



**I CALCESTRUZZI A RITIRO
CONTROLLATO E
COMPENSATO**



COLABETON 



I **calcestruzzi a ritiro controllato e quelli a ritiro compensato** (quest'ultimi identificati anche come espansivi) rappresentano, al momento, i conglomerati a maggior contenuto tecnologico nell'ambito della tecnologia dei materiali da costruzione a base cementizia. In particolare:

- i **calcestruzzi a ritiro controllato** vengono confezionati impiegando, unitamente ai tradizionali ingredienti (acqua, cemento, additivi riduttori di acqua, sabbia e aggregati grossi), degli **specifici agenti riduttori del ritiro (Shrinkage Reducing Admixture: SRA) a base di glicoli etilenici** aggiunti all'impasto al momento del confezionamento in misura dell'1-2% rispetto alla massa del cemento;

- i **calcestruzzi a ritiro compensato o espansivi**, impiegano, a fianco dei tradizionali componenti, un **agente espansivo** – in misura di circa **18-25 kg/m³** - capace di espandere in fase di indurimento per effetto di una reazione chimica con l'acqua di impasto;

- i **calcestruzzi a ritiro controllato e compensato** sfruttano l'effetto sinergico derivante dall'utilizzo combinato di **SRA ed agenti espansivi**.



I CALCESTRUZZI A RITIRO CONTROLLATO

Gli **additivi riduttori del ritiro a base di glicoli etilenici** sono in grado, attraverso una diminuzione della tensione superficiale dell'acqua contenuta all'interno dei pori, di determinare una **drastica riduzione del ritiro idraulico (fino all'incirca al 65%)** rispetto ad un analogo conglomerato di pari rapporto a/c e i/c. Il dosaggio dell'additivo varia all'incirca tra l'1 e il 2% della massa di cemento e viene modulato in relazione alla **riduzione del ritiro che si vuole conseguire**. Dosaggi superiori ai valori sopramenzionati sono cautelativamente da escludere, in quanto le sostanze a base di glicole etilenico possono determinare, come effetto collaterale, una riduzione del grado di idratazione del cemento e, di conseguenza, penalizzare le prestazioni elasto-meccaniche rispetto a un calcestruzzo non



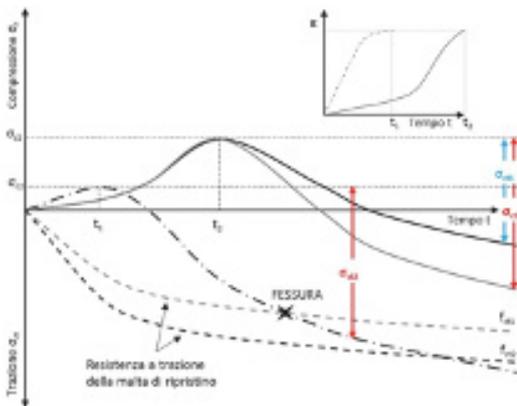
additivato. Grazie alla riduzione del ritiro idraulico derivante dall'impiego degli SRA, i calcestruzzi a ritiro controllato risultano particolarmente indicati per quelle strutture che presentano un elevato rapporto tra superficie esposta all'aria e volume. Rientrano in questa categoria le **pavimentazioni industriali sia poggianti su terreno che su solaio, le cappe di completamento dei solai latero-cemento, ma anche quelle realizzate a completamento dei solai prefabbricati e le solette da ponte**. Per le pavimentazioni industriali, l'utilizzo del calcestruzzo a ritiro controllato consente di **aumentare la distanza tra i giunti di contrazione** la cui realizzazione, pertanto, risulta più economica. Nel caso si volesse lasciare invariata la distanza tra i giunti, rispetto a quella di un analogo pavimento realizzato in calcestruzzo ordinario, la pavimentazione sarà interessata da un **minore ritiro differenziale e, quindi, da fenomeni di imbarcamento trascurabili che rendono, pertanto, idonei i calcestruzzi a ritiro controllato** laddove è previsto un transito massiccio di carrelli elevatori, ma anche **l'impiego di sistemi robotizzati di movimentazione delle merci**. Allo stesso modo, il calcestruzzo a ritiro controllato potrebbe **ridurre il numero di giunti in strutture a prevalente sviluppo lineare**, come nel caso di muri di grande estensione, prevenendo, quindi, la comparsa delle antiestetiche fessurazioni verticali tipiche del fenomeno del ritiro.

