RHEINISCH-
WESTFÄLISCHE
TECHNISCHE
HOCHSCHULE
AACHEN

INSTITUT FÜR BAUFORSCHUNG AACHEN

Institut für Bauforschung Aachen

Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. Brameshuber
Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Raupach

Postfach, 52056 Aachen
Schinkelstraße 3, 52062 Aachen

Telefon +49 (0) 241 80-9 51 00
Telefax +49 (0) 241 80-9 21 39

E-Mail postmaster@ibac.rwth-aachen.de

www.ibac.rwth-aachen.de

KURZBERICHT

F 840

Entwicklung von zementgebundenen Fließestrichen mit hohem Frostwiderstand

Z 6 - 5.4-02.13 / II 13 – 80 01 02 - 13

1 ZIEL DER FORSCHUNGSAUFGABE

Bauteile wie Terrassen und Balkone zählen zu den anfälligsten Bauteilen überhaupt. Schätzungen zufolge liegt die Anzahl von schadhaften Balkonen und Terrassen in Deutschland bei mindestens 20 Millionen. Dabei ist die Ursache des Schadens an diesen Bauteilen oftmals ein Frostschaden an einem herkömmlichen, händisch verdichteten Zementestrich (CT), der als Untergrund zur Aufnahme eines Oberbelages dient. Der Grund für die hohe Frostempfindlichkeit dieser Estriche liegt in der haufwerksporigen Struktur, die eine schnelle Wassersättigung ermöglicht. Wenn das Wasser aus dem Estrich nicht abfließen kann, z. B. durch eine bituminöse Abdichtung bei einer Terrasse oder einem Balkon, erfolgt eine Schädigung infolge Frost-Tauwechselbeanspruchung. Die Schädigung erfolgt meistens schon innerhalb der ersten fünf Jahre nach Fertigstellung des Bauteils. Erkennbar sind Schäden häufig sehr viel später, meist dann, wenn die ausführende Unternehmung nicht mehr in der Gewährleistung steht. Zum Schutz vor diesen Frostschäden wurde in der Vergangenheit das Verfahren der herkömmlichen Estrichherstellung für Estriche, die als Untergrund für keramische Fliesen- und Platten

dienen, modifiziert. Die Regelwerke sehen hier einen Schutz des Estriches vor einer nachhaltigen Durchfeuchtung vor.

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung von Zementfließestrichen (CTF), die sich durch einen hohen Frostwiderstand auszeichnen. Dabei sollen Kennwerte für geeignete Zusammensetzungen angegeben werden, z. B. Zement- und Wassergehalt oder auch die Zementart. Durch den Einsatz von Zementfließestrichen mit hohem Frostwiderstand können Bauschäden infolge Frostbeanspruchung, die bei herkömmlichen Zementestrichen sehr häufig auftreten, vermieden und Sanierungsmaßnahmen schadensfrei durchgeführt werden. Zusätzlich ist mit einer Rationalisierung des Bauablaufs und Senkung der Baukosten zu rechnen, da die erhöhten Materialkosten durch den effektiveren Einbau ohne weitere Maßnahmen (Abdichtungen zum Schutze des Estrichs) kompensiert werden.

2 DURCHFÜHRUNG DER FORSCHUNGSAUFGABE

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sollen neuartige Zementfließestriche mit hohem Frost-Tau-Widerstand entwickelt werden. Das Arbeitsprogramm untergliedert sich in drei Stufen. Im ersten Teil soll eine rheologische Optimierung der Mischungen erfolgen. Maßgebliche Ziele waren dabei die Fragestellungen, ob Mischungen, die den Idealsieblinien entsprechen, die zur Erzielung einer dichtesten Packung verwendet werden, auch ein optimiertes rheologisches Verhalten zeigen. Im zweiten Teil des Arbeitsprogramms werden auf Basis der Ergebnisse der ersten Stufe Mischungen entwickelt und gezielt der Einfluss des verwendeten Ausgangsstoffes und der Mischungszusammensetzungen auf ausgewählte Kenngrößen ermittelt. Im dritten und letzten Teil der Untersuchungen werden schließlich auf Basis der bis dorthin gewonnen Erkenntnisse die Praxistauglichkeit der Mischungen überprüft. Dazu wurde ein im Rahmen dieses Forschungsprojektes entwickelter CTF in einem Pilotprojekt in der Praxis eingesetzt.

3 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Bei den rheologischen Untersuchungen wurde durch einen volumetrischen Austausch der Ausgangsstoffe die Sieblinie systematisch variiert und die Auswirkungen auf das

rheologische Verhalten analysiert. Die Untersuchungen erfolgten an selbstverdichtenden Mörteln (SVM), den Basismörteln von CTF mit einem Größtkorn von 2 mm.

Die Untersuchungen zeigen, dass SVM mit einem hohen Anteil an sphärisch geformten Körnern rheologisch einem Bingham Körper entsprechen. Dieses wurde bei der Verwendung von Schmelzkammer-Flugasche festgestellt. Bei einem hohen Anteil von kantigeren Körnern wie Flugaschepartikel aus der Trockenfeuerung oder aber vor allem Kalksteinmehlen zeigen die SVM in Abhängigkeit von dem Wassergehalt überwiegend ein dilatantes Verhalten.

