

Tension-Stiffening bei Zugstäben mit Kombibewehrung

Tension-Stiffening for tension members with combined reinforcement

Empelmann, Martin; Henke, Volker

Abstract

For the non-linear calculation of reinforced concrete building members, a realistic description of the stiffness behaviour in the uncracked, initial cracking and final cracking state is essential for the consideration of the complex load bearing and deformation behaviour of such building members. In this paper the generally used design rules for the tension-stiffening effect will be applied and verified for the determination of the stiffness behaviour of reinforced concrete building members and extended with regard to a combined reinforcement, i.e. the combination of rebar reinforcement and steel fibres.

1. Einleitung

Bei der nichtlinearen Berechnung von Stahlbetonbauteilen ist die wirklichkeitsnahe Erfassung des Steifigkeitsverhaltens im ungerissenen Zustand, im Zustand der Erstrissbildung und im Bereich des abgeschlossenen Rissbildes zur Beschreibung des komplexen Trag- und Verformungsverhaltens derartiger Bauteile von ausschlaggebender Bedeutung. Am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB), Fachgebiet Massivbau, der TU Braunschweig wurden die in DIN 1045-1 allgemein eingeführten Ansätze zur Ermittlung des Steifigkeitsverhaltens von Stahlbetonbauteilen herangezogen und in Hinblick auf eine Anwendung bei „Kombibewehrung“ aus Stabstahl und Stahlfasern erweitert.

2. Grundlegende Annahmen

Auf Basis der in /1/ durchgeführten Versuche wurde eine Überprüfung der Ansätze zur Beschreibung der Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen oder kürzer der Zugversteifung (Tension-Stiffening) vorgenommen. Daraus wurden dann auch rechnerische Beziehungen für eine wirklichkeitsnahe Beschreibung des Tension-Stiffening für Zugstäbe mit Kombibewehrung abgeleitet und überprüft.

Die sich daraus ergebenden Zusammenhänge für die Stahlspannung im Riss und die mittlere Dehnung sind in Bild 1 dargestellt.

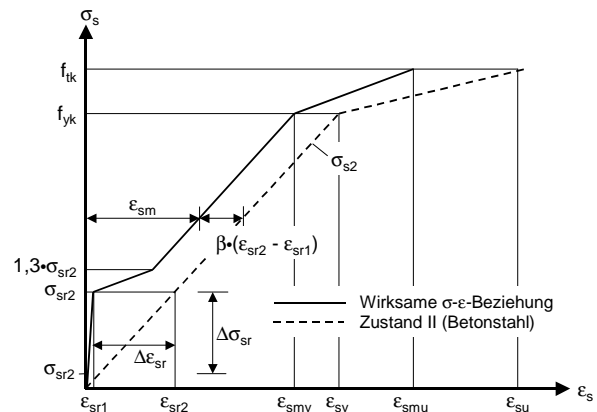


BILD 1 Spannungs-Dehnungsbeziehungen im Rissbereich eines ungerissenen und gerissenen Betonzugstabes, mit und ohne „Tension-Stiffening“

3. Zugstäbe mit Betonstahlbewehrung

Die Bilder 2 bis 3 zeigen beispielhaft einen Vergleich der Ergebnisse der Versuche VK 2.1N und VK 3.1 mit den in /2/ aufgeführten mathematischen Verformungsbeziehungen. Hierbei ist zu beachten, dass in den Diagrammen für die Berechnung der Stahldehnung die Betonstahlspannung σ_s aus Vergleichsgründen mittels einfacher Division der aufgetragenen Gesamtzugkraft F durch die Betonstahlfläche ermittelt worden ist. Der Beiwert β wurde zu 0,4 angenommen. Des Weiteren wurde die Erstrisskraft um 30% abgemindert, da sich die ersten Risse aufgrund der Überlagerung mit Schwindeigen- und eingepprägten Eigenspannungen aus Hydratation im Allgemeinen unterhalb der theoretischen Erstrisskraft einstellen.

Die Bilder 2 und 3 zeigen eine sehr gute Übereinstimmung der theoretisch ermittelten Steifigkeiten mit den Versuchswerten. Auch bei den anderen Versuchskörpern konnte eine ähnlich gute Übereinstimmung festgestellt werden.

