

## **Untersuchungen zum Ermüdungsverhalten von Verbundfugen bei vorgespannten Betonbrücken.**

In ihrem langjährigen Bestehen werden Brückenbauwerke einer Vielzahl von Lastwechseln ausgesetzt, die ein Ermüden der Werkstoffe hervorrufen können. Im Gegensatz zum schon gut erforschten Ermüdungsverhalten von Stahl, gibt es beim Verhalten von Beton noch sehr viele Unklarheiten bezüglich der genauen Einflüsse bzw. der Betonschädigung durch Ermüden. An der TU Wien geht man dem Ansatz nach, wo bei Spannbetonbrücken die schlaffe Bewehrung weggelassen wird und auch auf die Brückenabdichtung verzichtet werden kann. So ergeben sich neue und wirtschaftliche Baumethoden. Als Fahrbahnbelag und Verschleißschicht wird eine Betondecke direkt auf die aufgeraute Oberfläche des Tragwerks aufbetoniert. Hier entsteht eine Fuge, die aufgrund der fehlenden Schubbewehrung einen vermeintlichen Schwachpunkt im Aufbau darstellt. Die Diplomarbeit befasste sich neben der theoretischen Erläuterung einiger relevanten Themen aus der Betonermüdung mit der Auswertung der durchgeführten Ermüdungsversuche an vorgespannten Betonträgern mit einer unbewehrten Betonschubfuge. Im Versuchslabor des Instituts für Tragkonstruktionen wurde an vier Prüfkörpern das Ermüdungsverhalten des gesamten Körpers und speziell der angesprochenen Verbundfuge untersucht.

### **Tragwerkskörper**

Als Probekörper dienen vier vorgespannte Betonträger mit einer Länge von 7,70 m. Mit Ausnahme einer Spaltzugbewehrung an den Einleitungsstellen der Vorspannkkräfte wurden die Träger ohne schlaffer Bewehrung ausgeführt. Hergestellt wurde der 63 cm breite und 50 cm hohe Tragwerkskörper aus einem Beton der Güte C30/37/GK16/F45/B3. Für das Vorspannen wurde ein VSL System mit PP-Hüllrohren des Typs PT-PLUS 59 verwendet. Nach dem Betonieren wurde die Betonoberfläche bei zwei Trägern rüttelrau belassen und bei den anderen zwei mittels Rechen eine Struktur geschaffen. Drei Tage später wurde die Vorspannkraft (insgesamt 2800 kN) aufgebracht.

