



CALCESTRUZZO PIÙ DI 100 ANNI DI DURABILITÀ

DA Sika®-1 A Sika® ViscoCrete®

BUILDING TRUST





VANTAGGI DELLA NOSTRA SOLUZIONE

Fondata da Kaspar Winkler nel 1910, il nome Sika oggi è sinonimo di soluzioni impermeabili e resistenti. A partire dalla malta da intonaco, utilizzata per la prima volta nell'impermeabilizzazione del vecchio tunnel ferroviario del Gottardo, fino ad interi sistemi impermeabilizzanti per un ampio numero di applicazioni, che attualmente include anche la Galleria del San Gottardo, la più lunga galleria ferroviaria ad alta velocità del mondo, i prodotti Sika contribuiscono a costruire il successo. Sigillare durevolmente contro la penetrazione dell'acqua, o in altri casi preservare l'acqua - preziosa - e prevenirne la fuoriuscita; due aspetti di una sfida globale presentano interfacce complesse.

Il calcestruzzo ha dato forma allo sviluppo della sostenibilità di Sika e dal 1910 Sika ha dato un notevole contributo allo sviluppo del calcestruzzo come materiale da costruzione a lunga durata!

CONTENUTI

04 Tecnologia del calcestruzzo. Linee guida

08 Strutture in calcestruzzo impermeabile

10 Calcestruzzo resistente alla corrosione

12 Gelo & disgelo / Calcestruzzi resistenti al gelo e ai cicli di gelo disgelo

14 Calcestruzzo resistente ai solfati

16 Calcestruzzo resistente al fuoco

18 Calcestruzzo resistente alla reazione alcalino-silice

20 Calcestruzzo resistente all'abrasione

22 Calcestruzzo resistente alle sostanze chimiche

24 Calcestruzzo ad alta resistenza

26 Calcestruzzo a ritiro controllato

TECNOLOGIA DEL CALCESTRUZZO. LINEE GUIDA

IL CALCESTRUZZO È IL MATERIALE DA COSTRUZIONE DEL SECOLO e svolge un ruolo cruciale in tutte le esigenze di costruzione e infrastrutture. Nel mondo di oggi, l'uso del calcestruzzo è universale e costruire senza di esso sarebbe inimmaginabile.

Il calcestruzzo è un materiale molto resistente se adeguatamente progettato, controllato, messo in opera in modo professionale e curato. Le costruzioni e le infrastrutture in calcestruzzo sono esposte a una gamma molto ampia di stress e sollecitazioni. A partire dalle fasi iniziali dell'idratazione del cemento alle azioni dell'ambiente circostante, continuando per tutta la vita della struttura. Forze, carichi, effetti termici, acqua, contaminazione, erosione, traffico, abrasione, vibrazione, affaticamento e impatto pongono una elevata richiesta di durabilità. Per resistere a tutti questi fattori, gli additivi riduttori di acqua svolgono un ruolo fondamentale.

La durata del calcestruzzo sta in primo luogo nella forza. "Più forte e più compatto è il calcestruzzo, maggiore è la resistenza all'attacco esterno". La resistenza del calcestruzzo durevole è spesso espressa dal rapporto acqua/cemento (w/c) le alte resistenze possono essere raggiunte solo con un basso contenuto di acqua. Un basso contenuto di acqua e una composizione del legante modificata sono quindi i due fattori cruciali per un calcestruzzo migliore e durevole e dalle prestazioni più elevate.

Riduzione dell'acqua e porosità

I moderni additivi per calcestruzzo possono ridurre la richiesta di acqua nel calcestruzzo fresco del 40% senza modificarne la lavorabilità. Di conseguenza, la quantità di pori nella pasta cementizia può essere ridotta del 75% aggiungendo un superfluidificante.

Effetto della riduzione dell'acqua sulla qualità del calcestruzzo

Calcolo del contenuto di acqua (necessaria e quantità di acqua in eccesso)

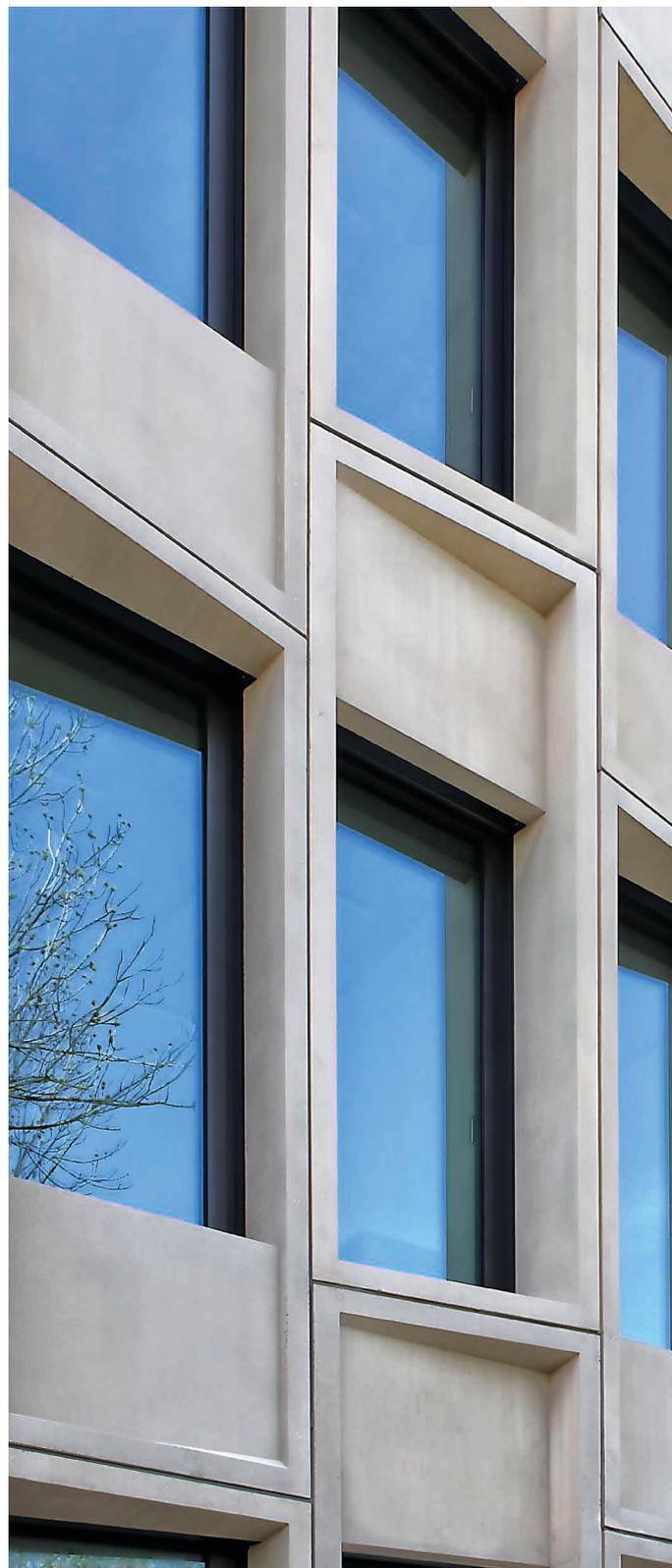
Mix 1: calcestruzzo di riferimento

Contenuto di cemento	320	kg/m ²
Riferimento nessuna riduzione dell'acqua	0%	
Contenuto di acqua 192 litri	0.60	w/c-ratio
Quantità dei pori (in base al volume di calcestruzzo)	7.0%	
Quantità dei pori (in base alla pasta cementizia)	24.0%	

Mix 2: Calcestruzzo ottimizzato

Contenuto di cemento	320	kg/m ²
Riduzione dell'acqua utilizzando WR / HRWR	28%	
Contenuto d'acqua 138 litri	0.43	w/c-ratio
Pore quantity (based on the concrete volume)	1.7%	
Quantità dei pori (in base alla pasta cementizia)	6.9%	

Figura 1: Effetto della riduzione dell'acqua sulla quantità dei pori





Limiti di riduzione dell'acqua nella pratica

Considerando un basso contenuto di acqua per aumentare resistenza e durabilità, i requisiti di prestazione devono essere bilanciati con i requisiti di lavorabilità. È importante ricordare che metodo di posa e la qualità degli aggregati, hanno un'enorme influenza sulla massima capacità di riduzione dell'acqua.

Effetto della richiesta minima di acqua per i diversi contenuti del legante

Limiti di riduzione dell'acqua

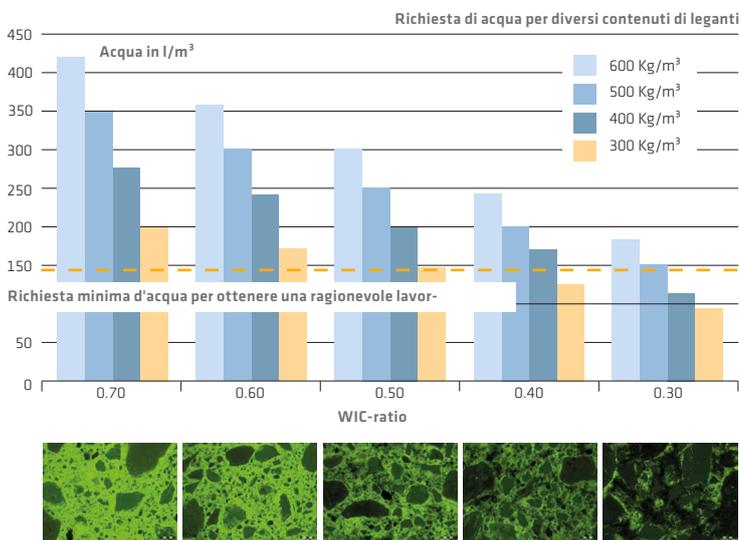


Figure 2: Per aumentare la durabilità, il potenziale di riduzione dell'acqua deve essere compatibile con l'esigenza di posa

Durabilità e lavorabilità

Un calcestruzzo durevole significa un basso rapporto a/c e scelta di materiali in funzione delle condizioni ambientali combinato con materiali costituenti appositamente selezionati nella giusta quantità regolata in base alle condizioni ambientali e ai requisiti di prestazione. Esigenze di applicazioni e tempo di lavorabilità dipendono da un corretto mix design.

Calcolo del rapporto acqua / cemento

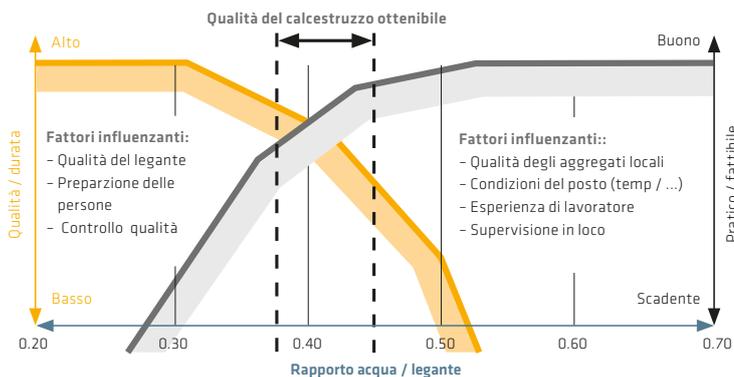


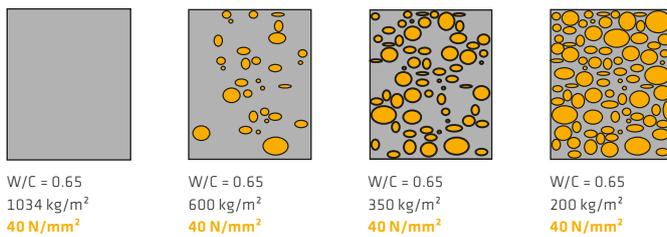
Figure 3: Qualità del calcestruzzo ottenibile

TECNOLOGIA DEL CALCESTRUZZO. LINEE GUIDA

Ottimizzazione della pasta cementizia per raggiungere la durabilità del calcestruzzo. Il calcestruzzo è una miscela di pasta e aggregati. La pasta è composta da legante e acqua. La pasta ricopre la superficie degli aggregati e, attraverso una reazione chimica chiamata idratazione, la pasta indurisce aumentando la propria resistenza. In alcuni casi il legante viene aumentato nel tentativo di migliorare le prestazioni. In effetti, questo processo aumenta inevitabilmente il volume della pasta di cemento, diminuisce il volume dell'aggregato. Questo ha meno influenza sulla resistenza e spesso è più opportuno adattare il volume della pasta riducendo il contenuto di acqua. In tal modo, questo metodo è più efficace nell'aumentare resistenza e durabilità. Per produrre un calcestruzzo durevole occorre prestare attenzione a selezionare i materiali idonei e nelle giuste proporzioni. Una corretta progettazione del mix design è l'inizio di un efficace processo di durabilità.

