

## Impiego di betoncini premiscelati e calcestruzzi speciali per il consolidamento ed il rinforzo di strutture ed infrastrutture esistenti in c.a.

Davide Orbolato, Sergio Belluco, Agostino Cadorin, Felice M. Liberatore | **GENERAL ADMIXTURES S.p.A.**

### Betoncini Strutturali (UNI EN 1504-3) per il ripristino e consolidamento di strutture esistenti in c.a.

Quando ci si trova ad intervenire su una struttura esistente in calcestruzzo armato, i principali scenari che si presentano possono essere, generalmente, i seguenti:

- a. La struttura esistente presenta, a causa del degrado per azione ambientale, una certa condizione di ammaloramento evidenziata da fessurazioni/distacchi di porzioni di copriferro (nel caso di degrado superficiale) e dalla corrosione delle barre di armatura.
- b. La struttura si presenta, dal punto di vista della conservazione dei materiali, sostanzialmente in buone condizioni, tuttavia essa non è più in grado di rispondere alle azioni di esercizio (statiche e sismiche) con i necessari margini di sicurezza previsti dalle norme tecniche vigenti.

In entrambi i casi si ha l'esigenza di dover intervenire sulla struttura esistente andando ad utilizzare materiali "nuovi" che siano in grado di rispondere ad una serie di esigenze specifiche, quali:

- Capacità di essere posti in opera in **spessori contenuti** (5÷10 cm), o in spazi spesso congestionati da un notevole numero di armature integrative;
- **Elevata adesione ai supporti** esistenti, in modo da conseguire la totale monoliticità delle sezioni resistenti;
- Nel caso particolare dei consolidamenti e rinforzi, **elevate prestazioni meccaniche** capaci di contribuire, con spessori applicativi limitati, alla capacità resistente globale della struttura;
- Capacità di **compensare la contrazione da ritiro**: infatti, se non correttamente gestita, la contrazione relativa del nuovo materiale rispetto a quello esistente (ormai stabile dal punto di vista dimensionale) può essere fonte di distacco in corrispondenza dell'interfaccia di ripristino, pregiudicando l'efficacia dell'intervento;
- **Elevata durabilità** nei confronti degli agenti aggressivi: gli interventi di ripristino/rinforzo sono per forza di cose "corticali" e pertanto i nuovi interventi assumo il ruolo di "scudo" nei confronti delle aggressioni ambientali.
- **Praticità di gestione**: spesso le attività di ripristino e/o rinforzo strutturale si svolgono in cantieri dalla ridotta "libertà logistica", nei quali bisogna quotidianamente conciliare gli interventi con una serie di "interferenze" quali la concomitante presenza di attività nelle vicinanze, impossibilità di accesso con automezzi (si pensi agli interventi all'interno di edifici metropolitani), difficoltà di approvvigionamento per indisponibilità di fornitori nelle vicinanze (si pensi ad interventi su infrastrutture), ecc...
- **Facilità di posa in opera**: è necessario poter disporre di un materiale che sia molto fluido e scorrevole ma al tempo stesso esente da segregazione. Inoltre, per consentire una ottimale gestione degli spazi di cantiere, frequentemente è necessario avere un materiale **pompabile**, in modo da poter raggiungere facilmente elevate altezze o distanze.

