

***Einfluss von Poren und Porenwasser auf die
Festigkeitssteigerung von Beton unter hohen
Belastungsgeschwindigkeiten***

*Influence of pores and pore water on the increase in strength of concrete
under high strain rates*

An der Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden
zur Erlangung der Würde eines **Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)** vorgelegte

DISSERTATION

von Dipl.-Ing. Oliver Mosig

geboren am 05.05.1993 in Altenburg

Gutachter:

eingereicht am:

26.05.2021

Ort, Datum:

Dresden, 26.05.2021

Kurzfassung

Die Festigkeitssteigerung von Betonen unter hohen Belastungsgeschwindigkeiten ist seit über 100 Jahren im Fokus der Forschung. Bisher konnten bereits eine Vielzahl von möglichen Erklärungen dieser Festigkeitssteigerung benannt werden, wobei die Heterogenität des Betons im Allgemeinen als eine wesentliche Ursache angenommen werden kann. Die Heterogenität des Betons resultiert aus den im Zementstein eingebetteten Zuschlägen, aber auch durch darin eingeschlossene Luft- und Wasserporen, welche Hauptgegenstand dieser Arbeit sind.

Es wurde untersucht, inwieweit vorhandenes Porenwasser die Festigkeitssteigerung von Beton unter hohen Belastungsgeschwindigkeiten beeinflusst. Auf Basis von experimentellen Versuchen im Split-HOPKINSON-Bar an verschiedenen Normalbetonen konnte gezeigt werden, dass vorhandenes Porenwasser die statische und dynamische Betondruckfestigkeit in gleicher Weise signifikant reduziert. Diese Abnahme der Betondruckfestigkeit kann als unabhängig von der Belastungsgeschwindigkeit angesehen werden.

Des Weiteren wurden numerische Untersuchungen zum Einfluss von Poren auf die Ausbreitung von Belastungswellen durchgeführt. Dabei rückten sowohl das globale Wellenausbreitungsverhalten in einer poren durchsetzten Struktur als auch die lokale Wellenbrechung an einer Einzelpore, sowie das Porenmedium (Luft oder Wasser) in den Fokus. Es konnte gezeigt werden, dass vorhandene Poren die Wellenausbreitungsgeschwindigkeit reduzieren und dass das Verhältnis aus Porengröße zur Belastungswellenlänge einen wesentlichen Einflussfaktor für die transiente Spannungsverteilung im Porenbereich darstellt. Insbesondere konnte mit abnehmender Belastungswellenlänge eine Reduzierung der örtlichen Kerbspannungen am Porenrand beobachtet werden, woraus festigkeitssteigernde Effekte resultieren können.

Abstract

The increase of concrete strength under increasing loading rates has been the focus of research for more than 100 years. So far, a large number of possible explanations for the so-called strain rate effect have been identified. Of these, the heterogeneity of the concrete is generally assumed to be a major cause. The heterogeneity of concrete results from the aggregates embedded in the hardened cement paste, but also from air and water pores enclosed in it, which are the main subject of this work.

The extent to which existing pore water influences the strength increase of concrete under high loading rates was investigated. Experimental tests in a hydraulic testing machine and dynamic tests in the split HOPKINSON bar on various concretes showed that existing pore water significantly reduces the static and dynamic compressive strength of concrete in the same way. This decrease in concrete compressive strength can be considered to be independent of the loading rate.

Furthermore, numerical investigations were carried out on the influence of pores on the propagation of loading waves. The focus was both on the global wave propagation behavior in a porous structure and the local wave refraction at a single pore. Additionally, the influence of the pore medium (air or water) was studied. It could be shown that existing pores reduce the wave propagation velocity and that the ratio of pore size to wavelength is a significant influencing factor for the transient stress distribution in the pore region. In particular, a reduction of the local notch stresses at the pore edge was observed with decreasing wavelengths, which can result in strength-increasing effects.