



Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

PER DIFFONDERE LA NORMATIVA SUL CEMENTO ARMATO

Ideato e promosso da:

AITEC ATECAP ASSIAD SISMIC

ING. ALESSIO FARCI, PhD

ORDINE INGEGNERI FIRENZE

EMPOLI 20 MARZO 2007



AITEC

(Associazione Italiana Tecnico Economica Cemento)



ATECAP

(Associazione Tecnico Economica Calcestruzzo Preconfezionato)



ASSIAD

(Associazione Italiana Produttori Additivi e Prodotti per Calcestruzzo)



SISMIC

(Associazione Italiana Produttori Acciai Sismici per Cemento Armato)



PROGETTO CONCRETE



CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI

OBIETTIVI DEL PROGETTO:

- Promuovere e sostenere la cultura tecnica del calcestruzzo durevole e di qualità.
- Promuovere e sostenere la diffusione e l'applicazione delle Nuove Normative in materia di costruzioni e in particolare quelle disposizioni attinenti la progettazione, la prescrizione dei materiali, la produzione del calcestruzzo armato e il controllo in cantiere.
- Aggiornare e rendere più efficaci le prescrizioni di capitolato in materia di calcestruzzo armato e suoi componenti. In particolare, prescrivere il materiale in funzione del contesto ambientale in cui l'opera verrà edificata, in funzione della tipologia di struttura e modalità di applicazione in opera.

Modalità:

Una squadra di ingegneri specializzati nella tecnologia del calcestruzzo visiterà sull'intero territorio nazionale:

Studi di progettazione e società di ingegneria
Uffici tecnici delle amministrazioni pubbliche
Uffici tecnici delle imprese di costruzioni



Informazione puntuale sulla normativa in vigore
Informazione puntuale sui materiali disponibili nel territorio
Assistenza e consulenza tecnica

Strumenti operativi:

Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/09/2005)

Norma Europea UNI EN 206-1

(Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità)

Norma Tecnica UNI 11104 del 2004

(Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1)

Linee Guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

(Calcestruzzo Preconfezionato - Calcestruzzo Strutturale)

Eurocodici strutturali

(EN 1992 Eurocodice 2 - Progetto di strutture in calcestruzzo)

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici



Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/09/2005)

G.U. 222 del 23 Settembre 2005 - supplemento ordinario n.159

Capitolo 2 - “Sicurezza e prestazioni attese” - definisce i principi fondamentali per la valutazione della sicurezza e per l'identificazione delle prestazioni delle strutture. Introduce il principio della vita utile di progetto delle opere e definisce due *Classi* di opere, differenziate da una diversa vita utile e condizioni di cemento statico.

Capitolo 3 - “Azioni ambientali e naturali”

Capitolo 4 - “Azioni accidentali”

Capitolo 5 - “Norme sulle costruzioni” - definiscono le procedure e i metodi per calcolare la resistenza e la sicurezza degli elementi strutturali nei vari materiali.

Capitolo 6 - “Azioni antropiche” - Opere Civili e Industriali; Opere Stradali; Opere Ferroviarie.

Capitolo 7 - “Norme per le opere interagenti con i terreni e con le rocce, per gli interventi nei terreni e per la sicurezza dei pendii”

Capitolo 8 - “Collaudo Statico”

Capitolo 9 - “Costruzioni esistenti” - Identificano i criteri generali per la verifica della sicurezza ed il collaudo delle costruzioni esistenti.

Capitolo 10 - “Norme per la redazione dei progetti esecutivi” - Introducono l'obbligatorietà della compilazione della Relazione generale, in cui il Committente ed il Progettista dichiarano a priori i livelli di sicurezza delle opere, le condizioni di esercizio, la durabilità, la vita di servizio dell'opera ed infine la classe di appartenenza dell'opera.

Capitolo 11 - “Materiali e prodotti per uso strutturale” - definisce le norme sulle regole di qualificazione, certificazione ed accettazione dei materiali e prodotti per uso strutturale, rese coerenti con le principali disposizioni comunitarie in materia

Capitolo 12 - “Referenze tecniche essenziali”

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/09/2005)

CAP.12 - Referenze Tecniche Essenziali

- Eurocodici approvati dal Comitato Europeo di Normazione in forma di Euro Norma (EN)
- Manuale dell'American Concrete Institut "ACI Manual of Concrete Practice"
- Manuali dell'American Society of Civil Engineers (ASCE)
- Commentari del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
- Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale
- Istruzioni del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.)
- O.P.C.M. 20 Marzo 2003 n. 3274 e succ. mod. e integrazioni

Si ricorda che **il testo delle Norme Tecniche per le Costruzioni**, contenuto nell'allegato al DM 14/09/2005 (G.U. n. 222 del 23/09/2005) **è in vigore fin dal 23 ottobre 2005**.

Al fine di avviare una fase sperimentale di applicazione delle N.T., è stato previsto “inizialmente” un **periodo di 18 mesi dalla data di entrata in vigore delle stesse (regime transitorio - “periodo di coesistenza”)** (Legge 17/8/2005 n.168).

Durante il regime transitorio, **in alternativa al DM 14/09/2005**, possono essere adoperate le Norme tecniche di attuazione di cui alla legge 5 novembre 1971 n. 1086, e alla legge 2 febbraio 1974 n. 64.

- ✓ D.M. 09/01/1996 – Norme per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo di opere in c.a., c.a.p. ed a struttura metallica
- ✓ D.M. 11/03/1988 – Norme tecniche in materia di indagini sui pendii e le rocce e la stabilità dei pendii naturali
- ✓ D.M. 16/01/1996 – Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi
- ✓ D.M. 16/01/1996 – Norme tecniche per costruzioni in zona sismica

Con la definitiva conversione in Legge (Legge 26 Febbraio 2007 n.17) del DL 28 Dicembre 2006 n.300 (c.d. “mille proroghe”) è stato ampliato il periodo di coesistenza tra le Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/09/2005) e la normativa pregressa fino al 31 Dicembre 2007 (GU n.47 del 26/2/2007 - Supplemento Ordinario n.48).

Ordinanza Presidenza Consiglio dei Ministri

L'Ordinanza 20 Marzo 2003, n.3274 ha approvato i criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e le **Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (G.U. 8 Maggio 2003 n.105 S.O. n.72)**.

Con il trasferimento di alcune competenze dallo stato alle Regioni ed enti locali (in applicazione dell'art. 94, comma 2 lett. a) del d.lgs 31 Marzo 1998, n. 112) l'individuazione delle zone sismiche, la formazione e l'aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone è compito delle regioni.

Modifiche ed integrazioni riportate su

Ordinanza PCM n. 3316 del 2 Ottobre 2003 (G.U. 10 Ottobre 2003 n. 236)

Ordinanza PCM n. 3431 del 3 Maggio 2005 (G.U. 10 Maggio 2005 n. 107 S.O. n.85)

ALLEGATO 1: Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – Individuazione, formazione ed aggiornamento degli elenchi

ALLEGATO 2: Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici

ALLEGATO 3: Norme tecniche per il progetto sismico dei ponti

ALLEGATO 4: Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni.

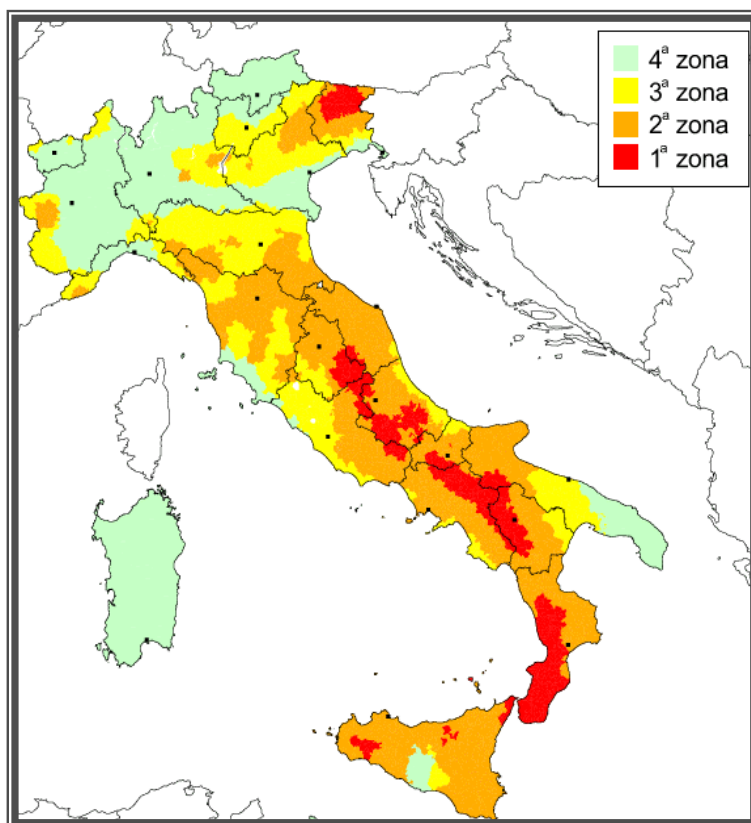
L'Allegato 2 e 3 possono continuare a trovare vigenza quali documenti applicativi di dettaglio delle Norme Tecniche

Ordinanza Presidenza Consiglio dei Ministri

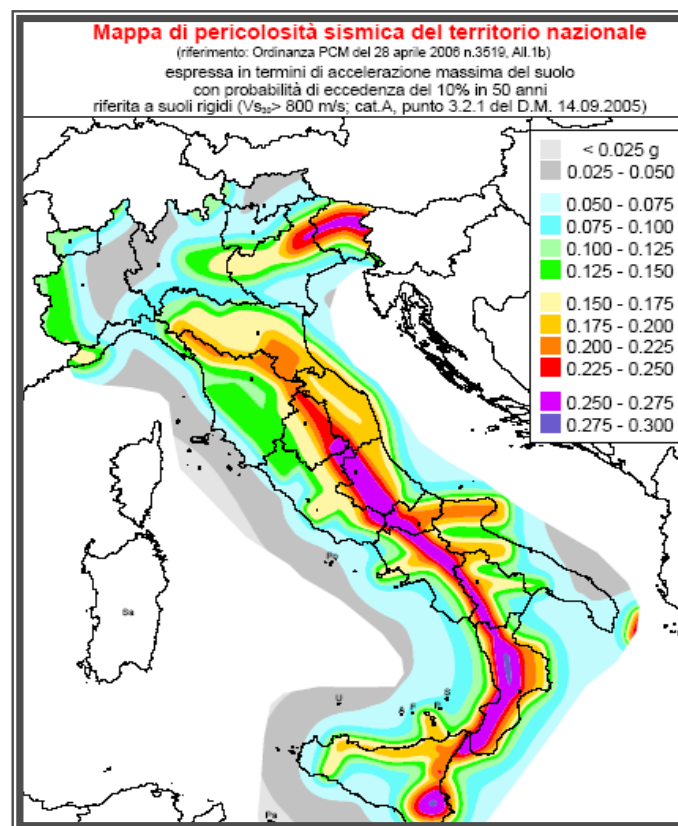
Ordinanza PCM n. 3467 del 13 Ottobre 2005 (G.U. 20 Ottobre 2005 n. 245)

Con questa Ordinanza il Presidente del Consiglio dei Ministri fa coincidere il termine del periodo transitorio riguardante le norme tecniche per le costruzioni in zona sismica con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le costruzioni (24 Ottobre 2005).

Ordinanza PCM n. 3274 del 20 Marzo 2003.



Ordinanza PCM n. 3519 del 28 Aprile 2006 (G.U. 11 Maggio 2006 n. 108).



EUROCODICI

Il Consiglio Superiore dei LL.PP. in data 26/10/2006 ha riattivato il Gruppo di Lavoro che ha il compito di elaborare gli annessi tecnici nazionali agli eurocodici (National Annexes). Gli eurocodici dovrebbero entrare in vigore a partire da Marzo 2010 e contestualmente dovrebbero essere ritirate le normative tecniche nazionali.

EN 1990 - EUROCODICE 0 - Principi di progettazione strutturale

EN 1991 - EUROCODICE 1 - Azioni sulle strutture

EN 1992 - EUROCODICE 2 - Progetto di strutture in calcestruzzo

EN 1993 - EUROCODICE 3 - Progetto di strutture in acciaio

EN 1994 - EUROCODICE 4 - Progetto di strutture composte acciaio-calcestruzzo

EN 1995 - EUROCODICE 5 - Progetto di strutture in legno

EN 1996 - EUROCODICE 6 - Progetto di strutture in muratura

EN 1997 - EUROCODICE 7 - Progetto geotecnico

EN 1998 - EUROCODICE 8 - Progetto di strutture resistenti al sisma

EN 1999 - EUROCODICE 9 - Progetto di strutture d'alluminio

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

CAP.2 - PRINCIPI FONDAMENTALI

“Le strutture e gli elementi strutturali **devono essere progettati, eseguiti, collaudati e soggetti a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, per tutta la vita di progetto**, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalle presenti norme.”

(Par. 2.1 Norme tecniche per le costruzioni)

“**La durabilità**, definita come conservazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture, è una **proprietà essenziale affinché i livelli di sicurezza vengano garantiti durante tutta la vita utile di progetto dell'opera**. La durabilità è **funzione dell'ambiente in cui la struttura vive** e del numero di cicli di carico cui la struttura potrà essere sottoposta.”

(Par. 2.1 Norme tecniche per le costruzioni)

CAP.2 - PRINCIPI FONDAMENTALI

“La sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa vanno valutate in relazione all’**insieme degli stati limite verosimili che si possono verificare durante la vita utile di progetto**. Stato limite è la condizione superata la quale la struttura non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.”

(Par. 2.1 Norme tecniche per le costruzioni)

“I livelli di sicurezza **devono essere scelti dal Committente e dal Progettista, di concerto, in funzione dell’uso e del tipo di struttura**, della situazione di progetto, nonché in funzione delle conseguenze del danno o del collasso, con riguardo a persone, beni e possibile turbativa sociale, come anche del costo delle opere necessarie per la riduzione del rischio di danno o collasso.”

(Par. 2.1 Norme tecniche per le costruzioni)

CAP.2 - PRINCIPI FONDAMENTALI

“**stato limite ultimo**” è definito come lo stato al superamento del quale si ha il collasso strutturale, crolli, perdita di equilibrio, dissesti gravi, ovvero fenomeni che mettono fuori servizio in modo irreversibile la struttura. Il grado di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi dovrà essere tanto più elevato quanto più gravi sono le conseguenze dell’evento sfavorevole rappresentato dal raggiungimento di uno stato limite ultimo”.

“**stato limite di esercizio**” è definito come lo stato al superamento del quale corrisponde la perdita di una particolare funzionalità che condiziona o limita la **prestazione** dell’opera:

- **Danneggiamenti locali (es. fessurazione calcestruzzo) che possono ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;**

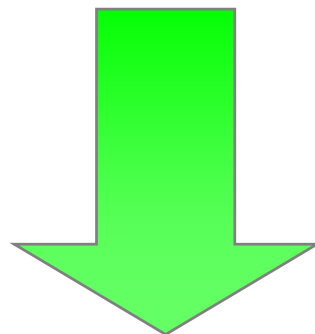
-

-

- **Corrosione e/o degrado dei materiali in funzione dell’ambiente di esposizione;**

(Par. 2.2.2. Norme tecniche per le costruzioni)

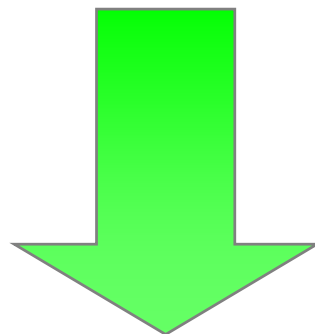
Approccio PRESTAZIONALE



Il progettista NON è vincolato da:

- Valori fissi dei coefficienti parziali di sicurezza, per le combinazioni delle azioni sollecitanti.
- Modelli di calcolo.

Approccio PRESTAZIONALE



Il progettista deve scegliere e dichiarare:

- Livello di sicurezza
- Condizioni di esercizio
- Durabilità
- Vita utile di progetto

CAP.2 - VITA UTILE DI PROGETTO

“**La vita utile di progetto** di una struttura è intesa come il periodo di tempo nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata”

VITA UTILE DI PROGETTO (ANNI)	TIPOLOGIA DI STRUTTURA
10	Strutture provvisorie-Strutture in fase costruttiva
≥ 10	Componenti strutturali sostituibili (giunti, appoggi, ecc.)
50	Strutture di Classe 1
100	Strutture di Classe 2

Classe 1: vita utile 50 anni, periodo di ritorno per i fenomeni naturali 500 anni (es. Industrie con attività non pericolose, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione non provoca situazioni di emergenza) ($T_{\text{ritorno}} = 10 \times \text{vita utile}$).

Classe 2: vita utile 100 anni, periodo di ritorno per i fenomeni naturali 1000 anni (es. costruzioni con affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzione pubbliche o strategiche importanti)

(Par. 2.5 Norme tecniche per le costruzioni)

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

EN 1990 - EUROCODICE 0: PRINCIPI DI PROGETTAZIONE STRUTTURALE

EN 1992 - EUROCODICE 2: PROGETTO DI STRUTTURE IN CALCESTRUZZO

- VITA UTILE DI PROGETTO -

CATEGORIA DI VITA UTILE DI PROGETTO	VALORI INDICATIVI DELLA VITA UTILE DI PROGETTO (ANNI)	ESEMPI
1	10	STRUTTURE TEMPORANEE
2	DA 10 A 25	PARTI SOSTITUIBILI, PER ESEMPIO TRAVI CARROPONTE, APPARECCHI DI APPOGGIO
3	DA 15 A 30	STRUTTURE AGRICOLE E SIMILARI
4	50	STRUTTURE DI EDIFICI ED ALTRE STRUTTURE COMUNI
5	100	STRUTTURE DI EDIFICI MONUMENTALI, PONTI ED ALTRE STRUTTURE DI INGEGNERIA CIVILE

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

CAP.5 - NORME SULLE COSTRUZIONI

“Le norme disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni nei diversi materiali relativamente ai vari aspetti di metodi di calcolo, regole costruttive per la robustezza strutturale e procedure per le verifiche di sicurezza e di durabilità delle opere.

Le norme si applicano alle Classi di costruzione 1 e 2.

Relativamente ai metodi di calcolo, è d'obbligo il metodo di calcolo agli stati limite. Per le sole opere di classe 1 e con l'esclusione delle azioni sismiche, urti, esplosioni ed incendi, è ammesso l'uso del metodo di verifica tensionale di cui al punto 2.8 secondo le modalità semplificate indicate nei punti 5.1.2.3, 5.1.11, 5.2.3.3 e nei relativi punti dei paragrafi 5.3 e 5.4”

(Par. 5.1 Norme tecniche per le costruzioni)

CAP.5 - NORME SULLE COSTRUZIONI

- conglomerato cementizio armato normale (c.a.);
- conglomerato cementizio armato precompresso (c.a.p.);
- conglomerato cementizio a bassa percentuale di armatura o non armato”

CLASSE DI RESISTENZA	Rck (N/mm ²)	CLASSE DI IMPIEGO	TIPOLOGIA DI STRUTTURE	CLASSE DI RESISTENZA
Molto bassa	$5 < R_{ck} \leq 15$	A)	Non armate o bassa % di armatura	Molto bassa
Bassa	$15 < R_{ck} \leq 30$	B)	Semplicemente armate	Bassa e media
Media	$30 < R_{ck} \leq 55$	C)	Semplicemente armate o c.a.p.	Media
Alta	$55 < R_{ck} \leq 85$	D)	Semplicemente armate e/o c.a.p.	Alta

“Per le classi di resistenza molto bassa, bassa e media, la Rck deve essere controllata durante la costruzione con le modalità indicate nel **Capitolo 11**.

Per la classe di resistenza alta, la Rck e tutte le grandezze meccaniche e fisiche che hanno influenza sulla resistenza e durabilità del conglomerato, vanno accertate prima dell’inizio dei lavori e la produzione deve seguire specifiche procedure per il controllo di qualità”.

(Par. 5.1 Norme tecniche per le costruzioni)

Le Norme tecniche del 1996 stabilivano che nei calcoli statici non poteva essere considerata una resistenza alla compressione $R_{ck} > 55 \text{ N/mm}^2$.

Pertanto, sulla base delle disposizioni di cui al punto 5 della Parte Generale e ai punti 1 e 2 della Parte I delle stesse norme, si poteva ritenere che l'impiego di tali calcestruzzi era ammesso previo esame e valutazione (caso per caso) delle documentazioni di progetto da parte del Consiglio Superiore dei LL.PP.

In quest'ottica, il 19/11/1996 con voto n.316 il Consiglio Superiore dei LL.PP. aveva approvato **“Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale”**

- calcestruzzo non strutturale C8/10 – C12/15 (N/mm^2);
 - calcestruzzo ordinario C16/20 – C45/55 (N/mm^2);
 - calcestruzzo ad alte prestazioni C50/60 – C60/75 (N/mm^2);
 - calcestruzzo ad alta resistenza C70/85 – C100/115 (N/mm^2);
-
- l'impiego di cls ad alte prestazioni potrà essere ammesso previo esame e valutazione del Cons.Sup.LL.PP. della documentazione di progetto;
 - Per cls ad alta resistenza la documentazione di progetto, da presentare al Cons. Sup. LL.PP. Dovrà comprendere la modellazione del materiale, operata sulla base di specifica documentazione teorica e sperimentale, nonché adeguata giustificazione delle regole di calcolo adottate.

CAP.5 - NORME SULLE COSTRUZIONI

“Tutti i progetti devono contenere la descrizione delle **regole di esecuzione** in funzione della **particolarità dell’opera, del clima, della tecnologia costruttiva**.

In particolare il documento progettuale deve contenere la descrizione dettagliata delle cautele da adottare per gli impasti, per la maturazione dei getti, per il disarmo e per la messa in opera degli elementi strutturali. Si potrà a tal fine fare utile riferimento alla norma **UNI EN 13670-1** “Esecuzione di strutture in calcestruzzo – Requisiti comuni”.

(Par. 5.1.7. Norme tecniche per le costruzioni)

CAP.10 - NORME PER LA REDAZIONE DEI PROGETTI ESECUTIVI

Introducono l’obbligatorietà della compilazione della Relazione generale, in cui il Committente ed il Progettista dichiarano a priori i livelli di sicurezza delle opere, le condizioni di esercizio, la durabilità, la vita di servizio dell’opera ed infine la classe di appartenenza dell’opera.

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

Il riferimento principale del cap.11 è la **Direttiva 89/106/CEE** sui prodotti da costruzione (“Ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati Membri concernenti i prodotti da costruzione”)

La Dir. 89/106/CEE (recepita in Italia con il DPR n.246/93) é una delle numerose direttive prodotte che consente la libera circolazione di beni nell’area del mercato comunitario, mediante l’adozione da parte degli Stati membri di medesimi standard produttivi.

Sono definiti **“prodotti da costruzione”** tutti quei materiali, manufatti, sistemi, ecc. che sono fabbricati per essere permanentemente incorporati in opere di costruzione (edifici ed opere di ingegneria civile).

Tali prodotti devono assicurare il rispetto dei **6 requisiti essenziali**:

La resistenza meccanica e stabilità - La sicurezza in caso di incendio - L’igiene, la sicurezza antinfortunistica e il rispetto dell’ambiente - La sicurezza nell’uso - La protezione contro il rumore - Il risparmio energetico e l’isolamento termico

Questa direttiva comunitaria è rappresentata dalla **marcatura CE**

La marcatura CE non è un marchio di qualità; è una dichiarazione, da parte del produttore, che il prodotto è conforme ad una norma (europea) di riferimento. Essa può coesistere con altri marchi, ma la sua assenza impedisce di fatto la vendita e l’utilizzo del prodotto.

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

Materiali per i quali è obbligatoria la marcatura CE:

- **Cemento** (Norma EN 197-1);
- **Additivi per calcestruzzo** (EN 934-2);
- **Aggregati** per calcestruzzo, conglomerati bituminosi, malte, opere ingegneria civile e costruzione stradale, massicciate per ferrovie, opere idrauliche, calcestruzzo e malte alleggeriti - marcatura CE obbligatoria a partire dal 01/06/2004 (DM 7 Aprile 2004 - GU 23 Aprile 2004):

Per gli Aggregati le norme europee di riferimento sono:

EN 12620 Aggregati o aggiunte di tipo I (filler) per Calcestruzzo;

EN 13043 Aggregati per conglomerati bituminosi e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree di traffico;

EN 13055 Aggregati leggeri;

EN 13139 Aggregati per malte;

EN 13242 Aggregati per materiale con legante idraulico (ingegneria e costruzioni di strade);

EN 13383 Aggregati e blocchi per opere idrauliche (Armourstone);

EN 13450 Aggregati per ballast ferroviario.

- è in via di definizione la marcatura CE per la **cenere volante** (EN 450).



ICMQ

CERTIFICATO DEL CONTROLLO DELLA PRODUZIONE IN FABBRICA

1305-CPD-0066

In conformità alla Direttiva 69/105/CEE del Consiglio delle Comunità Europee del 21 Dicembre 1968 sull'armonizzazione delle leggi, delle regole e dei provvedimenti amministrativi degli Stati Membri inerenti i prodotti da costruzione (Direttiva Prodotti da Costruzione - CPD), emendata dalla Direttiva 93/68/CEE del Consiglio delle Comunità Europee del 22 Luglio 1993, si certifica che il prodotto

Aggregati

per calcestruzzo e per conglomerati bituminosi

fabbricato dal Produttore

Calcestruzzi Irpini S.p.A.
Via Pianodardine, 19 - 83100 Avellino (AV)

nella Fabbrica di
Via S.S. 7 bis - Località Macchia di Merole - 83050 Salza Irpina (AV)

è sottoposto dal Produttore alle prove iniziali di tipo del prodotto ed al controllo della produzione di fabbrica e che ICMQ S.p.A. ha effettuato l'ispezione iniziale della fabbrica e del controllo della produzione in fabbrica ed esegue la sorveglianza continua, la valutazione e l'approvazione del controllo della produzione di fabbrica.

Questo certificato attesta che tutti i provvedimenti concernenti l'attestazione del controllo del processo di fabbrica descritti nell'Allegato ZA delle norme:

EN 12620 e EN 13043

sono stati applicati.

Questo certificato è stato rilasciato la prima volta il 01/12/2004 e rimane valido fino a quando non siano significativamente modificate le condizioni stabilite nelle specifiche tecniche armonizzate richiamate o le condizioni di produzione nella fabbrica ed il controllo della produzione di fabbrica stesso.

Milano, 01/12/2004


Il Direttore
Ing. Lorenzo Orsenigo

ICMQ S.p.A. - Via Battistotti Sassi, 11 - 20123 Milano
Tel. ++39-02/7610001 - Fax ++39-02/7610004
www.icmq.it - email: icmq@icmq.it

Pagina 1 di 1



CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

“ I materiali e i prodotti per uso strutturale devono essere:

- **identificati** mediante la descrizione, a cura del fabbricante, del materiale stesso e dei suoi componenti elementari;
- **certificati** mediante la documentazione di attestazione che preveda prove sperimentali per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche, effettuate da un ente terzo indipendente ovvero, ove previsto, autocertificate dal produttore secondo procedure stabilite dalle specifiche tecniche europee richiamate nel presente documento (Direttiva 89/106/CE – DPR n.246/93);
- **accettati** dal Direttore dei Lavori mediante controllo delle certificazioni di cui al punto precedente e mediante prove sperimentali di accettazione previste nelle presenti norme per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche;

I Produttori di materiali, prodotti o componenti disciplinati nella presente norma devono dotarsi di adeguate **procedure di controllo di produzione in fabbrica**. Per controllo di produzione in fabbrica si intende il controllo permanente della produzione, effettuato dal fabbricante. Tutte le procedure e le disposizioni adottate dal fabbricante devono essere documentate sistematicamente ed essere a disposizione di qualsiasi soggetto o Ente di controllo”
(Cap.11 – Generalità)

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

- PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO -

Il Calcestruzzo all'atto del progetto deve essere identificato mediante la resistenza convenzionale a compressione uniassiale caratteristica misurata su cubi (**R_{ck}**); la resistenza caratteristica a cui si fa riferimento è quella dedotta da prove su cubi confezionati e stagionati a **28 gg di maturazione**;

Il progettista potrà indicare altri tempi di maturazione a cui riferire le misure di resistenza su cubi e la conseguente resistenza caratteristica.

Il conglomerato per il getto delle strutture di un'opera o di parte di essa si considera omogeneo se confezionato con la stessa miscela e prodotto con medesime procedure.

