

49

I CALCESTRUZZI ESPANSIVI A RITIRO COMPENSATO

I calcestruzzi a ritiro compensato o anche **espansivi** sono conglomerati prodotti ricorrendo all'impiego di materie prime in grado, a contatto con l'acqua, di aumentare di volume. Gli agenti espansivi correntemente impiegati nel settore del calcestruzzo sono quelli a base di:

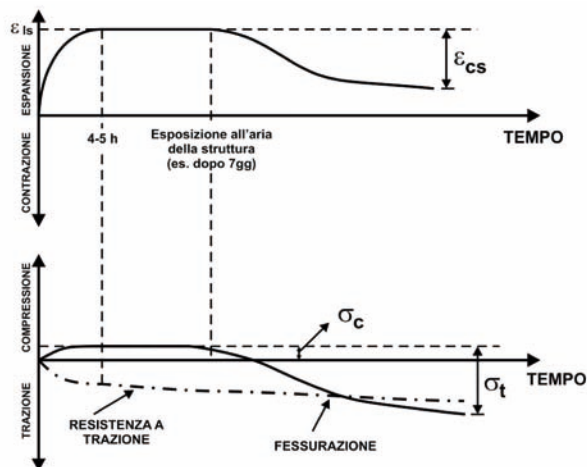
- ossido di calcio (CaO) che produce il corrispondente idrossido;
- solfoalluminato tetracalcico⁵⁰ (C₄A₃S) che origina l'ettringite.

La peculiarità di questi agenti espansivi, che ne rende possibile l'utilizzo nel conglomerato per prevenire il quadro fessurativo derivante dal ritiro idraulico, è rappresentata dal fatto che solo una modesta aliquota dell'espansione si manifesta durante le prime ore dal confezionamento dell'impasto (nella fase in cui il conglomerato è ancora plastico), mentre la maggior parte di essa si esplica ad indurimento avvenuto del calcestruzzo in un arco di tempo che, a seconda della natura e della finezza dell'agente espansivo, varia da 2 a 10 giorni circa. Infatti, se l'espansione avvenisse completamente durante la fase plastica del conglomerato essa produrrebbe un aumento di volume del calcestruzzo che non avrebbe alcun effetto benefico sulla compensazione del ritiro. Per chiarire meglio il significato di questa affermazione è opportuno premettere che l'utilizzo di agenti espansivi non modifica il ritiro idraulico del calcestruzzo: in sostanza il ritiro a tempo infinito, ma anche quello a stagionature più brevi (ad esempio, dopo 3 o 6 mesi), di un calcestruzzo a ritiro compensato è identico a quello dello stesso conglomerato privo di agente espansivo. Per questo motivo, la terminologia spesso adottata per questi conglomerati di **calcestruzzi a ritiro nullo è assolutamente impropria**.

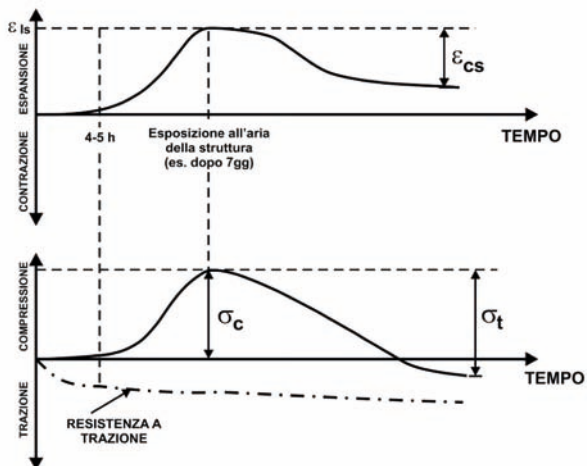
Premesso questo è opportuno ricordare come in un qualsiasi elemento in calcestruzzo armato se non vi è impedimento alla espansione o alla contrazione di volume l'effetto risultante è rappresentato da una mera variazione di geometria dell'elemento strutturale senza la nascita di alcuno stato di coazione interna. Pertanto, se l'agente espansivo aumentasse di volume, ad esempio, dopo 1-3 ore dalla posa in opera del calcestruzzo, non avendo sufficiente rigidità, né aderenza alle barre di armatura, non produrrebbe che un modesto stato di compressione (σ_c) all'interno dell'elemento in calcestruzzo ingegneristicamente trascurabile anche in presenza di un'espansione rilevante. Quando, successivamente all'esposizione all'aria, il calcestruzzo è interessato dal fenomeno del ritiro, essendo la contrazione ostacolata sia dalla presenza delle armature che dai vincoli esterni, si genera uno stato tensionale di trazione (σ_t) superiore alla modesta compressione iniziale anche se l'entità del ritiro (ϵ_{cs}), in valore assoluto, è inferiore all'espansione indotta inizialmente. Nel momento in cui la tensione di trazione dopo aver rilassato il modesto sforzo di compressione supera la resistenza del materiale il calcestruzzo si fessura. Se, invece, la reazione espansiva avviene quasi esclusivamente dopo che il conglomerato ha terminato la presa (dopo 6-8 ore), l'aumento di volume è impedito, grazie alla rigidità del calcestruzzo e all'aderenza che lo stesso ha stabilito con la barra d'armatura, dai vincoli interni ed esterni all'elemento strutturale e genera uno stato di compressione (σ_c) maggiore di quello determinato da un espansivo in fase plastica. Pertanto, quando per effetto dell'esposizione all'aria della struttura il conglomerato sarà assoggettato al ritiro, l'impedimento alla contrazione genererà uno stato di trazione che, però, risulterà inferiore a quello di compressione e alla resistenza a trazione del materiale e, quindi, non sufficiente a promuovere la fessurazione del conglomerato. Quindi, in definitiva modulando opportunamente il dosaggio di agente espansivo, anche in relazione alla contrazione dimensionale attesa per il calcestruzzo, e impiegando prodotti in grado di espandere quasi esclusivamente dopo che il calcestruzzo ha terminato la presa è possibile indurre uno stato di precompressione iniziale capace di fronteggiare il rilassamento dello sforzo dovuto al ritiro in modo da prevenire la fessurazione.