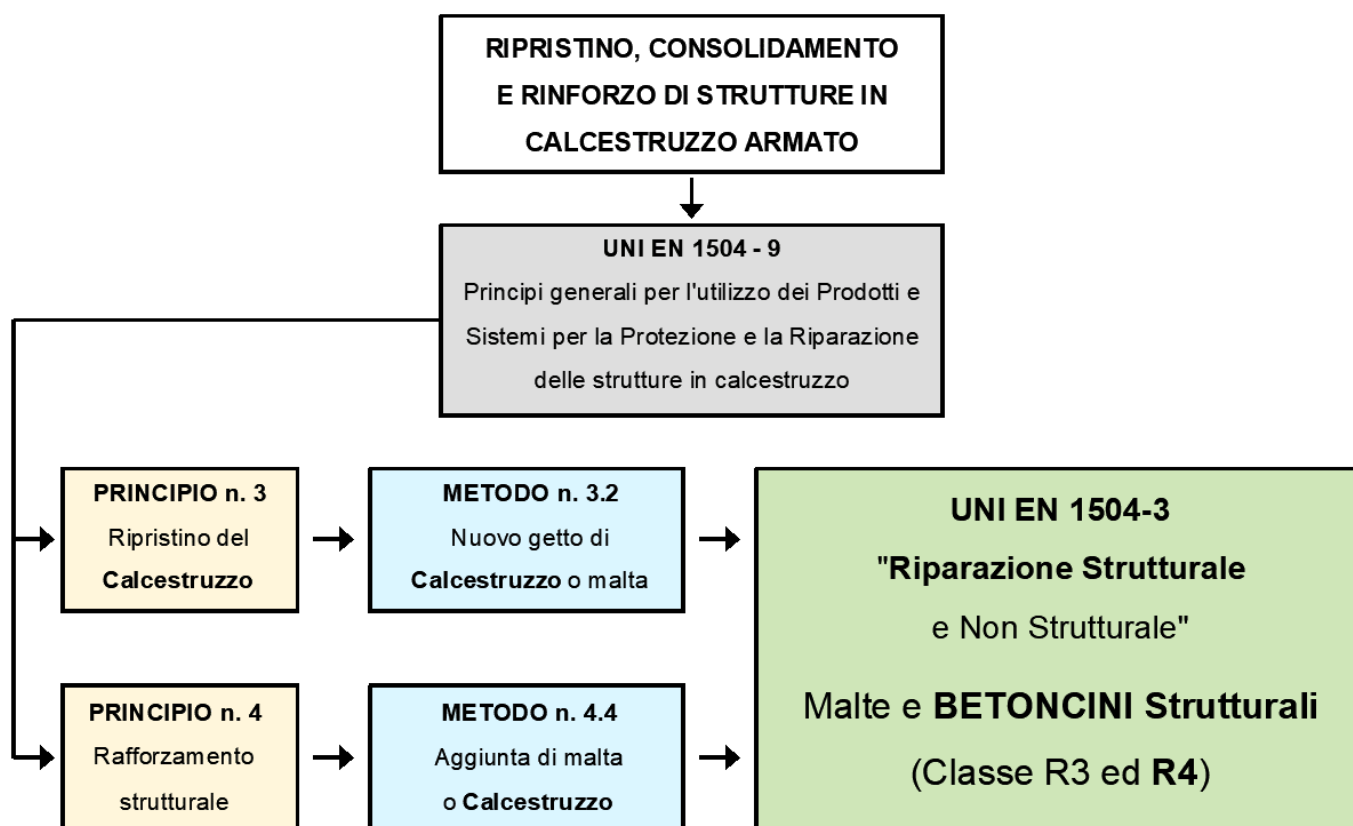
Come noto, nell'ambito degli interventi di protezione e riparazione delle strutture esistenti in calcestruzzo armato, la serie di norme **UNI EN 1504** rappresentano un utile riferimento operativo per tutte le Figure coinvolte nel settore dei ripristini e rinforzi strutturali.

La UNI EN 1504-9 definisce, ad esempio, una metodologia utile al Progettista per approcciare in maniera razionale ad un intervento su una struttura esistente, dalla conoscenza del manufatto alla scelta delle tecniche e dei materiali più adeguati.

In particolare, vengono proposti una serie di *"Principi"*, ovvero di possibili azioni che se ottenute consentono di conseguire, in tutto o in parte, l'obiettivo prefissato della protezione e riparazione strutturale. Per ciascuno di tali *"Principi"*, la stessa norma propone una serie di *"Metodi"*, ovvero di modalità di intervento, utili a concretizzare il relativo Principio.

Restando nel contesto dei calcestruzzi speciali per ripristini e consolidamenti strutturali, la UNI EN 1504-9 definisce, tra gli altri, il Principio N. 3 *"Ripristino del calcestruzzo"* ed il Principio N.4 *"Rafforzamento strutturale"* per i quali, tra i diversi Metodi operativi, vengono proposti rispettivamente il Metodo 3.2 *"Nuovo getto di calcestruzzo o malta"* ed il Metodo 4.4 *"Aggiunta di malta o calcestruzzo"*.

