DBV-Heft Nr. 3

Selbstverdichtender Beton

Nachbehandlung von Beton



Vorträge zur DBV-Regional-
tagung am 20. Februar 2001
in München

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.

Titelbild: Setz-Fließ-Versuch (Slump-Flow-Test) für den Beton des SVB bei der Vorführung auf der Regionaltagung

Herausgeber: Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Berlin
Redaktion: Dr.-Ing. Hans-Ulrich Litzner, Ralf Gigerich M.A.
Layout und Titelgestaltung: Ralf Gigerich M.A.
Druck: Druck- und Verlagshaus Chmielorz GmbH, 65205 Wiesbaden-Nordenstadt

© Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Berlin

Selbstverdichtender Beton

Nachbehandlung von Beton

Vorträge zur
DBV-Regionaltagung
„Bauausführung“
am 20. Februar 2001
in München

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.

Inhalt

Dipl.-Ing. Rolf-Dieter Schulz

Einleitung 5

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Grübl,
Dipl.-Ing. Christoph Lemmer

Selbstverdichtender Beton – Eigenschaften, Auslieferung, Anwendung 7

Dipl.-Ing. Peter Christlmeier

Selbstverdichtender Beton – praktische Erfahrungen bei der Herstellung von Stahlbetonstützen 17

Dipl.-Ing. Angelika Schießl,
Dipl.-Ing. Andreas Rogge

Untersuchung relevanter Bemessungskenngrößen von selbstverdichtendem Beton 20

Dr. Robert Lukas

Erläuterungen zur Vorführung eines selbstverdichtenden Betons der BLG Transportbeton GmbH & Co. KG 24

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Grübl,
Dipl.-Ing. Dirk Becker-Roes

Wirksamkeit von Nachbehandlungsverfahren 25

Rechtsanwalt Ulf Rüdiger Klaus

Rechtliche Gesichtspunkte bei der Einführung neuer Technologien, die VOB/B 2000, das Zahlungsbeschleunigungsgesetz und aktuelle Rechtsprechung 36

Dipl.-Ing. Rolf-Dieter Schulz, München

Einleitung

1 Selbstverdichtender Beton – ein innovativer Baustoff

Die Bauwirtschaft sieht sich häufig dem nicht gerechtfertigten Vorwurf ausgesetzt, sie sei zu wenig innovativ und technische Neuerungen würden nur langsam in die Praxis umgesetzt. Ein eindrucksvolles Beispiel für die Widerlegung dieser These ist der selbstverdichtende Beton (abgekürzt SVB), welcher bereits weltweit erfolgreich eingesetzt wurde und mit dem auch in Deutschland erste Erfahrungen vorliegen.

Was ist aber „selbstverdichtender Beton"?

Eine Antwort darauf gibt die gleichnamige Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [1], an der Vertreter aus den Mitgliedsunternehmen des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins maßgeblich beteiligt waren. In [1] heißt es:

„Selbstverdichtender Beton ist ein Normalbeton, der ohne Einwirkung zusätzlicher Verdichtungsenergie allein unter dem Einfluss der Schwerkraft fließt, entlüftet sowie die Bewehrungszwischenräume und die Schalung vollständig ausfüllt".

Merkmal des SVB ist somit, dass besondere Maßnahmen zum verdichten (Rütteln) nicht erforderlich sind. Durch den Wegfall des Rüttelns während der Bauausführung sowie durch die Besonderheiten der Betonzusammensetzung ergeben sich u. a. folgende technische und wirtschaftliche Vorteile:

- Einsparung von Personal für das Verdichten,
- Verkürzung der Bauzeiten durch eine höhere Einbauleistung,
- geringerer Lärmpegel auf der Baustelle und in Fertigteilwerken,
- Verbessertes Betongefüge, damit verbunden, eine Verbesserung der Dauerhaftigkeit.

Neben diesen Vorteilen gibt es aber auch noch offene Fragen. Sie betreffen u. a. die Empfindlichkeit des SVB gegenüber Schwankungen bei den Betonausgangsstoffen, die wirkungsvolle Entlüftung des Betons, die Betoniergeschwindigkeit und den Frischbetondruck, die Entmischungsgefahr, das Verhalten an den Schalungs- und Schalhautstößen sowie einige Festbetoneigenschaften im Hinblick auf die Bemessung.

Das Ziel des vorliegenden Heftes ist, einige dieser Fragen näher zu beleuchten (siehe auch [2] bis [4]).