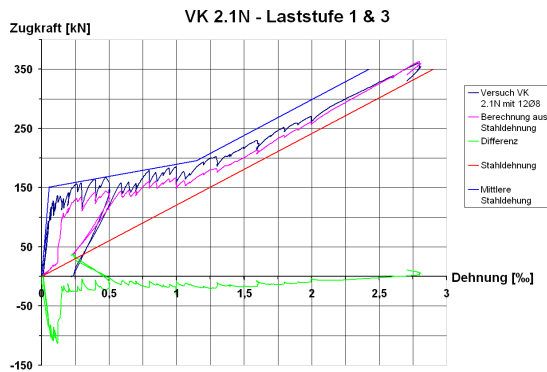


BILD 2 Theoretischer und im Versuch ermittelter Dehnungsverlauf des Versuchskörpers VK 2.1N

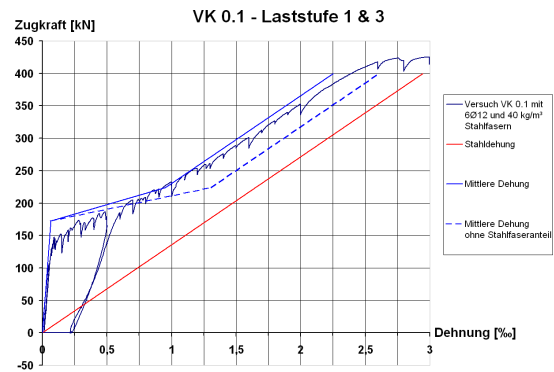


BILD 4 Theoretischer und im Versuch ermittelter Dehnungsverlauf des Versuchskörpers VK 0.1

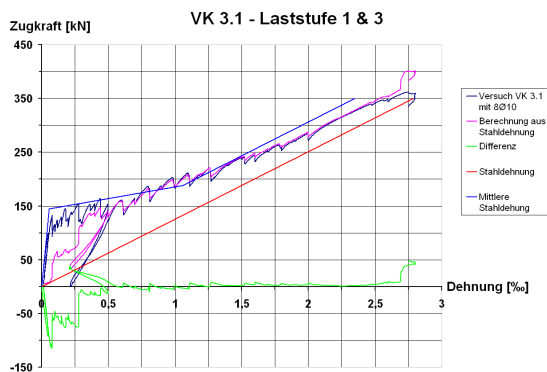


BILD 3 Theoretischer und im Versuch ermittelter Dehnungsverlauf des Versuchskörpers VK 3.1

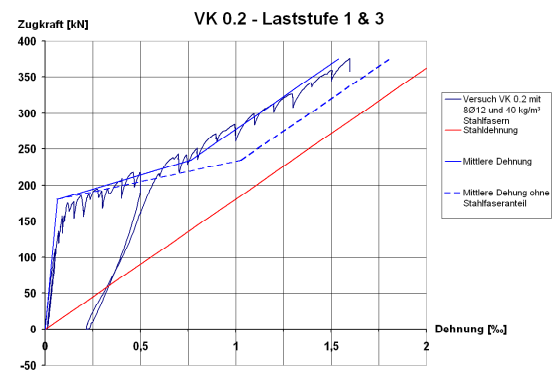


BILD 5 Theoretischer und im Versuch ermittelter Dehnungsverlauf des Versuchskörpers VK 0.2

4. Zugstäbe mit Kombibewehrung

Auch bei den Zugstäben mit Kombibewehrung ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung mit den in /2/ aufgeführten mathematischen Verformungsbeziehungen. Bei der Ermittlung der Steifigkeit wurde die sich aus dem 4-Punkt Biegeversuch ermittelte Nachrisszugfestigkeit des jeweiligen Stahlfaserbetons, wie auch in /3/, nur zu 50 % berücksichtigt.

In den Bildern 4 und 5 ist der Vergleich der theoretisch ermittelten Steifigkeiten der Versuchskörper VK 01 und VK 0.2 mit den Versuchswerten dargestellt, wobei sich wiederum eine gute Übereinstimmung ergibt. Auch bei den anderen Versuchskörpern konnte eine ähnlich gute Übereinstimmung festgestellt werden.

Somit eignen sich die in /2/ angegebenen theoretischen Ansätze sehr gut zur Beschreibung des Steifigkeitsverhaltens von einfach bewehrten Zugstäben und Zugstäben mit Kombibewehrung.

5. Zusammenfassung

Die in der Praxis üblichen Spannungs-Dehnungsbeziehungen für Stahlbeton wurden um den Einfluss der Stahlfasern erweitert und mit den Versuchswerten verglichen. Die so ermittelten Verformungs- und Steifigkeitsverläufe geben die Versuchsergebnisse mit zufriedenstellender Genauigkeit wieder.

6. Literaturverzeichnis

- /1/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Heft 545. P. Niemann, Gebrauchsverhalten von Bodenplatten aus Beton unter Last und Zwang. Beuth Verlag GmbH
- /2/ Empelmann, Martin; Henke, Volker: Tension-Stiffening bei Zugstäben mit „Kombibewehrung“. Beton- und Stahlbetonbau. Heft 12, Dezember 2008
- /3/ Henke, Volker; Empelmann, Martin: Rissbreitenberechnung bei „Kombibewehrung“. Beton- und Stahlbetonbau. Heft 2, Februar 2007