

Nur optimal ist gut genug

An den Beton für die Kern- und Liftschachtwände des Prime Tower wurden hohe Anforderungen gestellt. Einerseits musste er hohe Festigkeiten aufweisen. Andererseits durfte er nicht stark schwinden und kriechen. Zudem musste der Beton gut zu verarbeiten und auf eine Höhe von 126 Metern zu pumpen sein.

Von Cam-Kiet Ly*



Bilder: zdg

Betonierarbeiten für die Kern- und Liftschachtwände des Prime Towers in Zürich.

PRIME TOWER ZÜRICH



Prüfanordnung bei der EMPA für Schwinden/Kriechen.

Die Herausforderung beim Entwurf der Betonrezeptur für den Prime Tower war, dass die Verbesserung der einen Eigenschaft automatisch die Verschlechterung einer anderen bedeutet. Beispielsweise kann über den Zementgehalt (beziehungsweise die Zementart) die Festigkeit beeinflusst werden. Gleichzeitig wird aber dadurch das Schwindmass erhöht. Oder es kann über die Reduktion des Wassergehalts die Festigkeit gesteigert werden, was jedoch unweigerlich zu einer Abnahme der Verarbeitbarkeit führt.

In einer ausgedehnten Versuchsreihe im Betonlabor der Sika Schweiz AG und mit Messungen bei der EMPA wurde der Beton mit innovativer Betonzusatzmitteltechnologie (Fließmittel der Sika ViscoCrete-Reihe und Schwindreduktionsmittel Sika Control-40) so optimiert, dass er die Anforderungen mehr als erfüllt und eine ausgezeichnete Verarbeitbarkeit beziehungsweise Pumpbarkeit aufweist. Die Tabellen und Grafiken über die Resultate der laufenden Kontrolle auf dieser und den folgenden Seiten zeigen das Leistungspotenzial des mit Sika-Betonzusatzmittel vergüteten Betons.