Per entrambi i Metodi ora richiamati, sempre la UNI EN 1504-9 rimanda, per la scelta del Prodotto da utilizzare, alla UNI EN 1504-3, ovvero a quella parte della norma che si occupa di *"Riparazione strutturale e non strutturale"* e che regola le Malte premiscelate destinate ad impieghi strutturali (Classi R3 ed R4) ed impieghi non strutturali (Classi R1 ed R2).



**Figura 1** – I Principi n.3 e n.4 previsti dalla UNI EN 1504-9 rimandano, tra gli altri, a Metodi che comportano l'impiego di Calcestruzzi o Malte regolamentate dalla Norma di Prodotto UNI EN 1504-3.

Per gli impieghi di cui al presente articolo, ovvero per gli interventi di consolidamento e rinforzo strutturale, risultano particolarmente adatti i premiscelati a base cementizia con diametro massimo dell'aggregato inferiore o uguale a 10 mm, comunemente identificati con il termine **"betoncini"**. Si tratta di Prodotti a base cementizia caratterizzati da un aggregato con diametro massimo di 8÷10 mm, con reologia fluida e classe di resistenza R4, ovvero con una resistenza media a compressione certificata di almeno 45 MPa a 28 giorni. La linea dei prodotti **STRUCTURE** di General Admixtures contempla tre tipologie di betoncino premiscelato strutturale (Figura 2), caratterizzati da eccellente scorrevolezza, coesione e estrema facilità nel pompaggio.



**Figura 2** – Sono disponibili sul mercato Prodotti premiscelati e Certificati UNI EN 1504-3 che per il ridotto valore del diametro massimo dell'aggregato, sono denominati "betoncini". Essi sono specifici per impieghi strutturali, essendo disponibili nella Classe di Resistenza (massima) R4.

Uno spaccato delle principali caratteristiche dei tre prodotti è riportato in Tabella 1.

**Tabella 1** – Principali caratteristiche dei betoncini premiscelati della Linea **STRUCTURE**

| PRODOTTO<br>(Marcatura CE)                  | DESCRIZIONE                                                                                                                                                                                 | $\phi_{\text{max,aggregato}}$<br>[mm] | Consistenza<br>[Classe] | Resistenza a compressione<br>[MPa] |      |      | Adesione al supporto<br>[MPa] |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|------|------|-------------------------------|
|                                             |                                                                                                                                                                                             |                                       |                         | 1g                                 | 7gg  | 28gg |                               |
| <b>STRUCTURE BF4</b><br>(UNI EN 1504-3)     | Betoncino reoplastico colabile, monocomponente, espansivo all'aria, ad elevate resistenze meccaniche ed additivato con fibre sintetiche in poliacrilonitrile                                | 8                                     | S5                      | ≥ 30                               | ≥ 55 | ≥ 70 | ≥ 2,0                         |
| <b>STRUCTURE BF4-B</b><br>(UNI EN 1504-3)   | Betoncino reoplastico colabile, monocomponente, espansivo all'aria, ad elevate resistenze meccaniche ed additivato con fibre sintetiche in poliacrilonitrile                                | 10                                    | S5                      | ≥ 30                               | ≥ 60 | ≥ 70 | ≥ 2,0                         |
| <b>STRUCTURE BF4-SFR</b><br>(UNI EN 1504-3) | Betoncino reoplastico colabile, monocomponente, espansivo all'aria, ad elevate resistenze meccaniche a compressione e trazione ed elevata duttilità. Additivato con fibre rigide in acciaio | 8                                     | S5                      | ≥ 30                               | ≥ 50 | ≥ 70 | ≥ 2,0                         |

L'impiego di questa tipologia di conglomerati nell'ambito degli interventi di rinforzo semplifica notevolmente l'organizzazione e la logistica del cantiere. Il materiale può essere facilmente stoccato in situ (Figura 3a), e confezionato mediante betoniera di adeguato volume (Figura 3b) o, meglio, mediante miscelatore ad asse verticale (Figura 3c). Quest'ultimo, se disponibile, favorisce una miscelazione più efficace dei Prodotti, con riduzione dei tempi di miscelazione e del contenuto di acqua.



