



ITALIA / ITALY

**tecnologie & prodotti** / products & technologies

---

Marco Francini  
Unical S.p.A.

---

## SCC LH Unical, la mega fondazione è realtà

## SCC LH Unical, the mega foundations become reality

LE RECENTI FORNITURE DI CALCESTRUZZI DEDICATI PER LE GRANDI FONDAZIONI DEI GRATTACIELI HANNO RIVELATO L'OPPORTUNITÀ DI COLLABORAZIONI STRATEGICHE CON I PROGETTISTI STRUTTURALI, AI QUALI UNICAL SUGGERISCE SOLUZIONI TECNOLOGICHE CAPACI DI INFLUENZARE LE STESSA SCELTE PROGETTUALI.

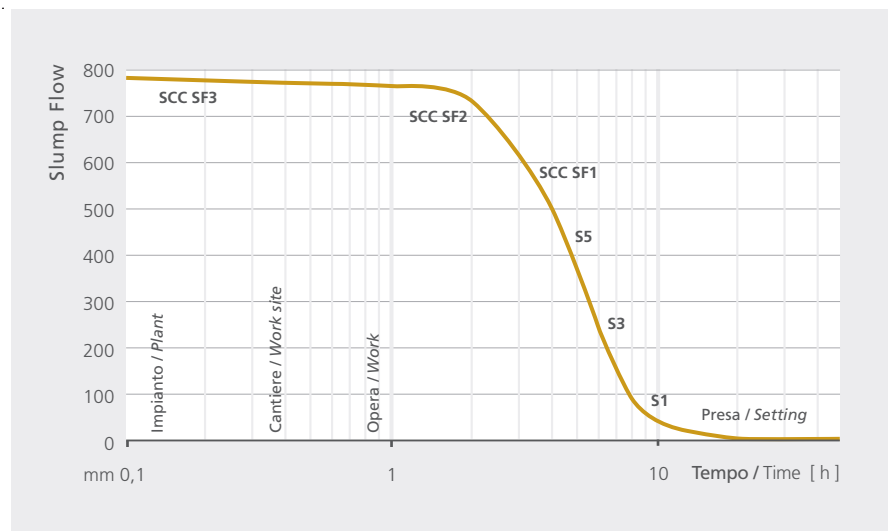
*THE RECENT SUPPLIES OF SPECIAL CONCRETE FOR THE MASSIVE FOUNDATIONS OF SKYSCRAPERS CREATED AN OPPORTUNITY TO ENTER INTO STRATEGIC COLLABORATIONS WITH STRUCTURAL DESIGNERS WHO UNICAL RECOMMENDS TECHNOLOGICAL SOLUTIONS TO THAT CAN INFLUENCE DESIGN DECISIONS.*

Quando il Prof. Giuseppe Mancini del Politecnico di Torino, nel giugno del 2010, ci chiese se eravamo disponibili a verificare, dimostrare e garantire la fattibilità tecnica di un getto monolitico di quasi 13.000 m<sup>3</sup>, egli stesso nutriva qualche perplessità, nonostante la sua reputazione di accademico e la lunga esperienza nel campo della progettazione di grandi strutture. Lo stesso capitolato del grattacielo (la Torre Intesa San Paolo a Torino, di Renzo Piano) rafforzava i dubbi, descrivendo come impraticabile un getto monolitico di queste dimensioni e optando invece per una realizzazione con 9 strati orizzontali di circa 50 cm di spessore.

