (80)	rapida	20
CALCESTRUZZO CLS 45	Riparazione strutturale CLS	colabile fluido	EN 1504-3	CC	CE	6,0	20 - 100 (150)	normale	240
SUPERGROUT colabile	Riparazione strutturale CLS	colabile fluido	EN 1504-3	CC	R4	4,0	10 - 50 (80)	normale	60
	Ancoraggio barre armatura		EN 1504-6		conforme				

Prodotto	Utilizzo	Reologia	Conformità norma	Classificazione	Categoria	Granulometria massima [mm]	Range spessori [mm]	Presatura	Tempo di lavorabilità [min]
SUPERGROUT iniezioni	Riparazione strutturale CLS	colabile fluido	EN 1504-3	CC	R4	0,5	5 - 50 (80)	semi-rapida	40
	Ancoraggio barre armatura		EN 1504-6		conforme				
TECNORASO 3-30	Riparazione non strutturale	tissotropico modellabile	EN 1504-3	PCC	R2	0,6	3 - 30 (50)	semi-rapida	40
SUPERGROUT rasatura	Protezione superficiale CLS	tissotropico modellabile	EN 1504-2	PCC	MC-PR-RC-IR	0,5	2 - 6 (10)	normale	60
	Riparazione strutturale CLS		EN 1504-3		R3				
DRYKOLL	Protezione del calcestruzzo	fluido viscoso	EN 1504-2	Monocomponente polimero modificato	PI-MC-RC-IR	0,6	3 - 5	normale	240
SYLASTIC	Protezione del calcestruzzo	fluido viscoso	EN 1504-2	Monocomponente polimero modificato	PI-MC-RC-IR	0,6	2 - 3 (4)	normale	60
GUAINAFLEX	Protezione del calcestruzzo	fluido viscoso	EN 1504-2	Bicomponente polimero modificato	PI-MC-RC-IR	0,6	2 (4)	normale	90
OSMOTIC	Protezione del calcestruzzo	fluido viscoso	EN 1504-2	Monocomponente osmotico cementizio	PI-MC-RC-IR	0,4	1 - 3 (6)	normale	60
KALCYCA biocover	Protezione del calcestruzzo	fluido viscoso	EN 1504-2	Bicomponente esente da cemento	PI-MC-IR	0,5	2 (4)	normale	90
LAVELAST	Tinteggiatura CLS	pasta viscosa		pittura acrilica					
LATEX	Promotore di adesione	liquido		emulsione polimerica					
BCR 400 V PLUS	Ancorante chimico	pasta viscosa		polimero vinilestere					



9

MATERIALE
STRATEGIE

Mettiamo a disposizione la nostra esperienza e il nostro know-how per offrire un ventaglio di soluzioni dedicate al ripristino e alla protezione di strutture in calcestruzzo armato, per l'edilizia civile ed infrastrutturale.

Le informazioni riportate hanno carattere generale, si affida dunque al Progettista e al Direttore dei Lavori ogni valutazione in merito alla funzionalità degli interventi proposti.

Per un corretto utilizzo dei materiali e per l'esecuzione delle lavorazioni, si consiglia di rispettare attentamente le specifiche previste nelle schede tecniche dei materiali riportati.

Per tutto quanto non espressamente indicato si rimanda alla corretta regola esecutiva, nonché alle normative tecniche applicabili.

1. RIPRISTINO CORTICALE DI UN PILASTRO

2. RINFORZO DI UN PILASTRO CON AUMENTO DI SEZIONE

3. RIPRISTINO DEL FRONTALINO DI UN BALCONE

4. FISSAGGIO DI UNA PIASTRA DI ANCORAGGIO METALLICA A UN PLINTO DI FONDAZIONE

5. RIPRISTINO A BASSO SPESSORE ESTESO O LOCALIZZATO DI UNA PAVIMENTAZIONE PEDONALE [H= 3÷20 MM]

6. RIPRISTINO A BASSO SPESSORE ESTESO O LOCALIZZATO DI UNA PAVIMENTAZIONE CARRABILE [H= 3÷20 MM]

7. RIPRISTINO A MEDIO SPESSORE ESTESO O LOCALIZZATO DI UNA PAVIMENTAZIONE [H= 20÷50 MM]

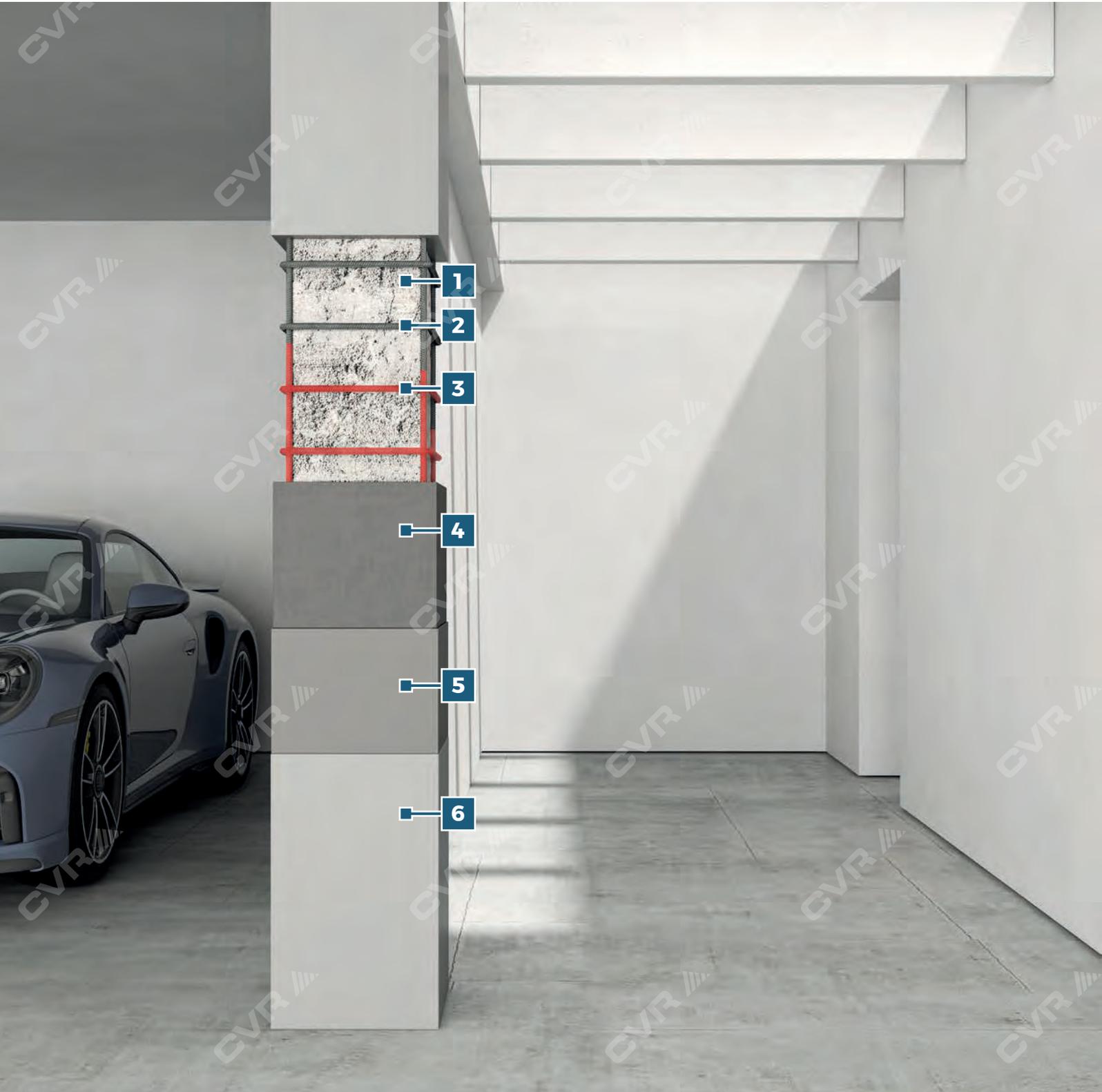
8. RIPRISTINO AD ALTO SPESSORE ESTESO O LOCALIZZATO DI UNA PAVIMENTAZIONE [H= 50÷100 MM]

9. RIPRISTINO CORTICALE DI UN MURO ANDATORE LIEVEMENTE DEGRADATO

10. RINFORZO DELL'ESTRADOSSO DELLA SOLETTA E RIPRISTINO CORTICALE DEL CORDOLO DI UN VIADOTTO STRADALE

11. RIPRISTINO CORTICALE DELL'INTRADOSSO DI UN IMPALCATO STRADALE

1. RIPRISTINO CORTICALE DI UN PILASTRO



ELEMENTI COSTITUTIVI

- 1 Supporto in c.a. scarificato
- 2 Armatura esistente del pilastro
- 3 **FERROSAN 1K**
- 4 **SUPERGROUT tixotropico R3** (o **SUPERGROUT FAST tixotropico R3**)
- 5 **SUPERGROUT rasatura**
- 6 **LAVELAST**



CICLO APPLICATIVO

- ▶ Demolizione corticale del pilastro e creazione di un profilo di ruvidità accentuato (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Rimozione delle parti ossidate dai ferri di armatura (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Pulizia e saturazione del supporto (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Applicazione sulle barre di armatura di **FERROSAN 1K** in due mani, per uno spessore di 3 mm (vedi paragrafo 7.2 punto 2)
- ▶ Dopo almeno 12÷24 ore, ripristino del calcestruzzo con **SUPERGROUT tixotropico R3** o **SUPERGROUT FAST tixotropico R3**, per spessori da 10 a 40 mm in un'unica mano. Attendere almeno 7 giorni prima dell'applicazione della rasatura (vedi paragrafo 7.2 punto 4)
- ▶ Rasatura di regolarizzazione e protezione della superficie con **SUPERGROUT rasatura**, applicato in due mani ad incrociare e finito con frattazzo, per uno spessore compreso tra 2 e 6 mm in un'unica mano, attendendo almeno 24÷48 ore tra le due. Assicurare uno spessore finale non inferiore a 3 mm al fine di garantire la protezione delle superfici (vedi paragrafo 7.2 punto 5)
- ▶ Attesi almeno 7 giorni, tinteggiatura delle superfici con **LAVELAST** applicato a rullo o pennello, in due mani opportunamente diluite con acqua, a distanza di 24 ore tra le due (vedi paragrafo 7.2 punto 5)

