

## MATERIALI LEGANTI, MALTE E CALCESTRUZZI

### LEGANTI

Materiali che, grazie alle proprie capacità coesive, attivate con specifici trattamenti, garantiscono l'unione tenace e duratura con alcuni materiali con cui vengono a contatto. I leganti sono:

- fango;
- bitume;
- calci (aeree e idrauliche);
- cementi (naturali e artificiali);
- gessi (malte igroscopiche, molto sensibili all'umidità);
- collanti.

Alcuni leganti a seguito di impasto con acqua vanno incontro ad un processo di presa e di indurimento dopo il quale assumono un aspetto ed una consistenza simili alla pietra.

- MALTE, se si mescolano calci, cementi o gessi + acqua + inerti fini
- CALCESTRUZZI, calci o cementi + acqua + inerti fini + inerti grossi.

Le CALCI possono essere aeree o idrauliche.

- Le *calci aeree* fanno presa a contatto con l'aria. Il ciclo delle rocce è così strutturato:
  - rocce calcaree (al 90% formate da  $\text{CaCO}_3$  carbonato di calcio);
  - cottura a  $800^\circ\text{--}900^\circ\text{C}$ , da cui si ottiene la "calce viva" ( $\text{CaO}$  ossido di calcio);
  - spegnimento e conseguente idratazione, da cui si ottiene la "calce spenta" (idrossido di calce);
  - presa e indurimento ( $\text{CaCO}_3$  carbonato di calcio);
  - rocce calcaree → ...e così via.

Se il processo contiene acqua in eccesso, si ha il grassello; se il processo contiene una stretta quantità necessaria d'acqua, si ha la calce idrata in polvere.

- Le *calci idrauliche* fanno presa anche in presenza di acqua ed in assenza di aria. Sono costituite da carbonato di calcio + marne (roccia che contiene 6-25% di argille). In base alla temperatura di cottura si ottengono tipi di calce diversa; a  $1'000^\circ\text{C}$ , la calce è sotto forma di polvere, che mescolata con acqua fa presa. Le calci idrauliche possono essere usate per confezionare malte da impiegare in locali umidi, o per rallentare la presa delle malte cementizie, o per gli intonaci.

I romani "idraulicizzavano" la calce aerea mediante la pozzolana (roccia vulcanica) o grazie a rottami ceramici: in questo modo riuscivano a realizzare impasti (malte, calcestruzzi) molto più resistenti.

I CEMENTI sono leganti di natura idraulica capaci di raggiungere, dopo la presa ed il conseguente indurimento, resistenze meccaniche molto elevate e rispondenti a normative di legge. Essi sono composti per il 78% da carbonato di calcio, e per il 22% da silice, allumina e ossidi di ferro. Il cemento può essere:

- *naturale*: viene macinato, fatto stazionare e poi cotto a  $1'200^\circ\text{--}1'500^\circ\text{C}$ ; quello che si ottiene è il clinker, il quale viene poi mescolato al gesso per regolare la presa;

• *artificiale*: è ottenuto per miscela di diversa provenienza; esempi di cementi artificiali sono il pozzolanico (ottenuto con un 30% di pozzolana) e l'alluminoso (ottenuto con la bauxite).  
I cementi vengono classificati in base alla loro resistenza (normali / alta resistenza / alta resistenza e rapido indurimento). Il titolo del cemento e la massima resistenza a compressione (ottenuta fino allo schiacciamento del provino) dopo 28 giorni.

I GESSI sono i primi leganti prodotti dall'uomo; si tratta di solfato di calcio biidratato cotto, il quale ha una presa molto rapida. I gessi sono inadatti all'uso in ambienti umidi ed all'uso esterno, e non sono mescolabili con materiali ferrosi. In base alla temperatura di cottura, il gesso assume una forma (e di conseguenza un impiego) differente:

- $130^\circ$ : gesso fino (semidratato) → si usa per modellistica, stucchi e scagliola;
- $170^\circ$ : gesso comune (semidratato) → si usa per posizionare manufatti, e per stucchi;
- $300^\circ$ : gesso forte (semidratato) → si usa come legante;
- $> 300^\circ$ : gesso morto → si usa come polvere inerte (decorazioni, intonaci e sottofondi di pavimenti);
- $> 900^\circ$ : gesso calcinato → si usa come polvere inerte (decorazioni, intonaci e sottofondi di pavimenti).

