

Il calcestruzzo tarmato deriva da un'idea di poter disporre di una piastra prodotta artificialmente, quindi un materiale con le stesse caratteristiche della pietra ma che possa essere plasmato in qualsiasi forma.

È conosciuto dai tempi dei romani e nell'accezione moderna questo componente è abbinato ad un più recente componente ovvero l'insieme delle barre di armatura che vengono appunto impiegate per ottenere il calcestruzzo armato: un materiale capace di emulare le caratteristiche della pietra per quanto riguarda la resistenza a compressione, l'aspetto, la consistenza e perfino superarle garantendo quella resistenza a flessione e taglio che alla pietra mancano.

Si tratta di una miscela di ACQUA, SABBIA, CEMENTO E EMERTI armata poi attraverso l'inserimento di barre e staffe metalliche e una volta raggiunta la coesione degli elementi intorno le barre, offre delle prestazioni straordinarie.

Il cemento è l'elemento fondamentale in quanto tiene insieme tutti i componenti di base, svolge la funzione di legante. I leganti quindi rappresentano l'elemento chiave della realizzazione della miscela.

I leganti sono ottenuti dalla cottura di ricche particolari (calcari, Pietra da gesso) le quali vengono mescolate con l'acqua e generano un impasto plastico di consistenza litoide e di buona aderenza alle superfici con cui viene a contatto (TISSOTROPICITA').

I leganti sono distinti in due grandi famiglie:

- LEGANTI AEREI, quando i loro impasti sono capaci di far presa soltanto in presenza dell'aria (ossigeno)

- LEGANTI IDRAULICI, andò i loro impasti, dopo la presa possono indurire sia se lasciati all'aria, sia se immersi permanentemente nell'acqua. A seconda del tipo di aggregato (parte liscia, parte che ha massa), i leganti idraulici danno luogo a prodotti diversi ma tutti di fondamentale importanza per la costruzione.

LEGANTE + ACQUA = PASTE, STUCCHI, BOIACCHE

LEGANTE + ACQUA + SABBIA = MALTE

LEGNATE + ACQUA + SABBIA + GHIAIA = CALCESTRUZZI O

CONGLOMERATI

Tra i leganti aeri il più noto è la CALCE AEREA, costituita da carbonato di calcio che attraverso trasformazioni chimiche prodotto dalla sua calcinazione in forni alla temperatura di circa 900 °C, diventa capace viva (ossido di calcio). Questa non è direttamente usata in edilizia perché è un materiali altamente corrosivo ma

deve essere addizionata con acqua e ridotta allo stato di calce spenta (idrossido di calcio).

Il processo di spegnimento della calce è un processo pericoloso in quanto versando l'acqua si ha una reazione esotermica e tendenzialmente è come se la calce viva ribollisse.

Il GESSO è un prodotto risultante dalla trasformazione di una roccia sedimentaria, di strutture a cristallina, molto diffusa in natura, la pietra da gesso, costituita essenzialmente da solfato di calcio biidrato. Questa sottoposta a cottura a temperatura di 600°C e oltre, la roccia subisce una reazione chimica, perdendo una parte o tutta l'acqua che contiene e trasformandosi in emidrato o anidride. Una volta cotta o macinata essa si riduce a una polvere bianca e untuosa. Al momento dell'impiego, il gesso viene miscelato all'acqua che viene riassorbita rapidamente e progressivamente indurisce iniziando la presa in pochi minuti e completandola in meno di un'ora. Al termine del processo di presa, il gesso ha riacquisito il grado di idratazione iniziale, cioè l'acqua persa durante la cottura.

La CALCE IDRAULICA deriva dalla cottura di un calcare naturalmente ricco di argilla e di tipo dolomitico oppure di una miscela di calcari 90% calcari e 10-20% argilla che vengono immediatamente idratate con il 10 % di acqua. Le calce idrauliche si suddividono, in base alla quantità di argilla contenuta nel calcare di base, in calce:

- semplicemente idrauliche;
- Eminentemente idrauliche.

Le calce idrauliche sono ottenute:

- dalla cottura di calcari marmo sì, come presenti in natura;
- Dalla cottura di mescolanze artificiali di carbonato di calcio e materie argillose
- Miscelando cemento di Portland e piccole quantità di additivi aeranti

In base alla composizione hanno caratteristiche di resistenza diversa

## CEMENTO PORTLAND

È un composto di calcari e argille cotte ad alte temperatura (1400-1500 °C) con l'aggiunta di solfato di calcio biidrato all'interno in forni rotativi, costituiti da lunghi cilindri e successivamente macinato per ottenere una polvere di granulometria fine e omogenea.