2. RINFORZO DI UN PILASTRO CON AUMENTO DI SEZIONE



ELEMENTI COSTITUTIVI

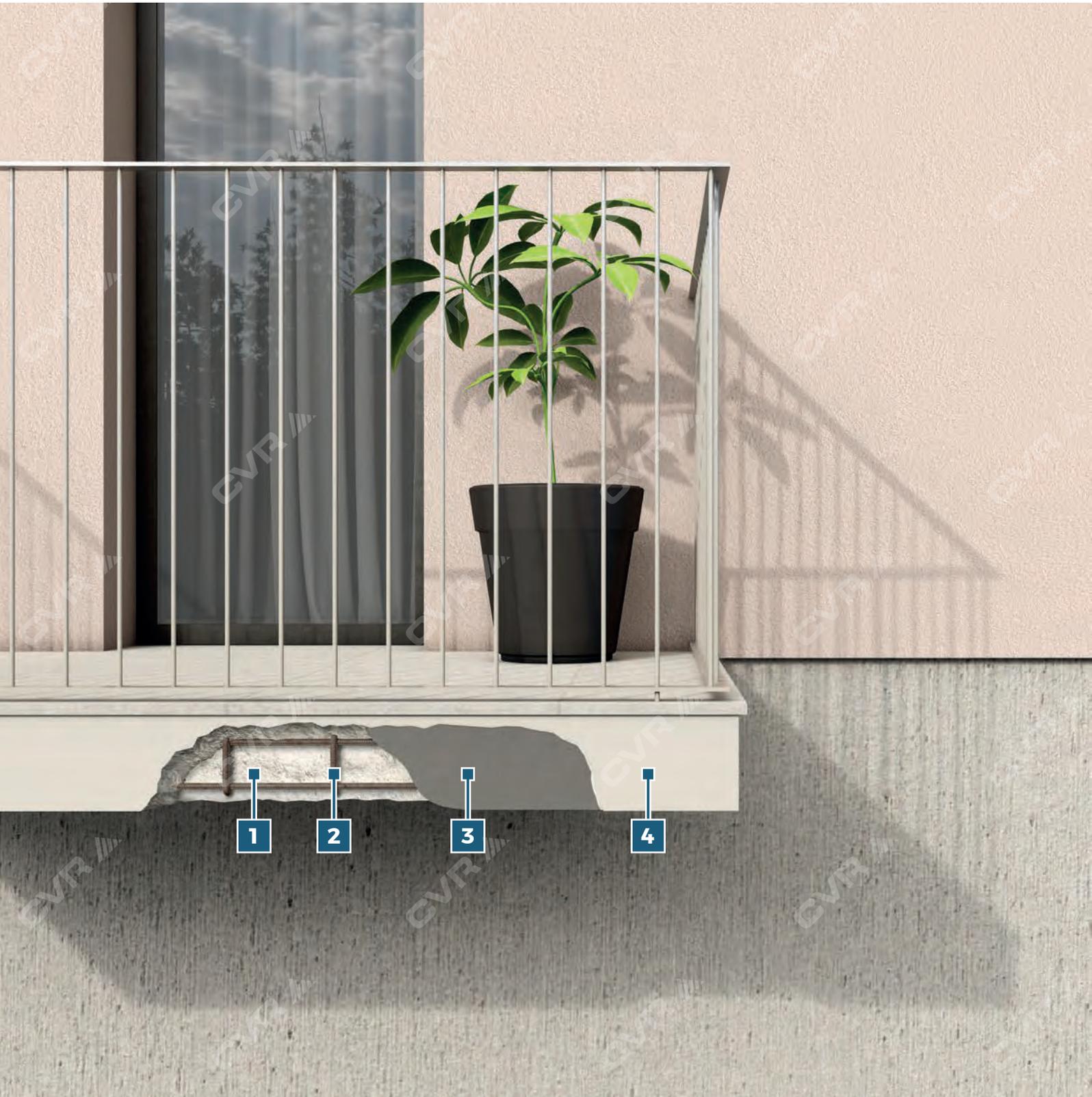
- 1 Supporto in c.a. scarificato
- 2 Armatura esistente del pilastro
- 3 **FERROSAN 1K**
- 4 Nuova armatura integrativa
- 5 **SUPERGROUT colabile**
- 6 **SUPERGROUT rasatura**
- 7 **LAVELAST**



CICLO APPLICATIVO

- ▶ Demolizione corticale del pilastro e creazione di un profilo di ruvidità accentuato (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Rimozione delle parti ossidate dai ferri di armatura (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Pulizia e saturazione del supporto (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Applicazione sulle barre di armatura di **FERROSAN 1K** in due mani, per uno spessore di 3 mm (vedi paragrafo 2 punto 2)
- ▶ Posizionamento armatura di rinforzo (vedi paragrafo 7.2 punto 3)
- ▶ Casseratura perimetrale del pilastro garantendo un adeguato copriferro
- ▶ Dopo almeno 12÷24 ore dalla passivazione, ripristino del calcestruzzo con aumento di sezione tramite colaggio entro cassero a tutto spessore di **SUPERGROUT colabile**. Attendere una maturazione di almeno 7 giorni prima della rimozione del cassero (vedi paragrafo 7.2 punto 4)
- ▶ Rasatura di regolarizzazione e protezione della superficie con **SUPERGROUT rasatura**, applicato in due mani ad incrociare e finito con frattazzo, per uno spessore compreso tra 2 e 6 mm in un'unica mano, attendendo almeno 24÷48 ore tra le due. Assicurare uno spessore finale non inferiore a 3 mm al fine di garantire la protezione delle superfici (vedi paragrafo 7.2 punto 5)
- ▶ Attesi almeno 7 giorni, tinteggiatura delle superfici con **LAVELAST** applicato a rullo o pennello, in due mani opportunamente diluite con acqua, a distanza di 24 ore tra le due (vedi paragrafo 7.2 punto 5)

3. RIPRISTINO DEL FRONTALINO DI UN BALCONE



ELEMENTI COSTITUTIVI

- 1 Supporto in c.a. scarificato
- 2 Armatura esistente del balcone
- 3 **KONCRETO 40**
- 4 **LAVELAST**



