

40

LAVORABILITÀ DEL CALCESTRUZZO AL MOMENTO DEL GETTO

Dopo l'introduzione del calcestruzzo nei casseri, occorre curarne la stesura in modo da garantire il completo riempimento 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. Perseguire quest'ultimo obiettivo equivale a garantire per il calcestruzzo in opera una resistenza prossima a quella che il conglomerato evidenzia nelle prove di schiacciamento effettuate sui provini cubici prelevati a bocca di betoniera che, per un determinato conglomerato, rappresenta il valore massimo raggiungibile. Questo obiettivo si può conseguire tanto più facilmente quanto maggiore è la **lavorabilità** del calcestruzzo cioè la sua capacità di deformarsi e scorrere nel cassero sotto l'effetto dei mezzi di compattazione disponibili in cantiere.



Prova di Slump

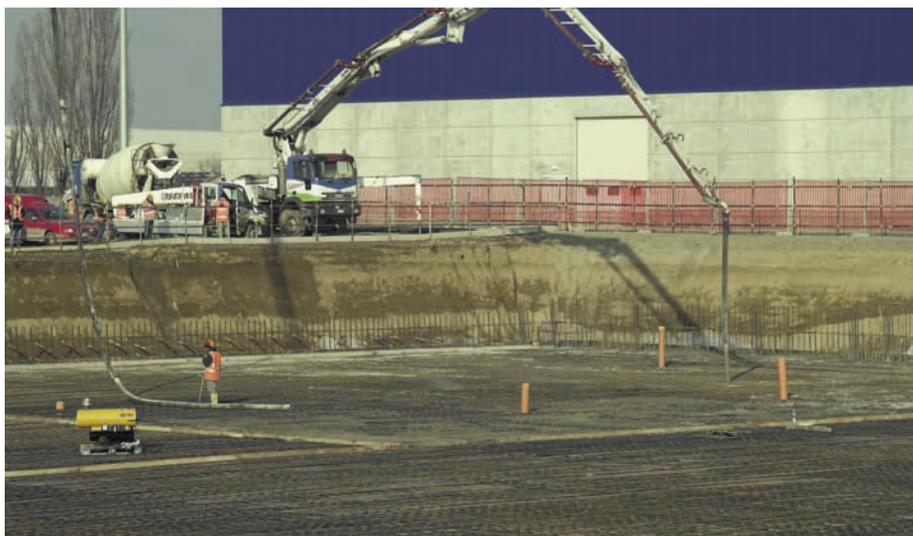
La misura più diffusa in Italia della lavorabilità del calcestruzzo è rappresentata dall'abbassamento al cono di Abrams determinata introducendo il conglomerato in un tronco di cono in acciaio (base inferiore 200 mm, base superiore 100 mm, altezza 300 mm) che, a riempimento avvenuto, viene sollevato. L'abbassamento della focaccia rispetto all'altezza iniziale prende il nome di *slump*. La norma EN 206-1 prevede cinque livelli di lavorabilità contraddistinti da abbassamenti crescenti da 10 mm fino a 220 mm contraddistinti dalla lettera S seguita da numeri variabili da 1 a 5.

Classi di consistenza in funzione dell'abbassamento al cono di Abrams.

CLASSE DI CONSISTENZA	ABBASSAMENTO AL CONO DI ABRAMS (SLUMP) in mm
S1	10 - 40
S2	50 - 90
S3	100 - 150
S4	160 - 210
S5	> 210