Utilizzo di forni rotativi perché in questo modo si ha una migliore e più

## CEMENTO

L'utilizzo di leganti inorganici nelle costruzioni viene fatto risalire al III millennio a.C., quando in Egitto era utilizzata la Malta di gesso per la realizzazione di paramenti murari in conci di pietra (prima venivano realizzati in pietra e successivamente venivano ricoperti appunto dalla Malta di gesso)

I greci e poi i romani impiegavano come legante prevalentemente la calce aerea, con la quale

L'indurimento del calcestruzzo avveniva con estrema lentezza poiché il consolidamento di una Malta a base di calce è dovuto alla reazione dell'idrossido di calcio con l'anidride carbonica presente nell'aria con la successiva produzione di carbonato di calcio.

A partire dal I secolo a.C., i romani iniziarono a sostituire la Malta con la pozzolana o con il cocchiopesto. La scoperta della pozzolana segnò una rivoluzione nella realizzazione di opere murarie.

Grazie al comportamento della pozzolana e del cocchiopesto la Malta faceva presa ad indurire anche in acqua, senza contatto con l'aria, consentendo la produzione di leganti ad alta resistenza rapido indurimento.

B

Come si è arrivati ai leganti di epoca moderna:

Nel 1755-59 per la realizzazione del faro di Eddystone, l'ingegnere britannico Smeaton utilizzò al posto della miscela di calce - pozzolana, la prima calce idraulica ottenuta dalla cottura di calcare contenente una discreta quantità (11%) di impurezze argillose.

Verso la fine del 1700 e inizio 1800 c'è stata una corsa alla sperimentazione. Nel 1796 Parker fabbrica il primo cemento a presa rapida, cuocendo nei suoi forni da calce le concrezioni marmo se contenute nelle argille del Tamigi.

Intorno al 1824, un Fornaiario di York, fu il primo industriale ad aver fabbricato il cemento idraulico a lenta presa e diede al prodotto il nome di cemento Portland grazie alla somiglianza tra la Malta formata con quel cemento e il calcare compatto e si trova nella località di Portland Inghilterra.

Nel 1860 venne stabilita la composizione chimica del cemento consentente una produzione industriale del calcestruzzo.

## CEMENTO PORTLAND

È il tipo di cemento più utilizzato, ed è usato come legante nella preparazione del calcestruzzo. Si ottiene dalla macinazione del clinker, con l'aggiunta di gesso nella quantità necessaria per regolarizzare il processo di idratazione.

## PRODUZIONE DEL CEMENTO

La miscela di calcare e di argille viene riscaldata in un forno speciale costituito da un enorme cilindro chiamato kiln disposto orizzontalmente con leggera inclinazione e ruotante lentamente. La temperatura cresce progressivamente lungo il fusto del cilindro fino a circa 1500°C, nella sezione a temperatura minore il carbonato di calcio (calcare) si scinde in ossido di calcio e biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>) processo con un poderoso impatto ambientale. Nella zona ad alta temperatura l'ossido di calcio reagisce con i silicati a formare silicati di calcio. Il materiale che ne risulta è complessivamente denominato clinker (ovvero massa di materiali che sono derivati dalla produzione primaria dentro il forno rotativo). L'energia teorica necessaria per produrre il clinker è circa 1700 joule per grammo (tantissimi), ma a causa delle dispersioni il valore è molto più alto e può arrivare fino a 3000 joule per grammo questo porta la produzione del cemento a una delle produzioni più energivore e più impattanti a livello ambientale che ci sia nell'intero settore edilizio insieme all'acciaio. Ciò comporta una grande richiesta di energia e quindi un notevole rilascio in atmosfera di biossido di carbonio, gas ad effetto serra. Il quantitativo di biossido di carbonio rilasciato nell'atmosfera è mediamente pari a 1 di CO<sub>2</sub> per un kg di clinker di cemento Portland armato.