3

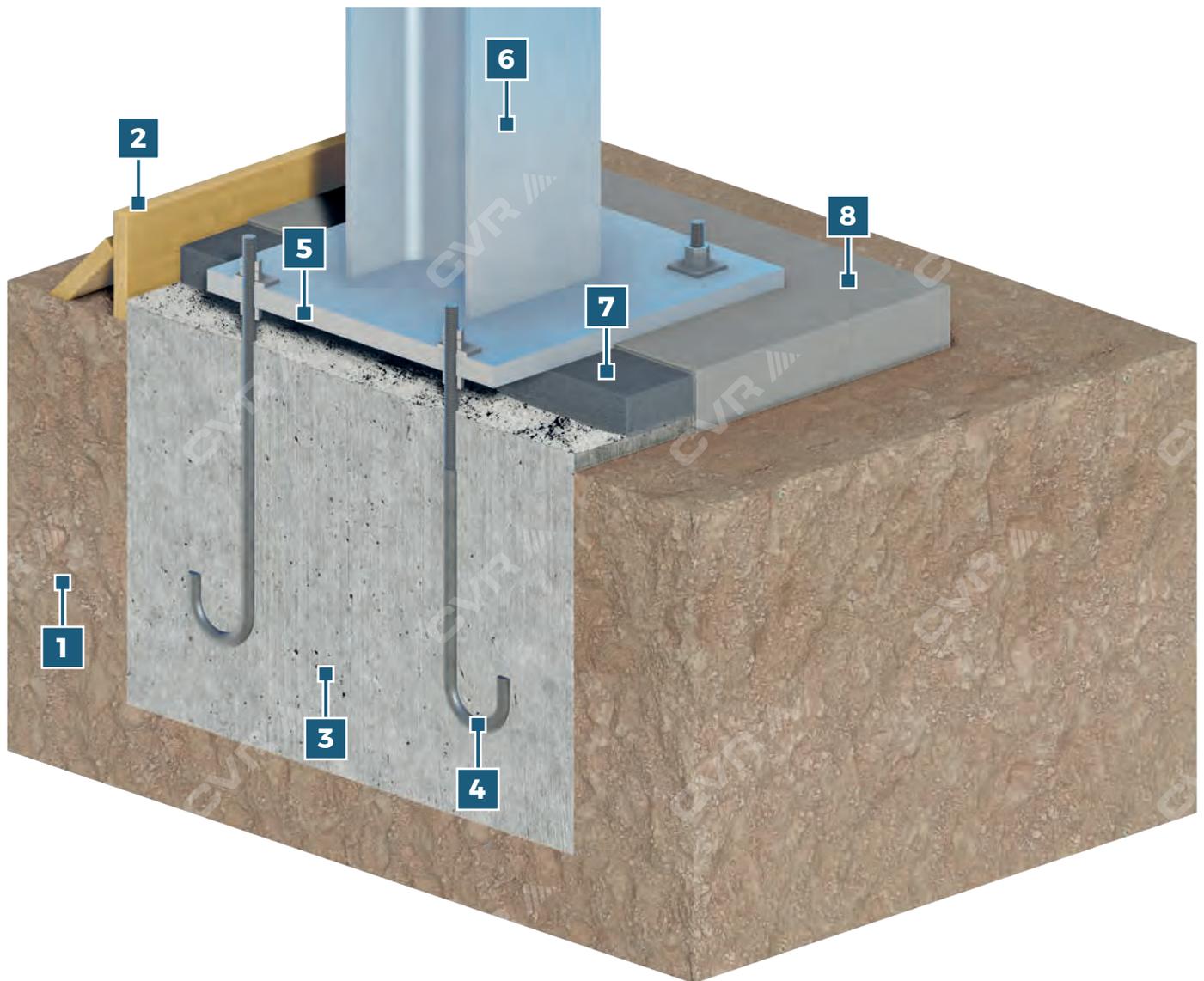


4

CICLO APPLICATIVO

- ▶ Demolizione corticale del balcone e creazione di un profilo di ruvidità accentuato (*vedi paragrafo 7.2 punto 1*)
- ▶ Rimozione delle parti ossidate dai ferri di armatura (*vedi paragrafo 7.2 punto 1*)
- ▶ Pulizia e saturazione del supporto (*vedi paragrafo 7.2 punto 1*)
- ▶ Passivazione delle armature metalliche, ripristino corticale e protezione superficiale del calcestruzzo con **KONCRETO 40**, applicato a mano o a macchina, per uno spessore compreso tra 3 e 40 mm in un'unica mano, e uno spessore finale non superiore a 80 mm in più mani a distanza di almeno 2 ore. Garantire almeno 5 mm di spessore attorno alle barre di armatura per assicurarne la passivazione e almeno 3 mm di spessore per assicurare la protezione superficiale del calcestruzzo. Raggiunta un'adeguata maturazione la superficie potrà essere portata a finitura con frattazzo in plastica o spugna. Attendere almeno 8÷12 ore prima di procedere al tinteggio (*vedi paragrafo 7.2 punto 4*)
- ▶ Tinteggiatura delle superfici con **LAVELAST** applicato a rullo o pennello, in due mani opportunamente diluite con acqua, a distanza di 24 ore tra le due (*vedi paragrafo 7.2 punto 5*)

4. FISSAGGIO DI UNA PIASTRA DI ANCORAGGIO METALLICA A UN PLINTO DI FONDAZIONE



ELEMENTI COSTITUTIVI

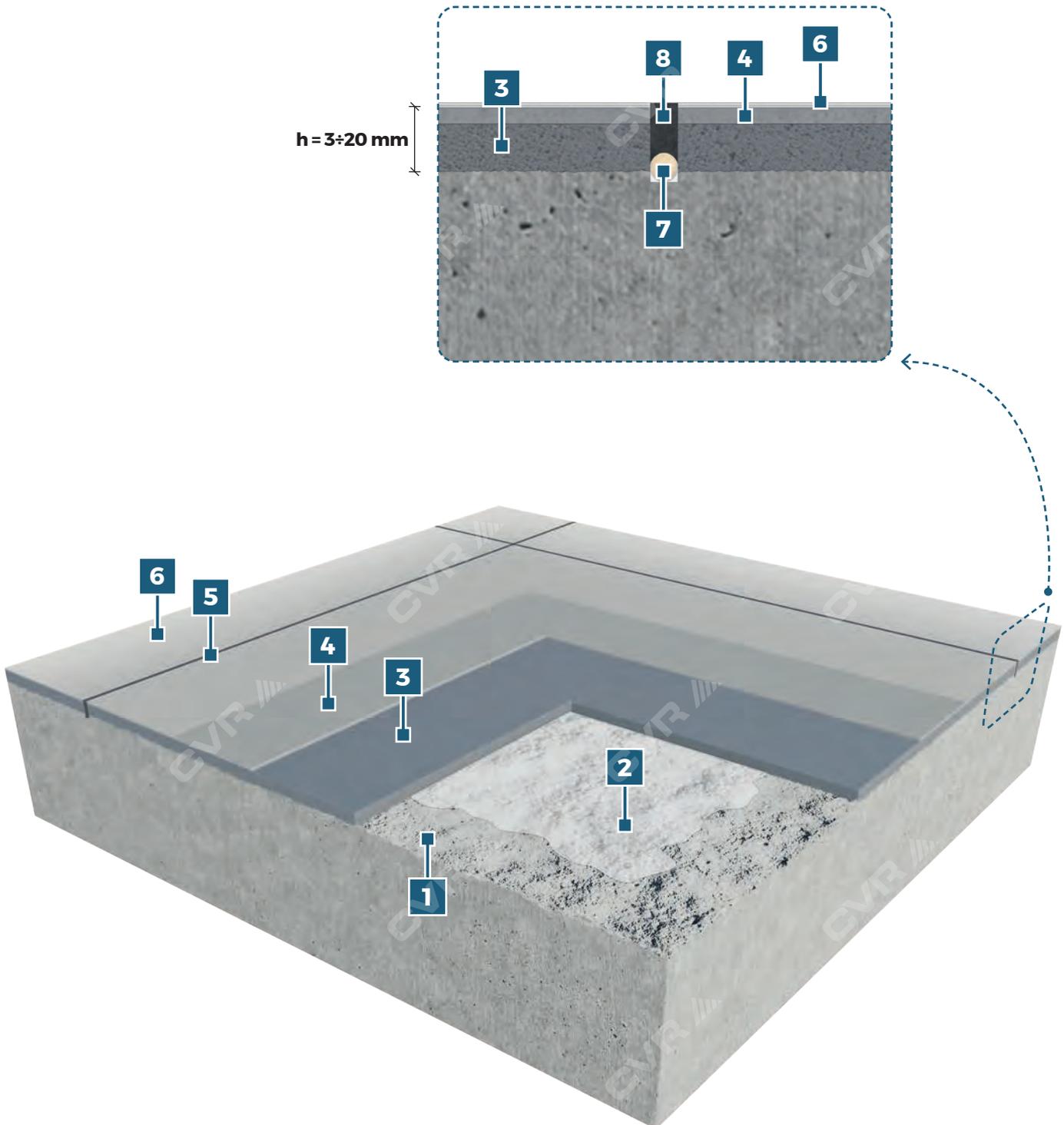
- | | | | |
|----------|------------------------------|----------|---|
| 1 | Terreno esistente | 5 | Piasta di ancoraggio in acciaio |
| 2 | Cassero perimetrale in legno | 6 | Pilastro in acciaio |
| 3 | Plinto di fondazione in c.a. | 7 | SUPERGROUT iniezioni (o SUPERGROUT colabile) |
| 4 | Tirafondo | 8 | SUPERGROUT rasatura |



CICLO APPLICATIVO

- ▶ Scarifica superficiale o bocciardatura dell'estradosso e delle facce laterali del plinto di fondazione in c.a. al fine di creare un profilo di ruvidità accentuato e facilitare l'adesione del materiale da sovrapporre (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Pulizia e saturazione del supporto (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Casseratura perimetrale del plinto
- ▶ Con supporto saturo a superficie asciutta (s.s.a.), ringrosso del plinto di fondazione tramite aumento di sezione con **SUPERGROUT iniezioni** (o **SUPERGROUT colabile**), applicato per colaggio a tutto spessore entro i casseri e portato in aderenza alla base della piastra di ancoraggio in acciaio, per spessori compresi tra 5 e 50 mm in un unico getto, e fino a 80 mm totali con due getti eseguiti almeno a 48 ore di distanza. Attendere una maturazione di almeno 7 giorni prima della rimozione dei casseri (vedi paragrafo 7.2 punto 4)
- ▶ Rimozione dei casseri e pulizia delle superfici di attesa prima della rasatura protettiva
- ▶ Rasatura di regolarizzazione e protezione di tutte le superfici sia orizzontali che verticali con **SUPERGROUT rasatura**, applicato in due mani ad incrociare e finito con frattazzo, per uno spessore compreso tra 2 e 6 mm in un'unica mano, attendendo almeno 24÷48 ore tra le due. Assicurare uno spessore finale non inferiore a 3 mm al fine di garantire la protezione delle superfici (vedi paragrafo 7.2 punto 5)

5. RIPRISTINO A BASSO SPESSORE ESTESO O LOCALIZZATO DI UNA PAVIMENTAZIONE PEDONALE [H= 3÷20 MM]



ELEMENTI COSTITUTIVI

- | | |
|--|---|
| <p>1 Supporto in c.a.</p> <p>2 LATEX</p> <p>3 TECNORASO 3-30</p> <p>4 OSMOTIC</p> | <p>5 Giunto di frazionamento</p> <p>6 (opzionale) EPOXY AD + semina di quarzo</p> <p>7 Cordone in schiuma polietilenica</p> <p>8 SIGILLANTE POLIURETANICO</p> |
|--|---|



