



Experimentelle Untersuchungen und Modellvergleiche von leichten Tragstrukturen aus Carbonbeton und betongetränkten Vliesstoffen

**Experimental investigations and comparisons of simulation models of lightweight
structures made of carbon reinforced concrete and concrete soaked nonwovens**

Von der
Fakultät Bauingenieurwesen
der Technischen Universität Dresden
zur Erlangung der Würde eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte

DISSERTATION

von
Dipl.-Ing. Tilo Senckpiel-Peters
geboren am 17. Februar 1989 in Neubrandenburg

Gutachter:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Häußler-Combe
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner
Dr.-Ing. Frank Jesse

eingereicht am: 26.05.2020
verteidigt am: 26.11.2020

Kurzfassung

Der innovative Verbundwerkstoff N-TRC (Nonwoven-Textile Reinforced Concrete) bestehend aus Carbonbeton (CRC – Carbon Reinforced Concrete) und betongetränktem Nadelvliesstoff (CSN – Concrete Soaked Nonwovens) ist in Form von Material- und Bauteilversuchen entwickelt und getestet worden. Nach der Ermittlung des eindimensionalen Druck- und Zugtragverhaltens des Materials sind verschiedene Konstruktionsvarianten eines Deckenträgers in 6-Punkt-Biegeversuchen untersucht worden. Die Bauweise mit N-TRC ermöglicht dabei die Herstellung dünner Querschnitte mit einer hohen Maßgenauigkeit und Anpassungsfähigkeit an räumliche Flächentragwerke. Des Weiteren weist der betongetränkte Nadelvliesstoff eine sehr feine Rissbildung und außergewöhnlich hohe Duktilität auf. Die untersuchten Bauteilabmessungen der Deckenträger reichen in der Spannweite von 3 bis 4,3 m und betragen in der Höhe 0,2 m und in der Breite 0,6 m. Die Bauelemente erreichen bei diesen Abmessungen Eigengewichte von 50 – 100 kg und übertreffen mit der experimentell ermittelten, maximalen Tragfähigkeit dabei die nominellen Gebrauchslasten um ein Vielfaches. Wie bei allen filigranen und leichten, aber sehr tragfähigen Tragstrukturen gehen diese Tragfähigkeiten mit hohen Verformungen einher, denen konstruktiv begegnet werden muss. Neben den experimentell durchgeführten Material- und Großbauteilversuchen sind mitunter relativ aufwändige numerische Simulationsmodelle entwickelt, auf die Bauteilversuche angewendet und untereinander verglichen worden. Dabei werden unter anderem mehrschichtige Carbonbewehrungen und das mehraxiale nichtlineare Spannungs-Dehnungsverhalten von Beton berücksichtigt, um das realitätsnahe Tragverhalten der Bauteile vom ungerissenen Zustand bis zum Zustand der abgeschlossenen Rissbildung abzubilden.

Abstract

The innovative composite material N-TRC (Nonwoven-Textile Reinforced Concrete) consisting of Carbon Reinforced Concrete (CRC) and Concrete Soaked Nonwoven (CSN) has been developed and tested in the form of material and component tests. After determining the one-dimensional compressive and tensile behaviour of the material, various design variants of a ceiling girder were investigated in 6-point bending tests. The construction method with N-TRC allows the production of thin cross-sections with a high degree of dimensional accuracy and adaptability to spatial surface structures. Furthermore, the concrete-impregnated needle-punched nonwoven shows very fine crack formation and exceptionally high ductility. The examined dimensions of the slab girders range from 3 to 4.3 m and are 0.2 m high and 0.6 m wide. With these dimensions, the construction elements achieve dead weights of 50 - 100 kg and, with the experimentally determined maximum load-bearing capacity, exceed the nominal service loads many times over. As with all filigree and lightweight, but very load-bearing structures, these load-bearing capacities are associated with high deformations, which must be countered constructively. In addition to the experimental material and large component tests, relatively complex numerical simulation models have been developed, applied to the component tests and compared with each other. Among other things, multi-layer carbon reinforcements and the multi-axial non-linear stress-strain behaviour of concrete are taken into account in order to map the realistic load-bearing behaviour of the components from the non-cracked state to the state of the completed crack formation.