I CALCESTRUZZI A RITIRO COMPENSATO

I **calcestruzzi a ritiro compensato** sono conglomerati prodotti ricorrendo all'impiego di **specifiche materie prime che, a contatto con l'acqua, aumentano di volume**. Gli **agenti espansivi** impiegati nel settore del calcestruzzo sono quelli **a base di ossido di calcio (CaO) oppure di solfoalluminato tetracalcico ($C_4A_3\bar{S}$)** che a contatto con l'acqua producono il corrispondente idrossido e l'ettringite, rispettivamente. Ovviamente, entrambi i prodotti finali (idrossido di calcio



ed ettringite) potenzialmente occuperebbero un volume maggiore rispetto a quelli di partenza inducendo, quindi, **un'espansione volumetrica che ha effetti benefici nel calcestruzzo solo se è opportunamente contrastata in modo da creare uno stato di coazione interna (compressione);** in caso contrario, infatti, **se l'aumento di volume potesse avvenire liberamente, l'effetto risultante sarebbe rappresentato solo da una mera variazione di geometria dell'elemento strutturale.**



I **dosaggi di agente espansivo** nel calcestruzzo possono essere compresi tra 15 e 30 kg/m³ anche se nella pratica variano tra **18 e 25 kg/m³** e sono strettamente legati al **ritiro atteso** per l'elemento strutturale, alla **resistenza meccanica del calcestruzzo alle brevissime stagionature (24 ore)** e alla **percentuale di armatura** presente nell'elemento da realizzare.

La caratteristica principale di un agente espansivo per la produzione di calcestruzzo a ritiro compensato è legata al fatto che **l'espansione si manifesti in minima parte durante le prime ore dal confezionamento dell'impasto (nella fase in cui il conglomerato è ancora plastico),** mentre la maggior parte di essa deve avvenire quando il calcestruzzo è già indurito, in un arco di tempo che, a seconda della natura e della finezza dell'agente espansivo, varia da 1 a 7 giorni circa. Infatti, se l'espansione avvenisse **completamente durante la fase plastica (2-8 ore dalla posa in opera),** non avendo ancora il conglomerato raggiunto livelli significativi di resistenza a compressione né di aderenza con le barre di armatura, nell'elemento si **genererebbe uno stato di compressione (σ_c) esiguo tanto da non essere sufficiente a contrastare lo stato tensionale di trazione (σ_t) che insorge successivamente per via della contrazione impedita**



generatasi a seguito dell'esposizione all'aria, con l'inizio della fase di ritiro. Pertanto, nel momento in cui la tensione di trazione, dopo aver rilassato lo sforzo di compressione, supera la resistenza a trazione del materiale, il calcestruzzo si fessura. Se, invece, si utilizza **un agente espansivo in grado di esplicitare la sua reazione a fine presa, dopo circa 6-8 ore dal getto, l'aumento di volume, impedito dalla rigidità del calcestruzzo, dalle forze di aderenza tra calcestruzzo e barre d'armatura, nonché dai vincoli interni ed esterni all'elemento strutturale, genera la nascita di uno stato di compressione (σ_c) maggiore.** Lo sforzo di trazione (σ_t), che comunque insorgerà per via del ritiro, sarà inferiore alla somma della resistenza a trazione del materiale e dello sforzo di compressione creato dall'espansione in fase di indurimento e, quindi, non sufficiente a promuovere la fessurazione del conglomerato. In conclusione, **utilizzando prodotti in grado di espandere quasi esclusivamente dopo che il calcestruzzo ha terminato la presa e modulandone opportunamente il dosaggio in funzione della contrazione dimensionale attesa, è possibile indurre uno stato di precompressione in grado di fronteggiare il rilassamento dello sforzo dovuto al ritiro evitando l'insorgere di soluzioni di continuità nelle strutture.** Per questo motivo, vengono **esclusi dal confezionamento dei calcestruzzi a ritiro compensato gli agenti espansivi metallici** (a base di polveri di materiali anfoteri come l'alluminio o lo zinco), in quanto **l'aumento di volume** generato dalla formazione di idrogeno in ambiente basico – oltre alla pericolosità – **avverrebbe quando l'impasto è ancora plastico senza imprimere**, pertanto, **nella struttura alcuno stato benefico di compressione.** Per contro, sia l'ossido di calcio che il solfo-alluminato tetracalcico, entrambi esplicano la loro funzione espansiva durante la fase d'indurimento e, quindi, almeno potenzialmente sono in grado di imprimere la

