

Materiali per l'architettura (6CFU)

prof. Alberto De Capua

Dipartimento di Architettura e Territorio – dArTe
Corso di Studio in Architettura quinquennale – Classe LM-4



A.A. 2013 - 2014

IL CALCESTRUZZO e LE MALTE

- Informazioni storiche
- Informazioni specialistiche
- Informazioni sulla produzione
- Informazioni sul progetto

*Seminario tematico
a cura di
dott. ric. Valeria Ciulla*

CALCESTRUZZO Definizioni

Il calcestruzzo è un materiale composito ottenuto per presa e indurimento di un impasto composto da quantità diverse di: cemento, acqua, inerti (aggregati) fini e grossi.

Le caratteristiche dei componenti del calcestruzzo ed i rapporti quantitativi e qualitativi che li legano determinano i requisiti del conglomerato che ne deriva e di conseguenza le possibili applicazioni.

architettura pre-romana

Risale al II sec. a.C. la tecnica di realizzare murature con paramenti in mattoni o in pietra, che fungevano da casseri, riempiti con malta di calce.

L'emplekton greco, cioè l'impasto di riempimento della muratura colata, venne in seguito ripreso dai romani che ne perfezionarono la tecnica.

La composizione e le modalità di messa in opera del calcestruzzo, utilizzato durante l'Impero Romano, vennero descritte da Vitruvio nei suoi 10 libri De Architectura.

L'Opus Cementicium descritto da Vitruvio può essere considerato l'antesignano del moderno calcestruzzo.

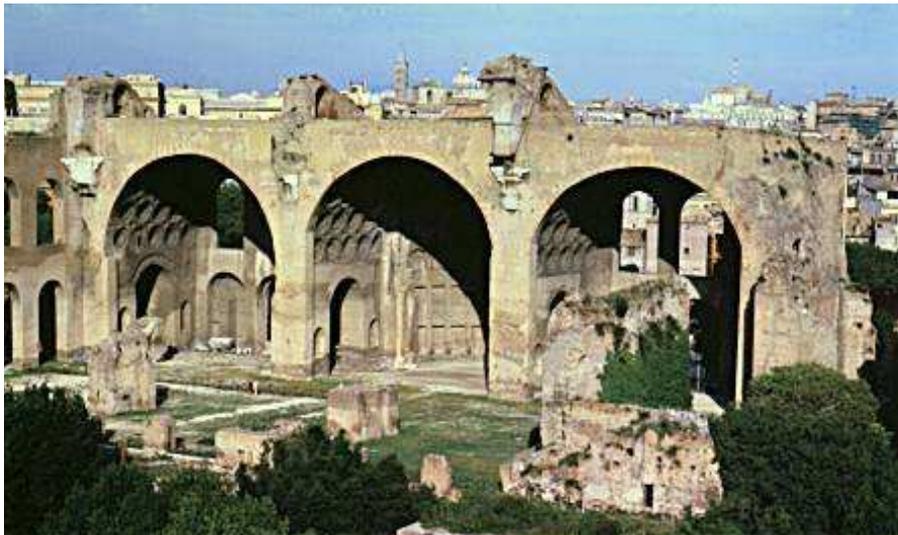


Muratura a sacco in mattoni e calcestruzzo

architettura romana

Il Calcestruzzo: muratura a sacco, malta di pozzolana mista a scaglie di pietra di diversa pezzatura, inserimento di barre di ferro all'interno, utilizzo:

- nei rinfianchi di volte e cupole (Basilica di Massenzio)
- realizzazione di grandi opere voltate (Pantheon)



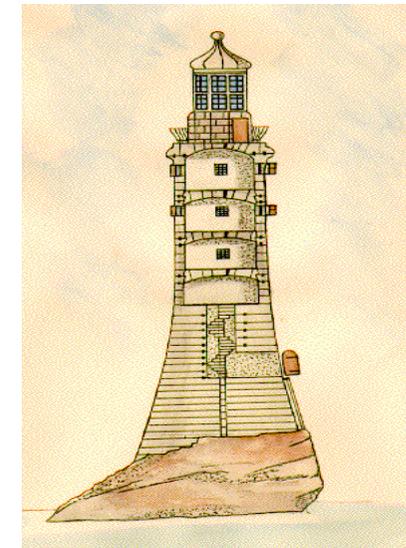
Basilica di Massenzio (4 sec. d. C.), Roma