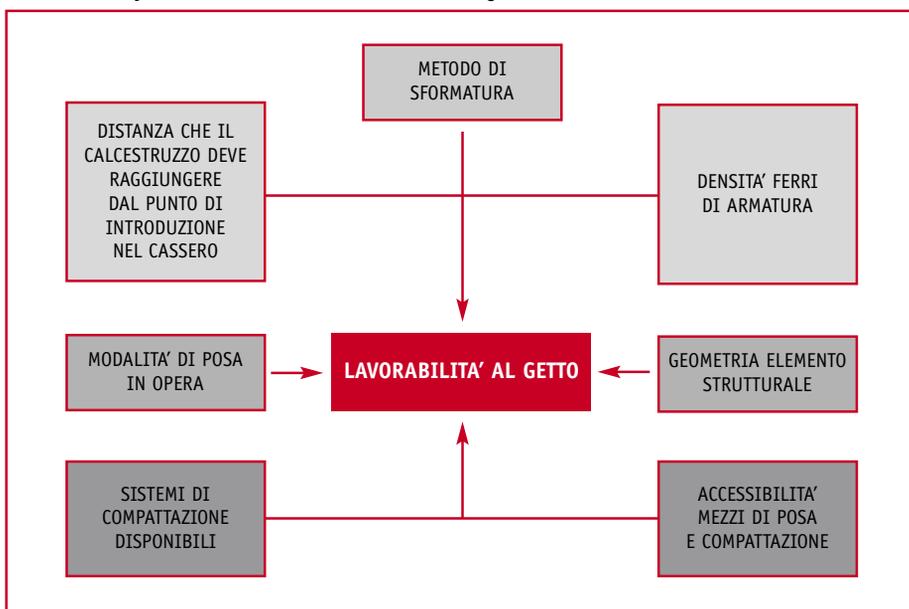
Il livello di lavorabilità ottimale del calcestruzzo non è unico, ma dipende strettamente dalla tipologia di struttura che si intende realizzare. Più esattamente la lavorabilità del conglomerato cementizio deve essere scelta in base:

- ai sistemi di posa in opera disponibili e alla loro accessibilità sul cantiere;
- ai sistemi di compattazione disponibili;
- ai sistemi di sformatura dei getti;
- alla possibilità di accedere con i sistemi di compattazione nel getto e sulle sole pareti dei casseri;
- alla massima distanza che il calcestruzzo deve raggiungere dal punto di introduzione nel cassero;
- alla geometria e alle dimensioni dell'elemento strutturale;
- alla densità dei ferri di armatura.



Getto pavimentazione - Ikea Deposito Centrale 2 - Piacenza

Parametri che influenzano la lavorabilità del calcestruzzo al getto.



Lavorabilità e sistemi di posa. Relativamente ai sistemi di posa in opera fatta eccezione per quei cantieri (molto rari) in cui è prevista una distribuzione del calcestruzzo mediante nastri trasportatori dove, generalmente, si richiedono consistenze asciutte o plastiche (S1-S2), nelle altre situazioni più ricorrenti che prevedono la messa in opera con benne, seccioni, a canaletta o a pompa la lavorabilità ottimale è quella compresa tra S3 ed S5.

Lavorabilità e parametri progettuali. Riguardo ai parametri di pertinenza del progettista e della direzione lavori che influenzano la scelta della lavorabilità si possono suggerire le seguenti regole di carattere generale. Il livello di lavorabilità dell'impasto:

- 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.

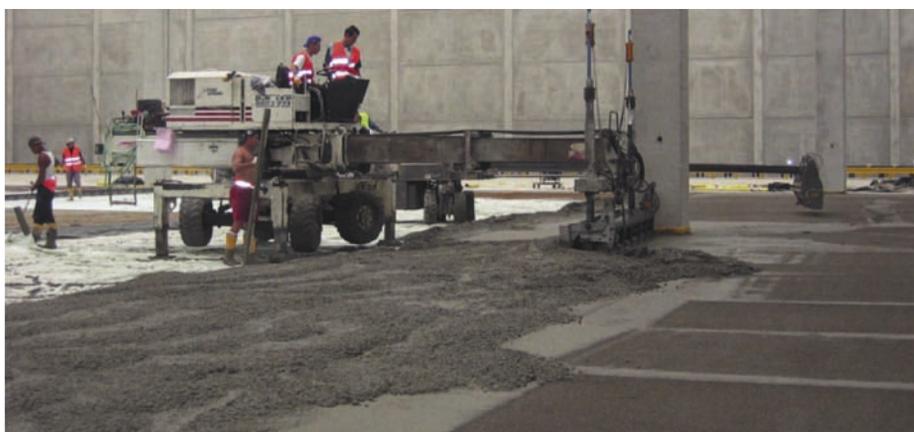
- dovrà risultare tanto maggiore quanto minore è la dimensione delle sezioni degli elementi strutturali.

- dovrà risultare tanto maggiore quanto maggiore è la percentuale del ferro d'armatura e quanto minore risulta l'interferro.