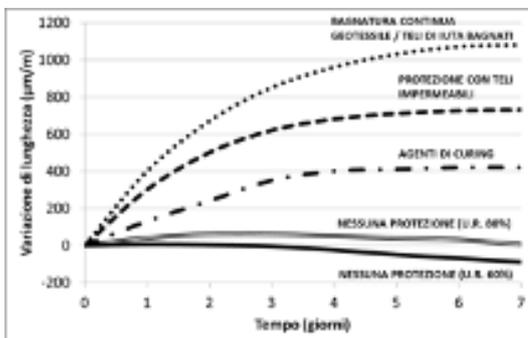


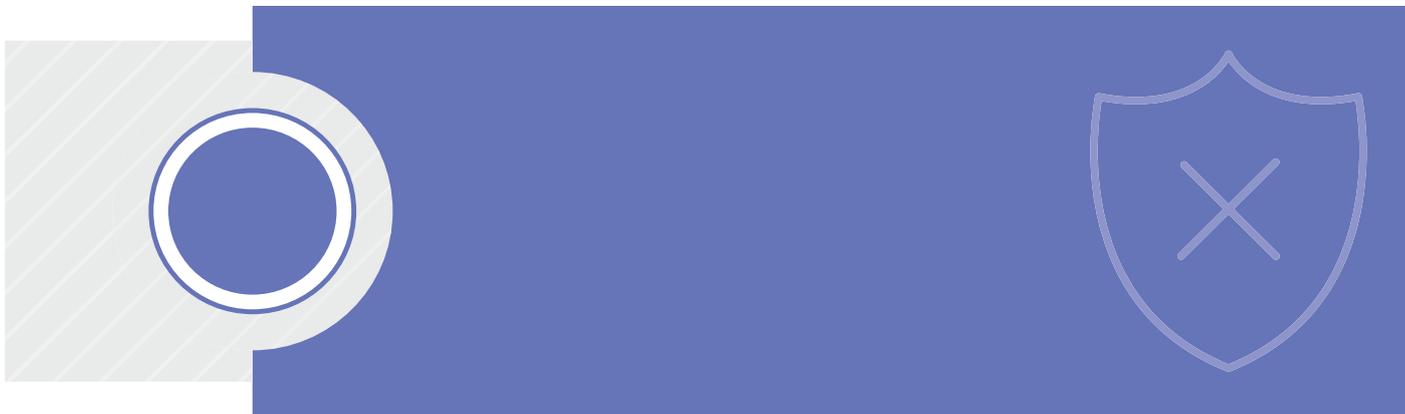
coazione benefica richiesta per il conglomerato cementizio. I due prodotti si differenziano esclusivamente per la cinetica di espansione, in quanto quelli a base di ossido di calcio si stabilizzano già dopo un solo giorno, mentre per quelli a base di solfoalluminato tetracalcico è necessario prolungare il contatto diretto con l'acqua per almeno 7 giorni al fine di conseguire la completa idratazione e raggiungere la massima espansione. Un altro aspetto molto importante per un corretto utilizzo degli agenti espansivi è legato alla **classe di resistenza caratteristica a compressione cubica del conglomerato che deve essere almeno pari a 37 N/mm² (C30/37)**. Infatti, a pari dosaggio e natura dell'agente espansivo, **lo sforzo di compressione** indotto dall'impedimento all'espansione **sarà tanto maggiore** (e, quindi, benefico) quanto più rigido è il materiale e, quindi, **quanto maggiore la resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo alle brevi stagionature e, in particolare, a 1 giorno**. L'efficacia degli agenti espansivi dipende anche **dal diametro e dalla percentuale di armatura presente nell'elemento da realizzare**, in quanto le barre metalliche hanno la funzione di contrastare l'espansione, trasformandola in una sorta di precompressione indotta sul calcestruzzo, in maniera analoga a quanto avviene per i manufatti precompressi. La soluzione ideale sarebbe quella di predisporre un'opportuna armatura di contrasto all'espansione **in forma di ferri di piccolo diametro distribuiti omogeneamente nella sezione dell'elemento strutturale**, avendo cura, soprattutto in presenza di **copriferro di spessore superiore a 40 mm, di disporre un'opportuna armatura di pelle in forma di rete elettrosaldata** (ad esempio, $\Phi 6/10 \times 10$). In alternativa, alle tradizionali armature di contrasto in forma di tondini o di