Pantheon (118-125 d. C.), Roma

architettura del settecento e dell'ottocento

- Nel 1750 John Smeaton ottiene la calce idraulica attraverso la cottura di un calcare.
- Nel 1824 Aspdin brevettò il cemento Portland ottenuto per cottura del calcare con il 40% di argilla.
- Nel 1845 Isacco Johnson migliorò il conglomerato aumentando la temperatura nella fase di cottura.
- Successivi progressi perfezionarono il processo produttivo, grazie all'impiego di costituenti mineralogici funzionali ad un rapido indurimento.
- Le sperimentazioni circa il comportamento idraulico della calce (XVIII sec.) determinarono le prime ipotesi sulla possibilità di realizzare elementi strutturali in calcestruzzo. Tali sperimentazioni si fondavano sulla necessità di migliorare il comportamento degli elementi strutturali in relazione alla loro scarsa resistenza a trazione. Questo portò ad ipotizzare armature in ferro. Ne è derivato il calcestruzzo armato.



J.Smeaton – Faro di Eddyston

architettura del novecento

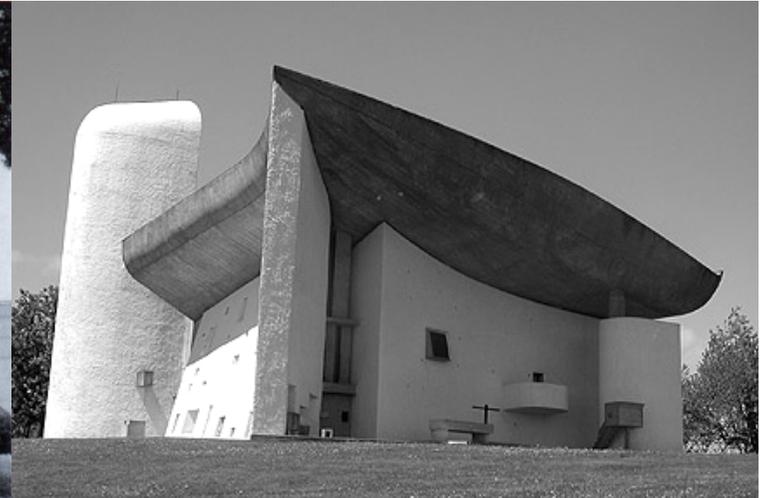
Calcestruzzo armato e precompresso

Primi tentativi di strutture armate: opere di Antonelli (1798 - 1888), San Gaudenzio a Novara, Sinagoga di Torino

Il conglomerato di cemento prese il nome di calcestruzzo ed unito all'acciaio poté resistere anche a trazione. Il c.a. precompresso venne sperimentato per grandi strutture.

Importante per l'architettura:

- nel 1902 Perret adotta per la casa in rue Franklin un'ossatura in c.a.
- Movimento Moderno: Maillart, Nervi, Le Corbusier, Torroja, Candela.



architettura contemporanea



MUSEO DELLA LETTERATURA A HIMEJI - Tadao Ando

architettura contemporanea



PADIGLIONE PORTOGHESE ALL'EXPO DI LISBONA - Alvaro Siza

architettura contemporanea



Y HOUSE, GIAPPONE - Kei' ichi Irie + Power Unit Studio

Composizione del calcestruzzo

I componenti del calcestruzzo sono: Cemento, Acqua, Inerti, Additivi

Cemento: Il cemento è il componente attivo del calcestruzzo. A contatto con l'acqua di impasto in ogni granulo di cemento si avvia un processo di "idratazione" con la formazione di uno strato gelatinoso colloidale (gel). Questo gel, indurendo e facendo presa, congloba tutti gli elementi inerti della miscela in un'unica massa compatta. Oggi si dispone di una vasta gamma di cementi: cemento portland, cemento pozzolanico, cemento d'alto forno, cemento alluminoso, cemento a rapido indurimento, cementi colorati.

Acqua: L'acqua è indispensabile nell'impasto poiché determina la reazione di idratazione del cemento. Il rapporto acqua/cemento di norma si attesta sul valore pari a 0.50, ossia: 50 litri di acqua per 100 Kg di cemento.

Composizione del calcestruzzo

Inerti: Sabbia, pietrisco o ghiaia costituiscono gli inerti o aggregati, questi non hanno alcun ruolo durante la presa, ma sono determinanti nel definirne le caratteristiche. La sabbia e la ghiaia devono essere costituite da elementi di granulometria assortita in maniera da costituire una miscela con il minor volume di vuoti.

