CHIMICA EDILE SRL
15 min
Data Pubblicazione: **06.11.2026**

Ritiro igrometrico dei materiali cementizi: il ruolo degli additivi nella durabilità del sistema pavimento

Gli additivi per calcestruzzo consentono di migliorare lavorabilità, resistenze meccaniche e stabilità dimensionale dei materiali cementizi. Un ruolo importante riguarda il controllo del ritiro igrometrico, fenomeno che può compromettere la durabilità di massetti e pavimentazioni industriali.

Fabrizio Gagliardini | Gianluca Ghirardini

Aggiungi Ingenio alle tue fonti preferite

Aggiungi Ingenio su Google

Il ritiro igrometrico dei materiali cementizi può provocare fessurazioni, deformazioni e perdita di funzionalità nei massetti e nelle pavimentazioni industriali. Gli additivi permettono di intervenire sulla stabilità dimensionale attraverso meccanismi differenti: riduzione del ritiro con prodotti SRA o compensazione mediante componenti espansivi. L'articolo approfondisce il funzionamento dei sistemi DRY di Chimica Edile e presenta una simulazione geometrica sulla riduzione dei giunti nelle pavimentazioni industriali.

I prodotti cementizi: materiali versatili, ma con prestazioni da progettare

Il cemento rappresenta uno dei leganti più utilizzati nel settore delle costruzioni. La sua capacità di reagire con l'acqua e sviluppare una matrice resistente permette di realizzare materiali con caratteristiche estremamente differenti. Dal calcestruzzo strutturale alle malte da ripristino, dai massetti agli adesivi per piastrelle, i prodotti cementizi trovano applicazione in numerosi ambiti, con esigenze prestazionali che possono essere molto diverse.

Un **calcestruzzo** deve garantire adeguate resistenze meccaniche, lavorabilità, compattabilità e durabilità.

Un **massetto** deve raggiungere le quote previste, assicurare planarità, possedere prestazioni meccaniche compatibili con le sollecitazioni di esercizio e mantenere una sufficiente stabilità dimensionale.

Un **adesivo cementizio** deve invece garantire bagnabilità, adesione, lavorabilità e capacità di trasferire le sollecitazioni fra supporto e rivestimento.

Tutte queste applicazioni possono utilizzare il **cemento come legante principale**, ma richiedono formulazioni profondamente differenti. Occorre inoltre ricordare che il cemento **non rappresenta l'unico componente responsabile delle caratteristiche del prodotto finito**. Acqua, aggregati, aggiunte minerali e

additivi concorrono a determinare le prestazioni del materiale. In particolare, il rapporto fra questi componenti deve essere attentamente progettato perché il miglioramento di una caratteristica può determinare effetti indesiderati su altre.

Un aumento dell'acqua, per esempio, può rendere più lavorabile una miscela, ma generalmente determina un incremento della porosità della matrice indurita, con possibili conseguenze sulle resistenze meccaniche e sulla durabilità.

Analogamente, una riduzione dei tempi di presa può rappresentare un vantaggio per alcune lavorazioni, ma diventare un problema quando il materiale deve essere trasportato o applicato su superfici estese.

Non esiste quindi una formulazione ideale in assoluto, ma una formulazione adeguata alla specifica destinazione d'uso.

È proprio in questo contesto che gli additivi assumono un ruolo fondamentale.

Additivi per calcestruzzo e prodotti cementizi: funzioni e applicazioni

Gli additivi sono **sostanze introdotte in quantità relativamente contenute** rispetto agli altri componenti della miscela, **con l'obiettivo di modificarne determinate caratteristiche**.

Possono intervenire sul comportamento del materiale allo stato fresco, durante la presa e l'indurimento oppure sulle proprietà del prodotto indurito.

Il loro impiego permette di **ottenere prestazioni** che, utilizzando esclusivamente cemento, acqua e aggregati, potrebbero risultare **difficili da raggiungere** oppure richiedere formulazioni meno efficienti.