reti elettrosaldate, è possibile ricorrere all'utilizzo di **fibre strutturali sia di tipo metallico che sintetiche, in dosaggi non inferiori a circa 3 l/m³ (corrispondenti a circa 25 kg/m³ di fibre di acciaio e 2.5 kg/m³ di fibre in polipropilene).**

Indipendentemente dalla natura dell'agente espansivo, **l'aumento di volume può manifestarsi solo se viene garantita una corretta maturazione umida dei getti**, in assenza della quale l'aumento di volume non si manifesta. In sostanza, se la maturazione umida non viene garantita, l'efficacia di questi agenti espansivi risulta molto limitata, se non addirittura inesistente. Si tenga anche presente che **in alcuni casi**, soprattutto per quelle strutture caratterizzate da un elevato ritiro idraulico, per ottenere un'espansione in grado di bilanciare la tensione di trazione indotta dal ritiro impedito, evitando, così, la formazione di fessure, **il dosaggio di agente espansivo da utilizzare dovrebbe essere rilevante (superiore a 25-30 kg/m³)**. Un dosaggio eccessivo di agente espansivo, genera non pochi inconvenienti. Infatti, a causa della maggiore espansione che si genera per l'aumento del dosaggio di agente espansivo, dovrà, necessariamente, **essere predisposta un'armatura in direzione perpendicolare al ritiro in percentuale uguale a quella già presente in direzione parallela per garantire un opportuno contrasto**. Questo inevitabilmente incide sull'economia dell'opera. Inoltre, **dosaggi elevati di espansivo incrementano lo sviluppo di calore nel calcestruzzo**, poiché la reazione che conduce alla formazione dei prodotti idratati è di tipo esotermico. In tal evenienza, a causa della modesta conducibilità termica del conglomerato (5.5 – 8 KJ/(mh°C)), gli strati più esterni del getto si comportano come materiale





isolante impedendo la dissipazione verso l'esterno del calore sviluppato e si generano degli stati tensionali interni che provocano la nascita di soluzioni di continuità nel manufatto stesso. **Un eccessivo dosaggio di espansivo**, infine, per l'anticipo dei tempi di presa del conglomerato derivanti proprio dallo sviluppo di calore dovuto alla reazione dello stesso con l'acqua, **potrebbe creare non pochi problemi nelle pavimentazioni industriali rifinite a "spolvero" o a "pastina" per il minor tempo a disposizione per le operazioni di "elicotteratura e incorporo"**. Il rischio è quello di avere strati di usura non ben incorporati alla lastra di calcestruzzo con possibili precoci distacchi degli strati superficiali.