Additivi: Questi componenti hanno la funzione di esaltare determinate prestazioni e possono essere enunciati in base all'azione che esercitano sul materiale:

acceleratori di presa/indurimento, solubili in acqua (cloruri carbonati);

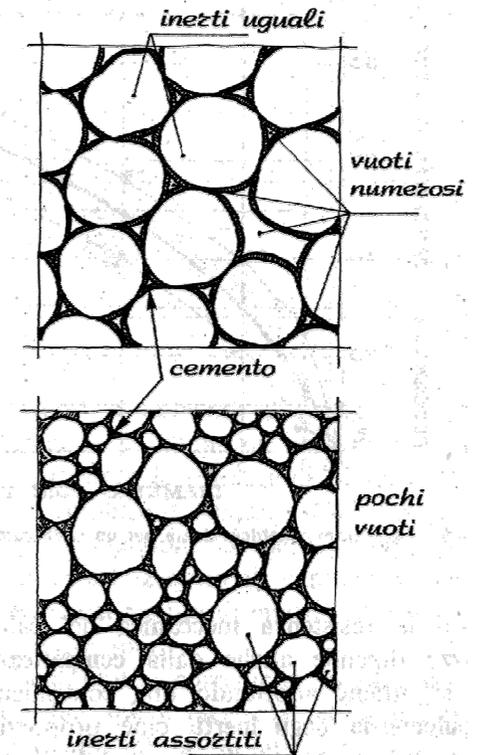
ritardatori di presa, (lignosolfati, fosfati, cellulosa);

plastificanti, prodotti insolubili (bentonite, silice fossile);

fluidificanti, solubili in acqua (resine, lignosolfati);

generatori di gas per calcestruzzi alleggeriti (polvere di alluminio);

coloranti per caratteristiche estetiche (ossidi o sali minerali).



Influenza degli inerti sulla compattezza di un calcestruzzo.

calcestruzzo armato

L'unione del calcestruzzo con l'acciaio costituisce un materiale da costruzione dalle notevoli caratteristiche di resistenza sia a compressione che a trazione.

Tale unione é possibile poiché questi materiali hanno un coefficiente di dilatazione termica molto simile.

L'esecuzione di un'opera in calcestruzzo armato prevede:

- preparazione del calcestruzzo;
- preparazione delle casseforme;
- preparazione e posa in opera dell'armatura metallica;
- trasporto e getto del calcestruzzo.

calcestruzzo armato precompresso

Si definisce "pre-sollecitata" una struttura posta artificialmente in stato di "coazione", creando in essa uno stato di tensione interno. Le tensioni così generate modificano le caratteristiche meccaniche apparenti del materiale.

Nel calcestruzzo armato precompresso la pre-sollecitazione conferisce la resistenza agli sforzi di trazione, previa l'applicazione di una precompressione, prodotta da armature metalliche poste in tensione.

I sistemi di precompressione del c.a. possono suddividersi in:

- sistema ad armatura pre-tesa;
- sistema ad armatura post-tesa.

Confezionamento del calcestruzzo

Il confezionamento del calcestruzzo è l'operazione dalla quale dipende l'omogeneità del calcestruzzo stesso. In una centrale di betonaggio si distinguono più settori operativi:

- *stoccaggio;*
- *dosaggio degli inerti e del cemento;*
- *dosaggio dell'acqua;*
- *miselazione dei componenti.*

Per confezionare un buon calcestruzzo è necessario tener conto: delle caratteristiche dei componenti, delle condizioni di posa in opera, dei rapporti quantitativi tra i componenti stessi.

Trasporto del calcestruzzo

Il trasporto dell'impasto per brevi distanze può avvenire mediante carriole, nastri trasportatori, tubi a pressione. Per distanze maggiori si usano le autobetoniere, in cui si caricano i componenti asciutti e durante il tragitto avviene l'impasto con l'acqua contenuta in un apposito serbatoio.

Preparazione delle casseforme

Le casseforme atte a contenere il getto devono possedere determinati requisiti:

- essere impermeabili al calcestruzzo;
- resistere alle sollecitazioni trasmesse durante il getto e il costipamento;
- essere realizzate con materiali che non reagiscono a contatto con l'impasto e permettono il disarmo dei getti senza pericolo di aderenze;
- nel caso di getti a faccia vista, le pareti devono essere opportunamente rifinite allo scopo di ottenere l'effetto superficiale desiderato.