“Il conglomerato va prodotto in **controllo di qualità**, con lo scopo di monitorare che il conglomerato prodotto rispetti la resistenza caratteristica definita in sede di progetto”.

Il controllo si articola nelle seguenti fasi (prove eseguite dai laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001):

- **Valutazione preliminare della resistenza** (prima dell'inizio dei lavori)
- **Controllo di accettazione** (durante l'esecuzione dell'opera)
- **Prove complementari** (a complemento delle prove di accettazione)

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

- PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO -

a) Calcestruzzo prodotto **con** processo industrializzato (Par.11.1.8. Norme Tecniche).

“Per calcestruzzo confezionato con processo industrializzato si intende quello prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzate sia in cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso”

- **calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati fissi** (es. impianti di betonaggio);
- **calcestruzzo prodotto nell'ambito di impianti e stabilimenti industrializzati di prefabbricazione (fissi)** (es. travi precomprese);
- **calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati installati nei cantieri (temporanei)** (es. costruzione di strade, dighe);

“Gli impianti devono dotarsi di un sistema di controllo della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera”

La verifica e la sorveglianza del controllo della produzione è effettuato e certificato **(con validità di 1 anno)** da un Organismo terzo indipendente (riconosciuto dal Servizio Tecnico Centrale), le prove di autocontrollo eseguite dal produttore e certificate dall'Ente di sorveglianza possono essere sostitutive di quelle effettuate da uno dei laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001.

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

- PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO -

a) Calcestruzzo prodotto **con** processo industrializzato (Par.11.1.8. Norme Tecniche).

Il mercato delle costruzioni si sta oramai orientando verso prodotti marcati CE; il calcestruzzo essendo un semilavorato non può essere marcato CE, ma può essere marcato il processo produttivo (**Factory Production Control**).

La qualificazione certificata del processo produttivo comporterà per le imprese produttrici di calcestruzzo preconfezionato la necessità di dotarsi di due funzioni nuove:

- **Tenere memoria dei carichi realizzati, ovvero essere in grado di ricostruire la storia del prodotto attraverso il ricorso a dispositivi elettronici o comunque automatizzati;**
- **Sviluppare una struttura di controllo e di campionamento del prodotto realizzato, per verificare la rispondenza del prodotto consegnato.**

Il processo di produzione dovrà, inoltre, garantire prodotti che dovranno rispondere a caratteristiche nuove. Non più solo la resistenza caratteristica, ma anche la lavorabilità e la classe di esposizione ambientale (UNI EN 206-1).

ESEMPIO FPC CALCESTRUZZO

 **ICMQ**

**CERTIFICATO DEL CONTROLLO
DELLA PRODUZIONE IN FABBRICA**

ICMQ-CLS-007

In conformità alla prescrizione delle Norme Tecniche per le Costruzioni contenute nel Decreto Ministeriale 14/09/2005, si certifica che il prodotto

**calcestruzzo preconfezionato
con metodo industrializzato**

Prodotto da
S.r.l.
Via G. [redacted] 11/13 - 24050 [redacted] (BG)

Nell'Impianto di
Via Europa, 23 - 24064 Grumello del Monte (BG)

è sottoposto dal Produttore al controllo della produzione in fabbrica e che ICMQ S.p.A. ha effettuato l'ispezione iniziale dell'impianto e del controllo della produzione in fabbrica ed esegue la sorveglianza continua, la valutazione e l'approvazione del controllo della produzione in fabbrica.

Questo certificato attesta che il controllo della produzione in fabbrica rispetta le prescrizioni contenute nelle specifiche tecniche

**Norme Tecniche per le Costruzioni
(D.M. 14/09/2005)**

Questo certificato è stato rilasciato la prima volta il 24/10/2006 e rimane valido fino a quando non siano significativamente modificate le condizioni stabilite nelle specifiche tecniche richiamate o le condizioni di produzione nella fabbrica od il controllo della produzione di fabbrica stesso.

Emissione corrente: 24/10/2006


Il Direttore
(Ing. Lorenzo Orsenigo)

ICMQ S.p.A. - Via De Cassan, 10 - 20124 Milano
Tel. ++39 02 7015081 - Fax ++39 02 7015084
www.icmq.org - e-mail: icmq@icmq.org

Pagina 1 di 1

 **ICMQ**

COPIA

CERTIFICATO n. **FPC048**
CERTIFICATE n. [redacted]

SI CERTIFICA CHE IL SISTEMA DI CONTROLLO PRODUZIONE DI
WE HEREBY CERTIFY THAT THE "FACTORY PRODUCTION CONTROL" OPERATED BY

**Via Cassan, 10
35121 (PD)**

UNITA OPERATIVE
OPERATIVE UNITS

Via Tesa, 1 - 33170 Pordenone (PN)
Via delle Industrie, 14 - 33074 Fontanafredda (PN)
Loc. Ciapadario, S.S. Napoleonica - 33050 Gonnars (UD)
Via Mau, 29 Z.I. - 33035 Martignacco (UD)
Via Tolmezzo, 6 - Z.I.P.R. - 33078 San Vito al Tagliamento (PN)
Via Joze Srebernic, 18 - 34073 Ronchi dei Legionari (GO)
Via Ressel, 9 - 34070 Savogna d'Isonzo (GO)

OPERANTE CON SISTEMA QUALITÀ CERTIFICATO ICMQ n. **98214**
SECONDO LA NORMA **UNI EN ISO 9001:2000**

WITH QUALITY SYSTEM CERTIFIED BY ICMQ n. **98214**
ACCORDING TO THE STANDARD **UNI EN ISO 9001:2000**

**È CONFORME AI REQUISITI FISSATI DALLA
GUIDA APPLICATIVA ICMQ
G.A. CLS - 21.09.2004**

IS IN COMPLIANCE WITH THE REQUIREMENTS STATED BY
ICMQ Guideline
PER I SEGUENTI PRODOTTI
CONCERNING THE FOLLOWING KINDS OF PRODUCTS
**calcestruzzo preconfezionato
ready-mix concrete**

22.07.1998

Prima emissione
First issue

19.12.2005

Emissione corrente
Current issue

Data di scadenza
Expiring date

La validità del presente certificato è subordinata a sorveglianza almeno annuale e al riesame completo del sistema di gestione aziendale con periodicità triennale.
Informazioni aggiornate sul sito www.icmq.org

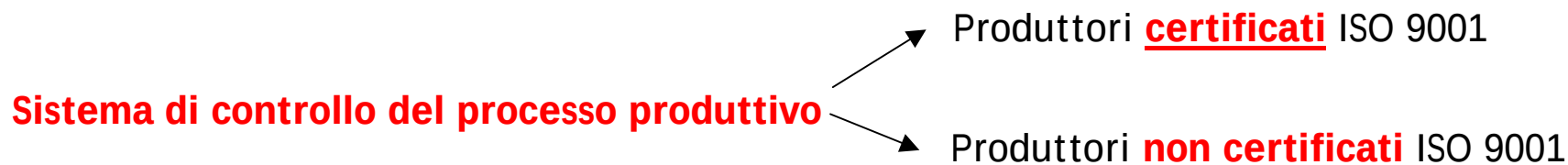

ICMQ S.p.A. VIA BATTISTOTTI SASSO 11 - 20133 MILANO

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

- PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO -

a) Calcestruzzo prodotto con processo industrializzato (Par.11.1.8. Norme Tecniche).

La certificazione del Sistema di Controllo del Processo Produttivo non va confusa con il sistema di gestione per la qualità aziendale predisposto secondo la UNI EN ISO 9001.



“I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato devono indicare gli estremi della certificazione di controllo di produzione in fabbrica” (es.bolle di consegna del calcestruzzo);

“Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi; dovrà comunque effettuare le prove di accettazione previste al punto 11.1.5 ed acquisire, prima dell’inizio della fornitura, copia della certificazione del controllo di processo produttivo”.

UNI EN ISO 9001 E FPC

La UNI EN ISO 9001 definisce i requisiti di un sistema aziendale di gestione della qualità, come mezzo per assicurare la conformità di un prodotto e/o servizio, e viene impiegata con finalità certificative.



CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

- PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO -

a) Calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato

Produzione di calcestruzzo limitata, direttamente effettuata in cantiere mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati (es. betoniera);

La produzione è effettuata sotto la diretta vigilanza del Direttore dei Lavori e non è assoggettabile a controlli di produzione in fabbrica da parte di Organismi terzi indipendenti.

In questo caso è obbligatorio procedere alla qualificazione iniziale delle miscele per mezzo della valutazione preliminare della resistenza, effettuata sotto la responsabilità dell'Appaltatore o Committente, prima dell'inizio della costruzione.

Le prove di qualifica delle miscele devono essere certificate da uno dei laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001.

È responsabilità del Direttore dei Lavori effettuare i controlli di accettazione del calcestruzzo nel corso dei lavori di costruzione dell'opera.

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

-PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO -

Prelievo dei Campioni (durante l'esecuzione dell'opera)

Un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera nei casseri ed alla presenza del Direttore dei Lavori o di persona di sua fiducia, il calcestruzzo necessario per la confezione di un gruppo di due provini.

La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la “resistenza di prelievo” che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del conglomerato.

È obbligo del Direttore dei Lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo, tutte le volte che variazioni della qualità del calcestruzzo possono indurre a non considerarlo omogeneo.

Controllo di accettazione (durante l'esecuzione dell'opera)

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità tra le caratteristiche del conglomerato messo in opera a quello stabilito dal progetto e garantito in sede di valutazione preliminare.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee e si articola, in funzione del quantitativo di conglomerato accettato, nel:

- **Controllo di tipo A**
- **Controllo di tipo B**

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

-PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO -

Prescrizioni comuni per entrambi i criteri di controllo

Il Direttore LL deve procedere direttamente al prelievo dei campioni necessari per le prove di **accettazione** che devono essere effettuate da laboratori autorizzati. Il laboratorio provvede alla maturazione ed alla conservazione dei provini per la determinazione della resistenza a compressione allo scadere del tempo previsto dal Direttore LL, secondo quanto previsto dalla **Norma EN 12390**.

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del Direttore dei LL o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito **verbale di prelievo** e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili.



Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

La norma **UNI EN 12350-1:2001** è la norma europea che definisce le modalità per il prelievo del calcestruzzo fresco e che sostituisce la UNI 9416 del 1998, che a sua volta aveva sostituito la UNI 6126 del 1972.

La norma **UNI EN 12390-2:2002** specifica le modalità per la confezione e stagionatura dei provini per le prove di resistenza. Sostituisce la UNI 6127 del maggio 1998, che aveva sostituito la versione del 1980 che però continua ad essere richiamata nel DM 09/01/1996 (Norme Tecniche). La norma precisa che il riempimento della cassaforma può essere effettuato anche adoperando una tramoggetta. Per la compattazione è previsto:

- vibratore interno con frequenza minima 120 Hz e diametro non superiore ad un quarto della più piccola dimensione del provino;
- tavola vibrante con frequenza minima di 40 Hz;
- pestello di compattazione (metallico) a sezione circolare con diametro di circa 16 mm e lunghezza di circa 600 mm con estremità arrotondate;
- barra dritta a sezione quadrata di circa 25 mm di lato e lunga circa 380 mm.

È ammesso l'uso di disarmanti. I provini devono essere lasciati nelle casseforme **per almeno 16 ore, ma non oltre 3 giorni**, proteggendoli da urti, vibrazioni e disidratazione, alla temperatura di circa 20 °C o 25 °C in climi caldi.

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

-PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO -

Controllo di accettazione di tipo A

È riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 mc. Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 mc di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 mc massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Siano R_1 , R_2 , R_3 le tre resistenze di prelievo, con:

$$R_1 \leq R_2 \leq R_3$$

Il controllo di accettazione è positivo ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze seguenti:

$$R_m \geq R_{ck} + 3.5 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$R_1 \geq R_{ck} - 3.5 \quad (\text{N/mm}^2)$$

N° prelievi 3

dove: R_{ck} è il valore caratteristico prescritto dal progettista delle opera (o dal direttore lavori);

R_m e R_1 sono rispettivamente il valore medio e quello minimo delle resistenze di prelievo.

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

-PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO -

controllo di accettazione di tipo B

È obbligatorio qualora il quantitativo di miscela omogenea sia uguale o superiore a 1500 mc.

Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 mc di calcestruzzo.

Per ogni giorno di getto di miscela omogenea va effettuato almeno un prelievo, e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 mc.

Il controllo di accettazione è positivo ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze seguenti:

$$R_m \geq R_{ck} + 3.5 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$R_1 \geq R_{ck} - 3.5 \quad (\text{N/mm}^2)$$

N° prelievi ≥ 15

dove: R_{ck} è il valore caratteristico prescritto dal progettista delle opera (o dal direttore lavori);

R_m e R_1 sono rispettivamente il valore medio e quello minimo delle resistenze di prelievo.

Per calcestruzzi con “coefficiente di variazione” (scarto quadratico/valore medio resistenza) superiore a 0,2 occorrono controlli molto accurati, anche in opera.

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

-PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO -

Prescrizioni comuni per entrambi i criteri di controllo

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal DL e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo

Le prove non richieste dal DL non possono far parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

L'opera o la parte di opera non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente rimossa dal DL, il quale deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine. Qualora gli ulteriori controlli confermino i risultati ottenuti, di dovrà procedere ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo.

Se i risultati non risultassero soddisfacenti si può dequalificare l'opera, eseguire lavori di consolidamento **oppure demolire l'opera stessa.**

I controlli di accettazione sono obbligatori ed il collaudatore è tenuto a controllarne la validità, qualitativa e quantitativa; ove ciò non fosse, il collaudatore è tenuto a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultino rispettati i limiti fissati dai controlli di accettazione.

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

-PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO -

Par. 11.1.6 Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera

Nel caso in cui le resistenze a compressione dei provini prelevati durante il getto **non soddisfino i criteri di accettazione** della classe di resistenza caratteristica prevista nel progetto, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza del calcestruzzo ai valori di resistenza determinati nel corso della qualificazione della miscela, oppure si renda necessario valutare a posteriori la proprietà di un calcestruzzo precedentemente messo in opera, **il Direttore dei Lavori o il Collaudatore devono** procedere alla valutazione delle caratteristiche di resistenza attraverso prove non distruttive (per esempio mediante sclerometria o misura della velocità delle onde ultrasoniche secondo UNI EN 12504-1 e 2).

Tali prove non devono, in ogni caso, intendersi sostitutive dei controlli di accettazione.

Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definito anche **valore attuale**) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi.

È accettabile un valor medio, misurato con tecniche opportune (**distruttive e non distruttive**) e debitamente trasformato in resistenza cubica, non inferiore all'85% di R_{ck} .

$$R_{m \text{ cls in opera}} > 85\% R_{ck}$$

PROVE DISTRUTTIVE

In questo caso il valore della rottura a compressione di una carota (f_c) deve prima essere trasformato nel valore cubico R_c . La norma **UNI EN 12504-2** (prelievo, esame e prove di compressione su carote) e la **prEN 13791** (valutazione della resistenza a compressione sul calcestruzzo messo in opera) raccomandano di eseguire carote con **rapporto “altezza (h)/diametro (d) =1”** nel caso in cui il risultato voglia essere confrontato direttamente con un cubo di lato h , ovvero carote **con $h/d=2$** qualora si debba fare riferimento a provini cilindrici di uguali dimensioni.

Se si adopera $h/d=2$ allora la corrispondente R_c andrà così determinata (N.T. par. 11.1.10.1 e Linee Guida Cons. Sup. LL.PP. Calcestruzzo Strutturale):

$$R_c = f_c / 0.83$$

Poiché $R_c > 0.85 R_{ck}$ (par.11.1.6), risulta pertanto che:

$$f_c > 0.83 \times 0.85 R_{ck} > 0.70 R_{ck}$$

Per esempio, se la R_{ck} del calcestruzzo (valutata su provino cubico) è di 30 N/mm^2 , la resistenza meccanica del calcestruzzo in opera, determinata tramite f_c ($h/d=2$), è accettabile se raggiunge il valore di 21 N/mm^2 .

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

-PRESCRIZIONI SUL CALCESTRUZZO -

Par. 11.1.10.2 e 11.1.10.3 Resistenza a trazione e Modulo elastico

UNI 6135 Prove di trazione diretta

UNI EN 12390-6 Prove di trazione indiretta (“prova brasiliana su provino cilindrico”)

UNI EN 12390-5 Prova di trazione per flessione

$$f_{ctk} = 0.7 \times 0.48 \times \sqrt{R_{ck}}$$

$$f_{ctfk} = 1.2 \times f_{ctk}$$

$$E = 11.000 \times (R_{cm})^{1/3}$$

Esempio: si deve progettare una pavimentazione con resistenza C20/25 ed una resistenza a trazione per flessione di 2.5 N/mm²

$$2.5 = 1.2 \times 0.7 \times 0.48 \times \sqrt{R_{ck}}$$

$$R_{ck} = 38.5 \text{ N/mm}^2$$

Esempio: si deve progettare una struttura in cui il modulo di elasticità del materiale non risulti inferiore a 38 GPa

$$38.000 \text{ N/mm}^2 = 11.000 (R_{cm})^{1/3}$$

$$R_{cm} = 41.2 \text{ N/mm}^2$$

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

- PRESCRIZIONI SULL'ACCIAIO -

Tutti gli acciai (per opere in c.a. - c.a.p. - da carpenteria) devono essere prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione (in vista della marcatura CE).

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN ISO 9001 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

Il Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici è organismo abilitato al rilascio dell'attestato di qualificazione per gli acciai.

Il prodotto può essere immesso sul mercato solo dopo il rilascio dell'Attestato di Qualificazione. **La qualificazione ha validità 5 (cinque) anni.**



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Servizio Tecnico Centrale

ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE

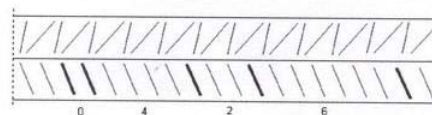
002/06-CA

In conformità al D.M. 14.09.2005 "Norme tecniche per le costruzioni", si attesta che il prodotto da costruzione:

ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO LAMINATO A CALDO

B450C, impiegabile anche come FeB44k,
saldabile in barre laminate a caldo nei diam. 8-30,
processo di laminazione tempore

Marchio di laminazione



prodotto da:

nello stabilimento di:

è stato sottoposto da parte del Produttore alle prove di qualificazione del prodotto effettuate a cura del Laboratorio Ufficiale DICATA-Laboratorio Prove Materiali "Pietro Pisa" di Brescia e il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha effettuato l'ispezione iniziale dello stabilimento e del controllo di produzione in fabbrica.

Il presente certificato attesta che tutte le disposizioni riguardanti la procedura di qualificazione definita nella norma

D.M. 14.09.2005: "Norme tecniche per le costruzioni"

sono state applicate.

Il presente certificato è stato emesso per la prima volta in data 26.07.2006 ed ha validità 5 anni o sino a che le condizioni di produzione in fabbrica o il controllo di produzione in fabbrica non subiscano modifiche significative.

Roma, 26.07.2006



PER IL SEGRETARIO GENERALE DEL
SERVIZIO TECNICO CENTRALE

Dott. Ing. Antonio Lucchese

ORGANISMO DI CERTIFICAZIONE ED ISPEZIONE SUI PRODOTTI DA COSTRUZIONE AI SENSI DELL'ART. 8 DEL D.P.R. 246/93 (NOTIFICA COMMISSIONE EUROPEA N. 0969)

ORGANISMO DI BENESTARE TECNICO EUROPEO (MEMBRO EOTA) AI SENSI DELL'ART. 5 DEL D.P.R. N. 246/93.

ORGANISMO DI BENESTARE TECNICO NAZIONALE AI SENSI DEL D.M. 14.09.2005

VIA Nomentana 2 - 00161 ROMA
TEL. 06.4412.4101, FAX 06.4426.7383
stc@infrastrutturetrasporti.it
www.infrastrutturetrasporti.it/consuplp

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

- PRESCRIZIONI SULL'ACCIAIO - MARCATURA CE

La norma europea armonizzata **EN 10080/2005** è il riferimento specifico per l'acciaio da c.a. e consentirà la **marcatatura CE** degli stessi.

La norma **comprende**: prodotti di acciaio saldabile (barre dritte, rotoli, bobine, reti elettrosaldate e tralicci);

La norma **non comprende**: prodotti resistenti alla corrosione (inox, zincato e rivestito).

La norma EN 10080 è stata pubblicata dal CEN il 1° Maggio 2005 e nella Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee (GUCE) il 14 dicembre 2005: *in essa la data di inizio del periodo di coesistenza (con le Norme Tecniche) era fissata per il 1° Settembre 2006.*

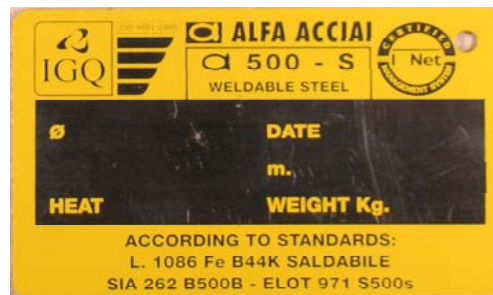
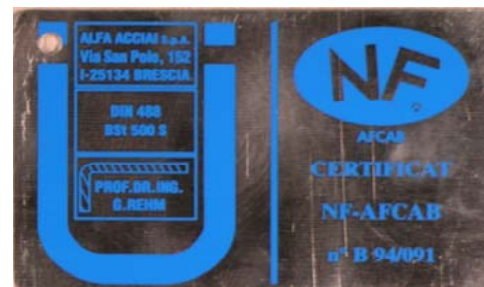
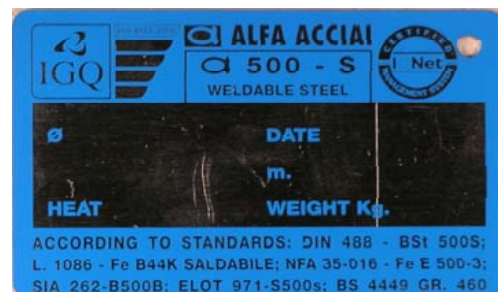
Il periodo di coesistenza era iniziato l'1 Settembre 2006 e si sarebbe concluso l'1 Giugno 2007: dopo questa data solo i prodotti marcati CE e conformi alla EN 10080 sarebbero potuti circolare ed essere impiegati

N.B. Attualmente l'applicazione della Norma EN 10080 è stata rimandata

Laboratorio di controllo	UNIVERSITA' DI BRESCIA			
	DIP. DI INGEGNERIA CIVILE			
	LAB. PROVE MATERIALI "PIETRO PISA"			
PROTOCOLLO	53023/D	del	23/09/2005	Periodo Luglio - Dicembre 2004

MODALITA' DI IDENTIFICAZIONE

Ogni singola confezione (fascio) è identificato con uno dei seguenti cartellini metallici che riporta tutte le informazioni relative alla colata fornita garantendone la completa rintracciabilità.
Ogni fornitura viene accompagnata da copia conforme del certificato di verifica mensile rilasciato dal Laboratorio Ufficiale.
Su richiesta può essere rilasciato un certificato di collaudo tipo 3.1. (UNI EN 10204) relativo alle colate facenti parte della fornitura.



Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

RICONOSCIMENTO DEGLI ACCIAI

Come distinguere un acciaio laminato a caldo da un acciaio laminato a freddo?

Laminato a caldo (due facce)



Laminato a caldo (quattro facce)

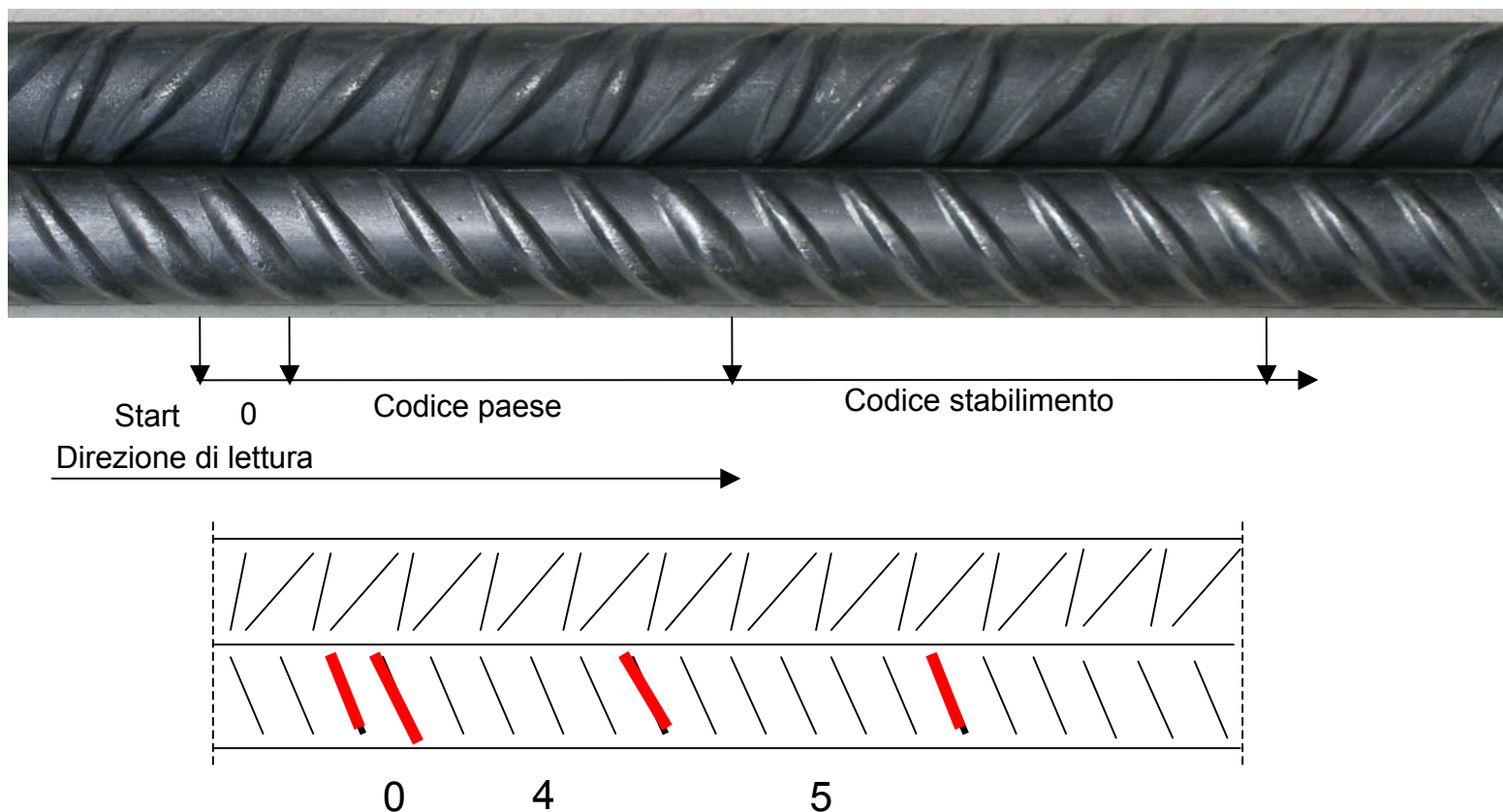


Trafilato a freddo (tre facce)



RICONOSCIMENTO DEGLI ACCIAI

Come leggere il marchio su un acciaio secondo le normative attuali



RICONOSCIMENTO DEGLI ACCIAI

EN 10080

prospetto 7

Identificazione del paese di origine

Paese	Numero di nervature trasversali normali tra l'inizio della marcatura e la nervatura rinforzata successiva
Austria, Germania	1
Belgio, Lussemburgo, Paesi Bassi, Svizzera	2
Francia	3
Italia	4
Irlanda, Islanda, Regno Unito	5
Danimarca, Finlandia, Norvegia, Svezia	6
Portogallo, Spagna	7
Grecia	8

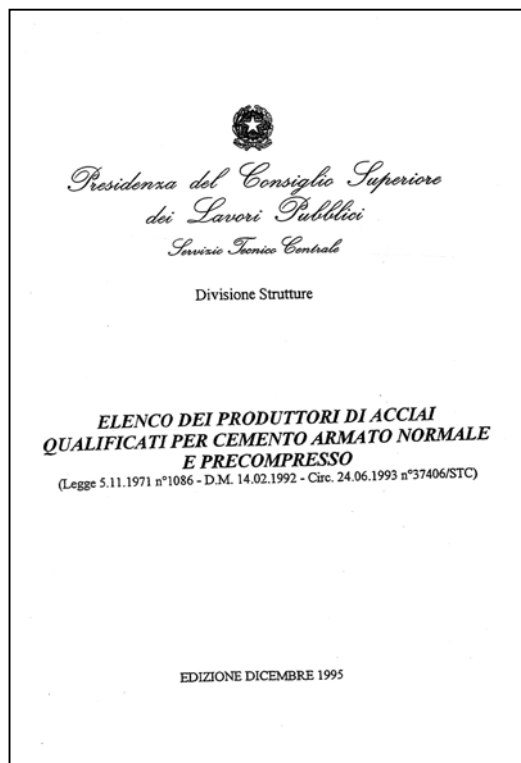
Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

RICONOSCIMENTO DEGLI ACCIAI

Come leggere il marchio su un acciaio secondo le normative attuali



Produttore	Stabilimento di:	Tipo di acciaio			Scheda n.
ACCIAIERIE E FERRIERE LEALI LUIGI S.P.A.	ROE' VOLCIANO BS	Fe B 44 k	Non Saldabile	In Barre	CA. 10
ACCIAIERIE FERRIERE DEL TANARO S.P.A.	LESEGNO CN	Fe B 44 k	Non Saldabile	In Barre	CA. 11
ACCIAIERIE MEGARA S.P.A.	CATANIA CT	Fe B 44 k	Saldabile	In Barre	CA. 12
ACCIAIERIE VALBRUNA S.P.A.	VICENZA VI	Fe B 44 k INOX	Non Saldabile	In Barre	CA. 13
ACCIAIERIE VALBRUNA S.P.A.	VICENZA VI	Fe B 44 k INOX	Non Saldabile	In Barre	CA. 14
ACCIAIERIE VALBRUNA S.P.A.	VICENZA VI	Fe B 44 k INOX	Non Saldabile	In Barre	CA. 15
ACCIAIERIE VENETE S.P.A.	CAMIN PD	Fe B 44 k	Saldabile	In Barre	CA. 16
ACCIAIERIE VENETE S.P.A.	CAMIN PD	Fe B 44 k	Saldabile	In Barre	CA. 17
ALFA ACCIAI S.R.L.	SAN POLO BS	Fe B 44 k	Saldabile	In Barre	CA. 18
ALFA ACCIAI S.R.L.	SAN POLO BS	Fe B 44 k	Saldabile	In Rotoli	CA. 19
ALFA DERIVATI S.R.L.	OZZANO TARO PR	Filo trafilato di acciaio nervato			CA. 20
ALFA DERIVATI S.R.L.	SAN POLO BS	Filo trafilato di acciaio nervato			CA. 21

C.A. 6	
C.A. 7	
C.A. 8	
C.A. 9	
C.A. 10	

RICONOSCIMENTO DEGLI ACCIAI

S.G.S. Società Geotecnica Sarda S.r.l.