Effetto del contenuto di acqua e quantità di cemento sulle proprietà del calcestruzzo:

Il calcestruzzo con **diverso volume di pasta ma stessa qualità della pasta** avranno le "stesse" forze meccaniche



Il calcestruzzo con **qualità di pasta diversa** avrà diverse resistenze meccaniche

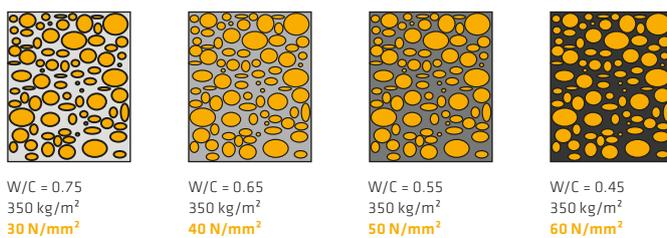


Figura 4: Visualizzazione della pasta di cemento in base al contenuto di cemento e al rapporto w / c

Relazione complessa tra contenuto d'acqua, contenuto di fini e lavorabilità

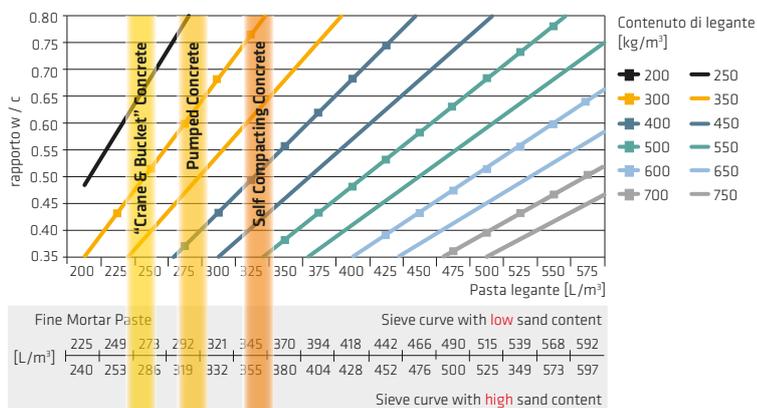
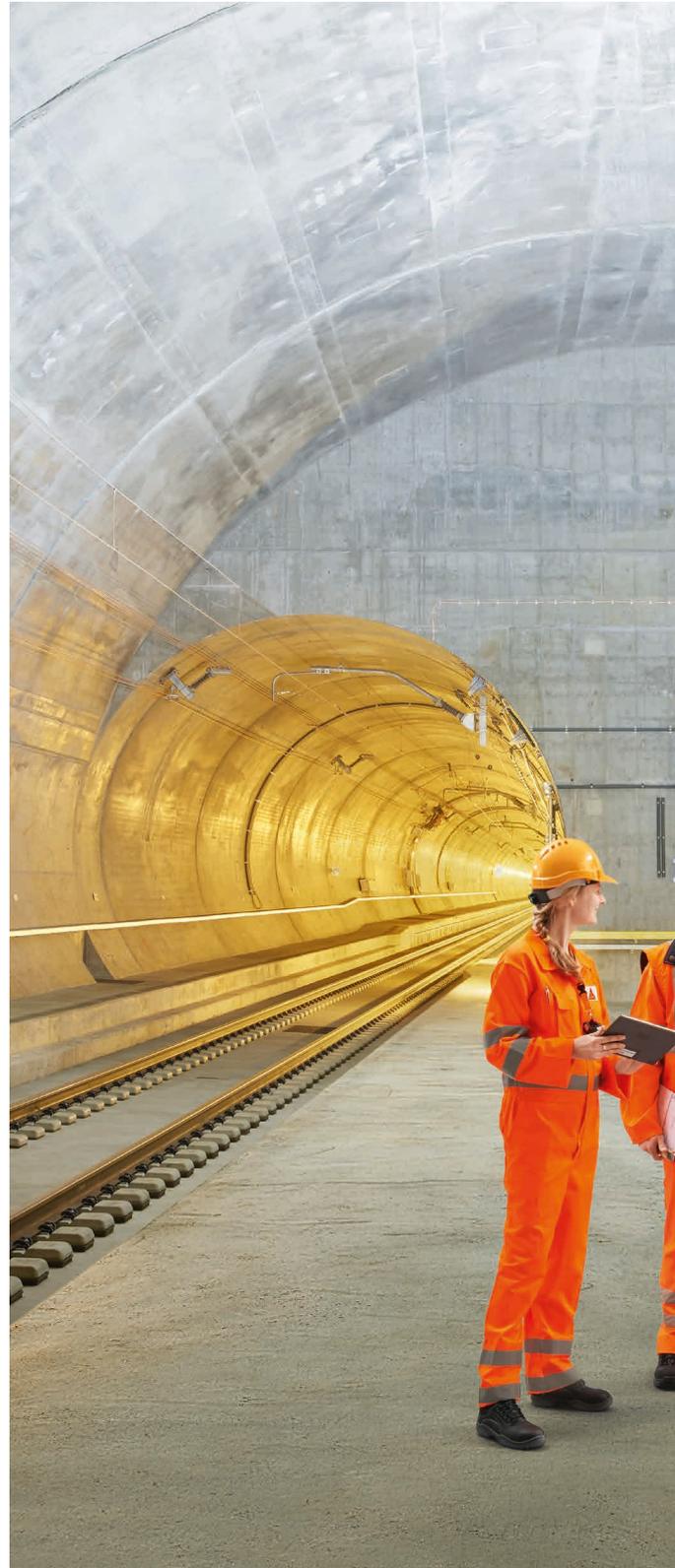


Figura 5: Relazione tra le resistenze a compressione di un calcestruzzo specifico, espressa in w / c-ratio, e la quantità di pasta cementizia (L / m³) per un contenuto di cemento richiesto (kg / m³)





Ridurre al minimo la migrazione di cloruro

Il calcestruzzo è spesso esposto all'acqua e all'interno dell'acqua possono esserci alcuni agenti inquinanti aggressivi. Il calcestruzzo, generalmente, ha una bassa resistenza all'attacco chimico aggressivo sotto forma di carbonatazione, cloruri e solfati. Questi inquinanti penetrano nel calcestruzzo con diversi meccanismi di trasporto tra cui assorbimento capillare, permeabilità, elettro-migrazione arrivando alla corrosione delle armature. Riducendo il rapporto di acqua e legante, aumenterà l'impermeabilità e migliorerà la resistenza chimica.

Effetto del contenuto di acqua sulla migrazione di cloruro

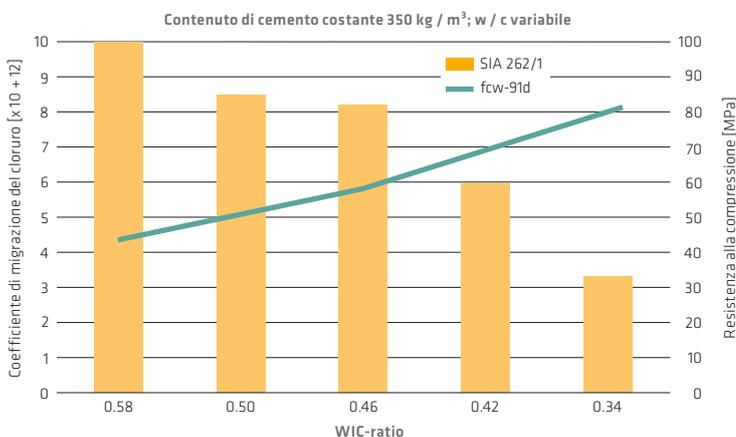


Figura 6: Tests su calcestruzzo secondo SIA 262/1 allegato B (simile a NT BUILD 492)

In questi ultimi anni la resistenza del calcestruzzo all'attacco esterno è notevolmente aumentata mediante l'uso di aggiunte appositamente selezionate (ad esempio ceneri volanti e fumi di silicio) e additivi che migliorano le prestazioni (ad esempio riduttori di acqua).

Effetto dei fumi di silice sulla migrazione di cloruro

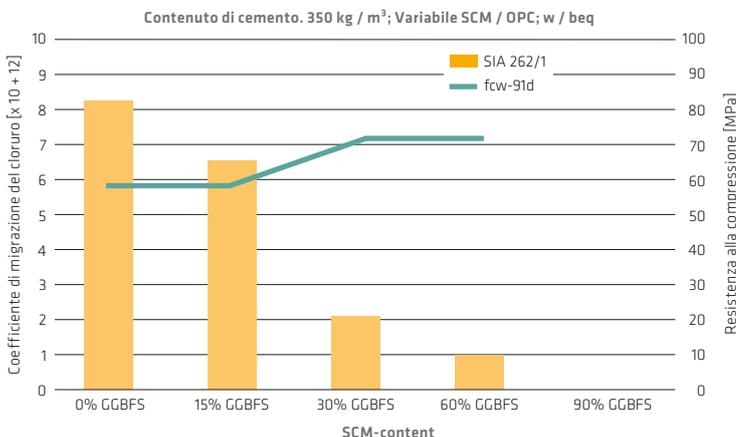


Figura 7: Tests su calcestruzzo secondo SIA 262/1 allegato B (simile a NT BUILD 492)

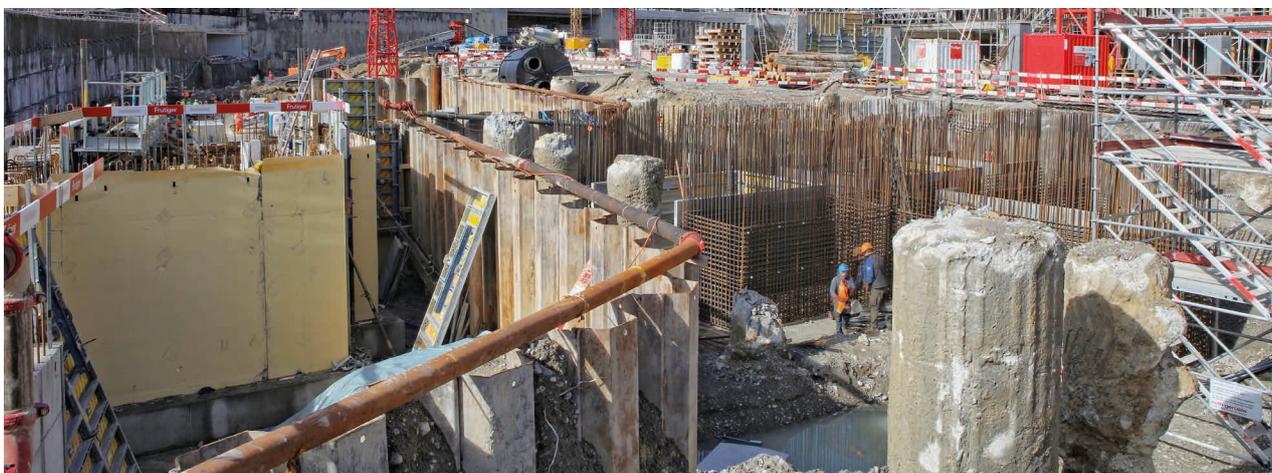
STRUTTURE IN CALCESTRUZZO IMPERMEABILE

LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DI UNA STRUTTURA IN CALCESTRUZZO IMPERMEABILE

è un sistema di approccio. L'impermeabilità all'acqua di una costruzione è determinata dai requisiti relativi alla limitazione della permeabilità all'acqua attraverso il calcestruzzo e i giunti.

Le costruzioni impermeabili sono realizzate applicando un sistema ben definito di progettazione.

Tutte le parti coinvolte devono interagire strettamente per minimizzare tutti i rischi possibili.



Sika Waterbars è un nastro flessibile in PVC flessibile preformato per l'impermeabilizzazione di giunti di movimento e di costruzione .