## TIPOLOGIE DI CEMENTO:

- cemento di tipo I Portland: ottenuto dalla macinazione di almeno 95 % di clinker con l'aggiunta di solfati di calcio, dotati nella quantità necessaria per regolarizzare il processo di idratazione, e di costituenti secondari nella percentuale massima del 5%
- Cemento di tipo II Portland composito: si differenzia da Portland poiché può contenere fino al 35 % di altri costituenti. È un tipo di cemento usato fin da molti anni in Europa, introdotto in Italia per effetto di una normativa specifica.
- Cemento di tipo III d'altoforno: è costituito da una miscela omogenea ottenuta dalla miscelazione di clinker Portland con l'aggiunta di loppa granulata d'altoforno (è uno scarto di lavorazione della produzione dell'acciaio) e regolarizzatori di presa;
- Cemento tipo IV pozzolanico: si ottiene aggiungendo al momento della macinazione del clinker, pozzolana o altri materiali a comportamento pozzolanico. Sono tutti componenti che vanno a modificare la struttura molecolare del calcestruzzo
- cemento tipo V composito: si ottiene aggiungendo loppa d'altoforno o uno o più componenti pozzolanici al clinker. Sostanzialmente è una composizione che mette insieme gli elementi aggiuntivi che sono presenti nel cemento di tipo III e nel cemento di tipo IV

Le diverse tipologie del cemento influiscono sia sul processo di presa sia sulla resistenza meccanica finale del materiale.

## CALCESTRUZZO

Caratteristiche: è un conglomerato artificiale costituito da una miscela di legante acqua e aggregati ovvero sabbia e ghiaia e con l'aggiunta secondo le necessità, di additivi che influenzano le caratteristiche sia fisiche che chimiche del conglomerato, sia fresco (in fase di miscela) sia che indurito (fase stabile, dopo aver completato il processo di presa).

Una volta raggiunta la maturazione questa massa assume un aspetto litoide di colore grigio opaco, di consistenza solida e con una densità di  $2400 \text{ KG/m}^3$  e una porosità che varia dallo 0 al 40% in volume.

La composizione del calcestruzzo può essere varia.

Per ottenere un metro cubo di calcestruzzo di caratteristiche normali occorrono in media:

- $0.8 \text{ m}^3$  di aggregativo a grana grossa (ghiaia o pietrisco)  $\gg 1300 \text{ kg}$
- $0.4 \text{ m}^3$  di aggregati a grana fine (sabbia)  $\gg 800 \text{ kg}$
- da 300 a 360 kg di cemento
- da 120 a 180 litri di acqua

Per un peso totale di circa  $2400 \text{ kg/m}^3$

È necessario predisporre dei contenimenti affinché sia possibile gettare il calcestruzzo e creare pareti o fondazione, per poter gettare bisogna tener conto delle condizioni generali:

La miscela può essere modificata aggiungendo alcuni additivi che possono avere diversi compiti; questi possono essere:

Additivi ritardanti che rallentano il processo di presa per consentire un adeguato trasporto dalla centrale di betonaggio al cantiere.

Additivi antiritiro che contrastano gli effetti di crepatura con un ritiro estremamente veloce che può verificarsi in condizioni estreme climatiche (temperatura molto elevata).

Additivi che hanno la funzione di fluidificare la miscela.

E tanti altri

Il CONGLOMERATO CEMENTIZIO è costituito da materiale inerte, un legante e acqua.

Il nome corretto è conglomerato seguito poi dal nome del legante.

Sia nelle malte che nei calcestruzzi la funzione degli inerti è quella di formare lo scheletro resistente della massa.

La funzione del legante e dell'acqua è quello di costituire la pasta che avvolge e unisce fra loro i grani d'inerte cementandoli formando, dopo adeguata maturazione massa compatta coerente che ha la consistenza della pietra. La funzione degli inerti è essenziale anche al fine di ottenere un ,arteria le compatto nel quale il fenomeno del ritiro, connesso con la presa e il successivo indurimento della pasta, sia limitato a minimi tollerabili.

Gli aggregati sono molto importanti e sono materiali lapidei di opportune dimensioni la cui funzione è di formare lo scheletro resistente del conglomerato cementizio.

La caratteristica più evidente è la sua granularità cioè il fatto che si presenta in forma di granuli sciolti, quando la d'immenso e dei granuli è inferiore a 4/5 mm l'inerte prende il nome di sabbia; quando è maggiore di 4/5 mm viene chiamato ghiaia. **QUESTO MATERIALE DEVE ESSERE DI ORIGINE ALLUVIONALE PREFERIBILMENTE DI FORMA TONDEGGIANTE O PIETRISCO.**

La granularità dell'inerte è strettamente connessa con il suo assortimento granulometrico, cioè con la presenza o meno nelle varie frazioni, in modo tale che i grani più fini si possono collocare nei vuoti interstiziali dei granuli più grossi. Quindi la funzione di avere diverse dimensioni è appunto quella di riempire gli spazi tra i granuli. Ciò contribuirà alla formazione di elementi lapidei con un contenuto di vuoti interstiziali relativamente ridotto o assente. Questi vuoti dovranno essere riempiti dalla pasta di cemento che una volta indurita trasformerà l'inerte (cioè l'insieme dei granuli sciolti) in un conglomerato monolitico.