LABORATORIO AUTORIZZATO

per le prove sui materiali da costruzione con D.M. N° 23469 del 30/03/1983 e successivi rinnovi

CERTIFICATO DI PROVE DI TRAZIONE E PIEGAMENTO (UNI EN10002 - UNI EN ISO 7438)

Pag. 1/1

Certificato N° 3784/2005

Cagliari, li 12/10/2005

SEZIONE: ACCIAI

Protocollo N° 1228/1412 del 05/10/2005

Verbale d'accettazione N° 1228/1412 del 05/10/2005

Richiedente: Vortex Hydra s.r.l.

Provinci di acciaio dichiarati provenienti da: Cantiere Diga Corongiu - Sinnai.

Lavori di adeguamento alle norme di sicurezza della 2° e 3° diga di Corongiu - 1° stralcio.

Committente: Comune di Cagliari.

Impresa esecutrice: Vortex Hydra s.r.l. - Fossalta (FE).

Direttore dei Lavori: Dott. Ing. Salvatore Cantone.

Data prelievo: 05/10/2005.

Data prova: 10/10/2005.

N°	φ	Posizione in opera dichiarata	Diam. effett.		Sezione	Snervamento fy N/mm²	Rottura ft N/mm²	Allung. A5 %	Piegamento		ft/fy	fy/fyk
			mm	mmq					Mandr. mm	Esito		
1	8	Platea pile	8,0	50,7	529	653	25,3	32	Positivo*		1,23	1,23
2	8	" "	8,0	50,8	522	650	25,2	32	Positivo*		1,25	1,21
3	8	" "	8,0	50,4	524	651	25,2	32	Positivo*		1,24	1,22
4	10	Platea pile	10,1	79,5	533	655	26,2	40	Positivo*		1,23	1,24
5	10	" "	10,0	79,1	538	662	26,4	40	Positivo*		1,23	1,25
6	10	" "	10,1	79,7	531	659	26,4	40	Positivo*		1,24	1,23

Tipo di acciaio dichiarato:

Note: La richiesta prove è stata sottoscritta dal Direttore dei Lavori.

Campioni e dati forniti dal richiedente.

Il marchio riscontrato sui campioni corrisponde a quello pubblicato nel catalogo degli acciai per C.A. e C.A.P.

dal Ministero dei LL. PP. edizione Aprile 2003.

SCHEDA N° 72 - PRODUTTORE: RIVA ACCIAIO - VERONA - ITALIA.

Marchio
riscontrato



*piegamento e raddrizzamento senza cricche.

LO SPERIMENTATORE

[Firma]
Ing. Saito

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

[Firma]
Ing. Giuseppe Marci

Il presente certificato o rapporto di prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta dall'S.G.S. Società Geotecnica Sarda.

S.G.S. SOCIETÀ GEOTECNICA SARDA S.r.l. - Via E. Segre snc, Z. Ind. Est Casis - 09122 CAGLIARI - Tel. 070.2110002 - Fax. 070.2128150
Cap. Soc. Euro 100.000,00 - Tribunale di Cagliari: Registro Società n° 10676 - CCLAA (CA) n° 104036 - Codice Fiscale e Partita IVA 01172810929
Sede Amministrativa: Via Campobello n° 28/C - 00040 Pomezia (Roma) - Tel. 06.9105686 - 06.9105688/9 - Fax. 06.9105693 - Telex GEOTEC I 620636

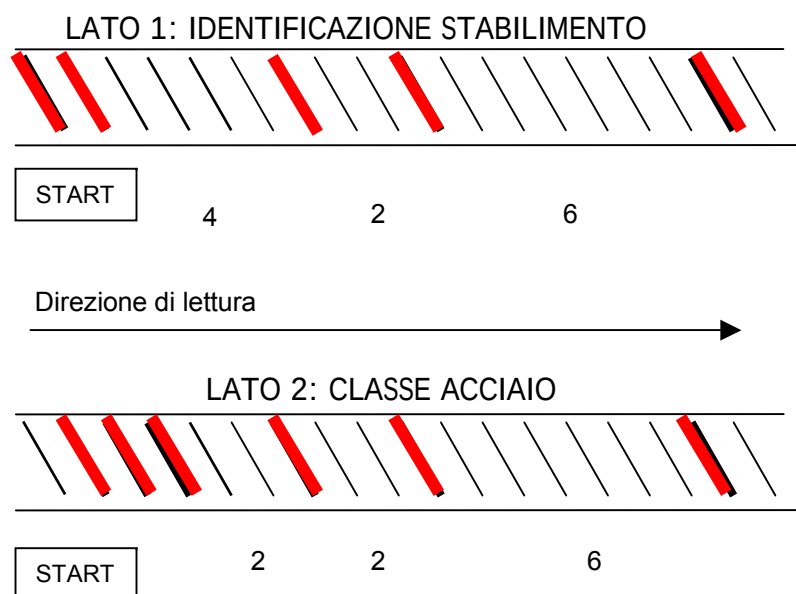
Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

RICONOSCIMENTO DEGLI ACCIAI

Come leggere il marchio su un acciaio dopo la marcatura CE
In conformità alla norma Europea 10080.



start: 2 nervature ingrossate consecutive
paese: una serie di nervature normali indicanti la nazione (es. 4+2)
stabilimento: una o due serie di nervature normali indicanti il numero dello stabilimento (es. 2+6 =26)

start: 3 nervature ingrossate consecutive
classe acciaio: un numero (esempio acciaio 226)

La classe tecnica dell'acciaio deve essere depositata presso il Registro Europeo dei marchi che sostituirà il registro nazionale del Servizio tecnico Centrale.

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

- TIPOLOGIE DI ACCIAIO -

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili. Inoltre sono previste solo due tipologie di acciaio: **B450C (laminato a caldo) - B450A (trafilato a freddo).**

Per entrambe le tipologie si ha:

$f_{y,nom} = 450 \text{ N/mm}^2$ (tensione nominale di snervamento);

$f_{t,nom} = 540 \text{ N/mm}^2$ (tensione nominale di rottura);

	B450C	B450A
Tensione di snervamento caratteristica f_{yk}	$\geq f_{y,nom}$	$\geq f_{y,nom}$
Tensione di rottura caratteristica f_{tk}	$\geq f_{t,nom}$	$\geq f_{t,nom}$
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,13 \leq 1,35$	$\geq 1,05$
$(f_y/f_{y,nom})$	$\leq 1,25$	$\leq 1,25$
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7\%$	$\geq 3\%$
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche $\phi < 12 \text{ mm}$	4ϕ	4ϕ
$12 \text{ mm} \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5ϕ	-
$16 \text{ mm} < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8ϕ	-
$25 \text{ mm} < \phi \leq 50 \text{ mm}$	10ϕ	-

ACCIAIO

L'acciaio da cemento armato ordinario comprende:

- barre d'acciaio tipo B450C ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 50 \text{ mm}$), rotoli ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$);
- prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli ammessi senza limitazioni con diametri $\leq 16 \text{ mm}$;
- reti elettrosaldate;
- tralicci elettrosaldati.

Per barre con diametri superiori a 40 mm la struttura va considerata composta e valgono le regole delle strutture composte acciaio-conglomerato cementizio.

Gli acciai delle reti elettrosaldate devono essere saldabili; l'equidistanza non può superare i 330 mm

Le Reti e tralicci realizzate con il B450A devono avere diametro ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 12 \text{ mm}$) e devono essere tutti acciai saldabili.

ACCIAIO: CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

Il Direttore dei Lavori **è obbligato** ad eseguire i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere, in conformità con le indicazioni contenute nel D.M. 14/09/2005 al punto 11.2.2.10.3.

Il campionamento ed il controllo di accettazione dovrà essere effettuato entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

ACCIAIO: CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

I controlli in cantiere sono facoltativi quando il prodotto utilizzato proviene da un **Centro di trasformazione** o luogo di lavorazione delle barre, nel quale sono stati effettuati tutti i controlli descritti in precedenza. In quest'ultimo caso, la spedizione del materiale deve essere accompagnata dalla certificazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra.

Resta nella discrezionalità del Direttore dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (es. indice di aderenza, saldabilità).

Nel caso di **elementi prefabbricati** in serie (**controllata o qualificata**) le figure del Progettista o del Direttore dei Lavori sono sostituite fino alla fase di consegna a piè d'opera dal **Progettista e dal Direttore tecnico di produzione** secondo le responsabilità e attività riportate in 5.1.10.4 e 11.7.

È poi **responsabilità del Direttore dei Lavori** dell'opera **verificare** la conformità di tutti i documenti che il prefabbricatore deve obbligatoriamente consegnare:

- attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale,
- certificazione di origine del prodotto,
- estratto del registro di produzione,
- certificati del laboratorio ufficiale,
- istruzioni per il trasporto e montaggio,
- elaborati firmati con istruzioni per il corretto impiego e manutenzione dei manufatti (par. 11.7.5)

CAP.11 - MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

- DURABILITÀ DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO -

“Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario e precompresso, esposte all’azione dell’ambiente, **si devono** adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall’attacco chimico, fisico, dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo. ”

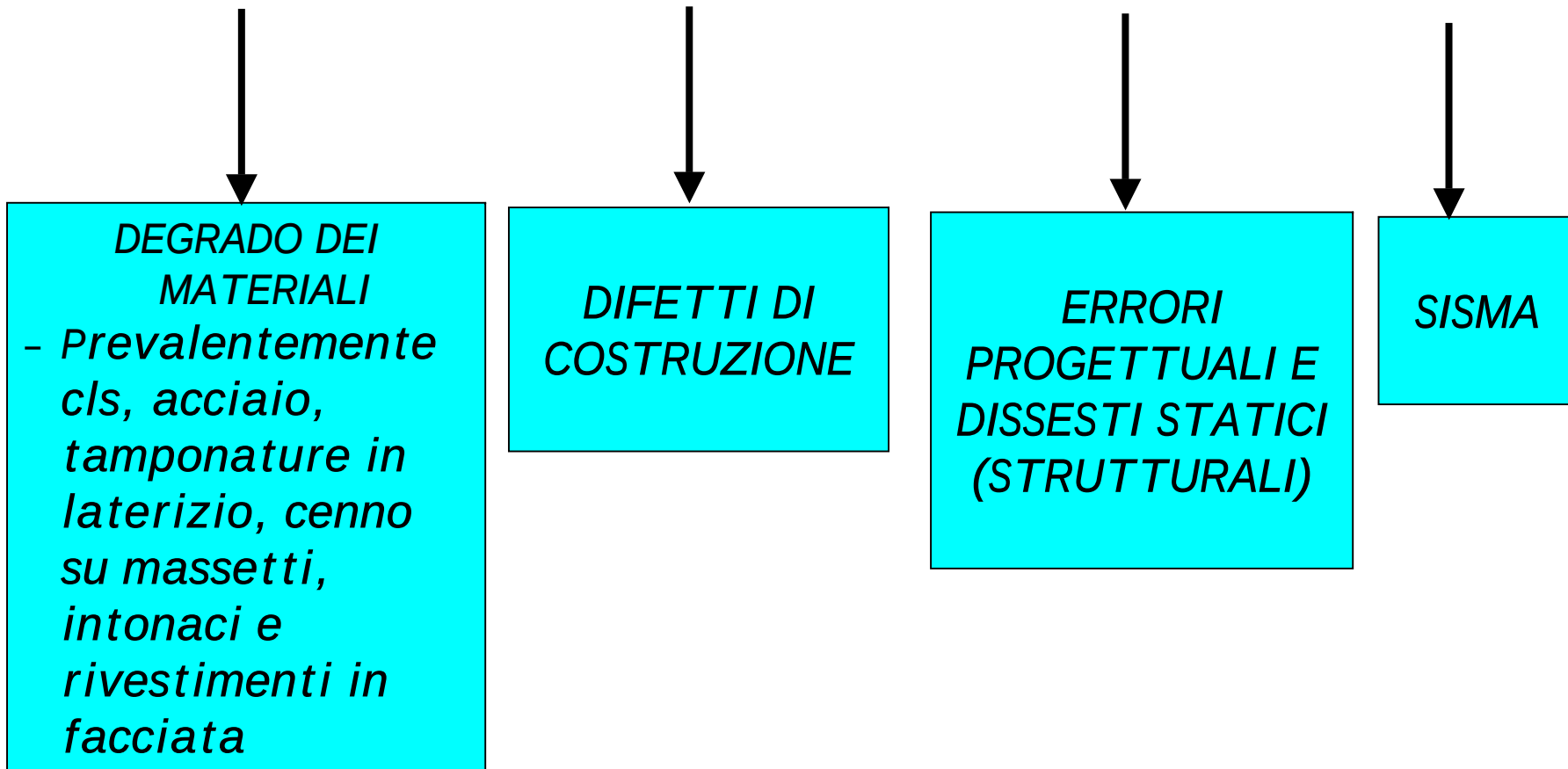
“A tal fine **il progettista**, valutate opportunamente le condizioni ambientali del sito ove sorgerà la costruzione o quelle di impiego, **deve fissare** le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare (**composizione e resistenza meccanica**), i valori del copriferro e le regole di maturazione. ”

“Per la definizione delle classi di resistenza in funzione delle condizioni ambientali il progettista potrà far riferimento alla norma **UNI EN 206-1 ed UNI 11104** ovvero alle “**Linee Guida sul calcestruzzo strutturale**” edite dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. ”

(Par. 11.1.1 Norme tecniche per le costruzioni)

DURABILITÀ DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO

CAUSE DI DISSESTO E DEGRADO DELLE STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO E PRECOMPRESSO

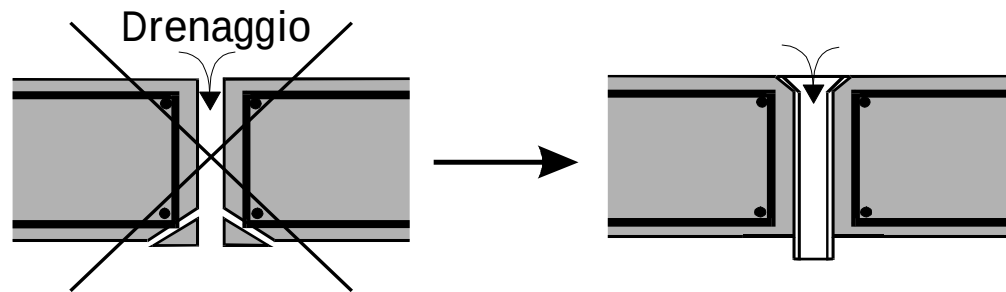


Le cause del degrado possono essere interne al manufatto o riconducibili ad interazioni con l'ambiente esterno.

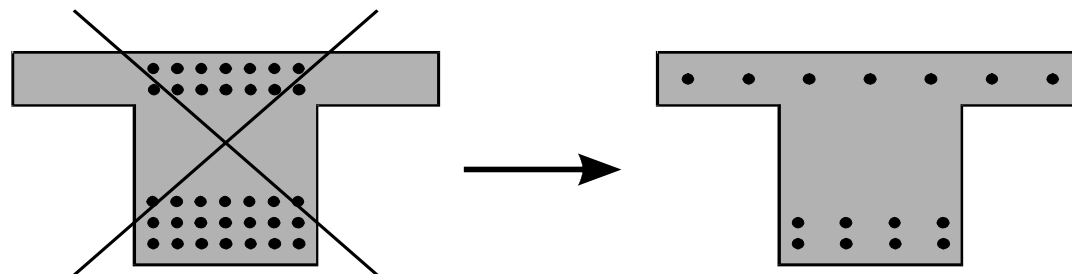
Le cause interne dipendono essenzialmente da:

- Cattiva progettazione del manufatto;
- Scelta non corretta degli ingredienti (cemento, acqua, aggregati, additivi e aggiunte – Inoltre gli ingredienti del calcestruzzo possono contenere sostanze “indesiderabili” cioè incompatibili con le armature o con la stessa matrice cementizia);
- Non corretta posa in opera dei materiali;
- Inadeguati processi di maturazione (*curing*) del materiale.

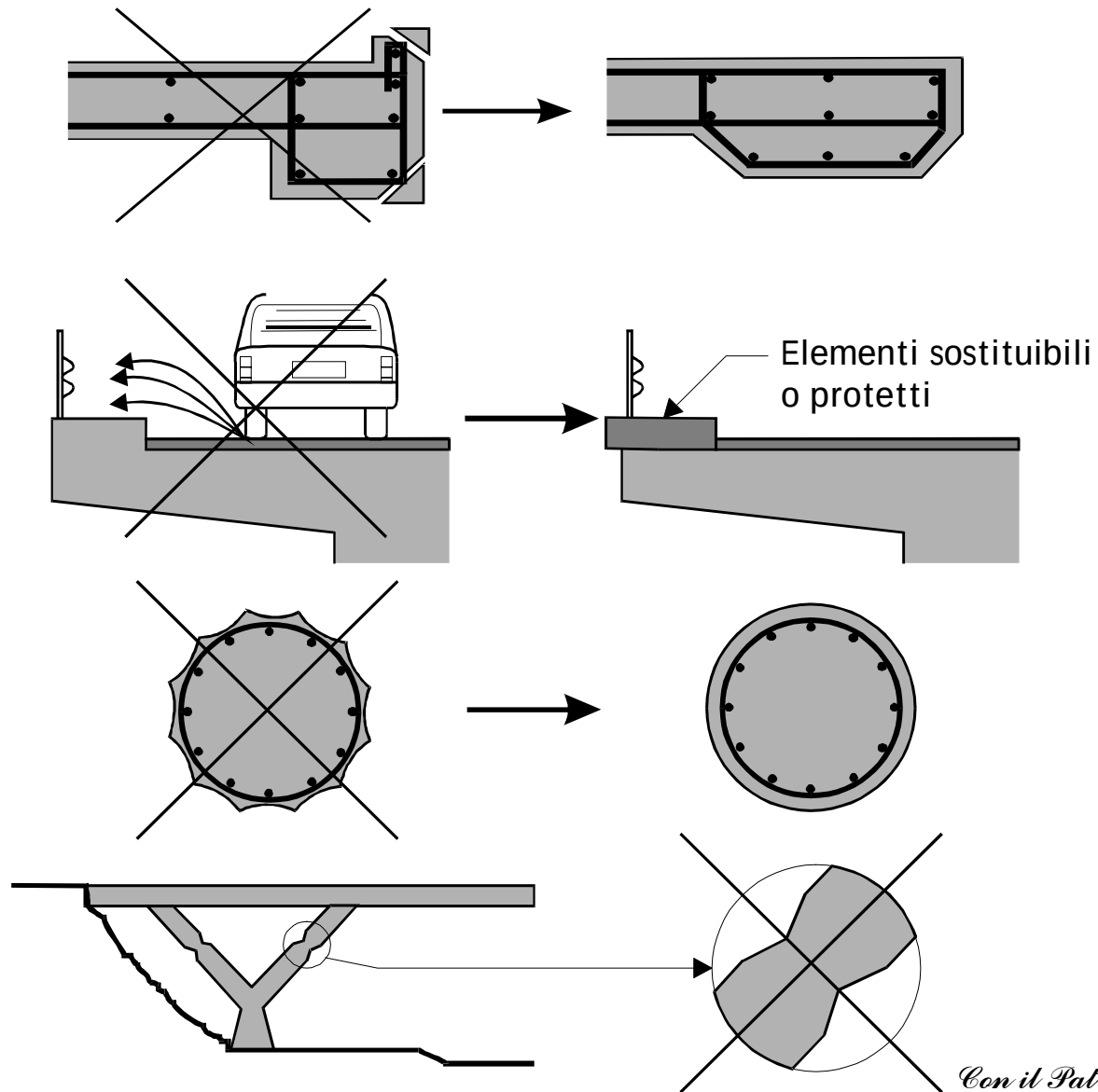
Errori progettuali



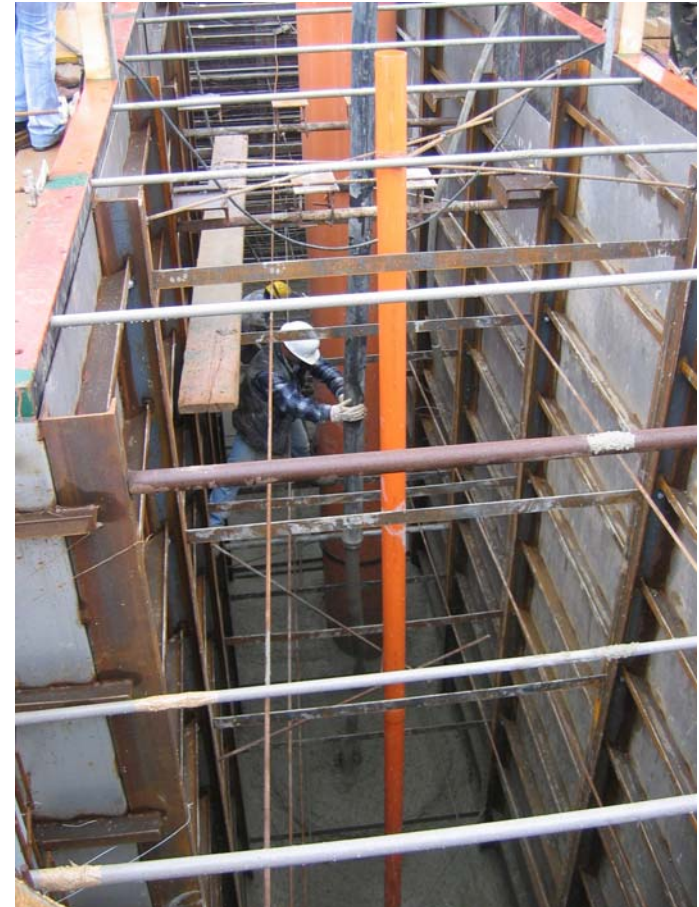
Errori progettuali



Errori progettuali



Cattiva posa in opera



Cattiva posa in opera



Le **cause esterne** possono essere di carattere **fisico-meccanico, chimico o elettro-chimico.**

CAUSE MECCANICHE:

- Lesioni indotte da sollecitazioni meccaniche in servizio (assestamenti, sovraccarichi, carichi ciclici, abrasione, erosione, urti);
- Microfessurazione indotta da variazioni termo-igrometriche (ritiro, dilatazioni);
- Formazione di ghiaccio o sali all'interno della matrice cementizia e/o negli aggregati (gelività e cristallizzazione salina).

CAUSE CHIMICHE:

- Dilavamento (attacco acido);
- Attacco solfatico – attacco solfatico in climi freddi;
- Reazione alcali-aggregato.

CAUSE ELETTRICO-CHIMICHE:

- Corrosione delle barre di armatura

La **porosità** è uno dei parametri principali che sovrintende ai processi di degrado del calcestruzzo

- **Pori aperti e comunicanti**

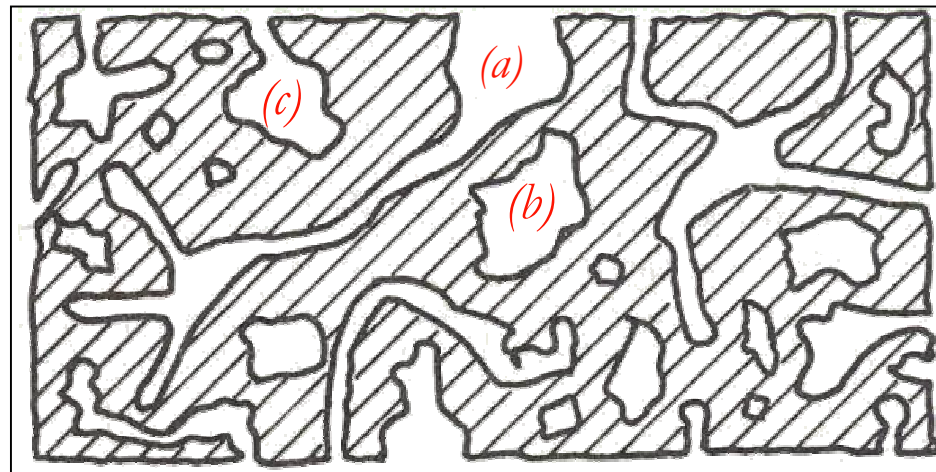
contribuiscono al trasporto di materia attraverso il mezzo poroso (a)

- **Pori chiusi o non comunicanti**

non possono contribuire al trasporto di materia (b)

- **Pori “ciechi” o aperti solo da una parte**

contribuiscono solo parzialmente al trasporto di materia in quanto essendo comunicanti solo da un lato il fluido che si trova all'interno fuoriesce lentamente e con difficoltà (c)



Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Interazioni Calcestruzzo - Ambiente

Maggiore sarà la porosità del calcestruzzo e tanto più facilmente vi potranno penetrare le sostanze aggressive:

Ossidi

(SO₂, CO₂, NO_x)

da: inquinamento industriale, alto traffico veicolare, elevata presenza antropica;

Sali

(Cloruri, Solfati ed altri)

da: terreni, aerosol marino, dagli stessi materiali impiegati per la miscela del cls;

Acqua

(permeabilità, diffusività, capillarità)

L'acqua svolge un ruolo determinante nelle dinamiche del degrado:

- è il veicolo attraverso il quale all'interno del reticolo poroso possono penetrare le sostanze aggressive;
- Ma, anche da sola, l'acqua è una sostanza estremamente pericolosa sia per le sue proprietà solventi che per le sensibili modifiche delle sue proprietà fisiche a seguito di eventuali transizioni di fase.

FESSURAZIONE

Fessure da ritiro plastico: si producono soprattutto sulle superfici orizzontali (platee di fondazione, pavimentazioni) alcune ore dopo il getto.

L'entità del fenomeno dipende dalla velocità di evaporazione dell'acqua, e quindi dai fattori che la determinano (temperatura, velocità del vento U.R.) e aumenta all'aumentare del contenuto di cemento dell'impasto.