Posa in opera del calcestruzzo

Il calcestruzzo preparato in cantiere o trasportato mediante autobetoniera viene gettato in opera, cioè depositato nei casseri predisposti per accoglierlo.

L'operazione richiede attenzione perché in questa fase il calcestruzzo, può segregarsi, separando le parti grosse dalle fini.

Ciò deve essere evitato realizzando un getto uniforme e soprattutto riducendo al minimo l'altezza da cui il calcestruzzo viene gettato e la velocità di caduta.

Stagionatura del calcestruzzo

La stagionatura é la fase successiva alla posa in opera, nella quale avviene la maturazione dell'impasto attraverso:

- il progressivo indurimento;
- l'acquisizione delle resistenze meccaniche.

Si distinguono due fasi:

1. la presa, in cui il calcestruzzo passa dallo stato plastico a quello solido;
2. l'indurimento, in cui il materiale acquista tutte le sue capacità di resistenza e si ritiene ultimata in 28 giorni.

Disarmo delle casseforme

Il disarmo è l'operazione di asporto delle casseforme entro le quali è stato eseguito il getto di calcestruzzo. Deve avvenire gradualmente per evitare azioni dinamiche e non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario, in relazione all'impiego specifico.

Caratteristiche fisiche

Il calcestruzzo è un materiale eterogeneo, le sue caratteristiche dipendono pertanto dalla composizione della miscela e dalla qualità dei componenti.

- **PESO SPECIFICO** e di **VOLUME**. Varia in relazione al grado di compattezza ed alla qualità del cemento impiegato. Le norme UNI 10012/67 stabiliscono: Kg 2400 per 1 m³ di Cls ordinario; Kg 2220 per 1 m³ di Cls magro; Kg 2500 per 1 m³ di Cls armato.

Caratteristiche tecniche e tecnologiche

Le caratteristiche che si richiedono ad un buon calcestruzzo sono:

- lavorabilità;
- durabilità;
- resistenza alle sollecitazioni meccaniche;
- resistenza alle sollecitazioni fisiche.

L'acquisizione di queste caratteristiche avviene in modo progressivo; si assume come valore ufficiale della resistenza, quella raggiunta dal calcestruzzo dopo 28 giorni.

- **LAVORABILITÀ**. E' l'attitudine a lasciarsi conformare, è un requisito fondamentale per la qualità del prodotto finale, dipende da coesione e consistenza dell'impasto. E' tanto maggiore quanto più è elevato il rapporto acqua/cemento.
- **DURABILITÀ**. E' l'attitudine a conservare nel tempo le caratteristiche fisico-chimiche. Dipende da fattori intrinseci (dosaggio del cemento; inerti; rapporto acqua-cemento; vibratura del getto) ed estrinseci (temperatura in fase di getto; corrosione; carbonatazione) agenti da soli o congiuntamente.

Caratteristiche meccaniche

- **RESISTENZA A COMPRESSIONE.** Consente di accertare il carico di rottura a compressione necessario per classificare i vari tipi di calcestruzzo. Varia da 80/100 Kg/cm² fino a valori compresi tra 600/700 Kg/cm².
- **RESISTENZA A TRAZIONE.** E' molto bassa (15/20 Kg/cm²), non viene considerata nei calcoli strutturali, infatti, tutte le resistenze a trazione vengono assolte dall'armatura in ferro.
- **RESISTENZA A FLESSIONE.** Nel calcestruzzo non armato varia tra 1/5 ed 1/10 della resistenza a compressione (15Kg/cm² - 100Kg/cm²).
- **RESISTENZA AL TAGLIO.** Può raggiungere valori pari a 35/50 Kg/cm², il doppio della resistenza a trazione.

Elementi tecnici

FONDAZIONI

Trasferiscono i carichi delle strutture verticali al terreno, possono essere:

- dirette, operano direttamente su strati superficiali del terreno;
- indirette, raggiungono gli strati profondi del terreno di posa quando quelli superficiali non forniscono sufficienti garanzie (portanza, stabilità).

PILASTRI

I pilastri possono essere classificati in relazione alle modalità di realizzazione, si avranno così: pilastri gettati in opera; pilastri prefabbricati.

TRAVI

Sono elementi strutturali orizzontali, di tipo lineare, a sezione variamente poligonale, per lo più rettangolare. Una classificazione può essere basata sulle modalità di realizzazione, si hanno quindi: travi completamente gettate in opera entro casseri in legno o metallo, travi semi-prefabbricate, travi prefabbricate che necessitano di collegamenti in opera.