La distribuzione granulometrica è molto importante infatti per ottenere un conglomerato cementizio compatto, è necessario che il volume dei vuoti tra gli inserti sia il minore possibile. Occorre allora comporre una miscela con inerti di diverse dimensioni affinché quelli più piccoli vadano ad occupare gli spazi che rimangono tra quelli più grandi.

## FUNZIONE E CARATTERISTICHE DELL'ACQUA

L'acqua per gli impasti deve essere limpida non deve contenere sali in percentuali dannose e non deve essere aggressiva (particolarmente acida).

Praticamente tutte le acque naturali ormai possono essere usate per i calcestruzzi, in causa di estrema necessità può essere utilizzata anche l'acqua del mare.

Non può essere utilizzata l'acqua contaminata da scarichi industriali e civili, o quelle che contengono zucchero, oli e grassi in quanto alterano il processo chimico di presa.

Nei conglomerati con leganti aerei, l'acqua serve a conferire alla pasta la fluidità e la plasticità necessaria a manipolarla e a lavorarla.

Nei conglomerati con leganti idraulici, l'acqua serve come reagente del legante per consentire il fenomeno della presa e del successivo indurimento, serve quindi per idratare il legante.

Slump test: test per verificare se all'interno del calcestruzzo vi è troppa acqua.

## CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO

Resistenza a compressione: dell'ordine di 40/60 kg/cm<sup>2</sup> per i calcestruzzi ordinari e fino a 150 kg/cm<sup>2</sup> per calcestruzzi speciali ad altissima resistenza.

Resistenza a trazione: è nell'ordine di 15 e 20 kg/cm<sup>2</sup>

Resistenza a flessione: varia in genere tra 1/5 e 1/10 della resistenza a compressione

Resistenza al taglio: può raggiungere i 35/50 kg/cm<sup>2</sup>

Modulo elastico: è il rapporto tra la sollecitazione e la deformazione che varia a seconda della resistenza a compressione del conglomerato ed è in media 250.000 kg/cm<sup>2</sup>

L'importanza dell'essere passati dal calcestruzzo al calcestruzzo armato è perché se si ha un elemento sollecitato dall'alto verso il basso la parte inferiore non è sollecitata a compressione ma a trazione e in questo caso intervengono le barre di armatura.

## ARMATURE FUNZIONAMENTO

Le armature vengono disposte all'interno della futura geometria dell'elemento strutturale e vengono disposte secondo unico schema dato prima di effettuare la realizzazione del contenitore, vengono poi disposte le strutture di contenimento.

Le barre possono essere fatte di acciaio di diverso tipo e perciò può avere una resistenza maggiore o minore.

I tondi di acciaio da armatura sono elementi a sezione circolare e lunghezza variabile, utilizzati per la realizzazione delle armature dei getti di calcestruzzo. Originariamente queste barre erano concepite come lisce, oggi sono caratterizzate da nervature sulla superficie che si sviluppano sulla parte esterna al fine di migliorare l'aderenza tra il calcestruzzo e l'acciaio.

Le barre si suddividono in due grandi famiglie:

- Longitudinali o correnti (orizzontali)
- Trasversali, dette anche staffe di diametro inferiore e utilizzate per assorbire gli

Le cassaforme possono essere in legno, metallo, plastica, polistirolo in questo caso il polistirolo rimane affiancato al calcestruzzo armato e funge da isolante (a perdere)

Il confezionamento del conglomerato cementizio avviene miscelando a secco i componenti (cemento e inerti) e successivamente si mescola con l'acqua necessaria all'impasto.

L'operazione può avvenire in impianti distanti dal cantiere detti centrali di betonaggio.

Nella posa del calcestruzzo è fondamentale che il calcestruzzo non venga gettato da un'altezza troppo elevata, bisogna portare il tubo molto vicino alla superficie di getto perché altrimenti la gravità farebbe precipitare verso il basso gli inerti ottenendo un non corretto rapporto della miscela tra la parte più pesante degli inerti e quella più leggera della sabbia e del cemento.

Quando si getta il calcestruzzo è necessario vibrarlo con un vibratore ad immersione che fa sì che tutti gli inerti siano disposti correttamente e che non ci siano bolle d'aria all'interno della miscela.