Fra le **principali funzioni degli additivi** possiamo ricordare:

- **Modifica della lavorabilità:** migliorare la fluidità e la facilità di applicazione senza aumentare necessariamente il quantitativo di acqua.
- **Controllo dei tempi di presa:** accelerare o ritardare l'inizio e lo sviluppo della presa in funzione delle esigenze applicative.
- **Incremento delle prestazioni iniziali:** favorire uno sviluppo più rapido delle resistenze meccaniche.
- **Modifica della reologia:** controllare viscosità, tissotropia, segregazione e stabilità degli impasti.
- **Controllo della porosità e dell'assorbimento d'acqua:** contribuire al miglioramento di specifiche caratteristiche legate alla durabilità.
- **Controllo delle variazioni dimensionali:** ridurre o compensare le deformazioni associate al ritiro.

L'efficacia di queste funzioni dipende naturalmente dalla natura chimica dell'additivo e dalla formulazione nella quale viene utilizzato. **Un additivo non agisce infatti in modo indipendente dagli altri componenti**. La tipologia di cemento, il dosaggio, la presenza di aggiunte minerali, il rapporto acqua/legante e le condizioni di maturazione possono modificare significativamente il risultato. Per questo motivo, la scelta dovrebbe sempre partire dalla definizione delle prestazioni che si desidera ottenere nel prodotto finito.

Le principali famiglie di additivi per materiali cementizi

Le **tecnologie disponibili sono numerose** e possono essere raggruppate in famiglie in funzione del principale meccanismo di azione.

- **Fluidificanti e superfluidificanti:** migliorano la dispersione delle particelle di cemento, riducendo la quantità di acqua necessaria per ottenere una determinata lavorabilità. Permettono impasti fluidi e la riduzione del rapporto a/c.
- **Acceleranti e ritardanti:** modificano i tempi di presa e/o lo sviluppo delle prestazioni meccaniche nel tempo
- **Aeranti:** introducono nell'impasto un sistema di microbolle d'aria opportunamente distribuite. Alleggeriscono il prodotto finale migliorandone le caratteristiche di isolamento termico.
- **Idrofughi di massa:** riducono l'assorbimento capillare dell'acqua
- **Modificatori reologici:** agiscono sulla viscosità e stabilità dell'impasto.
- **Additivi per il controllo del ritiro:** riducono o compensano le variazioni dimensionali dei materiali cementizi dovute al ritiro igrometrico.

Ritiro igrometrico dei materiali cementizi: cause e meccanismi

Durante l'idratazione del cemento si formano diversi composti, fra cui i silicati idrati di calcio, comunemente indicati con la sigla C-S-H. Queste molecole costituiscono una parte fondamentale della matrice resistente del materiale indurito. La struttura della pasta cementizia presenta tuttavia una porosità articolata, all'interno della quale può essere contenuta acqua in diverse condizioni fisiche.

Una parte dell'acqua introdotta nell'impasto partecipa alle reazioni di idratazione, mentre un'altra parte rimane presente nella struttura porosa. Quando il materiale viene esposto a un ambiente con umidità relativa inferiore a quella di equilibrio del materiale stesso, una parte dell'acqua contenuta nei pori tende progressivamente a migrare verso l'esterno.

Questa **perdita di umidità** provoca variazioni nella struttura interna della pasta cementizia e determina una **contrazione dimensionale**. Il fenomeno viene definito **ritiro igrometrico**, o ritiro da essiccamento.

Il **meccanismo è complesso e coinvolge differenti fenomeni fisici**, fra cui le tensioni capillari e le interazioni dell'acqua con la struttura dei prodotti di idratazione. L'aspetto più importante, dal punto di vista applicativo, è che il materiale tende a ridurre le proprie dimensioni. Questa deformazione può interessare praticamente tutti i prodotti cementizi, anche se con entità molto differenti.

Da cosa dipende il ritiro igrometrico?

Il ritiro igrometrico è **influenzato da numerose caratteristiche** della formulazione e dalle condizioni nelle quali il materiale viene utilizzato. Un primo parametro è rappresentato dalla **quantità di pasta cementizia**. A parità di altre condizioni, una maggiore quantità di pasta può comportare deformazioni più elevate, mentre gli aggregati esercitano generalmente un'azione di contrasto.

