

Andreas Volkwein, Marc Zintel

Untersuchungen über das Temperaturverhalten von geklebten Betonstahlverbindungen

F 2767

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen 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.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

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

© by Fraunhofer IRB Verlag

2010

ISBN 978-3-8167-8432-6

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

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung

Bundesamt für Bauwesen und
Raumordnung/Zukunft Bau

Dr.-Ing. M. Brüggemann

Deichmanns Aue 31-37

53179 Bonn

Lehrstuhl für Baustoffkunde
und Werkstoffprüfung
Universitäts- Professor
Dr.-Ing. Ch. Gehlen

Baumbachstraße 7
D-81245 München

Tel. +49 (0) 89-289-2 70 61
Fax +49 (0) 89-289-2 70 64
cbm@cbm.bv.tum.de

AG 3 Stahl und Korrosion

München, den 06.08.2010

ABSCHLUSSBERICHT

Nr.: 30-F-0016

Auftraggeber: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung/ Zukunft Bau
Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn

Betrifft: „Untersuchungen über das Temperaturverhalten von
geklebten Betonstahlverbindungen“

Diese Forschungsarbeit wurde mit Mitteln der
Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesamtes für
Bauwesen und Raumordnung gefördert
Aktenzeichen: Z 6 – 10.08.18.7-07.24 / II 2 – F20-07-4
Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren

Bezug: Zuwendungsbescheid vom 26.09.2007:
Z6 – 10.08.18.7 – 07.24

Dieser Bericht umfasst: 111 Textseiten (inkl. Deckblatt)
und 7 Seite im Anhang

Projektleitung: Dr.-Ing. Andreas Volkwein

Sachbearbeiter: Dipl.-Ing. Marc Zintel

Danksagung:

Für die Durchführung dieser Forschungsarbeit hat die Firma Pfeifer Seil- und Hebetechnik GmbH, 87700 Memmingen profilierte Stahlhülsen sowie Kleber/ Reaktionsharz-Mörtel (Firma Fischerwerke GmbH & Co KG, 79211 Denzlingen) zur Verfügung gestellt und einen Teil der Kosten für die Brandversuche übernommen. Hierfür gebührt der Firma ein besonderer Dank.

Inhaltsverzeichnis

1	EINFÜHRUNG, AUFGABENSTELLUNG	5
1.1	ÜBERSICHT ZU BETONSTAHLVERBINDUNGEN	5
1.1.1	<i>Allgemeines</i>	5
1.1.2	<i>Indirekter Stoß durch Verbund</i>	5
1.1.3	<i>Direkter Stoß</i>	5
1.1.3.1	Schweißverbindungen	5
1.1.3.2	Mechanische Verbindungen	6
1.2	AUFGABENSTELLUNG UND ZIELSETZUNG	8
2	STAND DES WISSENS	10
2.1	EINBINDEN VON BETONSTAHL IN BOHRUNGEN MIT ZEMENT-/ KUNSTHARZMÖRTEL	10
2.2	VERBUNDDÜBEL („CHEMISCHE DÜBEL“, KLEBEDÜBEL)-/ VERBUNDANKER	11
2.3	MÖRTELMUFFENSTOß	12
2.4	SEILVERANKERUNGEN	13
2.5	KLEBEBEWehrUNG (ANGEKLEBTE STAHLASCHEN/ STAHLAMELLEN)	14
2.6	CHEMISCHE UND MECHANISCHE GRUNDLAGEN ZU REAKTIONSHARZEN	15
2.6.1	<i>Chemische Grundlagen</i>	15
2.6.2	<i>Reaktionsgeschwindigkeit, Arrhenius-Gesetz und Aushärtung</i>	16
2.6.3	<i>Erweichen in der Wärme</i>	22
2.6.4	<i>Verformungsverhalten</i>	24
2.6.4.1	Grundlagen	24
2.6.4.2	Kriechkurven-Approximation	26
2.6.4.3	Anwendbarkeit des Norton/ Bailey/ Findley-Ansatzes auch auf Klebeanker	31
2.6.5	<i>Festigkeit</i>	32
2.6.6	<i>Beispiele für Einflüsse auf das Kurzzeit- und Dauerstandverhalten</i>	42
2.6.6.1	Aushärtungsgrad	42
2.6.6.2	Kriechen und Dauerstandfestigkeit	44
2.6.6.3	Zusatzstoffe/ Füllstoffe	46
2.6.6.4	Alterung	47
2.6.6.5	Temperatureinfluss	50
2.6.6.6	Folgerung aus den Vorkenntnissen für Betonstahl-Klebeverbindungen	52
2.6.6.7	Schwingende Beanspruchung	52
2.6.6.8	Einfluss von Feuchtigkeit und Basizität des Betons	53
3	EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN	55
3.1	VERWENDETE MATERIALIEN UND VERBINDUNGSKONSTRUKTION	55
3.1.1	<i>Übersicht</i>	55
3.1.2	<i>Stahlmuffen/ -hülsen</i>	56
3.1.3	<i>Klebe-/ Injektionsmörtel (a), (b1) bis (b3) sowie Verfahren (c1) und (c2)</i>	57
3.1.4	<i>Betonstähle nach DIN 488 und höherfeste Betonstähle</i>	62
3.1.5	<i>Herstellung der Klebeverbindung im Mörtel-Injektionsverfahren</i>	64
3.1.6	<i>Herstellung der Klebeverbindung mit einer Stahlschrot-„Packung“</i>	65
3.2	ÜBERLEGUNGEN ZUM TRAG- UND VERFORMUNGSVERHALTEN	66
3.3	KURZZEIT-ZUGVERSUCHE UND SCHLUPFMESSUNGEN	70
3.3.1	<i>Durchführung und Auswertungsvorgehen</i>	70
3.3.2	<i>Zugversuch an einer Probe mit „trockener Stahlschrot-Packung“</i>	73
3.3.3	<i>Zugversuche an verpressten Proben bei unterschiedlichen Prüftemperaturen</i>	73
3.3.4	<i>Ergebnisse der Schlupfversuche</i>	78
3.4	KRIECHVERSUCHE	82
3.4.1	<i>Übersicht und Versuchsbeschreibung</i>	82
3.4.2	<i>Exemplarische Ergebnisse der Dauerstand- bzw. Kriechversuche</i>	87
3.5	DAUERSCHWINGVERSUCHE	93
3.6	VERSUCHE UNTER BRANDEINWIRKUNG	96
3.6.1	<i>Allgemeines</i>	96
3.6.2	<i>Versuchsplanung</i>	96
3.6.3	<i>Prüfanordnung und -durchführung</i>	98
3.6.4	<i>Ergebnisse</i>	99
3.6.4.1	Versuch A für Feuerwiderstandsklasse F90	99

3.6.4.2	Versuch B für Feuerwiderstandsklasse F60	101
3.6.5	<i>Rest-Tragfähigkeit von noch intakten Klebestößen/ Klebestoßhälften</i>	102
3.6.6	<i>Bewertungen</i>	103
4	ZUSAMMENFASSUNG, FOLGERUNGEN UND AUSBLICK	104
5	LITERATURVERZEICHNIS	107

ANHANG: Details zu den Brandversuchen