2



3



4



6

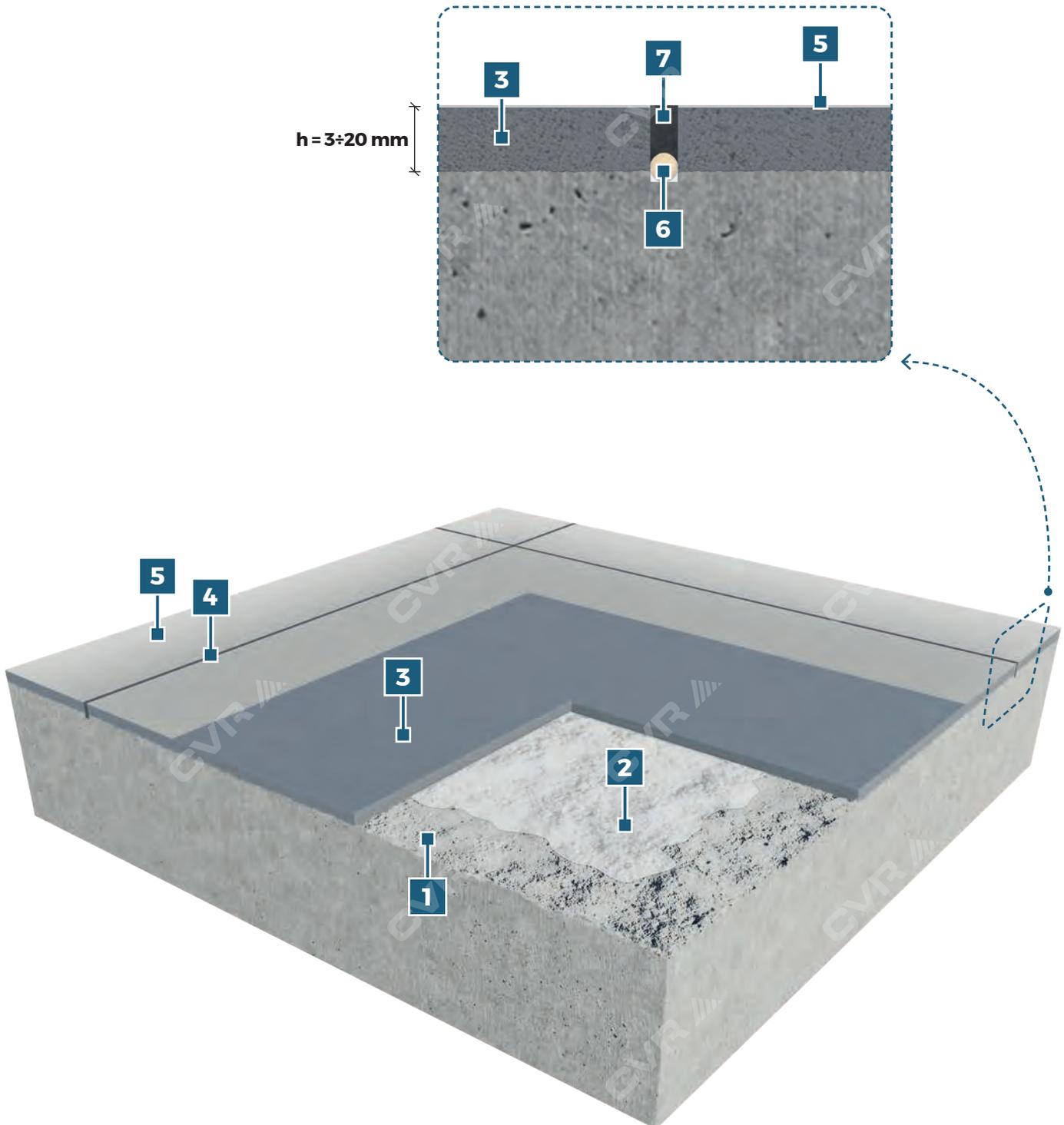


8

CICLO APPLICATIVO

- ▶ Demolizione della pavimentazione e creazione di un profilo di ruvidità accentuato (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Pulizia e saturazione dei supporti (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Con supporto saturo a superficie asciutta (s.s.a.), pretrattamento delle superfici in calcestruzzo per contatto tra vecchi e nuovi getti con boiaccia d'aggrappo costituita da 1 lt di **LATEX** + 3 kg di cemento + 1 lt di acqua (vedi paragrafo 7.2 punto 4)
- ▶ Ricostruzione del calcestruzzo e ripristino di eventuali pendenze con **TECNORASO 3-30**, applicato senza tempi d'attesa "fresco su fresco" sulla boiaccia d'aggrappo, a mano o a macchina per spessori da 3 a 20 mm in un'unica mano. Lasciare la superficie di attesa sufficientemente ruvida e irregolare per migliorare l'adesione con i nuovi getti. Attendere almeno 7 giorni di maturazione prima di realizzare i giunti (vedi paragrafo 7.2 punto 4)
- ▶ Realizzazione dei giunti di frazionamento attraverso un'incisione leggera di larghezza 8÷10 mm e profondità pari allo spessore della malta da ripristino, coinvolgendo per pochi mm anche il supporto per una completa penetrazione e descrivendo delle superfici regolari e compatte di non oltre 10 mq se in esterno, e di non oltre 25 mq se in interno
- ▶ Rasatura di regolarizzazione e protezione della superficie con **OSMOTIC**, applicato in due mani ad incrociare e finito con frattazzo, per uno spessore compreso tra 2 e 3 mm in un'unica mano, attendendo almeno 24÷48 ore tra le due. Assicurare uno spessore finale non superiore a 5÷6 mm ed evitare l'applicazione sopra i giunti precedentemente realizzati (vedi paragrafo 7.2 punto 5)
- ▶ (Opzionale) Per specifici interventi che richiedano un aumento della durezza superficiale e della resistenza all'abrasione, oltre che un'ulteriore protezione dagli agenti aggressivi ad esempio in ambienti industriali, dopo almeno 24÷72 ore dall'applicazione di OSMOTIC sarà possibile utilizzare **EPOXY AD**, diluito in soluzione con 40% di acqua pulita e applicato a rullo o pennello in due mani a distanza di almeno 4 ore. Per particolari interventi che richiedano un incremento del coefficiente di attrito superficiale sarà possibile aggiungere alla soluzione una semina di quarzo a rifiuto. Attendere almeno 7 giorni per un completo indurimento in condizioni ambientali favorevoli (vedi paragrafo 7.2 punto 5)
- ▶ Posizionamento nell'incavo dei giunti di un cordone di riempimento in schiuma polietilenica, a sezione circolare, di diametro leggermente superiore alla larghezza del giunto
- ▶ Sigillatura dei giunti di frazionamento con **SIGILLANTE POLIURETANICO**, applicato con pistola e spatola, e con tempi di indurimento di circa 2÷3 ore in condizioni ambientali favorevoli

6. RIPRISTINO A BASSO SPESSORE ESTESO O LOCALIZZATO DI UNA PAVIMENTAZIONE CARRABILE [H= 3÷20 MM]



ELEMENTI COSTITUTIVI

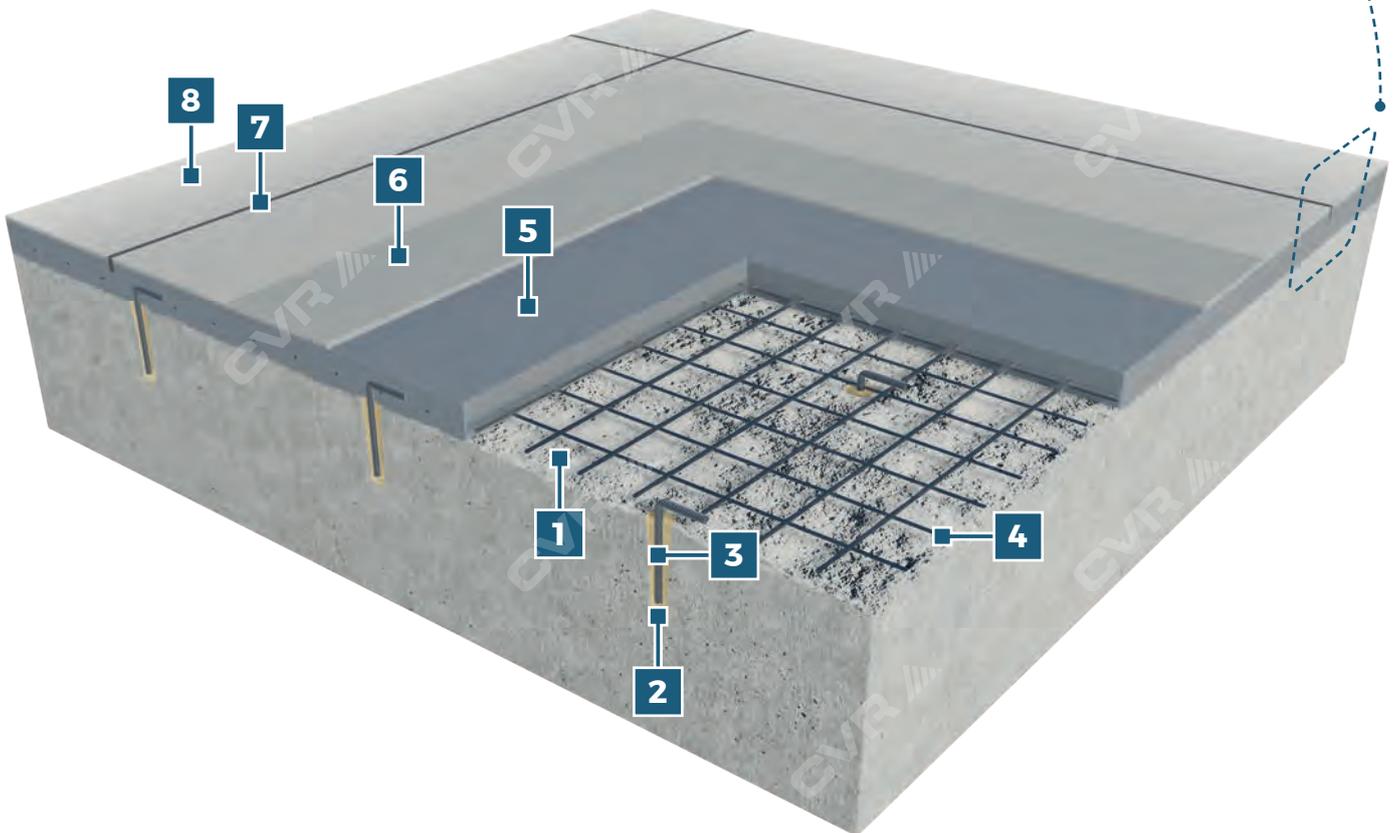
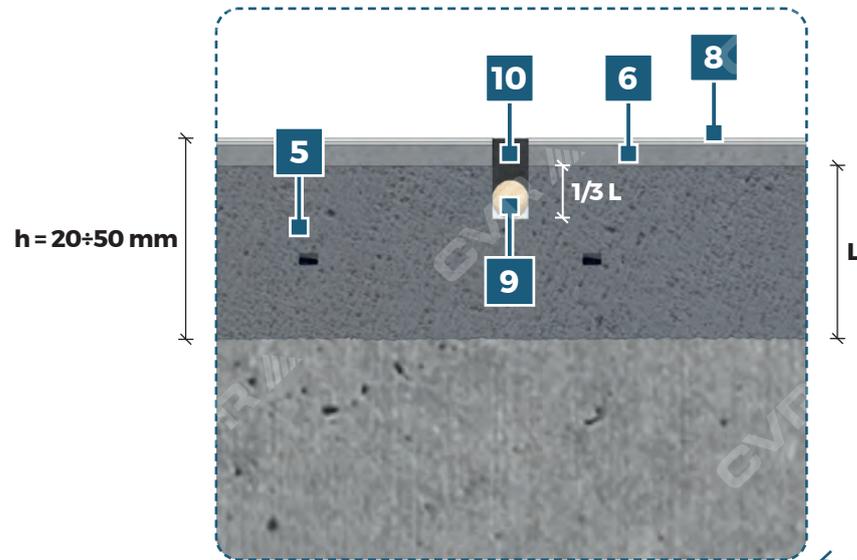
- | | | | |
|----------|-------------------------|----------|---|
| 1 | Supporto in c.a. | 5 | (<i>opzionale</i>) EPOXY AD + semina di quarzo |
| 2 | LATEX | 6 | Cordone in schiuma polietilenica |
| 3 | KONCRETO 40 | 7 | SIGILLANTE POLIURETANICO |
| 4 | Giunto di frazionamento | | |

