

SCC per le strutture della nuova università Bocconi

Salvatore Tavano - Febbraio 2006

Progetto

Nel corso del mese di gennaio 2005 sono cominciati i lavori del secondo blocco del piano edilizio "Bocconi 2000" dell'Università Bocconi di Milano. Il cantiere è situato in Via Bligny e la struttura, progettata dagli architetti Yvonne Farrell e Shelley McNamara, titolari del Grafton Studio di Dublino, prevede la costruzione di un edificio multifunzionale esteso su una superficie di 45.000 mq, con 883 tra uffici, laboratori, centri di ricerca e servizi di varia natura, per un totale di 1.000 posti di lavoro.



Fig. 1 - Panoramica del cantiere in via Bligny.

L'Aula Magna, progettata per ospitare 1.000 posti a sedere divisibili in due sale, costituirà il cuore del complesso, strutturandosi sino al sottosuolo; è previsto inoltre un parcheggio sotterraneo da 190 posti auto, oltre a tre sale conferenze e una sala riunioni.

Nel complesso l'edificio prevede tre piani interrati e più corpi da 4 - 5 piani affioranti; la complessità della realizzazione è quindi non solo architettonica ma anche strutturale, collocandosi l'opera in pieno centro storico di Milano a pochi metri dalla falda acquifera (attualmente a - 12 m).

La durata del progetto è di tre anni, dal 2005 al 2007; i costi realizzativi sono dell'ordine di 60 milioni di euro.

Dati dell'intervento

Committente: Università Commerciale Luigi Bocconi – Milano

Progetto architettonico: Arch. Shelley McNamara, Arch. Yvonne Farrell – Grafton Studio Dublino

Direzione lavori: Ing. Marco Ferrario – Milano

Progettazione e direzione lavori opere strutturali in calcestruzzo SCC: Ing. Emilio Pereira – Milano

Impresa appaltatrice dei lavori: GDM Costruzioni S.p.A.

Realizzazione

Per i getti di alcune parti delle strutture in costruzione è stato richiesto dalla Direzione Lavori dell'Università Bocconi un calcestruzzo autocompattante (SCC) con determinati requisiti tecnici, tra cui:

- Slump-flow dopo 2 ore: 70 – 80 cm,
- V-funnel massimo dopo 2 ore: 8 secondi,
- Faccia a vista di ottima qualità.

Per tale calcestruzzo sono stati sperimentati due additivi superfluidificanti (tabella 1) che hanno consentito un approccio concreto al soddisfacimento dei requisiti posti dal capitolato molto severo. In particolare l'additivo 2 è quello che si è mostrato più promettente.

Componente	Tipo	Dosaggio Additivo (l/m ³)
Cemento	42.5 II A-L	
Filler	Calcare	
Aggregati 1	Sabbia	
Aggregati 2	Ghiaia	
Additivo 1	Superfluidificante di nuova generazione	4,9
Additivo 2	Superfluidificante di nuova generazione	6,5
a/c	0,51	
a/p <small>in volume</small>	0,88	

Tabella 1 – Componenti e caratteristiche della miscela

L'esecuzione dei primi getti è avvenuta alla fine del mese di giugno 2005, quando le temperature esterne erano già di circa 35°C. In queste condizioni il primo prodotto proposto - ovvero l'additivo 1, un superfluidificante di nuova generazione a base polycarbossilica adatto a calcestruzzi preconfezionati a lungo mantenimento di lavorabilità - ha dato un buon risultato fino ad un'ora, con successiva caduta dei valori prima della scadenza della seconda ora (tabella 2).

M.V. = 2.368 kg/m ³			
Tempo (min)	Slump-flow (cm)	V funnel (s)	T cls (°C)
t=0'	83	6,6	25,6
t=30'	77		26,7
t=60'	73		26,5
t=90'	64 *		26,2

Tabella 2 - Risultati di prove in laboratorio Addiment con Additivo 1

* Slump-flow non rispondente alle specifiche di progetto

Per risolvere questo problema si è cominciata una fase di prove con un nuovo prodotto: un secondo additivo superfluidificante di nuova generazione a base polycarbossilica con caratteristiche di mantenimento ancora più spinte ancorché la sua diversa efficacia richiedesse dosaggi di additivo più elevati (additivo 2). Le prove di laboratorio eseguite con quest'ultimo additivo hanno dato risultati molto positivi (tabella 3), quindi si è provveduto ad eseguire, con la stessa ricetta, prove in autobetoniera confezionando 4 m³ di calcestruzzo tenuto in costante movimento a bassi giri (tabella 4).