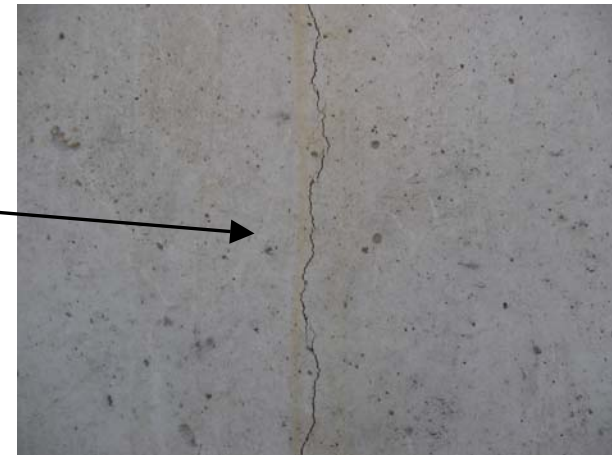


FESSURAZIONE

Fessure da ritiro igrometrico: Quando il calcestruzzo indurito viene esposto all'aria con umidità relativa inferiore al 95% perde progressivamente parte dell'acqua contenuta all'interno dei pori e subisce un ritiro igrometrico. Una parte di questo ritiro è irreversibile; infatti, se il calcestruzzo che ha subito il ritiro viene riportato a saturazione, ne recupera solo una parte.

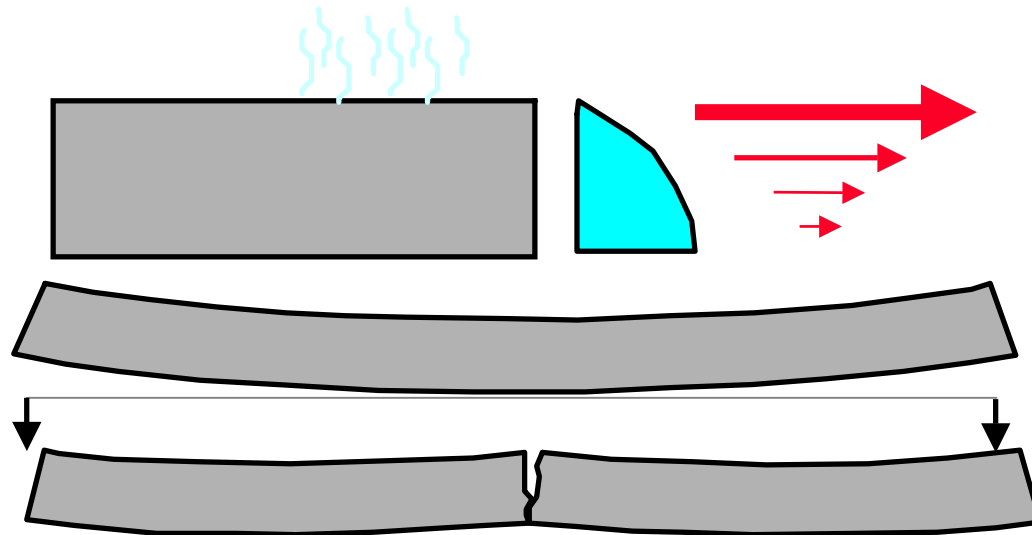
Il ritiro igrometrico è influenzato principalmente dai parametri:

- Aggregati (curva granulometrica)
- Rapporto a/c



Fessure da ritiro igrometrico: il caso delle pavimentazioni - *EFFETTO CURLING*

- Fenomeno: Differenza di planarità lungo l'allineamento dei giunti con possibili fessurazioni
- Cause: contrazioni crescenti dall'intradosso verso l'estradosso lungo lo spessore delle lastre a causa di ritiri differenziati lungo lo spessore delle lastre



Con il Patrocinio del



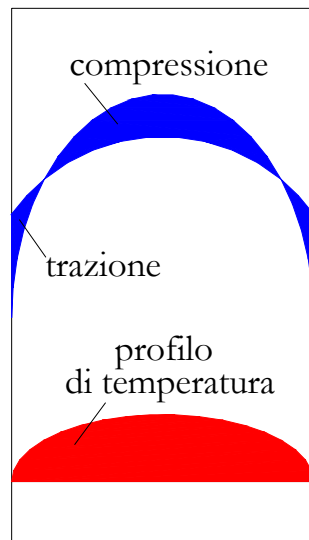
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

FESSURAZIONE

Fessure da ritiro termico: le variazioni termiche cui è soggetto un calcestruzzo possono essere di origine interna (calore di idratazione del cemento) o esterna.

Durante il riscaldamento e nel successivo raffreddamento, tra il nucleo centrale del getto e le pareti superficiali si possono stabilire gradienti di temperatura (superiori a 20°C) alcuni giorni dopo l'esecuzione del getto.

Poiché la differente dilatazione termica tra le parti interne ed esterne del getto è impedita, si instaurano degli sforzi di trazione nelle zone più superficiali che tendono a contrarsi. Possono così formarsi delle fessure.



$$\sigma = \alpha \cdot \delta T \cdot E$$

$$\delta T_{3,,\max} = \frac{c \cdot q_3}{\rho \cdot m}$$



Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Tipo di cemento	% di diffusione sul territorio nazionale	Tipo Cemento	Classe Cemento	q ₃ (KJ/Kg)	q ₇ (KJ/Kg)
CEM I	8.54	I	52.5 R	410	330 ÷ 340
CEM II/A-S	2.27	II/A-LL	42.5 R	350	285 ÷ 300
CEM II/B-S	2.78				
CEM II/A-P	0.03				
CEM II/B-P	0.39	II/B-LL	32.5 N	280	285 ÷ 290
CEM II/A-L; CEM II/A-LL	48.26				
CEM II/B-L; CEM II/B-LL	15.21	III/A	32.5 R	260	-
CEM II/A-M	0.31	III/B	32.5 N	180	-
CEM II/B-M	7.70				
CEM III/A	3.22	IV/A	32.5 R	220 ÷ 260	260 ÷ 290
CEM III/B	0.27	IV/A	42.5 R	240 ÷ 290	285 ÷ 310
CEM IV/A	4.29				
CEM IV/B	5.88	IV/B	32.5 R	165 ÷ 240	190 ÷ 270
CEM V/A	0.84				
CEM V/B	0.01				

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Normativa Cementi EN 197-1 del 2006

Il calore di idratazione dei cementi comuni a **basso calore** non deve superare il valore di 270 J/g in accordo alla EN 196-8 a 7 giorni oppure in accordo alla EN 196-9 a 41 h.

I cementi comuni a basso calore sono indicati LH (Low Heat)

Il cemento comune a basso calore deve essere identificato con l'aggiunta della **marcatura LH nella certificazione**.

Esempio:

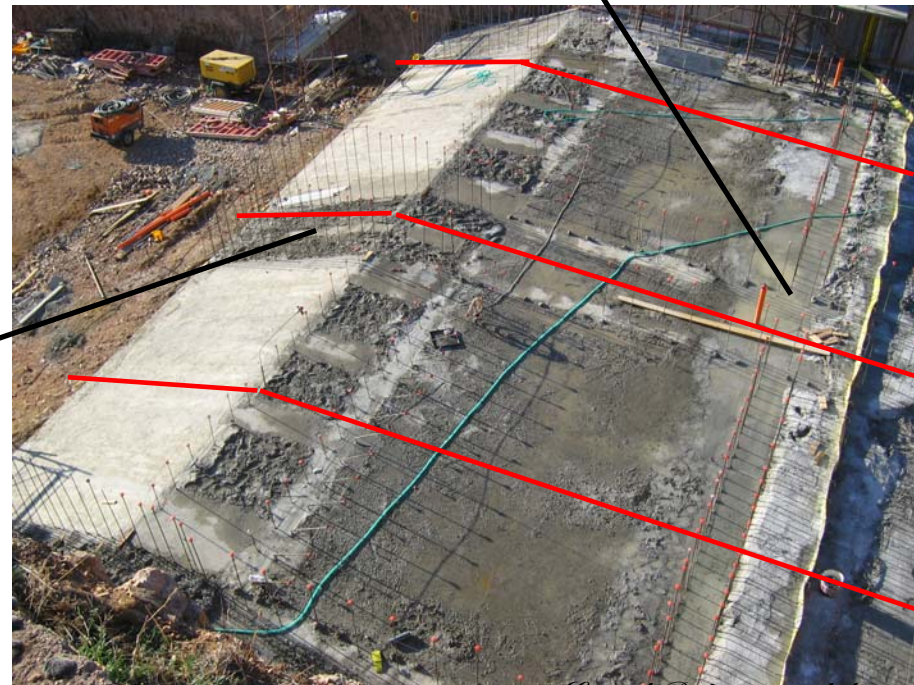
Il cemento d'altoforno, conforme alla EN 197-1, contenente tra il 66% e l'80% in massa di loppa granulata di altoforno (S), della classe di resistenza 32,5 con una resistenza iniziale ordinaria e un basso calore di idratazione, è identificato con:

Cemento d'altoforno EN 197-1 – CEM III/B 32,5 N - LH

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici



Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici



GELIVITÀ E CRISTALLIZZAZIONE SALINA

Gelività: il degrado per gelività (cicli di gelo-disgelo) è legato al fatto che l'acqua, nel passaggio dallo stato liquido a quello solido, aumenta il proprio volume di circa il 9% e congelando esercita forti pressioni disgiungenti entro la matrice porosa.

L'acqua può provenire dalla superficie esterna o essere presente nella struttura del calcestruzzo se confezionato con elevati rapporti a/c.

La formazione di ghiaccio inizia nei pori di dimensioni maggiori e si estende a quelli più piccoli soltanto se la temperatura si abbassa ulteriormente.

Temperatura di congelamento dell'acqua nei pori:

Spazi interstratici	$3-10 \cdot 10^{-9} \text{ m}$	$-80^{\circ}\text{C} < T < -25^{\circ}\text{C}$
Pori capillari	$0.04-3 \cdot 10^{-6} \text{ m}$	$-20^{\circ}\text{C} < T < 0^{\circ}\text{C}$
Macro-pori	$0.1-5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$	$T = 0^{\circ}\text{C}$

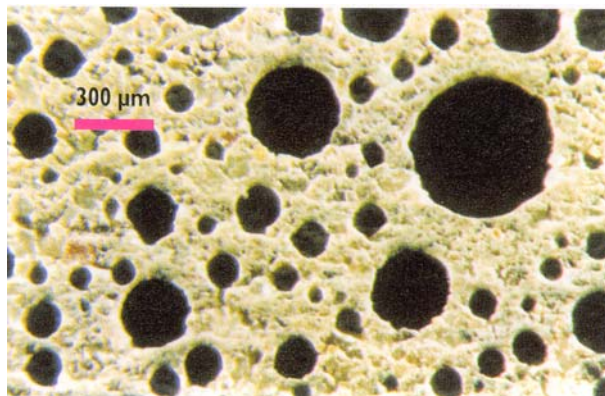
Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Nelle strutture in calcestruzzo realizzate nel nostro Paese e in quelli che appartengono alla Comunità Europea, quindi, dove le temperature generalmente non scendono al di sotto di $-15/-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, **è la sola acqua presente nelle porosità capillari e nei macrovuoti** (prodotti da difetti di posa in opera e compattazione del getto) che può di fatto trasformarsi in ghiaccio.

TEORIA DELLA PRESSIONE IDRAULICA: la formazione del ghiaccio all'interno dei pori capillari spinge l'acqua verso cavità vuote all'interno del calcestruzzo e verso l'esterno. Questo movimento dà luogo ad una pressione che cresce al diminuire della sezione dei pori ed all'aumentare del cammino che l'acqua deve percorrere per arrivare alle cavità vuote.



“Spacing” tra le micro-bolle di aria

- Additivo aerante -

Immagine tratta dal libro “Il Nuovo calcestruzzo” -
Mario Collepardi

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

La Cristallizzazione Salina

L'acqua presente all'interno della struttura porosa dei materiali può contenere disciolti **differenti tipi di sali di varia origine**. L'evaporazione dell'acqua fa aumentare la loro concentrazione fino a raggiungere condizioni di saturazione critica con conseguente cristallizzazione.

Efflorescenza: quando la cristallizzazione avviene all'esterno (macchie biancastre)

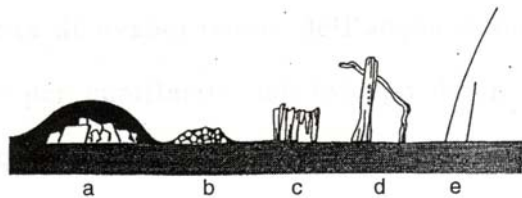
Sub-florescenza: quando la cristallizzazione avviene all'interno della matrice porosa (situazione estremamente pericolosa).



Le **pressioni di cristallizzazione** e di idratazione associate al fenomeno possono essere infatti talmente elevate da **superare la resistenza meccanica** della matrice e portare così alla sua rapida decoesione.

Efflorescenza

(Favorita dalla bassa ventilazione)



b) Cristalli isodiametrici

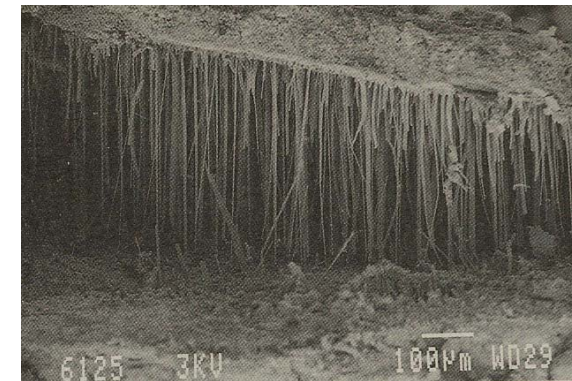
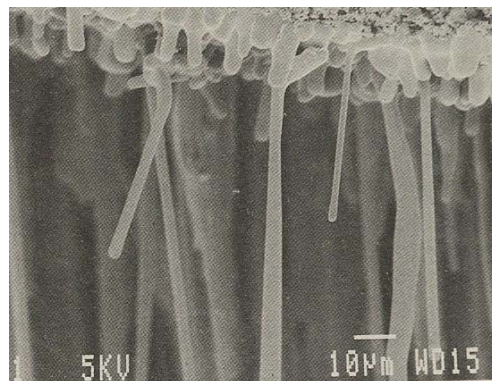
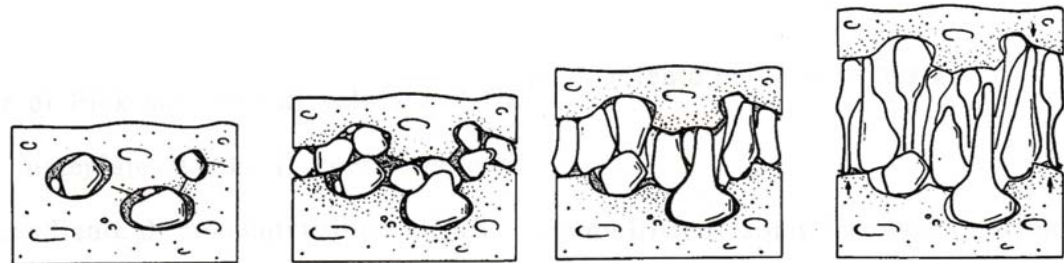
c) Cristalli fibrosi

d) Cristalli colonnari

e) Whiskers

Subflorescenza

(Favorita da ventilazione elevata e aria secca)

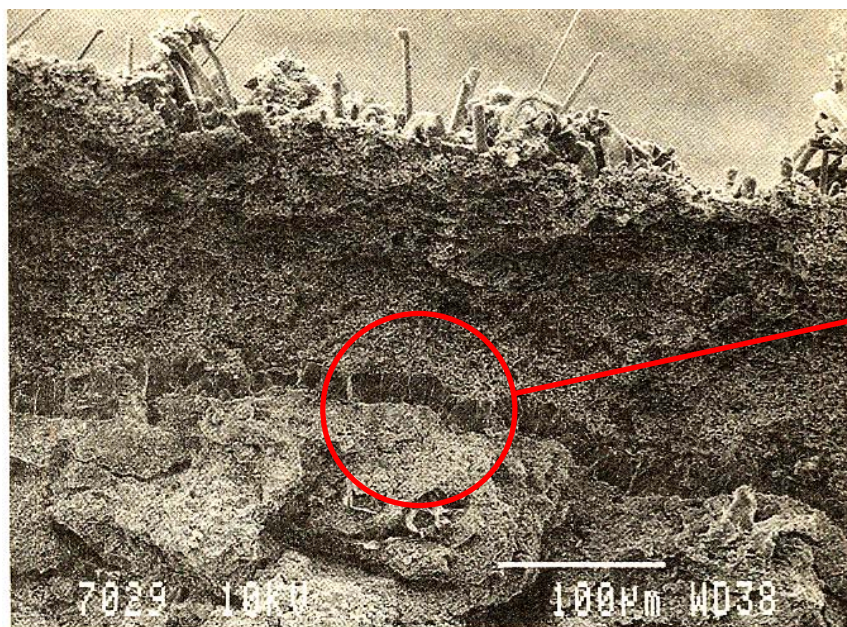


Con il Patrocinio del

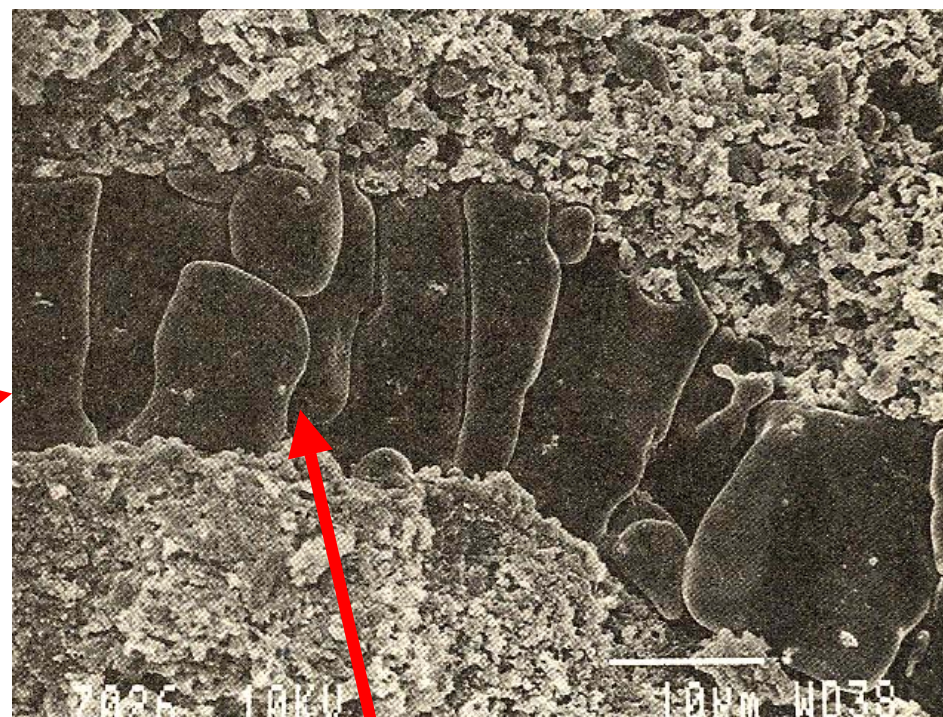


Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Efflorescenze



Sub-florescenze

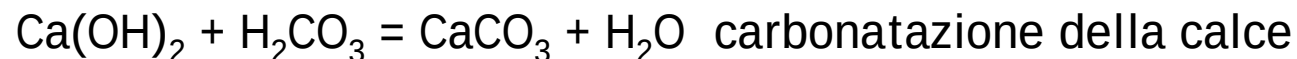


Cristalli di sale

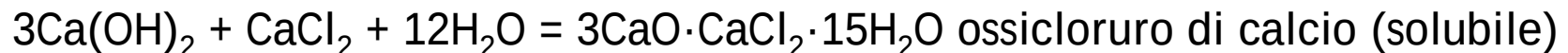
DILAVAMENTO (attacco acido)

Azione **chimico-fisica** per cui la pasta di cemento è privata di prodotti solubili in acqua. La presenza di acidi di qualsiasi natura ($\text{PH} < 6$) rende l'azione dilavante particolarmente pericolosa.

- Anche le acque ricche di CO_2 e povere di sali solubili (**es. acque di montagna**) possono essere pericolose. In questo caso si forma acido carbonico (H_2CO_3) e il PH scende sotto il valore 6.



- Il cloruro di calcio (CaCl_2), abbondantemente adoperato come agente disgelante nelle **strade e autostrade**, può contribuire al dilavamento secondo la reazione:



- Tutti gli acidi inorganici forti (HCl - HNO_3 - H_2SO_4) distruggono rapidamente i manufatti cementizi in quanto agiscono attaccando la fase idrosilicatica C-S-H

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici



Dilavamento delle pareti di un canale in montagna

**Degrado a seguito dell'interazione
"calcestruzzo - sale disgelante"**



Con il Patrocinio del

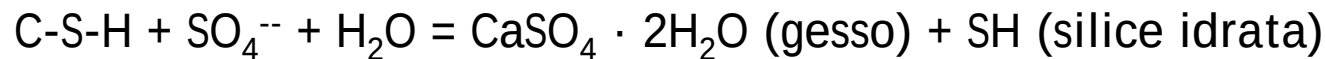


Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

ATTACCO SOLFATICO: formazione di ettringite

Consiste nella reazione (in presenza di acqua) tra lo ione solfato SO_4^{--} e i prodotti di idratazione del cemento: Ca(OH)_2 , C-S-H, C-A-H.

Lo ione solfato può essere veicolato dall'esterno attraverso la matrice porosa (es. acqua di mare, terreni di fondazione, acque reflue, vasche di contenimento ecc..)



La reazione avviene con forte aumento di volume che determina, nel calcestruzzo indurito, rigonfiamenti, delaminazione e disgregazione.

ATTACCO SOLFATICO: formazione di thaumasite

È un attacco che avviene in presenza di particolari condizioni climatiche: bassa temperatura $< 5^{\circ}\text{C}$, elevata umidità relativa $>95\%$ ed in presenza di CaCO_3 .



Questa reazione **è ancor più pericolosa di quella che porta alla formazione dell'ettringite**, in quanto l'attacco avviene nei confronti dei composti C-S-H da cui dipendono le caratteristiche meccaniche della pasta cementizia.



Con il Patrocinio del



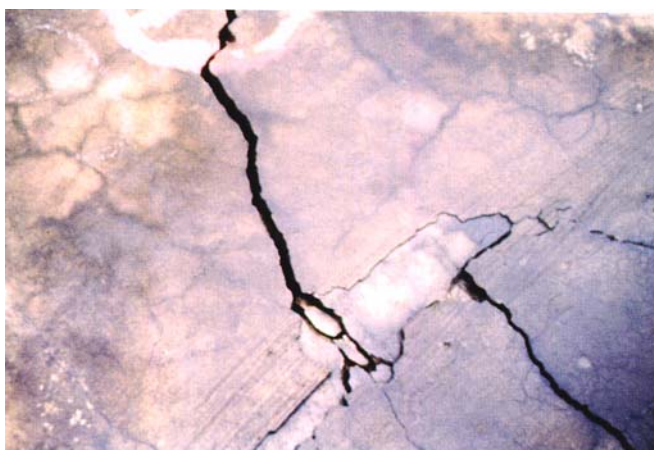
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

REAZIONE ALCALI-AGGREGATO

Questo tipo di attacco, noto anche come ASR (*Alkali-Silica-Reaction*) riguarda gli aggregati che contengono una particolare forma di silice (*silice amorfa*) che reagisce con gli alcali (ioni Na^+ e K^+) presenti nel cemento o provenienti dall'esterno a seguito dell'impiego di NaCl come sale disgelante nelle strade.

In presenza di acqua, Na_2O e K_2O si idratano, formando NaOH e KOH, in grado di combinarsi con la silice amorfa SiO_2 .

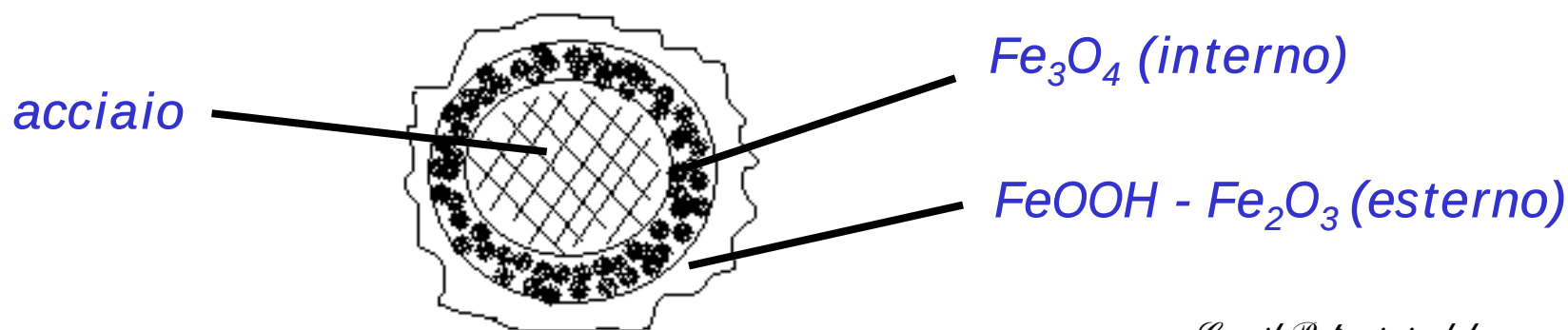
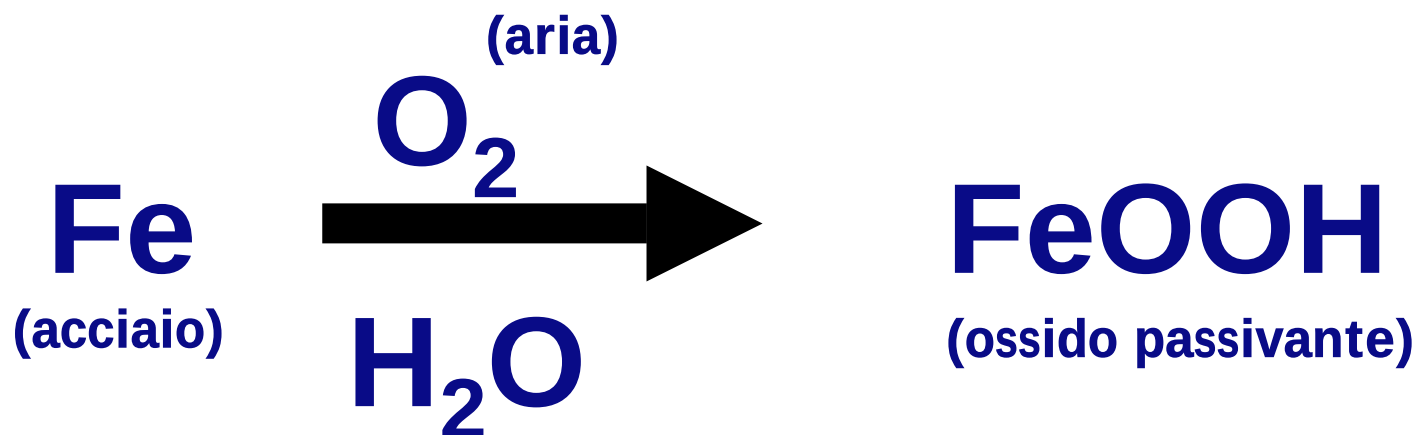
La reazione produce silicati idrati di sodio e potassio poco cristallizzati che, attraverso processi osmotici, acquistano acqua con notevoli effetti espansivi.