**Figura 3** – I betoncini premiscelati (UNI EN 1504-3) semplificano la logistica di cantiere, potendo essere stoccati direttamente in situ e confezionati con betoniera o mescolatore planetario nel momento in cui è prevista la posa in opera.

A titolo di esempio, in Figura 4 si riporta una immagine che esplicita chiaramente l’elevata lavorabilità che caratterizza questi betoncini.



**Figura 4** – Prova di spandimento sul betoncino **STRUCTURE BF4-B**

Per cantieri più grandi, nei quali il quantitativo di materiale da mettere in opera risulta notevole, il betoncino premiscelato potrà essere disponibile anche in “big bags” e potrà essere confezionato sul posto utilizzando una tradizionale autobetoniera (Figura 5). La soluzione di Figura 5 risolve il problema della indisponibilità di centrali di betonaggio nei pressi dell’area di cantiere o, in caso di disponibilità, l’impossibilità per detta centrale di realizzare specifiche miscele ad elevate prestazioni. Inoltre, la possibilità di confezionare il materiale in loco evita il problema del trasporto del calcestruzzo, con tutti gli inconvenienti ad esso correlati: costi, mantenimento di lavorabilità, imprevisti legati al traffico.



**Figura 5** – La soluzione dei betoncini premiscelati (UNI EN 1504-3) può risultare estremamente vantaggiosa anche in particolari cantieri infrastrutturali nei quali l’approvvigionamento di calcestruzzo risulta complesso. L’impiego di big-bags consente di confezionare il materiale all’interno di un’autobetoniera fissa in cantiere.

Sia che si utilizzino confezioni in sacchi o big bags, seguendo le indicazioni di preparazione riportate nelle schede tecniche sarà semplice preparare il materiale ed applicarlo in opera per colaggio, o direttamente a terra se l'applicazione avviene su una superficie orizzontale (es. Figura 6a: ripristino/rinforzo della soletta di un solaio, Figura 6b: ripristino di una soletta da ponte) o all'interno di cassetture pre-allestite (es. Figura 6c: incamiciatura di pilastri in c.a.).



**Figura 6** – La posa in opera dei betoncini premiscelati (UNI EN 1504-3) risulta estremamente agevole, sia per getti su superfici orizzontali (a, b) che per getti entro cassero.

La validità di questa tipologia di Materiali, utilizzati in sostituzione del tradizionale calcestruzzo, è testimoniata dal loro recepimento all'interno dei Capitolati Infrastrutturali di grandi realtà come ANAS ed RFI.

Ad esempio, ANAS prevede, per interventi di risanamento con spessori da 60 a 100 mm (associati a quello che viene definito “degrado profondo”), l'impiego di “Calcestruzzi predosati marcati CE”, riferendosi con tale definizione a calcestruzzi premiscelati espansivi dotati della Marcature CE secondo UNI EN 1504-3.

Il Capitolato RFI, coerentemente con quanto previsto da ANAS, prevede l'impiego di questi “betoncini” dotati di Marcatura CE (UNI EN 1504-3) per interventi di spessore 50÷100 mm da realizzate mediante colaggio o incamiciatura.