M.V. = 2.356 kg/m ³			
Tempo (min)	Slump-flow (cm)	V funnel (s)	T cls (°C)
t=0'	80	6,7	31,6
t=10'	81		30,9
t=20'	81		30,3
t=30'	80		29,7
t=60'	76		28,8
t=90'	75		28,2
t=120'	76	7,8	27,6

Tabella 3 – Risultati di prove in laboratorio Addiment con Additivo 2

M.V. (t=0') = 2.361 kg/m ³					
M.V. (t=120') = 2.369 kg/m ³					
Tempo (min)	Slump-flow (cm)	V funnel (s)		T ambiente (°C)	T cls (°C)
0'	80	4,2	4,6 (t = +5')	33,0	34,0
30'	81	4,5		33,0	33,4
60'	80	4,5		33,3	34,1
90'	76	7,3 anomalo		34,2	34,5
120'	75	5,2	7,2 (t = +5')	34,0	35,5

Tabella 4 – Risultati di prove i autobetoniera con Additivo 2 e in costante movimento a bassi giri

Nel grafico che segue è rappresentato il comportamento del calcestruzzo in relazione all'additivo usato: è possibile osservare il netto miglioramento ottenuto sul mantenimento di lavorabilità nonostante le elevate temperature ambientali.

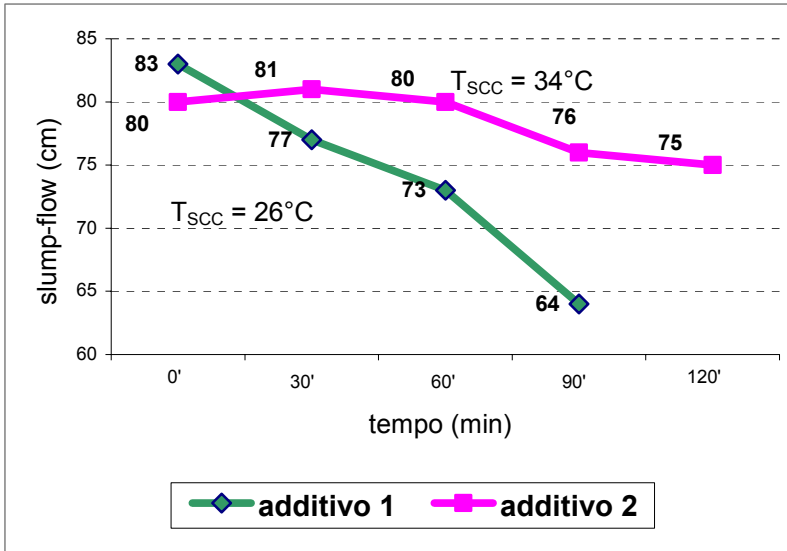


Fig. 2 – Comportamento del calcestruzzo in relazione all'additivo usato

Con l'impasto realizzato con l'additivo 2 sono stati confezionati in laboratorio dei cilindri in calcestruzzo. Attraverso questi cilindri si sono evidenziate delle bolle d'aria sul faccia a vista, che pur essendo di buon livello non era ancora accettabile dalla Direzione Lavori (Figura 3). Per risolvere questo problema è stata proposta una modifica del sistema antischiUMA contenuto nel superfluidificante, in modo da migliorarne ulteriormente la performance per quanto riguarda il faccia a vista. Con l'additivo così modificato sono state eseguite prove di getto sia in laboratorio, realizzando dei cilindri come in precedenza, sia direttamente in cantiere. Dalla Figura 3 risulta evidente il miglioramento sul faccia a vista riscontrato in laboratorio.



Fig. 3 - Confronto tra i cilindri prodotti in laboratorio centrale Unical con l'additivo 2 prima e dopo la modifica – dettagli del faccia a vista.