In zahlreichen Untersuchungen wurden Idealsieblinien zur Erzielung einer dichtesten Packung entwickelt. Bislang wurde jedoch noch nicht untersucht, ob diese Idealsieblinien ebenfalls ein optimiertes rheologisches Verhalten bewirken. Für den Anwendungsfall SVM sind prinzipiell die Idealsieblinien nach Funk und Dinger sowie nach Fuller und Thompson geeignet. Es wurde festgestellt, dass die SVM ein optimiertes rheologisches Verhalten zeigen, wenn die Sieblinien möglichst nahe an der Idealsieblinie nach Funk und Dinger liegen. Der Abstand zwischen den Feststoffpartikeln und der Wasseranspruch, welcher ein indirekter Parameter für den Partikelabstand ist, bildet einen direkten Zusammenhang zur Korngrößenverteilung und zur Kornform. Bei einer Idealsieblinie sind alle Kornzwischenräume mit Feststoffpartikeln gefüllt. Das Wasser, das aus diesen Kornzwischenräumen verdrängt wird, umhüllt die Körner und vergrößert den Abstand zwischen den Partikeln. SVM die hinsichtlich der Sieblinie der Idealsieblinie nach Funk und Dinger entsprechen zeigen tendenziell bessere rheologische Eigenschaften als solche nach dem Modell von Fuller und Thompson. Als eine granulometrische Kenngröße zur Untersuchung des Einflusses der Korngrößenverteilung auf das rheologische Verhalten wurde die „Siebliniendifferenz“ definiert. Diese wurde aus der Differenz der Siebdurchgänge zwischen der tatsächlichen Sieblinie und der Sollsieblinie berechnet.

Die gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen bei bekannter Kornzusammensetzung der Ausgangsstoffe zielgerichtet einen Mischungsentwurf für CTF und Selbstverdichtende Betone des Mehlkorntyps, der im Wesentlichen auch schneller und praktikabler ist als die üblicherweise zum Einsatz kommenden Verfahren wie z. B. das japanische Konzept.

Auf den Anwendungsfall CTF übertragen belegen die Ergebnisse, dass eine sorgfältige Auswahl der Ausgangsstoffe und eine granulometrische Optimierung der Feinstoffe die Herstellung von CTF mit einem niedrigen Wassergehalt und eine für die Verarbeitbarkeit erforderliche niedrige Viskosität ermöglichen. Niedrige Wassergehalte bzw.

Wasserzementwerte sind die Grundvoraussetzung für die Herstellung von CTF mit hohem Frost-Tau-Widerstand sowie für eine geringe Schwindverformung.

Im Rahmen der Untersuchungen wurde bei der systematischen Untersuchung der Ausgangsstoffe und der Mischungsentwicklung der CTF folgendes festgestellt:

- CTF haben i.d.R. höhere Druck- und Biegezugfestigkeiten als normkonforme CT. Eine Reduzierung der Schichtdicken für den Innenbereich auf zulässige Werte für Kalziumsulfatestriche, die in den Regelwerken nicht vorgesehen ist, ist somit technisch möglich.

- Aufgrund der hohen Festigkeiten ist die Verwendung von Zementen der Festigkeitsklasse 32,5 N bzw. R vollkommen ausreichend. Der Zementgehalt kann prinzipiell bei CTF für den Innenbereich gegenüber üblichen Gehalten deutlich auf Gehalte von ca. 100 - 150 kg/m³ reduziert werden. Die erforderlichen mechanischen Eigenschaften werden durch eine granulometrische Optimierung sicher erreicht. Widersprüchliche Ergebnisse wurden bei den Schwinduntersuchungen erzielt. Die Untersuchungen am Normprisma deuten auf ein günstigeres Schwindverhalten, die in der Schüsselrinne auf ein ungünstigeres Schwindverhalten hin. Dieses ist in weiterführenden Untersuchungen zu verifizieren.

- Der Wassergehalt ist so gering wie rheologisch möglich zu halten, weil durch niedrige Wassergehalte auch das Schwinden geringer ist.

- Der in der Literatur beschriebene positive Einfluss erhöhter Luftgehalte auf das Schwinden konnte nicht nachgewiesen werden.

- Der Einsatz eines Schwindreduzierers verringert signifikant das Schwinden, vermindert aber auch die Druckfestigkeit der CTF. Dieses muss bei der Konzeption solcher Mischungen unbedingt berücksichtigt werden.

- Ein eindeutiger Einfluss aus einer verlängerten Nachbehandlung auf das Schwinden war nicht erkennbar.

- Ein ausreichender Frost-Tauwiderstand der CTF wird durch eine dichte Packung der Feststoffpartikel in Verbindung mit einem normkonformen Zementgehalt für Stahlbeton-Außenbauteile und einem niedrigen Wassergehalt erreicht. Künstlich

eingeführte Mikroluftporen erhöhen zusätzlich den Frost-Tau-Widerstand, sind aber nicht zwingend erforderlich.

Abschließend wurden die Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben im Rahmen eines Pilotprojektes umgesetzt (Bild 1). Dabei wurde durch eine granulometrische Optimierung ein rheologisch optimierter CTF entworfen und in einem Transportbetonwerk hergestellt. Bei dem Einbau des CTF zeigte sich die hervorragende Eignung dieses Werkstoffes. Die Beobachtung dieses Bauteiles in den nächsten Jahren wird jetzt Aufschluss darüber geben, ob die sehr positiven Laborergebnisse in der Praxis bestätigt werden.

Bild 1: Im Rahmen des Pilotprojektes erstellte CTF-Probefläche