



Stabilitätssensibilität dünnwandiger Strukturen aus Carbonbeton

Stability sensitivity of thin structures made of
carbon-reinforced concrete

Nina Josiane Giese

Geboren am: 05.08.1994 in Forst (Lausitz)

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

Eingereicht am: 03.07.2024

Kurzfassung

Die Verwendung des innovativen Verbundwerkstoffs Carbonbeton ermöglicht die Konstruktion schlanker und materialsparender Tragwerke, die zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und Reduzierung des CO₂-Ausstoßes im Bauwesen beitragen können. Aufgrund der geringen Bauteildicken rückt jedoch die Berücksichtigung stabilitätsrelevanter Aspekte in den Vordergrund, welche im konventionellen Stahlbetonbau in der Regel von untergeordneter Bedeutung sind und eher mit der dünnwandigen Stahlbauweise in Verbindung gebracht werden. Um den Kenntnisstand zu dieser noch relativ unerforschten Thematik bei Carbonbeton zu erweitern, beschäftigte sich die Forschung der vorliegenden Arbeit mit dem Trag- und Verformungsverhalten normalkraftbeanspruchter, stabförmiger Strukturen aus Carbonbeton unterschiedlicher Schlankheiten. Dabei wurde insbesondere untersucht, wie die Sensibilität gegenüber Stabilitätsversagen zu bewerten ist und welche Parameter in welcher Größenordnung das Strukturverhalten beeinflussen.

Basierend auf dem Materialverhalten unter einaxialer Druckbeanspruchung, welches durch vorangehende Versuche an gedrunghenen, scheibenförmigen Probekörpern charakterisiert wurde, erfolgte zunächst die Ableitung drei relevanter Schlankheiten für die Stabilitätsuntersuchungen. Sie wurden mit $\lambda = 62, 85$ und 125 so gewählt, dass ein breites Anwendungsspektrum abgedeckt wird. Zur experimentellen Untersuchung des Stabilitätsverhaltens wurde ein Prüfstand entwickelt, mit dem zahlreiche Versuche an gelenkig gelagerten Probekörpern unterschiedlicher Längen mit und ohne planmäßig aufgebrachte Imperfektionen durchgeführt wurden. Sie dienten der Quantifizierung des Einflusses aus der Schlankheit selbst sowie aus Imperfektionen wie Inhomogenitäten im Querschnittsaufbau und Abweichungen der äußeren Querschnittsform, aber auch Exzentrizitäten in der Lasteinleitung. Für die Auswertung der Versuche wurden neben dem Spannungs-Durchbiegungs-Verhalten der Proben auch die Spannungs-Dehnungs-Kurven sowie die Momenten-Normalkraft-Verläufe herangezogen und die Ergebnisse auf Übereinstimmung mit unterschiedlichen Ansätzen zur Prognose der Tragfähigkeit geprüft.

Vor dem Hintergrund, dass es sich bei Stabilitätsproblemen um ein Versagen ohne Vorankündigung handelt und die Traglast in der Regel gegenüber der Querschnittstragfähigkeit deutlich reduziert ist, weist die Thematik eine nicht zu vernachlässigende Bedeutung für die filigrane Carbonbetonbauweise auf. Die im Rahmen dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse leisten einen wichtigen Beitrag zum grundlegenden Verständnis des Stabilitätsverhaltens schlanker, druckbeanspruchter Strukturen aus Carbonbeton und somit auch zu deren Sicherheit sowie Effizienz.

Abstract

With the innovative composite material carbon-reinforced concrete it is possible to build slender and material-saving structures, which can contribute to the improvement of resource efficiency and the reduction of CO₂ emissions in the construction industry. However, due to the low thicknesses of the components, stability aspects have to be taken into account, which are generally of secondary importance in conventional steel-reinforced concrete construction and are more associated with steel elements. In order to extend the knowledge on this still relatively unexplored topic in carbon-reinforced concrete construction, the research of the present work dealt with the load-bearing and deformation behavior of axially loaded bar-shaped structures with different slenderness ratios made of this material composite. In particular, it was investigated how the sensitivity to stability failure is to be assessed and which parameters influence the structural behavior to what extent.

Based on the material behavior under uniaxial compressive loading characterized by preceding tests on small disk-shaped specimens, three relevant slenderness ratios were derived for the stability investigations. They were chosen with $\lambda = 62, 85$ and 125 to cover a wide range. For the experimental investigation of the stability behavior, a test rig was developed and numerous tests were performed on hinged specimens of different lengths with and without purposefully applied imperfections. They were used to quantify the influence of the slenderness ratio itself as well as of imperfections such as inhomogeneities in the cross-sectional structure and deviations in the outer cross-sectional shape, but also eccentricities in the load application. In addition to the stress-deflection behavior of the specimens, the stress-strain curves and the moment-normal force curves were also used to evaluate the tests, and the results were compared to various approaches to predicting the load-bearing capacity.

Given the fact that stability problems involve sudden failure and that the bearable load is usually significantly reduced compared to the cross-sectional load-bearing capacity, this topic is of considerable importance for the filigree carbon-reinforced concrete construction. The knowledge gained in the course of this work makes an important contribution to the fundamental understanding of the stability behavior of slender, compression-loaded structures made of carbon-reinforced concrete and thus also to their safety and efficiency.