

Kompensierende Überwachung für Bestandsbauwerke aus Beton

Compensatory Surveillance for Existing Concrete Bridges

Empelmann, M.

Abstract

With the growing demand on loading capacity of existing bridges in Germany, the German Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure introduced a guideline for recalculation of these structures in 2011. Recalculations with respect to this guide show that several bridges have deficiencies in their bearing capacity and should be either replaced or strengthened. Another possibility of assuring the safety demand of these bridges is compensatory surveillance. In this investigation, several approaches were developed to quantify the safety gain of a compensatory surveillance for common deficiencies of bridges. This approaches were subsequently applied to a prototype bridge.

1. Einführung

Zunehmender Verkehr, Alterungserscheinungen sowie neue Bemessungsnormen bedingen in letzter Zeit vermehrt eine Nachrechnung von bestehenden Brückenbauwerken. Um eine einheitliche Nachrechnung der Bestandsbrücken sicherzustellen, wurde vom Bundesverkehrsministerium die Nachrechnungsrichtlinie (NRR, /1/) erarbeitet und eingeführt. Anhand von Auswertungen verschiedener Nachrechnungen nach NRR wurden häufige rechnerische Defizite wie folgt identifiziert:

- Nachweis der Dekompression (GZG)
- Nachweis zur Begrenzung der Rissbreite (GZG)
- Nachweis der Querkrafttragfähigkeit (GZT)
- Nachweis der Querbiegetragfähigkeit (GZT)
- Nachweis gegen Ermüdung (GZT)

Um im Zuge der Nachrechnungen ermittelte Defizite auszugleichen, werden oftmals stark einschränkende, verkehrliche Kompensationsmaßnahmen oder kostspielige Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt. Die Nachrechnungsrichtlinie ermöglicht weiterhin die Sicherstellung der verkehrlichen Nutzung auch mithilfe von kompensierenden Überwachungsmaßnahmen am Bauwerk.

Am iBMB, Fachgebiet Massivbau wurden innerhalb eines BAST-Forschungsprojektes /2/ auf typische Defizite von Bestandsbrücken abgestimmte Monitoringkonzepte ent-

wickelt und der mit Hilfe einer solchen kompensierenden Überwachungsmaßnahme erzielbare Sicherheitsgewinn quantifiziert. Das entwickelte Konzept wurde an einem Beispielbauwerk prototypisch umgesetzt.

2. Kompensierende Überwachungsmaßnahmen

Zu den kompensierenden Überwachungsmaßnahmen zählen gemäß NRR die Einrichtung permanenter Kontrollmechanismen, z. B. eines Monitoringverfahrens, oder die Ergreifung ergänzender Maßnahmen der Bauwerksprüfung, z. B. verringerte Prüfabstände. Eine weitere kompensierende Überwachungsmaßnahme kann eine Einwirkungsüberwachung sein, wodurch potentielle Einwirkungen durch Verkehr auf die betrachtete Brücke ermittelt werden. Eine Bauwerksprüfung (Inspektion) birgt stets das Problem der Subjektivität sowie die Gefahr eines Schadenseintritts zwischen den einzelnen Prüfterminen. Mit einem Monitoringsystem als permanentem Kontrollmechanismus lassen sich dagegen kontinuierlich objektive Kennwerte bestimmen.

Im Rahmen einer kompensierenden Überwachungsmaßnahme kann eine Schwellwertüberwachung zur Vorbeugung bzw. Vermeidung einer Überschreitung eines Schwellwertes, z. B. der maximal zulässigen Durchbiegung als Kenngröße (Indikator) für die Überschreitung des maximal aufnehmbaren Biegemomentes, angewandt werden. Dies kann z. B. in Form eines Alarmsignals erfolgen.

Eine kompensierende Überwachungsmaßnahme gleicht die Auswirkungen eines Defizits bzw. mehrerer Defizite des Bauwerks aus. Daher sollte zum einen das gewählte Monitoringkonzept einschließlich Sensorik auf die spezifizierten Defizite abgestimmt sein und zum anderen sollten die Schwellwerte sinnvoll bestimmt werden. Für die sinnvolle Schwellwertfestlegung ist eine Systemidentifikation durch eine Probelastung erforderlich.

