Verstärkung von Brücken mit UHFB und memory-steel-Bewehrung

Projektteam Angela Lemos, Dr. Christoph Czaderski (Empa Dübendorf)
Prof. Dr. Ivan Markovic (Ostschweizer Fachhochschule, Rapperswil)

Dauer April 2022 - April 2025

Zielsetzung des Projektes

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Entwicklung und Anwendung eines neuen "hybriden" Verstärkungsverfahrens für Fahrbahnplatten von Brücken aus Stahl- oder Spannbeton. Das Verstärkungsverfahren basiert auf der Kombination von Ultra-Hochleistungs-Faserbeton (UHFB bzw. UHPFRC) und memory-steel Rippenstab-Bewehrung.

UHFB wird dabei mit einer Schichtstärke von 4 cm bis 8 cm auf der bestehenden, aber aufgerauten Fahrbahnplatte aufgetragen und memory-steel Bewehrung befindet sich in der UHFB-Schicht (Abbildung 1).

Die Möglichkeit, die memory-steel Rippenstäbe mit Hilfe des Memory Effektes durch Erwärmung vorzuspannen, hat den Vorteil, dass die vorhandene Bewehrung entlastet wird und dass Rissweiten und Verformungen reduziert werden. Die Dichtigkeit der UHFB-Schicht, kombiniert mit der Vorspannwirkung der memory-steel Bewehrung garantiert ausserdem, dass auf eine klassische Abdichtung verzichtet werden kann.

Methodik und Vorgehen

Zuerst wird die neue Verstärkungsmethode mit analytischer Modellierung sowie mit linearen und nicht-linearen FEM Simulationen mit auf dem Markt bereits verfügbaren Verstärkungsmethoden in Bezug auf Tragverhalten, Kosten und Nachhaltigkeit verglichen und optimiert. Dabei werden Parameter wie Bewehrungsgehalt von memory-steel Bewehrung, Stärke von UHFB unter Beachtung von ausführungstechnischen Randbedingungen optimiert.

Anschliessend wird die optimierte neue Verstärkungsmethode in verschiedenen Bauteilversuchen untersucht. Geplant sind Verbundversuche von memory-steel Bewehrungsstäbe aus UHFB sowie Grossversuche um das Tragverhalten der Verstärkungsmethode zu verifizieren.

Anhand der im Labor durchgeführten Versuche wird das Systemverhalten und die praktische Umsetzung der neuen Methode untersucht.

Schliesslich wird die Methode im Rahmen einer Pilotanwendung in der Praxis an einer bestehenden Brücke angewendet.

Erkenntnisse für Wissenschaft, Praxis und Öffentlichkeit

Die bisher durchgeführten linearen und nicht-linearer FEM Simulationen (Abbildung 2) bestätigen eindrücklich die Hauptvorteile der neuen Verstärkungsmethode mit UHFB und memory-steel Bewehrung: dank der Vorspannung durch memory-steel, wird die vorhandene Bewehrung entlastet und die Rissweiten und Verformungen im Gebrauchszustand reduziert (Abbildung 2 rechts), was sowohl die Ermüdung der Bewehrung als auch die Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit positiv beeinflusst. Weitere Laborversuche und FEM-Simulationen sollten diese positiven Effekte bestätigen.

Bedeutung für Forschung und Praxis: Innovation

Die neue Verstärkungsmethode mit UHFB und memory-steel Bewehrung kann aufgrund des optimalen Tragverhaltens und guter Dauerhaftigkeit eine wesentliche Beschleunigung des gesamten Bauprozesses bei der Brückeninstandsetzung ermöglichen und zudem eine wesentliche Verlängerung der Rest-Nutzungsdauer von Brücken garantieren.

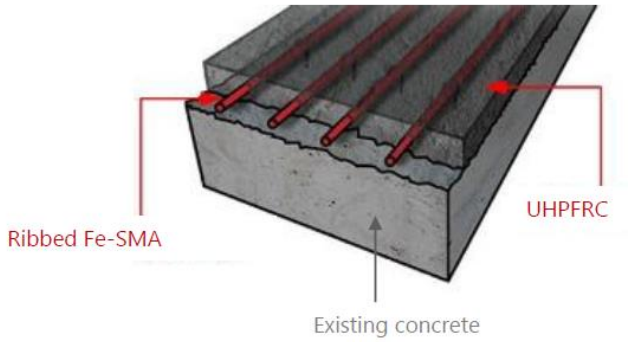

Abbildung 1: Layout der Verstärkungsmethode mit UHFB (UHPFRC) und memory-steel Bewehrung (Fe-SMA) auf bestehenden Stahlbetondecken.

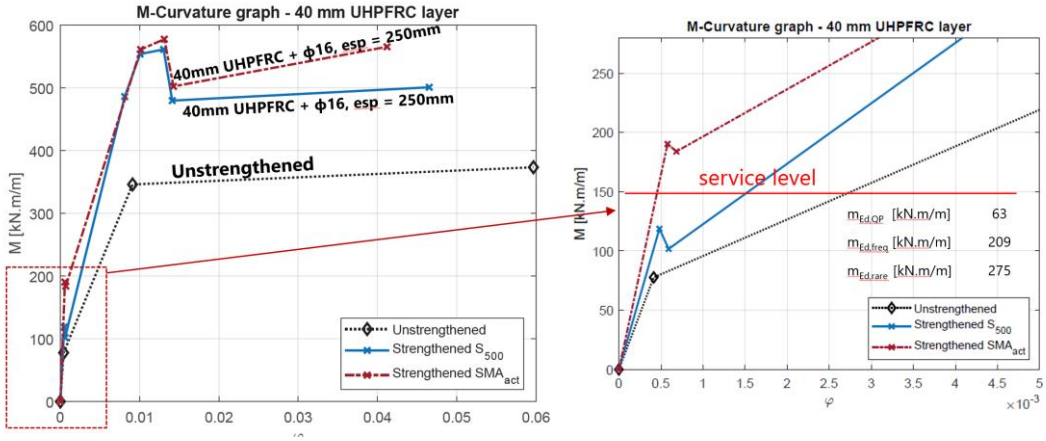

Abbildung 2: links: Tragverhalten (Moment-Krümmungs-Diagramm) eines rechteckigen Stahlbeton-Querschnitts ohne Verstärkung (graue Linie), mit Verstärkung mit UHFB und konventioneller Bewehrungsstahl (blaue Linie) und mit Verstärkung mit UHFB und memory-steel-Bewehrung SMA (rote Linie); rechts: vergrösserter Blick auf das Tragverhalten im Betriebszustand (Gebrauchstauglichkeit) mit deutlichem Unterschied der Krümmungen.