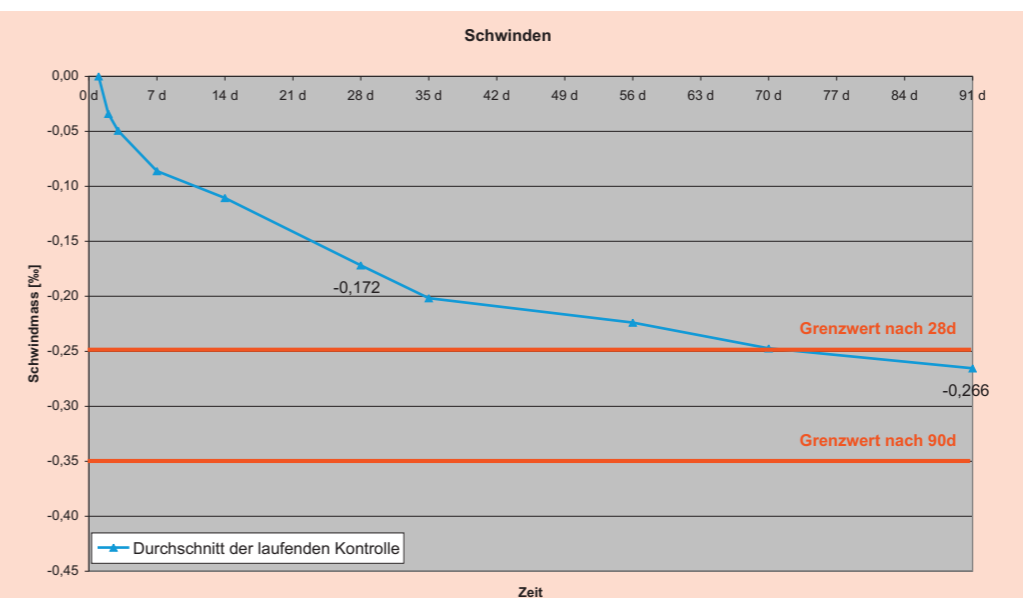
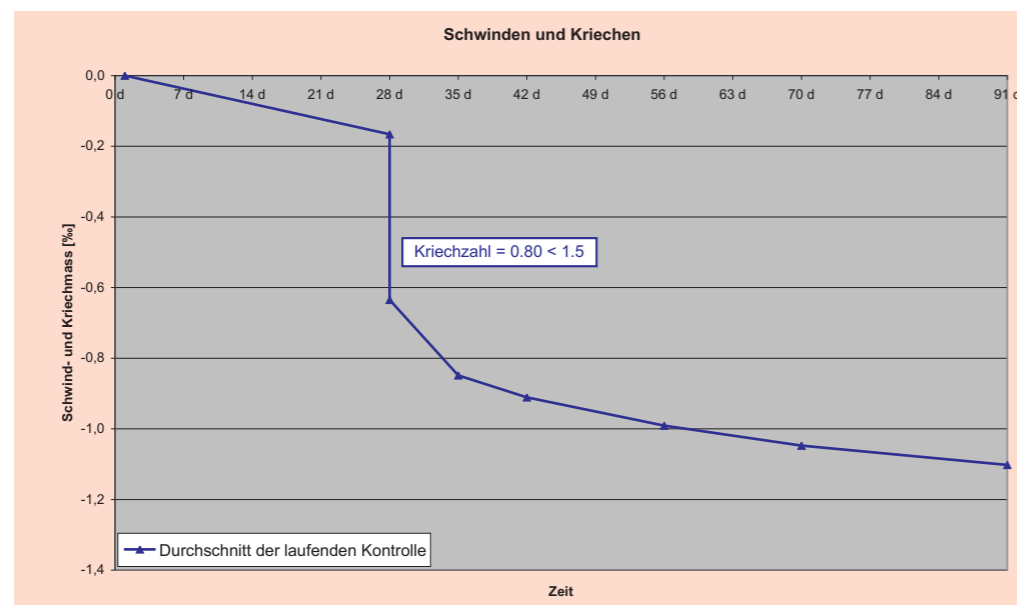
Die Kern- und Liftschachtwände des Prime Towers erforderten rund 8300 Kubikmeter Beton. Dieser konnte ohne nennenswerte Zwischenfälle auf eine Höhe von zirka 130 Meter gepumpt werden. Kam es trotzdem zu Pumpschwierigkeiten, konnten diese durch den Einsatz des Stabilisators Sika Stabilizer-4R gelöst werden. Dieses Produkt verbessert in starkem Masse den inneren Zusammenhalt, die Geschmeidigkeit sowie die Gleitfähigkeit des Frischbetons. Zusätzlich werden dadurch auch die Betonpumpe und die Förderleitungen vor übermässigem Materialverschleiss geschützt.

Den wechselnden Bedingungen angepasste Betoneigenschaften

Eine weitere Herausforderung waren die wechselnden klimatischen Bedingungen. Sommerliche Temperaturen verkürzen die Verarbeitungszeit. Anders gesagt: der Beton würde schon ansteifen und aushärten, bevor er in die Schalung eingebracht und verdichtet wird. Im Winter hingegen wird der Beton aufgrund der tieferen Temperaturen weniger schnell seine Festigkeit entwickeln. Die Gefahr bestünde, dass er durch das Gefrieren des enthaltenen Wassers Schaden erleidet, oder aber, die Schalung könnte nicht nach der vor-

gegebenen Zeit entfernt werden, dies weil der Beton zu wenig Festigkeit hat, um sich selber zu tragen und es dadurch zu Verzug im Bauablauf käme. Durch den Einsatz einer Sommer- und Wintervariante des Fließmittels konnten die Betoneigenschaften bezüglich Verarbeitbarkeit und Festigkeitsentwicklung den wechselnden klimatischen Bedingungen angepasst werden, bei gleichzeitiger Erfüllung der Anforderungen. Erschwerend zu den wechselnden klimatischen Verhältnissen kam hinzu, dass mit wachsender Höhe des Bauwerkes auch der Pumpweg des Betons länger wurde. Mit länger werdendem Transportweg entsteht unweigerlich mehr Reibungswärme in der Pumpleitung. Wie bereits erwähnt, ist der Beton umso weniger lang verarbeitbar desto wärmer er ist. Der Beton muss jedoch solange verarbeitbar sein, bis er oben aus dem Schlauchende raus- und in die Schalung eingepumpt und verdichtet wird. Er darf natürlich nicht schon in der Pumpleitung ansteifen beziehungsweise aushärten. Auch diesem Aspekt musste das eingesetzte Fließmittel Rechnung tragen.

