

Bewertung der Zuverlässigkeit bestehender Betonbrücken bei Querkraftbeanspruchung

Assessing the reliability of existing concrete bridges in terms of shear strength

Busse, D.; Empelmann, M.

Abstract

In this investigation, shear force design approaches referenced in literature were investigated on their potential to partially replace or to refine the shear design approaches provided by current codes. Using a comprehensive database providing experimental data, it is analysed how the different shear design approaches are able to adapt to experimental results. As a result, the advanced shear design approaches show calculated mean values almost equal to the experimental results, in combination with a very low coefficient of variation. In addition, a probabilistic analysis verifies the required safety level demanded by the current standards. As a consequence, it is noted that modern and advanced shear design approaches create the possibility to determine existing structural reserves.

1. Einführung

Aktuelle Nachrechnungen bestehender Betonbrücken zeigen deren Defizite hinsichtlich der verwendeten Materialien, der Bemessung sowie der konstruktiven Durchbildung. Insbesondere die Schubtragfähigkeit ist ein in diesem Zusammenhang entscheidender Nachweis. Da vor dem Jahr 1966 keine Mindestschubbewehrung erforderlich war und die Regelungen auch im Anschluss nur langsam die heute gültigen Standards erreichten, weisen viele bestehende Brücken, im Vergleich zu aktuellen Konstruktionen, geringe Querkraftbewehrungsgrade auf.

In der Folge muss ein Weg gefunden werden, wie mit den Defiziten der bestehenden Brücken umgegangen werden soll. Obgleich die Möglichkeit einer aufwendigen Querkraftverstärkung der bestehenden Substanz besteht, sollte stets mit alternativen Ansätzen zur verbesserten Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit geprüft werden, ob Tragreserven des Bestands genutzt werden können.

2. Querkrafttragverhalten von Stahlbeton

Zurzeit liegt kein vollständig konsistentes mechanisches Modell zur Beschreibung des Querkrafttragverhaltens von Stahlbetonbauteilen vor. Um das Querkrafttragverhalten verstehen zu können, ist die Betrachtung von

Versuchen unumgänglich. Bild 1 zeigt einen Stahlbetonbalken ohne Querkraftbewehrung im Versuch. Mit zunehmender Belastung bilden sich zunächst Biegerisse an der Unterkante des Balkens. Im weiteren Verlauf neigt sich einer der Biegerisse und wird so zum Biegeschubriss. Es kommt zu einer Anpassung des inneren Lastabtrags hin zu einem Druckbogen-Zugband-Modell (Bild 1 rechts).

Balken mit Querkraftbewehrung zeigen ein abweichendes Tragverhalten. Bei zunehmender Belastung bildet sich nicht ein einzelner maßgebender schräger Riss, sondern es entstehen mehrere parallele Risse. Durch die Öffnung dieser Risse wird die Querkraftbewehrung aktiviert. Es bildet sich ein Fachwerkmodell aus (Bild 1 links). In Abhängigkeit des vorhandenen Querkraftbewehrungsgrades kann das Risswachstum und damit die bereits beschriebene Umlagerung verzögert werden. Somit ergibt sich ein gleitender Übergang im Tragverhalten von nicht querkraftbewehrten zu querkraftbewehrten Stahlbetonbalken /1/, /2/.

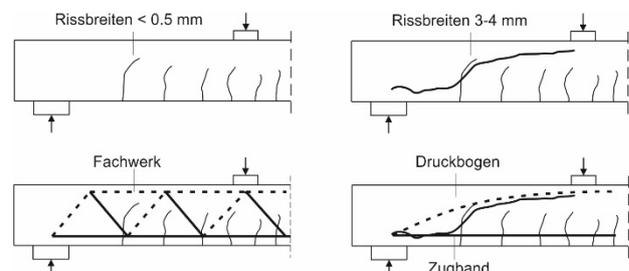


Bild 1: Rissbildung im Querkraftversuch (oben) und Tragmodelle (unten)

3. Querkraftbemessungsmodelle

Im Rahmen der Untersuchungen wurden verschiedene aktuelle Querkraftbemessungsansätze analysiert /3/. In diesem Kurzbericht sollen ausschließlich die Ergebnisse der Analyse der Ansätze nach DIN EN 1992-1-1/NA (EC2+NA) sowie nach Görtz & Hegger /1/, /4/ vorgestellt werden.

Während das Modell nach EC2+NA eine getrennte Berechnung der Querkrafttragfähigkeit für Bauteile ohne sowie Bauteile mit Schubbewehrung vorsieht, wurde von Görtz & Hegger ein additiver Ansatz entwickelt, mit dem in Abhängigkeit des Querkraftbewehrungsgrades der Beton- sowie der Querkraftbewehrungstraganteil gewichtet berücksichtigt werden kann.