Anche il **rapporto acqua/legante** assume un ruolo importante. Una formulazione con un quantitativo di acqua eccessivo può sviluppare una maggiore porosità capillare, favorendo condizioni che aumentano la sensibilità alle variazioni di umidità.

Il **tipo di cemento e le eventuali aggiunte minerali** possono modificare la cinetica di idratazione e la microstruttura del materiale, influenzandone il comportamento dimensionale.

Un altro fattore importante è rappresentato dalla **natura degli aggregati**. Non conta soltanto la distribuzione granulometrica, ma anche la loro rigidezza, la quantità utilizzata e la capacità di contrastare le deformazioni della pasta.

Infine, assumono particolare importanza lo **spessore del manufatto**, le condizioni ambientali e le modalità di stagionatura.

Il ritiro igrometrico si sviluppa nel tempo

Uno degli aspetti più importanti riguarda la durata del fenomeno. Il ritiro igrometrico non si manifesta esclusivamente durante le prime ore o i primi giorni successivi alla posa. La **perdita di umidità** può **continuare per periodi prolungati**, con una velocità che dipende dalle caratteristiche del materiale e dalle condizioni ambientali. È quindi possibile che un prodotto abbia già raggiunto le resistenze meccaniche richieste, ma continui a **manifestare variazioni dimensionali**.

Questo aspetto è particolarmente importante per i **massetti**, perché il rivestimento finale può essere posato quando il materiale non ha ancora completato una parte significativa del proprio ritiro. È inoltre importante **non confondere il ritiro igrometrico con il semplice contenuto di umidità residua**. L'umidità residua rappresenta un parametro utile per valutare l'idoneità alla posa di determinati rivestimenti, ma non descrive da sola le deformazioni già avvenute o quelle che potrebbero ancora svilupparsi.

Un massetto sufficientemente asciutto per ricevere una pavimentazione non è necessariamente un massetto che ha esaurito tutte le proprie variazioni dimensionali.

Dalla contrazione alla fessurazione: il ruolo dei vincoli

Il ritiro igrometrico, considerato isolatamente, è una deformazione del materiale. Se un elemento fosse completamente libero di contrarsi, la riduzione delle sue dimensioni potrebbe avvenire senza generare necessariamente fessurazioni. Nelle applicazioni reali, tuttavia, la deformazione è spesso ostacolata.

Un massetto aderente, per esempio, può essere vincolato dal supporto sottostante. Una pavimentazione industriale può essere ostacolata nei propri movimenti dall'attrito con il sottofondo o dalla presenza di pilastri, pareti, fondazioni e altri elementi strutturali.

Quando la contrazione viene impedita, si sviluppano tensioni interne di trazione. **Se queste tensioni superano la capacità resistente del materiale, si genera una fessurazione**. Occorre quindi distinguere due aspetti: l'entità del ritiro e la possibilità del materiale di deformarsi liberamente. Anche un prodotto con un ritiro relativamente contenuto può fessurarsi in presenza di vincoli importanti.



Esempio di fessurazione in una pavimentazione cementizia in prossimità di un vincolo. Le tensioni generate dal ritiro igrometrico, quando ostacolate dai vincoli, possono favorire la formazione di fessure e compromettere la durabilità del pavimento. (Credit: Chimica Edile)