**2****3****5****7**

CICLO APPLICATIVO

- ▶ Demolizione della pavimentazione e creazione di un profilo di ruvidità accentuato (*vedi paragrafo 7.2 punto 1*)
- ▶ Pulizia e saturazione dei supporti (*vedi paragrafo 7.2 punto 1*)
- ▶ Con supporto saturo a superficie asciutta (s.s.a.), pretrattamento delle superfici in calcestruzzo per contatto tra vecchi e nuovi getti con boiaccia d'aggrappo costituita da 1 lt di **LATEX** + 3 kg di cemento + 1 lt di acqua (*vedi paragrafo 7.2 punto 4*)
- ▶ Ricostruzione del calcestruzzo, ripristino di eventuali pendenze e protezione superficiale con **KONCRETO 40**, applicato senza tempi d'attesa "fresco su fresco" sulla boiaccia d'aggrappo, a mano o a macchina per spessori compresi tra 3 e 20 mm in un'unica mano. Assicurare ovunque almeno 3 mm di spessore per garantire la protezione superficiale del calcestruzzo. Portare a finitura la superficie con frattazzo in plastica o spugna e attendere almeno 7 giorni di maturazione prima di realizzare i giunti (*vedi paragrafo 7.2 punto 4*)
- ▶ Realizzazione dei giunti di frazionamento attraverso un'incisione leggera di larghezza 8÷10 mm e profondità pari allo spessore della malta da ripristino, coinvolgendo per pochi mm anche il supporto per una completa penetrazione e descrivendo delle superfici regolari e compatte di non oltre 10 mq se in esterno, e di non oltre 25 mq se in interno
- ▶ (*Opzionale*) Per specifici interventi che richiedano un aumento della durezza superficiale e della resistenza all'abrasione, oltre che un'ulteriore protezione dagli agenti aggressivi ad esempio in ambienti industriali, dopo almeno 12 ore dall'applicazione di KONCRETO 40 sarà possibile utilizzare **EPOXY AD**, diluito in soluzione con 40% di acqua pulita e applicato a rullo o pennello in due mani a distanza di almeno 4 ore. Per particolari interventi che richiedano un incremento del coefficiente di attrito superficiale sarà possibile aggiungere alla soluzione una semina di quarzo a rifiuto. Attendere almeno 7 giorni per un completo indurimento in condizioni ambientali favorevoli (*vedi paragrafo 7.2 punto 5*)
- ▶ Posizionamento nell'incavo dei giunti di un cordone di riempimento in schiuma polietilenica, a sezione circolare, di diametro leggermente superiore alla larghezza del giunto
- ▶ Sigillatura dei giunti di frazionamento con **SIGILLANTE POLIURETANICO**, applicato con pistola e spatola, e con tempi di indurimento di circa 2÷3 ore in condizioni ambientali favorevoli

7. RIPRISTINO A MEDIO SPESSORE ESTESO O LOCALIZZATO DI UNA PAVIMENTAZIONE [H = 20÷50 MM]

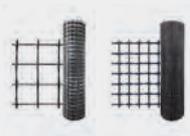


ELEMENTI COSTITUTIVI

- | | |
|---|---|
| <p>1 Supporto in c.a.</p> <p>2 BCR 400 V PLUS</p> <p>3 Connettori a L in acciaio</p> <p>4 Rete in GFRP NETFIX CRM 490 (o NETFIX CRM 980)</p> <p>5 SUPERGROUT colabile (o SUPERGROUT tixotropico R4)</p> | <p>6 KONCRETO 40</p> <p>7 Giunto di frazionamento</p> <p>8 (opzionale) EPOXY AD + semina di quarzo</p> <p>9 Cordone in schiuma polietilenica</p> <p>10 SIGILLANTE POLIURETANICO</p> |
|---|---|



2



4



5



6



8

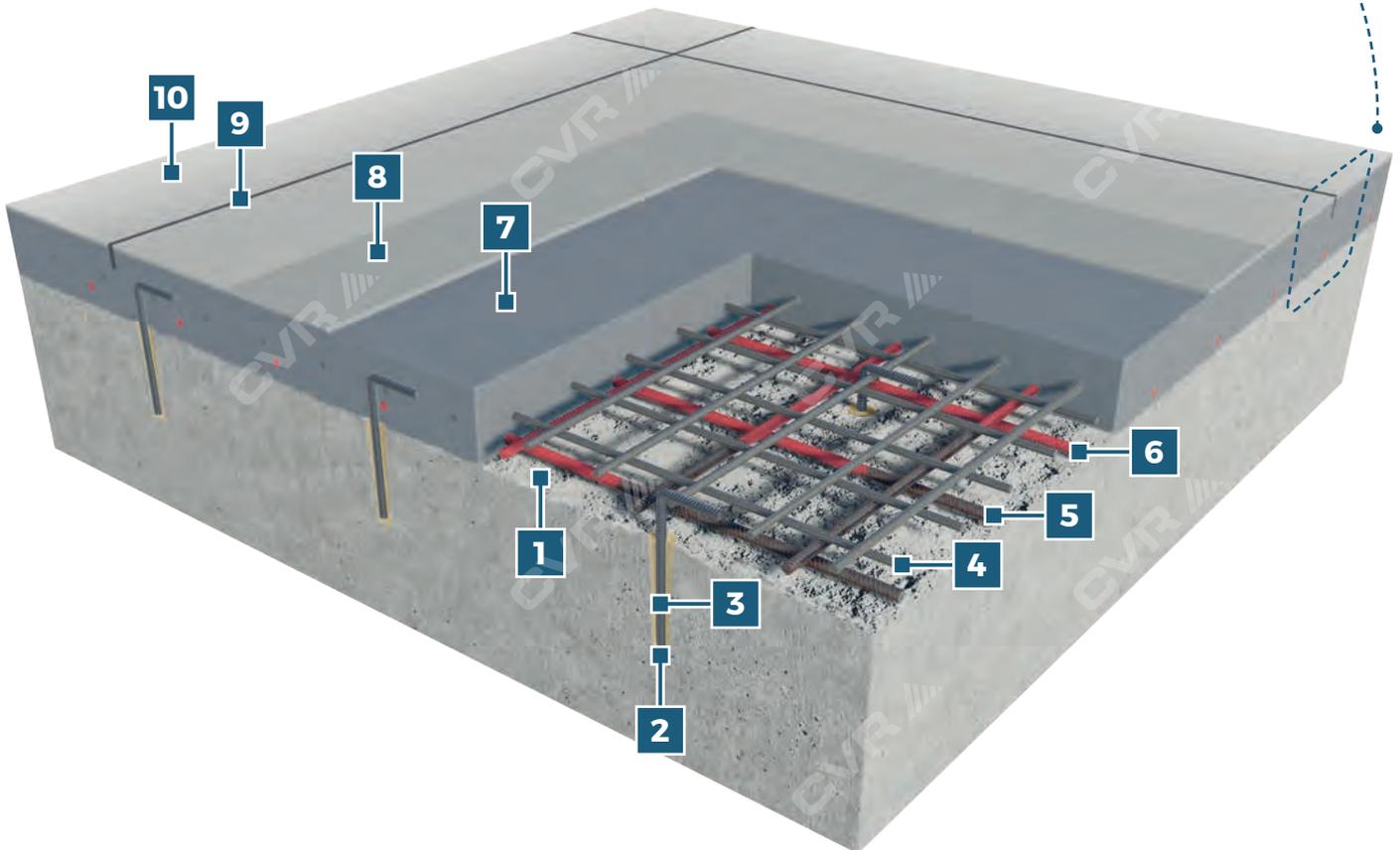
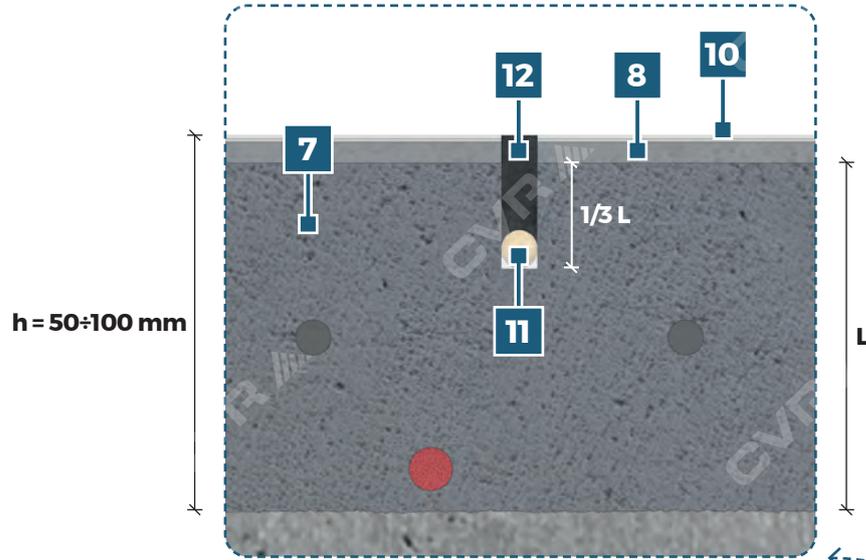