Per far fronte a questi inconvenienti che riguardano soprattutto le solette e i pavimenti di ridotto spessore, e nell'ottica di sfruttare al meglio gli effetti benefici ottenibili dall'impiego sia degli agenti espansivi sia degli additivi riduttori del ritiro, è stata studiata **un'interessante sinergia nell'impiego combinato dei due prodotti (SRA ed espansivo) per la realizzazione di calcestruzzi a ritiro controllato e compensato**. L'espansione, infatti, **in presenza dell'additivo SRA sembra poco dipendente dalle modalità di stagionatura e può avvenire anche se il conglomerato viene esposto all'aria asciutta in assenza di protezione umida**. Inoltre, la **contrazione da ritiro subisce una drastica diminuzione grazie alla riduzione della tensione superficiale dell'acqua all'interno dei pori** determinata dall'aggiunta dell'SRA (Figura 1). Conseguentemente, **il dosaggio di agente espansivo può essere ridotto senza dover ricorrere a quei dosaggi abnormi che costringerebbero a dover utilizzare antieconomiche armature di contrasto aggiuntive e a esporre al rischio di distacco gli strati di usura nelle pavimentazioni industriali**.

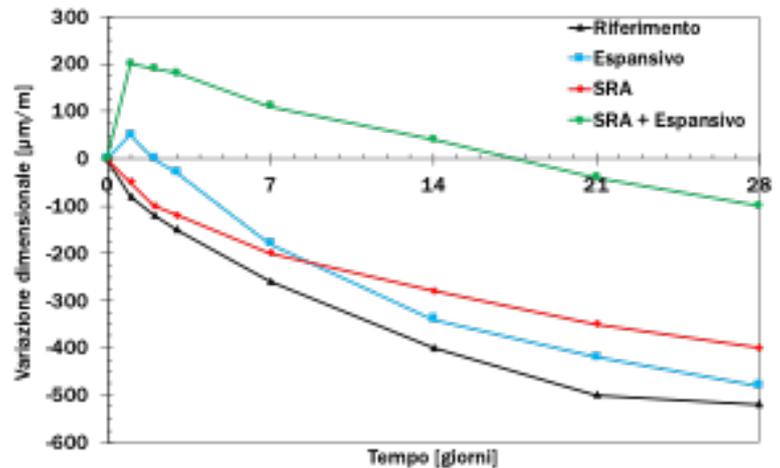


Figura 1 - Espansione/ritiro su provini di calcestruzzo confezionate senza e con SRA e agenti espansivi a base di ossido di calcio esposti all'aria subito dopo il getto.

I calcestruzzi espansivi a ritiro controllato e compensato sono particolarmente indicati per:

- la realizzazione di **pavimentazioni industriali di estensione variabile tra 600 e 900 m² prive di giunti di contrazione o di controllo;**
- la produzione di calcestruzzi per la **ricostruzione parziale o completa di elementi verticali quali pilastri e setti portanti.** Questa esigenza si ha allorquando si interviene su edifici laddove i pilastri hanno subito un danno rilevante per effetto di un evento sismico. La ricostruzione di questi elementi verticali se eseguita con calcestruzzo ordinario, per effetto del ritiro che il conglomerato subisce nel tempo, determina sui correnti stati tensionali permanenti che potrebbero non essere compatibili con la geometria e l'armatura degli elementi strutturali. L'impiego di



calcestruzzo a ritiro controllato e compensato consente di eliminare questi effetti permanenti;

- **nel ringrosso strutturale di pile da ponte o di pilastri quando si vuole incrementare sia la portanza che la rigidità.** In questo caso, l'utilizzo di calcestruzzo a ritiro controllato e compensato è finalizzato a controbilanciare gli effetti derivanti dal differente comportamento deformativo del nucleo originario (che ormai ha già scontato il ritiro) rispetto al ringrosso che deve, invece, ancora scontare la contrazione igrometrica;
- **nel consolidamento di fondazioni di edifici in muratura allorquando occorre eseguire delle sottomurazioni mediante dadi in calcestruzzo.**





via della Vittorina, 60
06024 Gubbio (PG) - Italy
T +39 075 92401
F +39 075 9273965

www.colabeton.it
info@colabeton.it