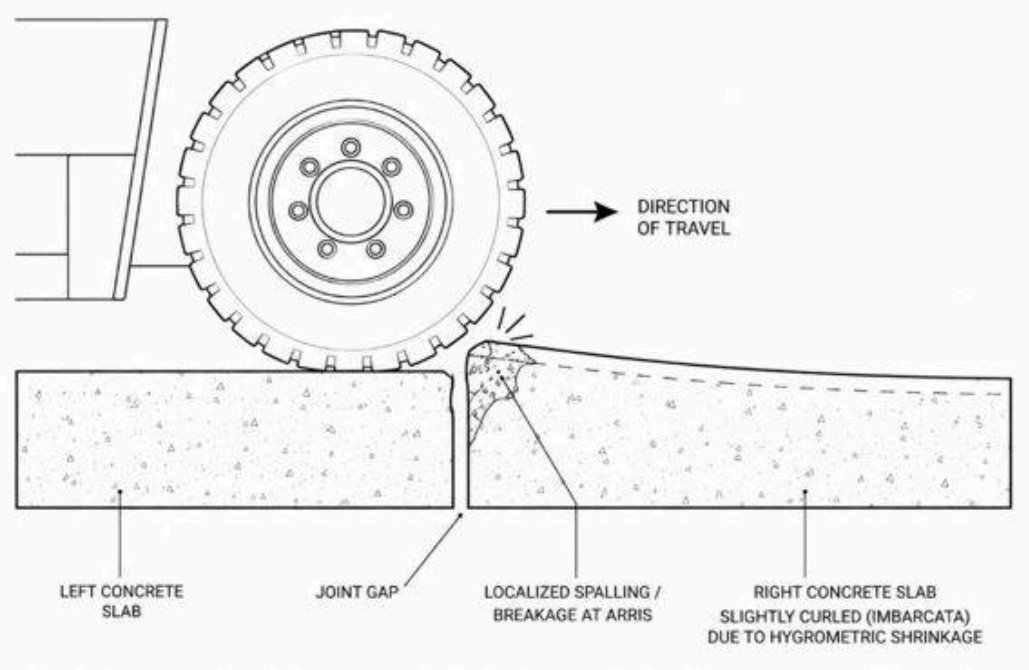
Al contrario, un sistema correttamente progettato per consentire determinati movimenti può tollerare variazioni dimensionali senza sviluppare danni significativi. La **progettazione dei giunti**, la **desolidarizzazione** e le altre soluzioni costruttive rappresentano quindi **strumenti importanti per gestire le conseguenze del ritiro**. Tuttavia, queste **soluzioni non eliminano il fenomeno**. Un giunto di contrazione, per esempio, ha lo scopo di favorire la formazione della fessura in una posizione predeterminata, evitando che questa si manifesti casualmente. Gestire le conseguenze del ritiro non significa ridurre il ritiro del materiale. È proprio questa distinzione che rende particolarmente interessante l'impiego di additivi specifici.

Ritiro igrometrico e durabilità del sistema pavimento

Le **conseguenze del ritiro igrometrico** non si limitano alla formazione di fessure.

Nei **massetti**, le contrazioni possono provocare deformazioni e tensioni che interessano anche il rivestimento sovrastante. In una pavimentazione ceramica incollata, per esempio, una fessurazione del massetto può propagarsi attraverso lo strato adesivo e determinare la rottura delle piastrelle. Il comportamento dipende dalle caratteristiche dell'intero sistema: supporto, massetto, adesivo, rivestimento e giunti.

Nel caso delle **pavimentazioni industriali in calcestruzzo**, un altro fenomeno importante è rappresentato dall'**imbarcamento delle lastre**, comunemente indicato con il termine ***curling***. Quando la perdita di umidità non avviene uniformemente lungo lo spessore, possono svilupparsi deformazioni differenziali. In determinate condizioni, i bordi e gli angoli delle lastre tendono a sollevarsi rispetto al piano di appoggio. Quando un mezzo transita fra due lastre, il carico può provocare deformazioni temporanee e sollecitazioni localizzate sui bordi. Con il ripetersi dei transiti, queste sollecitazioni possono contribuire alla formazione di scheggiature e rotture.



Schema del fenomeno di curling (imbarcamento) di una lastra in calcestruzzo dovuto al ritiro igrometrico. Il sollevamento del bordo può provocare scheggiature e rotture localizzate in corrispondenza del giunto per effetto del transito dei mezzi. (Credit: Chimica Edile)

Una **pavimentazione** potrebbe quindi mantenere resistenze meccaniche adeguate, ma perdere progressivamente parte della propria funzionalità. Questo aspetto evidenzia la **necessità di considerare la durabilità non soltanto come capacità di mantenere le prestazioni meccaniche, ma anche come capacità di conservare nel tempo le caratteristiche funzionali richieste.**

Nel caso dei sistemi pavimento, la **stabilità dimensionale** rappresenta quindi **uno degli elementi che concorrono alla durabilità complessiva dell'opera**.