10

CICLO APPLICATIVO

- ▶ Demolizione della pavimentazione e creazione di un profilo di ruvidità accentuato (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Pulizia e saturazione dei supporti (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Posizionamento della nuova rete **NETFIX CRM 490** (o **NETFIX CRM 980**), realizzazione e pulizia dei fori per l'alloggio dei connettori in acciaio (vedi paragrafo 7.2 punto 3)
- ▶ Inghisaggio dei connettori nei fori con **BCR 400 V PLUS**, attendendo almeno 45÷60 minuti di maturazione in condizioni ambientali favorevoli per un completo indurimento, prima della messa in quota della rete (vedi paragrafo 7.2 punto 3)
- ▶ Ricostruzione del calcestruzzo e ripristino di eventuali pendenze con **SUPERGROUT colabile** (o **SUPERGROUT tixotropico R4**), applicato per colaggio a tutto spessore in un unico getto fino a 50 mm. Lasciare la superficie di attesa sufficientemente ruvida e irregolare per migliorare l'adesione con i nuovi getti. Attendere almeno 7 giorni di maturazione prima di realizzare i giunti (vedi paragrafo 7.2 punto 4)
- ▶ Realizzazione dei giunti di frazionamento attraverso un'incisione leggera di larghezza 8÷10 mm e profondità pari a 1/3 dello spessore della malta da ripristino, prestando comunque attenzione a non tagliare la rete in GFRP e descrivendo delle superfici regolari e compatte di non oltre 10 mq se in esterno, e di non oltre 25 mq se in interno
- ▶ Rasatura di regolarizzazione con funzioni protettive ed estetiche per il recupero di eventuali difformità superficiali, con **KONCRETO 40**, applicato in due mani ad incrociare e finito con frattazzo, per uno spessore compreso tra 3 e 5 mm in un'unica mano, attendendo almeno 1÷2 ore tra le due, e uno spessore finale non superiore a 5÷6 mm. Assicurare ovunque uno spessore finale di almeno 3 mm per garantire la protezione della superficie del calcestruzzo ed evitare l'applicazione sopra i giunti precedentemente realizzati (vedi paragrafo 7.2 punto 5)
- ▶ (Opzionale) Per specifici interventi che richiedano un aumento della durezza superficiale e della resistenza all'abrasione, oltre che un'ulteriore protezione dagli agenti aggressivi ad esempio in ambienti industriali, dopo almeno 24 ore dall'applicazione di KONCRETO 40 sarà possibile utilizzare **EPOXY AD**, diluito in soluzione con 40% di acqua pulita e applicato a rullo o pennello in due mani a distanza di almeno 4 ore. Per particolari interventi che richiedano un incremento del coefficiente di attrito superficiale sarà possibile aggiungere alla soluzione una semina di quarzo a rifiuto. Attendere almeno 7 giorni per un completo indurimento in condizioni ambientali favorevoli (vedi paragrafo 7.2 punto 5)
- ▶ Posizionamento nell'incavo dei giunti di un cordone di riempimento in schiuma polietilenica, a sezione circolare, di diametro leggermente superiore alla larghezza del giunto
- ▶ Sigillatura dei giunti di frazionamento con **SIGILLANTE POLIURETANICO**, applicato con pistola e spatola, e con tempi di indurimento di circa 2÷3 ore in condizioni ambientali favorevoli

8. RIPRISTINO AD ALTO SPESSORE ESTESO O LOCALIZZATO DI UNA PAVIMENTAZIONE [H = 50÷100 MM]



ELEMENTI COSTITUTIVI

- | | | | |
|----------|----------------------------------|-----------|---|
| 1 | Supporto in c.a. | 7 | SUPERGROUT colabile |
| 2 | BCR 400 V PLUS | 8 | KONCRETO 40 |
| 3 | Connettori a L in acciaio | 9 | Giunto di frazionamento |
| 4 | Rete elettrosaldata in acciaio | 10 | (<i>opzionale</i>) EPOXY AD + semina di quarzo |
| 5 | Armatura esistente della soletta | 11 | Cordone in schiuma polietilenica |
| 6 | FERROSAN 1K | 12 | SIGILLANTE POLIURETANICO |



