

Tobias Altendorfer, David W. Fowler und Helmuth Geymayer

SPC – Selbstverdichtender polymermodifizierter Mörtel und Beton

Univ.-Ass. DI Tobias Altendorfer, Technische Universität Graz

David W. Fowler, Ph.D., P.E., University of Texas at Austin

Univ.-Prof. DI Dr. Helmuth Geymayer, Technische Universität Graz

Der Artikel ist ein Zwischenbericht über das Ziel einer Forschungsarbeit am Institut für Materialprüfung der Technischen Universität Graz, einen Mörtel bzw. Beton für die Sanierung von Stahlbetonbauteilen zu entwickeln, der ohne Verdichtung eingebracht werden kann.

Einleitung

Als vor mehreren Jahren der selbstverdichtende Beton von Japan nach Europa kam, gab es großes Interesse und noch mehr Euphorie für diesen neuartigen Beton. Nach Jahren der Forschung, mit einigen Anwendungen in Österreich, kam die Zeit der Ernüchterung, und viele Betonproduzenten, die zuerst auf diesen Zug aufspringen wollten, verzichteten auf die weitere Verwendung des selbstverdichtenden Betons. Gründe gibt es viele, wie die Notwendigkeit von speziell ausgebildetem Personal, aufwendige Kontrollen und die daher noch fehlende Akzeptanz in der Praxis.

Das Ziel für die Forschungsarbeit am Institut für Materialprüfung der Technischen Universität Graz war, einen Mörtel bzw. Beton für die Sanierung von Stahlbetonbauteilen, der ohne Verdichtung eingebracht werden kann, zu entwickeln. Um die Eigenschaften des Betons zu verbessern, versuchte man die Zugabe von Polymeren (dieser Beton sollte dann als selbstverdichtender polymermodifizierter Beton bezeichnet werden).

Nach den ersten positiven Betonversuchen erkannte man die Möglichkeit, nicht nur einen polymer-vergüteten SCC herstellen, sondern ihn außerdem mit geringen Mengen an geeignetem Polymer unsensibler produzieren zu können. Derzeit sind nur Laborergebnisse bekannt, ohne Erfahrung auf der Baustelle.

Um die Vorteile, speziell die Festbetoneigenschaften des polymer-modifizierten Betons voll auszunutzen zu können, ist es nötig, ca. 30 % Polymer (bezogen auf den Zement mit ca. 50 % Feststoffanteil) beizumengen. Es stellte sich sehr bald heraus, dass geringe Zugaben von Polymeren (etwa 10 %, bezogen auf den Zement) die Eigen-

schaften des SCC deutlich verbesserten.

Das Problem des Blutens war nicht mehr vorhanden und auch die Entmischungsneigung verringerte sich deutlich. Die Homogenität des neuen Betongemisches war nicht zu übersehen und sollte die Herstellung des SCC verbessern bzw. erleichtern.

Ein Teil der Forschungsarbeit wurde mit Prof. Fowler an der „University of Texas at Austin“ durchgeführt, wobei verschiedene Feinteile und Polymere getestet wurden. So entstanden, aus einer Idee zwei neue Zielsetzungen, einerseits die Herstellung von SPC (selbstverdichtender polymermodifizierter Beton) vorwiegend für Sanierungen und andererseits die Untersuchung von Polymerzugaben in geringen Mengen zur Verbesserung der Frisch- und Festbetoneigenschaften von SCC.

Versuchsprogramm

Rheologische Tests

Der erste Versuchsabschnitt bestand aus rheologischen Tests, zuerst am Zementleim, um die Fließfähigkeit verschiedener Zemente zu ermitteln und anschließend am Mörtel mit Zuschlägen bis 4 mm. Die Versuche am Mörtel waren nur möglich, weil ein Rheometer mit Kugelmesssystem zur Verfügung stand, im Gegensatz zu dem in einer Diplomarbeit des Institutes für Materialprüfung vom Jahre 2000 verwendeten System, dem Zylindermesssystem, bei dem keine Zuschläge beigemischt werden konnten. Natürlich wurde parallel das Bluten ermittelt und dokumentiert. Im Anschluss daran wurden unter Verwendung von diversen Füllern, wie Kalksteinmehl, Flugasche, Trass und verschiedenen Polymeren, wie Styrol-Butadien, Acrylat Latex und Epoxy Harz verschiedene Mörtelmixturen getestet.