3. Quantifizierung des Sicherheitsgewinns

Der erzielbare Sicherheitsgewinn durch die Überwachungsmaßnahme (Reduktion der Versagenswahr-

scheinlichkeit des Bestandsbauwerks) hängt mit der Wahrscheinlichkeit einer Alarmauslösung des Schwellwertmonitorings zusammen. Somit hängt der erzielbare Sicherheitsgewinn von der Schwellwertfestlegung ab und kann damit von den genannten Überwachungsmaßnahmen (Schwellwertmonitoring und Systemidentifikation) beeinflusst werden. Beispielsweise sinken durch eine Systemidentifikation die Unsicherheiten des angesetzten Modells, was zu einem weiteren Sicherheitsgewinn führt (Bild 2).

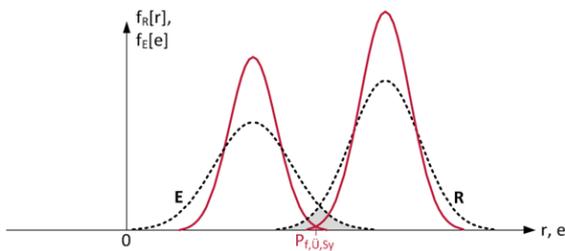


Bild 2: Reduktion der Versagenswahrscheinlichkeit infolge einer Systemidentifikation $P_{f,Ü,Sy}$

Für eine objektive Beurteilung der kompensierenden Überwachungsmaßnahme muss der erzielte Sicherheitsgewinn quantifizierbar sein. In /3/ wurde hierzu ein vollprobabilistisches Konzept vorgeschlagen, wobei eine Reduktion des Zielzuverlässigkeitsindex β in Abhängigkeit der Monitoringintensität und des Ankündigungsverhaltens des Versagens definiert wurde. Darüber hinaus wurden Ansätze zur Quantifizierung des Sicherheitsgewinns einer kompensierenden Überwachungsmaßnahme im semi-probabilistischen Sicherheitskonzept vorgestellt, da dieses dem in der Baupraxis üblichen Bemessungskonzept entspricht /4/.

4. Pilotanwendung: Hochstraße Gifhorn

Auf Grundlage der gewonnenen theoretischen Erkenntnisse wurde die Methodik einer kompensierenden Monitoringmaßnahme an der Hochstraße Gifhorn erprobt.

Das gewählte Überwachungskonzept umfasste eine kontinuierliche Schwellwertüberwachung in Kombination mit intermittierenden Probelastungen. Im Wesentlichen wurden die Messgrößen statisch erfasst. Insgesamt wurden an der Pilotbrücke 46 Sensoren (18 Schwingensaitensensoren mit integrierten Temperatursensoren und 10 zusätzliche Temperatursensoren) des primären statischen Messsystems appliziert. In Ergänzung dazu wurden zusätzlich temporär im Rahmen des ersten Belastungsversuches und einer anschließenden Messphase 12 dynamisch messende induktive Wegaufnehmer zur Erfassung der Betondehnung bzw. der Rissbreite eingebaut. Nach einer Kalibrierung des FE-Modells mithilfe von Messergebnissen der ersten Probelastung wurden

sowohl absolute (basierend auf der Auswertung des tatsächlichen Grenzzustandes) als auch relative Schwellwerte (mit verkehrs- und temperaturkompensierten Messdaten aus vorherigen Messzyklen) für die Messwerte der Schwingensaitenaufnehmer festgelegt.



Bild 2: Ausgeführte primäre Sensorik als Kompensationsmaßnahme für das Querkraftdefizit an der Steginnenseite

5. Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts konnte gezeigt werden, dass quantifizierbare kompensierende Monitoringmaßnahmen für Straßenbehörden und Baulastträger ein objektives Werkzeug darstellen, um vorhandene rechnerische Defizite von Bestandsbrücken auszugleichen.

6. Literatur

- /1/ BMVBS, Abteilung Straßenbau: Nachrechnungsrichtlinie. BMVBS, 2011.
- /2/ Siegert, C.; Holst, A.; Empelmann, M.; Budelmann, H.: Heft B 118 – Überwachungskonzepte für Bestandsbauwerke aus Beton als Kompensationsmaßnahme zur Sicherstellung von Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit. BASt, 2012.
- /3/ Bergmeister, K.; Wendner, R.: Monitoring und Strukturidentifikation von Betonbrücken. In: Beton Kalender 99. Aufl. Ernst & Sohn, S. 245–290, 2010.
- /4/ Siegert, C.; Eckfeld, L.; Empelmann, M.: Approaches to quantify the safety gain for existing concrete bridges due to surveillance. In: Proceedings of the 5th International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation (SEMC 2013); Cape Town, South Africa, 02.-04. September 2013.