SOLAI

Sono elementi strutturali orizzontali destinati a chiudere e suddividere gli spazi verticalmente.

Elementi tecnici

BLOCCHI IN CALCESTRUZZO

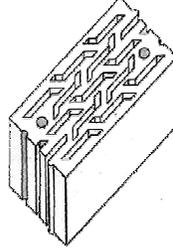
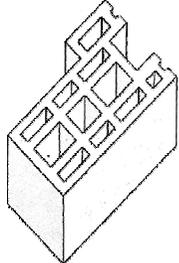
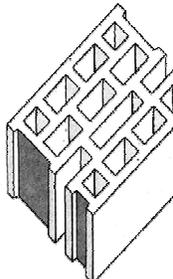
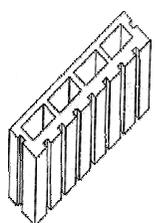
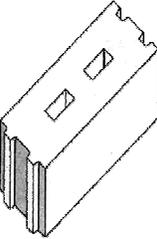
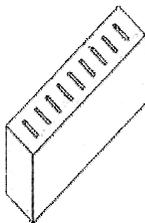
Sono prodotti in calcestruzzo pieno, alleggerito o forato, talvolta sagomati per consentire la connessione anche a secco. Sono disponibili in: calcestruzzo normale, calcestruzzo cellulare.

La tecnica di produzione prevede:

- conformazione dell'impasto utilizzando leganti speciali o additivi;
- vibro-compressione e centrifugazione;
- finitura con pigmenti colorati e trattamenti per pareti faccia a vista.

Possono essere impiegati per realizzare:

- pavimentazioni auto-bloccanti;
- muri di sostegno.

	<table border="0"> <tr> <td>Tipo di impasto</td> <td>►</td> <td>Normale da intonaco</td> </tr> <tr> <td>Isolamento termico</td> <td>K</td> <td>0,53</td> </tr> <tr> <td>Isolamento acustico</td> <td>dB</td> <td>51</td> </tr> <tr> <td>Classe resist. al fuoco</td> <td>min'</td> <td>> 240</td> </tr> <tr> <td>Peso del blocco</td> <td>Kg</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>Carico ammissibile</td> <td>Kg/ml</td> <td>16.000</td> </tr> </table>	Tipo di impasto	►	Normale da intonaco	Isolamento termico	K	0,53	Isolamento acustico	dB	51	Classe resist. al fuoco	min'	> 240	Peso del blocco	Kg	17	Carico ammissibile	Kg/ml	16.000	
Tipo di impasto	►	Normale da intonaco																		
Isolamento termico	K	0,53																		
Isolamento acustico	dB	51																		
Classe resist. al fuoco	min'	> 240																		
Peso del blocco	Kg	17																		
Carico ammissibile	Kg/ml	16.000																		
	<table border="0"> <tr> <td>Tipo di impasto</td> <td>►</td> <td>Normale da intonaco</td> </tr> <tr> <td>Isolamento termico</td> <td>K</td> <td>0,64</td> </tr> <tr> <td>Isolamento acustico</td> <td>dB</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>Classe resist. al fuoco</td> <td>min'</td> <td>> 240</td> </tr> <tr> <td>Peso del blocco</td> <td>Kg</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Carico ammissibile</td> <td>Kg/ml</td> <td>22.000</td> </tr> </table>	Tipo di impasto	►	Normale da intonaco	Isolamento termico	K	0,64	Isolamento acustico	dB	53	Classe resist. al fuoco	min'	> 240	Peso del blocco	Kg	25	Carico ammissibile	Kg/ml	22.000	
Tipo di impasto	►	Normale da intonaco																		
Isolamento termico	K	0,64																		
Isolamento acustico	dB	53																		
Classe resist. al fuoco	min'	> 240																		
Peso del blocco	Kg	25																		
Carico ammissibile	Kg/ml	22.000																		
	<table border="0"> <tr> <td>Tipo di impasto</td> <td>►</td> <td>Normale da intonaco</td> </tr> <tr> <td>Isolamento termico</td> <td>K</td> <td>0,68</td> </tr> <tr> <td>Isolamento acustico</td> <td>dB</td> <td>48,5</td> </tr> <tr> <td>Classe resist. al fuoco</td> <td>min'</td> <td>> 240</td> </tr> <tr> <td>Peso del blocco</td> <td>Kg</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Carico ammissibile</td> <td>Kg/ml</td> <td>11.000</td> </tr> </table>	Tipo di impasto	►	Normale da intonaco	Isolamento termico	K	0,68	Isolamento acustico	dB	48,5	Classe resist. al fuoco	min'	> 240	Peso del blocco	Kg	15	Carico ammissibile	Kg/ml	11.000	
Tipo di impasto	►	Normale da intonaco																		
Isolamento termico	K	0,68																		
Isolamento acustico	dB	48,5																		
Classe resist. al fuoco	min'	> 240																		
Peso del blocco	Kg	15																		
Carico ammissibile	Kg/ml	11.000																		