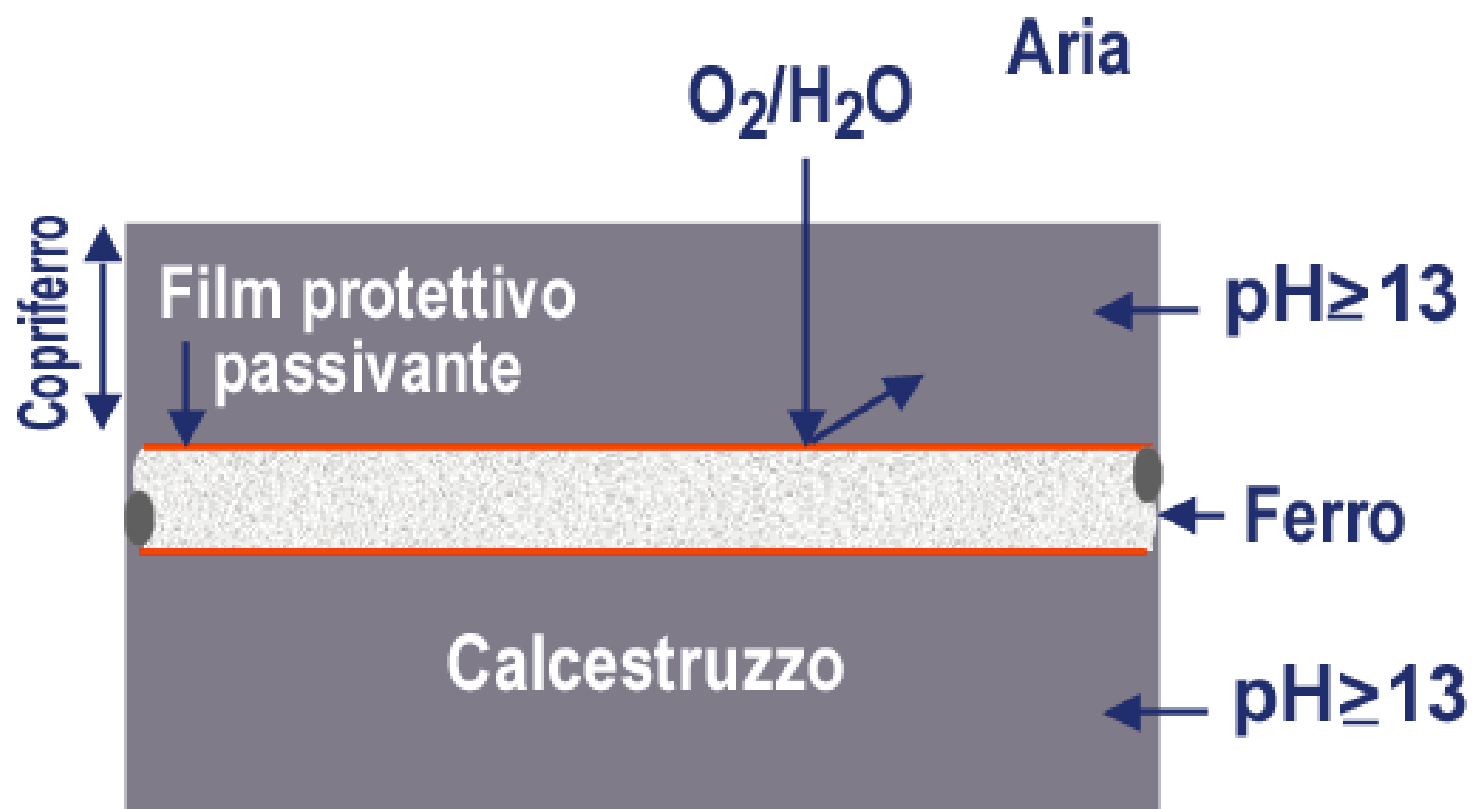
Immagini tratte dal libro "Il Nuovo calcestruzzo" - Mario Collepardi

DEGRADO DEL CALCESTRUZZO ARMATO

In **ambiente basico** e in **presenza di ossigeno** il ferro si ricopre di un ossido protettivo (spessore 2 nm), che lo preserva dalla corrosione galvanica (**passivazione**).



Passivazione del ferro nel CLS



Ferri sani in un calcestruzzo demolito



Rigonfiamento e distacco del copriferro



Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Rigonfiamento e distacco del copriferro



Processo di corrosione delle barre

I processi corrosivi dei metalli sono di carattere elettrochimico: si formano cioè delle vere e proprie **pile** in cui una parte del metallo funge da **anodo (-)** e quindi manda ioni in soluzione corrodendosi, un'altra funge da **catodo (+)** ed è protetta.

Come in tutte le pile, perchè il sistema funzioni, è necessaria la presenza simultanea di tutti i componenti: **anodo**, **catodo**, **conduttore metallico** e **conduttore di seconda specie**.

Quest'ultimo componente è costituito, nel calcestruzzo, dalla presenza di una soluzione acquosa più o meno ricca di ioni di $\text{PH} > 13$.

Se il valore del PH scende al di sotto di 12, il film di ossido passivante viene alterato e si ha l'innesco del processo corrosivo.

Sono due i fattori che determinano un abbassamento del PH:

- **Carbonatazione del calcestruzzo**
- **Attacco da parte di cloruri**

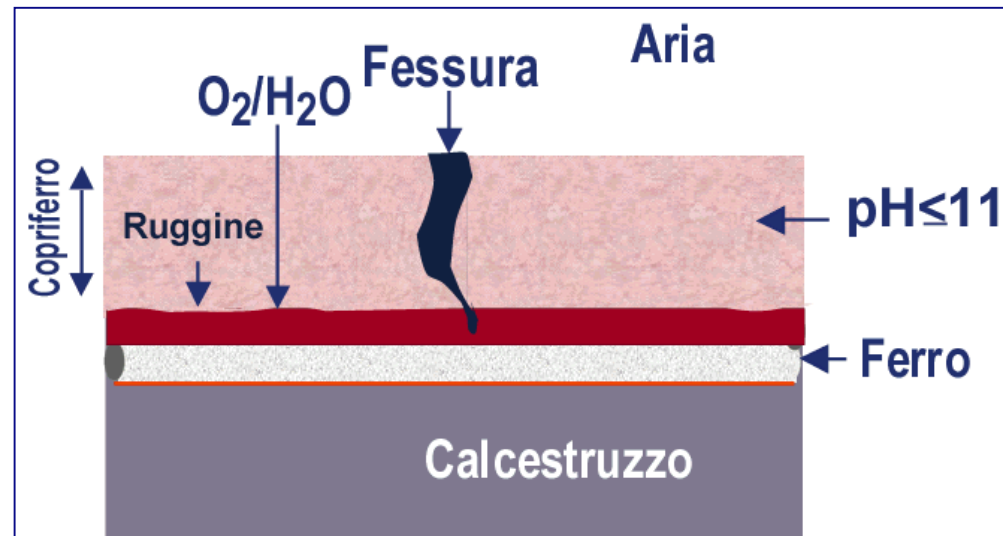
Carbonatazione: attacco della CO₂

La CO₂ è presente in atmosfera in tenori compresi fra 0,04% e 0,2% in relazione al suo grado di inquinamento.

A contatto con il CLS, la CO₂ reagisce con i componenti alcalini solubili presenti in soluzione entro i pori e con l'idrossido di calcio cristallino della matrice indurita:



Il **pH** della soluzione acquosa si riduce da **oltre 13** fin quasi al valore di **7** della neutralità. Si raggiungono così valori ben al di sotto della soglia minima di 11,5 che assicura le condizioni di passività dei ferri di rinforzo in assenza di cloruri.



Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Velocità della carbonatazione

La carbonatazione inizia dalla superficie esterna, penetrando progressivamente all'interno del manufatto secondo la Legge fisica:

$$s = K \cdot t^{1/n}$$

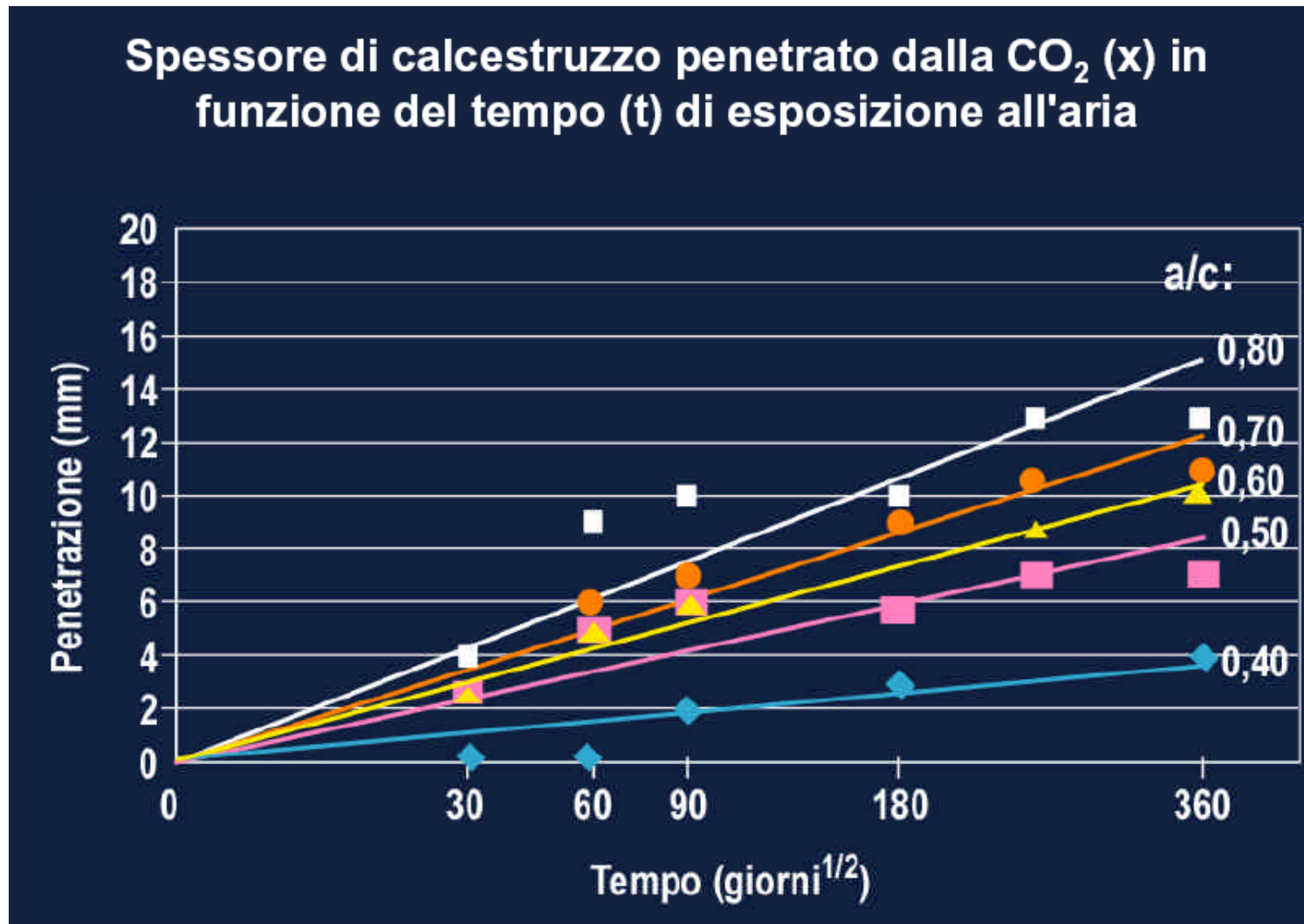
s = spessore dello strato carbonatato, t = tempo

La carbonatazione diminuisce quindi nel tempo più o meno velocemente a seconda dei valori di **n** e **K**.

n dipende dalla **porosità** (compattezza della matrice), in calcestruzzi porosi vale circa 2, in quelli compatti i valori salgono fino a che la velocità del processo è praticamente annullata;

K dipende dalle condizioni ambientali.

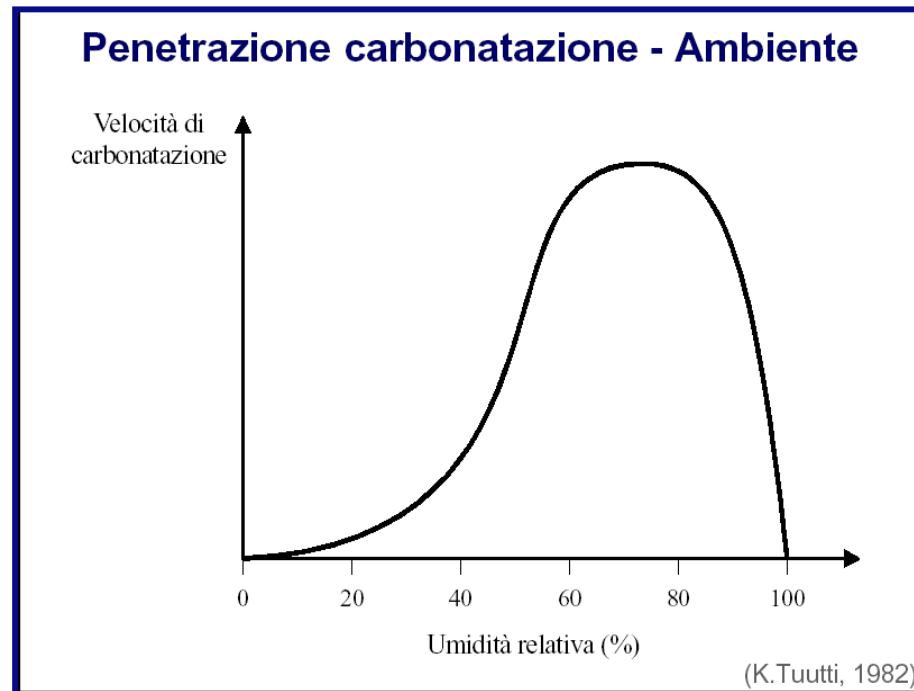
Porosità e carbonatazione



Effetto dell'umidità sulla carbonatazione

Il trasporto della CO_2 avviene **facilmente** entro i pori riempiti **d'aria**, mentre la diffusione entro quelli saturi d'acqua procede con una velocità 10^4 volte inferiore.

La reazione di carbonatazione può però avvenire solo in presenza d'acqua per cui si ha un preciso intervallo di pericolosità che è compreso fra **50 e 80%**.



Con il Patrocinio del

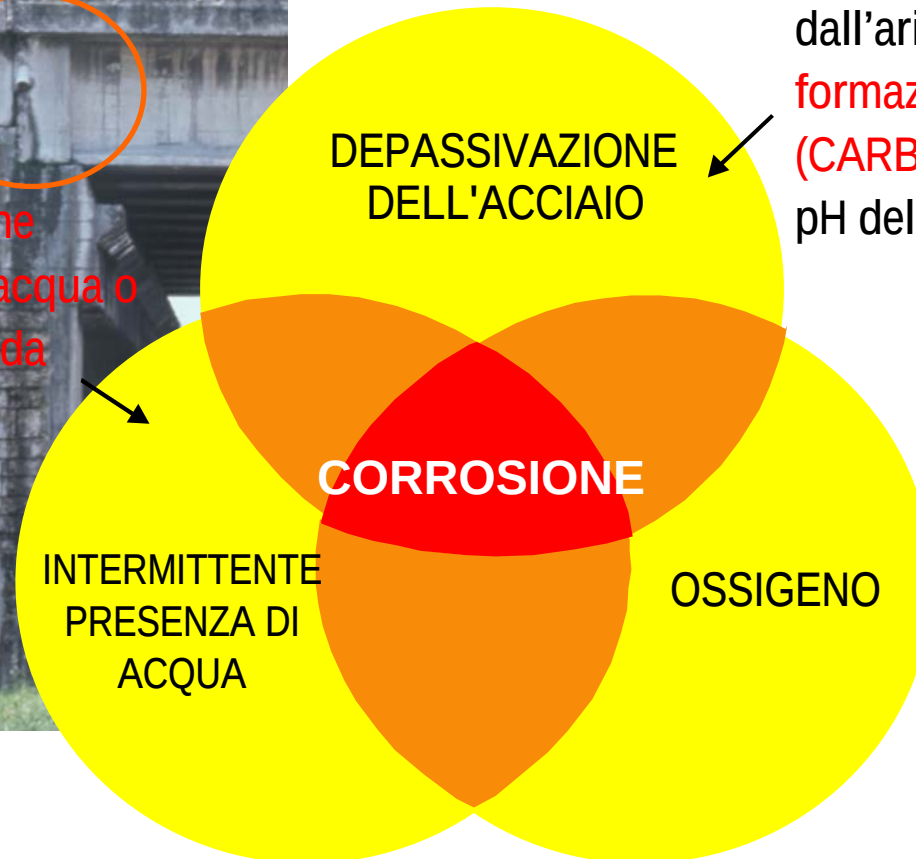


Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

MECCANISMO DI CORROSIONE



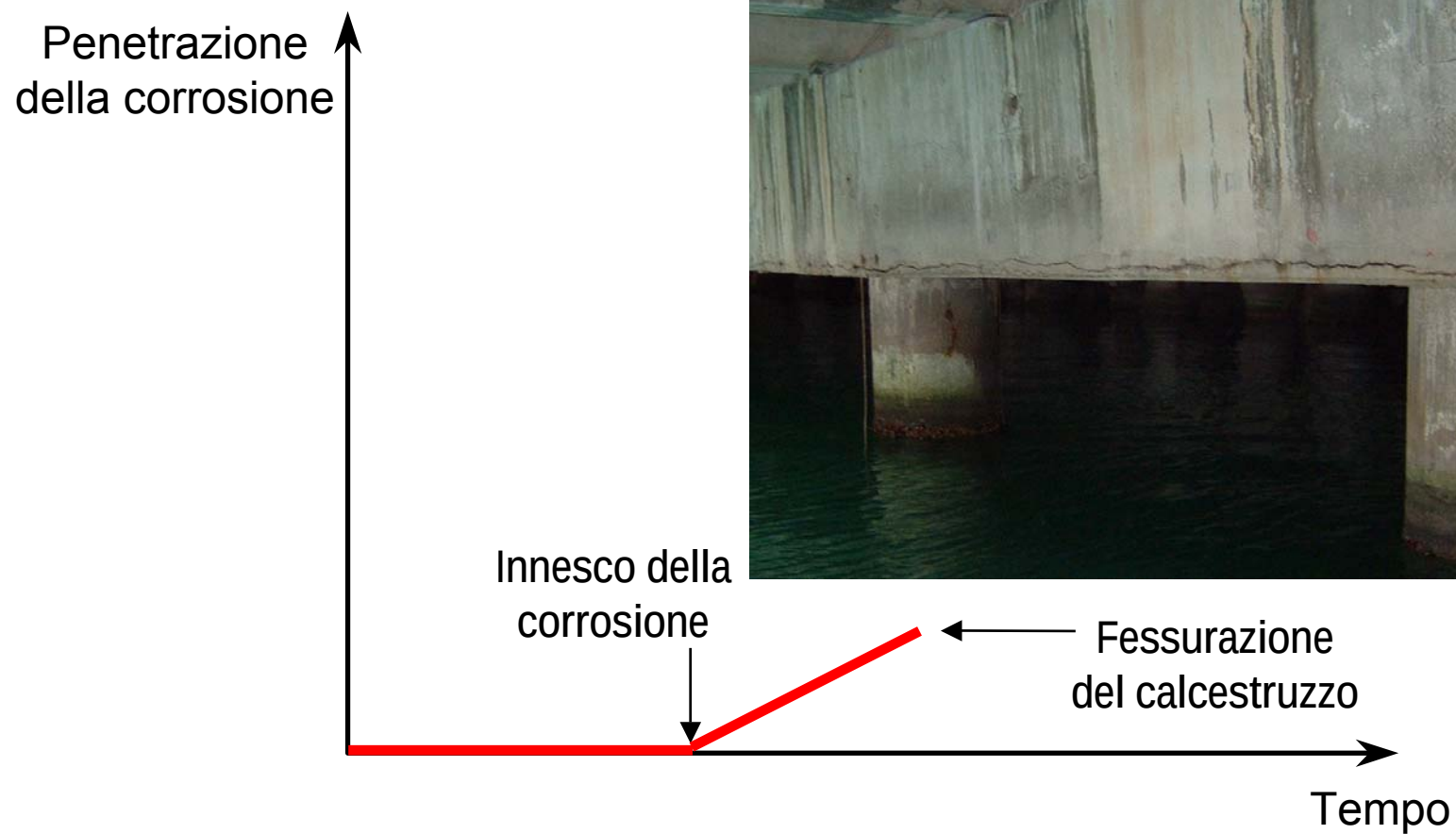
Esposizione
discontinua all'acqua o
all'aria umida



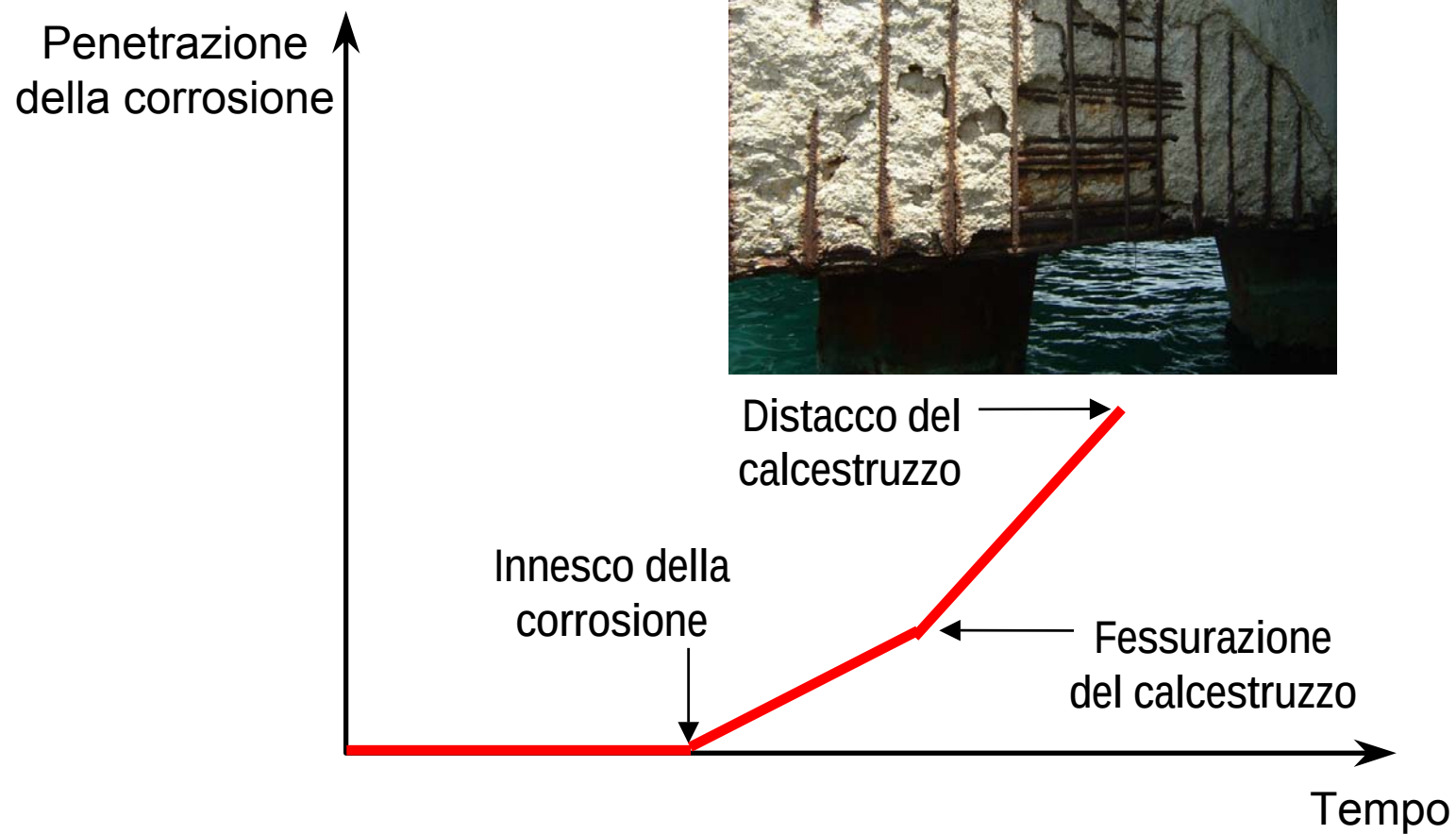
Permeabilità del calcestruzzo e quindi **penetrazione di CO_2** dall'aria e conseguente **formazione di CaCO_3 (CARBONATAZIONE)**: riduzione pH della matrice cementizia

