Bauforschung

Reduzierung des Alkalitätsdepots durch Puzzolane

T 2647

Fraunhofer IRB Verlag

T 2647

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstelungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

INSTITUT FÜR BAUFORSCHUNG
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Direktoren: Professor Dr.-Ing. H. R. Sasse · Professor Dr.-Ing. P. Schießl

Schinkelstraße 3, D-52056 Aachen
Telefon (02 41) 80-51 00 · Telex 8 32 704 thac d · Telefax (02 41) 88 88-139

Ws/Fo
4. Ausfertigung

THEMA

Reduzierung des Alkalitätsdepots durch Puzzolane

ABSCHLUSSBERICHT

Forschungsbericht Nr.

F 397
vom 31.05.1994

Projektleiter

Prof. Dr.-Ing. P. Schießl

Sachbearbeiter

Dipl.-Ing. U. Wiens
Dipl.-Ing. W. Breit

Auftraggeber/
Förderer

Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)
Reichpietschufer 74-76

D-10785 Berlin

Auftragsdatum

06.05.1991

Aktenzeichen

-

Dieser Bericht umfaßt 177 Seiten, davon 166 Textseiten.
Soweit Versuchsmaterial nicht verbraucht ist, wird es nach 4 Wochen vernichtet.
Eine längere Aufbewahrung bedarf einer schriftlichen Vereinbarung.
Die auszugsweise Veröffentlichung dieses Berichtes, seine Verwendung für Werbezwecke sowie die inhaltliche Übernahme in Literaturdatenbanken bedürfen der Genehmigung des ibac.

INHALTSVERZEICHNIS **Seite**

1	KURZFASSUNG	1
2	ABSTRACT	3
3	RESUME	4
4	ZIEL UND ABLAUF DES FORSCHUNGSVORHABENS	5
5	LITERATURAUSWERTUNG	6
5.1	Puzzolane - Übersicht	6
5.1.1	Herkunft und chemische Zusammensetzung von künstlichen Puzzolanen	7
5.1.1.1	Steinkohlenflugasche	7
5.1.1.2	Silicastaub	9
5.2	Hydratationsvorgänge und Zusammensetzung der Porenlösung im Zementstein ohne Puzzolane	10
5.3	Puzzolanische Reaktion der Steinkohlenflugasche	13
5.3.1	Allgemeines	13
5.3.2	Beeinflussung der Zementhydratation durch Steinkohlenflugasche	14
5.3.3	Lösungsverhalten der Steinkohlenflugasche in der Porenlösung	15
5.3.4	Reaktion mit Calciumhydroxid	17
5.3.5	Ablauf und Geschwindigkeit der puzzolanischen Reaktion	21
5.3.6	Einflußgrößen auf die puzzolanische Reaktion der Steinkohlenflugasche	24
5.3.7	Hydratationsprodukte bei der Reaktion von Steinkohlenflugasche mit Calciumhydroxid	28
5.3.8	Alkalität der Porenlösung in Zementstein mit Steinkohlenflugasche	30
5.3.9	Zusammenfassung	33
5.4	Puzzolanische Reaktion des Silicastaubes	34
5.4.1	Beschleunigung der Zementhydratation durch Silicastaub	34
5.4.2	Lösungsverhalten des Silicastaubes in der Porenlösung	35
5.4.3	Reaktion mit Calciumhydroxid	36
5.4.4	Geschwindigkeit der puzzolanischen Reaktion	38
5.4.5	Reaktivität des Silicastaubes	39