4. Vergleich der Querkraftbemessungsmodelle mit Versuchsergebnissen

Die Leistungsfähigkeit des Querkraftbemessungsansatzes nach EC2+NA sowie der weiteren untersuchten Ansätze wurde mit Hilfe von Vergleichsberechnungen anhand der Schubdatenbank des DAfStb /5/ überprüft.

Bild 2 zeigt die Ergebnisse der Vergleichsberechnungen V_{exp}/V_{EC2+NA} mit dem Ansatz nach EC2+NA, aufgetragen über den Querkraftbewehrungsgrad ρ_w . Insbesondere im Bereich geringer Querkraftbewehrungsgrade kann eine große Abweichung festgestellt werden.

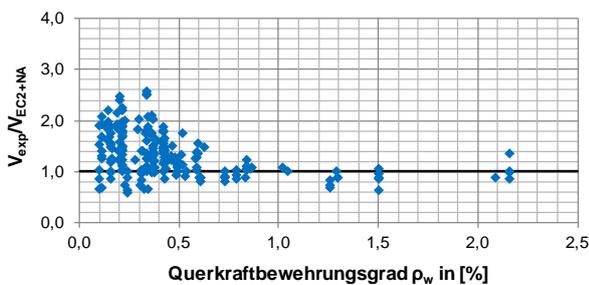


Bild 2: Nachrechnung der DAfStb-Schubdatenbank mit dem Ansatz nach EC2+NA

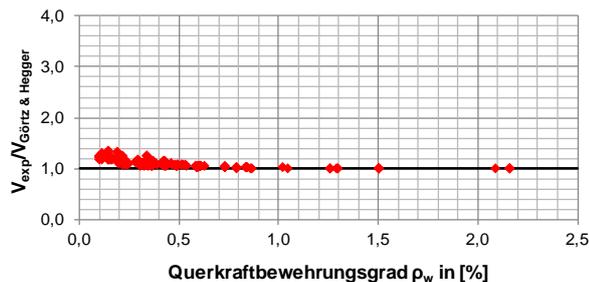


Bild 3: Nachrechnung der DAfStb-Schubdatenbank mit dem Ansatz nach Görtz & Hegger

Die Ergebnisse der Vergleichsberechnungen mit dem Ansatz nach Görtz & Hegger zeigt Bild 3. Es konnte gezeigt werden, dass mit dem additiven Ansatz und der Berücksichtigung des Beton- bzw. Querkraftbewehrungstraganteils in Abhängigkeit des Querkraftbewehrungsgrades eine sehr genaue Nachrechnung der Versuchser-

gebnisse möglich ist. Diese Feststellung wird durch die statistischen Kennwerte in Tabelle 1 bestätigt.

Tabelle 1: Statistische Kennwerte der Berechnungen

Ansatz	Mittelwert	Standardabweichung	Variationskoeffizient
EC2+NA	1,35	0,42	0,31
Görtz & Hegger	1,12	0,08	0,07

Neben den Vergleichsberechnungen wurden probabilistische Analysen der untersuchten Querkraftbemessungsansätze durchgeführt. Es konnte nachgewiesen werden, dass die untersuchten Ansätze durchgehend das normativ geforderte Sicherheitslevel erreichen.

Eine ausführliche Beschreibung der untersuchten Ansätze, weitere Berechnungen, z. B. zu vorgespannten Bauteilen, sowie Erläuterungen zu den probabilistischen Berechnungen können /3/ entnommen werden.

5. Zusammenfassung

Insgesamt konnte festgestellt werden, dass die Bewertung der Querkrafttragfähigkeit von bestehenden Brücken mit alternativen Ansätzen verbessert und vorhandene Reserven ermittelt werden können, ohne hierbei das normativ geforderte Sicherheitsniveau zu unterschreiten.

6. Literatur

- /1/ Görtz, S.: Zum Schubrissverhalten von Stahlbeton- und Spannbetonbalken aus Normal- und Hochleistungsbeton. Dissertation, RWTH Aachen, 2004.
- /2/ Muttoni, A.; Fernández Ruiz, M.: Shear strength of members without transverse reinforcement as function of critical shear crack width. ACI Structural Journal 105, 2008, S. 163-172.
- /3/ Busse, D.; Eckfeldt, L.; Empelmann, M.: Assessing the reliability of existing concrete bridges in terms of shear strength. Proceedings of the 5th International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation (SEMC 2013), Kapstadt, Südafrika, 02.-04. September 2013.
- /4/ Hegger, J.; Görtz, S.: Querkraftmodell für Bauteile aus Normalbeton und Hochleistungsbeton. Beton- und Stahlbetonbau 101, 2006, S. 695-705.
- /5/ Reineck, K.-H.; Kuchma, D. A., Fitik, B.: Erweiterte Datenbanken zur Überprüfung der Querkraftbemessung für Konstruktionsbetonbauteile mit und ohne Bügel. DAfStb-Heft 597, Berlin, Beuth, 2012.