CONSIGLI SULLA MISCELA DI CALCESTRUZZO E MISURE RACCOMANDATE

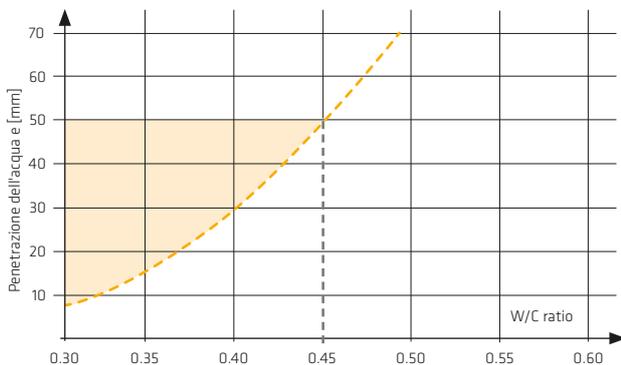
Componenti	Descrizione	Example formula
Aggregati	Qualsiasi qualità di aggregato possibile	Sono possibili tutte le dimensioni di aggregato
Calcestruzzo	Qualsiasi cemento che soddisfi gli standard locali	Settare il volume di pasta di cemento il più basso possibile per il rispettivo metodo di posa 350 kg/m ³
Additivi in polvere	Ceneri volanti, scoria granulare d'altoforno macinata a terra	Sufficiente contenuto di particelle fini mediante la regolazione del contenuto del legante
Contenuto d'acqua	Acqua corrente e acqua di riciclo con requisiti relativi a contenuti di finisimi	Rapporto acqua / cemento secondo le norme relative all'esposizione ≤ 0.45
Additivi per calcestruzzo	Superfluidificante, Tipo dipende dalla posa e dai precedenti requisiti di resistenza Inibitore della corrosione	Sika® ViscoCrete® o SikaPlast® o Sikament® 0.60 - 1.50% Sika® WT 1.50%
Requisiti di installazione	Additivo antievaporanti	Posa e curing accurato. Sika Antisol®
Sigillatura dei giunti	Sigillatura di giunti di movimento, costruzioni e programmati	Sika® Waterbars Sikadur® Combiflex® Sika® Injectoflex System SikaSwell®

Standard di riferimento, pubblicazioni

- DIN 1045: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Beuth-Verlag, Berlin
- DIN EN 206: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität (2001-07), Beuth-Verlag, Berlin
- DAFStb Heft 555 «Erläuterungen zur DAFStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton»
- US Army Corps of Engineers (USACE) CRD- C48-73 "Permeability of Concrete"
- British Standard BS 1881 Part 122

L'impermeabilità del calcestruzzo all'acqua è determinata dall'impermeabilità della matrice cementizia, cioè dalla porosità capillare. Fattori decisivi per la porosità capillare sono il rapporto acqua/cemento nonché il contenuto e il tipo di materiali idraulici pozzolanici e dalla presenza di additivi superfluidificanti. I pori sono i potenziali percorsi migratori per l'acqua attraverso il calcestruzzo. La scelta del superfluidificante è importante per agevolare la posa del calcestruzzo e risolverla. Problematiche relative alla classe di consistenza, mantenimento della consistenza, alta resistenza iniziale e buona finitura superficiale. Una miscela resistente all'acqua reagisce con gli ioni di calcio nella pasta di cemento per produrre uno strato idrofobico all'interno dei pori capillari. Questo di conseguenza blocca i pori e fornisce una protezione efficace anche ad elevate pressioni idrostatiche. Adottando le linee guida per la corretta posa in opera, compattazione e cura postgetto, e combinandole ad una adeguata progettazione dei giunti di movimento e costruzione, si arriva alla chiave per ottenere una struttura impermeabile. Per ridurre il rischio di fessurazioni da ritiro, è necessario prendere in considerazione le sequenze di getto, calcestruzzo e le dimensioni delle campiture, considerando che il rapporto consigliato è di 3:1.

Inoltre è necessario prendere in considerazione altri dettagli, come i fori dei distanziatori e tutti i corpi passanti. A seconda del livello di protezione all'acqua, ad esempio la pressione dell'acqua esterna e l'utilizzo previsto della costruzione, sono disponibili diversi sistemi di giunti. I giunti di costruzioni sono generalmente sigillati usando rotoli idrofili che si presentano in diverse forme e dimensioni che si espandono a contatto con

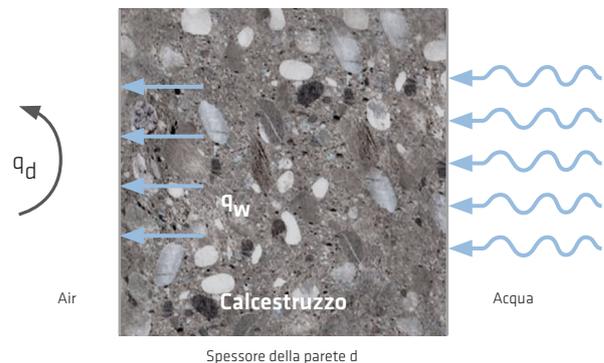


Penetrazione dell'acqua sotto pressione idrostatica. Il limite di permeabilità all'acqua per impermeabilità è definito come una penetrazione massima dell'acqua nel calcestruzzo sotto una pressione specifica in un periodo definito.



L'assorbimento d'acqua del calcestruzzo sotto pressione misura la massima penetrazione d'acqua in mm dopo un tempo definito con una pressione specificata. (24 ore con 5 bar secondo EN12390-8)

l'acqua. Laddove una struttura richiede un livello superiore di protezione, sono disponibili sistemi di sigillatura più avanzati: tubi flessibili preinstallati, iniettabili e re-iniettabili a seconda dei diversi materiali utilizzati per le iniezioni. Ciò fornisce un'eccellente ulteriore protezione. Dove sono presenti giunti di movimento, possono essere sigillati utilizzando strisce di poliolefine fissate internamente o esternamente usando adesivi e epossidici specifici o tradizionali soprattutto come sistema di back up



Immersione e contatto permanente con l'acqua. Il limite di permeabilità all'acqua per impermeabilità è definito come $g / m^2 \times ore$, dove la permeabilità all'acqua è inferiore al volume di acqua vaporizzato senza pressione per un periodo definito.

CALCESTRUZZO RESISTENTE ALLA CORROSIONE

IL CALCESTRUZZO È UN MATERIALE DA COSTRUZIONE "INGEGNOSO", anche perché in combinazione con l'acciaio, presenta una straordinaria capacità portante. La presenza di un'armatura di acciaio nel calcestruzzo ha il vantaggio che in condizioni normali l'elevato valore del pH del calcestruzzo crea uno strato passivante di idrossidi di ferro sulla superficie dell'acciaio che lo protegge dalla corrosione. Tuttavia, l'acciaio può essere compromesso nella sua durata di prestazioni dalla presenza di umidità e di sali. Le costruzioni in località costiere, in condizioni di terreno aggressivo o in aree in cui vengono utilizzati agenti antigelo devono essere costantemente protetti contro le conseguenze della corrosione dell'acciaio.



CONSIGLI SULLA MISCELA DI CALCESTRUZZO E MISURE RACCOMANDATE

Componenti	Descrizione	Formula di esempio	
Aggregati	Qualsiasi qualità di aggregato possibile	Sono possibili tutte le dimensioni di aggregato	
Calcestruzzo	Qualsiasi cemento che soddisfi gli standard locali	Sostituzione del cemento fino a > 60% con GGBFS, SF e / o FA	
Additivi in polvere	Ceneri volanti, scorie di altoforno granulate macinate, fumi di silice, pozzolane naturali		
Contenuto di acqua	Acqua corrente e acqua di riciclo con requisiti relativi a contenuti finissimi	Rapporto acqua / cemento secondo le norme < 0.45 per quanto riguarda l'esposizione	
Additivi per calcestruzzo	Superfluidificante, il tipo dipende dalla posa e dai precedenti requisiti di resistenza Inibitore della corrosione	Sika® ViscoCrete® or SikaPlast® or Sikament® Sika® CNI Sika® FerroGard®-901	0.60 - 1.50% 15 - 40 kg/m ² 10 - 12 kg/m ²
Requisiti di installazione	Additivo antievaporante	Posa e curing accurato. Sika Antisol®	
Sistema di protezione	Protezione superficiale contro l'infiltrazione di cloruri, CO ² e acqua	Sika offre una vasta gamma di soluzioni rigide e flessibili per prevenire la penetrazione dell'acqua Soluzione Sika: Sikagard®	

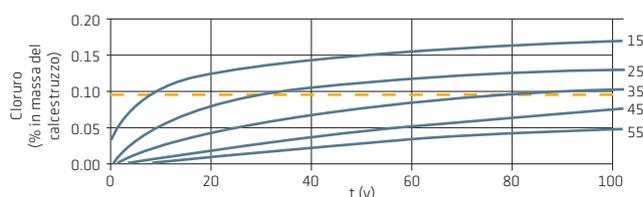
Standard di riferimento, pubblicazioni

- ASTM C1202 - Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration
- ACI 222 - Protection of Metals in Concrete Against Corrosion
- ASTM C1582 / C1582M - Standard Specification for Admixtures to Inhibit Chloride-Induced Corrosion of Reinforcing Steel in Concrete
- "Corrosion Costs and Preventive Strategies in the United States" PUBLICATION NO. FHWA-RD-01-156;
Authors Gerhardus H. Koch, Michiel P.H. Brongers, and Neil G. Thompson, CC Technologies Laboratories, Inc., Dublin, Ohio Y. Paul Virmani U.S. Federal Highway Administration, Turner-Fairbank Highway Research Center, McLean, Virginia J.H. Payer Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio
- WT Build 492 - Chloride migration coefficient for: Concrete, Mortar and cement

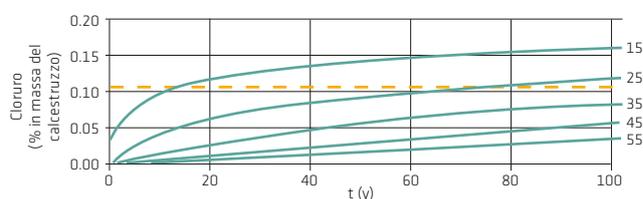
Le pratiche costruttive standard non sono sufficienti per garantire un'adeguata protezione delle armature dalla corrosione. Nonostante si osservino i requisiti minimi previsti dalle classi di esposizioni, la protezione del calcestruzzo si rivela insufficiente specialmente in ambienti con alti livelli di cloruri (sali antigelo, terreni contaminati, acqua di mare o persino componenti contaminati della miscela di calcestruzzo). Per prevenire la corrosione o ritardarne l'inizio, e prolungare così la vita di una struttura, è possibile adottare quattro misure aggiuntive: aumentare la qualità del calcestruzzo, utilizzare inibitori di corrosione, aumentare il copriferro e applicare rivestimenti protettivi.

Aumentare la qualità del calcestruzzo significa ridurre il numero e la dimensione dei pori capillari. Ciò aumenta la densità nella matrice di calcestruzzo e di conseguenza ostacola il trasporto di cloruri o CO₂ nel calcestruzzo. La riduzione del rapporto acqua/cemento attraverso l'applicazione di riduttori di acqua e l'uso di aggiunte, come cenere volante o fumi di silice o pozzolani naturali, sono elementi che possono migliorare le caratteristiche del calcestruzzo. Quando si sceglie una migliore qualità del calcestruzzo per limitare la corrosione, è necessario prestare particolare attenzione alla corretta posa, alla stagionatura ed al ritiro del calcestruzzo, poiché piccole fessurazioni possono consentire la penetrazione di cloruri o CO₂ fino all'armatura metallica. Gli additivi inibitori di corrosione vengono aggiunti alla miscela di calcestruzzo durante il processo di confezionamento. Gli inibitori non influenzano in modo significativo la densità del calcestruzzo o l'entrata di cloruri o CO₂, ma agiscono direttamente sul processo di corrosione. In altri termini, un inibitore di corrosione deve ridurre la velocità di corrosione e l'area corrosa dei rinforzi in calcestruzzo contenente cloruri. I principali prodotti utilizzati oggi come inibitori della corrosione sono i prodotti a base di nitrito di calcio o inibitori di corrosione organici in amminoestere. I rivestimenti protettivi sono utilizzati per ridurre l'ingresso di cloruri o anidride carbonica. I rivestimenti possono essere applicati in base a due criteri: alla superficie del calcestruzzo o alle armature metalliche stesse prima che siano incorporate nel calcestruzzo.

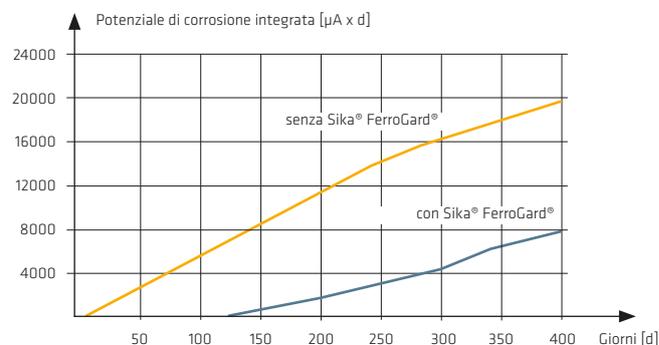
a) Calcestruzzo di riferimento



b) Calcestruzzo con inibitore di corrosione



Contenuto proiettato di cloruro nel calcestruzzo nel tempo per a) calcestruzzo di riferimento e b) calcestruzzo con additivo anticorrosione. Tracciato per diverse profondità di copertura 15, 25, 35, 45 e 55 mm come indicato dai numeri sulle linee. Le linee blu tratteggiate rappresentano i valori stimati di soglia del cloruro.



Il dipartimento di ricerca Sika di Zurigo ha testato l'effetto anticorrosivo di Sika® FerroGard® su travi in calcestruzzo fessurato. I campioni sono stati prodotti in conformità con ASTM C 109 e sono stati trattati ciclicamente con sali stradali. La misurazione periodica della potenziale di corrosione conferma l'effetto protettivo di Sika® FerroGard®.



Danni alla struttura in calcestruzzo dovuti a una copertura di calcestruzzo insufficiente e alla bassa qualità del calcestruzzo

GELO & DISGELO/ CALCESTRUZZI RESISTENTI AL GELO E AI CICLI DI GELO DISGELO

LE ECCESSIVE QUANTITÀ DI SALE ANTIGELO APPLICATE PERIODICAMENTE, ATTACCANO LE SUPERFICI IN CALCESTRUZZO, e sono tra gli elementi più dannosi per quest'ultime, nonostante questo problema sia stato sottovalutato per decenni. Attraverso un'adeguata tecnica strutturale e l'osservanza delle misure tecnologiche di base relative al calcestruzzo, il materiale da costruzione può dimostrare un'elevata resistenza al gelo e ai sali disgelanti..