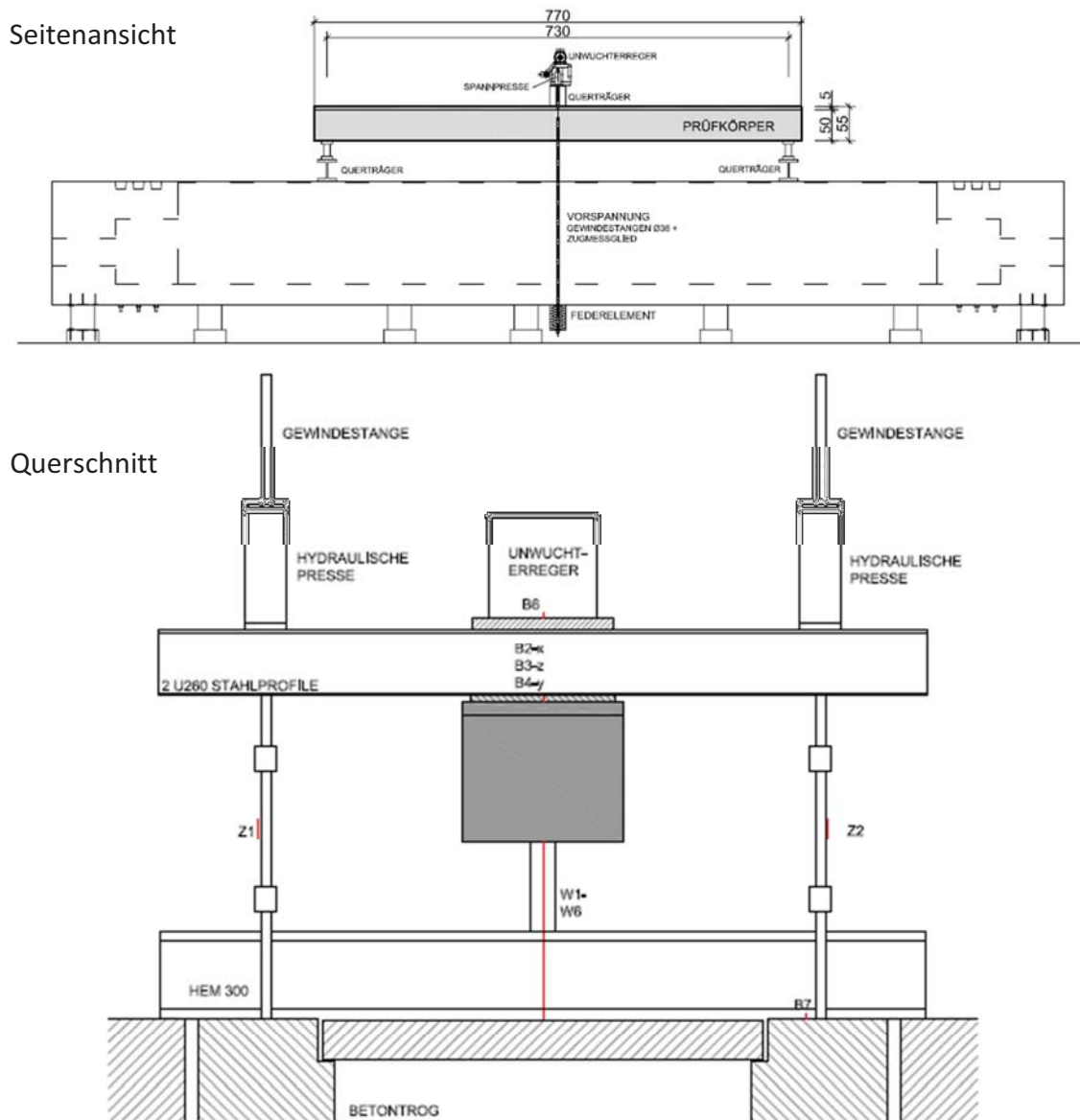
### **Aufbetonschicht**

Vor dem Aufbringen der Aufbetonschicht auf den Tragwerkskörper musste die Betonoberfläche entsprechend behandelt werden, da die Schubtragfähigkeit einer Fuge maßgeblich von der Rauheit abhängig ist. Um eine tragfähigere Oberflächenstruktur zu erzielen wurde das Korngerüst mit einem 2000 Bar starken Hochdruckwasserstrahl freigelegt und anschliessend die 5 cm starke Aufbetonschicht aufgebracht.

### **Versuchsaufbau**

Aufgebaut wurde die Versuchseinrichtung im Labor des Instituts für Tragkonstruktionen an der TU Wien. Ein für hochfrequente Schwingversuche extra angefertigter Prüfrahmen bildet dabei die Unterkonstruktion bzw. die Auflagerfläche. Dieser 16 m lange trogförmige Spannbetonbauteil ist auf Federpaketen gelagert und weist im Abstand von einem Meter

Aufspannpunkte auf. So ist es möglich, große Bauteile an verschiedenen Punkten auf Biegung zu belasten, oder im Falle eines Ermüdungsversuches eine gewünschte Mittellast aufzubringen. Der restliche Aufbau wird anhand der Abbildung 1 erläutert.



