

OPTIMIERUNG DER FESTIGKEITSEIGENSCHAFTEN VON BETON DURCH BEIGABE VON FASERN UND UHPC- VERSTÄRKUNGSELEMENTEN

KURZFASSUNG

Beton wird wegen seiner hohen Druckfestigkeit und den geringen Herstellungskosten vor allem in druckbeanspruchten Bauteilen eingesetzt. Durch die geringe Zugfestigkeit und Dehnfähigkeit kommt es jedoch zu einem spröden, örtlich begrenzten Versagen. Bei statisch bestimmten Konstruktionen kommt es bei Auftreten des ersten Risses ohne Vorankündigung zum totalen Versagen.

Diese nachteiligen Materialeigenschaften können durch das Anordnen von Bewehrung, Vorspannung oder durch Beigabe von Fasern verbessert werden. In dieser Arbeit wurden Untersuchungen an Faserbeton mit Stahl- und Basaltfasern durchgeführt. Basaltfasern haben den großen Vorteil, dass die Festigkeiten um ein Vielfaches höher sind als bei Stahlfasern. Zusätzlich ist anzumerken, dass Basalt ein nachwachsender und kostengünstiger Rohstoff ist.

Faserbeton weist auch nach dem Reißen des Betons eine Zugfestigkeit und eine Duktilität auf. Die Zugfestigkeit ist jedoch geringer als beim Erstriss, daher ist auch die Duktilität des Faserbetons begrenzt. Da die Erstrisslast nicht weiter gesteigert werden kann, kommt es zu keiner Rissverteilung, die das Versagen ankündigen könnte. Dadurch ist es oft nicht möglich, Konstruktionen nur aus Faserbeton herzustellen.

Am Institut für Tragkonstruktionen der Technischen Universität Wien wurde ein neues Material entwickelt, das auch noch bei großen Verformungen hohe Zug- und Druckkräfte aufnehmen kann. Dieses innovative Material besteht aus einer Betonmatrix in der Verstärkungselemente eingebettet sind. Diese Verstärkungselemente bestehen aus hoch zugfesten Materialien. Der Beton mit Verstärkungselementen zeigte eine Erhöhung der Zugfestigkeit nach dem Erstriss, eine Rissverteilung und ein duktileres Verhalten auch nach Erreichen der Bruchlast.

Erzielt wird dieses Materialverhalten durch die hohen Festigkeiten der Elemente und durch die Geometrie. Die Zugspannungen in den Verstärkungselementen werden als Druck- und Scherspannungen auf den Füllbeton übertragen. Es entstehen im Füllbeton nur geringe Zugspannungen normal zu den Druckspannungen. Somit kommt es nicht zu einem Zugversagen und dadurch kann die Tragkraft weit gesteigert werden.

Bei den Untersuchungen wurden 3 Versuchsserien angefertigt. Jeweils eine Serie mit Epoxydharz- (EP), ultrahochfestem Beton- (UHPC) und Glasfaserbeton- (GFRC) Verstärkungselementen. Die Geometrie der Elemente wurde prismatisch (GFRC) oder zylinderförmig (EP, UHPC) gewählt, jeweils mit Verbreiterungen an den Enden. Durch die Verbreiterungen können die Elemente die Zugkraft in eine Druckkraft umwandeln. Die Elemente sind lang gestreckt mit den Abmessungen 80 x 16 mm (Länge x Durchmesser). Pro Versuchsserie wurden 3 Probekörper mit unterschiedlicher Elementanordnung, ungeschichtete, mitteldicht geschichtete oder dicht geschichtete hergestellt.

Bei den dicht und mitteldicht geschichteten Elementen konnte die Bruchlast weit über die Erstrisslast gesteigert werden. Bei den ungeschichteten Elementen kam es zwar zu einem sehr duktilen Verhalten, jedoch nicht zu einer Laststeigerung.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Beton mit Verstärkungselementen eine Nachrisszugfestigkeit aufweist, die höher ist als die Zugfestigkeit bei der ersten Rissbildung. Beton mit Verstärkungselementen bietet die Möglichkeit bestimmte Betonbauteile ohne Bewehrung herzustellen.

SUMMARY

Concrete is applied in structures that carry compressive loads, due to its good properties and low cost. Compared to the compressive strength, the tensile strength is very low, the failure is strongly localized, brittle and without prior indication. Statically determinate concrete structures under bending or tensile load fail at the initiation of the first crack. This crack occurs at the location with the lowest strength.

The common methods to improve the tensile behaviour of concrete are steel bar reinforcements or prestressing with strands. Another way of improving the tensile properties is to add fibers to the concrete mix. In this investigation steel and basalt fibers were used. The tensile strength of the basalt fibers is much higher than the tensile strength of the steel fibers and in addition, the basalt fiber is low-priced and sustainable.

Fiber reinforced concrete in general provides a tensile strength and an improved ductility even after cracking. Unfortunately, for usual fiber contents the strength after cracking is lower than the strength at crack initiation. Due to this fact the ductility is limited and the cracks are not well distributed. A prior indication of failure is often not possible and therefore the design of engineering structures is infeasible.

In this study a concrete based on "reinforcing aggregates" has been developed, which allows high displacements under bending loads. These aggregates were made of high strength elements and were embedded in a cement matrix. This new concrete shows even higher strength after cracking is therefore highly ductile and shows a distributed crack pattern.

The reinforcing aggregates are shaped in such a way, that the load can be transferred from the matrix material into the reinforcing elements by compressive and shear stresses. Only very low tensile stresses are engendered normal to the compressive stresses. Thus, the failure mode is not dominated by the low strength in the matrix-aggregate interface.

In this investigation 3 series were performed where the materials of the high strength elements were varied. For these series the elements were made of epoxy resin (EP), ultra high performance concrete (UHPC) and glass fiber reinforced concrete (GFRC). The elements were of prismatic (GFRC) and cylindrical (EP, UHPC) shape with widening on both ends. The length was 80 mm and the diameter 16 mm. The widening at the element ends provides that the tensile stresses between the elements can be transferred by compressive stresses in the matrix. In these series different arrangements of elements were tested, namely dense, medium and disordered.

The experiments confirmed for the dense and medium packed elements that the tensile strength after cracking and the ductility can be improved enormously. In all experiments the strength after cracking was higher than the strength at initiation of the first crack. Concrete with reinforcing elements often therefore the possibility to produce structural concrete elements without reinforcement.