2



6



7



8



10

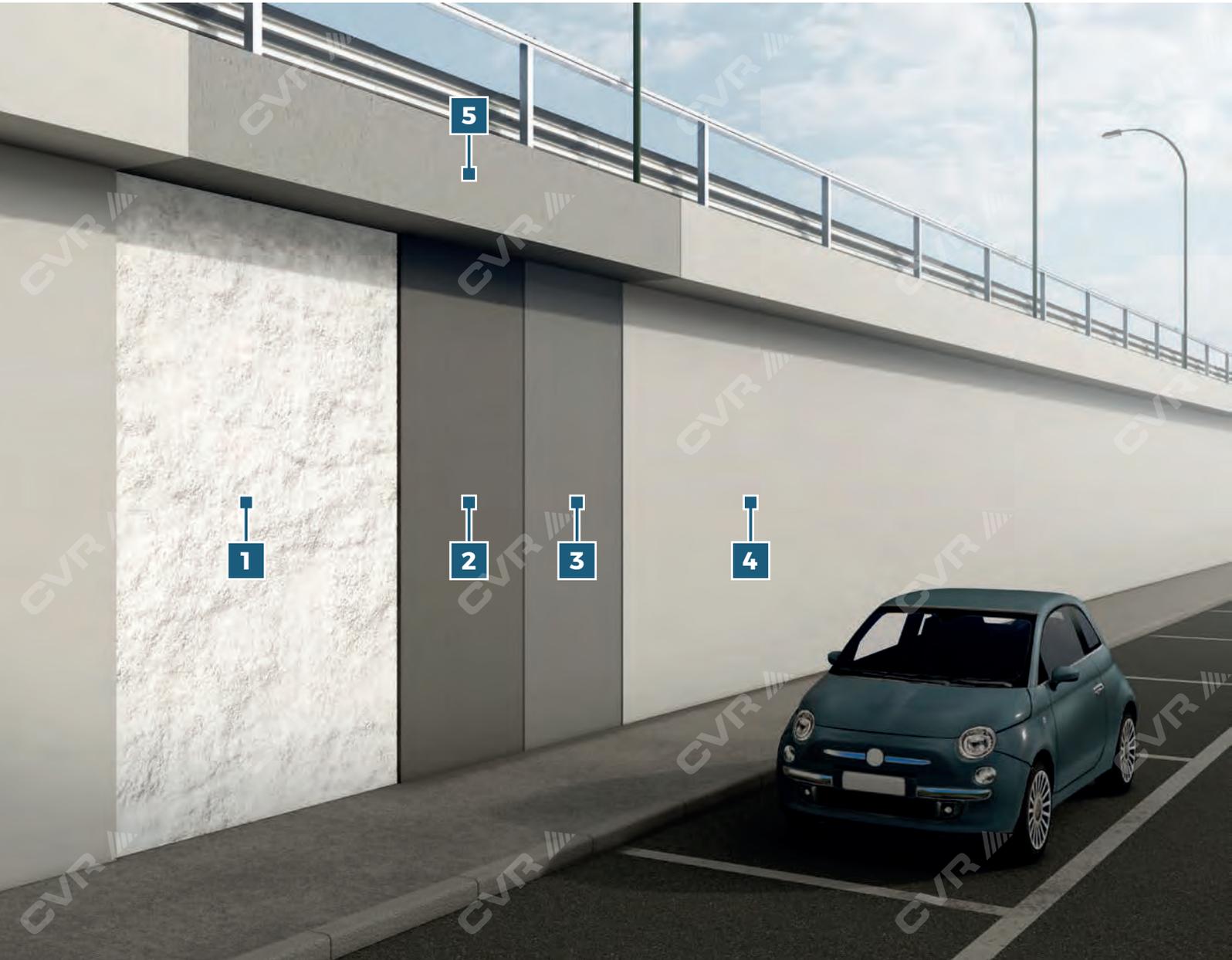


12

CICLO APPLICATIVO

- ▶ Demolizione della pavimentazione e creazione di un profilo di ruvidità accentuato (*vedi paragrafo 7.2 punto 1*)
- ▶ Rimozione delle parti ossidate dai ferri di armatura, pulizia e saturazione dei supporti (*vedi paragrafo 7.2 punto 1*)
- ▶ Applicazione sulle barre di armatura di **FERROSAN 1K** in due mani, per uno spessore di 3 mm (*vedi paragrafo 7.2 punto 2*)
- ▶ Posizionamento della nuova rete elettrosaldata in acciaio, realizzazione e pulizia dei fori per l'alloggio dei connettori in acciaio (*vedi paragrafo 7.2 punto 3*)
- ▶ Inghisaggio dei connettori nei fori con **BCR 400 V PLUS**, attendendo almeno 45÷60 minuti di maturazione in condizioni ambientali favorevoli per un completo indurimento, prima della messa in quota della rete (*vedi paragrafo 7.2 punto 3*)
- ▶ Ricostruzione del calcestruzzo e ripristino di eventuali pendenze con **SUPERGROUT colabile** con aggiunta di un 30% di ghiaio 5÷12 mm all'impasto, applicato per colaggio a tutto spessore in un unico getto fino a 100 mm. Lasciare la superficie di attesa sufficientemente ruvida e irregolare per migliorare l'adesione con i nuovi getti. Attendere almeno 7 giorni di maturazione prima di realizzare i giunti (*vedi paragrafo 7.2 punto 4*)
- ▶ Realizzazione dei giunti di frazionamento attraverso un'incisione leggera di larghezza 8÷10 mm e profondità pari a 1/3 dello spessore della malta da ripristino, prestando comunque attenzione a non tagliare la nuova rete e descrivendo delle superfici regolari e compatte di non oltre 10 mq se in esterno, e di non oltre 25 mq se in interno
- ▶ Rasatura di regolarizzazione con funzioni protettive ed estetiche per il recupero di eventuali difformità superficiali, con **KONCRETO 40**, applicato in due mani ad incrociare e finito con frattazzo, per uno spessore compreso tra 3 e 5 mm in un'unica mano, attendendo almeno 1÷2 ore tra le due, e uno spessore finale non superiore a 5÷6 mm. Assicurare ovunque uno spessore finale di almeno 3 mm per garantire la protezione della superficie del calcestruzzo ed evitare l'applicazione sopra i giunti precedentemente realizzati (*vedi paragrafo 7.2 punto 5*)
- ▶ (*Opzionale*) Per specifici interventi che richiedano un aumento della durezza superficiale e della resistenza all'abrasione, oltre che un'ulteriore protezione dagli agenti aggressivi ad esempio in ambienti industriali, dopo almeno 24 ore dall'applicazione di KONCRETO 40 sarà possibile utilizzare **EPOXY AD**, diluito in soluzione con 40% di acqua pulita e applicato a rullo o pennello in due mani a distanza di almeno 4 ore. Per particolari interventi che richiedano un incremento del coefficiente di attrito superficiale sarà possibile aggiungere alla soluzione una semina di quarzo a rifiuto. Attendere almeno 7 giorni per un completo indurimento in condizioni ambientali favorevoli (*vedi paragrafo 7.2 punto 5*)
- ▶ Posizionamento nell'incavo dei giunti di un cordone di riempimento in schiuma polietilenica, a sezione circolare, di diametro leggermente superiore alla larghezza del giunto
- ▶ Sigillatura dei giunti di frazionamento con **SIGILLANTE POLIURETANICO**, applicato con pistola e spatola, e con tempi di indurimento di circa 2÷3 ore in condizioni ambientali favorevoli

9. RIPRISTINO CORTICALE DI UN MURO ANDATORE LIEVEMENTE DEGRADATO



ELEMENTI COSTITUTIVI

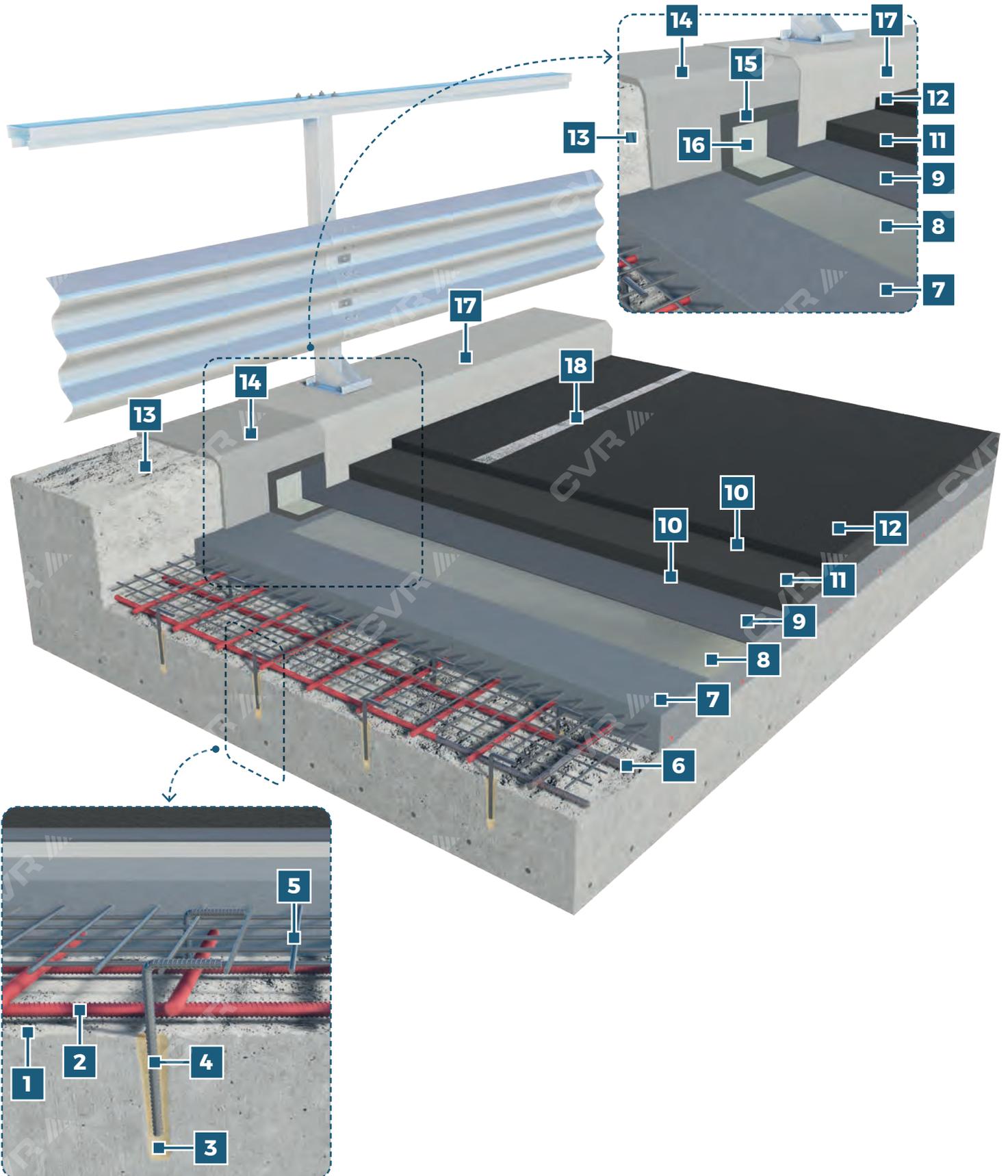
- 1 Muro andatore in c.a. scarificato
- 2 **SUPERGROUT compact** (o **SUPERGROUT compact fast**)
- 3 **OSMOTIC**
- 4 **LAVELAST**
- 5 Cordolo in c.a.



CICLO APPLICATIVO

- ▶ Demolizione corticale del muro andatore e creazione di un profilo di ruvidità accentuato (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Idrosabbatura a pressione del cordolo per rimuovere le impurità superficiali (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Pulizia e saturazione di tutti i supporti (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Ripristino corticale del solo muro andatore con **SUPERGROUT compact** (o **SUPERGROUT compact fast**), applicato a mano o a macchina, per spessori compresi tra 3 e 40 mm in un'unica mano, e fino a 80 mm in due mani a distanza di almeno 4÷8 ore. Lasciare la superficie di attesa sufficientemente ruvida e irregolare per migliorare l'adesione con i nuovi getti. Attendere almeno 6÷12 ore prima dell'applicazione della rasatura (vedi paragrafo 7.2 punto 4)
- ▶ Rasatura di regolarizzazione e protezione della superficie del muro andatore con **OSMOTIC**, applicato in sovrapposizione a SUPERGROUT compact in due mani ad incrociare e finito con frattazzo, per uno spessore compreso tra 2 e 3 mm in un'unica mano, attendendo almeno 24÷48 ore tra le due. Assicurare uno spessore finale non superiore a 6 mm (vedi paragrafo 7.2 punto 5)
- ▶ Attese almeno 72 ore, tinteggiatura delle superfici sia del muro andatore sia del cordolo con **LAVELAST** applicato a rullo o pennello, in due mani opportunamente diluite con acqua, a distanza di 24 ore tra le due (vedi paragrafo 7.2 punto 5)