**Abbildung 1: Prüfeinrichtung**

Der Versuchskörper ist auf drei selbstzentrierenden Pendelstützen jeweils in Verbindung mit einer Kraftmessdose gelagert. Diese leiten die Kräfte auf zwei HEM 300 Stahlprofile, die die Lasten über Biegung in die Seitenwände des Betontrogs abtragen. Die auf der Trogunterkante verankerten Gewindestangen, die zwei U260 Stahlprofile und die hydraulischen Pressen bilden die statische Belastungseinheit für den Versuch. Werden nun die Pressen ausgefahren, so bewegt sich das Stahlprofil nach unten und der Betonträger wird einer Biegebeanspruchung ausgesetzt. Für die dynamische Beanspruchung ist der Unwuchterreger, der im Zusammenspiel mit einer speziellen Regelungstechnik den Träger in seiner Eigenfrequenz in Schwingung versetzen soll, verantwortlich.

## **Versuchsablauf**

Nach dem Aufbau des Probekörpers und der Belastungseinrichtung wurde die Messtechnik an geeigneten Positionen angebracht. Im speziellen wurden dabei die Verzerrungen über die gesamte Trägerhöhe, die Durchbiegung des Betonkörpers sowie die Relativverschiebungen der Schubfuge gemessen. Daraufhin wurde mittels der hydraulischen Pressen die errechnete Mittellast von ca. 50 kN aufgebracht und der Schwingvorgang gestartet. Die Schwingdauer für die gewünschten 4 Millionen Lastwechsel betrug je nach Frequenz (ca. 16 Hz) in etwa 70 Stunden. Nach dem Schwingvorgang wurden eventuell entstandene Risse dokumentiert, und die Belastungseinheit für den statischen Versuch umgebaut. Diese wurde um einen Meter versetzt um anstatt der Biegebeanspruchung die Querkraftbeanspruchung als maßgebende Größe zu erhalten. Anschließend wurde der Träger stufenweise bis zum Versagen der Betondruckzone belastet, und dabei der Rissverlauf bzw. die Rissweite dokumentiert.

## **Ergebnis**

Die Kernaussage der Versuche ist, dass es weder bei der Dauerbelastung noch bei dem statischen Versuch zu einer messtechnisch erfassbaren bzw. optisch sichtbaren Schädigung der Verbundfuge gekommen ist. Die Schubkräfte konnten ohne einen nennenswerten Fugenversatz durch Haftverbund und Reibung übertragen werden. Auffällig ist, dass die Versuchskörper 3 und 4 aufgrund ihrer durch Schwingpausen bedingten langen Belastungsdauer unter Mittellast, beim dynamischen Versuch, eine deutlich höhere Zunahme der Durchbiegung aufweisen, als die Versuchskörper ohne Schwingpausen. Kriechen ist hier für die Verformung die Haupteinflussgröße. In welchem Ausmaß eine Schädigung durch die Schwingbelastung aufgetreten ist, lässt sich dabei nicht genau feststellen. Des Weiteren wurde kein auffälliger Unterschied erkannt, der auf die unterschiedliche Oberflächenbehandlung von VK1 und VK3 bzw. VK2 und VK4 hinweisen würde.

## **Ausblick**

Durch die gewonnenen Erkenntnisse wird die Verwendungsmöglichkeit von unbewehrten Betonschubfugen im Strassenbrückenbau bestätigt. Besondere Beachtung gilt dabei einer sauberen Ausführung der Verbundfuge.

Allgemein steht die Forschung von unbewehrten Betonschubfugen noch am Anfang, sodass es weitere Versuche erfordert, um genauere Auskünfte über das Ermüdungsverhalten geben zu können. Ein interessanter Vergleichswert wäre zum Beispiel das Verhalten einer versagenden Verbundfuge bezüglich der:

- Versagenslast
- Relativverschiebung kurz vor Versagen und kurz danach
- Vertikalverschiebung bzw. dem Ablösen der Aufbetonschicht