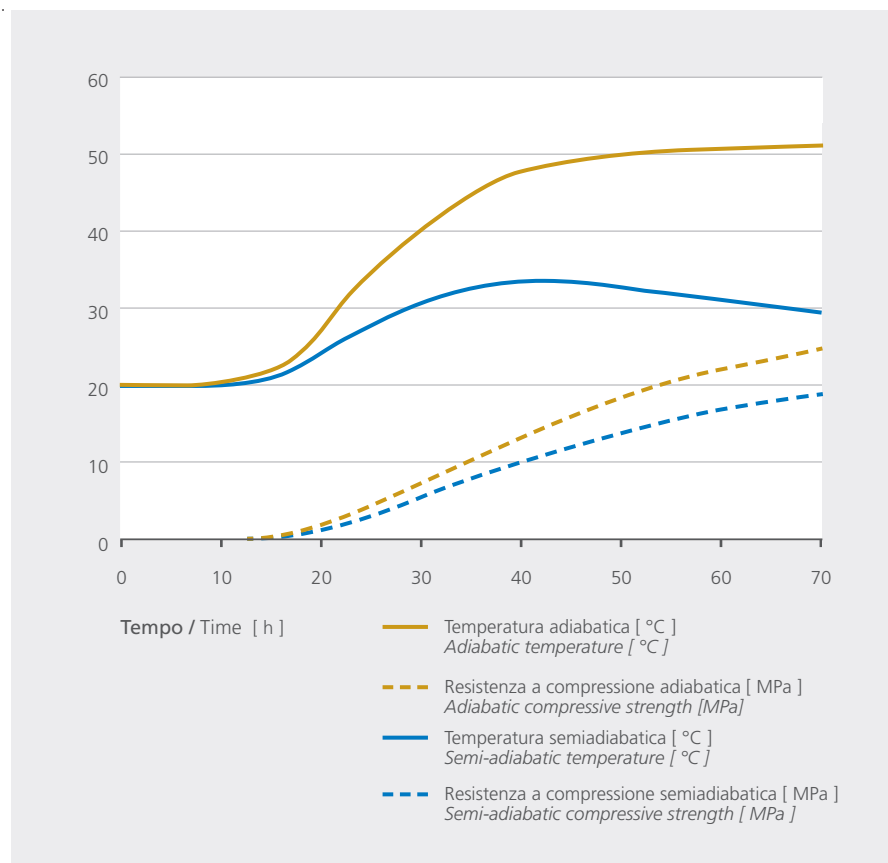
Oltre all'enorme volume, vi erano importanti rischi tecnici di insuccesso: fessurazioni da ritiro; infiltrazioni della falda acquifera alla base; mancata monoliticità per eventuali discontinuità nel getto. Preoccupava soprattutto l'enorme sviluppo di calore della massa di calcestruzzo, con le conseguenti temibili lesioni da shock termico.

Per Unical era soprattutto un aspetto a rendere molto critica e al tempo stesso particolarmente intrigante la collaborazione: non si trattava tanto di rispettare una serie di rigidi requisiti progettuali, quanto di definire noi stessi le proprietà tecniche più adatte al getto e garantirle in fornitura con il massimo grado di approssimazione. In altre parole, ci fu richiesto di proporre un calcestruzzo – che abbiamo chiamato SCC LH Unical – così ben caratterizzato dal punto di vista tecnologico da consentire l'inserimento dei parametri termomeccanici da noi dichiarati nel software di simulazione dei progettisti, permettendo loro un profondo riesame progettuale della struttura. Un riesame che ha poi reso possibili grandi risparmi economici all'impresa, specialmente grazie alla cospicua diminuzione delle armature di collegamento verticale.

La nostra risposta alla sfida fu un "sì" convinto, primo passo di un percorso di collaborazione entusiasmante e proficuo. Grazie alle competenze tecnologiche del Servizio Ricerca & Sviluppo Unical e alle sperimentazioni condotte nel Laboratorio SRS (Servizio Ricerca & Sviluppo) di Settimello (Firenze) sotto la guida di Leonardo Euzor, abbiamo potuto proporre ai progettisti una serie di proprietà dedicate: basso calore di idratazione,