← dall'aria

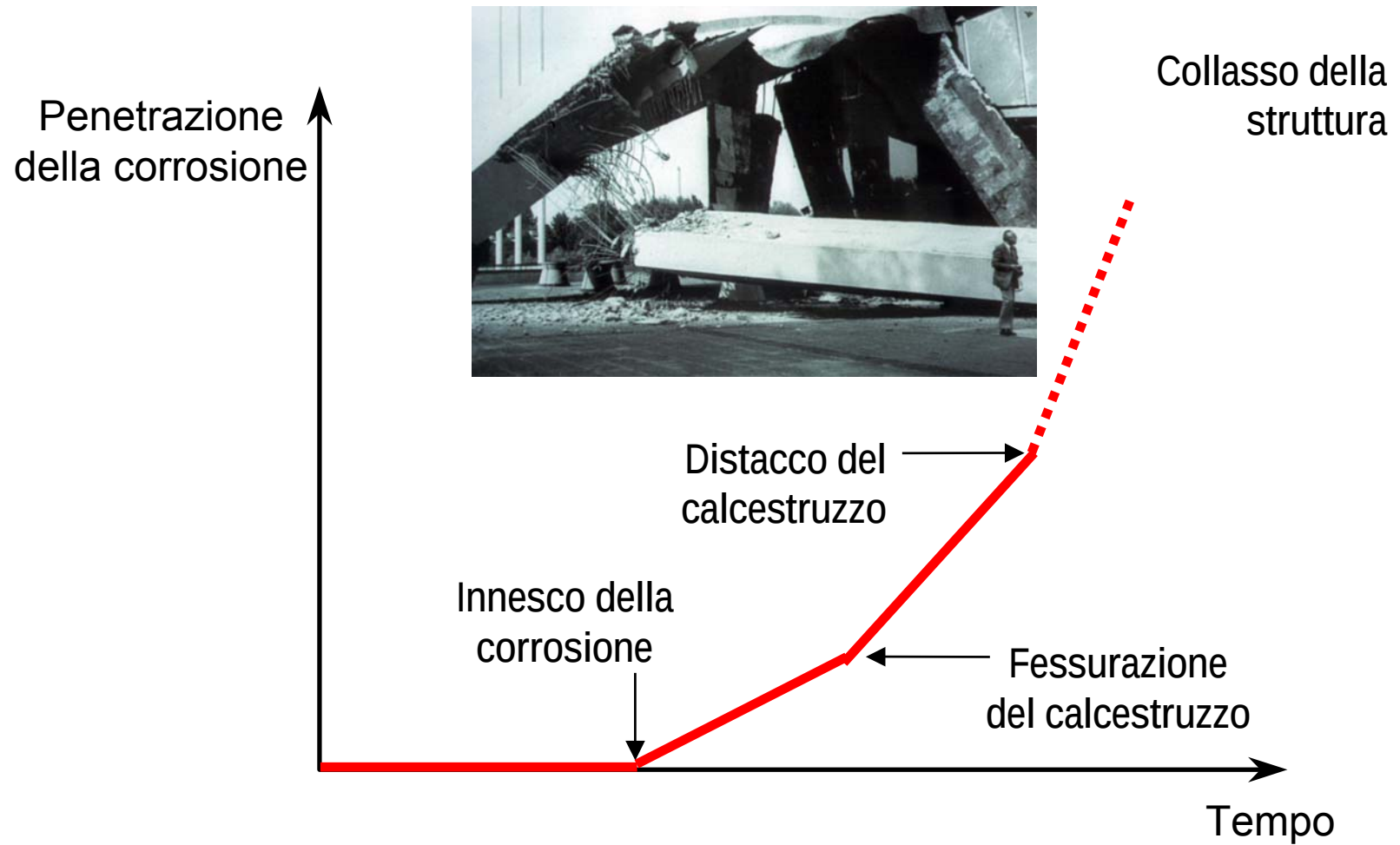
CORROSIONE E VITA UTILE



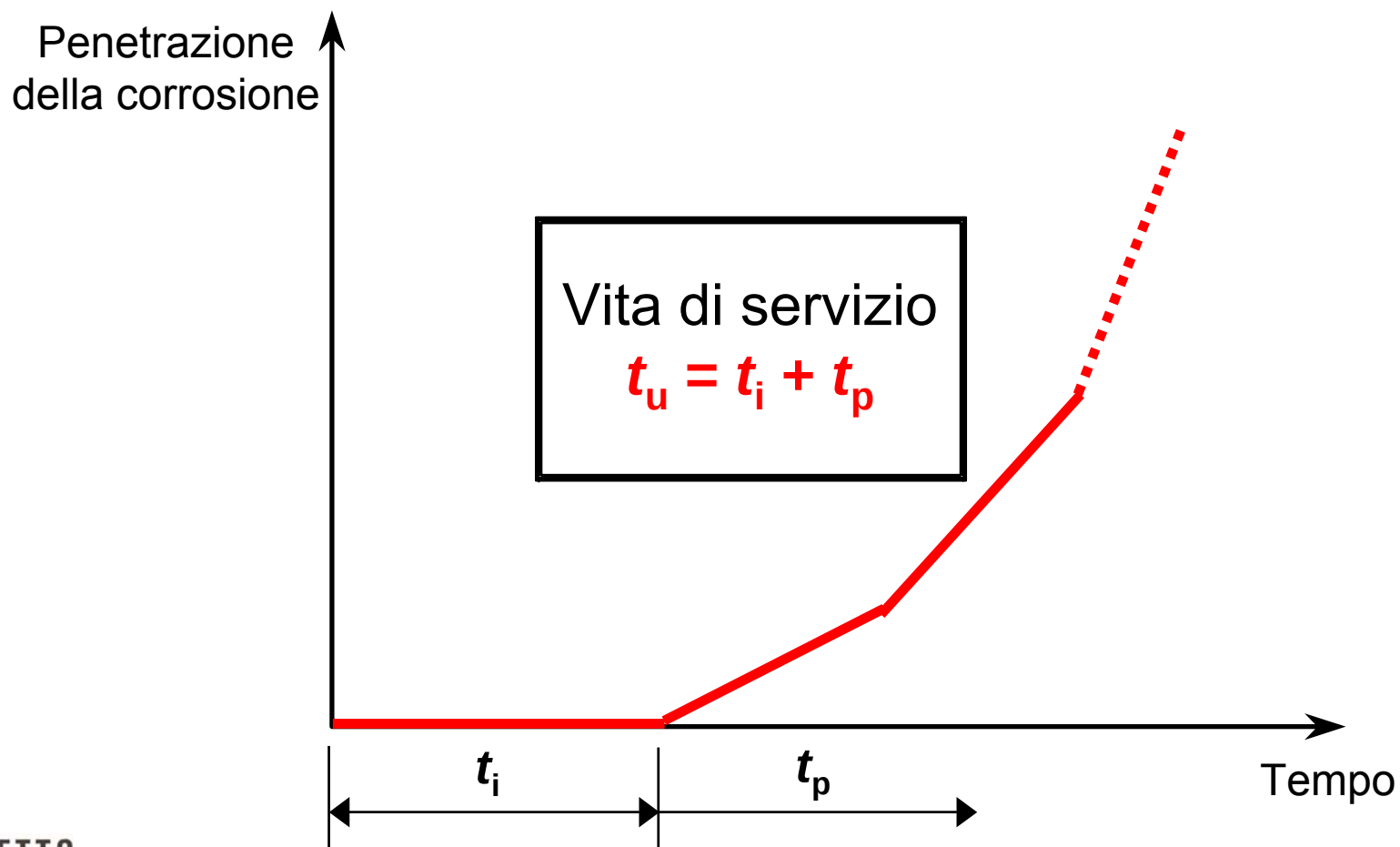
CORROSIONE E VITA UTILE



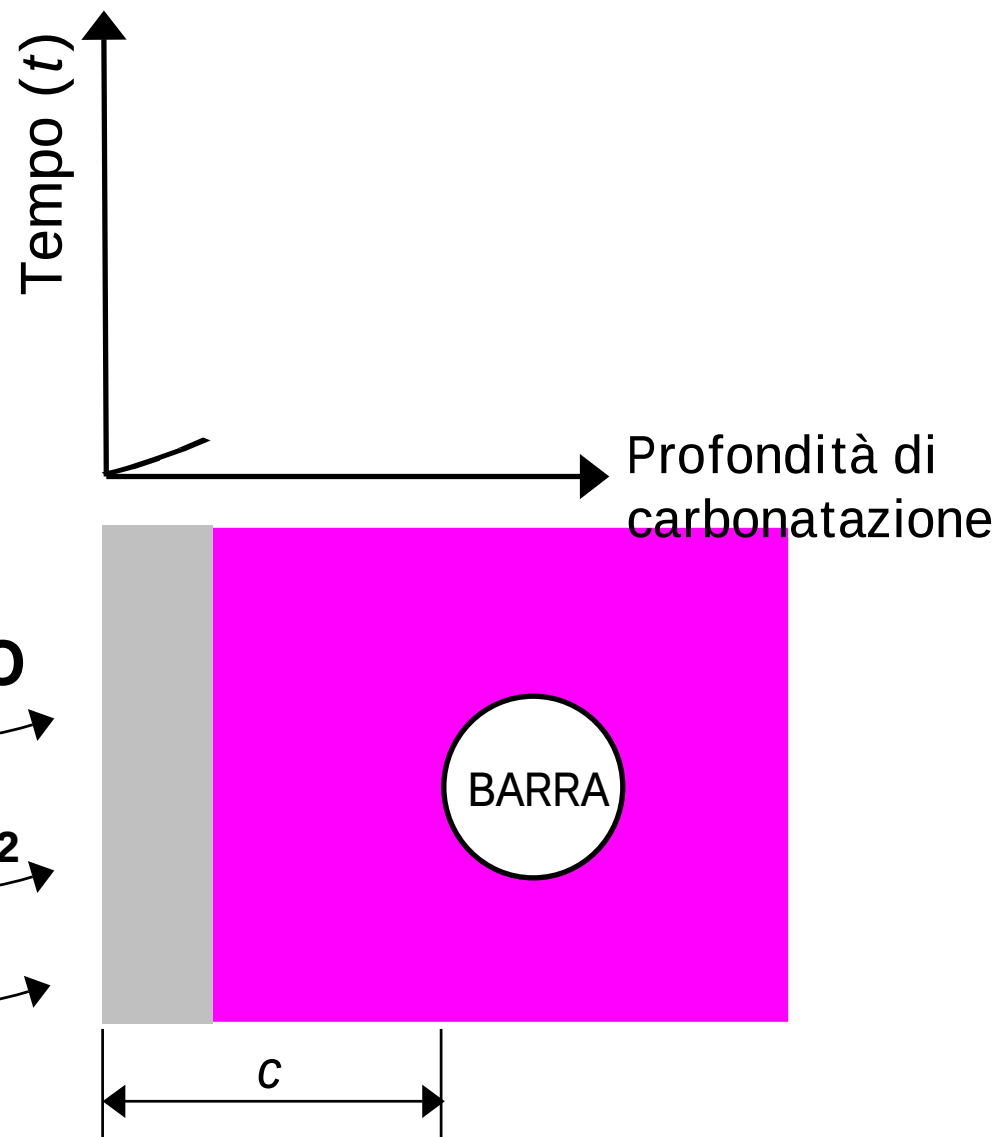
CORROSIONE E VITA UTILE



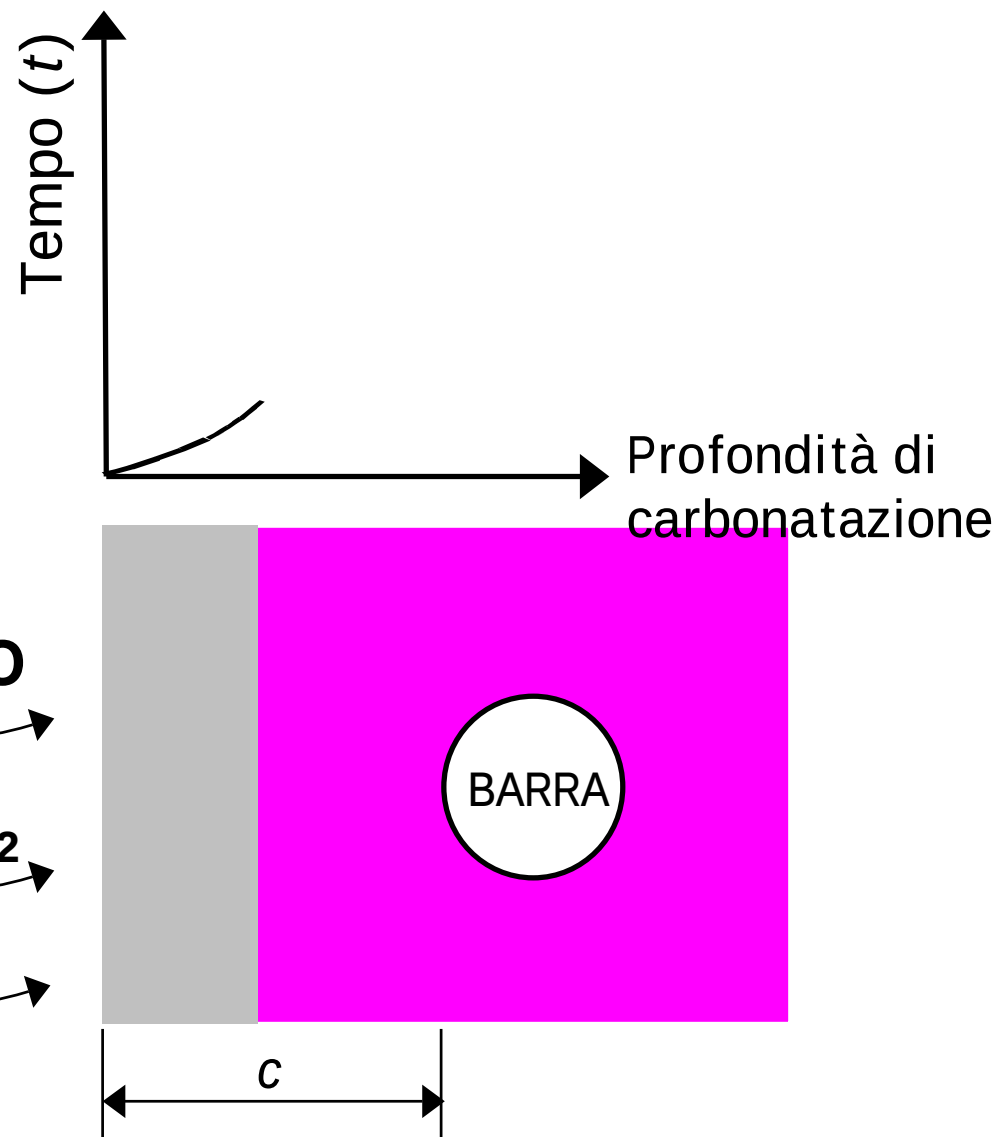
CORROSIONE E VITA UTILE



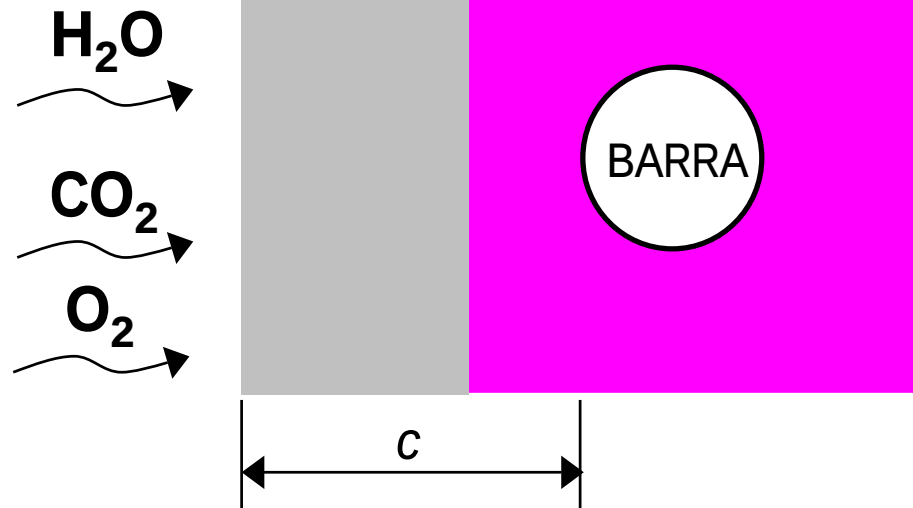
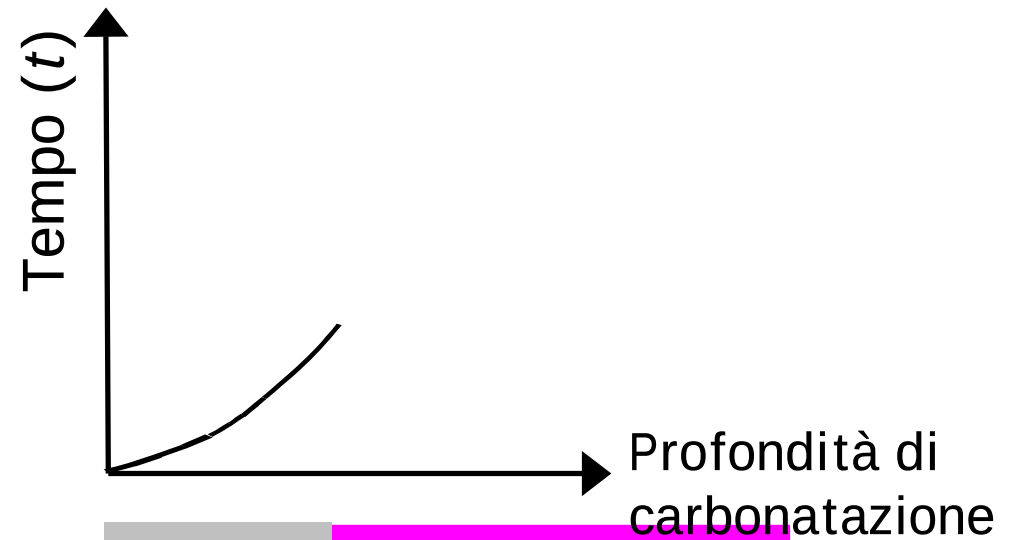
CORROSIONE DA CARBONATAZIONE



CORROSIONE DA CARBONATAZIONE



CORROSIONE DA CARBONATAZIONE



CORROSIONE DA CARBONATAZIONE

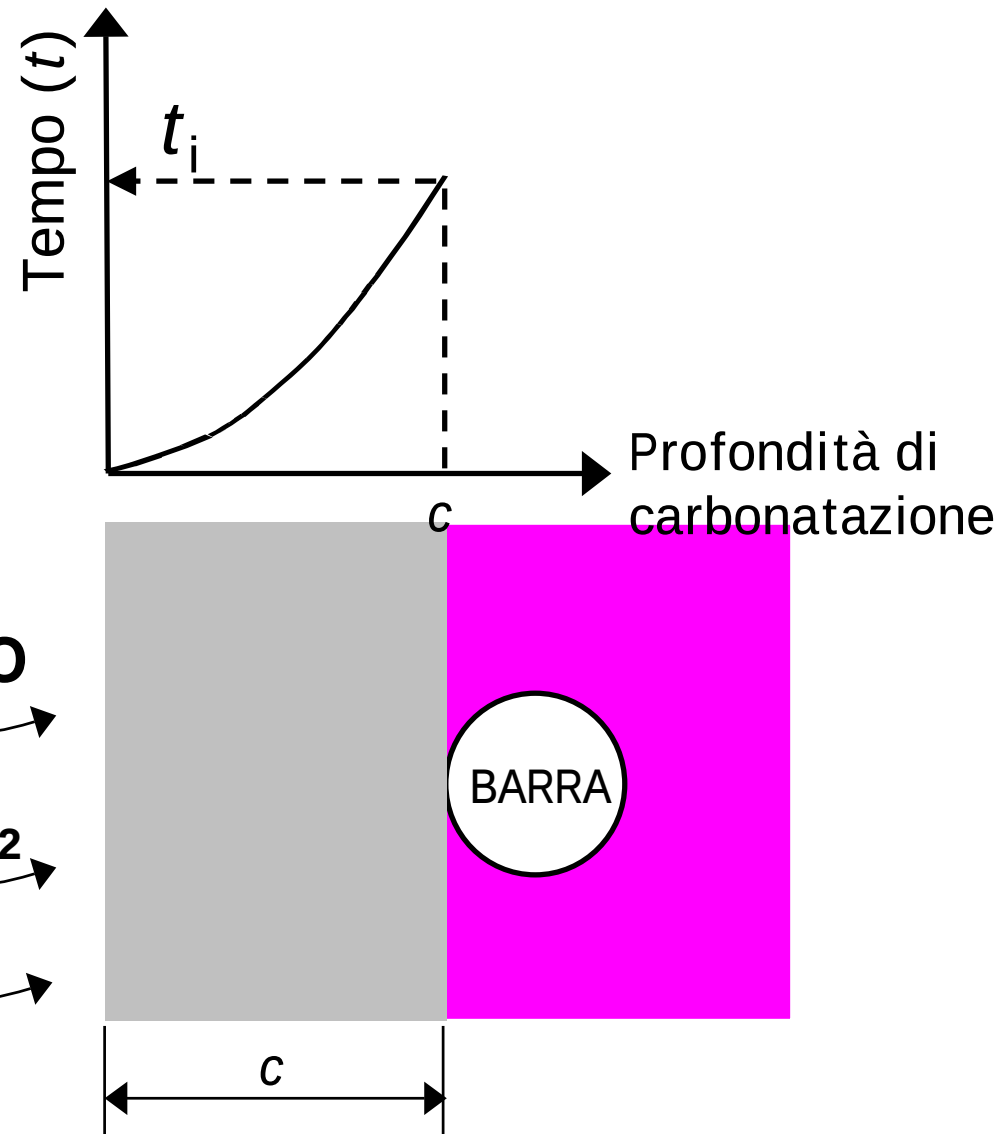
t_i = TEMPO DI INNESCO
varia in funzione di:

ambiente di progetto e
microclima (%U.R., cond.
atmosferiche, etc.)

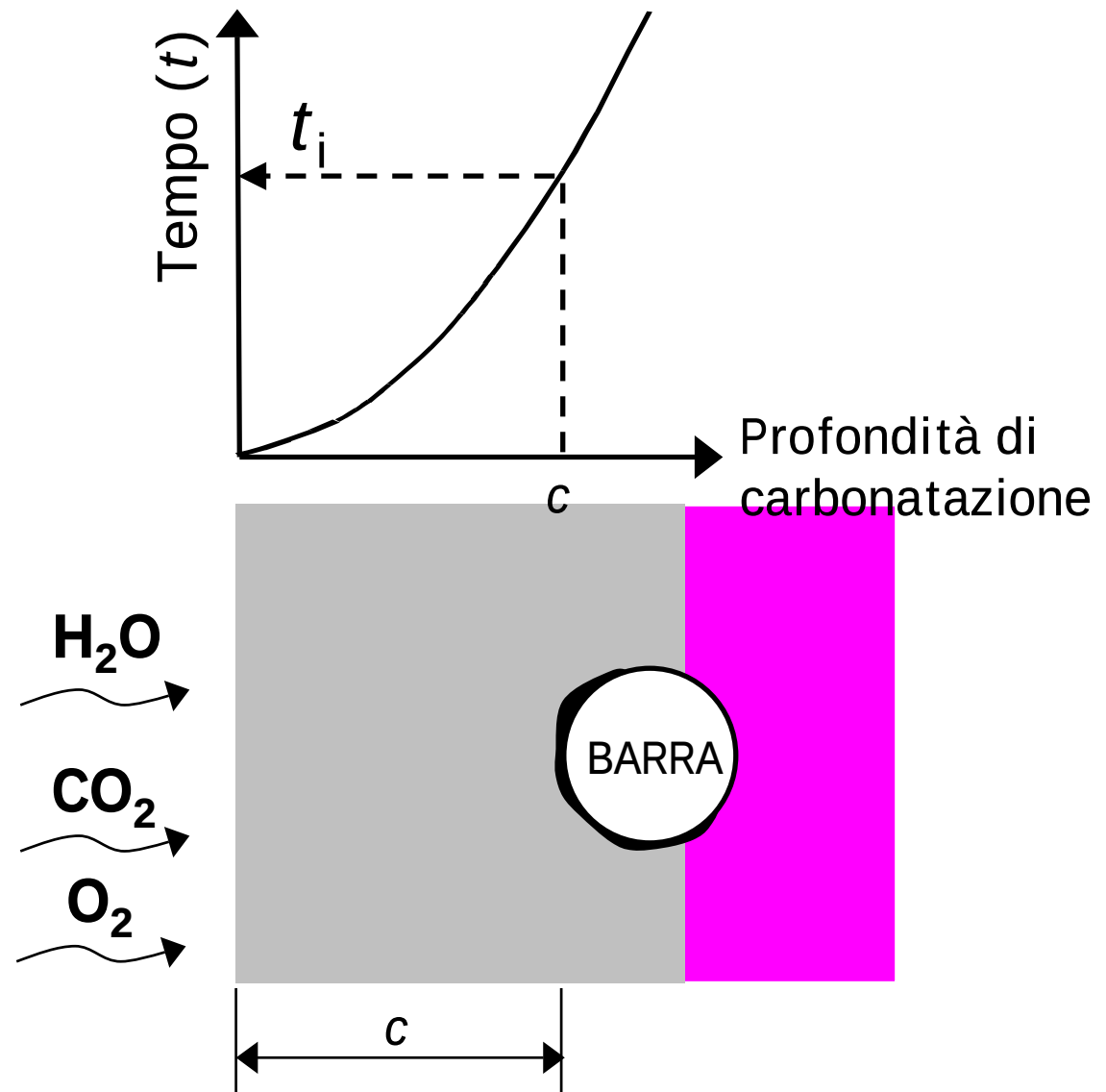
Spessore e porosità
(penetrabilità) del
copriferro (c)

Qualità del cls

- A/C basso
- Rck elevato



CORROSIONE DA CARBONATAZIONE

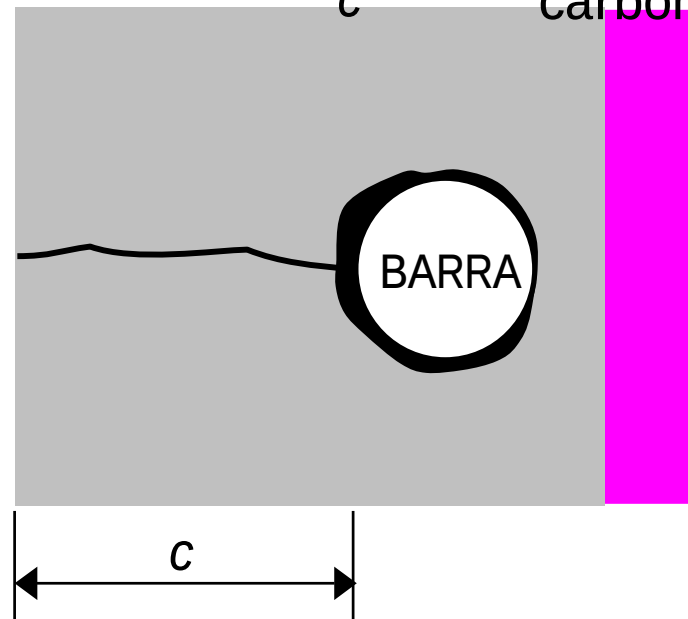
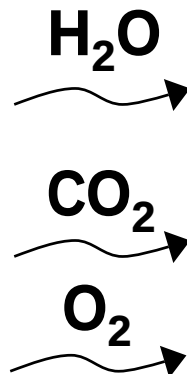
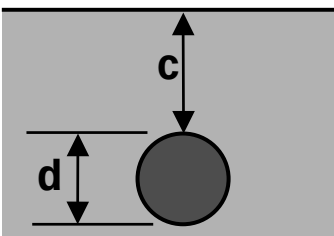
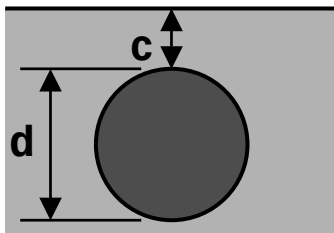
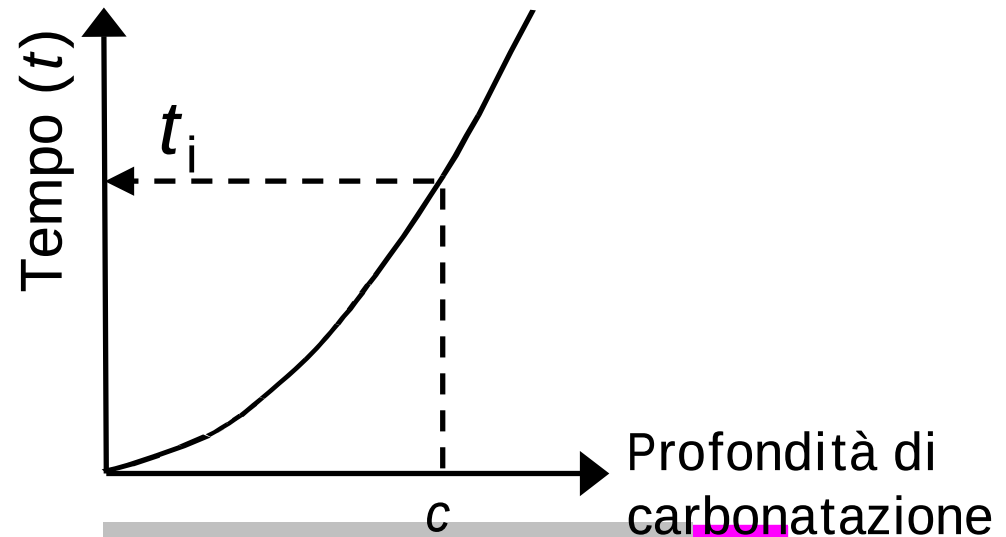


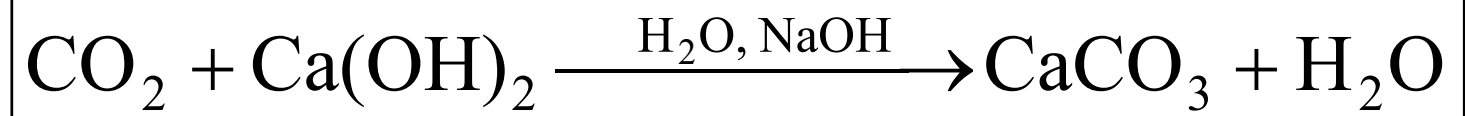
CORROSIONE DA CARBONATAZIONE

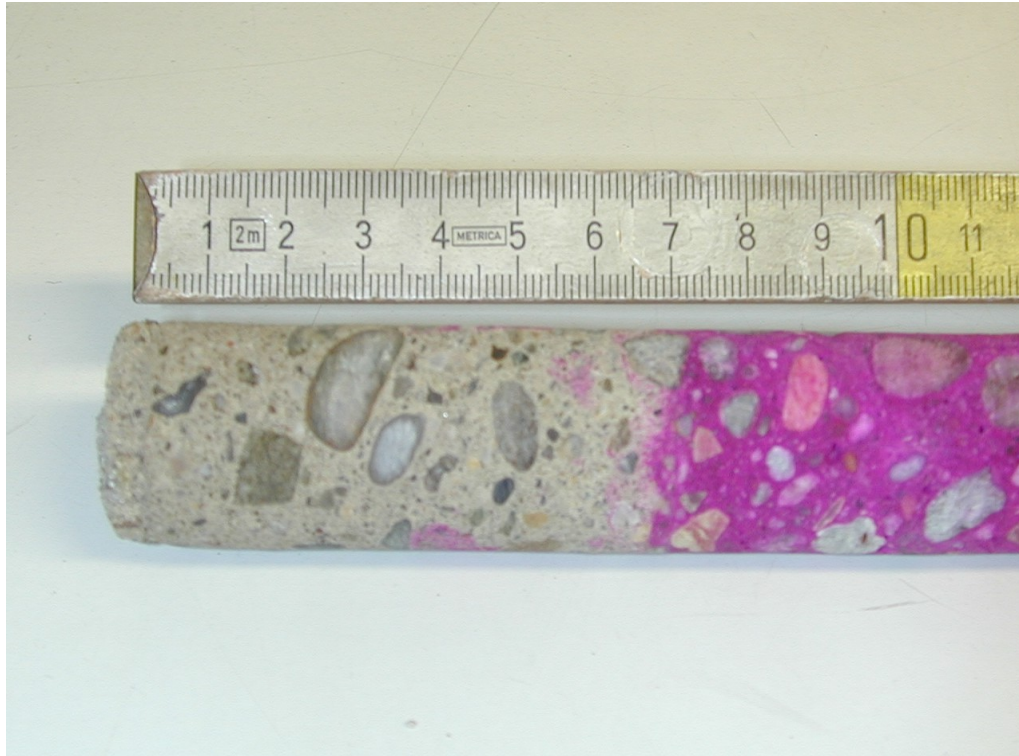
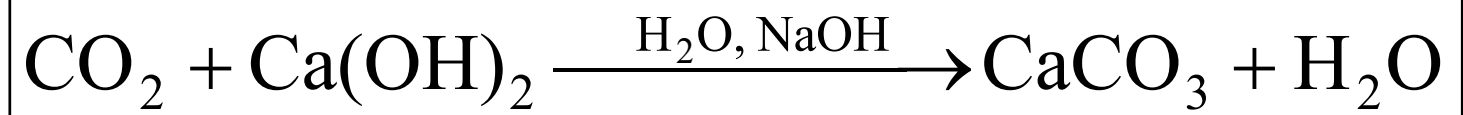
t_p = TEMPO DI PROPAGAZIONE
varia in funzione di:

ambiente di progetto e
microclima (%U.R., cond.
atmosferiche, etc.)

