

2

COME SI SCEGLIE IL CALCESTRUZZO



2.1 CALCESTRUZZO A PRESTAZIONE

2.2

CLASSE DI RESISTENZA



2.3 CLASSE DI ESPOSIZIONE



2.4

RAPPORTO ACQUA/CEMENTO



2.5 CLASSE DI CONSISTENZA



2.6

DIMENSIONE MASSIMA NOMINALE DELL'AGGREGATO  $D_{MAX}$



2.7 RICHIESTA DI PRESTAZIONI PARTICOLARI



COME SI SCEGLIE IL CALCESTRUZZO

# COME SI SCEGLIE IL CALCESTRUZZO

Il manifestarsi dei fenomeni di degrado anticipato su strutture in calcestruzzo spesso è legato non ad errori di messa in opera, quanto ad una inconsapevole ed errata scelta progettuale del materiale non idoneo per l'opera in questione o per le condizioni ambientali in cui il manufatto è inserito.

Secondo la normativa: *“Una struttura deve essere progettata e costruita in modo che con accettabile probabilità rimanga adatta all'uso per il quale è prevista, tenendo conto della sua vita prevista”* (Eurocodice 2). Tutte le normative individuano classi di esposizione ambientale, limiti di aggressività esterna, vincoli per la protezione delle armature, rapporto acqua – cemento ( $a/c$ ), ecc..., tutto per raggiungere un solo scopo:

## GARANTIRE UNA VITA DI SERVIZIO MINIMA ALLA STRUTTURA.

Per raggiungere le indicazioni normative, **PRIMA DI REALIZZARE L'OPERA**, in fase progettuale, occorre **INTERROGARSI SUL LUOGO DELL'INTERVENTO E SUL TIPO DI STRUTTURA DA ESEGUIRE**, al fine di **POTER SCEGLIERE**, tra la vasta gamma di calcestruzzi presenti sul mercato, **QUELLO PIÙ IDONEO CHE GARANTISCA UNA MAGGIORE DURABILITÀ**.

Gli accorgimenti minimi da adottare per eliminare o quanto meno ridurre le cause che influenzano il degrado delle strutture sono:

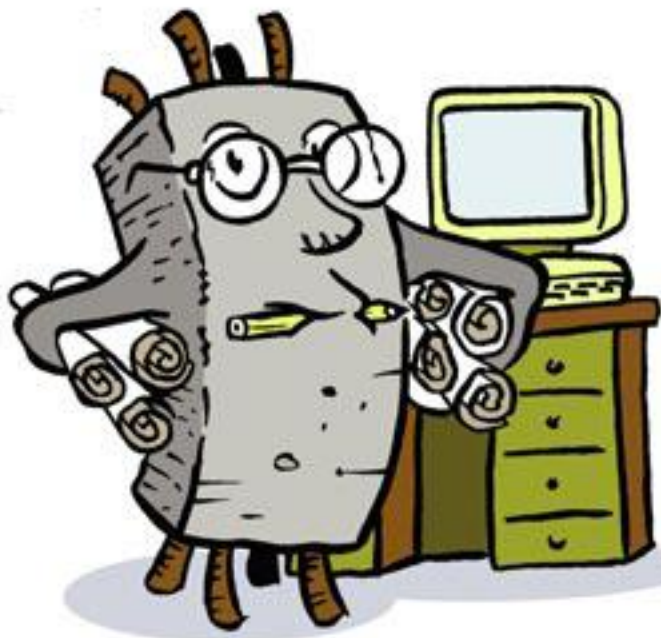
- rispetto dello spessore di copriferro;
- scelta del tipo di calcestruzzo in relazione all'ambiente o all'uso che si richiede alla struttura;
- diametro degli aggregati compatibile con la geometria e l'armatura della struttura;
- scelta della consistenza dell'impasto;
- in condizioni critiche si possono usare materiali protettivi o prodotti speciali per migliorare le caratteristiche di resistenza del conglomerato;

È sufficiente prestare un po' di cura e calibrare le scelte progettuali per realizzare manufatti visivamente simili ma sicuramente più resistenti alle aggressioni esterne.



