

Blechlamellenstützen für den Hochbau aus hochfesten Stählen (IGF-Nr. 21366 N)

Steel-sheet columns for high raised buildings made of high-strength steel

Ameri, Shaghayegh; Zehfuß, Jochen; Schäfers, Michael; Mensinger, Martin

Abstract

This project proposes a novel composite column with concrete filled hollow section with high-strength steel-sheets as core, and aims to investigate thermo-mechanical performance of the columns under ambient condition and fire load. Adding solid steel core to concrete filled hollow section columns (CFHS) improved their load bearing capacity in both ambient and elevated temperature[1]; however, the thickness dependent residual stress distribution in solid steel sections (DIN EN 10025-2 [2]) has negative effect in mechanical performance of these elements. Therefore, the current project proposed replacing the solid section with steel-sheets which has smaller dimensions than solid sections and reduces imperfection effects of residual stress distribution. Besides, utilizing high-strength increases the load bearing capacity of the columns and leads to design of more slender columns which is more favorable for high-raised structures.

The mechanical performance of the proposed column is planned to be investigated in this project in normal and elevated temperature. Large scale tests will be conducted by Technical university of Munich and fire behavior will be conducted at Technical University Braunschweig-MPA. Advanced numerical models will be developed and calibrated by experimental tests and will be expanded by sensitivity analysis, in order to define effective parameters on thermo-mechanical performance of these columns. The results lead to generation of design concept as a guideline for designing steel-sheet columns in ambient condition and fire event.

1. Einführung

In diesem Projekt wird eine neuartige Verbundstütze mit betongefüllten Hohlprofilen und hochfesten Blechlamellen als Kern vorgeschlagen, deren thermomechanisches Verhalten unter Raumtemperatur und im Brandfall untersucht werden soll. Das Hinzufügen eines massiven Stahlkerns zu betongefüllten Hohlprofilstützen (CFHS) verbesserte deren Tragfähigkeit sowohl bei Raumtemperatur als auch bei erhöhter Temperatur; allerdings wirkt sich die dickenabhängige Eigenspannungsverteilung in massiven Stahlprofilen negativ auf die mechanische Tragfähigkeit dieser

Elemente aus. Daher wurde im Rahmen dieses Projekts vorgeschlagen, die Vollprofile durch Blechlamellen zu ersetzen, die kleinere Abmessungen als Vollprofile haben und die Auswirkungen der Eigenspannungsverteilung verringern. Außerdem wird die Tragfähigkeit der Stützen durch die Verwendung von hochfesten Stahlblechen erhöht und es können schlankere Stützen entworfen werden, die für Hochbauten vorteilhafter sind.

Die mechanische Leistung der vorgeschlagenen Stütze soll in diesem Projekt bei normaler und erhöhter Temperatur untersucht werden. Großversuche werden von der Technischen Universität München durchgeführt und das Brandverhalten wird an der Technischen Universität Braunschweig-MPA untersucht. Es werden erweiterte numerische Modelle entwickelt und durch experimentelle Versuche kalibriert und mit Sensitivitätsanalysen erweitert, um effektive Parameter für die thermomechanische Leistungsfähigkeit dieser Verbundstützen zu definieren. Die Ergebnisse führen zur Erstellung eines Bemessungskonzepts als Leitfaden für die Bemessung von Blechlamellenstützen unter Raum- und Brandbedingungen.

2. Durchführen von Traglastversuchen an Stützen unter ETK-Belastung

Der Brandversuch wurde an 4 Verbundstützen durchgeführt. Die Hüllrohre und die Stahlbleche sind aus hochfestem Stahl der Güte S890 bzw. S960 gefertigt und als Füllung wird der Beton C30/37 verwendet. Für alle Stützen wurden bei den Brandversuchen die gleiche Größe und Länge sowie die gleichen Randbedingungen (Eulerfall III-10 mm Exzentrizität) berücksichtigt. Der einzige Unterschied ist die Anzahl und dicke der Bleche, die als Kern verwendet werden (2 Stützen mit 4x40mm und 2 Stützen mit 8x20mm) und die Art der Verbindung zwischen den Blechen (geschweißt, geschraubt). Die Gesamtansicht der Stützen im Ofen und die Details der Querschnitte sind in Abbildung 1 dargestellt.