CONSIGLI SULLA MISCELA DI CALCESTRUZZO E MISURE RACCOMANDATE

Componenti	Descrizione	Formula di esempio
Aggregati	Qualsiasi qualità di aggregato possibile	Sono possibili tutte le dimensioni di aggregato
Calcestruzzo	Qualsiasi cemento che soddisfi gli standard locali Cemento Portland puro per la massima resistenza	Mirare ad un volume di pasta di cemento il più basso possibile per il rispettivo metodo di posa
Additivi in polvere	Per una maggiore compattezza	Sikafume® up to max. 4%
Contenuto di acqua	Acqua di miscelazione pulita, libera da residui	Rapporto acqua / cemento secondo le norme per quanto riguarda l'esposizione < 0.45
Additivi per calcestruzzo	Superfluidificante Il dosaggio dipendente dalla formula (superfluidificante e filtro aria devono essere adattati l'uno all'altro)	Sika® ViscoCrete® o SikaPlast® o Sikament® 0.60 - 1.50%
	Aeranti (tempo di miscelazione circa 90 sec.) La quantità di aerante richiesta dipende molto dal calcestruzzo e dalla quantità di sabbia residua	Sika® Control Aer® dosaggio: Contenuto di vuoti d'aria: - diametro max delle particelle 32 mm approx. 3.0 - 5.0% - diametro max delle particelle 16 mm approx. 4.0 - 6.0%
Requisiti di installazione	Il calcestruzzo resistente al gelo deve essere trasportato solo su camion adeguati e deve essere nuovamente miscelato a fondo (circa 30 sec./m ³) prima di essere scaricato. Dovrebbe seguire la misurazione standard del vuoto d'aria. Additivo antievaporante	Posa e curing Sika Antisol®

Standard di riferimento, pubblicazioni

- Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) 2004
- ACI 306R - Cold Weather Concreting
- ACI 201.2R - Guide to Durable Concrete, Chapter 1 - Freezing and Thawing of Concrete
- ASTM C 457 - Standard Test Method for Microscopical Determination of Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete
- ASTM C666 / C666M - Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing

Soprattutto nella costruzione di strade aeroportuali, piste, ma anche per le strutture particolarmente gravate dall'esposizione a spruzzi e piogge leggere come i muri di sostegno, le gallerie stradali, i ponti o i portali di gallerie, nonché sugli edifici stessi, le temperature estremamente rigide impongono forti tensioni nella struttura in calcestruzzo a causa del congelamento dell'acqua.

Nelle aree vicino alla sua superficie, l'acqua viene trascinata nel calcestruzzo a causa dell'azione capillare. Se l'acqua si ghiaccia, aumenta il suo volume di carico il 10%. Ciò significa che in questi vuoti pieni d'acqua si sviluppa una forte pressione. A seconda delle proprietà meccaniche del calcestruzzo (trasferimento delle forze di trazione), questa pressione può comportare variazioni di volume o piccole fessurazioni nella microstruttura del calcestruzzo. Un evento isolato di infiltrazione potrebbe essere considerato insignificante, ma i cicli di gelo e disgelo durante la stagione fredda, per un numero esteso di anni, possono portare a scheggiature superficiali spostando la zona di attacco fino alla barra di armatura.

Gli agenti antighiaccio vengono impiegati per prevenire la formazione di ghiaccio sui marciapiedi o sulle superfici stradali. Questi agenti provocano una rapida fusione del ghiaccio sulle superfici in calcestruzzo, un processo che ricava un considerevole calore dal calcestruzzo in un periodo di tempo molto breve. Ciò significa che nelle aree del calcestruzzo vicine alla superficie, la temperatura si abbassa di oltre 10 °C entro 1 - 2 minuti. L'uso di agenti antigelo produce picchi di stress ancora maggiori quando l'acqua si ghiaccia. Dal punto di vista della tecnologia del calcestruzzo, questa tensione può essere soddisfatta con due accortezze di base, sebbene ciascuna di per sé non sia sufficiente. Il contenuto di acqua del calcestruzzo con elevata resistenza al gelo e l'esposizione al sale antigelo deve essere mantenuto il più basso possibile. Ciò riduce fortemente la quantità di acqua libera nella struttura in calcestruzzo. Inoltre, l'acqua residua sempre presente nel calcestruzzo deve

Un metodo ampiamente utilizzato per testare la resistenza al gelo e disgelo del calcestruzzo consiste nel successivo congelamento e scongelamento in un bagno d'acqua, con successiva misurazione della differenza di peso prima e dopo il test.



Danni da agenti atmosferici praticamente nulli

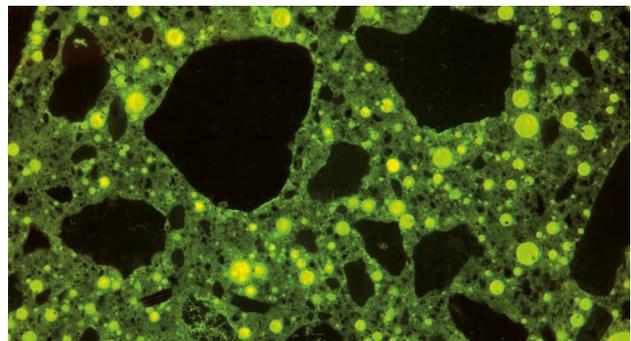
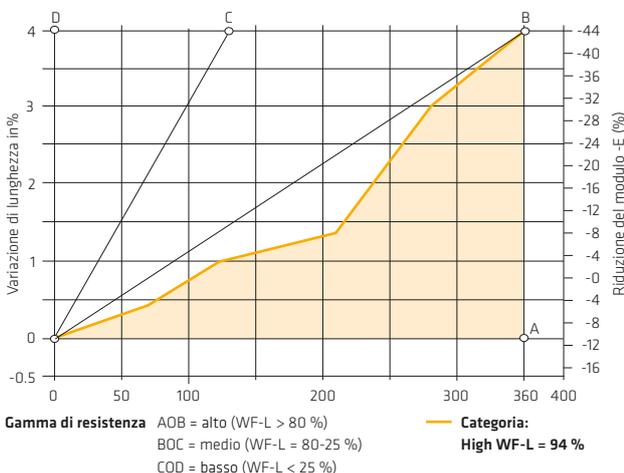


Danni molto gravi da agenti atmosferici



L'agente di sbrinatorio cosparso intensifica notevolmente la reazione al congelamento dell'acqua e porta a danni sostanzialmente maggiori nelle aree del calcestruzzo vicine alla su-

essere fornita di uno spazio per l'espansione, in modo che al momento del congelamento l'aumento di volume possa essere assorbito senza generare tensioni interne. Questi vuoti introdotti artificialmente, creati durante il processo di produzione del calcestruzzo con l'aeratore, devono essere il più piccoli possibile, chiusi e sferici, con una dimensione di 0,02 - 0,3 mm di diametro. Vuoti di una dimensione al di fuori di questo intervallo non contribuiscono alla resistenza al gelo del calcestruzzo. La quantità di vuoti introdotti, misurata mediante il test del porosimetro.



I vuoti d'aria introdotti artificialmente, causati da un aeratore, generano lo spazio per l'espansione nella struttura in calcestruzzo per consentire un aumento del volume di circa il 10% quando l'acqua si ghiaccia. Nella prova BE II secondo D-R 400, i prismi di prova sono soggetti a carichi alternati tra +20 °C e -20 °C, la variazione di lunghezza viene misurata e valutata tra tre intervalli di durata (basso / medio / alto). Calcolo secondo ASTM C666.

CALCESTRUZZO RESISTENTE AI SOLFATI

SOPRATTUTTO NELLA COSTRUZIONI SOTTERRANEE, le strutture in calcestruzzo sono esposte oltre che a carichi e a sollecitazioni d'uso anche a fattori esterni, a sollecitazioni meccaniche e acque aggressive. Le soluzioni contenenti solfati, come nelle acque sotterranee naturali o contaminate, rappresentano un notevole impatto di deterioramento sul calcestruzzo. Questo può portare alla perdita di resistenza, fenomeni di espansione, crepe negli strati superficiali fino alla possibile disgregazione.



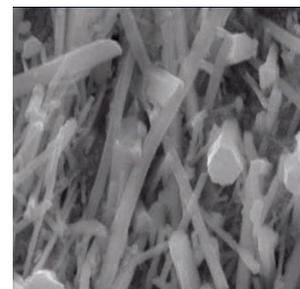
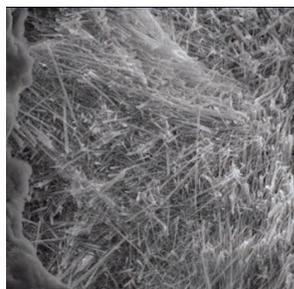
CONSIGLI SULLA MISCELA DI CALCESTRUZZO E MISURE RACCOMANDATE

Componenti	Descrizione	Formula di esempio
Aggregati	Qualsiasi qualità di aggregato possibile	Sono possibili tutte le dimensioni di aggregato
Calcestruzzo	Conformità alla EN 206 con cementi resistenti al solfato ASTM C-150 da moderati ad alti	Mirare ad un volume di pasta di cemento il più basso possibile per il rispettivo metodo di posa
Additivi in polvere	Ceneri volanti, scorie granulate d'altoforno, fumi di silice, pozzolane naturali	Sikafume® 4.0 - 8.0%
Contenuto di acqua	Conformità alla norma EN 206, in base alla classe di esposizione Conformità alla norma ASTM, in base alla classe di esposizione	Rapporto acqua / cemento XA1 <0.55 XA2 <0.50 XA3 <0.45 Moderato Typ 2 <0.50 Forte Typ 5 <0.45 Molto forte Typ 5 <0.40
Additivi per calcestruzzo	Superfluidificante Il tipo dipende dalla posa e dai requisiti iniziali di resistenza	Sika® ViscoCrete® o SikaPlast® o Sikament® 0.60 - 1.50%
Requisiti di installazione	Additivo antievaporante	Posa e curing Sika Antisol®
Sistema di protezione / Sistema di polimerizzazione speciale	La resistenza del calcestruzzo alle sostanze chimiche è molto limitata. Rivestimenti appropriati possono proteggere a lungo la superficie del calcestruzzo contro l'esposizione	Trattamento speciale dei tratti di tunnel prefabbricato immediatamente dopo la sformatura con Sikagard®

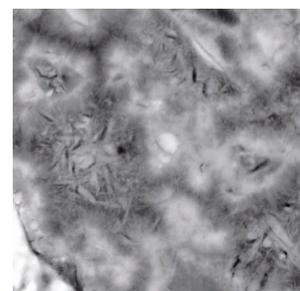
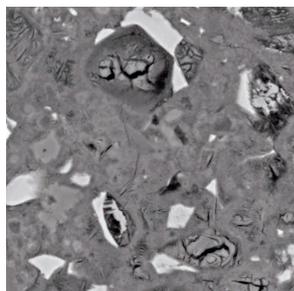
Standard di riferimento, pubblicazioni

- DIN EN 206: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, Beuth-Verlag, Berlin
- ACI 201.2R - 08 Guide to Durable Concrete, Chapter 2 - Chemical attack
- ASTM C 452 - Standard Test Method for Potential Expansion of Portland-Cement Mortars Exposed to Sulfate
- ASTM C 1012 - Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution

Il ciclo di vita previsto di una struttura in calcestruzzo è assicurato da un'adeguata progettazione della miscela di calcestruzzo in relazione all'esposizione prevista. Il solfato contenuto nell'acqua reagisce con l'alluminato tricalcico (C3 A) contenuto nel cemento per formare ettringite (anche thaumasite in determinate condizioni), che porta ad aumenti di volume. Questo aumento di volume determina un'elevata pressione interna nella struttura in calcestruzzo che provoca crepe e scheggiature. Tale attacco è classificato tra i tipi di attacco chimico in base al quale il calcestruzzo standard progettato senza accorgimenti specifici può subire danni significativi. L'esperienza sul campo dimostra che la perdita di adesione e di resistenza, creano danni solitamente più gravi rispetto a quelli provocati dall'espansione e dalle crepe. La resistenza del calcestruzzo al solfato, è determinata dalla resistenza al solfato della matrice cementizia e dalla sua capacità di resistere alla diffusione degli ioni solfato attraverso la matrice. Il calcestruzzo destinato ad essere resistente ai solfati dovrebbe quindi essere caratterizzato da un'elevata impermeabilità e da una certa resistenza alla compressione. Inoltre, devono essere utilizzati cementi con basso contenuto di C3 A e Al₂O₃. Così facendo si riduce il potenziale per eventuali reazioni deterioranti. Inoltre, l'utilizzo di fumi di silice è vantaggiosa, poiché contribuisce a una maggiore densità della matrice cementizia agevolando un maggior legame tra la matrice di cemento e gli aggregati, e quindi porta ad una maggiore resistenza alla compressione. L'attacco dei solfati è indicato come attacco chimico di classe di esposizione secondo la EN 206-1. Pertanto la classe di esposizione è determinata dal contenuto di solfato previsto nell'acqua che entra in contatto con il calcestruzzo. A seconda della classe di esposizione, è richiesto un contenuto minimo di cemento in combinazione con un rapporto massimo acqua/cemento, nonché un utilizzo obbligatorio di calcestruzzo con elevata resistenza al solfato. Nella costruzione di tunnel, la durabilità è di fondamentale importanza e l'attacco del solfato è un fenomeno costante e sfidante. Ciò è particolarmente vero nel caso della produzione di segmenti di rivestimento per tunnel prefabbricati per TBM e supporto per roccia applicato con calcestruzzo spruzzato. Negli scavi in cui è presente un alto contenuto di solfato, è difficile soddisfare tutti i requisiti tecnici, a meno che non vengano adottate misure appropriate anche per quanto riguarda la progettazione del calcestruzzo. Per il calcestruzzo spruzzato l'uso di acceleranti alcalini è obbligatorio per ottenere un'adeguata resistenza ai solfati. La produzione industrializzata e rapida dei segmenti di rivestimento richiede cicli di produzione di poche ore, con uno sviluppo massimo della temperatura a 60 °C nel calcestruzzo. Ciò è molto difficile con i cementi convenzionali resistenti ai solfati, poiché questi cementi presentano un lento sviluppo alle resistenze iniziali. Una miscela di calcestruzzo contenente fumi di silice e un superfluidificante soddisfa entrambi i criteri, la produttività e la resistenza ai solfati, ma questo sistema è molto sensibile alla corretta stagionatura per evitare la formazione di fessurazioni. Con l'applicazione di un additivo stagionante immediatamente dopo la sformatura dei segmenti dalla cassaforma, è possibile minimizzare la formazione di micro-fessure.