EVOLUZIONE REOLOGICA NELLE PRIME ORE  
RHEOLOGICAL EVOLUTION DURING THE FIRST FEW HOURS



EVOLUZIONE PRECOCE DEL QUADRO TERMOMECCANICO  
EARLY EVOLUTION OF THE THERMOMECHANICAL PROPERTIES

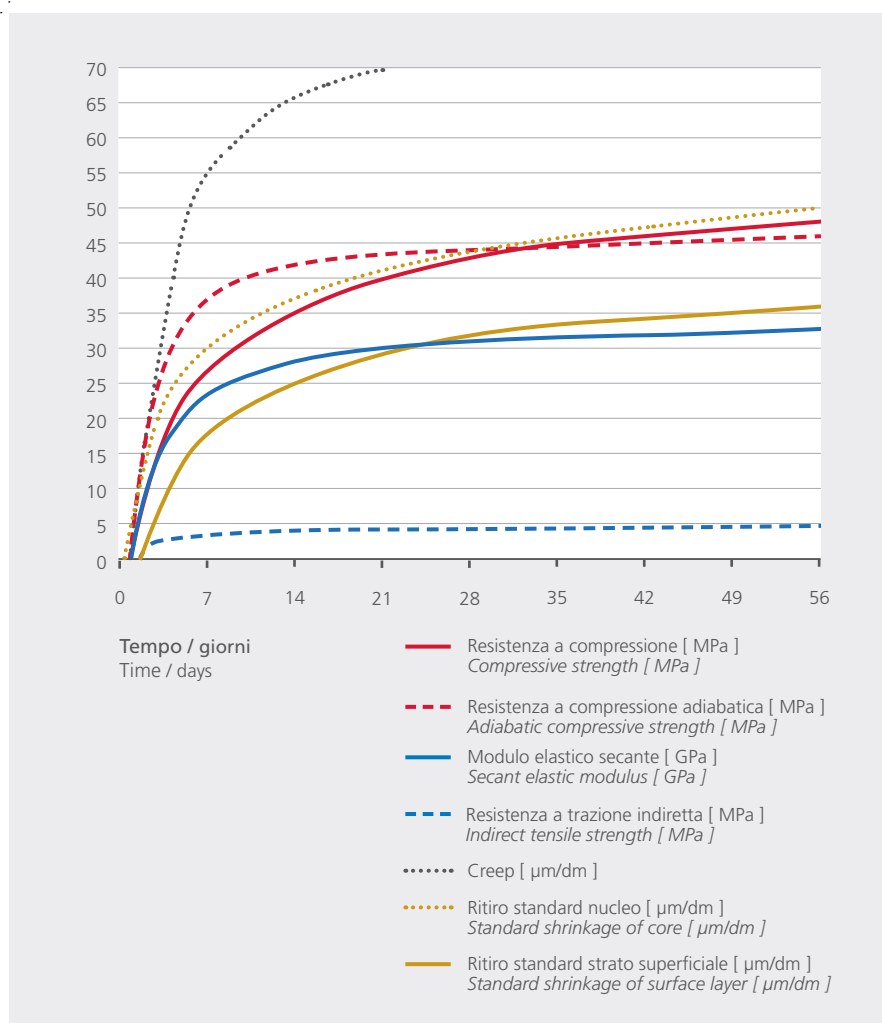
fluidità molto elevate e mantenute per lungo tempo, tempi di presa e di indurimento diversificati durante i quattro giorni di getto, impermeabilità dello strato inferiore e ritiro moderato di quello superiore. Fondamentali le proprietà reologiche adatte ad un getto lunghissimo e molto esteso, quali: perfetta coesione nonostante l'estrema fluidità, ma anche bassa

viscosità per facilitare la compenetrazione degli strati di getto successivi. Per ottenere i minimi incrementi termici abbiamo utilizzato un CEM 32,5 N IV/A-P formulato e prodotto ad hoc dallo stabilimento di Trino, che ci ha consentito di ottenere resistenze meccaniche di quasi 50 MPa con poco più di 30 °C di innalzamento termico adiabatico; risultati superiori alle