Frischbetontests

Nach den Tests an Zementleim und Mörtel wurden die Eigenschaften des Frischbetons mit Zuschlägen \varnothing 8 mm untersucht. Die bereits bekannten Tests für SCC, wie das Fließbreitmaß und der V-Funnel wurden durch die am Institut für Materialprüfung entworfene U-Box, die bei einem früheren Vortrag vorgestellt worden war, ergänzt, um die Selbstnivellierung des Betons zu ermitteln.

Die Vorteile dieser speziellen U-Box liegen in der Untersuchung verschiedener Eigenschaften in einem Versuch. Einerseits ist es durch die Plexiglasscheibe möglich, den Fließvorgang zu beobachten, die Entmischung, das Bluten und die Entmischungsneigung zu erkennen und andererseits die Fähigkeit der Selbstnivellierung festzustellen.

Geplant sind weitere Untersuchungen am Beton mit Zuschlägen \varnothing 16 mm und eine Bestimmung der Entmischung nicht nur optisch, sondern auch zahlenmäßig. Es zeigt sich, dass das Styrol-Butadien für den SPC gut geeignet war, im Gegensatz zum Acrylat und Epoxy-Harz. Teilweise war eine gute Verteilung bzw. ein Eintrag des Epoxy-Harzes in den Beton nicht möglich, was eine Unverträglichkeit mit dem Fließmittel erahnen ließ.

Bei Veränderung einer Mischkomponente und Beibehaltung aller anderen Parameter zeigten sich drastische Veränderungen der Frischbetoneigenschaften der Betone. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit konnten drei Hauptbestandteile des SCC bestimmt werden, die große Auswirkungen zeigten, wie der Einfluss des Zementes und der Feinteile sowie das Zusammenspiel von Flüssigkeitshaushalt und Feinteilhaushalt, speziell durch die Zugabe von Polymeren.

Tabelle 1: Einfluss der Feinteile

Mischung	Granit	I.Marker	Amarillo	Füller	Sieblinie	slump
0602-1	3 %			60 %	32/32/33	67 cm
2502-2		3 %		60 %	32/32/33	50 cm
2702-4			3 %	60 %	32/32/33	36 cm

Tabelle 2: Einfluss der Polymere bei unterschiedlicher Mixtur

		40 % Füller	slump (cm)	60 % Füller	slump (cm)
W/Z = 0,5	ohne Polymer	SCC 1302-1	61	SCC 2002-2	53
	10 %	SBR	SPC 2003-2	SPC 2003-3	67
		Acrylic	SPC 1803-2	SPC 2702-3	60
	30 %	SBR	SPC 0503-3	SPC 0603-3	76
		Acrylic	SPC 2003-1	SPC 2002-3	70
W/Z = 0,45	ohne Polymer	-			
	10 %	SBR	SPC 0503-2		~ ... leichte Entmischung
		Acrylic	SPC 2702-2		- ... starke Entmischung
	30 %	SBR	SPC 0603-1		
		Acrylic	SPC 2002-1		

Festbetontests

Die Zugabe von Polymeren verbesserte nicht nur die Frischbetoneigenschaften, sondern brachte auch die erwartete Verbesserung bei den Festbetoneigenschaften. Es ist eine Erhöhung der Druckfestigkeit und besonders der Biegezug- und Spaltzugfestigkeit festzustellen. Weitere Untersuchungen des Forschungsprojektes werden sich mit Eigenschaften wie Zugfestigkeit, Bindung, Dichtigkeit und Frostbeständigkeit beschäftigen.