Classica forma dell'attacco di solfati associata alla formazione di ettringite o gesso. Serie di aste di ettringite cresciute in paste di cemento mature sottoposte a soluzioni esterne di solfati.



Nuclei di ettringite che si formano in paste di cemento invecchiate. La foto a destra è una pasta di 2 anni sottoposta all'attacco di solfato. Si vedono chiaramente i nuclei di ettringite che si formano all'interno del C-S-H.



Il deterioramento del calcestruzzo dovuto all'attacco di solfati prima e dopo il carico, mostra un forte aumento della lunghezza a causa dell'attacco delle scheggiature. Le prime crepe compaiono nel campione.



Immediatamente dopo l'indurimento in un canale a vapore, la superficie di calcestruzzo dei tratti di rivestimento del tunnel è rivestita con emulsione epossidica a base di acqua che viene assorbita anche nei pori più piccoli, generando così un rivestimento protettivo e sigillato.

CALCESTRUZZO RESISTENTE AL FUOCO

IL PERICOLO DI INCENDIO È PRESENTE SEMPRE E OVUNQUE Il pericolo di incendio è presente sempre e ovunque. La pericolosità dipende dall'esposizione effettiva e ovviamente è diversa se la costruzione minacciata è un sottopassaggio pedonale, un tunnel stradale o un garage sotterraneo in un grattacielo. Il calcestruzzo è il materiale portante in quasi tutte le costruzioni ed è quindi ad alto rischio, poiché l'intera struttura crollerebbe a causa del suo cedimento. Il calcestruzzo deve quindi, indipendentemente dallo scenario di pericolo, essere adeguatamente formulato oppure protetto da misure esterne, al fine di impedire il cedimento per l'alta temperatura in caso di incendio.



CONSIGLI SULLA MISCELA DI CALCESTRUZZO E MISURE RACCOMANDATE

Componenti	Descrizione	Formula di esempio
Aggregati	Gli aggregati tipo di carbonato - calcare, dolomite, limerock, tendono a comportarsi meglio in un incendio mentre calcinano. I tipi contenenti silice si comportano meno bene.	Sono possibili tutte le dimensioni di aggregato
Calcestruzzo	Qualsiasi cemento che soddisfi gli standard locali	Mirare ad un volume di pasta di cemento il più basso possibile per il rispettivo metodo di posa < 0.48
Contenuto di acqua	Acqua corrente e acqua di riciclo con requisiti relativi a contenuti di finissimi	Rapporto acqua / cemento secondo le norme per quanto riguarda l'esposizione
Additivi per calcestruzzo	Superfluidificante Il tipo dipende dalla posa e dai requisiti iniziali di resistenza Fibre monofilamento di polimero o polipropilene	Sika® ViscoCrete® o 0.60 - 1.20% SikaPlast® o Sikament® Sika® Fiber PPM 1.5 - 2.0 kg/³
Requisiti di installazione		Posa e consolidamento accurato. Indurimento successivo per garantire alta qualità (compattezza) delle superfici..
Protezione passiva del calcestruzzo	Malte leggere applicate a spruzzo	Sikacrete®-F

Standard di riferimento, pubblicazioni

- ZTV-ING Teil 5: Tunnelbau
- ACI 216 - Code Requirements for Determining Fire Resistance of Concrete and Masonry Construction Assemblies
- ASTM E119 - Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials
- ÖVBB Merkblatt, Schutzschichten für den erhöhten Brandschutz für unterirdische Verkehrsbauwerke, 2006
- VDV-Förderkreis, Fire Protection in vehicles and tunnels for public transport, 2005

Il calcestruzzo è un materiale da costruzione fabbricato con componenti non combustibili come cemento, aggregati e acqua. La conduttività termica del calcestruzzo è compresa approssimativamente tra 1,5 e 3,0 W / m ° C, il che lo rende adatto come protezione antincendio per resistere agli effetti del calore diretto prima che l'acciaio sottostante si rammolisca al punto di un potenziale collasso strutturale. La resistenza al fuoco è definita come la capacità di una struttura di adempiere alle sue funzioni richieste (funzione portante e / o funzione di separazione) per un'esposizione al fuoco specifica e un periodo specifico (integrità). La resistenza al fuoco si riferisce agli elementi di costruzione e non al materiale stesso, ma le proprietà del materiale influenzano le prestazioni dell'elemento di cui costituisce una parte (Eurocodice 2). I modelli tempo / temperatura si riferiscono al tipo di carburante consumato, al volume di carburante, agli effetti della ventilazione e al luogo dell'incendio.

Nella maggior parte dei casi la temperatura del fuoco aumenta rapidamente in pochi minuti, portando alla formazione di schegge esplosive mentre l'umidità presente nel calcestruzzo si converte in vapore e si espande. Lo scenario di incendio più grave simulato, è la curva di incendio RWS dei Paesi Bassi e rappresenta un incendio di idrocarburi molto esteso all'interno di un tunnel. Ci sono varie opzioni disponibili per migliorare la resistenza al fuoco del calcestruzzo. La maggior parte dei calcestruzzi contiene cemento Portland o cemento Portland miscelato, che inizia a perdere proprietà importanti sopra i 300°C e inizia a perdere le prestazioni strutturali sopra i 600°C. Ovviamente la profondità della zona di calcestruzzo indebolita può variare da pochi millimetri a molti centimetri a seconda della durata dell'incendio e delle temperature di picco raggiunte.

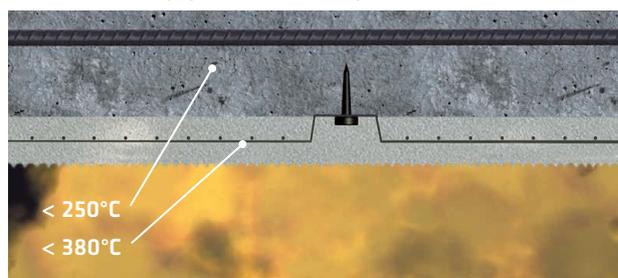
Il calcestruzzo ad alta allumina utilizzato per proteggere i rivestimenti refrattari che raggiungono temperature di 1600°C, fornisce le migliori prestazioni possibili in un incendio e offre prestazioni eccellenti oltre i 1000°C.

La scelta dell'aggregato influenzerà in larga misura le tensioni termiche che si sviluppano durante il riscaldamento di una struttura in calcestruzzo. Gli aggregati del tipo di carbonato come calcare, dolomite tendono a dare risultati migliori in un incendio perchè calcinano quando riscaldati, liberando CO². Questo processo richiede calore, quindi la reazione assorbe parte dell'energia esotermica del fuoco. Gli aggregati contenenti silice tendono a comportarsi meno bene in caso di incendio. Le fibre in monofilamento di polimero o di polipropilene possono contribuire in modo significativo alla riduzione della schegge esplosive e quindi a migliorare la "resistenza al fuoco" del calcestruzzo. In un incendio, queste fibre si sciolgono a circa 160°C, creando canali che consentono al vapore risultante di fuoriuscire, riducendo al minimo le pressioni dei pori e il rischio di schegge. In condizioni in cui il rischio di collasso strutturale non è accettabile, i progettisti esaminano altri modi per proteggere il calcestruzzo dagli effetti del fuoco. Le alternative vanno dall'ispessimento locale del calcestruzzo, al rivestimento con scudi termici rivestiti con vernice intumescente, all'uso di sistemi di pannelli protettivi e malte leggere applicate a spruzzo. Lo scopo di questi sistemi passivi di protezione antincendio dipende dal tipo di tunnel e dalla forma che deve essere protetta.

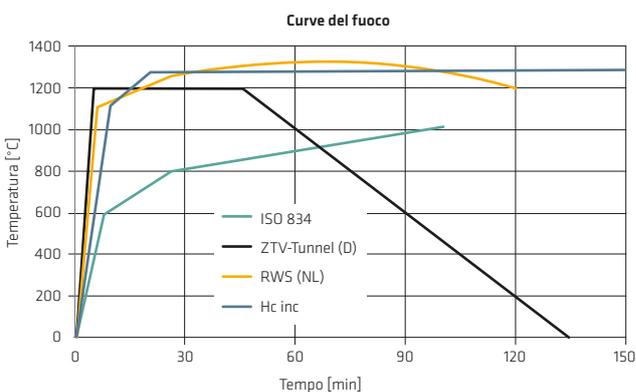


Prove di esposizione al fuoco su calcestruzzo contenente vari aggregati. La scheggiatura superficiale e la sinterizzazione, e una gamma di temperature a diverse profondità, possono essere quindi messi a confronto..

1 Gneis	Superficie fusa	Nessuna scagliatura
2 Calcare1	Disgregazione	17 mm scagliatura
3 Granito	Superficie fusa	25 mm scagliatura
4 Calcare 2	Disgregazione	14 mm scagliatura



Se un intradosso richiede protezione, si consiglia l'uso di rinforzi in rete metallica.



Tutte queste curve di valutazione dell'esposizione al fuoco simulano il profilo di temperatura di un incendio in galleria. L'esempio della curva RWS definisce l'esposizione massima che ci si può aspettare nello scenario peggiore: definito come un incendio di un autocisterna con una capacità di carico di 50m³ che è pieno al 90% di combustibile liquido idrocarburo (benzina).



In speciali camere forno possono essere replicate le traiettorie del fuoco, i pannelli possono essere testati e successivamente valutati. Lo sviluppo della temperatura viene misurato e registrato a varie profondità.

CALCESTRUZZO RESISTENTE ALLA REAZIONE ALCALINO-SILICE

GLI AGGREGATI COSTITUISCONO la parte principale del calcestruzzo. La loro influenza sul calcestruzzo fresco e indurito è notevole. Le cave di aggregati di alta qualità si stanno progressivamente riducendo di numero, e di conseguenza l'industria dei materiali per l'edilizia e la costruzione cercano soluzioni per l'uso di aggregati alternativi. La Reazione Alcalino-Silice (ASR), che può verificarsi con determinati aggregati, rappresenta un rischio particolare e può influire sulla durabilità del calcestruzzo.



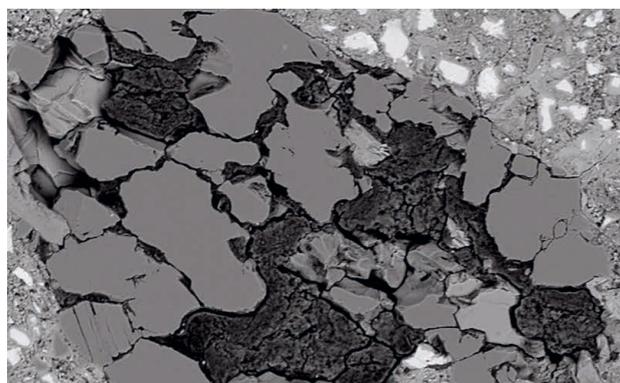
CONSIGLI SULLA MISCELA DI CALCESTRUZZO E MISURE RACCOMANDATE

Componenti	Descrizione	Formula di esempio
Aggregati	Il potenziale ASR degli aggregati dovrebbe essere determinato in precedenza	Sono possibili tutte le dimensioni di aggregato
Calcestruzzo	Preferibilmente cementi con scorie d'altoforno macinate al suolo o contenenti ceneri	Mirare ad un volume di pasta di cemento il più basso possibile per il rispettivo metodo di posa
Additivi in polvere	Fumi di silice, ceneri volanti o scorie di altoforno granulare macinate a terra	Sikafume® 3.0% - 6.0%
Contenuto di acqua	Acqua di miscelazione pulita, libera da residui	Rapporto acqua / cemento secondo le norme per quanto riguarda l'esposizione <0.48
Additivi per calcestruzzo	Superfluidificante Il tipo dipende dalla posa e dai requisiti iniziali di resistenza	Sika® ViscoCrete® o SikaPlast® o Sikament® 0.60 - 1.20%
	Additivi speciali che limitano l'ASR Acceleratore di Calcestruzzo proiettato in caso di calcestruzzo proiettato	SikaControl®-ASR 2.0 - 10.0 kg/m³ Sigunit®-AF 3.0% - 6.0%
Requisiti di installazione	Additivo	Posa e curing accurato. Sika Antisol®

Standard di riferimento, pubblicazioni

- ASTM C 1260 - Standard test method for potential alkali reactivity of aggregates (mortar-bar method), ASTM Standards in Building Codes 681-85.
- ASTM C 1293 - Standard test method for concrete aggregates by determination of length change of concrete due to alkali-silica, ASTM Standards in Building Codes 686-691.
- AFNOR P18-594 Granulats: Méthodes d'essais de réactivité aux alcalis, Association Française de Normalisation, Paris, France.
- AFNOR P18-454 Béton: Réactivité d'une formule de béton vis-à-vis de l'alcali- réaction (essai de performance), Association Française de Normalisation, Paris, France.