Additivi per il controllo del ritiro: SRA e compensatori espansivi

Il controllo del ritiro deve iniziare dalla **progettazione della formulazione**. La scelta degli aggregati, il corretto rapporto acqua/legante, il dosaggio del cemento e le condizioni di maturazione sono tutti parametri che possono influenzare significativamente le deformazioni.

Gli additivi specifici permettono tuttavia di intervenire ulteriormente sul comportamento del materiale.

Fra le **tecnologie utilizzate** è opportuno distinguere gli additivi riduttori di ritiro, comunemente identificati con la sigla SRA, dai compensatori espansivi.

Gli **additivi riduttori di ritiro (SRA)** agiscono prevalentemente modificando i fenomeni fisici associati alla perdita di umidità, in particolare riducendo la tensione superficiale della soluzione presente nei pori.

I **compensatori espansivi** seguono invece un principio differente. Questi prodotti provocano un'espansione controllata durante le prime fasi di idratazione, con l'obiettivo di compensare una parte delle contrazioni che si manifesteranno successivamente.

Nel primo caso si cerca di ridurre il fenomeno che determina la contrazione. Nel secondo caso si introduce una variazione dimensionale positiva, che può compensare almeno parzialmente il ritiro successivo.

Entrambe le tecnologie possono essere utili, ma devono essere valutate in funzione della specifica formulazione e delle condizioni applicative.

PER APPROFONDIRE

Additivi espansivi e SRA: confronto sperimentale sul ritiro delle malte cementizie

Il ritiro delle malte cementizie può essere ridotto fino al 95% combinando un additivo espansivo e un SRA antievaporante. Le prove sperimentali condotte da Chimica Edile evidenziano che DRY M3 PLUS rappresenta il contributo principale nel contenimento delle deformazioni, mentre l'SRA agisce come complemento nella riduzione della componente evaporativa del ritiro. >>> Leggi l'approfondimento

Compensatori espansivi a base di ossido di calcio: la linea DRY di Chimica Edile

Fra le tecnologie destinate al controllo delle variazioni dimensionali rientrano gli **additivi compensatori di ritiro** sviluppati da **Chimica Edile**, commercializzati attraverso la **linea DRY**.

Questi prodotti si basano sull'impiego di **componenti espansivi a base di ossido di calcio sinterizzato la cui idratazione porta alla formazione di idrossido di calcio** ed è associata a un **aumento del volume della fase solida**. Se correttamente governato all'interno della matrice cementizia, questo processo **contribuisce significativamente a compensare il ritiro igrometrico**.

Compensare anche solo una parte delle deformazioni permette di ridurre le sollecitazioni generate dai vincoli e, conseguentemente, il rischio di fessurazione. Il risultato dipende naturalmente dalla formulazione del prodotto, dal dosaggio dell'additivo e dalle condizioni di maturazione.

Occorre inoltre ricordare che il controllo del ritiro non rappresenta necessariamente l'unico effetto di questi prodotti. I **compensatori espansivi della linea DRY possono influenzare positivamente anche altre caratteristiche del materiale indurito**, comprese le prestazioni meccaniche.

PER APPROFONDIRE

Calcestruzzi con cementi low clinker (CEM III e CEM IV): prove sperimentali su ritiro e sviluppo delle resistenze

Una campagna sperimentale condotta da CHIMICA EDILE confronta sette calcestruzzi di identica composizione, formulati con cementi Portland, Portland compositi, d'altoforno e pozzolanici. I risultati mostrano che l'ossido di calcio sinterizzato DRY D1 NG mantiene la propria azione compensativa anche quando cambia in modo significativo la composizione del legante e migliora lo sviluppo delle prestazioni meccaniche. >>> Leggi l'approfondimento

Dalla formulazione alla progettazione delle pavimentazioni industriali

Un esempio interessante delle possibili conseguenze dell'impiego di **additivi per il controllo del ritiro** riguarda la realizzazione delle **pavimentazioni industriali in calcestruzzo**. In queste applicazioni, la disposizione dei giunti rappresenta uno degli aspetti fondamentali della progettazione.