# CALCESTRUZZO A PRESTAZIONE

Per ottenere un calcestruzzo con buone qualità specifiche, sia la norma UNI EN 206-1 che la norma UNI 11104, stabiliscono le **CONDIZIONI MINIME OPERATIVE** che i progettisti devono adottare per prescrivere un materiale con le caratteristiche prestazionali richieste. La scelta del materiale deve essere effettuata da un tecnico abilitato, il quale deve redigere un **PROGETTO ESECUTIVO**, nel rispetto dei parametri prescritti dalle norme e dal tipo di struttura da realizzare. Non si deve dimenticare però che:



- IL PROGETTISTA HA LA RESPONSABILITÀ DIRETTA DELLA PROGETTAZIONE DI TUTTE LE STRUTTURE REALIZZATE.
- L'IMPRESA HA LA RESPONSABILITÀ DI FORNIRE IL CALCESTRUZZO CON LE CARATTERISTICHE PREVISTE E DI METTERLO IN OPERA CORRETTAMENTE

Il progettista, deve indicare, in modo chiaro ed inequivocabile, i seguenti dati:

- resistenza caratteristica** -  $R_{ck}$  [espressi in  $N/mm^2$ ]; o classe di resistenza (es. CX/Y)
- diametro massimo nominale dell'aggregato** -  $D_{max}$  [espresso in mm];
- classe di consistenza** del calcestruzzo fresco;
- classe di esposizione ambientale;**
- eventuali altre caratteristiche od aggiunte per getti particolari (tempi di indurimento, additivi, fibre, ...).



**IN TUTTI I CASI IL GETTO DEVE PREVEDERE UNO SPESSORE DI CALCESTRUZZO (COPRIFERRO) SUFFICIENTE A GARANTIRE LA PROTEZIONE DELLE ARMATURE DALLA CORROSIONE. PER EVITARE EQUIVOCI E FACILITARE L'ATTIVITÀ DEL DIRETTORE DEI LAVORI, TALI INDICAZIONI DOVREBBERO ESSERE RIPORTATE SULLE "TAVOLE DELLE CARPENTERIE E DELLE ARMATURE", GLI UNICI DOCUMENTI UFFICIALI PRESENTI IN CANTIERE.**

# CLASSE DI RESISTENZA

Rappresenta la capacità del calcestruzzo di assorbire gli sforzi di compressione.

La resistenza a compressione viene misurata su provini cubici di 15 centimetri di lato, confezionati, maturati e provati tassativamente a 28 giorni secondo le normative.

Bisogna distinguere la resistenza di un singolo provino dal valore convenzionale di riferimento **LA RESISTENZA CARATTERISTICA RCK**

cioè il valore al di sotto del quale ci si attende che cada solamente il 5% di tutti i provini che potrebbero essere controllati per quel calcestruzzo. La resistenza caratteristica viene ricavata statisticamente dai valori di rottura dei singoli provini.