Grandi progetti infrastrutturali come dighe, strade o piste aeroportuali richiedono enormi quantità di aggregati, ricercati nelle immediate vicinanze dei cantieri. Alcuni aggregati possono presentare un aumento o un rischio elevato di ASR. La reazione alcalino-silice è una reazione chimica che si verifica tra la silice amorfa presente nell'aggregato e la soluzione dei pori (alcali) della matrice cementizia. La reazione provocata in un aumento di volume del calcestruzzo, causa fessurazioni e scheggiature quando le forze generate superano la resistenza alla trazione del calcestruzzo. Le condizioni indispensabili per il verificarsi dell'ASR sono l'umidità nel calcestruzzo, un alto contenuto alcalino nella soluzione dei pori e gli aggregati reattivi. La scelta della corretta miscela di calcestruzzo è fondamentale per evitare l'ASR. La scelta delle giuste soluzioni può prevenire i danni derivanti dall'ASR anche se si utilizzano aggregati altamente reattivi. Il clinker del calcestruzzo contribuisce ad apportare la maggior parte del materiale alcalino. Più alto è il contenuto di cemento, più la miscela sarà alcalina. I cementi di miscela comportano un contenuto alcalino inferiore. Un basso rapporto acqua/cemento è considerato il fattore centrale per la realizzazione di calcestruzzo denso e a tenuta stagna. Il cemento denso rallenta la diffusione di alcali liberi e la migrazione dell'acqua verso gli aggregati. Perché si verifichi l'ASR, sono necessari aggregati particolarmente sensibili agli alcali, come calcare siliceo, calcare sabbioso, calcare, gneiss e quarzite fortemente deformata. Gli aggregati porosi, fessurati, alterati o frantumati sono più reattivi di quelli con struttura densa e superfici arrotondate. Additivi pozzolanici come ceneri volanti, scorie di altoforno granulate o fumi di silice reagiscono con e consumano ioni idrossilici (alcalini) durante l'idratazione. Questa reazione riduce il valore del pH della soluzione dei pori, reprimendo il verificarsi dell'ASR. Le aggiunte pozzolaniche differiscono per forma e reattività a seconda della loro fonte, ma generalmente il loro effetto è più omogeneo se aggiunto al processo di macinazione del cemento rispetto alla miscela del calcestruzzo. Rimane tuttavia qualche controversia in merito all'efficienza degli additivi nell'abbassare la velocità dell'ASR. Additivi come gli acceleranti tradizionali per lo shotcrete possono introdurre quantità considerevoli di alcali, aumentando notevolmente la reattività della soluzione dei pori. In caso di aggregati considerati sensibili, è necessario utilizzare un accelerante privo di alcali (alkali free). L'esperienza ha dimostrato che l'inclusione di additivi speciali può compensare la reazione ASR, impedendo così l'espansione. Un'ulteriore possibile soluzione è proposta con l'aggiunta di un agente aerante per creare una stanza di espansione artificiale (vuoti d'aria) per i prodotti di reazione. Se la possibile presenza di ASR rappresenta una grande preoccupazione, si suggeriscono prove di reazione per definire il potenziale ASR.



Macchie di silice amorfa all'interno dell'aggregato reagiscono con gli ioni alcalini e formano un gel che si espande con l'ingresso dell'acqua. L'aggregato si espande successivamente gonfiato e incrinato mentre la regione amorfa (le masse nere crepate) si espande.



L'aumento di volume dovuto al carico derivante dall'ASR diventa percettibile misurando la variazione di lunghezza nei campioni di prova. Normalmente i campioni vengono tenuti a condizioni più intense (temperatura, umidità, carico applicato) per accelerare la reazione.



L'aspetto del danno dell'ASR può essere constatato molto bene nell'essiccazione della superficie del calcestruzzo di questo pilone di un ponte. I danni possono comparire dopo anni o solo dopo decenni.



I danni causati dai solfati è spesso visibile solo dopo decenni. Pertanto, è necessario chiarire con precisione il rischio, al fine di stimare in modo affidabile il potenziale degli aggregati per il danno da ASR.

CALCESTRUZZO RESISTENTE ALL'ABRASIONE

GOLE E VALLI MAESTOSE sono le testimonianze naturali dell'innegabile forza dell'acqua. Principalmente nell'ingegneria idraulica, ma anche nelle zone di traffico veicolare con carichi pesanti, le superfici in calcestruzzo subiscono una pressione notevole e a volte estremamente abrasiva. I meccanismi delle lesioni dipendono quindi essenzialmente dal tipo di carico. A seconda se la superficie è esposta a rotolamento, sfregamento o a urti, la tipologia di lesione cambia sostanzialmente e di conseguenza le eventuali misure preventive.



CONSIGLI SULLA MISCELA DI CALCESTRUZZO E MISURE RACCOMANDATE

Componenti	Descrizione	Formula di esempio
Aggregati	Gli aggregati impiegati devono essere più duri possibile	Sono possibili tutte le dimensioni di aggregato
Calcestruzzo	Qualsiasi cemento che soddisfi gli standard locali	Mirare ad un volume di pasta di cemento il più basso possibile per il rispettivo metodo di posa
Additivi in polvere	Fumi di silice per una maggiore compattezza	Sikafume® fino ad un max. 8%
Contenuto di acqua	Acqua di miscelazione pulita, libera da residui	Rapporto acqua / cemento secondo le norme per quanto riguarda l'esposizione < 0.45
Additivi per calcestruzzo	Superfluidificante Il tipo dipende dalla posa e dai requisiti iniziali di resistenza Fibre d'acciaio	Sika® ViscoCrete® o SikaPlast® o Sikament® 0.80 - 1.60% Sika® Fiber Force 4 - 8 kg/m³
Requisiti di installazione	Additivo evaporante	Posa e curing accurato. Sika Antisol®
Rivestimento superficiale	Materiale di dispersione per indurimento superficiale Rivestimento protettivo	Sikafloor® 0.3 - 1.5 mm

Standard di riferimento, pubblicazioni

- DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (2004)
- Betonabrasion im Wasserbau; Dr. Frank Jacobs; TFB Technische Forschung & Beratung für Zement und Beton, Wildegg Schweiz; TEC21 2004
- ACI 201.2R - 08 Guide to Durable Concrete, Chapter 8 - ABRASION
- ASTM C 779 - Standard Test Method for Abrasion Resistance of Horizontal Concrete Surfaces
- ASTM C 1138 - Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete (Underwater Method)

L'esposizione all'abrasione nel corso di decenni e persino dei secoli, può avere risultati più diversi per quanto riguarda il danneggiamento. Innanzi tutto deve essere presa in considerazione la differenza tra i carichi rotanti nel traffico stradale, il traffico pesante, comprese le ruote in acciaio o l'esposizione all'acqua, con o senza il trasporto aggiuntivo di sedimenti. Nelle zone di traffico, l'intensità, il peso e il tipo di ruote sono determinanti per determinare il carico complessivo. Nel caso di abrasione causata dall'acqua, sono cruciale la velocità del flusso, la quantità e il tipo di sedimenti. Nella maggior parte dei casi, fornire superfici dure è l'approccio migliore al fine di aumentare la resistenza all'abrasione del calcestruzzo. Se, tuttavia, il gestire l'esposizione include anche urti e impatti, allora in aggiunta, la capacità di assorbimento della superficie gioca un ruolo che può essere in contraddizione con la durezza superficiale. Il fattore fondamentale è la posa in opera accurata del calcestruzzo (prevenzione delle segregazioni a causa di vibrazioni eccessive) e un'adeguata stagionatura, in modo che le proprietà del calcestruzzo desiderate possano essere mantenuti tali soprattutto nelle aree vicine al superficie. Inoltre, la superficie deve offrire una resistenza più bassa possibile all'attacco abrasivo. Le superfici il più possibile piane offrono il minimo potenziale di attacco. L'individuazione del danneggiamento è piuttosto semplice e viene effettuata valutando l'abrasione della superficie, e le condizioni della stessa. Il calcestruzzo con una resistenza all'abrasione maggiore o alta dovrebbe dimostrare un target di resistenza alla compressione di circa 50 MPa. La superficie può essere notevolmente migliorata contro l'abrasione con l'uso di micro silice e / o indurente superficiale applicati sulla superficie. Per aumentare la resistenza contro urti o impatti, è necessario migliorare la durezza e la resistenza alla flessione del calcestruzzo. Questo può essere ottenuto con l'uso di rinforzi in fibra nella miscela. Si può migliorare la qualità generale del calcestruzzo mescolando polimeri sintetici per rafforzare la matrice di pasta cementizia indurita, il che migliora ulteriormente l'adesione con gli aggregati. Infine, deve esserci un'ulteriore differenziazione tra le distanze di trasporto e le aree che sono costruite per facilitare la dispersione di energia. In queste aree, si raccomanda l'uso di calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio ad alta resistenza con una resistenza superiore a 80 MPa e una resistenza alla flessione corrispondente. Nella costruzione deve essere prestata particolare attenzione alla progettazione dei bordi. Sia che si tratti di giunti di dilatazione nelle superfici stradali o di marginelle costruzioni idrauliche, devono essere generalmente trattati in modo speciale; la costruzione in calcestruzzo da sola è normalmente insufficiente. Devono essere incorporati profili speciali per giunti, spesso fatti in acciaio.



Le strade in cemento e altre aree accessibili al pubblico, in particolare quelle che presentano elevati volumi di traffico o carichi concentrati, sono soggette oltre che ad elevati carichi meccanici anche a forte abrasione, presentando spesso il rischio di una superficie liscia e sdrucciolevole.



Soprattutto in acque bianche, le superfici in calcestruzzo sono sottoposte a imponenti sollecitazioni aggiuntive a causa di detriti, spigoli vivi e abrasioni, nonché a possibili sollecitazioni di temperatura dovute all'esposizione al gelo.



A causa dell'esposizione continua, in una fase iniziale la membrana cementizia viene erosa e, successivamente, aggregati sempre più grandi vengono sfregati, battuti o lavati via dalla pasta di cemento indurita.



Anche le superfici delle pavimentazioni industriali subiscono forti abrasioni a causa dei pesi che rotolano e colpiscono costantemente negli stessi punti. Rivestimenti in calcestruzzo duro ed agenti disperdenti speciali possono migliorare l'aderenza del pavimento e minimizzare l'usura.

CALCESTRUZZO RESISTENTE ALLE SOSTANZE CHIMICHE

L'ACQUA È FONTE DI VITA ED è anche una merce rara. L'acqua potabile dovrebbe quindi essere protetta dalla contaminazione, mentre le acque reflue dovrebbero essere trattate prima di essere immesse in un sistema di scarico. Le acque di scarico stesse, così come le misure di trattamento utilizzate, rappresentano un'esposizione chimica e microbiologica alle superfici in calcestruzzo. Con una pianificazione ragionevole e adeguati concetti di progettazione del calcestruzzo, le superfici possono essere progettate per durare nel tempo. La resistenza del calcestruzzo agli attacchi chimici e microbiologici è tuttavia limitata, pertanto è necessario prevedere sistemi di protezione delle superfici in caso di esposizione intensa.