10. RINFORZO DELL'ESTRADOSSO DELLA SOLETTA E RIPRISTINO CORTICALE DEL CORDOLO DI UN VIADOTTO STRADALE



ELEMENTI COSTITUTIVI

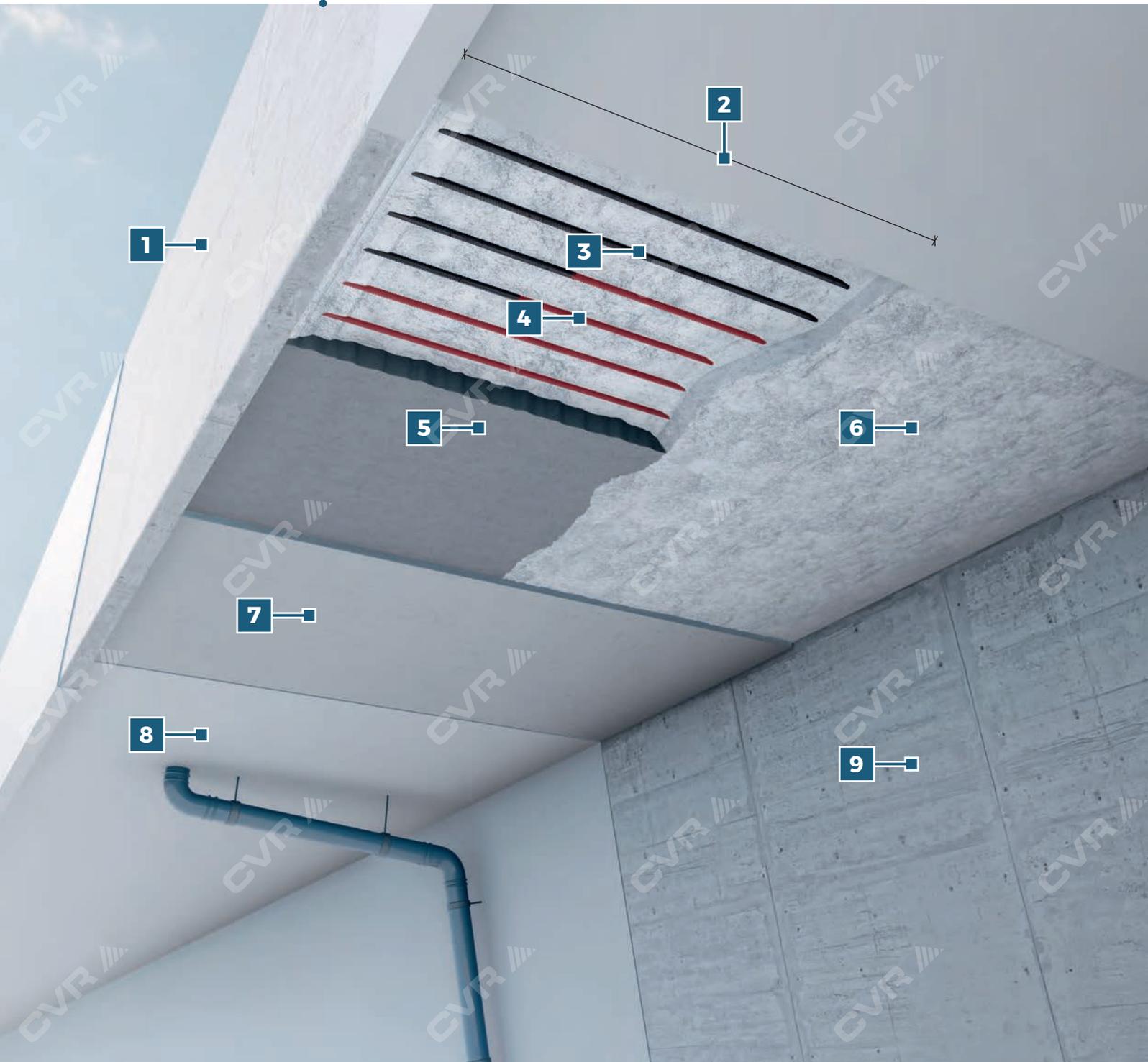
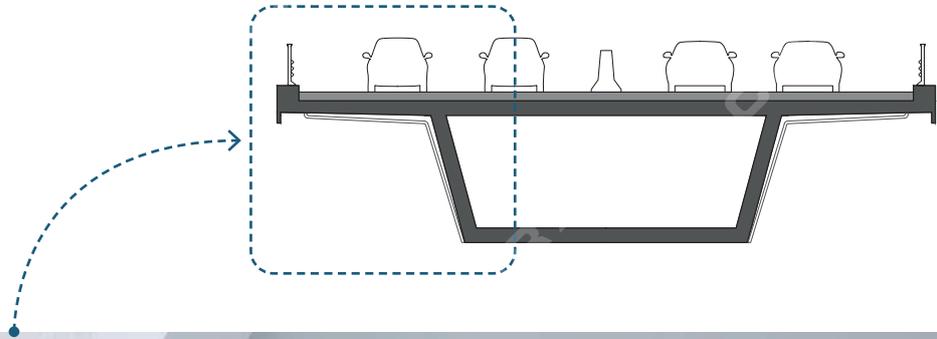
- | | | | |
|----------|---|-----------|--|
| 1 | Soletta in c.a. idrodemolita | 10 | Mano d'attacco in emulsione bituminosa |
| 2 | FERROSAN 1K | 11 | Binder |
| 3 | BCR 400 V PLUS | 12 | Tappeto d'usura |
| 4 | Connettori a L in acciaio | 13 | Cordolo in c.a. scarificato |
| 5 | Rete elettrosaldata in acciaio | 14 | SUPERGROUT tixotropico R4 |
| 6 | Armatura esistente della soletta | 15 | POLIBIT P600 |
| 7 | SUPERGROUT colabile | 16 | GIUNTOFLEX PP |
| 8 | EPOXY AD | 17 | GUAINAFLEX (o SYLASTIC) |
| 9 | POLIBIT PB2000 + tessuto non tessuto | 18 | Segnaletica orizzontale |



CICLO APPLICATIVO

- ▶ Fresatura della pavimentazione esistente
- ▶ Idrodemolizione pesante della soletta, scarifica del cordolo e creazione di un profilo di ruvidità accentuato (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Rimozione delle parti ossidate dai ferri di armatura della soletta, pulizia e saturazione dei supporti (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Applicazione sulle barre di armatura della soletta di **FERROSAN 1K** in due mani, per uno spessore di 3 mm (vedi paragrafo 7.2 punto 2)
- ▶ Posizionamento della nuova rete elettrosaldata, realizzazione e pulizia dei fori per l'alloggio dei connettori (vedi paragrafo 7.2 punto 3)
- ▶ Inghisaggio dei connettori nei fori con **BCR 400 V PLUS**, attendendo almeno 45÷60 minuti di maturazione in condizioni ambientali favorevoli per un completo indurimento, prima della messa in quota della rete elettrosaldata (vedi paragrafo 7.2 punto 3)
- ▶ Ricostruzione della soletta con **SUPERGROUT colabile** applicato per colaggio, per spessori da 10 a 50 mm in un'unica mano e non superiori a 80 mm in più mani. Sarà possibile incrementare gli spessori aggiungendo un 30% di ghiaietto 5-12 mm all'impasto. Attendere almeno 7 giorni di maturazione prima delle lavorazioni successive (vedi paragrafo 7.2 punto 4)
- ▶ Ripristino del cordolo con **SUPERGROUT tixotropico R4** per spessori compresi tra 10 e 40 mm in un'unica mano. Attendere almeno 7 giorni di maturazione prima delle lavorazioni successive (vedi paragrafo 7.2 punto 4)
- ▶ Incollaggio lungo l'intersezione tra la soletta e il cordolo della bandella **GIUNTOFLEX PP** mediante applicazione con pennello o spatola inox di **POLIBIT P600**, in un'unica mano per 1 mm di spessore. L'incollaggio avverrà senza tempi di attesa assicurandosi che i supporti di cordolo e soletta siano perfettamente asciutti e puliti
- ▶ Applicazione di **EPOXY AD** come primer sulla soletta con rullo o pennello, in due mani a distanza di almeno 4 ore
- ▶ Dopo non più di 24 ore, impermeabilizzazione della soletta e della bandella con **POLIBIT PB2000** + TNT in poliestere in due mani a distanza di almeno 6÷24 ore, per spessori compresi tra 1,5 e 3 mm per mano e uno spessore complessivo di almeno 5 mm
- ▶ Protezione del cordolo e della parte verticale della bandella, in sovrapposizione al POLIBIT PB2000, con **GUAINAFLEX (o SYLASTIC)** a rullo o a spruzzo, in due mani ad incrociare a distanza di 12÷24 ore e spessori di 2 mm ciascuna, per uno spessore complessivo non superiore a 4 mm (vedi paragrafo 7.2 punto 5)
- ▶ Prima mano d'attacco in emulsione bituminosa e stesa del binder
- ▶ Seconda mano d'attacco in emulsione bituminosa e stesa tappeto d'usura
- ▶ Realizzazione nuova segnaletica orizzontale

11. RIPRISTINO CORTICALE DELL'INTRADOSSO DI UN IMPALCATO STRADALE



ELEMENTI COSTITUTIVI

- | | |
|---|---|
| <p>1 Veletta prefabbricata in c.a.</p> <p>2 Demolizione profonda dello sbalzo</p> <p>3 Armatura esistente scoperta</p> <p>4 FERROSAN 1K</p> <p>5 SUPERGROUT tixotropico R4</p> | <p>6 Bocciardatura leggera dello sbalzo</p> <p>7 SUPERGROUT compact (o SUPERGROUT compact fast)</p> <p>8 GUAINAFLEX</p> <p>9 Trave a cassone</p> |
|---|---|



CICLO APPLICATIVO

- ▶ Idrodemolizione profonda della zona più ammalorata dello sbalzo e creazione di un profilo di ruvidità accentuato (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Bocciardatura manuale della parte rimanente dello sbalzo e creazione di un profilo di ruvidità accentuato (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Idrosabbatura a pressione delle zone non demolite come la veletta e la trave a cassone, per rimuovere le impurità superficiali (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Rimozione delle parti ossidate dai ferri di armatura scoperti (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Pulizia e saturazione di tutti i supporti (vedi paragrafo 7.2 punto 1)
- ▶ Applicazione sulle barre di armatura di **FERROSAN 1K** in due mani, per uno spessore di 3 mm (vedi paragrafo 7.2 punto 2)
- ▶ Ripristino corticale profondo della parte più ammalorata dello sbalzo con **SUPERGROUT tixotropico R4** per spessori compresi tra 10 e 40 mm in un'unica mano, e non superiori a 100 mm in mani successive a distanza di 24÷48 ore. Portare il ripristino ad una quota tale da poter garantire uniformità con gli spessori della parte bocciardata e lasciare la superficie di attesa sufficientemente ruvida e irregolare per migliorare l'adesione con i nuovi getti. Attendere almeno 7 giorni di maturazione prima delle lavorazioni successive (vedi paragrafo 7.2 punto 4)
- ▶ Ripristino corticale a spessore sottile di tutto lo sbalzo con **SUPERGROUT compact** (o **SUPERGROUT compact fast**), anche con funzioni di rasatura regolarizzante, coinvolgendo sia la porzione bocciardata dello sbalzo, sia la parte precedentemente ripristinata con SUPERGROUT tixotropico R4. Il prodotto sarà applicato a mano o a macchina, per spessori compresi tra 3 e 40 mm in un'unica mano. Raggiunta un'adeguata maturazione finire la superficie con frattazzo in spugna o plastica. Attendere almeno 24÷48 ore prima dell'applicazione del rivestimento (vedi paragrafo 7.2 punto 4)
- ▶ Rivestimento protettivo superficiale di tutto il perimetro dell'intervento con **GUAINAFLEX**, applicato a rullo o pennello, in due mani ad incrociare a distanza di 12÷24 ore e spessori di 2 mm ciascuna, per uno spessore complessivo non superiore a 4 mm (vedi paragrafo 7.2 punto 5)



CVR S.p.A.
Zona Industriale Padule
06024 Gubbio (PG) / ITALY
tel. +39 075 92974
info@cvr.it
www.cvr-italy.com