### **Calcestruzzi confezionati con leganti speciali**

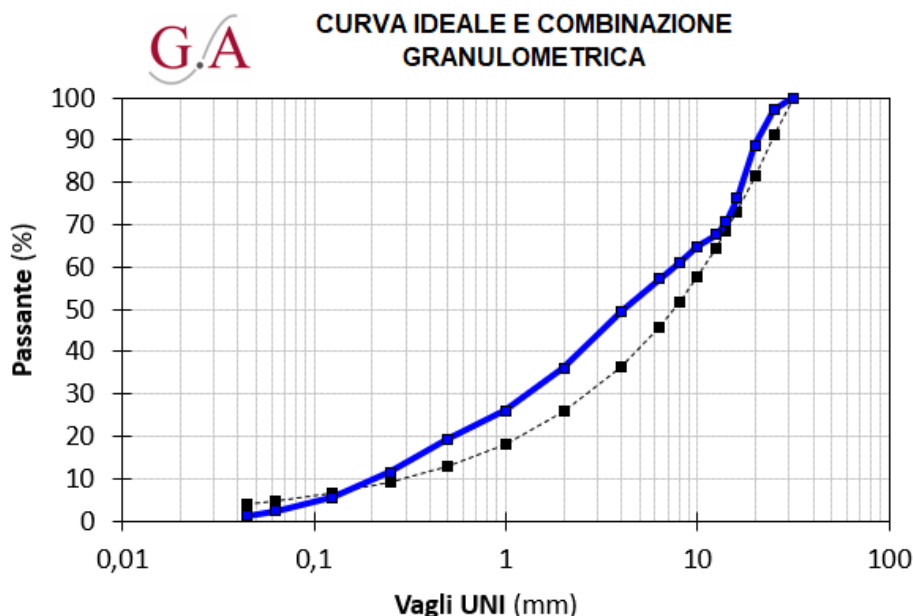
Una ulteriore tipologia di “conglomerato” alternativo al tradizionale calcestruzzo preconfezionato è quella dei Calcestruzzi a prestazione garantita confezionati con Leganti Speciali, alternativi al cemento Portland. Parliamo di leganti che, a loro volta, sono Prodotti premiscelati (Marcati CE secondo UNI EN 1504-3) che nella loro formulazione prevedono la presenza, oltre che del cemento Portland, di tutta una serie di Aggiunte Speciali come pozzolane (fumi di silice, ceneri volanti), agenti espansivi ed additivi (superfluidificanti e riduttori di ritiro SRA). Grazie ad essi è possibile studiare e confezionare miscele di calcestruzzo con reologie molto fluide, espansive (per compensare la contrazione da ritiro), ad elevate prestazioni e, se richiesto, fibrorinforzate con fibre rigide (generalmente in acciaio) utili a conferire al materiale una notevole tenacità e duttilità.

Ricollegandoci al capitolato ANAS prima richiamato, l'impiego di questa tipologia di conglomerati è previsto nel caso di “Degrado molto profondo”, ovvero nel caso di interventi con spessori applicativi superiori ai 100 mm.

Detti leganti speciali (come lo **STRUCTURE FLOW** e lo **STRUCTURE FLOW SCC** di General Admixtures) vengono miscelati solo con aggregati di opportuna curva granulometrica e con

acqua, non essendo prevista l'introduzione separata degli additivi in quanto già presenti nella formulazione del legante stesso.

In Figura 7 un esempio di curva granulometrica studiata ed utilizzata nell'ambito di un lavoro infrastrutturale (ripristino della soletta di un viadotto in c.a.).



**Figura 7** – Un esempio di Curva granulometrica studiata per la componente lapidea da inserire in un Calcestruzzo Speciale confezionato con leganti premiscelati della Linea **STRUCTURE FLOW** (linea blu spessa) e relativo confronto con una curva granulometrica ideale.

A seconda delle specifiche richieste previste nel Capitolato si potrà “modulare” la formulazione della miscela andando a garantire tutte le prestazioni previste in progetto. Ad esempio, pur potendo calibrare la maggiore o minore fluidità dell'impasto in funzione delle esigenze, generalmente (vedi capitolati ANAS), viene richiesta una lavorabilità piuttosto elevata, tipicamente associata alla classe di consistenza S5 (UNI EN 12350-2). In realtà, per classificare la reologia di questi calcestruzzi speciali sarebbe più opportuno fare riferimento al metodo di prova regolamentato dalla UNI EN 12350-8 “Prova di spandimento e del tempo di spandimento” (Figura 8). In Figura 8 una prova di spandimento effettuata (con la variante del cono di Abrams utilizzato al contrario) su calcestruzzo confezionato con legante **STRUCTURE FLOW SCC**.



**Figura 8** – Calcestruzzi speciali realizzati con i leganti della linea **STRUCTURE FLOW** consentono di realizzare in maniera estremamente semplice miscele molto performanti dal punto di vista reologico (SCC), particolarmente adeguate negli interventi di rinforzo di strutture esistenti.

