

Matthias Pahn, Arnaud Pavis d'Escurac

**Tragverhalten von
schlanken Sandwichelementen
mit GFK-Verbindungsmiteln
unter Vertikallast**

F 3009

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) 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

2017

ISBN 978-3-7388-0073-9

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

„Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert. (Aktenzeichen: II 3-F20-12-1-039 / SWD -10.08.18.7 -13.24)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor“.

Projekt: Tragverhalten von schlanken Sandwichelementen mit GFK- Verbindungsmitteln unter Vertikallast

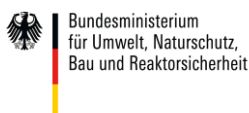
Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Matthias Pahn
Sachbearbeiter: Dipl.-Ing. Arnaud Pavis d'Escurac, M. Eng.

Datum: 26. Februar 2016

Prof. Dr.-Ing. Matthias Pahn

Dipl.-Ing. Arnaud Pavis d'Escurac, M.Eng.

Gefördert durch:



Inhaltsverzeichnis

Dieser Bericht umfasst 87 Seiten.

1. Einleitung	4
2. Umfang des Forschungsprojektes	4
3. Stabilitätsversuche	5
3.1. <i>Versuchsprogramm</i>	5
3.1.1. Hauptprogramm	5
3.1.2. Nebenprogramm	6
3.2. <i>Herstellung der Versuchskörper</i>	7
3.2.1. Versuchskörper 2 bis 9	7
3.2.2. Versuchskörper 10 und 11	8
3.2.3. Versuchskörper 12	9
3.3. <i>Versuchsstand und Messtechnik</i>	11
3.3.1. Versuchsaufbau	11
3.3.2. Messtechnik	13
4. Versuchsdurchführung und Versuchsergebnisse	17
4.1. <i>Hauptprogramm</i>	17
4.1.1. Referenzversuchskörper: Tragschale	17
4.1.2. Versuchskörper mit einer 6 cm dicken Dämmschicht aus Styropor	20
4.1.3. Versuchskörper mit einer 14 cm dicken Dämmschicht aus Styropor	22
4.1.4. Versuchskörper mit einer 20 cm dicken Dämmschicht aus Styropor	24
4.1.5. Versuchskörper mit einer 6 cm dicken Dämmschicht aus Styrodur	27
4.1.6. Versuchskörper mit einer 14 cm dicken Dämmschicht aus Styrodur	29
• Versuchskörper 6 a	29
• Versuchskörper 6 b	30
4.1.7. Versuchskörper mit einer 20 cm dicken Dämmschicht aus Styrodur	32
4.1.8. Versuchskörper mit einer 14 cm dicken Dämmschicht aus Styropor und TA-D	33
4.1.9. Versuchskörper mit einer 14 cm dicken Dämmschicht aus Styrodur und TA-D	35
4.1.10. Versuchskörper ohne Dämmung	38
4.1.11. Versuchskörper ohne Dämmung mit TA-D	39
4.1.12. Versuchskörper mit einer 14 cm dicken Dämmschicht aus Styrodur und Gitterträgern	41
4.2. <i>Nebenversuchsprogramm</i>	42
5. Auswertung der Versuche	44
5.1. <i>Nebenversuchsprogramm</i>	44
5.1.1. Mögliche Versagensarten eines druckbeanspruchten Traggliebes	44
Das Forschungsprojekt beschäftigt sich mit dem Tragverhalten von schlanken Sandwichelementen.	44
Drei Versagensarten von Betonbauteilen unter Normalkraft sind zu unterscheiden:	44
Wird ein ideal gerader Stab einer Druckkraft ausgesetzt, steigt die aufgenommene Kraft in einer stabilen Form ohne Querverformung bis zum Erreichen der Verzweigungslast (auch Knicklast genannt). Bei dieser Last, die von Euler in Abhängigkeit von den Lagerungsbedingungen, den Stababmessungen	

und -Eigenschaften definiert wurde, tritt Stabilitätsversagen auf. Die Knicklast für einen beidseitig gelenkig gelagerten Stab ist gleich:	44
In der Realität existiert aber kein perfekter Druckstab, sondern es treten immer Exzentrizitäten auf, die eine reine Druckbeanspruchung ausschließen und eine kombinierte Beanspruchung (Moment und Normalkraft) hervorrufen. An der Stelle müssen zwei Fälle unterschieden werden.	45
Ist das Bauteil nicht schlank oder nur mäßig schlank, wird ein Querschnittsversagen eintreten. Es findet zum Beispiel ein Versagen der Betondruckzone statt oder die Bewehrung fließt auf der Zugseite. In diesem Fall handelt es sich nicht um ein Stabilitätsversagen (siehe (Wommelsdorf, 2012)).	45
Ist das Bauteil sehr schlank, versagt es, ohne dass seine Querschnittsgrenzen ausgeschöpft werden. Nach dem Erreichen der Traglast ist ein abfallender Ast zu beobachten, der einer Steifigkeitsabnahme des Querschnitts entspricht. In diesem Fall ist wieder von einem Stabilitätsproblem zu sprechen, obwohl eigentlich keine Verzweigung des Lastpfades vorhanden ist (siehe (Wommelsdorf, 2012)).	45
5.1.2. Eigenschaften der getesteten Tragschalen	45
5.1.3. Dehnungs- und Spannungsverläufe im Querschnitt und Aussage über die Exzentrizität nach Theorie 1. Ordnung	50
5.1.4. Momenten-Krümmungslinie	53
5.1.5. Nachrechnung	55
5.2. Hauptversuchsprogramm	58
5.2.1. Nachrechnung bis zur Rissbildung in der Vorsatzschale am Beispiel des Versuchskörpers Nr.6 (Kernschicht bestehend aus 14 cm Styropor mit horizontalen Thermoankern)	58
5.2.2. Aufstellung der Differentialgleichungen zur Beschreibung des Sandwichtragverhaltens nach Theorie 2. Ordnung unter in die Tragschale zentrisch eingeleiteter Druckbeanspruchung	65
5.3. Vergleich zwischen der alleinstehenden Tragschale und den Sandwichwandstreifen	72
5.4. Prinzipielles Tragverhalten	75
5.5. Einfluss des Dämmstofftyps auf die Versagenslast	78
5.6. Einfluss der Steifigkeit der Kernschicht auf die Versagenslast	78
5.7. Beanspruchungen der Betonschalen	79
5.8. Traganteile	81
5.9. Biegelinien	83
5.10. η - μ Diagramme und Nachrechnung	84
<i>Die Normalkraft-Momenten-Verläufe der Sandwichelemente sind dem Verlauf der alleinstehenden Tragschale ähnlich. Jedoch fehlen die Querschnittstragfähigkeiten, um eine Umhüllung der Ergebnisse zu ermöglichen. Stamm und Witte können für Sandwichwände mit dicken Schalen eine Knicklast definieren. Dafür gehen sie aber davon aus, dass die Last am Schwerpunkt des Sandwichquerschnitts angreift, was hier nicht der Fall ist. Es existiert also kein Verzweigungsproblem, wie in Bild 95 zu sehen. Nur bei dem theoretischen Fall einer extrem schubweichen Kernschicht könnte eine theoretische Knicklast definiert werden. Diese würde der nach Euler definierten Knicklast entsprechen.</i>	84
6. Zusammenfassung und Ausblick	85
7. Literaturverzeichnis	86
8. Anhang	87