2 Herstellung und Eigenschaften von selbstverdichtendem Beton

Voraussetzung für die Herstellung von SVB, der durch eine extrem flüssige Konsistenz gekennzeichnet ist, war die Entwicklung hochwirksamer Fließmittel [4]. Besonders die Entwicklung von Fließmitteln der neuen Generation (z. B. Polycarboxylate) haben die Technologie des SVB erst ermöglicht.

An selbstverdichtenden Beton wird die Forderung gestellt, dass er ohne äußeres Zutun und lediglich unter der Wirkung seines Eigengewichtes eine beliebig geformte Schalung hohlraumfrei ausfüllt, die Bewehrung satt umhüllt, sich entlüftet und ausnivelliert, ohne sich dabei zu entmischen. Um diese Anforderungen zu erfüllen, muss der Frischbeton folgende Eigenschaften aufweisen. Er muss einerseits extrem fließfähig sein, andererseits aber eine Gefügestabilität besitzen, die so hoch ist, dass der Zementleim noch in der Lage ist, den Grobzuschlag am Absinken zu hindern, um so ein Entmischen zu vermeiden.

Die Fließfähigkeit von selbstverdichtendem Beton wird als seine Fähigkeit definiert, sich lediglich unter der Wirkung der Schwerkraft horizontal auszubreiten. Als Maß für die Fließfähigkeit des Mörtels oder Betons wird der Durchmesser des Ausbreitkuchens bei den entsprechenden Prüfungen oder eine abgeleitete Rechengröße herangezogen.

Die Anforderungen an selbstverdichtenden Beton, eine vorgegebene Schalung gänzlich auszufüllen, die Bewehrung satt zu umschließen und sich nahezu bis zum Niveauausgleich selbst zu nivellieren, setzt eine extrem hohe Fließfähigkeit voraus.

Neben der Fließfähigkeit wird als zweites Kriterium zur Beurteilung des SVB die Viskosität des Betons herangezogen. Sie ist ein Maß für die innere Reibung in einer Substanz bei einer aufgebrachten Belastung (Schubspannung, Geschwindigkeitsgefälle). Je kleiner die vorhandenen inneren Reibungskräfte sind, um so kleiner ist die Viskosität. Je geringer die Viskosität ist, um so schneller breitet sich der Beton aus.

Durch einen hohen Anteil an zähflüssigem Bindemittelleim fließt der SVB nahezu bis zum Niveauausgleich der Oberfläche. Wenn er während des Fließens Gelegenheit zum Entlüften bekommt, erreicht er – ohne dass Verdichtungsenergie hinzugefügt werden muss – ein nahezu homogenes Gefüge, das dem des konventionellen, verdichteten Rüttelbetons gleichkommt oder besser ist. Mit Fließmitteln der neuen Generation auf der Basis von Polycarboxylat, geeignetem Zement, einer ausgewogenen Sieblinie der Gesteinskörnung und Zusatzstoffen wird ein stabil bleibender Bindemittelleim erzeugt, in dem die gröberen Zuschlagkörner schwimmen, ohne zu sedimentieren oder sich untereinander im Fließverhalten zu stören.

Selbstverdichtender Beton ist sehr empfindlich gegenüber Schwankungen der Betonausgangsstoffe. Versuche

von Breitenbücher (siehe [6]) an selbstverdichtendem Beton und herkömmlichen Rüttelbeton zeigen, dass die übliche, und durch die Norm zulässige Schwankungsbreite von Ausgangsstoffen für den Normalbeton für den SVB zu groß ist. Der SVB erfordert also wesentlich engere Schwankungsbreiten bei den Ausgangsstoffen. Bei nur geringfügiger Überschreitung der Sollwerte in der Zusammensetzung ist damit zu rechnen, dass sich der selbstverdichtende Beton entmischt und für den Einbau nicht mehr geeignet ist. Dies kann derzeit auch nicht durch Zugabe von stabilisierenden Zusätzen (Stabilisatoren, ZM-Stabilisator) ausgeglichen werden. Auch die Festbetoneigenschaften können sich im Vergleich zum herkömmlichem Rüttelbeton verändern. Dies ist auf den höheren Mehlkornanteil des SVB zurückzuführen.

Unterschiede bei den Festbetoneigenschaften von SVB bzw. Rüttelbeton gleicher Festigkeitsklasse betreffen

- den etwas niedrigeren Elastizitätsmodul, er ist bei SVB etwas geringer,
- das Schwindmaß ist höher,
- das Kriechmaß liegt ebenfalls über dem des Rüttelbetons,
- unter Umständen ergibt sich eine geringfügige Erhöhung der Betondruckfestigkeit.