I giunti di contrazione o controllo permettono di governare la formazione delle fessure da ritiro, favorendone la localizzazione in posizioni predeterminate. Tuttavia, i giunti costituiscono anche punti di discontinuità che richiedono specifiche lavorazioni e possono essere soggetti a manutenzione durante la vita utile della pavimentazione.

Un calcestruzzo caratterizzato da un ritiro più contenuto o opportunamente compensato può permettere di valutare differenti soluzioni progettuali.

Un esempio pratico circa i benefici degli additivi compensatori

Consideriamo, a titolo esemplificativo, una pavimentazione industriale con superficie di 1.000 m² e spessore di 15 cm, corrispondente a un volume complessivo di 150 m³ di calcestruzzo.

In una prima ipotesi, con campiture indicative da 5 × 5 metri, si considera una lunghezza complessiva dei giunti pari a 256 metri.

In una seconda ipotesi, con campiture indicative da 10 × 10 metri, la lunghezza complessiva dei giunti si riduce a 105 metri.

Parametro	Prima ipotesi	Seconda ipotesi
Superficie	1.000 m²	1.000 m²
Spessore	15 cm	15 cm
Volume calcestruzzo	150 m³	150 m³
Dimensione delle campiture	5 × 5 m	10 × 10 m
Lunghezza dei giunti	256 m	105 m

La riduzione della lunghezza dei giunti risulta pari a circa il 59%.

Si tratta naturalmente di una simulazione geometrica, non di una dimostrazione che l'impiego di un qualsiasi additivo permetta automaticamente di **aumentare le dimensioni delle campiture**. L'esempio permette tuttavia di introdurre una considerazione importante: la scelta di un additivo non dovrebbe essere valutata esclusivamente attraverso l'incremento del costo al metro cubo di calcestruzzo.

Se il **miglioramento della stabilità dimensionale** consente, a seguito delle necessarie verifiche, di adottare soluzioni progettuali differenti, potrebbero derivarne vantaggi nelle lavorazioni di cantiere e nelle successive attività manutentive.

La convenienza deve essere quindi analizzata considerando l'intera pavimentazione e il suo ciclo di vita.

Durabilità dei materiali cementizi: il ruolo della formulazione

L'impiego degli additivi permette oggi di progettare materiali cementizi con caratteristiche sempre più mirate alle esigenze applicative. Non si tratta soltanto di aumentare le resistenze meccaniche o migliorare la lavorabilità, ma di intervenire su prestazioni che possono influenzare significativamente il comportamento del prodotto nel tempo.

Fra queste, come visto, la stabilità dimensionale assume particolare importanza. Il ritiro igrometrico rappresenta infatti un fenomeno intrinseco ai materiali cementizi, che può contribuire alla formazione di fessure, deformazioni e problematiche funzionali.

Le tecnologie sviluppate da Chimica Edile attraverso la linea DRY si inseriscono in questo approccio, proponendo il controllo del ritiro come uno degli strumenti per migliorare le prestazioni complessive dei materiali cementizi.

La durabilità di un sistema pavimento non dipende quindi soltanto dalla resistenza dei materiali che lo compongono, ma anche dalla capacità di questi materiali di mantenere nel tempo le proprie caratteristiche dimensionali e funzionali.

In quest'ottica, l'additivazione non rappresenta semplicemente una possibilità di miglioramento della miscela, ma diventa uno strumento per progettare in maniera più completa e consapevole le prestazioni dell'intero sistema pavimento.