A titolo di esempio viene riportato a seguire un sunto dello studio di una miscela di calcestruzzo destinata al ripristino strutturale di alcuni elementi strutturali (pile e pulvini) facenti parte di un viadotto stradale.

Le prescrizioni progettuali in merito alla miscela erano:

- Calcestruzzo “reodinamico” (autocompattante) espansivo;
- Classe di resistenza a 28 giorni: C50/60
- Classe di consistenza: SF2 (UNI EN 12350-8)
- Diametro massimo dell’aggregato: 8 mm
- Classe di esposizione: XC4+XD3

Alla luce delle difficoltà di individuare una vicina centrale di betonaggio che potesse realizzare una miscela rispondente alle prescrizioni, è stato deciso di ricorrere all’impiego del legante **STRUCTURE FLOW SCC** con il quale confezionare, direttamente a piè d’opera, il calcestruzzo da utilizzare nell’intervento. Oltre al legante ora richiamato, in ottemperanza alle prescrizioni, è stato previsto l’impiego di un aggregato avente diametro masso di 8 mm.

In Tabella 2 si riporta il dettaglio della miscela realizzata:

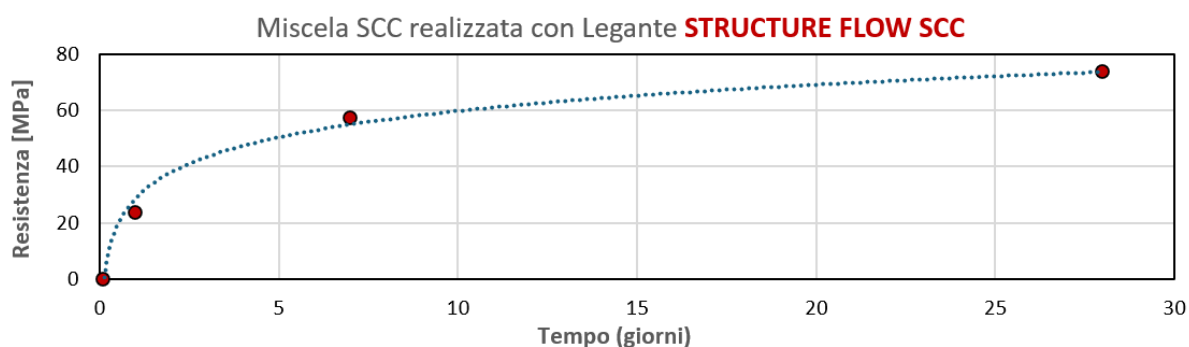
**Tabella 2** – Ricetta (s.s.a.) di miscela SCC per il ripristino di pile e pulvini di un viadotto stradale

| Elemento       | Descrizione                                          | Quantità (kg/m <sup>3</sup> ) |
|----------------|------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Legante        | Legante Speciale espansivo <b>STRUCTURE FLOW SCC</b> | 400                           |
| Aggregato      | Misto 0-8                                            | 1870                          |
| Acqua (s.s.a.) | Acqua (conforme UNI EN 1008)                         | 172                           |
| a/leg          | Rapporto Acqua / Legante                             | 0,43                          |

In Tabella 3 si riportano infine le principali prestazioni ottenute, mentre in Figura 9 la rappresentazione grafica dello sviluppo delle resistenze a compressione.

**Tabella 3** – Prestazioni relative alla miscela di cui alla precedente Tabella 2

| Proprietà / Prestazione   | Norma di Riferimento | Valore                 |
|---------------------------|----------------------|------------------------|
| Consistenza               | UNI EN 12350-8       | 700 mm                 |
| Massa volumica del fresco | UNI EN 12350-6       | 2436 kg/m <sup>3</sup> |
| Resistenze a compressione |                      |                        |
| 1 giorno                  | UNI EN 12390-3       | 23,8 MPa               |
| 7 giorni                  |                      | 57,4 MPa               |
| 28 giorni                 |                      | 73,8 MPa               |



**Figura 9** – Sviluppo di resistenza del Calcestruzzo Speciale di cui alle Tabelle 2 e 3