aspettative dei progettisti. Per ottenere la massima robustezza reologica dell'SCC abbiamo utilizzato un ottimo calcare micronizzato (diametro medio  $< 10 \mu\text{m}$ ), evitando la fillerizzazione dell'impasto con aggiunte pozzolatiche: queste, infatti, in condizioni isoterme aiutano a mitigare lo sviluppo iniziale di calore, ma non fanno altrettanto in condizioni adiabatiche. Il 24 settembre 2010 abbiamo trasformato tutte queste potenzialità tecnologiche in una perfetta fornitura di 84 ore continue per  $12.500 \text{ m}^3$ , grazie a un'impressionante organizzazione del getto e a un controllo continuo dei parametri reologici dell'impasto, ottimizzati e ricalibrati "in process" durante tutta la fornitura dal Servizio Tecnologico dell'Area Piemonte, coordinato da Liborio Miceli. Una fornitura così importante, infatti, non può essere gestita con ricette fisse, ma deve poter essere continuamente messa a punto con piccole e oculate riformulazioni. La validità di una gestione "adattiva" della ricetta in contrapposizione a quella "blindata", è confermata dai risultati sperimentali, che oltre a rispettare i requisiti prestazionali (con coefficienti di variazione minimi), hanno confermato in pieno le previsioni termomeccaniche con scarti trascurabili rispetto ai valori previsti dalla simulazione dei progettisti.

Pur senza eguagliare il record mondiale della prima platea, nel gennaio 2013 abbiamo ripetuto l'exploit, sempre a Torino. Collaborando con il Prof. Franco Mola del Politecnico di Milano, abbiamo realizzato, anche questa volta con pieno successo, il getto della fondazione massiva di  $10.000 \text{ m}^3$  della Torre Regione Piemonte (progetto Fuksas), descritto nell'articolo di Portland 57.

La fama dell'SCC LH Unical è ormai diffusa tra i più importanti progettisti strutturali italiani, tanto che grazie ai successi conseguiti è stata richiesta la nostra collaborazione per realizzare la fondazione monolitica di un nuovo grattacielo nel centro di Milano. E in futuro l'SCC LH Unical potrebbe essere l'ingrediente basilare per porre le fondamenta di molti altri grattacieli o di altre complesse megastrutture.



EVOLUZIONE DELLE PRESTAZIONI FISICO MECCANICHE NEL TEMPO  
EVOLUTION OF THE PHYSICAL MECHANICAL PERFORMANCE OVER TIME

#### Parametri prestazionali dell'SCC LH Unical Performance parameters of SCC LH Unical

Slump flow al getto <i>Slump flow during the pour</i>	750-780 mm
V-funnell al getto <i>V-funnell during the pour</i>	8-10 sec
Essudazione d'acqua <i>Bleeding</i>	nulla / none
Mantenimento classe SCC <i>Maintenance of SCC class</i>	> 120 min
Tempo di presa <i>Set time</i>	> 12 ore / h
$\Delta T$ adiabatico 0-72 ore <i><math>\Delta T</math> adiabatic temperature 0-72 hours</i>	32°C
$\Delta T$ "semiadiabatica" (cubo 0,5 m coibentato) <i><math>\Delta T</math> "semi-adiabatic temperature" (insulated cube, specimen 0.5 m)</i>	13°C
Resistenza meccanica a 28 giorni <i>Mechanical strength at 28 days</i>	44 MPa
Modulo Elastico secante a 28 giorni <i>Secant elastic modulus at 28 days</i>	31 GPa
Permeabilità acqua max. sotto pressione <i>Maximum water permeability under pressure</i>	20 mm
Ritiro standard a 28 giorni <i>Standard shrinkage at 28 days</i>	330 $\mu\text{m}/\text{m}$

In June 2010, when Prof. Giuseppe Mancini from Turin Polytechnic asked us whether we could verify, demonstrate and guarantee the technical feasibility of a monolithic pour of almost 13,000 m<sup>3</sup>, even he was somewhat skeptical despite his reputation as an academic and extensive experience in designing large structures. Even the building specifications themselves (for the Intesa San Paolo Tower in Turin designed by Renzo Piano) helped reinforce the skepticism by describing a monolithic pour of this magnitude as impractical and opting to pour the foundations in nine horizontal layers each 50 cm thick instead.

Besides the massive volume, there were significant technical risks that could contribute to its failure such as cracks due to shrinkage, infiltration from the water table below, and failure to create a monolith if the pour was interrupted for any reason. The greatest concern, however, was the significant development of heat from the concrete block, resulting in cracks due to thermal shock.

