

Zusammenfassung

Stahlbetonscheiben stellen einen wesentlichen Bestandteil vieler Bauwerke dar. Ihre Hauptaufgabe ist die Aufnahme von in der Scheibenebene wirkenden Kräften. Äussere Einwirkungen und der Verbund mit dem restlichen Bauwerk erzeugen jedoch zusätzliche Querkräfte. In der Praxis erfolgt die Bemessung meist in vereinfachter Weise oder die Interaktion von Membran- und Querkräften wird ganz vernachlässigt. Der Tragsicherheitsnachweis bestehender Tragwerksteile benötigt jedoch meist präzisere Verfahren. Diesbezüglich beschreibt die vorliegende Arbeit neuartige, auf der Methode der elastisch-plastischen Spannungsfelder (EPSF) beruhende, Verfahren zur Berechnung von scheibenartigen Stahlbetonbauteilen unter kombinierter Membran- und Querkraftbeanspruchung. Insbesondere wird die Auswirkung von Querbiegung auf den Schubkraftwiderstand von Stahlbetonträgern untersucht.

Zur Untersuchung der Interaktion von Längsschub und Querbiegung im Trägersteg wurde ein allgemeines, auf der EPSF Methode beruhendes, Schichtmodell (ML) entwickelt. Die Ergebnisse werden mit starr-plastischen Interaktionsmodellen verglichen, bei welchen die Aufnahme des Querbiegemoments durch eine Verlagerung des Schubdruckfeldes zur Biegungsdruckzone hin und durch ungleiche Kräfte in den Bügelstegen erfolgt. Dieser Ansatz kann als korrekt bestätigt werden. Die neue Methode jedoch zeigt, dass das Spannungsfeld in der Querrichtung eine stark nichtlineare Verteilung aufweist und signifikant von der Intensität des Quermoments abhängt. Des Weiteren, sind die berechneten Betondruckfestigkeitsfaktoren η_ε im Schnitt höher und hohe Schubbewehrungsgrade bzw. asymmetrische Bügelanordnungen ermöglichen den Ausgleich kleiner Momente ohne grössere Beeinträchtigung des Betondruckfeldes. Dies führt zu einem höheren rechnerischen Querkraftwiderstand. Ausserdem wird gezeigt, dass die Verformung in Längsrichtung einen signifikanten Einfluss auf die Interaktion und somit auf den allgemeinen Tragwiderstand hat.

Ein vereinfachtes Nachweisverfahren für Träger wird vorgeschlagen. Es basiert auf der Finite-Elemente-Methode (FEM) zur automatischen Erstellung elastisch-plastischer Spannungsfelder und berücksichtigt den Einfluss des Quermomentes anhand einer reduzierten Stegbreite und eines effektiven Schubbewehrungsanteils. Vergleiche mit Testergebnissen, dass die so ermittelte Schubtragfähigkeit einen sicheren und für die Praxis dennoch nicht zu konservativen Wert darstellt. Im Vergleich zu starr-plastischen Interaktionsmodellen führt dieses Verfahren zu einem verbesserten unteren Grenzwert der Traglast.

Nachrechnungen anhand der ebenen EPSF suggerieren, dass der Einfluss des Quermoments in Trägern einen kleineren Einfluss hat als von Interaktionsmodellen vorausgesagt, insbesondere bei duktilem Versagen. Zusätzliche Tests sind jedoch nötig um diese Beobachtung zu bestätigen.

Mit dem Ziel, den Anwendungsbereich der EPSF-FEM zu erweitern, wurde ein nichtlineares FEM-Programm, basierend auf der ML-EPSF Methode, entwickelt, welches sowohl Membran- als auch Querkräfte berücksichtigt. Der Beton wird mit ebenen ML Elementen modelliert, die mit Querelementen zur Aufnahme der Querkraft kombiniert werden. Die Stahlbewehrung wird getrennt hiervon mit Stabelementen modelliert. Die Validierung mit Testergebnissen zeigt, dass die vorgeschlagene FEM ein vielversprechendes Werkzeug zur Bemessung ebener Stahlbetonelemente, die hauptsächlich durch Kombinationen von Membrankräften und Querbiegemomenten belastet sind, ist.

Stichwörter

Stahlbetonscheiben, elastisch-plastische Spannungsfelder, Mehrlagige Spannungsfelder, Querkraftwiderstand, Interaktion von Längsschub und Querbiegung, nichtlineare Finite-Elemente-Methode.