Visti, quindi, gli ottimi risultati ottenuti in laboratorio si sono confezionati 8 m³ di calcestruzzo per le prove in cantiere; i parametri misurati sono riportati in Tabella 5.

Resistenze meccaniche a compressione:

- a 18 ore: 21 N/mm²
- a 3 giorni: 30.8 N/mm²

Il calcestruzzo autocompattante ottenuto con questo additivo ha permesso, nonostante le elevate temperature, la realizzazione di differenti elementi, tra cui pilastri da 30 m³ e solette.

		Slump flow (cm)	V funnel (s)	J ring (cm)	T ambiente (°C)
Betonia 1	t=0'	80			32,0
	t=60'	79	4,7	75	
Betonia 2	t=0'	80			
	t=60'	78	5,2	78	
Betonia 3	t=0'	80			
	t=60'	80	4,9	79	
Betonia 4	t=0'	80			
	t=60'	76	6,9	74	
Betonia 5	t=0'	80			
	t=60'	79	6,8	78	

Tabella 5 – Risultati di prove in cantiere con l'additivo 2 modificato



Fig. 4, 5, 6 - slump-flow, j-ring, V-funnel test.

Le foto scattate in cantiere danno un'idea della qualità del faccia a vista. Per quanto riguarda i getti delle solette (Figure 9, 10) è possibile osservare come la qualità del calcestruzzo raggiunta ottemperi ai requisiti di lavorabilità richiesti, senza incorrere in problemi di segregazione o di bleeding.



Fig. 7 - Dettaglio del pilastro.



Fig. 8 - Dettaglio del faccia a vista



Fig. 9, 10 - Dettagli della soletta.



Risultati

Tre obiettivi importanti sono stati raggiunti attraverso l'uso dell'SCC:

- la riduzione al minimo della manodopera,
- l'eliminazione delle operazioni di staggiatura e vibrazione,
- l'eliminazione del rumore da vibrazione in cantiere.

Inoltre un quarto risultato, non presente in altri SCC, riguarda il mantenimento della lavorabilità a due ore con temperature ambiente maggiori di 30°C, senza compromettere le resistenze iniziali.

Attraverso la raccolta sistematica di dati tecnici relativi alle gettate in opera è possibile dimostrare la piena affidabilità del prodotto in uso nella costruzione della nuova università Bocconi: le prove in cantiere e la misura delle resistenze raggiunte a 7 e a 28 giorni testimoniano un mantenimento dei requisiti prestazionali del calcestruzzo nel tempo.

Nella Tabella 6 vengono esposti i valori medi dei risultati raccolti nel corso di tre mesi di getto.

Gli scarti quadratici medi relativi alle resistenze meccaniche sono risultati nella norma e i valori di slump-flow compresi tra 75 e 80 cm.

	Rck (N/mm ²)	CONS	C. ESP.	D MAX (mm)	SLUMP FLOW* (cm)	MASSA VOLUMICA 7 GG (kg/m ³)	MASSA VOLUMICA 28 GG (kg/m ³)	RESIST. 7 GG (N/mm ²)	RESIST. 28 GG (N/mm ²)
Valori medi	35	SCC	XC1	≤25	77	2.360	2.366	41,4	47,4

Tab. 6 Valori medi dei risultati raccolti nel corso di tre mesi di getto

*Misurato in cantiere

Conclusioni

La realizzazione, ancora in corso, dei manufatti prodotti con il calcestruzzo SCC e destinati alla nuova Università Bocconi, dimostra come il livello della tecnologia oggi raggiunto consenta di operare con maggior sicurezza e con elevata costanza delle caratteristiche richieste dal capitolato.

Come è noto, il calcestruzzo SCC si è sviluppato sia all'estero che in Italia dapprima nel settore del calcestruzzo prefabbricato laddove, per ragioni legate a differenti tipologie impiantistiche e differenti tempi di trasporto, è più facile tenere i vari parametri sotto controllo. Tuttavia, come dimostra l'esempio applicativo riportato nel presente articolo, pensiamo che anche per il calcestruzzo SCC preconfezionato si apriranno ulteriori possibilità di sviluppo oltre i livelli già ora raggiunti.