I **COLLANTI** sono leganti impiegati per la posa di pavimenti e rivestimenti; essi hanno un tempo di “aggiustaggio” di circa 10 minuti. I collanti possono essere:

- a base di cemento (cemento bianco + sabbia + fibre minerali + additivi), in polvere;
- a base di gomma in soluzione (gomme naturali + silice + additivi), in pasta pronta per l’uso;
- a base di resine viniliche o acriliche (acetato di polivinile in soluzione acquosa), in pasta pronta per l’uso;
- a base di resine bicomponenti (resine + indurente), da miscelare al momento dell’uso.

## MALTE

Le malte sono impasti realizzati miscelando un legante con acqua e sabbia. Il loro impiego dipende:

- dal diametro dei granuli di sabbia (“scheletro inerte”):  
sabbia fine (diam. 0-0,5 mm) → malte per intonaci lisci;  
sabbia media (diam. 0,5-2 mm) → malte per murature, intonaci grezzi;  
sabbia grossa (diam. 2-5 mm) → malte per murature, intonaci rustici;
- dal tipo di legante:  
malta di calce aerea + calce aerea (grassello) → intonaci, malte per murature fuori terra;  
malta di calce idraulica + calce idraulica → intonaci, malte per murature o per rivestimenti;  
malta di cementizia + cemento → intonaci, impermeabilizzazioni, malte per murature o per rivestimenti;  
malta di bastarda + leganti vari → intonaci, malte per murature o per rivestimenti;  
malta di gesso + gesso → intonaci per interni;
- dal rapporto legante-sabbia: ad esempio, un intonaco “grasso” può andare incontro a fessurazioni da ritiro, mentre i materiali porosi se non vengono bagnati a saturazione prima di essere murati sottraggono acqua di combinazione alla malta, compromettendo il fenomeno di presa.

L’**INTONACO** è un tipo di finitura realizzato mediante strati multipli di malta (Vitruvio nel I secolo a.C. suggeriva non più di 6, mentre Leon Battista Alberti nel XV secolo d.C. attesta in quel periodo l’uso di 3 strati): ancora oggi si realizzano intonaci a 3 strati, anche se sono più comuni quelli a 2 strati.

L’intonaco “civile” per esterni è dotato di 3 strati:

- rinzaffo: ha il ruolo di “legame meccanico” tra il supporto e l’arriccio, e deve essere aderente e rugoso;
- arriccio: ha il ruolo di “interfaccia” tra rinzaffo e velo, deve rimediare alle imperfezioni del supporto, e deve essere perfettamente livellato;
- velo: ha il ruolo di definire l’aspetto della parete (planarità, tessitura, colore), deve proteggerla dagli agenti atmosferici, e deve essere permeabile al vapore interno, resistente all’ingresso dell’acqua, liscio ed elastico.

## CALCESTRUZZI

Il calcestruzzo (cls) è un impasto realizzato miscelando un legante con acqua, inerti fini ed inerti grossi. Attualmente come legante si impiega il cemento (ottenendo il calcestruzzo cementizio).

Il calcestruzzo è usato per realizzare massetti, sottofondi, blocchetti ed altri manufatti (tubi, pozzetti, etc.).

Unito al ferro, il calcestruzzo forma il calcestruzzo armato, usato prevalentemente per opere strutturali.

Il calcestruzzo si confeziona nel modo seguente.