Ergebnisse

Welche Ergebnisse liegen bis dato für diesen Zwischenbericht vor? Den wohl stärksten Einfluss auf die Fließfähigkeit des SCC hat der Zement. Durch die unterschiedliche Mahlfeinheit variiert der Wasseranspruch und die Verwendung verschiedener Sekundärbrennstoffe, und die Zusammensetzung des Zementes wirkt sich unter anderem extrem auf die Fließeigenschaften aus. Es konnten Auswirkungen auf die Verträglichkeit mit den Polymeren und damit auf das Fließbreitmaß festgestellt werden.

Tabelle 1 zeigt den Einfluss der Feinteile unter Beibehaltung aller weiteren Mischungsbestandteile. Bei Veränderung von nur 3 % der Mischungszusammensetzung ändert sich das Verhalten und die Fließfähigkeit des SCC dramatisch. Die Resultate der Versuche in den USA mit verschiedenen Wasser/Zement-Werten, veränderter Menge

an Füllern und bei Anwendung von zwei unterschiedlichen Polymeren (SBR und Acrylat) zeigt Tabelle 2.

In dieserer Tabelle ist zu erkennen, wie wichtig das Zusammenspiel zwischen den Feinteilen, wie hier die Veränderung der Füllermenge und des Wasserhaushaltes, sowie W/Z-Wert und Polymermenge ist. Schon geringe Mengen an Polymer verbessern die Verarbeitbarkeit, und bei genügend Feinteilen können mit größeren Mengen SBR sehr gute und überaus homogene selbstverdichtende Betone hergestellt werden.

Probleme

Das größte Problem bei der Herstellung von SCC bzw. SPC ist, dass alles wichtig ist. Auch wenn die Polymere einen homogenen, unsensibleren SCC möglich machen, ist eine spezielle Sieblinie mit genügend Feinteilen ebenso wichtig, wie die Abstimmung des W/Z-Wertes und die Zugabemenge der Polymere. Der Einfluss der Feinteile, mit deren chemischer Zusammensetzung, Form, Textur und Feinheit, aber auch der Einfluss des Zementes und des Flüssigkeitshaushaltes sind zu beachten und aufeinander abzustimmen, da sich selbstverständlich nicht alle Zemente mit allen Fließmitteln und allen Polymeren vertragen und hier Probleme bei deren Kombination auftreten können.

Zusammenfassung

Von den untersuchten Polymeren stellte sich das SBR nicht nur als das wirtschaftlich günstigste heraus, sondern auch als das verträglichste Polymer und das effektivste Zusatzmittel, bezogen auf die Fließfähigkeit von selbstverdichtendem Beton.

Eine Zugabe von nur 10 % SBR (etwa 5 % Feststoffanteil) zeigte, dass ein guter SCC, relativ zielsicher hergestellt werden kann und dass z.B. geringe Schwankungen in der Zuschlagsfeuchte keine groben Auswirkungen auf die Eigenschaften des SCC haben. Weniger Bluten und geringe Entmischungsneigung können dem Beton zugute gehalten werden. Die besten Festbetoneigenschaften erzielt man mit maximalen Zugabemengen von 30 %. Darüber hinaus ist der Beton erstens wirtschaftlich uninteressant und zweitens lassen sich die Festbetoneigenschaften wie z.B. die Biegezugfestigkeit des Betons nicht mehr verbessern.

Es ist schwer abzuschätzen, ob sich der SPC in der Praxis durchsetzen kann, weil es sich durch Zugabe von 30 % Polymer um einen Beton für spezielle Anwendungen handelt, der sich aufgrund seines hohen Preises nur für Sanierungen mit geringem Betonvolumen eignet. Inwieweit geringe Polymermengen zur Stabilisierung des SCC eingesetzt werden, hängt von den weiteren Versuchen ab und generell natürlich von der Akzeptanz des SCC in der Praxis.