

23 (2010)

AKTUELLE FORSCHUNGSERGEBNISSE

Zielsichere Herstellung von flugaschehaltigen Luftporenbetonen bei Verwendung von verflüssigenden Betonzusatzmitteln

Target Oriented Production of Air-Entrained Fly Ash Concretes Using Plasticising Admixtures

J. Steinhoff, W. Brameshuber

1 EINLEITUNG

Ziel dieses Forschungsvorhabens war die Erarbeitung einer Verfahrensanweisung zur zielsicheren Herstellung von Luftporenbeton /1/. Zum einen sollte die gewonnene Kenntnis von ausgangsstoffbezogenen Ursachen die Möglichkeit bieten, durch eine gezielte Abstimmung der Betonzusatzmittel die Robustheit des Gesamtsystems „Luftporenbeton“ zu erhöhen. Dieser Aspekt wurde im Wesentlichen im parallel beantragten Forschungsvorhaben am Forschungsinstitut der Zementindustrie (FIZ) bearbeitet. Im vorliegenden Forschungsvorhaben wurde der Einfluss von Flugasche (FA) betrachtet. Es sollte ein praxisnahes Prüfverfahren entwickelt werden, mit dem die Einflüsse der Ausgangsstoffe auf die Luftporenbildung (LP-Bildung) auf einfache Weise erfasst werden können. Damit hätte der Anwender die Möglichkeit, die Gleichmäßigkeit von Ausgangsstoffen zu überprüfen und so Chargen, die möglicherweise Probleme im LP-Beton verursachen können, zu erfassen und von der Produktion auszuschließen. Ein Prüfverfahren, das prinzipiell in Frage kam, war der Foam Index Test (FIT), mit dem der LP-Bildneranspruch des Bindemittels und damit indirekt der des Betons mit geringem Material- und Geräteaufwand abgeschätzt werden kann. Ein Schwerpunkt lag in diesem Vorhaben auf der Weiterentwicklung des FIT hinsichtlich der Zugabe von Fließmittel (FM). Die Übertragbarkeit auf den Betonmaßstab sollte nachgewiesen werden. Neben der Optimierung des Prüfverfahrens als wesentliches Ergebnis der Untersuchungen sollten für den Anwender Handlungsanweisungen für einen sinnvollen Einsatz des Prüfverfahrens unter Praxisbedingungen gegeben werden.

2 FOAM INDEX TEST

Zu Beginn des Vorhabens wurde an ausgewählten Ausgangsstoffkombinationen sowohl mit synthetischen als auch mit natürlichen LP-Bildnern die Eignung des FIT bei Zugabe von FM überprüft. Generell war es zunächst schwierig, für den FIT zwei geeignete synthetische LP-Bildner auszuwählen, da sich nicht bei allen eine stabile Schaumschicht einstellte. Die Auswahl der Flugaschen als Betonzusatzstoff erfolgte vor dem Hintergrund bereits vorhandener Erkenntnisse zu den maßgebenden Eigenschaften im Hinblick auf eine Beeinträchtigung der Luftporenbildung im Beton. Es wurden 2 FA mit unterschiedlichen spezifischen BET-Oberflächen ausgewählt.

Der FIT wurde insofern variiert, dass das FM dem Zugabewasser und beides zusammen dem Bindemittel zugegeben wurde. Die Verwendung von FM im FIT ist prinzipiell möglich. Es stellt sich ebenso eine stabile Schaumschicht ein wie bei den Versuchen ohne FM (Bild1).



Bild 1: Schaumschicht bei Verwendung eines FM und eines natürlichen LP-Bildners

Fig.1: Foam layer by the use of superplasticizer and a natural air entraining agent

Bei unterschiedlichen Dosierungen der FM (0,5, 1,0 und 2,0 M.-% vom Bindemittelgehalt) ergaben sich keine signifikant unterschiedlichen Ergebnisse, weshalb die Dosierungen für die systematischen Untersuchungen mit diversen Ausgangsstoffen auf 0,5 M.-% festgesetzt wurden.

Die bisher zum FIT gezogenen Schlussfolgerungen /2/ wurden durch dieses Forschungsvorhaben relativiert. Zwar ist der FIT prinzipiell durchführbar, jedoch konnten die Aussagen über den Zusammenhang zwischen spezifischer Oberfläche der FA und dem Foam Index nicht bestätigt werden. Das lag mit großer Wahrscheinlichkeit daran, dass sich die BET-Oberflächen nicht genügend voneinander unterschieden. In /2/ betrug die geringste spezifische BET-Oberfläche der FA 0,9 m²/g, die größte 5,4 m²/g, wobei letztere Flugasche allerdings nicht DIN EN 450-1 entspricht. Es wurden eindeutig höhere Foam Indizes bei der größten BET-Oberfläche festgestellt (s. Bild 2). Die Ergebnisse der Tests mit den FA, deren spezifische Oberflächen im Bereich zwischen 0,9 und 2,1 m²/g lagen, wiesen jedoch wie im vorliegenden Forschungsvorhaben ebenfalls keine gute Korrelation zwischen BET-Oberflä-

che und Foam Index auf. Des Weiteren konnte die Aussage, dass bei Verwendung von FM weniger LP-Bildner benötigt wird, durch die Untersuchungen in diesem Vorhaben nicht bestätigt werden.