Resultate Schwinden und Kriechen der laufenden Kontrolle der Betonrezeptur (siehe dazu Tabellen Seite 4)



Dauerhaftigkeit

Wasser braucht es bei der Betonherstellung für die Verarbeitbarkeit und für die Festigkeitsausbildung. Das Überschusswasser – der Wasseranteil, der für die Festigkeitsausbildung nicht gebraucht wird – verdunstet mit der Zeit aus dem ausgehärteten Beton; zurück bleiben Poren welche die Dichtigkeit und Festigkeit mindern. Die Dichtigkeit des Betons beziehungsweise des Zementsteins ist jedoch wichtig für die Dauerhaftigkeit, weil sie den Widerstand gegen externe Einwirkungen stark beeinflusst. Durch den Einsatz eines Fließmittels kann die Menge des Überschusswassers reduziert werden ohne die Verarbeitbarkeit zu beeinflussen. Der Beton wird dann dichter und folglich dauerhafter.

Zudem wird durch die Reduktion der Wassermenge auch das Zementleimvolumen des Betons verringert. Je kleiner das Zementleimvolumen desto kleiner ist das Schwinden. Das Schwinden ist im Zusammenhang mit der Dauerhaftigkeit von Beton zwar nur ein Aspekt von vielen, darf jedoch nicht unbeachtet bleiben. Durch die Verwendung eines Schwindreduktionsmittels (Sika Control-40) kann zusätzlich dem Schwinden entgegengewirkt werden.

Durch diese Kombination aus Fließmittel und Schwindreduktionsmittel – abgestimmt mit der Bindemittelwahl und der Sieblinienzusammensetzung – konnte der Beton für die Kern- und Liftschachtwände des Prime Towers so optimiert werden, dass er die hohen Anforderungen an die Festigkeit und an das Schwinden und Kriechen mehr als erfüllt. Der Baustoff Beton alleine garantiert jedoch noch keine Dauerhaftigkeit. Weitere Aspekte wie das Einbringen und Verdichten oder die Nachbehandlung sind ebenso wichtig.

Anforderungen an den Beton für die Kern- und Liftschachtwände gemäss Ausschreibung

- Festigkeitsklasse C 50/60
- Expositionsclassen XC1, XC2
- Grösstkorn $D_{max} \leq 32$ mm
- Kriech- und schwindarm: Messung nach SIA 262/1, F
Schwindmass ϵ_s (0...28 Tage) < -0.25 ‰
Schwindmass ϵ_s (0...90 Tage) < -0.35 ‰
Kriechzahl $\Phi < 1.5$

Angewandte Betonrezeptur für Kern- und Liftschachtwände

- 380 kg/m³ Bindemittel
- $D_{max} = 32$ mm
- 1.5 % Sika® ViscoCrete® (Fließmittel)
- 2.0 % Sika® Control-40 (Schwindreduktionsmittel)
- W/Z ~ 0.40

Umweltverträglichkeit

Die erwähnten Betonzusatzmittel tragen das Gütesiegel des Fachverbandes Schweizerischer Hersteller von Betonzusatzmitteln (FSHBZ). Sie stellen bei vorschriftsmässiger Anwendung keine Gefahr für Mensch und Umwelt dar. Das FSHBZ-Gütesiegel gewährt Bauherren, Planern und Unternehmern die nötige Sicherheit im umweltkonformen Umgang mit Betonzusatzmitteln. ■

www.sika.ch

*Cam-Kiet Ly ist Produktingenieur, Bauingenieur ETH, Sika Schweiz AG.

Quellennachweis:
Gipfelstürmer, 2010/11
Beilage zum Baublatt Nr. 34



www.sika.ch

Resultate der Betonrezeptur gemäss obiger Tabelle

Eigenschaft	Anforderung	Gemessen (Durchschnitt)	Verbesserung (Durchschnitt)
Druckfestigkeit nach 28 d	C50/60	68.5 N/mm ²	14 %
Schwindmass nach 28 d	Max. -0.25 ‰	-0.172 ‰	31 %
Schwindmass nach 90 d	Max. -0.35 ‰	-0.266 ‰	24 %
Kriechzahl nach 90 d	Max. 1.5	0.80	47 %