- dovrà risultare tanto maggiore quanto minore è l'efficacia della vibrazione del calcestruzzo.

- dovrà risultare tanto minore quanto più si richiede che l'impasto abbia una elevata resistenza al "verde".

- dovrà essere modulata alla tipologia di realizzazione dell'elemento strutturale. È il caso dei pavimenti in calcestruzzo realizzati con macchinari "laser screed", oppure delle strutture a casseri rampanti per le quali, per la particolare tipologia della lavorazione, vengono impiegati conglomerati di consistenza fluida.



Ikea Cantiere Le Mose (PC)

Sulla base delle considerazioni sopramenzionate si possono fornire alcune indicazioni al progettista circa la lavorabilità da prescrivere al getto.

Suggerimenti sulla lavorabilità minima del calcestruzzo al momento della realizzazione del getto per diverse tipologie ed elementi di strutture.

TIPO DI STRUTTURA	LAVORABILITA' AL GETTO
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	S5
Pilastrì	S4
Travi emergenti e a spessore di solaio	S5
Travi inclinate di tetti a falde	S3 - 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

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.

A causa della scelta di lavorabilità inferiori a quella realmente necessaria, è alto il rischio che al ricevimento del calcestruzzo in cantiere, 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 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.

Si tenga presente che, ovviamente, la penalizzazione di resistenza è tanto maggiore quanto più elevata è l'aggiunta di acqua che a sua volta è tanto più elevata quanto minore è la consistenza del calcestruzzo all'arrivo in cantiere. In ogni caso queste aggiunte producono, a causa dell'aumento del rapporto acqua/cemento dell'impasto, una penalizzazione generalizzata delle prestazioni meccaniche stimabile in circa il 6-8 % per ogni 10 Kg di acqua riaggiunta per metro cubo di impasto.

Riaggiunta d'acqua lavorabilità finale conseguita e riduzione della resistenza a compressione in funzione della classe di consistenza iniziale del conglomerato.

SLUMP INIZIALE	RIAGGIUNTA DI ACQUA (Kg/m ³)	SLUMP FINALE	RIDUZIONE DI RESISTENZA MECCANICA (%)
S2	15 - 20	S3	9 - 16
S2	25 - 30	S4	15 - 25
S3	8 - 10	S4	7 - 9
S3	13 - 18	S5	7 - 14
S4	7 - 10	S5	5 - 7

Le dannose raggunte di acqua possono essere effettuate anche quando la lavorabilità del calcestruzzo richiesta al momento del getto è stata correttamente specificata dal progettista. E' il caso, ad esempio, di quei cantieri dove per una scarsa organizzazione si costringe le autobetoniere ad una **lunga attesa prima di poter scaricare il conglomerato**. Al fine di evitare questi inconvenienti è necessario che il cantiere venga organizzato per ridurre **i tempi di attesa entro intervalli compatibili con una regolare messa in opera del calcestruzzo e che non dovrebbero oltrepassare mai i 60 minuti dall'arrivo dell'automezzo in cantiere**. Quest'ultima considerazione spinge ancor più a optare nella definizione delle specifiche di capitolato per conglomerati di consistenza fluida o superfluida quanto maggiore è il tempo di posa in opera del calcestruzzo soprattutto per lavorazioni da eseguirsi durante il periodo estivo allorquando, per la temperatura più elevata, aumenta sia il quantitativo di acqua che può evaporare dall'impasto che la cinetica di idratazione del cemento con conseguente maggiore perdita di lavorabilità del conglomerato.

In definitiva, quindi, per il getto delle strutture reali **l'impiego di conglomerati che al getto presentino una lavorabilità elevata (S4 o superiore) rende meno dipendente la qualità del calcestruzzo in opera dalle condizioni esistenti in cantiere in termini di logistica, di tempi di scarico del conglomerato e di temperatura ambientale**. Inoltre, classi di consistenza fluide o superfluide possono, come verrà meglio specificato nel seguito, rendere più agevoli e rapide le operazioni di posa in opera e di compattazione dei getti finalizzate all'espulsione dell'aria in eccesso presente nel conglomerato.



Gruppo Cementirosi S.p.A.