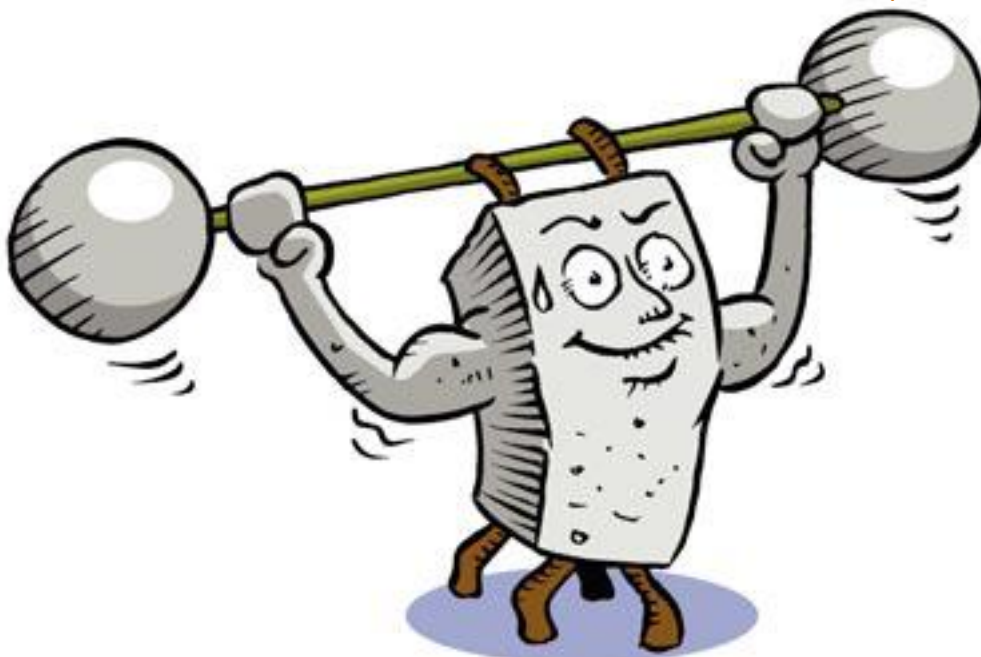
**LA CLASSE DI RESISTENZA VIENE ESPRESSA IN MPa O N/mm<sup>2</sup>**

Le norme propongono alcune classi di resistenza caratteristica utilizzabili dal progettista nei calcoli strutturali.

CLASSE DI RESISTENZA	CATEGORIA CALCESTRUZZO	PRESCRIZIONI PARTICOLARI
C 8/10	Non strutturale	Nessuna
C 12/15		
C 16/20	Ordinario	Obbligo Certificazione FPC se prodotto all'esterno del cantiere
C 20/25		
C 25/30		
C 28/35		
C 32/40		
C 35/45		
C 40/50		
C 45/55	Alte prestazioni	Obbligo sperimentazione preventiva + Certificazione FPC
C 50/60		
C 55/67		
C 60/75	Alta resistenza	Obbligo di sperimentazione e autorizzazione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
C 70/85		
C 80/95		
C 90/105		

LA RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO NELLA STRUTTURA DIPENDERÀ PERÒ ANCHE DALLA MODALITÀ DI GETTO, DI COSTIPAZIONE E DALLA MATURAZIONE. QUESTE OPERAZIONI, SE NON CORRETTAMENTE EFFETTUATE, POTREBBERO RIDURNE SENSIBILMENTE IL VALORE RISPETTO A QUELLO RILEVATO DAI PROVINI.

LA CLASSE DI RESISTENZA DIPENDE DAL VALORE DEL RAPPORTO ACQUA/CEMENTO (A/C) DELLA MISCELA; LO STESSO RAPPORTO È REGOLATO DALLA CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE (VEDI DURABILITÀ).



## CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE

Aspetto essenziale per la scelta del giusto calcestruzzo è la condizione ambientale in cui la struttura dovrà operare. Questa influenza la vita nominale delle costruzioni, cioè il tempo durante il quale i materiali sono in grado di conservare le caratteristiche prestazionali richieste dal progetto, mantenendo inalterato il grado di sicurezza previsto. È indispensabile riportare in progetto la classe di esposizione ambientale che indica il maggiore o minore livello di aggressività del luogo in cui la struttura sarà inserita.



# CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE

La norma UNI - EN 206 -1 e la UNI 11104 descrivono con maggiore precisione gli ambienti di esposizione:

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali (a titolo informativo)
<b>1-nessun rischio di corrosione delle armature o di attacco al calcestruzzo</b>		
XO	molto secco	interni di edifici con umidità relativa molto bassa
<b>2- corrosione delle armature indotta da carbonatazione</b>		
XC1	secco	interni di edifici con umidità relativa bassa
XC2	bagnato,raramente secco	parti di strutture di contenimento liquidi:fondazioni
XC3	umidità moderata	interni di edifici con umidità da moderata ad alta:calcestruzzo all'esterno riparato dalla pioggia
XC4	ciclicamente secco e bagnato	parti di ponti:pavimentazioni,parcheeggi per auto
<b>3- corrosione indotta dai cloruri</b>		
XD1	umidità moderata	superfici esposte a spruzzi diretti d'acqua contenente cloruri
XD2	bagnato,raramente secco	piscine: calcestruzzo esposto
XD3	ciclicamente secco e bagnato	parti di ponti;pavimentazioni;parcheeggi per auto
<b>4- corrosione indotta dai cloruri dell'acqua di mare</b>		
XS1	esposizione alla salsedine marina ma non in contatto diretto con acqua di mare	strutture sulla costa o in prossimità
XS2	sommerse	parti di strutture marine
XS3	nelle zone di maree, nelle zone soggette	parti di strutture marine
<b>5- attacco da cicli gelo/disgelo</b>		
XF1	grado moderato di saturazione, in assenza di agenti disgelanti	superfici verticali esposte alla pioggia e al gelo
XF2	grado moderato di saturazione, in presenza di sali disgelanti	superfici verticali di opere stradali esposte al gelo e ad agenti disgelanti nebulizzati nell'aria
XF3	grado elevato di saturazione, in assenza di sali disgelanti	superfici orizzontali esposte alla pioggia e al gelo
XF4	grado elevato di saturazione, in presenza di sali disgelanti	superfici verticali e orizzontali esposte a spruzzi d'acqua contenenti sali disgelanti
<b>6- attacco chimico</b>		
XA1	aggressività debole(secondo tab.9)	
XA2	aggressività moderata(secondo tab.9)	
XA3	aggressività forte(secondo tab.9)	

## RAPPORTO ACQUA/CEMENTO

Esiste una caratteristica fondamentale che determina le prestazioni di un calcestruzzo: la sua compattezza. Risulta evidente che più il materiale è compatto ed omogeneo, maggiore sarà non solo la sua capacità di resistere all'azione degli agenti aggressivi ma anche la sua resistenza meccanica.

Nella definizione della composizione della miscela un unico parametro governa le due prestazioni:

### IL RAPPORTO ACQUA / CEMENTO *a/c*

La norma riporta i valori massimi di tale rapporto necessari a soddisfare le classi di esposizione e le resistenze minime corrispondenti.

**POICHÉ LA R<sub>ck</sub> È FACILMENTE CONTROLLABILE TRAMITE IL CORRETTO PRELIEVO DI PROVINI, LA CORRISPONDENZA TRA RESISTENZA E CLASSE DI ESPOSIZIONE FORNISCE INOLTRE UN FORMIDABILE STRUMENTO DI VERIFICA DELLE PRESTAZIONI.**

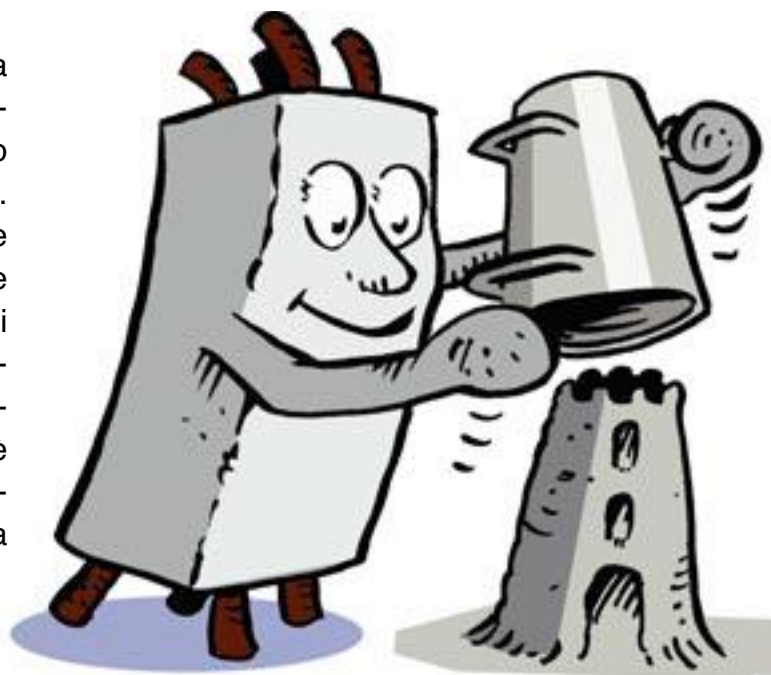
Classi di esposizione UNI 11104	Rapporto a/c max	R <sub>ck</sub> minima
XC1-XC2	0,60	30
XC3-XA1-XD1	0,55	35
XS1-XD2-XA2 XF1 - XF2 -XF3-XC4	0,50	40
XS2-XS3-XD3 XA3-XF4	0,45	45