Approfondisci sulla **linea DRY**e le soluzioni di Chimica Edile per il controllo del ritiro dei prodotti cementizi.
👉 *Per maggiori informazioni* **CONTATTA CHIMICA EDILE**



FAQ tecniche – Additivi per calcestruzzo, ritiro igrometrico e durabilità

1. A cosa servono gli additivi nel calcestruzzo e nei prodotti cementizi?

Gli additivi permettono di modificare specifiche caratteristiche dei materiali cementizi, come lavorabilità, tempi di presa, sviluppo delle resistenze meccaniche e stabilità dimensionale. La loro funzione è migliorare il comportamento del prodotto in relazione alla destinazione d'uso. L'efficacia dipende dalla compatibilità con il cemento, dagli altri componenti della formulazione e dalle condizioni applicative.

2. Che cos'è il ritiro igrometrico del calcestruzzo e da quali fattori dipende?

Il ritiro igrometrico è la contrazione dimensionale che si manifesta quando la pasta cementizia indurita perde progressivamente umidità verso l'ambiente esterno. La sua entità dipende dal rapporto acqua/legante, dalla quantità di pasta cementizia, dal tipo di cemento, dalle caratteristiche degli aggregati e dalle condizioni di stagionatura. Il fenomeno può proseguire nel tempo anche dopo il raggiungimento delle resistenze meccaniche richieste.

3. Quali danni può provocare il ritiro igrometrico nei massetti e nelle pavimentazioni industriali?

Quando le contrazioni sono ostacolate dalla presenza di vincoli, il ritiro può generare tensioni interne e fessurazioni. Nei massetti, le fessure possono propagarsi ai rivestimenti sovrastanti, provocando rotture

delle piastrelle. Nelle pavimentazioni industriali, le deformazioni differenziali possono causare imbarcamenti delle lastre (*curling*), dislivelli e progressivo deterioramento dei bordi dei giunti, compromettendo la funzionalità della pavimentazione.

4. Qual è la differenza tra additivi riduttori di ritiro SRA e compensatori espansivi?

Gli additivi SRA (*Shrinkage Reducing Admixtures*) agiscono principalmente riducendo la tensione superficiale della soluzione presente nei pori della matrice cementizia, limitando le deformazioni da essiccamento. I compensatori espansivi, invece, sviluppano un'espansione controllata durante le prime fasi di idratazione, destinata a compensare parte del ritiro successivo. I sistemi DRY di Chimica Edile appartengono a questa seconda categoria e utilizzano componenti espansivi a base di ossido di calcio sinterizzato.

5. L'impiego di additivi compensatori di ritiro può migliorare la durabilità delle pavimentazioni industriali?

Un controllo più efficace delle variazioni dimensionali può contribuire a ridurre il rischio di fessurazioni e deformazioni, migliorando la durabilità funzionale della pavimentazione. Inoltre, un calcestruzzo a ritiro opportunamente controllato può consentire di valutare soluzioni progettuali con campiture più ampie e un numero inferiore di giunti. Questa possibilità non è automatica: richiede verifiche progettuali specifiche e una valutazione delle prestazioni del calcestruzzo additivato.

Articolo integrale in PDF

L’articolo nella sua forma integrale è disponibile attraverso il LINK riportato di seguito.
Il file PDF è salvabile e stampabile.

CHIMICA EDILE - ADDITIVI PER CALCESTRUZZO E PRODOTTI CEMENTIZI: DALLE PRESTAZIONI ALLA DURABILITÀ DEL SISTEMA PAVIMENTO
PDF · 689 KB



Fabrizio Gagliardini

SCHEDA



Gianluca Ghirardini

SCHEDA

Leggi anche

Pavimenti industriali e sostenibilità: il ruolo dei compensatori di ritiro e l'impatto sulla CO_2

Pavimentazioni industriali: controllo del ritiro, delle fessurazioni e del curling per una maggiore durabilità

GWP del calcestruzzo: cosa cambia con gli additivi compensatori di ritiro

Calcestruzzi con cementi low clinker (CEM III e CEM IV): prove sperimentali su ritiro e sviluppo delle resistenze

Additivi espansivi e SRA: confronto sperimentale sul ritiro delle malte cementizie