INHALTSVERZEICHNIS **Seite**

5.4.6	Hydratationsprodukte bei der Reaktion von Silicastaub mit Calciumhydroxid	41
5.4.7	Alkalität der Porenlösung in Zementstein mit Silicastaub	41
5.4.8	Zusammenfassung	44
5.5	Einfluß von puzzolanischen Zusatzstoffen auf die Porenstruktur des Zementsteins	45
5.5.1	Allgemeines	45
5.5.2	Steinkohlenflugasche	46
5.5.3	Silicastaub	50
6	EINFLUSS VON PUZZOLANISCHEN ZUSATZSTOFFEN AUF DIE CHLORIDINDUZIERTE KORROSION IM STAHLBETON	52
6.1	Einfluß von puzzolanischen Zusatzstoffen auf den Chloridgehalt im Zementstein	52
6.1.1	Allgemeines	52
6.1.2	Chloridgehalt in Zementstein ohne Puzzolane	52
6.1.3	Einfluß von Silicastaub auf den Chloridgehalt im Zementstein	53
6.1.4	Einfluß von Steinkohlenflugasche auf den Chloridgehalt im Zementstein	56
6.1.5	Zusammenfassung	58
6.2	Elektrochemische Vorgänge bei der chloridinduzierten Korrosion der Bewehrung	59
6.2.1	Allgemeines	59
6.2.2	Meßtechnische Beschreibung von Korrosionsvorgängen	62
6.3	Der Einsatz von Silica-Staub im Beton	66
6.4	Der Einsatz von Steinkohlenflugasche im Beton	69
7	ZUSAMMENFASSUNG DER LITERATURERGEBNISSE	73
8	VERSUCHSPROGRAMM	76
8.1	Allgemeine Überlegungen	76

INHALTSVERZEICHNIS **Seite**

8.2	Ausgangsstoffe	77
8.2.1	Zemente und Zusatzstoffe	77
8.2.2	Zuschlag	78
8.3	Mischungszusammensetzungen, Herstellung und Nachbehandlung	78
8.3.1	Zementsteinversuche	78
8.3.2	Betonversuche	81
9	VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	83
9.1	Ausgangsstoffe	83
9.2	Zementsteinversuche	85
9.2.1	Gesamtporosität und Porengrößenverteilung	85
9.2.2	Zusammensetzung der Porenlösung	86
9.2.3	Calciumhydroxidgehalt im Zementstein	87
9.2.4	Reagierter Flugascheanteil	89
9.3	Betonversuche	91
9.3.1	Druckfestigkeit	91
9.3.2	Karbonatisierung	91
9.3.3	Untersuchungen zum Korrosionsverhalten der Bewehrung in Betonen mit hohen Puzzolangehalten	92
9.3.3.1	Aufbau der Korrosionszellen	92
9.3.3.2	Allgemeines zum angewendeten Strommeßverfahren	94
9.3.3.3	Ermittlung des Elektrolytwiderstandes	96
9.3.3.4	Multi-Ring-Elektrode	97
10	ERGEBNISSE UND DISKUSSION DER ZEMENTSTEINVERSUCHE	99
10.1	Gesamtporosität und Porengrößenverteilung	99
10.2	Verbrauch von Calciumhydroxid im Zementstein	109
10.3	Zusammensetzung der Porenlösung	118
11	ERGEBNISSE UND DISKUSSION DER BETONVERSUCHE	127
11.1	Druckfestigkeit	127

INHALTSVERZEICHNIS **Seite**

11.2	Karbonatisierung	129
11.3	Ergebnisse zum Korrosionsverhalten der Bewehrung in Betonen mit hohen Puzzolangehalten	130
11.3.1	Ergebnisse der Elementstrommessungen	130
11.3.2	Ergebnisse der Untersuchungen zum Elektrolytwiderstand	134
11.3.2.1	Ergebnisse der Elektrolytwiderstandsmessungen der Korrosionsprüfkörper	134
11.3.2.2	Ergebnisse der Elektrolytwiderstandsmessungen mit der Multi-Ring-Elektrode	138
11.3.3	Zusammenhang zwischen Elementstrom und Elektrolytwiderstand	142
11.3.4	Visuelle Beurteilung der Stahloberflächen	144
12	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	147
13	FORSCHUNGSBEDARF	151
14	LITERATUR	152
	Tabellen	A1-A11