**LA COMPOSIZIONE DEL CALCESTRUZZO, ED IN PARTICOLARE IL RAPPORTO ACQUA / CEMENTO, NON DEVE **MAI** ESSERE ALTERATA CON AGGIUNTE DI ACQUA: TUTTE LE CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO ANDREBBERO PERDUTE!**



## CLASSE DI CONSISTENZA

Si identifica come lavorabilità la capacità del calcestruzzo di assumere la forma del recipiente che lo contiene, normalmente il cassero. Ovviamente la lavorabilità deve essere scelta in funzione delle caratteristiche della struttura e dei metodi di compattazione e verificata al momento del getto in cantiere. La lavorabilità di un impasto è molto importante anche per il lavoro che si deve spendere durante la posa e la compattazione.



Il procedimento più usato soprattutto in cantiere è lo **SLUMP TEST** il quale suddivide gli impasti in cinque classi basandosi sulla misura dell'abbassamento al cono del calcestruzzo fresco per effetto del peso proprio:



Classe di consistenza	Abbassamento(mm)	Denominazione corrente	Applicazioni
S1	da 10 a 40	UMIDA	vibrofinitrici
S2	da 50 a 90	PLASTICA	casseri rampanti
S3	da 100 a 150	SEMIFLUIDA	scivoli e tetti
S4	da 160 a 210	FLUIDA	strutture debolmente armate
S5	> di 210	SUPERFLUIDA	strutture fortemente armate,getti orizzontali

SI CONSIGLIA, OVE POSSIBILE, DI PRESCRIVERE CALCESTRUZZO CON CLASSE DI CONSISTENZA MAGGIORE OD UGUALE A S4.

EVITARE ASSOLUTAMENTE AGGIUNTE DI ACQUA IN CANTIERE PERCHÉ DIMINUISCONO LE CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO.

CONTROLLARE ATTENTAMENTE LA BOLLA DI SCARICO E VERIFICARE LA CORRISPONDENZA ALL'ORDINE DEL CALCESTRUZZO FORNITO.



# DIMENSIONE MASSIMA NOMINALE DELL' AGGREGATO - $D_{MAX}$

Condizione necessaria per ottenere una struttura omogenea e compatta è la corretta prescrizione della dimensione massima dell'aggregato, indicata con  $D_{max}$ .

In particolare i fattori che influenzano il  $D_{max}$  sono:

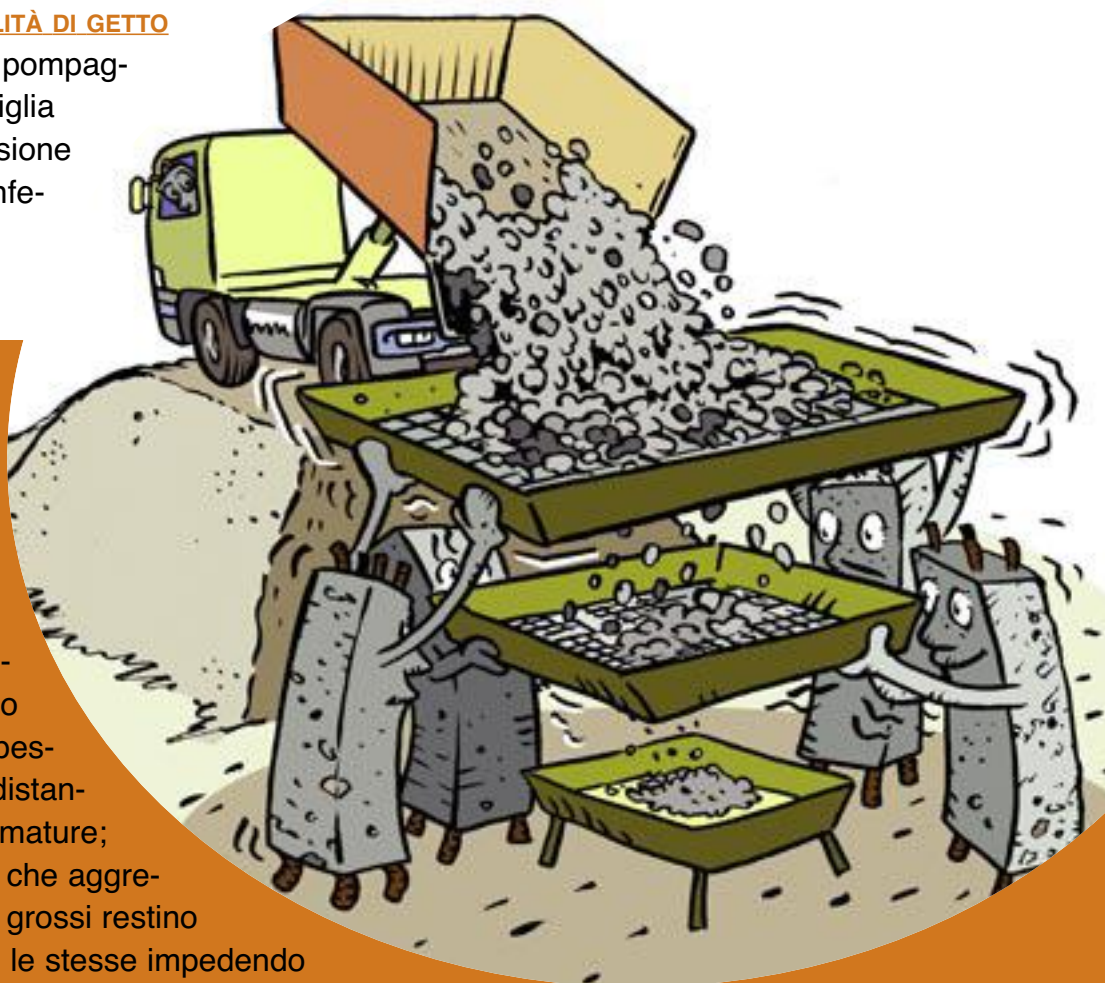
## - LA MODALITÀ DI GETTO

(in caso di pompaggio si consiglia una dimensione massima inferiore a 1/3 del diametro del tubo della pompa);

## - LA SEZIONE DELLA STRUTTURA

(in caso di solette inferiore a 1/3 o 1/4 dello spessore) e la distanza tra le armature; per evitare che aggregati troppo grossi restino bloccati tra le stesse impedendo il regolare riempimento della cassaforma;

- LO SPESSORE DEL COPRIFERRO , per evitare che gli aggregati vengano a diretto contatto con il cassero senza il necessario strato protettivo di pasta di cemento.