Die Brandraumtemperatur wird mittels 6 Platten-Thermoelemente in verschiedenen Höhen des Ofens in der Nähe der Stützen gemessen, um die Temperatur im Inneren des Ofens zu kontrollieren und um zu prüfen, ob die Einheitstemperatur-Zeitkurve (ETK) während des Tests eingehalten wird.

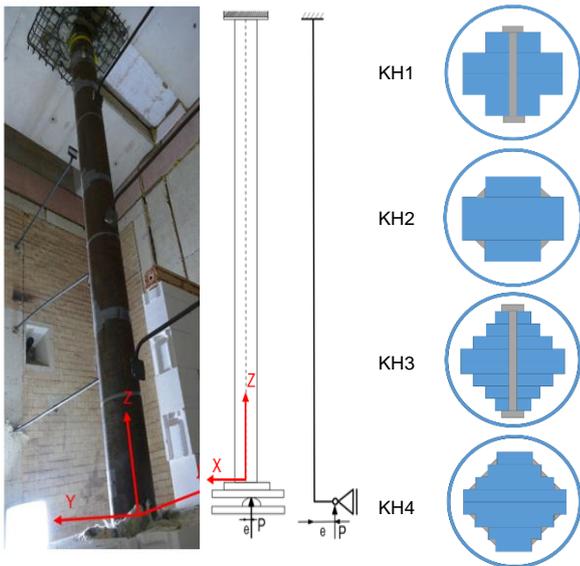


Abbildung 1: Gesamtansicht der Stütze im Ofen und Querschnitt der Stützen geschweißt, geschraubt

Darüber hinaus wurde die Temperatur der Stützen mit ca. 80 Thermoelementen gemessen, die im Inneren der Stützen in verschiedenen Abschnitten zwischen den Blechen und dem Beton und in verschiedenen Ebenen installiert waren. Zwei Öffnungen wurden als Dampfaustritt an der Ober- und Unterseite der Stützen betrachtet. Die Kraft und die vertikale Verformung werden von Sensoren in der hydraulischen Presse aufgenommen und die horizontale Verformung wird in der Mitte der Stütze mit einem LVDT-Sensor gemessen.

Bei allen vier Versuchen wurde die mechanische Belastung anfangs angelegt und für 30 Minuten konstant gehalten, dann wurde das ETK-Feuer angewandt, bis das nichtlineare geometrische Versagen (Knicken) in den Stützen auftritt.

3. Ergebnisse der Großversuche

Die Feuerwiderstandsdauer der Stützen hängt von der angewandten mechanischen Belastung ab und liegt zwischen 45 und 120 Minuten. die vertikale Verformung der Stützen ist in Abbildung 2 dargestellt.

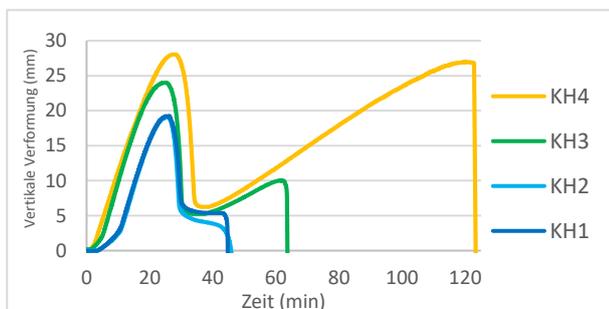


Abbildung 2: vertikale Verformung der Stützen während des Brandversuchs

Die Ergebnisse zeigen, dass die Stützen KH1 und KH2 mit ähnlichen Querschnitten und unterschiedlichen Verbindungstypen zwischen den Blechen (KH1-geschraubt, KH2-geschweißt) unter einer ähnlichen konstanten Last von 3100 kN bei einem ETK-brandlast gleichzeitig versagten, was zeigt, dass der Verbindungstyp keinen nennenswerten Einfluss auf das Versagen der Stützen hat. Die Anfangslast von 3100 kN wurde für 90 Minuten Feuerwiderstand unter der Annahme berechnet, dass der gesamte Abschnitt als Verbundstütze zusammenwirkt.

