



Doctoral Thesis

Zur Ermüdung von Stahlbetonbrücken

Author(s):

Fehlmann, Patrick

Publication Date:

2012

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-007110386> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISSERTATION ETH No. 20231

ZUR ERMÜDUNG VON STAHLBETONBRÜCKEN

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER WISSENSCHAFTEN

der

ETH ZÜRICH

vorgelegt von

PATRICK FEHLMANN

Dipl. Bauingenieur ETH

Bürger von Baden AG und Boniswil AG

geboren am 2. Mai 1982

Angenommen auf Antrag von

Prof. Thomas Vogel, Referent
Prof. Dr. Eugen Brühwiler, Korreferent

2012

Kurzfassung

Bei der Überprüfung bestehender Stahlbetonbrücken hinsichtlich ihrer Tragsicherheit stehen meistens die Biege- und Querkrafttragsicherheit einzelner Bauteile im Vordergrund. In jüngster Zeit haben Berichte über die zukünftige Entwicklung des Verkehrs auf Schiene und Strasse und die mögliche Zulassung von Fahrzeugen mit höheren Achslasten auch Diskussionen zur Ermüdungsproblematik bei Stahlbetonbrücken neu entfacht. Verschiedene neuere Forschungsarbeiten zeigen, dass bei Brücken mit zunehmendem Alter eine erhöhte Wachsamkeit bezüglich Ermüdungsschäden angezeigt sein kann. Insbesondere bei stark beanspruchten Bauteilen, welche sich bereits in schadhaftem Zustand befinden, könnte Ermüdung im Zusammenspiel mit anderen Schädigungsmechanismen wie beispielsweise Korrosion zum Versagen einzelner Bewehrungsstäbe führen. Aus diesem Grund muss die Ermüdungssicherheit in vielen Fällen ebenso in Frage gestellt werden.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Erforschung des Ermüdungsverhaltens von Stahlbetontragwerken. Ein Überblick über die wichtigen Forschungsergebnisse der letzten gut 100 Jahre zeigt, dass die phänomenologischen Aspekte der Ermüdung von Stahlbeton durch die bisherige Forschung bereits gut abgedeckt werden. Hingegen ist es bis heute nicht gelungen, diese in zahlreichen Experimenten beobachteten Phänomene hinreichend zu begründen und einer Ursache zuzuordnen. Unter Berücksichtigung dieser vorhandenen Resultate sowie der Erkenntnisse aus dem eigenen Grossversuch werden die Phänomene auf anerkannte Grundlagen der Stahlbetontheorie zurückgeführt. Auf dieser Basis wird ein transparentes physikalisch-mechanisches Modell für das Ermüdungsverhalten von Stahlbetonquerschnitten entwickelt. Die Besonderheit des Modells liegt darin, dass den einzelnen Bewehrungsstäben im Modell eine zufallsverteilte Ermüdungsfestigkeit zugewiesen wird, so dass auch das Bauteilverhalten nach dem Versagen der ersten Bewehrungsstabes erfasst werden kann.

Bisherige experimentelle Untersuchungen wurden grösstenteils an gegenüber realen Bauteilen stark idealisierten Versuchskörpern durchgeführt. Anhand dieser Experimente können Rückschlüsse auf das Verhalten des realen Bauteils gezogen werden; über das integrale Ermüdungsverhalten eines Bauwerks lassen sich jedoch nur bedingt Erkenntnisse ableiten. Das Gefährdungsbild der Ermüdung lässt sich deshalb für ein gesamtes Bauwerk nur schwer charakterisieren. Mittels des bereits erwähnten Grossversuchs am Modell einer Rahmenbrücke mit nahezu realen Abmessungen und Dauerschwingversuchen an freischwingenden Stäben aus neuem und altem Betonstahl wird aufgezeigt, dass die Ermüdung bei bestehenden Stahlbetonbrücken ein reales Gefährdungsbild darstellen kann.

Die Entwicklung der Ermüdungsnachweise in den schweizerischen Tragwerksnormen sowie ein Vergleich mit den Nachweiskonzepten anderer Normenwerke widerspiegeln die grossen Unsicherheiten in den vorhandenen Grundlagen. Diese Hintergrundinformationen zusammen mit Resultaten von bereits ausgeführten und eigenen Versuchen sowie dem daraus entwickelten Berechnungsmodell ermöglichen die Erarbeitung eines Konzeptes zur Überprüfung bestehender Brücken bezüglich ihrer Ermüdungssicherheit.

Abstract

When assessing the structural safety of existing reinforced concrete bridges, the focus is usually set on the flexural and shear load-bearing capacity. Recently, reports on the future development of road and rail traffic and the possibility of vehicles with higher axial load limits have relaunched the discussion on fatigue in reinforced concrete bridges. Current research reveals that with the increasing age of bridges, special attention has to be paid to fatigue. In combination with other damage processes, such as corrosion, fatigue could lead to the failure of single reinforcing bars in highly stressed members. Therefore, the issue of fatigue safety should not be ignored.

This thesis is concerned with the fatigue behavior of reinforced concrete structures. Important research carried out during the past decade already covers the phenomenological aspects of fatigue in structural concrete. However, so far, research has neither been able to sufficiently explain the observed phenomena, nor relate them to specific causes. In this thesis, the results of previous research and the findings of a large-scale test carried out by the author were used to link the phenomena of fatigue to widely recognized theoretical principles of structural concrete. Subsequently, a transparent physical-mechanical model for the fatigue behavior of reinforced concrete sections is developed. The model assigns probabilistically distributed fatigue strengths to the single reinforcing bars, so that the structural behavior can also be described after the failure of the first reinforcing bar.

Previous fatigue tests were usually carried out on highly idealized specimens. These tests led to conclusions concerning the behavior of real members. However, they were only able to provide a limited insight on the integral fatigue behavior of whole structures, which made it difficult to characterize the hazard scenario 'fatigue' for an entire structure. Together with additional fatigue tests on unbonded new and old reinforcing bars, the aforementioned large-scale test on a frame bridge with almost realistic dimensions confirms that fatigue is indeed an issue for existing reinforced concrete bridges.

The development of the fatigue design criteria stipulated in the Swiss design codes as well as the wide range of design concepts in other design codes reflect the large uncertainties concerning the fatigue behavior of reinforced concrete structures. This background information and the results of existing and own experiments provide the basis for a new approach for assessing fatigue in existing bridges.