- Lo scheletro strutturale del calcestruzzo (60-78% del volume) è formato da inerti fini (sabbia) ed inerti grossi (pietrisco). Gli inerti possono essere naturali (sabbia e ghiaia) o manipolati (pietrisco e pietrischetto), derivanti dalla frantumazione di rocce di cava. Gli inerti hanno buona resistenza meccanica, sono immuni da sostanze che limitano le proprietà adesive del legante e da sostanze che producono reazioni chimiche con il legante, ed hanno antigelività.
- La massa cementante del calcestruzzo (14-28% del volume, il restante è aria) è formata da acqua e cemento, i quali vengono aggiunti agli inerti. Il dosaggio del cemento dipende dall’impiego del calcestruzzo: è magro quando la pasta legante non è sufficiente per agglutinare l’inerte, e grasso quando la pasta legante è in eccedenza. Bisogna inoltre stare attenti al rapporto acqua/cemento: se alto, c’è poca resistenza meccanica, poca durevolezza, maggior ritiro e segregazione degli inerti.
- Si mescola tutto grazie a macchinari appositi, le betoniere (si possono aggiungere additivi).
- Si forma, ossia si mette in determinate casseforme: il loro costo incide parecchio sulla realizzazione del calcestruzzo, e per questo motivo sono state sviluppate tecniche di prefabbricazione. Durante questa fase avviene il fenomeno di presa, in cui viene idratato il legante (si necessita di almeno 30 l d’acqua ogni 100 kg di cemento).

- Si vibra (ossia si toglie l'aria dal calcestruzzo e si rende omogeneo e coeso).
- Dopo 28 giorni, si disarmo.

Durante la fase di presa e di indurimento causata dalla progressiva eliminazione dell'acqua contenuta nella pasta cementizia, avviene una variazione di volume del calcestruzzo, detta ritiro. Vi sono due possibili soluzioni al problema: realizzare giunti di frazionamento delle fessure, oppure disporre nel getto del calcestruzzo un'armatura metallica, la quale assorbe le tensioni provocate dal ritiro.

Può avvenire anche il fenomeno del fluage, ossia la deformazione lenta cui sono soggetti materiali sottoposti ad un carico costante nel tempo. Per il cls, si ritiene completamente esaurito dopo circa 3 anni.

Le principali caratteristiche prestazionali del calcestruzzo sono le seguenti:

- **RESISTENZA MECCANICA:** il calcestruzzo ha una eccellente resistenza a compressione, ma una scarsa resistenza a trazione;
- **GELIVITÀ:** per il calcestruzzo è un fenomeno dannoso in fase di getto ed in fase di esercizio, e per limitare i danni si usano additivi aeranti solubili nell'acqua d'impasto;
- **PESO/COIBENZA TERMICA:** tra i maggiori problemi del calcestruzzo troviamo l'elevata densità e l'elevata conducibilità, e per ovviare a questi problemi, dove non è necessaria un'elevata resistenza meccanica, possono usarsi calcestruzzi alleggeriti;
- **ASPETTO:** un calcestruzzo ben confezionato può essere lasciato a faccia vista senza applicarvi un rivestimento (in tal senso importante è il colore del cemento e della sabbia):  
o intervenendo durante la fase di lavorazione del cemento, usando casseforme in legno, con speciali guaine, per lasciare l'impronta dei disegni di rilievo del legno sul manufatto finito;  
o intervenendo a posteriori, ad indurimento avvenuto, operando scalpellatura (manuale o meccanica) o sabbiatura (getto di sabbia a forte pressione);
- **COMPATTEZZA:** dipende anche dalle dimensioni degli inerti, e condiziona durezza e resistenza meccanica dei manufatti; è importante usare inerti di diversa dimensione (gli inerti piccoli vanno a riempire i buchi lasciati da quelli grandi). Il loro dosaggio dipende dal tipo di lavoro da eseguire:  
per un riempimento, si usano misti di varia dimensione;  
per una struttura portante in cemento armato, si usano almeno due tipi di inerti;  
per una struttura sottile in calcestruzzo armato, occorre aumentare gli inerti fini.

**II CALCESTRUZZO ARMATO** (c.a.) assomma le qualità del calcestruzzo (elevata resistenza a compressione) a quelle dell'acciaio (elevata resistenza a trazione).

L'acciaio presenta vulnerabilità al fuoco ed all'ossidazione, ma nel c.a. riceve protezione da parte del calcestruzzo. Acciaio e calcestruzzo presentano pressoché gli stessi coefficienti di dilatazione termica.

L'armatura viene realizzata mediante tondini di diametro variabile da 4 mm a 30 mm e di lunghezza di circa 12 mm. Le giunzioni vanno realizzate nelle zone meno sollecitate: nelle travi incastrate è prudente prevedere eventuali giunzioni all'incastro.