Daher wurde die Tragfähigkeit der Stützen nur für die Bleche berechnet, einmal mit Eulerfall III und das nächste Mal im schlechtesten Fall unter der Annahme, dass die Bleche nicht vollständig mit den Kopfplatten verbunden sind und sich im Hüllrohr mit Eulerfall II drehen können. Stütze KH3 mit 8 Blechen und geschraubter Verbindung unter 2000 kN Last hatte 64 min Feuerwiderstand und Stütze KH4 mit 8 Blechen und geschweißte Verbindung unter 1000 kN Last hatte 122 min Feuerwiderstand.

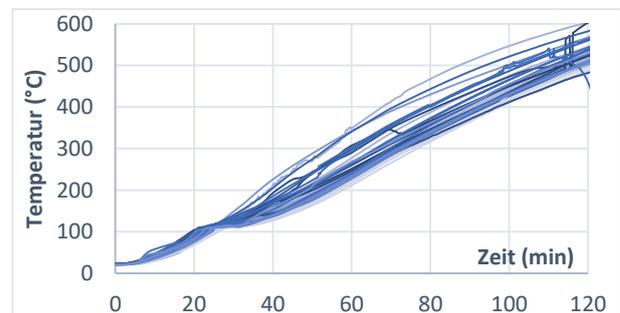
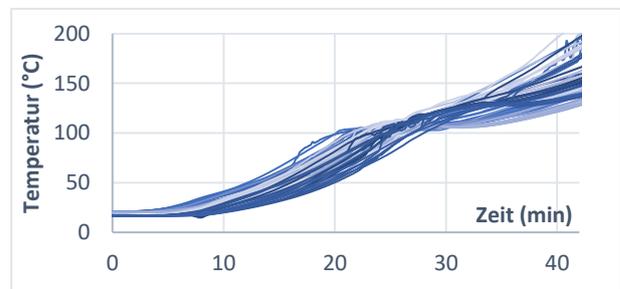


Abbildung 3: die gemessene Temperatur der Bleche während der Brandversuche (KH1, KH2 oben, KH3, KH4 unten)

Die gemessene Temperatur der Platten ist in Abbildung 2 für Stützen mit 4 und 8 Platten dargestellt. Da jedoch die Dicke der Betondeckung in allen Stützen als ungefähr gleich betrachtet wird, entwickelt sich die Temperatur der Bleche mit der Zeit gleich.

4. Erkenntnisse und Ausblick

Neben Großbrandversuchen sollen temperaturabhängige Materialeigenschaften von hochfestem Stahl für Hüllrohre und -bleche identifiziert werden, was eine grundlegende Datengrundlage für die Entwicklung eines numerischen Modells zur Simulation der vorgeschlagenen Stützen und

deren Kalibrierung mit experimentellen Ergebnissen darstellt. Schließlich wird das Ergebnis der parametrischen Studie am entwickelten Modell zur Entwicklung einer vereinfachten Berechnungsmethode für die Konstruktion dieser Stützen verwendet.

Kontakt: S. Ameri (Mail: s.ameri@ibmb.tu-bs.de)

5. Literatur

- [1] Neuenschwander, M., Knobloch, M., & Fontana, M. (2010, September). Fire behaviour of concrete filled circular hollow section columns with massive steel core. In Proceedings of the international colloquium stability and ductility of steel structures SDSS.
- [2] DIN EN 10025-2, Hot rolled products of structural steels - Part 2: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels; German version EN 10025-2:2019