

## SCC per le strutture della nuova università Bocconi

Salvatore Tavano, Addiment Italia srl

### 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 Addiment – **COMPACTCRETE 39/T100** e **COMPACTCRETE 39/T75** - che hanno consentito un approccio concreto al soddisfacimento dei requisiti posti dal capitolato molto severo (tabella 1). In particolare Addiment **COMPACTCRETE 39/T75** è quello che si è mostrato più promettente.

| Componente                  | Tipo                                    | Dosaggio Additivo (l/m <sup>3</sup> ) |
|-----------------------------|---|---------------------------------------|
| Cemento                     | 42.5 II A-L                             |                                       |
| Filler                      | Calcare                                 |                                       |
| Aggregati 1                 | Sabbia                                  |                                       |
| Aggregati 2                 | Ghiaia                                  |                                       |
| <b>COMPACTCRETE 39/T100</b> | Superfluidificante di nuova generazione | 4,9                                   |
| <b>COMPACTCRETE 39/T75</b>  | Superfluidificante di nuova generazione | 6,5                                   |
| a/c                         | 0,51                                    |                                       |
| a/p in volume               | 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 **COMPACTCRETE 39/T100**, 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 <sup>3</sup> |                 |              |            |
|--------------------------------|-----------------|--------------|------------|
| 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 con **COMPACTCRETE 39/T100**

\* *Slump-flow noon 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 (**COMPACTCRETE 39/T75**). 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 m<sup>3</sup> di calcestruzzo tenuto in costante movimento a bassi giri (tabella 4).

| M.V. = 2.356 kg/m <sup>3</sup> |                 |              |            |
|--------------------------------|-----------------|--------------|------------|
| 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 con **COMPACTCRETE 39/T75**

| M.V. (t=0') = 2.361 kg/m <sup>3</sup>   |                 |              |               |                 |            |
|---|-----------------|--------------|---------------|-----------------|------------|
| M.V. (t=120') = 2.369 kg/m <sup>3</sup> |                 |              |               |                 |            |
| 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 in autobetoniera con **COMPACTCRETE 39/T75** 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.

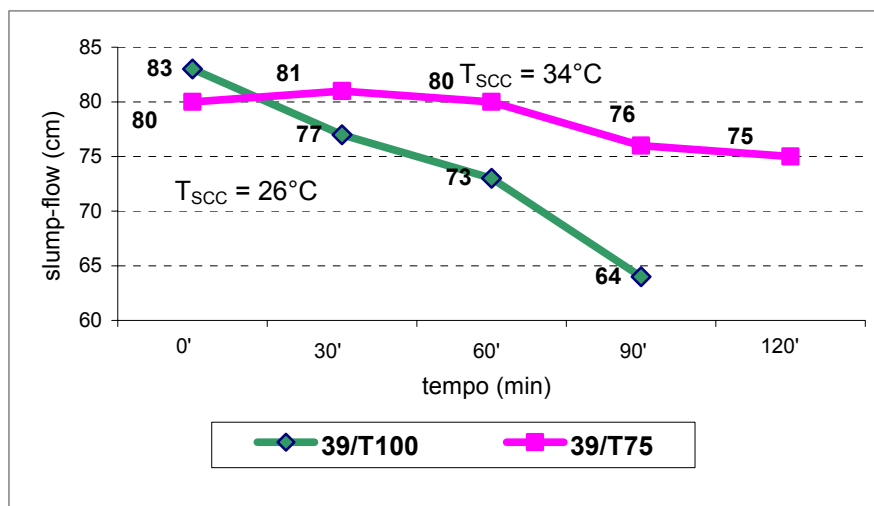


Fig. 2 – Comportamento del calcestruzzo in relazione all'additivo usato

Con l'impasto realizzato con **COMPACTCRETE 39/T75** 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 – **COMPACTCRETE 39/T75 SCC** - 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 **COMPACTCRETE 39/T75** e **39/T75 SCC**: dettagli del faccia a vista.

Visti, quindi, gli ottimi risultati ottenuti in laboratorio si sono confezionati 8 m<sup>3</sup> di calcestruzzo per le prove in cantiere; i parametri misurati sono riportati in Tabella 5.

Resistenze meccaniche a compressione:

- a 18 ore: 21 N/mm<sup>2</sup>
- a 3 giorni: 30.8 N/mm<sup>2</sup>

Il calcestruzzo autocompattante ottenuto con questo additivo ha permesso, nonostante le elevate temperature, la realizzazione di differenti elementi, tra cui pilastri da 30 m<sup>3</sup> e solette.

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

Tabella 5 – Risultati di prove in cantiere con **COMPACTCRETE 39/T75 SCC**



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<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | CONS | C.<br>ESP. | D<br>MAX<br>(mm) | SLUMP<br>FLOW*<br>(cm) | MASSA<br>VOLUMICA<br>7 GG<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | MASSA<br>VOLUMICA<br>28 GG<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | RESIST.<br>7 GG<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | RESIST.<br>28 GG<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------------------------|------|------------|------------------|------------------------|---|--|---|--|
| 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.

### ADDIMENT ITALIA S.r.l.

Additivi per calcestruzzo  
Prodotti chimici per l'edilizia

Direzione e Stabilimento  
Via Roma, 65  
24030 Medolago – BG –  
tel. 035 4948558  
fax 035 4948149  
www.addimentitalia.it  
info-vendite@addimentitalia.it