$$D_{MAX} \leq 0,25 \text{ VOLTE LO SPESSORE MINIMO DELLA SEZIONE}$$

$$D_{MAX} \leq 0,75 \text{ VOLTE LO SPESSORE DEL COPRIFERRO}$$

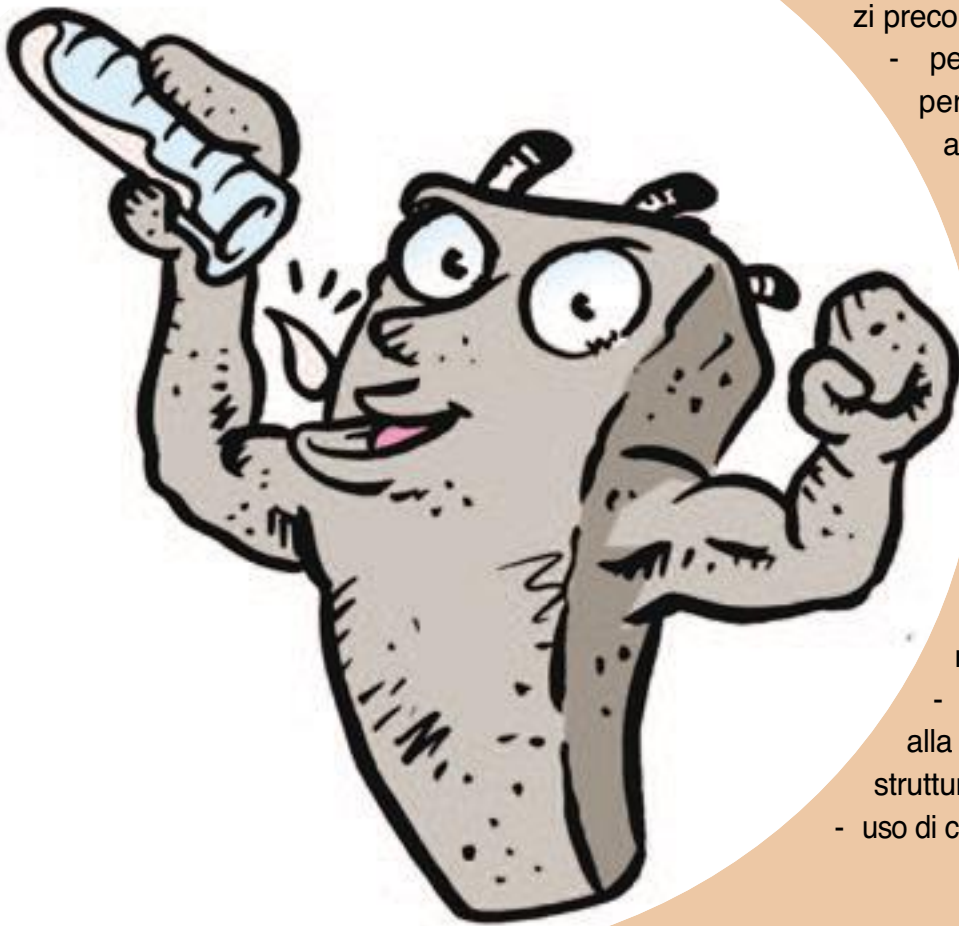
$$D_{MAX} \leq \text{DELLA DISTANZA MINIMA TRA I FERRI DI ARMATURA}$$

# RICHIESTA DI PRESTAZIONI PARTICOLARI

Le prescrizioni minime indicate dalle Norme potrebbero non essere sufficienti a definire il calcestruzzo più adatto ad una struttura. Si può approfondire la scelta del materiale, sempre con l'ausilio delle Norme e con le possibilità che la tecnologia del calcestruzzo oggi può offrire.

Possono essere prescritte prestazioni particolari ottenibili con ricette specifiche o aggiunta di additivi:

- sviluppo delle resistenze predefinito, ad es. per accelerare i tempi di scasso o per calcestruzzi precompressi;
- permeabilità ridotta per ambienti aggressivi;
- resistenza alla penetrazione di agenti esterni;
- ritiro controllato per getti di estese dimensioni;
- calore di idratazione ridotto per getti massivi;
- aggregati adatti alla realizzazione di strutture facciavista;
- uso di cementi particolari;



Oppure

si possono richiedere aggiunte alla miscela:

- **fibre sintetiche o metalliche** per contrastare i fenomeni di ritiro e migliorare la resistenza a flessione nelle pavimentazioni;
- **agenti espansivi** per ridurre il ritiro;
- **additivi**: acceleranti o ritardanti a seconda della stagione;
- **aggregati particolari**, per colore, forma o peso specifico: ad es. gli aggregati baritici per la protezione dalle radiazioni o basaltici per la realizzazione di caveau di banca;
- **coloranti**;
- **ceneri volanti o fumi di silice** per aumentare la durabilità.