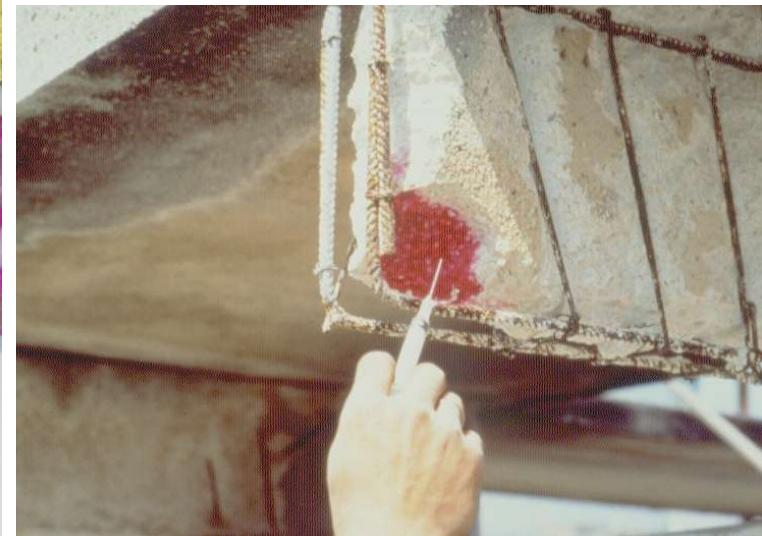
Qualità del cls e
geometria







Controllo della carbonatazione con la fenolftaleina



Attacco da Cloruri

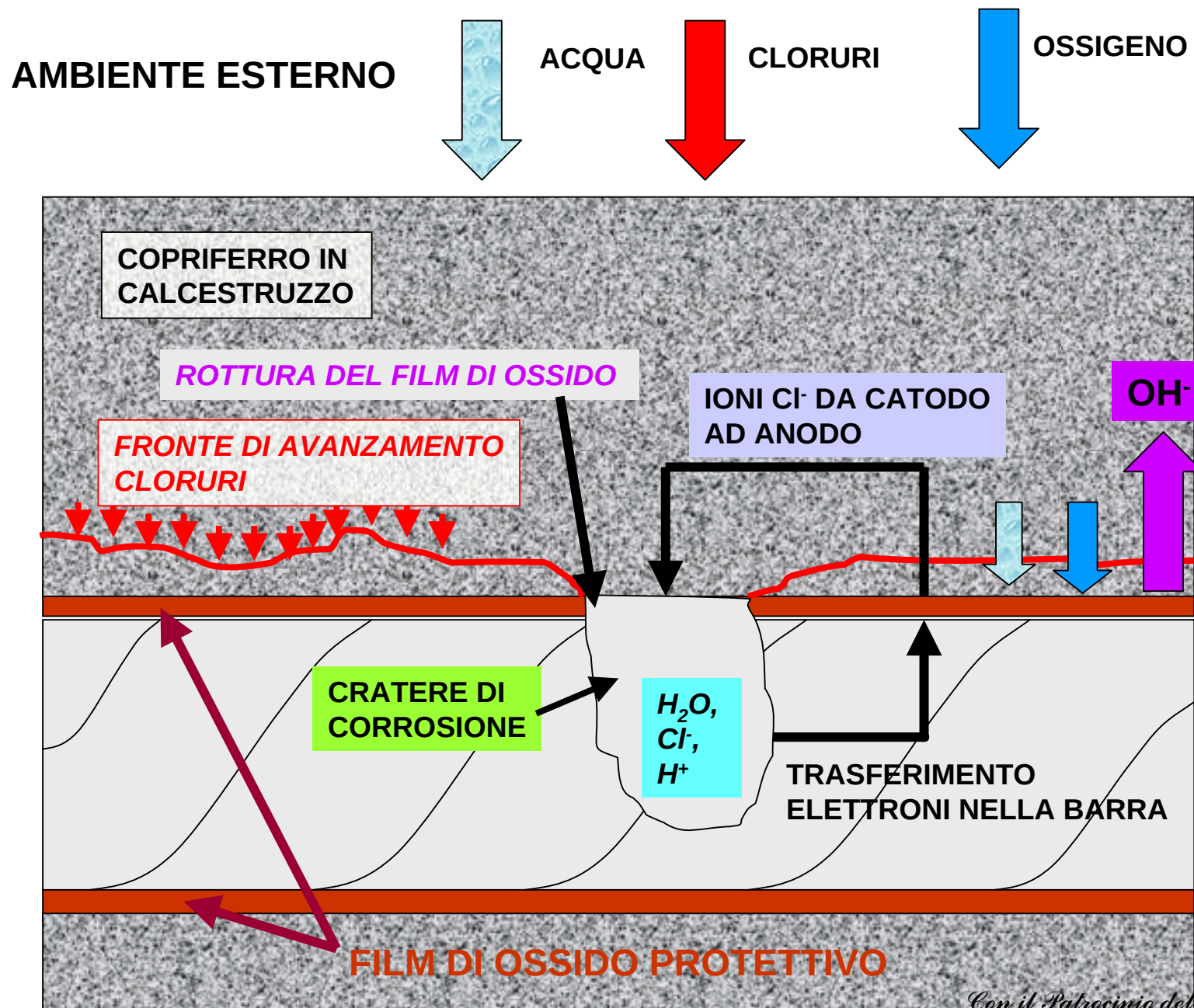
Origine dei cloruri:

Durante il confezionamento del CLS:

- Acqua di impasto
- Aggregati non lavati
- Additivi (non conformi alla UNI EN 934-2)

In esercizio dall'ambiente esterno:

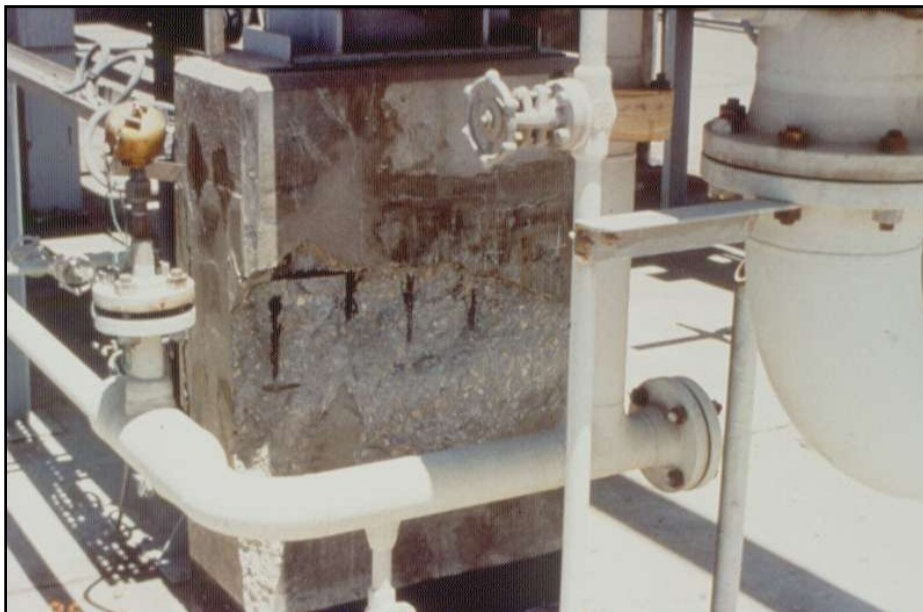
- Acque di mare o salmastre
 - Aerosol marino
 - Sali disgelanti



Cen il Patrocinio del

Attacco localizzato (*pitting corrosion*)





Ospedale Marino di Cagliari



Infragilimento da idrogeno

Lo sviluppo di idrogeno atomico nelle armature di acciaio ad alta resistenza (*es. acciaio per precompresso ad elevato contenuto in Carbonio*) può provocare rottura con un meccanismo di innesco e propagazione di cricche nelle zone maggiormente sollecitate.

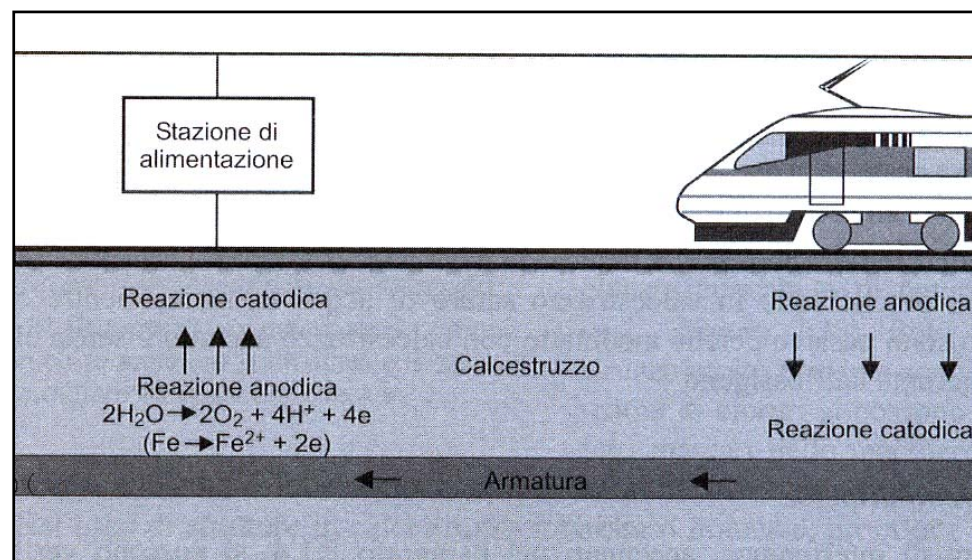
Il meccanismo è legato alla pressione generata dal gas idrogeno entro la matrice cristallina del metallo, utilizzando anche i maggiori vuoti originati da difetti nel reticolo cristallino del metallo.

L'aspetto della frattura è quello caratteristico della frattura fragile. La rottura avviene dopo un certo tempo di incubazione successivo all'applicazione del carico (*delayed fracture*).

Il tempo di incubazione può variare da pochi giorni a diversi anni e dipende dallo sforzo applicato e dalla concentrazione dell'idrogeno disponibile.

Correnti disperse (vaganti)

I fenomeni di corrosione originati da interferenza sulle armature da impianti di trazione elettrica sono meno frequenti rispetto a quanto avviene nel caso di tubazioni interrate.



In tal caso infatti è il terreno a fungere da conduttore di seconda specie, mentre per le strutture di CLS rinforzato l'elettrolita è lo stesso calcestruzzo.

Gli effetti possono invece essere significativi nel caso di **corrosione in atto su calcestruzzi carbonatati e in presenza di cloruri**.

NORME sulla Durabilità: chiarimento

La Norma **UNI 9858-1991 “Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità”** (citata nel DM 9 Gennaio 1996 – Sezione I Materiali da costruzione par 2.1 “Calcestruzzo”) **è stata ritirata dall’UNI il 31/10/2001**;

Tale norma è stata sostituita con **la norma armonizzata UNI EN 206-2001 “Calcestruzzo, specificazione, prestazione, produzione e conformità”** pubblicata il 31/10/2001 e revisionata con la nuova edizione del 23/03/2006 (testo composto da n.65 pagine);

Ad integrazione della UNI EN 206, il 01/03/2004 è stata pubblicata la **norma UNI 11104-2004 “Calcestruzzo, specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”**

EPPURE SI CONTINUA A PRESCRIVERE.....

CALCESTRUZZO AUTOCOMPATTANTE CONFORME A NORMA **UNI 11040** E **UNI 9858/91**, RESISTENZA CARATTERISTICA **R'Bk 30**, CONFEZIONATO CON AGGREGATI DELLA DIMENSIONE MASSIMA DI 10 MM, CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE 5A, RAPPORTO A/C MAX 0,6, CONSISTENZA DI AUTOCOMPATTABILITA', FORNITO IN OPERA CON L'IMPIEGO DI GRU, POMPE, ELEVATORI FINO AD UN'ALTEZZA MASSIMA DI 10 M, **PER STRUTTURE IN ELEVAZIONE QUALI SCALE, MURI DI QUALUNQUE SPESSORE E FORMA, RAMPE, SOLETTE DI QUALUNQUE SPESSORE O SIMILI.**

GETTATO ENTRO APPOSITE CASSEFORME CHE VERRANNO VALUTATE A SECONDA DELL'OPERA.



???

NORMA UNI EN 206-1

SPECIFICA DEL CALCESTRUZZO

(ART. 3 DEFINIZIONI)

PRESCRITTORE: PERSONA OPPURE ORGANIZZAZIONE CHE STABILISCE LA SPECIFICA DEL CALCESTRUZZO FRESCO E INDURITO (ES. PROGETTISTA, COMMITTENZA)

PRODUTTORE: PERSONA OPPURE ORGANIZZAZIONE CHE PRODUCE IL CALCESTRUZZO FRESCO.

UTILIZZATORE: PERSONA OPPURE ORGANIZZAZIONE CHE IMPIEGA CALCESTRUZZO FRESCO NELL'ESECUZIONE DI UNA COSTRUZIONE O UN MANUFATTO (ES. IMPRESA)

CAPITOLATO: COMPILAZIONE FINALE DI REQUISITI TECNICI DOCUMENTATI, FORNITI AL PRODUTTORE IN TERMINI DI PRESTAZIONI O COMPOSIZIONE.

CALCESTRUZZO A PRESTAZIONE GARANTITA: CALCESTRUZZO LA CUI PROPRIETÀ RICHIESTE E CARATTERISTICHE ADDIZIONALI SONO SPECIFICATE AL PRODUTTORE IL QUALE È RESPONSABILE DELLA FORNITURA DI UN CALCESTRUZZO CONFORME ALLE PROPRIETÀ RICHIESTE E ALLE CARATTERISTICHE ADDIZIONALI (Cfr. anche Linee Guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Calcestruzzo Preconfezionato).

CALCESTRUZZO A COMPOSIZIONE (RICHIESTA): CALCESTRUZZO LA CUI COMPOSIZIONE E I MATERIALI COMPONENTI DA UTILIZZARE SONO SPECIFICATI AL PRODUTTORE IL QUALE HA RESPONSABILITÀ DI PRODURRE UN CALCESTRUZZO CON LA COMPOSIZIONE RICHIESTA (Cfr. anche Linee Guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Calcestruzzo Preconfezionato).

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

NORMA UNI EN 206-1

SPECIFICA DEL CALCESTRUZZO

(ART. 6 SPECIFICA DEL CALCESTRUZZO)

IL PRESCRITTORE DEL CALCESTRUZZO DEVE ASSICURARE CHE TUTTI I REQUISITI SIGNIFICATIVI PER LE PROPRIETÀ DEL CALCESTRUZZO SIANO INCLUSI NELLA SPECIFICA FORNITA AL PRODUTTORE.

IL PRESCRITTORE DEVE INOLTRE SPECIFICARE QUEI REQUISITI PER LE PROPRIETÀ DEL CALCESTRUZZO CHE SONO NECESSARIE PER IL TRASPORTO DOPO LA CONSEGNA, LA POSA IN OPERA, LA COMPATTAZIONE, LA MATURAZIONE O PER ULTERIORI TRATTAMENTI. LA SPECIFICA DEVE INCLUDERE, SE NECESSARIO, REQUISITI SPECIALI (ES. PER OTTENERE UNA FINITURA ARCHITETTONICA).

IL PRESCRITTORE DEVE TENERE CONTO:

- ☐ DELL'APPLICAZIONE DEL CALCESTRUZZO FRESCO E INDURITO;
 - ☐ DELLE CONDIZIONI DI MATURAZIONE;
 - ☐ DELLE DIMENSIONI DELLA STRUTTURA (SVILUPPO DI CALORE);
 - ☐ DELLE AZIONI AMBIENTALI A CUI IL CALCESTRUZZO SARÀ ESPOSTO;
 - ☐ DEI REQUISITI PER L'AGGRAGATO ESPOSTO O PER LE FINITURE LAVORATE DEL CALCESTRUZZO;
 - ☐ DEI REQUISITI RELATIVI AL COPRIFERRO O ALLA MINIMA LARGHEZZA DELLE SEZIONI, PER ESEMPIO LA DIMENSIONE MASSIMA NOMINALE DELL'AGGRAGATO;
- DELLE RESTRIZIONI ALL'USO DI MATERIALI COMPONENTI DI IDONEITÀ STABILITA, PER ESEMPIO IN CONSEGUENZA DELLE CLASSI DI ESPOSIZIONE.

SPECIFICA DEL CALCESTRUZZO A PRESTAZIONE GARANTITA:

IL CALCESTRUZZO A PRESTAZIONE GARANTITA DEVE ESSERE SPECIFICATO PER MEZZO DEI REQUISITI DI BASE CHE DEVONO ESSERE INDICATI IN OGNI CASO, E DEI REQUISITI AGGIUNTIVI CHE DEVONO ESSERE INDICATI SE RICHIESTI.

REQUISITI DI BASE:

RICHIESTA DI CONFORMITÀ ALLA EN 206-1;

CLASSE DI RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE;

CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE;

DIMENSIONE MASSIMA NOMINALE DELL'AGGREGATO;

CLASSE DI CONTENUTO IN CLORURI.

IN AGGIUNTA, PER IL CALCESTRUZZO LEGGERO:

LA CLASSE DI MASSA VOLUMICA, O IL VALORE DI RIFERIMENTO PER LA MASSA VOLUMICA.

IN AGGIUNTA, PER IL CALCESTRUZZO PESANTE:

IL VALORE DI RIFERIMENTO PER LA MASSA VOLUMICA

IN AGGIUNTA, PER IL CALCESTRUZZO PRECONFEZIONATO E PER IL CALCESTRUZZO MISCELATO IN CANTIERE: LA CLASSE DI CONSISTENZA OPPURE, IN CASI SPECIALI, UN VALORE DI RIFERIMENTO PER LA CONSISTENZA.

REQUISITI AGGIUNTIVI:

TIPI O CLASSI SPECIALI DI CEMENTO (ES. CEMENTO A BASSO CALORE DI IDRATAZIONE);

TIPI O CLASSI SPECIALI DI AGGREGATO;

CARATTERISTICHE RICHIESTE PER LA RESISTENZA AL GELO-DISGELO, PER ESEMPIO IL CONTENUTO DI ARIA;

REQUISITI PER LA TEMPERATURA DEL CALCESTRUZZO FRESCO;

SVILUPPO DELLA RESISTENZA (ES. STRUTTURA DA REALIZZARE E CARICARE A BREVI STAGIONATURE);

SVILUPPO DI CALORE DURANTE L'IDRATAZIONE;

PRESA RITARDATA;

RESISTENZA ALLA PENETRAZIONE DELL'ACQUA;

RESISTENZA ALL'ABRASIONE;

RESISTENZA ALLA TRAZIONE INDIRETTA;

ALTRI REQUISITI TECNICI (FINITURE PARTICOLARI – METODI SPECIALI DI MESSA IN OPERA)

SPECIFICA DEL CALCESTRUZZO A COMPOSIZIONE:

IL CALCESTRUZZO A COMPOSIZIONE DEVE ESSERE SPECIFICATO PER MEZZO DEI REQUISITI DI BASE CHE DEVONO ESSERE INDICATO IN OGNI CASO, E DEI REQUISITI AGGIUNTIVI CHE DEVONO ESSERE INDICATI SE RICHIESTI.

REQUISITI DI BASE:

RICHIESTA DI CONFORMITÀ ALLA EN 206-1;

DOSAGGIO DI CEMENTO;

IL TIPO E LA CLASSE DI RESISTENZA DEL CEMENTO;

IL RAPPORTO ACQUA/CEMENTO O LA CONSISTENZA ESPRESSA COME CLASSE O, IN CASI SPECIALI, COME VALORE DI RIFERIMENTO;

IL TIPO, LE CATEGORIE E IL CONTENUTO MASSIMO DI CLORURI NELL'AGGREGATO; NEL CASO DI CALCESTRUZZO LEGGERO OPPURE PESANTE, ANCHE LA MASSA VOLUMICA MASSIMA O RISPETTIVAMENTE MINIMA DELL'AGGREGATO;

DIMENSIONE NOMINALE MASSIMA DELL'AGGREGATO ED EVENTUALI LIMITAZIONI GRANULOMETRICHE;

IL TIPO E LA QUANTITÀ DI ADDITIVO O DI AGGIUNTA, SE IMPIEGATI;

SE VENGONO IMPIEGATI ADDITIVI, O AGGIUNTE, LA PROVENIENZA DI TALI COMPONENTI E DEL CEMENTO, IN SOSTITUZIONE DELLE CARATTERISTICHE NON ALTRIMENTI DEFINIBILI.

REQUISITI AGGIUNTIVI: LA SPECIFICA PUÒ CONTENERE

LA PROVENIENZA DI ALCUNI O DI TUTTI I COMPONENTI IN SOSTITUZIONE DELLE CARATTERISTICHE NON ALTRIMENTI DEFINIBILI;

I REQUISITI AGGIUNTIVI PER GLI AGGREGATI;

I REQUISITI PER LA TEMPERATURA DEL CALCESTRUZZO FRESCO;

ALTRI REQUISITI.

UNI EN 206-1 e UNI 11104

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco		
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Per calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa
2 Corrosione indotta da carbonatazione		
Nel caso in cui il calcestruzzo contenente armature o inserti metallici sia esposto all'aria e all'umidità, l'esposizione sarà classificata nel modo seguente: Nota Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa Calcestruzzo costantemente immerso in acqua
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo Molte fondazioni
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria moderata oppure elevata Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare		
Qualora il calcestruzzo contenente armature o altri inserti metallici sia soggetto al contatto con acqua contenente cloruri, inclusi i sali antigelo, con origine diversa dall'acqua di mare, l'esposizione sarà classificata come segue: Nota In riferimento alle condizioni di umidità vedere anche sezione 2 del presente prospetto.		
XD1	Umidità moderata	Superfici di calcestruzzo esposte a nebbia salina
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri Pavimentazioni Pavimentazioni di parcheggi
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
Qualora il calcestruzzo contenente armature o altri inserti metallici sia soggetto al contatto con cloruri presenti nell'acqua di mare oppure con aria che trasporta sali derivanti dall'acqua di mare, l'esposizione sarà classificata come segue:		
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde oppure alla marea	Parti di strutture marine

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza sali disgelanti		
Qualora il calcestruzzo bagnato sia esposto ad un attacco significativo dovuto a cicli di gelo/disgelo, l'esposizione sarà classificata come segue:		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e nebbia di agenti antigelo
XF3	Elevata saturazione d'acqua, senza agente antigelo	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF4	Elevata saturazione d'acqua, con agente antigelo oppure acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo Superfici di calcestruzzo esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo
6 Attacco chimico		
Qualora il calcestruzzo sia esposto all'attacco chimico che si verifica nel terreno naturale e nell'acqua del terreno avente caratteristiche definite nel prospetto 2, l'esposizione verrà classificata come è indicato di seguito. La classificazione dell'acqua di mare dipende dalla località geografica; perciò si dovrà applicare la classificazione valida nel luogo di impiego del calcestruzzo. Nota Può essere necessario uno studio speciale per stabilire le condizioni di esposizione da applicare quando si è: - al di fuori dei limiti del prospetto 2; - in presenza di altri aggressivi chimici; - in presenza di terreni o acque inquinati da sostanze chimiche; - in presenza della combinazione di elevata velocità dell'acqua e delle sostanze chimiche del prospetto 2.		
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo secondo il prospetto 2	
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2	
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo secondo il prospetto 2	

Valori limite per le classi di esposizione all'attacco chimico nel suolo naturale e nell'acqua del terreno

Gli ambienti chimicamente aggressivi classificati di seguito sono basati sul suolo naturale e per acqua nel terreno a temperature dell'acqua/terreno comprese tra 5 °C e 25 °C ed una velocità dell'acqua sufficientemente bassa da poter essere approssimata a condizioni statiche. La condizione più gravosa per ognuna delle condizioni chimiche determina la classe di esposizione. Se due o più caratteristiche di aggressività appartengono alla stessa classe, l'esposizione sarà classificata nella classe più elevata successiva, salvo il caso che uno studio specifico provi che ciò non è necessario.				
Caratteristica chimica	Metodo di prova di riferimento	XA1	XA2	XA3
Acqua nel terreno				
SO ₄ ²⁻ mg/l	EN 196-2	≥200 e ≤600	>600 e ≤3 000	>3 000 e ≤6 000
pH	ISO 4316	≤6,5 e ≥5,5	<5,5 e ≥4,5	<4,5 e ≥4,0
CO ₂ mg/l aggressiva	prEN 13577:1999	≥15 e ≤40	>40 e ≤100	>100 fino a saturazione
NH ₄ ⁺ mg/l	ISO 7150-1 oppure ISO 7150-2	≥15 e ≤30	>30 e ≤60	>60 e ≤100

CLASSI DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE

XO = NESSUN RISCHIO

XC = CARBONATAZIONE

XD = DANNO DA CLORURI

XS = AMBIENTE MARINO

XF = CICLI DI GELO-DISGELO

XA = ATTACCO CHIMICO

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

UNI EN 206-1 e UNI 11104

CLASSI DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE

- vengono considerate **6 classi** di esposizione ambientale
- le relative **sottoclassi** permettono di differenziare l'intensità delle azioni di degrado

classe	ambiente/agenti di degrado
X0	assenza di rischio di corrosione delle armature o di attacco del cls.
XC	corrosione delle armature indotta da carbonatazione
XD	corrosione delle armature indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare
XS	corrosione da cloruri presenti nell'acqua di mare
XF	degrado del cls provocato da cicli di gelo/disgelo con o senza sali disgelanti
XA	attacco chimico del calcestruzzo

UNI EN 206-1 e UNI 11104

prospetto 4 Valori limiti per la composizione e le proprietà del calcestruzzo																		
	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico		
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti									
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	
Massimo rapporto <i>a/c</i>	-	0,60		0,55	0,50	0,50	0,45		0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45	0,55	0,50	0,45
Minima classe di resistenza ^{*)}	C12/15	C25/30		C28/35	C32/40	C32/40	C35/45		C28/35	C32/40	C35/45	32/40	25/30		28/35	28,35	32/40	35/45
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³)	-	300		320	340	340	360		320	340	360	320	340		360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)													3,0 ^{a)}					
Altri requisiti												Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ^{b)}		

^{*)} Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.

b) Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.

Esempio: Calcestruzzo in classe di esposizione XC4 (struttura ciclicamente asciutta e bagnata)

Classe di Resistenza minima: C32/40

Dosaggio minimo di cemento: 340 kg/m³

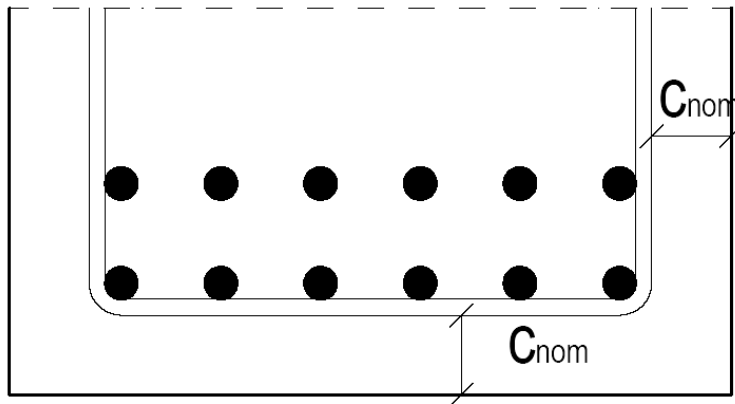
Massimo rapporto acqua/cemento: 0.5

SPESSORE COPRIFERRO

Il copriferro NOMINALE è la distanza fra la superficie esterna dell'armatura più vicina alla superficie del calcestruzzo e la superficie stessa del calcestruzzo.