CONSIGLI SULLA MISCELA DI CALCESTRUZZO E MISURE RACCOMANDATE

Componenti	Descrizione	Formula di esempio
Aggregati	Qualsiasi qualità di aggregato possibile	Sono possibili tutte le dimensioni di aggregato
Calcestruzzo	Cementi resistenti ai solfati Cementi con alta percentuale di carbonato di calcio Cementi contenenti fumi di silice	Mirare ad un volume di pasta di cemento il più basso possibile per il rispettivo metodo di posa
Additivi in polvere	Fumi di silice, ceneri volanti o scorie di altoforno granulare macinate a terra	Sikafume® 3.0 – 6.0%
Contenuto di acqua	Acqua di miscelazione pulita, libera da residui	Rapporto acqua / cemento secondo le norme per quanto riguarda l'esposizione < 0.45
Additivi per calcestruzzo	Superfluidificante Il tipo dipende dalla posa e dai requisiti iniziali di resistenza	Sika® ViscoCrete® o SikaPlast® o Sikament® 0.80 – 1.60%
Additivi speciali limitanti MIC		Sika Control MIC 1 – 4%
Requisiti di installazione	Additivo antievaporante	Posa e curing accurato. Sika Antisol®
Sistema di protezione	La resistenza chimica del calcestruzzo è limitata. Se i limiti di esposizione vengono superati, le superfici in calcestruzzo possono essere protette in modo duraturo tramite rivestimenti.	Sika offre una vasta gamma di soluzioni per prevenire la penetrazione di sostanze chimiche. Soluzioni Sika: Sikagard®, Sikafloor® & Sikalastic®

Standard di riferimento, pubblicazioni

- ACI 201.2R - 08 Guide to Durable Concrete, Chapter 6 - Chemical attack
- ASTM C 88 - Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate
- Cemsuisse Leaflet MB 01 Concrete erosion in biological basins in wastewater treatment facilities June 2010
- Chemischer Widerstand: DAFStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (2004)

L'acqua ha la massima importanza nel suo impiego per l'irrigazione e come acqua potabile. Oltre a ciò, l'acqua viene utilizzata nell'industria, nell'agricoltura, come mezzo di trasporto e in una moltitudine di altri modi nella vita quotidiana. L'acqua e altri liquidi vengono pompati attraverso tubazioni e immagazzinati in serbatoi; questo vale sia per le acque pulite che per quelle di scarico. L'interazione del calcestruzzo con l'acqua si verifica principalmente come mezzo di condotta o di stoccaggio. Solitamente i serbatoi utilizzati per lo stoccaggio di acqua potabile e per la depurazione delle acque reflue, e spesso anche le condotte di trasmissione, sono in calcestruzzo. Soprattutto nel trattamento delle acque reflue in vasche di decantazione, nei bacini di aerazione (decomposizione di sostanze organiche), nella nitrificazione e denitrificazione (conversione di alluminio e nitrati) o anche nella successiva pulizia, il calcestruzzo è un materiale da costruzione importante. La sfida è quindi progettare strutture in calcestruzzo che resistano all'esposizione a diversi prodotti chimici e allo stesso tempo agli stress meccanici concomitanti. La formula del calcestruzzo chimicamente e microbiologicamente resistente, e il trattamento e la pulizia sapiente del bacino devono essere adattati l'uno all'altro o - in luoghi in cui la resistenza del calcestruzzo è insufficiente - devono essere integrati mediante adeguati rivestimenti protettivi. In questo caso, resistenza chimica significa resistenza alla corrosione e all'erosione del calcestruzzo. Oltre ai fenomeni di espulsione del calcestruzzo (spalling) più noti come l'attacco del gelo (con e senza agenti antighiaccio), l'ASR (reazione alcalino-silice), l'esposizione al solfato e l'abrasione meccanica superficiale, è frequente anche l'aggressione chimica e dei solventi, in particolare nelle strutture di trattamento delle acque reflue. Oltre alla qualità generale dell'acqua è decisiva anche la sua durezza ($^{\circ}$ fh). Da una parte, la superficie del calcestruzzo viene attaccata da un cocktail di sostanze chimiche, mentre dall'altra si verifica anche la sollecitazione meccanica (ad esempio pulizia ad alta pressione) sulla superficie. In tal modo si eliminano i residui che sono già stati sciolti ma sono rimasti aderenti alla struttura in cemento. L'intero processo è ulteriormente accelerato dall'acqua dolce (durezza $<15^{\circ}$ fh o $8,4^{\circ}$ dH) e dalla riduzione del valore del pH sulla superficie del calcestruzzo (ad esempio nel biofilm). Il design del calcestruzzo, la cura e soprattutto la pulizia della superficie devono essere adattati all'esposizione corrispondente. Mentre per la resistenza alla pulizia meccanica una superficie di calcestruzzo dura e compatta è considerata ottimale, la pulizia chimica è tollerata meglio dal calcestruzzo con un alto contenuto di calcite. La resistenza chimica del calcestruzzo è limitata. Se i limiti di esposizione vengono superati, le superfici in calcestruzzo possono essere protette in modo duraturo solo con rivestimenti appropriati.



La lisciviazione pesante e il danneggiamento al calcestruzzo strutturale si osservano in particolare nella zona degli spruzzi d'acqua dei bacini di trattamento biologico.

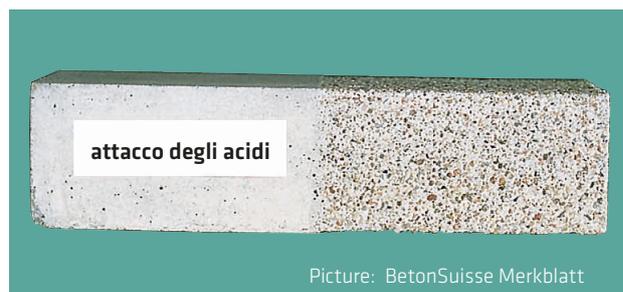


Rivestimenti protettivi a base di resine epossidiche vengono applicati su tutta la superficie dopo la riprofilatura della superficie del calcestruzzo con malta di riparazione resistente ai solfati arricchita con materiale sintetico.



Picture: BetonSuisse Merkblatt

L'attacco da solfati è causato principalmente da solfati disciolti in acqua. Reagendo con la matrice cementizia indurita viene indotto un aumento di volume che danneggia la struttura.

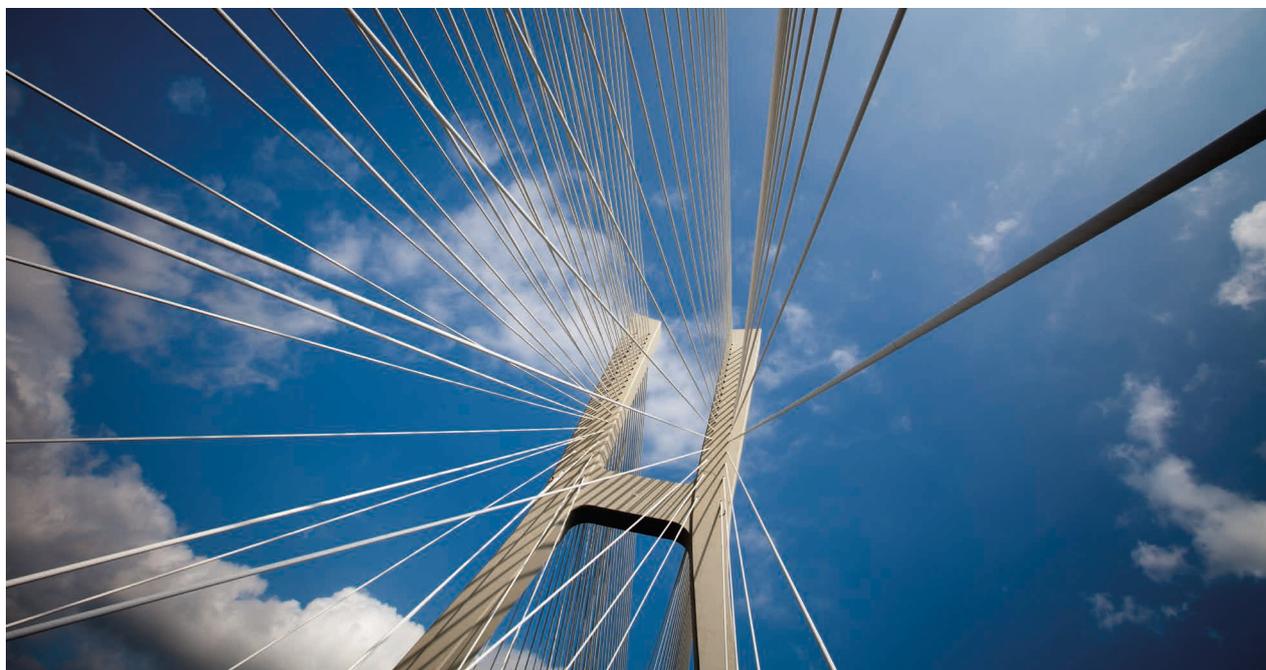


Picture: BetonSuisse Merkblatt

Gli attacchi di solvente acido che dissolvono i composti del calcio dalla matrice cementizia indurita possono essere causati da acidi, sali scambiabili, grassi o oli vegetali o animali. La degradazione del calcestruzzo di solito avviene molto lentamente.

CALCESTRUZZO AD ALTA RESISTENZA

I CALCESTRUZZI AD ALTA ED ALTISSIMA RESISTENZA sono tecnologie all'avanguardia per la ricerca scientifica, e continuano anche a trovare nuove applicazioni nella pratica. Che si tratti di elementi costruttivi architettonici o di particolari strutture in condizioni estreme (ad esempio in aree ad elevata sismicità), proprietà migliori e più elevate del materiale (resistenza alla compressione e alla flessione, elasticità e duttilità) stanno entrando nella tecnologia del calcestruzzo. La durabilità e l'elevata resistenza del calcestruzzo sono quindi inter-dipendenti.



CONSIGLI SULLA MISCELA DI CALCESTRUZZO E MISURE RACCOMANDATE

Componenti	Descrizione	Formula di esempio
Aggregati	Una forza eccezionale del calcestruzzo può essere raggiunta usando aggregati ad alta resistenza, frantumati	Curva di livellamento ben distribuita con una bassa quantità di residui
Calcestruzzo	Utilizzo di maggiore contenuto di calcestruzzo e di alta qualità	Sostituzione parziale del calcestruzzo con GGBS o FA
Additivi in polvere	Maggiore legame tra gli aggregati e il calcestruzzo con matrice di fumo di silice	Sikafume® 5.0 - 10.0%
Contenuto di acqua	Acqua di miscelazione pulita, libera da residui	Rapporto acqua / cemento secondo le norme per quanto riguarda l'esposizione < 0.38
Additivi per calcestruzzo	Superfluidificante Tipologia in relazione al raggiungimento di fluidità e lavorabilità Fibre	Sika® ViscoCrete® 1.0 - 4.0% Sika® Fiber (Steel) up to > 150 kg/m³

Standard di riferimento, pubblicazioni

- ACI 211.4R - Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete Using Portland Cement and Other Cementitious Materials
- Technische Universität München, Hochfester Beton, 2004

In tecnologia, il calcestruzzo ad alta resistenza (HSC) di solito è definito dalla sua resistenza ad una compressione tra 60 e 120 MPa dopo 28 giorni. Di contro, i calcestruzzi con resistenza alla compressione molto superiore a 150 MPa, sono definiti calcestruzzi ad altissima resistenza (UHSC). I calcestruzzi ad alta resistenza sono caratterizzati da una maggiore resistenza alla compressione, alla trazione e alla flessione, nonché dalla loro duttilità unita ad una maggiore durata. La bassa permeabilità e la compattezza del calcestruzzo sono fattori che migliorano la resistenza del calcestruzzo indurito. Inoltre, il calcestruzzo ad alta resistenza mostra un aumento significativo del legame tra la matrice legante e gli aggregati. La matrice legante a densità più elevata si ottiene usando un basso rapporto acqua/legante. Il legame tra matrice e aggregati viene potenziato attraverso l'utilizzo di materiali pozzolanici. Il ritiro complessivo di tale calcestruzzo è uguale a quello del calcestruzzo normale, mentre i valori di ritiro chimico sono più alti, tra i valori di contrazione a essiccazione inferiore. La deformazione potenziale è ridotta. Le sfide si estendono lungo l'intero processo di produzione. Formule speciali con alte concentrazioni di materiali noti (cementi, additivi o fibre) e altri nuovi materiali precedentemente sconosciuti nel calcestruzzo (aggregati ceramici) devono essere prodotti in impianti di miscelazione all'avanguardia e classificati come miscele autocompattanti. Gli additivi del calcestruzzo non hanno solo il compito di una straordinaria riduzione dell'acqua; anche la fluidità di tali miscele "dure" è una grande sfida. Il calcestruzzo ad alta resistenza offre una vasta gamma di possibilità di applicazione grazie alle sue caratteristiche tecniche versatili. Il suo campo di applicazione principale oggi è nel business dei prefabbricati in calcestruzzo. È particolarmente adatto per elementi sottoposti a

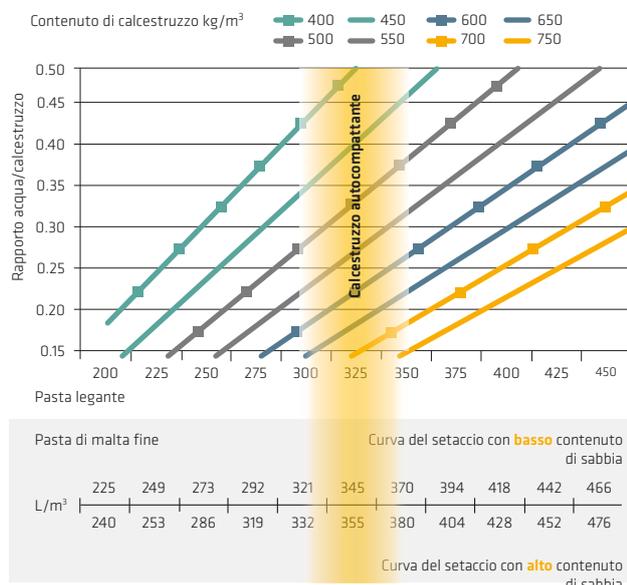


Con una resistenza alla compressione superiore a 150 Mpa non si parla più di comune calcestruzzo. Gli aggregati di pietra sono sostituiti ad esempio da aggregati sottili di origine ceramica e l'intera matrice legante ricorda solo leggermente il calcestruzzo classico. Nella figura è mostrato il comportamento del flusso di un UHPC di 200 MPa.



