



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

**Untersuchung von mineralisch gebundenen
Verstärkungsschichten für Stahlbetonplatten
gegen Impaktbeanspruchungen**

***Investigation of mineral-bonded strengthening
layers for reinforced concrete plates against
impact loads***

Zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur

An der Fakultät Bauingenieurwesen der

Technischen Universität Dresden

eingereichte

Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Marcus Hering

Geboren am 25.02.1990 in Karl-Marx-Stadt

Gutachter:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Manfred Keuser

Dr. rer. nat. habil. Jürgen Sievers

Eingereicht am: 12.05.2020

Verteidigt am: 12.08.2020

Kurzfassung

Thematisch befasst sich die Dissertation mit der Verstärkung von Stahlbetonkonstruktionen gegen eine Impaktbeanspruchung. Im Rahmen von Vorversuchen wurden grundlegende experimentelle Betrachtungen angestellt, um sich der Thematik der Verstärkung von Stahlbetonplatten gegen eine Impaktbeanspruchung zu nähern. Die Erkenntnisse dieser Vorversuche wurden für die weiterführenden Betrachtungen herangezogen. Um die Gesamtproblematik effizient zu bearbeiten, wurde der umfangreiche Themenkomplex aufgeteilt. Hierfür wurden zum einen Untersuchungen der Verstärkungsschicht mithilfe von kleinmaßstäblichen Probekörpern durchgeführt. Hierbei galt es, die Leistungsfähigkeit der zur Verfügung stehenden Verstärkungsmaterialien aufzuzeigen. Zum anderen wurden die Stahlbetonplatten, die es zu verstärken galt, unter einer Impaktbelastung untersucht. Durch diese Betrachtungen sollten die wirkenden Schädigungsmechanismen erforscht werden. Anschließend erfolgte der Zusammenschluss der gesammelten Erkenntnisse im Rahmen der Verstärkung von Stahlbetonplatten gegen eine Impaktbeanspruchung. Für die maximal 2 cm dicken Verstärkungsschichten wurden sowohl Carbonbeton als auch weitere vielversprechende Materialkombinationen verwendet.

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten experimentellen Untersuchungen wurden in der Fallturmanlage des Otto-Mohr-Laboratoriums umgesetzt.

Die Versuche wurden durch die Verwendung von numerischen Simulationen mithilfe des FEM- und DEM-Programms *LS-Dyna* unterstützt, um eine bessere Vorstellung von den komplexen Vorgängen im Bauteil im Moment des Impakts zu erhalten. Die angestellten numerischen Untersuchungen hatten hierbei vorrangig das Ziel, die während der Experimente gesammelten Beobachtungen phänomenologisch abzubilden, um prinzipielle Effekte besser verstehen zu können.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden zum einen die grundlegenden experimentellen Beobachtungen aufgearbeitet und systematisiert. Zum anderen wurde anhand dieser gesammelten Daten eine Schädigungsbeschreibung entwickelt, um eine Abschätzung bzw. Bewertung des Schädigungsgrades bzw. Schädigungsmaßes eines impaktbeaufschlagten Bauteils zu ermöglichen. Mithilfe der gesammelten Erkenntnisse wurde ein bestehendes Ingenieurmodell um die Wirkung der Verstärkungsschicht erweitert.

Abstract

Thematically, the dissertation deals with the strengthening of reinforced concrete structures against an impact load. In the course of preliminary tests, fundamental experimental considerations were made in order to approach the topic of the strengthening of reinforced concrete plates against an impact load. The results of these preliminary tests were taken into account for further considerations. In order to efficiently deal with the overall problem, the extensive complex of topics was separated. For this purpose, investigations of the strengthening layers were carried out using small-scale test specimens. The aim was to show the performance of available strengthening materials. On the other hand, the reinforced concrete plates to be strengthened were examined under an impact load. By these considerations the acting damage mechanisms should be considered. Subsequently, the collected findings were combined to strengthen reinforced concrete plates against an impact load. For the maximum 2 cm thick strengthening layers carbon concrete as well as other promising material combinations were used.

The experimental investigations conducted within the framework of this work were carried out in the drop tower facility of the Otto-Mohr-Laboratory.

The experimental investigations were supported by the use of numerical simulations using the FEM and DEM program *LS-Dyna* to get a better understanding of the complex processes in the structure at the moment of impact. The main goal of these numerical simulations was the phenomenological representation of the observations collected during the experiments in order to be able to examine the principal effects in more detail.

In the context of the investigations carried out, the fundamental experimental observations were processed and systematized. Furthermore, a damage characterization was developed on the basis of these collected data in order to enable an estimation or evaluation of the degree of damage of an impacted structural component. With the help of the collected knowledge, an existing engineering model was extended by the effect of the strengthening layer.