Weitere betontechnische Einzelheiten sind in [2] bis [5] enthalten.

3 Bauausführung und Qualitätssicherung

Der SVB erfordert einen höheren Aufwand beim Entwurf des Betons, der Betonverarbeitung und bei der Eigen- und Fremdüberwachung.

Der SVB benötigt zu seiner Entlüftung eine ausreichend lange geneigte Gefällestrecke, damit die in seinem Bindemittelleim eingeschlossene Luft entweichen kann. Schwierigkeiten ergeben sich im Einzelfall bei nicht ausreichend langen Entlüftungsstrecken, z. B. an Wandschalungen oder auch in Stahlbetondruckgliedern. Die Verfahren für das Einbringen des SVB (z. B. Einpumpen in die Schalung) erfordern unter Umständen weitergehende Untersuchungen.

Mit der höheren Betoniergeschwindigkeit ändert sich auch der Frischbetondruck auf die Schalung. Untersuchungen von Breitenbücher [5] bei unterschiedlichen Betoniergeschwindigkeiten zeigen (Steiggeschwindigkeiten von 5 m/h bzw. 25 m/h), dass der Frischbetondruck für die Steiggeschwindigkeit von 5 m/h in etwa dem des herkömmlichen Rüttelbetons der Konsistenz KR in der Verdichtung entspricht. Erhöht sich die Steiggeschwindigkeit auf 25 m/h, wie sich dies teilweise bei entsprechender Gestaltung der Einbaumöglichkeiten durchaus einstellen kann, erreicht der Frischbeton des SVB nahezu den hydrostatischen Druck. Dies muss nicht immer zu Problemen in der Bauausführung führen. In der Regel kann der Schalungsdruck durch die in der Praxis verwendeten Systeme bei entsprechender Schalungsverankerung aufgenommen werden.

Bei den Schalungs- und Schalhautstößen werden ebenfalls Vorteile gesehen, denn der selbstverdichtende Beton neigt infolge seines besseren Zusammenhaltevermögens weniger zum Ausbluten. Dies kann bei schwierigen Schalungen (z. B. bei Kletterschalung) vorteilhaft sein.

4 Bauaufsichtliche Behandlung des SVB

Für die Anwendung des SVB ist derzeit entweder eine Zustimmung im Einzelfall oder eine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik erforderlich. Auch die bereits angesprochene Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [1], die die Ausgabe 07.88 von DIN 1045 „Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung“ ergänzt, wird nach dem derzeitigen Stand nicht die Zustimmung im Einzelfall bzw. die bauaufsichtliche Zulassung ersetzen. Dennoch ist davon auszugehen, dass die Richtlinie [1] die Anwendung von SVB fördert.

5 Ausblick

Aus der Sicht der Praxis werden neben der Fertigteilindustrie folgende Einsatzmöglichkeiten für SVB gesehen:

- bei Sichtbeton und bei Bauteilen mit besonders schwierigen geometrischen Abmessungen,
- bei dünnen Bauteilen, für die ein sachgemäßes Einbringen und/oder eine gleichmäßige und ausreichende Verdichtung bei Rüttelbeton – auch bei kleinem Größtkorn – kaum noch möglich ist,
- bei besonders dichter Bewehrungslage,
- bei schwierigen Schalungstechnologien,
- bei einer notwendigen Verringerung von störenden Lärm- und Erschütterungsbelästigungen.

Der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton und der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein sind bestrebt, durch gezielte Forschungsvorhaben die noch offenen Fragen zu klären.

Literatur

[1] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb): Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“, Fassung Juni 2001; Ergänzung zu DIN 1045, 1988-07.

[2] Jacobs, F.; Hunkeler, F.; Schlumpf, H.: Self-Compacting Concrete – Neue Entwicklungen für den Betonbau. Schweizer Ingenieur und Architekt Nr. 12, März 1999.

[3] Grube, H.; Rickert, J.: Selbstverdichtender Beton – ein weiterer Entwicklungsschritt des 5-Stoff-Systems Beton. Beton (1999), Heft 4.

[4] Seto, K.; Okada, K.; Yanai, S.; Nobuta, Y.: Development and application of Self-Compacting Concrete. Proceedings of International Conference on Engineering Materials, June 1997, Ottawa Canada.

[5] Breitenbücher, R.: Selbstverdichtender Beton – Chancen und Voraussetzungen. Tagungsband: Vorträge Deutscher Beton- und Bautechnik-Tag 2001. Verlag Ernst & Sohn, 2001.