For Unical, however, there was one specific aspect that made the collaboration both intriguing and critical. It was not so much a matter of following a set of rigid design requirements but having to define the most suitable technical properties for the pour and guarantee them to the greatest extent possible during delivery.

In other words, we were asked to create a concrete – which we called SCC LH Unical – which was so well characterized from a technological standpoint that we could enter the thermomechanical parameters developed by us into the simulation software of the designers, which in turn allowed them to conduct a detailed design review of the structure and which led to significant financial savings for the contractor, due specifically to the significant reduction of the vertical reinforcements. Our response to the challenge was a resounding “yes”, which was the first step in an exciting and worthwhile collaboration. Thanks to the technological expertise of Unical’s Research and Development department and the experiments conducted in the R&D Laboratory at Settignano (Florence) under the guidance of Leonardo Euzor, we were able to offer the designers a series of specific properties: low hydration heat, very high, long-lasting fluidity, different set and hardening times during the four days of the pour, impermeable lower layer and moderate shrinkage of the upper layer. Most important were the rheological properties that were suitable for

### Riassunto dei risultati sperimentali alla Torre Intesa San Paolo Summary of test results at the Torre Intesa San Paolo

Numero campionamenti al getto Number of samples during the pour	1.250 circa / approx.
Numero prelievi per prove resistenza Number of strength test samples	125
Media resistenza effettiva Average effective strength	46,2 MPa
Scarto quadratico medio resistenza Strength standard deviation	2,1 MPa
Coefficiente variazione resistenza Coefficient of strength variation	5%
Rango resistenza Strength rating	8,3 MPa
Slump flow effettivo medio al getto Average effective slump flow during the pour	760 mm
$\Delta T$ max effettivo in opera - strato inferiore $\Delta T$ max effective temperature during pouring - lower layer	30°C
$\Delta T$ max effettivo in opera - strato superiore $\Delta T$ max effective temperature during pouring - upper layer	33°C

a very lengthy, extensive pour, such as: perfect cohesion despite the extreme fluidity, but also low viscosity to facilitate the copenetration of the next layers. To obtain the minimum temperature increments, we used a CEM 32,5 N IV/A-P that was prepared and produced ad hoc by the Trino plant. This allowed mechanical strengths of almost 50 MPa to be obtained with not much more than 30 °C of adiabatic temperature rise which yielded results that far exceeded the expectations of the designers.

To maximize the rheological robustness of the SCC, we used an excellent micronized limestone (average diameter < 10 µm), thus avoiding the use of pozzolanic filler materials which, in fact, help mitigate the initial development of heat in isothermic conditions but not in adiabatic conditions. On September 24, 2010, all these technological possibilities were transformed into a perfect, continuous delivery of 12,500 m<sup>3</sup> over 84 hours thanks to the impressive organization of the pour and continuously controlling the rheological parameters of the mixture.

This mixture was optimized and recalibrated “in process” during the entire delivery phase by the Piedmont Area Technology Department, coordinated by Liborio Miceli. In fact, a delivery of this

magnitude cannot be handled by using fixed mix designs; rather they must be constantly fine-tuned with small, careful reformulations. The effectiveness of adapting the mix design as opposed to using a fixed one is confirmed by the experimental results which, besides following the performance requirements (with minimum coefficients of variation), fully confirmed the thermomechanical projections with negligible deviations from the values projected by the simulation conducted by the designers.

Even though it did not equal the world record of the first slab, the exploit was repeated in Turin in January 2013. Collaborating with Professor Franco Mola from Milan Polytechnic, we again successfully poured the massive 10,000 m<sup>3</sup> foundation for the Piedmont Region Tower (designed by Fuksas), described in the article in Portland 57.

The reputation of SCC LH Unical is now so well-known amongst the most important structural designers in Italy that we have been asked to collaborate to create a monolithic foundation for a new skyscraper in the center of Milan. In the future, SCC LH Unical could be the basic ingredient for building the foundation of many other skyscrapers or other similarly complex mega structures.