Componenti per l'edilizia altamente sollecitati come colonne e travi sono realizzati in calcestruzzo ad alta resistenza. L'alta resistenza alle influenze esterne rende inoltre il calcestruzzo ad alta resistenza un rivestimento protettivo ideale per gli elementi di costruzione esposti.

compressione come colonne e pareti ad alto carico in edifici di grandi dimensioni, specialmente in aree vulnerabili ai terremoti. Inoltre, i ponti progettati con calcestruzzo precompresso richiedono una maggiore resistenza alla compressione. Questo facilita in particolare la costruzione di ponti con ampie campate e dimensioni sottili. Le strutture che devono resistere a determinate esposizioni estreme, richiedono l'applicazione di calcestruzzo ad alta resistenza, ad esempio gli elementi soggetti ad elevati carichi meccanici e chimici quali pavimenti industriali, aree di traffico, strutture offshore o impianti di trattamento delle acque di scarico. Inoltre, il calcestruzzo ad alta resistenza è richiesto nella costruzione di strutture ingegneristiche speciali come gli impianti idroelettrici, le torri di raffreddamento o i camini.

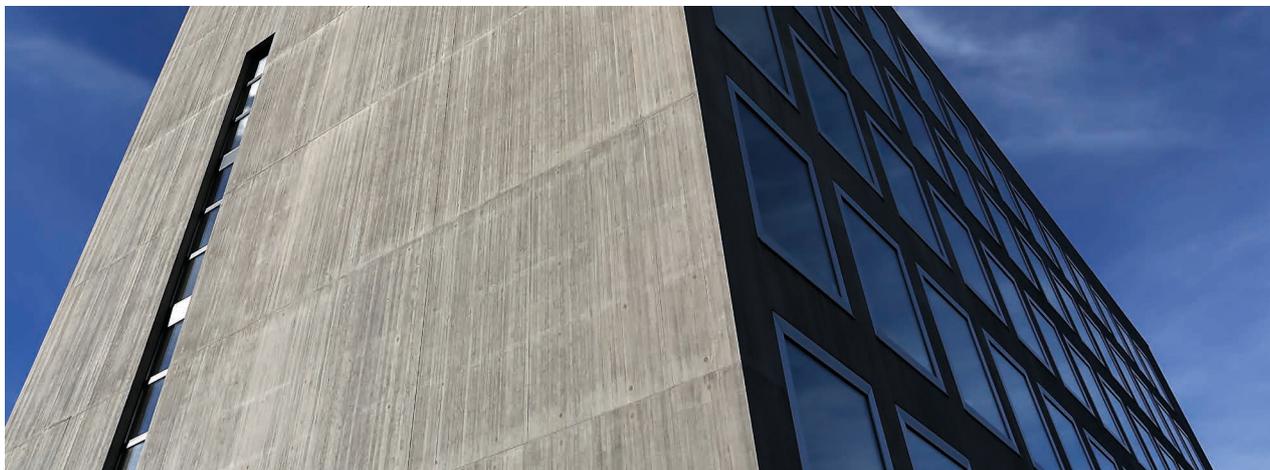


Il calcestruzzo ad alta resistenza e, soprattutto, ad altissima resistenza è praticamente sempre rinforzato anche con fibre. A seconda delle esigenze, le fibre sintetiche e / o d'acciaio vengono quindi impiegate in grandi quantità. L'elevata resistenza alla flessione di UHPC può essere raggiunta in questo modo.

Di centrale importanza per il raggiungimento di elevate proprietà meccaniche del materiale è la determinazione mirata di un corretto valore di fini e il volume di pasta di cemento. Solo in questo modo è possibile ottenere la massima densità possibile.

CALCESTRUZZO A RITIRO CONTROLLATO

LA PREVENZIONE DELLE FESSURIZZAZIONI contribuisce alla durabilità delle strutture in calcestruzzo, poiché le fessurizzazioni favoriscono l'ingresso di acqua e sostanze inquinanti. Gli attuali codici di costruzione specificano i limiti per la larghezza delle crepe in base alle condizioni ambientali in cui una struttura è costruita e alla sua durata prevista. Uno dei motivi principali per le fessurizzazioni nel calcestruzzo è la deformazione correlata al ritiro nel calcestruzzo allo stadio iniziale. Queste fessurizzazioni non solo compromettono l'aspetto estetico, ma possono ridurre la durata e la funzionalità. Esistono diversi tipi di ritiro, e con le giuste misure i vari fenomeni possono essere controllati.



CONSIGLI SULLA MISCELA DI CALCESTRUZZO E MISURE RACCOMANDATE

Componenti	Descrizione	Formula di esempio
Aggregati	Un grande volume di aggregati può ridurre il ritiro igrometrico	Sono possibili tutte le dimensioni di aggregato
Calcestruzzo	Preferibilmente leganti con contenuto ridotto di clink portland	Mirare ad un volume di pasta di cemento il più basso possibile per il rispettivo metodo di posa
Contenuto di acqua	Il basso contenuto di acqua aiuta a ridurre il ritiro plastico e il ritiro igrometrico. In rapporti acqua / cemento inferiori a 0,4 può verificarsi un ritiro autogeno	Rapporto acqua / cemento < 0,45
Additivi per calcestruzzo	Superfluidificante Il tipo dipende dalla posa e dai requisiti iniziali di resistenza Riduttore di ritiro (SRA) Fibre corte in polipropilene possono ridurre gli effetti del ritiro plastico Fibre d'acciaio per assicurare una distribuzione uniforme delle crepe Fibre sintetiche per le crepe formate per alta deformazione	Sika® ViscoCrete® o SikaPlast® o Sikament® 0.80 - 1.50%
		Sika® Control 0.5 - 1.5% Sika® Fiber PPM 1 - 3 kg/m³
		Sika® Fiber Steel 20 - 40 kg/m³ Sika® Fiber Force 4 - 8 kg/m³
Requisiti di installazione e indurimento	La stagionatura che inizia il più presto possibile e viene mantenuta per un periodo di tempo sufficiente ha un'influenza significativa sul ritiro plastico e da asciugatura Additivo antievaporante	Posa e curing accurato. Sika® Antisol®

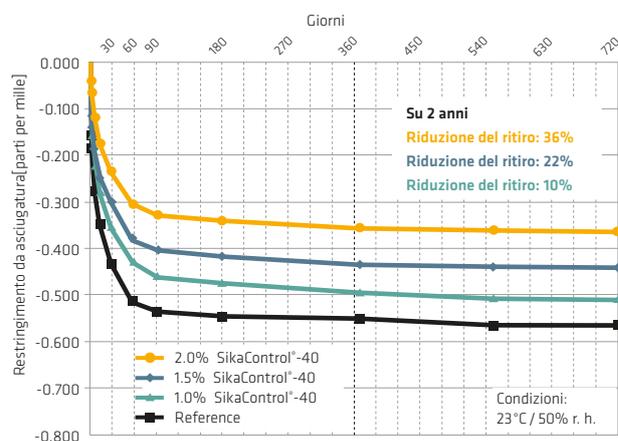
Standard di riferimento, pubblicazioni

- Aitcin, P.C et Al, Integrated view of shrinkage deformation, Concrete International, September, 1997.
- Al-Manaseer, Akthem et Al, conclusions of the ACI-RILEM Workshop on Creep and Shrinkage in Concrete Structures, ACI Concrete International, March, 1999.
- Helene, Paulo R.L, Carbonatación del Concreto y corrosión del acero de refuerzo. Asocreto, Memorias de la Reunión del Concreto, Cartagena, Septiembre 2000.
- Neville, Adams, Tecnología del concreto, IMCYC, México, 1984. Book 2.
- ACI 223R - Standard Practice for the Use of Shrinkage-Compensating Concrete

La prevenzione delle fessurizzazioni da ritiro richiede il prendere in considerazione diversi fattori a partire da un'adeguata progettazione strutturale, dalla specifica del calcestruzzo fino ad una buona pratica di costruzione, compresa la corretta messa in opera del calcestruzzo, la sua compattazione e stagionatura. L'identificazione di diversi tipi di ritiro del calcestruzzo porta all'introduzione di azioni appropriate in relazione alla tecnologia. Le tipologie di ritiro del calcestruzzo comprendono il ritiro chimico, il ritiro plastico, il ritiro autogeno, il ritiro igrometrico. I più importanti e con un impatto più grave sono il ritiro chimico, il ritiro plastico e il ritiro da essiccazione. Nel caso di ritiro chimico, i prodotti di idratazione accumulati durante il processo di idratazione occupano un volume inferiore rispetto al volume totale delle singole materie prime. Ciò si traduce in una diminuzione delle dimensioni complessive dell'elemento in calcestruzzo purché il calcestruzzo sia ancora morbido. Dopo la posa del calcestruzzo, questa diminuzione del volume porta a piccoli pori e crepe. Una misura efficace è la ricompattazione del calcestruzzo. Il ritiro plastico si manifesta attraverso una diminuzione del volume causata dall'evaporazione dell'acqua, portando alla contrazione del calcestruzzo in tutte le direzioni. La parte maggiore del ritiro inizialmente è nel piano orizzontale, principalmente nella superficie a contatto con l'aria. Questo è uno dei tipi più comuni e importanti di ritiro. I fattori che influiscono sono l'umidità relativa, la temperatura e la presenza di vento. Condizioni di asciugatura più intense aumentano il valore del ritiro. La deformazione da ritiro raddoppia ad una velocità del vento di 1 m/s, ed è cinque volte più alta ad velocità del vento di 3 m/s. Il ritiro plastico può essere controllato iniziando la stagionatura il più presto possibile e limitando il contenuto di acqua nella miscela di calcestruzzo. La contrazione autogena è un cambiamento di volume che si verifica dopo la posa del calcestruzzo a causa dell'idratazione, poiché questo processo richiede acqua e quindi riduce l'acqua libera contenuta. Ciò ha lo stesso effetto di una perdita d'acqua causata dall'evaporazione superficiale; il calcestruzzo si restringe. Le miscele di calcestruzzo con un rapporto acqua/cemento maggiore di 0,4 non sono influenzate da questo fenomeno. Questo tipo di ritiro sta guadagnando importanza con l'utilizzo di tipi di calcestruzzo ad alta resistenza con rapporti acqua/cemento molto bassi. Il ritiro da essiccazione nel calcestruzzo indurito è solitamente causato dall'evaporazione dell'acqua attraverso i pori capillari contenuti nella pasta di cemento idratata. La perdita di acqua è un processo progressivo che tende a stabilizzarsi nel tempo, a seconda delle dimensioni dell'elemento strutturale. I principali fattori che incidono sono le dimensioni dell'elemento in calcestruzzo, l'umidità relativa dell'ambiente e il rapporto acqua/cemento. I possibili rimedi includono una riduzione del volume di pasta di cemento e l'applicazione di un additivo che riduce il ritiro (SRA).



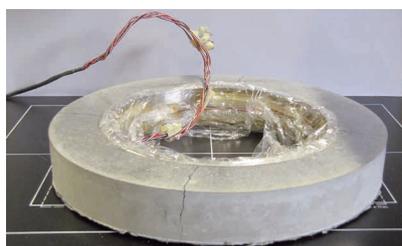
La copertura o l'indurimento immediato delle superfici in calcestruzzo esposte agli elementi è il passo più cruciale per la protezione di tali superfici.



Comportamento del calcestruzzo contenente additivi per ridurre il ritiro, misurati in 2 anni per ridurre il ritiro dovuto all'asciugatura.



Crepe dovute a ritiro plastico in una pavimentazione di calcestruzzo causate da un'insufficiente protezione superficiale prima che avvenisse una asciugatura prematura.



Confronto interlaboratorio degli esperimenti del Politecnico federale di Zurigo per definire le prestazioni degli additivi per calcestruzzo che riducono il ritiro.

GLOBAL BUT LOCAL PARTNERSHIP



PER ULTERIORI INFORMAZIONI SUL CALCESTRUZZO:



CHI SIAMO

Sika è un'azienda attiva in tutto il mondo nella chimica integrata applicata all'edilizia e all'industria, leader nei processi di produzione di materiali per sigillatura, incollaggio, isolamento, impermeabilizzazione, rinforzo e protezione di strutture. Sika produce additivi per calcestruzzo di elevata qualità, malte speciali, sigillanti e adesivi, prodotti per l'isolamento, l'insonorizzazione e il rinforzo strutturale, pavimentazioni industriali e prodotti impermeabilizzanti. La presenza locale in tutto il mondo, con filiali in 95 Paesi ed oltre 17.000 collaboratori, assicura il contatto diretto con Sika dei nostri Clienti.

Our most current General Sales Conditions shall apply.
Please consult the Data Sheet prior to any use and processing.



SIKA ITALIA S.P.A.
Via Luigi Einaudi 6
20068 Peschiera Borromeo (Mi)
Italia

Contatti
Tel. +39 02 54778 111
Fax +39 02 54778 119
www.sika.it

BUILDING TRUST