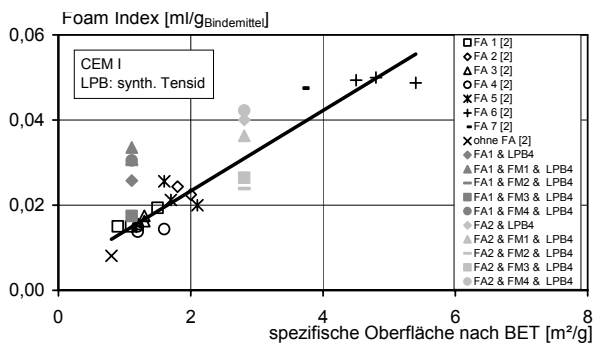


Bild 2: Zusammenhang zwischen Foam Index und spezifischer Oberfläche nach BET im Vergleich zu /2/

Fig. 2: Correlation between foam index and BET specific surface area compared to /2/

3 BETONVERSUCHE

Eine der wichtigsten Fragestellungen in diesem Vorhaben war die Übertragbarkeit der Ergebnisse der Foam Index Tests auf den Beton. Es stellte sich jedoch heraus, dass zum einen die FIT-Ergebnisse an sich keine systematischen Zusammenhänge erkennen lassen und zum anderen keine Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf den Beton vorhanden war. In Bild 3 sind die Ergebnisse der Foam Index Tests über die Zugabemengen eines natürlichen LP-Bildners bei den entsprechenden Betonmischungen mit CEM I aufgetragen. Die Mischung mit der FA2, bei der eine höhere spezifische BET-Oberfläche vorlag, benötigte im Gegensatz zu den Foam Index Tests auch mehr LP-Bildner als die mit der FA1.

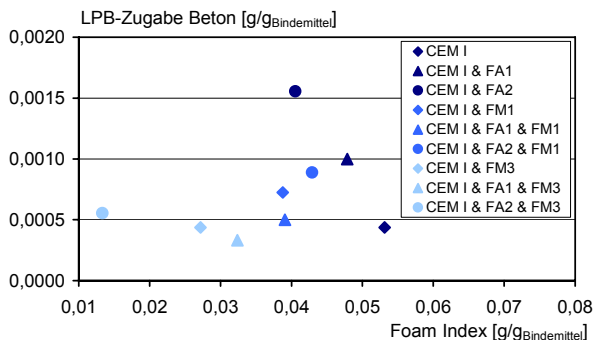


Bild 3: LP-Bildnerbedarf im Beton in Abhängigkeit vom Foam Index mit einem natürlichen LP-Bildner

Fig. 3: Demand of natural air entraining agent in concrete depending on the foam index

Des Weiteren stellte sich als problematisch heraus, die geforderten Kennwerte (Luftgehalt von 5,5 Vol.-% und Ausbreitmaß zwischen 530 und 550 mm 45 Minuten nach Herstellung) einzustellen. Die zweite Schwierigkeit bei den Betonversuchen bestand darin, dass bei Verwendung der synthetischen LP-Bildner durch nachträgliches

Einbringen von Mischenergie deutlich höhere Luftgehalte erzielt wurden. Der Luftgehalt hing offenbar primär von der Mischenergie und weniger von der Dosierung ab. Es stellt sich somit die Frage, ob der FIT mit einem synthetischen LP-Bildner überhaupt aussagekräftig ist, da ein LP-Bildneranspruch im üblichen Sinne nicht vorhanden ist und es schwierig war, für den FIT geeignete synthetische LP-Bildner auszuwählen.

Aufgrund der oben beschriebenen Ergebnisse der Foam Index Tests und der nicht vorhandenen Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Betonmaßstab wurde das gewünschte Ziel hinsichtlich der Erarbeitung einer Handlungsanweisung in diesem Forschungsvorhaben nicht erreicht, weshalb die im Vorhaben vorgesehenen Praxisversuche nicht durchgeführt wurden.

4 ZUSAMMENFASSUNG

Obwohl das Forschungsziel einer Verfahrensanweisung zur zielsicheren Herstellung von flugaschehaltigen LP-Betonen nicht erreicht werden konnte, konnte dennoch der Kenntnisstand auf dem Gebiet der Luftporenbetone bei Verwendung von verflüssigenden Betonzusatzmitteln erweitert werden. Es konnte gezeigt werden, dass die Zugabereihenfolge (zunächst LP-Bildner, anschließend FM) einzuhalten ist, um einen robusten Luftporenbeton herzustellen. Weiterhin spielt vor allem bei synthetischen LP-Bidnern die Mischenergie eine wichtige Rolle. Ferner konnte anhand von CDF-Prüfungen festgestellt werden, dass nicht zwangsläufig Schäden auftreten müssen, wenn die im FGSV-Merkblatt /3/ genannten Anforderungen an die LP-Kennwerte (Mikroluftporengehalt und Abstands faktor) nicht eingehalten werden. Die Ergebnisse des Vorhabens zeigen, dass weiterer Forschungsbedarf zum Zusammenwirken von Bindemittel mit LP-Bildner und v. a. von FM mit LP-Bildner besteht. Das Hauptaugenmerk sollte dabei zunächst auf die fachgerechte Herstellung eines Luftporenbetons gerichtet werden.

5 LITERATUR

- /1/ Brameshuber, W. ; Steinhoff, J.: Zielsichere Herstellung von flugaschehaltigen Luftporenbetonen bei Verwendung von verflüssigenden Betonzusatzmitteln: Institut für Bauforschung, RWTH Aachen University, 2010. - Forschungsbericht Nr. F 972
- /2/ Brameshuber, W. ; Uebachs, S. ; Spörel, F.: Einfluss von Flugasche auf die Bildung und Stabilität künstlich eingeführter Luftporen im Beton (VGB-Nr. P 210). Aachen : Institut für Bauforschung, 2003. - Forschungsbericht Nr. F 806
- /3/ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton. Köln : Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, 1991 ; 2004

Forschungsförderer: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen – F 972