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c = \max (c_{min,b}; c_{min,dur}) + \Delta c$$

- $c_{min,b}$ = garantisce l'aderenza = Φ barra maggiore
- $c_{min,dur}$ = garantisce la durabilità = è funzione delle classi di esposizione ambientale (cfr. EUROCODICE 2)
- Δc = tolleranza di posizionamento delle armature = 10 mm



N.T. - 5.1.6.1.3 $c_{nom} \geq 20\text{mm}$

EN 1992 - EUROCODICE 2 (SEZ.3 e SEZ.4)

Classe di esposizione		Minimo spessore di copriferro (mm) (*)	
		c.a.	c.a.p.
Nessun rischio	X0	10	10
Corrosione da carbonatazione	XC1	15	25
	XC2, XC3	25	35
	XC4	30	40
Corrosione da cloruri	XS1, XD1	35	45
	XS2, XD2	40	50
	XS3, XD3	45	55
Gelo/Disgelo	XF1, XF3	30	40
	XF2, XF4	45	55
Attacco Chimico	XA1, XA2, XA3	45	55

UNI EN 197-1: CEMENTI COMUNI (27 PRODOTTI)

Tipi principali	Denominazione dei 27 prodotti (tipi di cemento comune)		Composizione (percentuale in massa) ^{a)}										Costituenti secondari
			Costituenti principali										
			Clinker K	Loppa di altoforno S	Fumi di silice D ^{b)}	Pozzolana naturale P naturale calcinata Q		Cenere volante silicea V calcica W		Scisto calcinato T	Calcare L LL		
CEM I	Cemento Portland	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II	Cemento Portland alla loppa	CEM I/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM I/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland ai fumi di silice	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		Cemento Portland alla pozzolana	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-
	CEM II/B-P		65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/A-Q		80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/B-Q		65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland alle ceneri volanti	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5
	Cemento Portland allo scisto calcinato	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5
	Cemento Portland al calcare	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5
	Cemento Portland composito ^{c)}	CEM II/A-M	80-94	6-20									0-5
		CEM II/B-M	65-79	21-35									0-5
CEM III	Cemento d'altoforno	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM IV	Cemento pozzolanico ^{c)}	CEM IV/A	65-89	-	11-35					-	-	-	0-5
		CEM IV/B	45-64	-	36-55					-	-	-	0-5
CEM V	Cemento composito ^{c)}	CEM V/A	40-64	18-30	-	18-30			-	-	-	0-5	
		CEM V/B	20-38	31-50	-	31-50			-	-	-	0-5	

a) I valori del prospetto si riferiscono alla somma dei costituenti principali e secondari.

b) La proporzione di fumi di silice è limitata al 10%.

c) Nei cementi Portland compositi CEM II/A-M e CEM II/B-M, nei cementi pozzolanici CEM IV/A e CEM IV/B e nei cementi compositi CEM V/A e CEM V/B i costituenti principali diversi dal clinker devono essere dichiarati nella denominazione del cemento (vedere esempio al punto 8).

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

PRESCIZIONI DI CAPITOLATO IN CONFORMITÀ ALLA UNI EN 206-1 E UNI 11104

DURABILITÀ

**PROPRIETÀ' ESSENZIALE AFFINCHÉ' I LIVELLI DI
SICUREZZA VENGANO GARANTITI DURANTE LA VITA
UTILE DI PROGETTO DELL'OPERA**

CHI DEVE GARANTIRE LA DURABILITÀ?

ATTORI DEL PROCESSO COSTRUTTIVO

CHI?	COSA?	QUANDO?
PROGETTISTA	PRESCRIZIONE DI CAPITOLATO	IN FASE PROGETTUALE
IMPRESA e D.L.	ACCERTARE CHE IL FORNITORE DI CALCESTRUZZO SIA IN GRADO DI PRODURRE IL CALCESTRUZZO RISPONDENTE ALLE SPECIFICHE DI CAPITOLATO DEFINITE IN FASE PROGETTUALE	PRIMA DELL'INIZIO DEI LAVORI DI COSTRUZIONE DELL'OPERA
D.L.	CONTROLLI DI ACCETTAZIONE EFFETTUATI CON PRELIEVO DI PROVINI CUBICI AL MOMENTO DELLA CONSEGNA DEL CALCESTRUZZO IN CANTIERE	PRIMA DEL GETTO DEL CALCESTRUZZO ALLA CONSEGNA
D.L.	CONTROLLO DELLA RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO IN OPERA SU CAROTE CON $h/d=1$ ESTRATTE DALLE STRUTTURE	DOPO IL GETTO DEL CALCESTRUZZO

Con il Patrocinio del

IMPRESA e D.L.

ACQUISIRE LA DOCUMENTAZIONE DI CONFORMITA' DELLE MATERIE PRIME IMPIEGATE NELLA PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO ALLE NORME VIGENTI (UNI-EN 12620, UNI-EN 934-2, UNI-EN 1008, UNI-EN 197/1,ETC.)

ACQUISIRE LA DOCUMENTAZIONE CHE LA PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO AVVENGA CON UN CONTROLLO DI PROCESSO IN ACCORDO ALLE « Linee guida sul calcestruzzo preconfezionato » CERTIFICATO DA UN ORGANISMO TERZO

**QUESTE VERIFICHE POSSONO METTERCI
AL RIPARO DA**

EFFETTO POP-OUT

**DOVUTO ALLA REAZIONE TRA LA SILICE AMORMA DEGLI AGGREGATI E
GLI ALCALI CONTENUTI NEL CEMENTO**



EFFETTO POP-OUT

DOVUTO ALLA REAZIONE TRA LA SILICE AMORMA DEGLI AGGREGATI E
GLI ALCALI CONTENUTI NEL CEMENTO





**LINEE GUIDA
PER LA PRESCRIZIONE
DELLE OPERE IN CEMENTO
ARMATO**

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

VOCI DI CAPITOLATO

1. STRUTTURE DI FONDAZIONE E INTERRATE
2. STRUTTURE DI ELEVAZIONE IN CLIMI TEMPERATI
3. STRUTTURE AEREE IN CLIMI RIGIDI IN ASSENZA DI SALI DISGELANTI
4. STRUTTURE A TENUTA IDRAULICA
5. STRUTTURE IN AMBIENTE MARINO
6. STRUTTURE E INFRASTRUTTURE STRADALI
7. STRUTTURE DI GRANDI DIMENSIONI (MASSIVE)
8. STRUTTURE IN CALCESTRUZZO FACCIAVISTA
9. CALCESTRUZZO SPRUZZATO PER GALLERIE
10. PAVIMENTAZIONI IN CALCESTRUZZO
11. CALCESTRUZZI SPECIALI: I CALCESTRUZZI AUTOCOMPATTANTI (SCC)
12. CALCESTRUZZI SPECIALI: CALCESTRUZZI AD ALTA RESISTENZA MECCANICA

Calcestruzzo in opera confezionato con m³ 0,400 di sabbia e 0,800 m³ di ghiaia per m³ di impasto a 300 kg di cemento R325 compresi i relativi casseri

COSTO.....al m³
da valutare caso per caso

Calcestruzzo in opera confezionato con m³ 0,400 di sabbia e m³ 0,800 di ghiaia per m³ di impasto gettato con l'ausilio di casseria 200 kg di cemento R325/m³

.....al m³ € 86,00

PRESCRIZIONI PER GLI INGREDIENTI UTILIZZATI PER IL CONFEZIONAMENTO DEL CONGLOMERATO

- A1) Acqua di impasto conforme alla UNI-EN 1008
- A2) Additivo superfluidificante conforme ai prospetti 3.1 e 3.2 o
superfluidificante ritardante conforme ai prospetti 11.1 e 11.2 della
norma UNI-EN 934-2
- A3) Additivo ritardante (eventuale solo per getti in climi molto caldi)
conforme al prospetto 2 della UNI-EN 934-2
- A4) Aggregati provvisti di marcatura CE conformi alle norme UNI-EN 12620
e 8520-2. In particolare:
 - A4.1) - Aggregati con massa volumica media del granulo non inferiore a 2.6 Kg/l
 - A4.2) - Classe di contenuto di solfati AS0.2 e AS0.8 rispettivamente per gli
aggregati grossi e per le sabbie;
 - A4.3) - Contenuto totale di zolfo inferiore allo 0.1%;



A4.4 - Assenza di minerali nocivi o potenzialmente reattivi agli alcali (UNI-EN 932-3 e UNI 8520/2) o in alternativa aggregati con espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.



A3.1) Additivo aerante conforme al prospetto 5 della norma UNI-EN 934-2

A4) Aggregati provvisti di marcatura CE conformi alle norme UNI-EN 12620 e 8520-2. In particolare:

A4.5 - Aggregati non gelivi aventi assorbimento d'acqua inferiore all'1% o appartenenti alle classi F2 o MS25 in accordo alla UNI-EN 12620

A5) Cemento CE II/A-L 42.5R conforme alla norma UNI-EN 197-1

A6) Ceneri volanti e fumi di silice conformi rispettivamente alla norma UNI-EN 450 e UNI-EN 13263 parte 1 e 2.



PRESCRIZIONI INUTILI

- DOSAGGIO DEGLI INGREDIENTI (IMPOSSIBILE DA VERIFICARE AL MOMENTO DELLA FORNITURA)
- FORMA DEGLI AGGREGATI
- TESSITURA DEGLI AGGREGATI
- DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA DEGLI AGGREGATI

CURVA OTTIMALE	CALCESTRUZZI PER I QUALI LA CURVA E' CONSIGLIATA
Fuller	Dosaggio di cemento: 280-320 kg/m ³ ; consistenza: S2-S3
Fuller modificata	Dosaggio di cemento: 340-360 kg/m ³ ; consistenza: S2-S3
Bolomey	Dosaggio di cemento: 280-320 kg/m ³ ; consistenza: S4-S5
Bolomey modificata	Dosaggio di cemento: >320 kg/m ³ ; consistenza: S4-S5
Cubica	Calcestruzzi per diga; D > 63 mm; consistenza S1 o V3-V2
Faury	Calcestruzzi per strutture prefabbricate con vibrazione a cassero

AGGREGATI

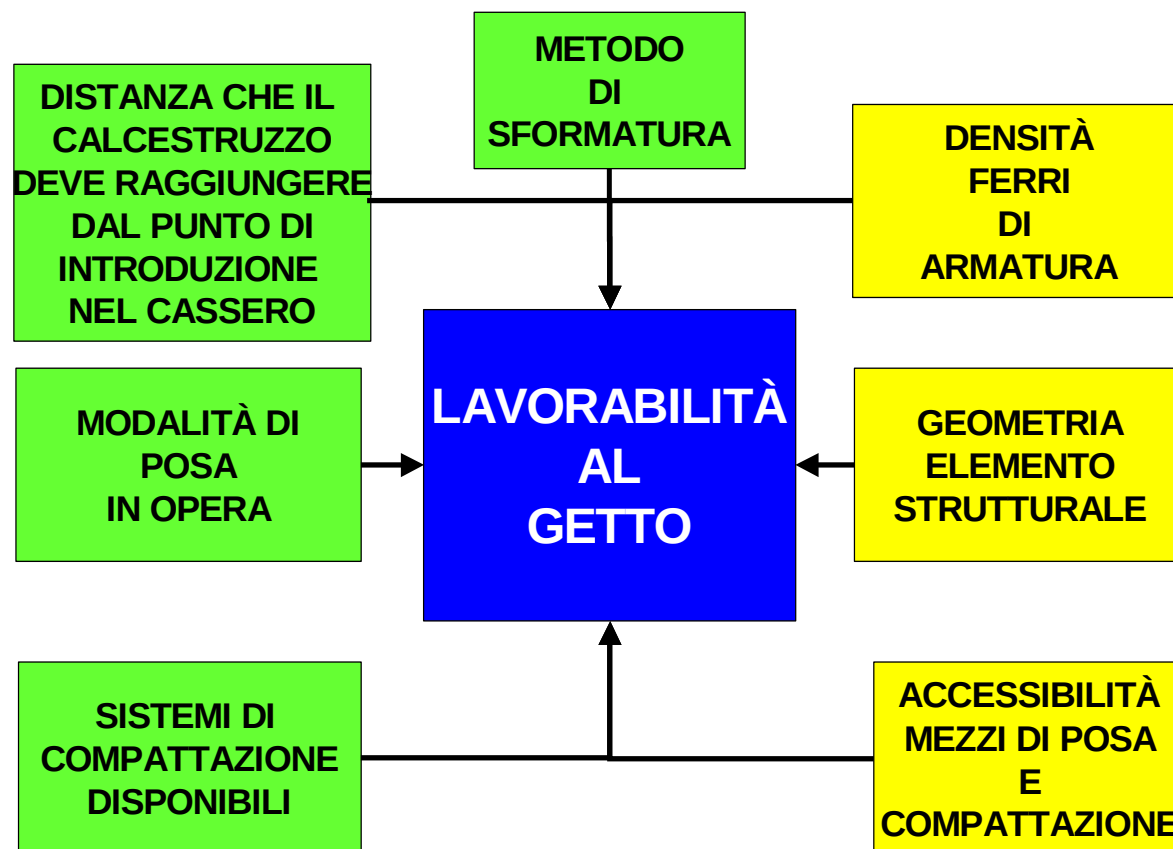
Scelta del diametro max dell'aggregato

- $D_{\max} < \frac{1}{4}$ sezione minima
- $D_{\max} < \text{interferro (in mm)} - 5 \text{ mm}$
- $D_{\max} < \text{copriferro} \times 1.3$



Essa individua la facilità con cui un impasto può essere posato in opera, compattato e rifinito.

Dopo l'introduzione del calcestruzzo nei casseri, occorre curarne la stesura in modo da garantire il **completo riempimento** in accordo alla geometria prevista per l'elemento strutturale e realizzare una efficace compattazione con l'obiettivo di garantire un **perfetto inglobamento delle barre d'armature** (al fine di conseguire un eccellente trasferimento degli sforzi tra i due materiali ed una adeguata protezione dell'acciaio nei confronti dell'incendio) e di **espellere tutta l'aria intrappolata accidentalmente nei getti con l'intento di ottenere la massima densità** possibile per il tipo di calcestruzzo impiegato.



LAVORABILITA'

Metodi di misurazione

In accordo con la **EN 206-1** la lavorabilità del calcestruzzo può essere misurata mediante:

- **Diametro di spandimento;**
- **Abbassamento al cono di Abrams**
- **Indice di compattabilità o di Walz**
- **Tempo di Vebè** (E' indicato per calcestruzzi molto asciutti per i quali si richiede una resistenza al verde capace di garantire un autosostentamento del getto)

LAVORABILITA'

Correlabilità

In linea di principio le classi di lavorabilità (dette anche classi di consistenza) misurate con le metodologie sopra descritte non sono tra loro direttamente correlabili in quanto ognuna delle metodiche tende a mettere in evidenza differenti aspetti reologici del materiale.

Relazione approssimata tra le classi di consistenza

Abbassamento
al cono (mm)

S1	S2	S3	S4	S5
10 - 40	50 - 90	100 - 150	160 - 210	≥ 220
terra umida	plastica	semi fluida	fluida	super-fluida

C0	C1	C2	C3
≥ 1.46	1.45 - 1.26	1.25 - 1.11	1.10 - 1.04
asciutta	terra umida	plastica	semi fluida

Compatibilità o indice di Walz

Spandimento
(mm)

F1	F2	F3	F4	F5	F6
≤ 340	350 - 410	420 - 480	490 - 550	560 - 620	≥ 630
terra umida	plastica	semi fluida	fluida	super-fluida	iper-fluida

Con il Patrocinio del



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

LAVORABILITA'

Parametri che influenzano la lavorabilità

- **Distanza.** La Lavorabilità dovrà risultare tanto maggiore quanto maggiore è la distanza che il calcestruzzo deve percorrere per raggiungere le zone più lontane dal punto in cui il conglomerato viene introdotto nella cassaforma. In sostanza, in alcune situazioni, per la difficoltà di accesso all'elemento da realizzare, il calcestruzzo può essere introdotto in pochi e limitati punti.
- **Dimensioni.** La Lavorabilità dovrà risultare tanto maggiore quanto minore è la dimensione delle sezioni degli elementi strutturali. Questo assunto si basa sul fatto che riducendo la sezione si ha generalmente un incremento della percentuale di armatura, ma anche una minore possibilità di poter accedere con i mezzi di posa, e con il tubo getto in particolare, all'interno del cassero.
- **Densità dei ferri d'armatura.** La lavorabilità dovrà risultare tanto maggiore quanto maggiore è la percentuale del ferro d'armatura e quanto minore risulta l'interferro.
- **Resistenza al Verde.** La lavorabilità dovrà risultare tanto minore quanto più si richiede che l'impasto abbia una elevata resistenza al "verde", cioè di autoportarsi.
- **Qualità della manodopera.** La lavorabilità dovrà risultare maggiore quanto minore è la qualità della manodopera.
- **Compattazione del getto.** La lavorabilità dovrà risultare maggiore quanto minore è la possibilità di vibrare il getto.











LAVORABILITÀ

*La lavorabilità al momento del getto, quindi, rappresenta uno dei requisiti fondamentali che il progettista deve indicare nella prescrizione di capitolato che riguarda il conglomerato cementizio. La scelta di questa importante proprietà non può essere demandata dal progettista (o dalla direzione lavori) ad altra figura perché in tale evenienza il rischio che tale scelta venga effettuata non sulla base dei parametri discussi in precedenza (progettuali ed esecutivi), ma su **mere considerazioni di costo** del calcestruzzo, è molto elevato.*

Gli appaltatori tenderebbero quindi a ordinare calcestruzzi meno lavorabili (poiché più economici), con la conseguenza che al ricevimento del calcestruzzo in cantiere, per la sua scarsa lavorabilità, le maestranze, accortesi della pratica impossibilità sia di poter procedere ad un efficace riempimento delle casseforme che di vibrare, procedano ad una richiesta di riaggiunta di acqua in autobetoniera. L'aggiunta dell'acqua che, per il conseguente aumento del rapporto a/c, determinerà un generale scadimento delle prestazioni del calcestruzzo sia allo stato fresco, peggiorandone la tendenza alla segregazione, che allo stato indurito per l'aumento della porosità e quindi, per la diminuzione della resistenza meccanica a compressione e della durabilità del conglomerato

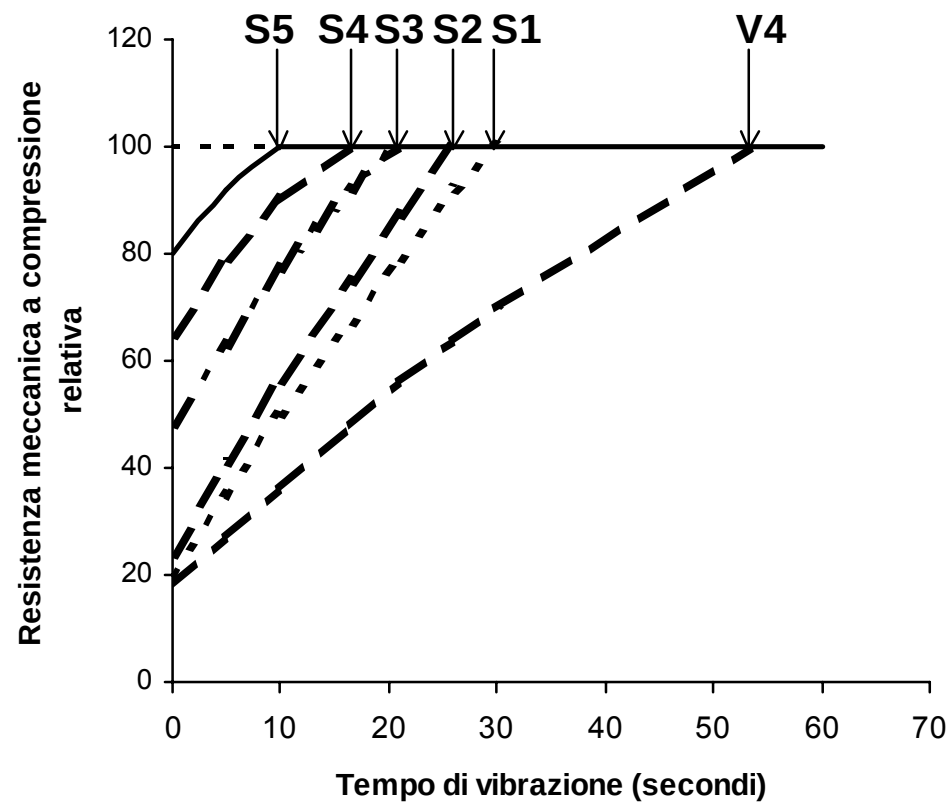
La riaggiunta dell'acqua è deleteria per la qualità del calcestruzzo, si pensi che una aggiunta di 10 litri d'acqua in betoniera provoca un abbattimento della resistenza meccanica a compressione di circa l' 8%

LAVORABILITA'

MANUFATTI ESTRUSI	V4
PAVIMENTI A CASSERI SCORREVOLI	V4 o S1
STRUTTURE A CASSERI RAMPANTI	S3
PAVIMENTAZIONI REALIZZATE CON TECNICA "LASER SCREED"	S3
FONDAZIONI A PLINTO, TRAVE ROVESCIA O A PLATEA	S4
MURI DI VANI INTERRATI	S4
PALI DI FONDAZIONE	S4 -S5
PILASTRI	S4
TRAVI EMERGENTI E A SPESSORE DI SOLAIO	S5
TRAVI INCLINATE DI TETTI A FALDE	S4
SOLETTE RAMPANTI DI SCALE	S3-S4
SOLETTE	S4-S5
PARETI DI TAGLIO E NUCLEI ASCENSORE	S4-S5
PAVIMENTAZIONE CON STESA MANUALE E LISCIATURA A STAGGIA VIBRANTE	S5

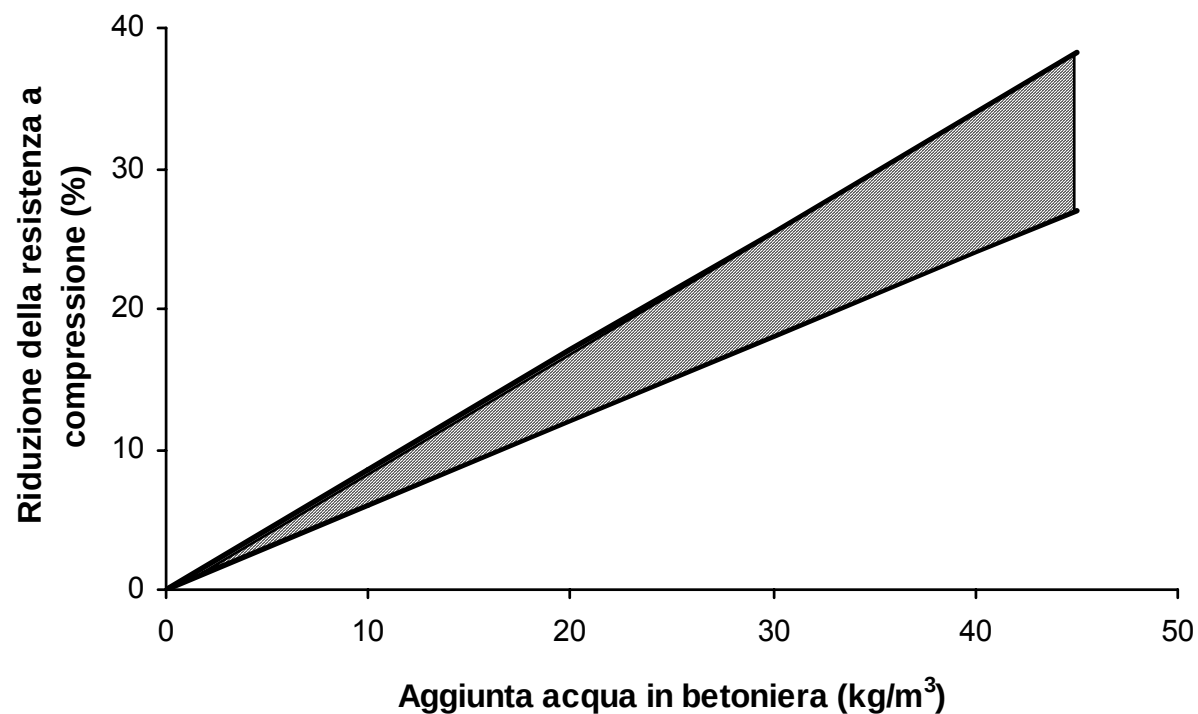
Durata minima della vibrazione del CLS

CLASSE DI CONSISTENZA	TEMPO MINIMO DI VIBRAZIONE CON AGO
S1	25 - 30 s
S2	20 - 25 s
S3	15 - 20 s
S4	10 - 15 s
S5	5 - 10 s



Riaggiunte di acqua in cantiere

CLASSE DI CONSISTENZA INIZIALE	RIAGGIUNTA DI ACQUA (Kg/m ³)	CLASSE DI CONSISTENZA FINALE
S2	15 -20	S3
S2	25 - 30	S4
S3	6 - 8	S4
S3	10 - 15	S5
S4	4 -5	S5



METODI DI PROTEZIONE DEI GETTI

Durata della maturazione umida

Classe di resistenza del calcestruzzo	$\leq C25/30$		$> C25/30$	
Esposizione della struttura	All'interno	All'esterno	All'interno	All'esterno
Periodo di esecuzione dei getti	3	Aprile-Settembre 7	3	Aprile-Settembre 5
Periodo di esecuzione dei getti	7	Ottobre-Marzo 10	5	Ottobre-Marzo 7

SCHEDA 1.1
CALCESTRUZZO DESTINATO ALLA
REALIZZAZIONE DI STRUTTURE DI
FONDAZIONE (PLINTI, PALI, TRAVI
ROVESCE, PARATIE, PLATEE) E MURI
INTERRATI A CONTATTO CON TERRENI
NON AGGRESSIVI

Voce di capitolato

Calcestruzzo a prestazione garantita, in accordo alla UNI EN 206, per strutture di fondazione in classe di esposizione XC2 (UNI 11104), Rck 30 N/mm², Lavorabilità S4/S5, D_{max} 32 mm, CI 0.4

CAMPO DI VALIDITÀ

- Le prescrizioni di capitolato riportate nella presente scheda sono rivolte alle strutture di fondazione e ai muri interrati in contatto con terreni non aggressivi e attengono a strutture che ricadono in **Classe 1 di Vita Utile** in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.09.05). Le prescrizioni di capitolato, inoltre, sono rivolte a plinti di piccole dimensioni (altezza non superiore a 1.5 m , a platee di fondazione e muri di spessore non superiore a 60-80 cm).

AVVERTENZE

- Prima di procedere all'utilizzo della presente prescrizione di capitolato è opportuno eseguire un'analisi chimica del terreno tesa ad accertare la eventuale presenza di solfati. Questa esigenza diventa stringente soprattutto quando si debbono fondare opere su terreni agricoli (o nelle vicinanze) in quanto la probabilità che i solfati siano presenti risulta elevata a causa dell'utilizzo dei fertilizzanti (ad esempio, a base di solfato d'ammonio). Nel caso venisse accertata dall'analisi la presenza di solfato in misura superiore a 2000 mg/Kg (come SO_4^{2-}) utilizzare le prescrizioni di capitolato riportate nella Scheda 2.2 "Calcestruzzo destinato alla realizzazione di strutture di fondazione in terreni aggressivi".
- Per le opere di fondazione di grandi dimensioni utilizzare le prescrizioni di capitolato riportate nella Scheda 1.3 "Calcestruzzo destinato a strutture di fondazione massive".

SCELTA DEL FORNITORE DEL CALCESTRUZZO (Capitolo 11-Norme Tecniche per le Costruzioni)

- In accordo con le indicazioni riportate nel D.M. 14/09/2005, il calcestruzzo a **prestazione garantita** secondo UNI-EN 206-1 dovrà essere prodotto con un Processo Industrializzato in impianti dotati di un sistema di controllo del processo di produzione certificato da un organismo terzo indipendente accreditato dal Servizio Tecnico Centrale.

PRESCRIZIONI PER IL CALCESTRUZZO

- B1) Calcestruzzo a prestazione garantita (EN 206-1)
- B2) Classi di esposizione ambientale: XC2
- B3) Rapporto a/c max: 0.60
- B4) Classe di resistenza a compressione minima: C(25/30)
- B5) Controllo di accettazione: tipo A (tipo B per volumi complessivi di calcestruzzo superiori a 1500 m³)
- B6) Dosaggio minimo di cemento: 300 Kg/m³

B7) Aria intrappolata: $1.5 \pm 0.5 \%$

B9) Diametro massimo dell'aggregato: 32 mm (Per interferri inferiori a 35 mm utilizzare aggregati con pezzatura 20 mm)

B10) Classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo: Cl 0.4

B11) Lavorabilità al getto: S4 oppure S5

B12) Volume di acqua di bleeding (UNI 7122): $< 0.1\%$

PRESCRIZIONI PER LA STRUTTURA

- C1) Copriferro minimo: 30 mm (40 per opere in c.a.p)
- C2) Controllo dell'esecuzione dell'opera: $C(x/y)_{\text{opera}} > 0,85 C(x/y) > 25.5 \text{ N/mm}^2$
- C3) Scassero oppure durata minima della maturazione umida da effettuarsi mediante ricoprimento della superficie non casserata con geotessile bagnato ogni 24 ore (o con altro metodo di protezione equivalente): 7 giorni

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

www.progettoconcrete.it

**Ing. Alessio Farci, PhD
(Sardegna, Toscana, Umbria)
Cell. 335/1090704
a.farci@progettoconcrete.it**