Gruppo Cementirosi S.p.A.



Andamento dell'espansione/contrazione e corrispondente stato di sforzo nel conglomerato confezionato con un agente espansivo non idoneo (che esplica l'aumento di volume in fase plastica) maturato ad umido per 7 giorni.



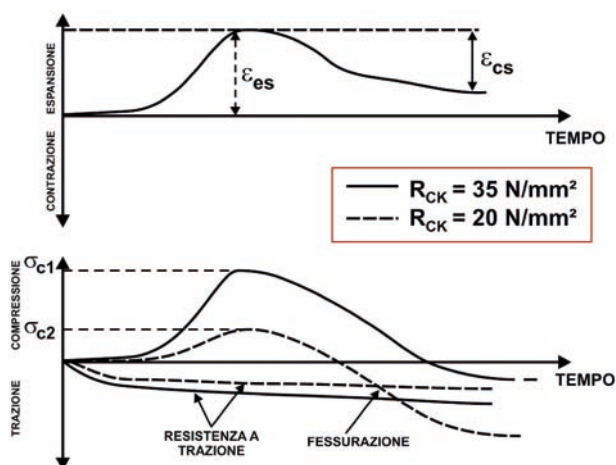
Andamento dell'espansione/contrazione e corrispondente stato di sforzo nel conglomerato confezionato con un agente espansivo idoneo (che esplica l'aumento di volume dopo che il calcestruzzo ha terminato la presa).

I dosaggi di agente espansivo nel calcestruzzo variano generalmente tra 15 e 35 kg/m³ e sono sufficienti per contrastare gli effetti del ritiro purché si provveda:

- a confezionare calcestruzzi con una resistenza caratteristica a compressione minima di 35 N/mm² : a pari dosaggio e natura dell'agente espansivo, lo sforzo di compressione indotto dall'impedimento all'espansione sarà tanto maggiore quanto più rigido è il conglomerato e maggiore l'aderenza all'acciaio. Queste due proprietà aumentano con la resistenza a compressione del calcestruzzo;

- a garantire una maturazione umida del conglomerato per almeno 7 giorni. Infatti, esponendo il calcestruzzo ad atmosfere asciutte, parte dell'acqua evapora verso l'esterno riducendo l'espansione potenziale e, quindi, lo stato benefico di compressione indotto dal contrasto all'espansione. La mancata bagnatura, inoltre, determina anche una riduzione della resistenza a trazione del conglomerato che oltretutto è assoggettato ad una più giovane età al ritiro e, quindi, allo sforzo di trazione esaltando il rischio di fessurazione degli elementi strutturali;

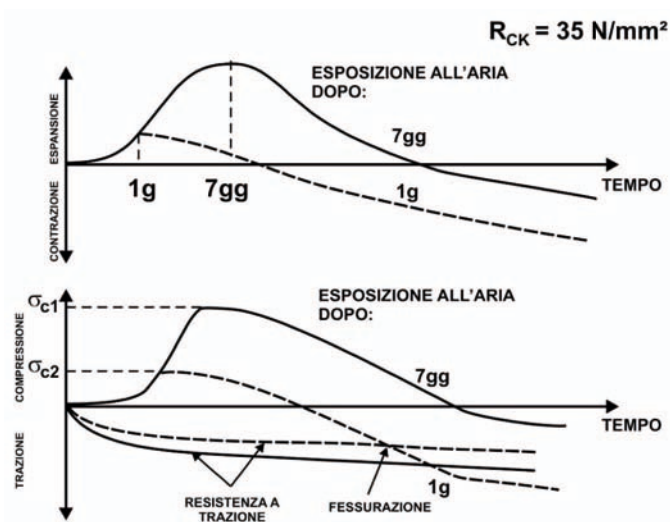
- a predisporre una opportuna armatura di contrasto all'espansione in forma di fibre strutturali o di ferri di piccolo diametro distribuiti omogeneamente nella sezione dell'elemento strutturale, avendo cura, soprattutto in presenza di copriferro di spessore superiore a 40 mm di disporre una opportuna armatura di pelle in forma di rete elettrosaldata (ad esempio, diametro 6 mm e maglia 10x10 o 20x20 cm).



Influenza della resistenza caratteristica a compressione sullo stato di sforzo indotto dall'impedimento all'espansione (pari natura e dosaggio di agente espansivo).

Relativamente agli impieghi del calcestruzzo a ritiro compensato si segnala che le applicazioni più ricorrenti riguardano:

- 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;
- 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 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.



Influenza della durata della maturazione umida sull'espansione e sullo stato di sforzo di un conglomerato a ritiro compensato.