Il disarmo delle opere in calcestruzzo armato deve essere graduale (in modo da evitare azioni dinamiche) e non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione al tipo di struttura ed al suo impiego.

Quando il calcestruzzo non è sufficientemente compatto ed il copriferro è di modesto spessore, può verificarsi il fenomeno di carbonizzazione del copriferro: esso produce un abbassamento del PH, rendendo vulnerabile l'armatura ai processi corrosivi.

Per favorire la durezza, occorre rendere il calcestruzzo compatto e prevedere uno spessore idoneo del copriferro; inoltre, occorre usare armature protette nei confronti della corrosione.

Per restaurare il calcestruzzo armato, occorre seguire le seguenti fasi operative:

- individuazione della parte di cls carbonato ed asportazione (fino al rivestimento dei ferri);
- pulizia dei ferri con idrosabbiatura ed applicazione (sui ferri) di una vernice anticorrosiva;
- bagnatura a saturazione del cls esistente;
- ripristino della volumetria con malte a presa rapida;
- rasatura con malta antiritiro ed applicazione di una vernice idrorepellente resistente agli UV.

**Il CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO (c.a.p.)** viene usato per ovviare ai problemi che crea il calcestruzzo armato, quali:

- il calcestruzzo armato è strutturato per scopi strutturali solo in minima parte;
- il calcestruzzo armato incrementa notevolmente il peso proprio della struttura;
- l'aderenza tra calcestruzzo ed armatura viene meno quando le sollecitazioni di trazione cui è soggetta l'armatura sono rilevanti.

Con la compressione preventiva (pre-compressione) cambia totalmente la funzione dell'armatura: assorbe integralmente le sollecitazioni di flessione. La precompressione si ottiene mediante tesatura di cavi di acciaio ad altissima resistenza. Il calcestruzzo armato precompresso ha i seguenti vantaggi:

- eliminazione nel calcestruzzo degli sforzi di trazione;
- riduzione della sezione delle travi;
- possibilità di collaudo preventivo;
- miglior comportamento in esercizio.

Il calcestruzzo armato precompresso ha i seguenti svantaggi:

- costo maggiore rispetto al calcestruzzo armato normale;<sup>9</sup>
- necessità di maestranze qualificate;
- impiego di apparecchiature costose per la tesatura dei cavi e per l'iniezione di boiacca.

### Calcestruzzi preconfezionati (Uni 7163)

Oggi i cls a dosaggio dei quali il progettista richiede la composizione basandosi solo sul dosaggio di cemento (es. 300 kg/m<sup>3</sup>) sono in via di superamento.

Oggi esistono solo due tipi di cls preconfezionati:

- **CR: a prestazione garantita** (devono indicare: resistenza caratteristica dei provini R<sub>bk</sub> - o R<sub>ck</sub> -, la consistenza, il tipo di inerte e la classe del cemento)
- **CD: a composizione richiesta** (devono indicare: il dosaggio di cemento, il tipo di cemento, la granulometria degli inerti, il rapporto acqua/cemento, la classe del cemento).

### Calcestruzzi innovativi

**Cls fibro-rinforzato FRC** (Fiber-Reinforced Concrete): con fibre di natura polimerica

**Cls ad alta resistenza HPC** (High-Performance Concrete): 60-100 N/mm<sup>2</sup>

**Cls autocompattante SCC** (Self-Compacting Concrete): non necessita di vibratura

**Cls a ritiro compensato ShCC** (Shrinkage Compensating Concrete): per pavimentazioni autostradali e aeroportuali

**Cls con biossido di titanio:** di colore bianco. Il biossido di titanio attraverso l'azione della luce (fotocatalisi) agisce sulle particelle organiche migliorando la resistenza del cls nei riguardi delle fonti inquinanti.

**Cls trasparente:** Si ottiene aggiungendo impasti vetrosi e fibre ottiche o resine alla tradizionale miscela di calcestruzzo. Di notte lascia intravedere l'illuminazione interna, di giorno permette di percepire le variazioni di luce esterna, con giochi di ombre.

Giampaolo Imbrighi, Padiglione Italiano all'Expo di Shanghai, 2010