Degrado

Il degrado del calcestruzzo può essere provocato da:

- agenti chimici (acqua, acqua di mare, acidi);
- agenti fisici (temperatura, umidità);
- agenti meccanici (urti).

Spesso questi concorrono simultaneamente al deterioramento esaltandosi a vicenda.

Tra i referimenti normativi in vigore in Italia sulle problematiche inerenti la durabilità delle strutture in c.a. vi sono:

- il D.M. 14 febbraio 1992 che riporta: “Al fine di garantire la durabilità del conglomerato in ambiente particolarmente aggressivo, così in presenza di gelo e disgelo, è necessario studiarne adeguatamente la composizione”.
- le norme UNI 8981 (parti 1-6), norme raccomandative che informano sui processi di degrado e sulle misure atte a contrastarli.

MALTE Definizioni

L'impasto di un legante con acqua o di un legante con acqua e un inerte, prende il nome di malta. Con il generico termine di **legante** o agglomerante si comprendono:

- Il Gesso
- Le Calci
- I Cementi

Le malte vengono denominate in base al legante utilizzato il quale trasferisce alle malte le proprie caratteristiche di presa, si distinguono quindi:

- **malte che fanno presa in presenza d'aria** (malte aeree);
- **malte che fanno presa in presenza d'acqua** (malte idrauliche).

Nell'industria delle costruzioni la malta viene adoperata nella esecuzione di murature, nella preparazione degli intonaci, nella posa di pavimenti o rivestimenti.

Composizione delle malte

Oltre al legante le malte sono costituite da acqua e da inerti.

Acqua: L'acqua deve rispondere ad alcuni requisiti:

- deve essere pura e pulita;
- non deve contenere Limo, Humus o Argilla.

Inerti: Gli inerti (sabbia) da usare nel confezionamento delle malte devono presentarsi privi di impurità organiche ed inorganiche. Le sabbie si distinguono in base a:

- componente litoide predominante nella loro composizione;
- granulometria, variabile da 0.05 a 2 mm;
- provenienza (fiume, cava, lago, mare).

Classificazione delle malte

MALTE AEREE

Sono malte aeree quelle che avviano il processo di presa del legante che le compone esclusivamente in presenza d'aria. Esse sono:

- la malta di calce spenta, malta il cui legante è costituito dalla calce spenta o calce aerea;
- la malta di gesso, caratterizzata da una rapida presa che può essere rallentata dall'uso nell'impasto di calce aerea.

MALTE IDRAULICHE

Si definiscono malte idrauliche, le malte che avviano il processo di presa del legante che le compone, anche in presenza d'acqua. Esse sono:

- le malte di calce aerea e pozzolana, queste acquistano particolari doti di idraulicità con l'aggiunta nell'impasto di pozzolana.
- le malte di calce idraulica, il cui legante è la calce idraulica, derivata da calcari con un contenuto d'argilla che oscilla tra il 6 e il 22 %;
- le malte di cemento, il cui legante è il cemento, legante idraulico che si ottiene da una roccia calcarea che contiene argilla in quantità > 27%.

MALTE BASTARDE

Si definiscono malte bastarde quelle composte da una mescola di più leganti, tale da conferire alla malta finale caratteristiche che l'utilizzo di un solo tipo di legante potrebbe non garantire. Si hanno:

- malte di calce aerea e cemento, queste offrono una sufficiente impermeabilità ed una presa meno lenta della malta di sola calce, mantenendo comunque una buona lavorabilità. Risultano adatte per la realizzazione di intonaci esterni.
- malte di calce idraulica e cemento, queste presentano maggiore resistenza pertanto vengono impiegate per la realizzazione di murature particolarmente sollecitate, intonaci speciali e per i sottofondi delle pavimentazioni.