

Der Einfluss der Fugen auf die Querkraft- und Torsionstragfähigkeit extern vorgespannter Segmentbrücken

Vom Promotionsausschuss der
Technischen Universität Hamburg-Harburg
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieurin
genehmigte Dissertation

von

Dipl.-Ing. Angelika Specker
aus Papenburg

2001

Zusammenfassung und Ausblick

Das Tragverhalten extern vorgespannter Segmentbrücken unterscheidet sich grundlegend von dem monolithischer Tragwerke, da in den Fugen zwischen den einzelnen Segmenten keine Betonstahlbewehrung vorhanden ist. Dadurch können sich diese nach Überschreitung des Dekompressionsmomentes ungehindert öffnen. Die daraus resultierenden Änderungen im Tragverhalten werden in den vorhandenen Bemessungskonzepten durch zusätzliche Nachweise berücksichtigt. Obwohl bereits zahlreiche Segmentbrücken erfolgreich errichtet worden sind, unterscheiden sich die vorhandenen Bemessungsregeln jedoch aufgrund unterschiedlicher Voraussetzungen und Vereinfachungen beträchtlich voneinander. Aus diesem Grund wurden zunächst die vorhandenen Versuche, Bemessungskonzepte und deren Grundlagen vorgestellt und miteinander verglichen (Kapitel 2). Dabei ergaben sich besonders hinsichtlich der Schubkraftübertragung in den Fugen erhebliche Unterschiede.

Anhand von Berechnungen nach der Methode der finiten Elemente wurde deshalb zuerst das allgemeine Trag- und Verformungsverhalten von Segmentbrücken und der Einfluss der Fugen untersucht (Kapitel 3). Die Ergebnisse, die anhand eines in Bangkok durchgeführten Großversuchs verifiziert wurden, zeigten, dass sich eine Segmentbrücke wie eine monolithische Konstruktion verhält, solange die Fugen überdrückt sind. Für die Betrachtung des Gesamtsystems ist es dabei ausreichend, das Stoffgesetz von Beton durch eine einfache nichtlineare Spannungs-Dehnungs-Beziehung abzubilden. Wie auch in Versuchen beobachtet, konzentrieren sich die Risse bei einer Segmentbrücke auf die Fugen. Das vorgestellte Berechnungsmodell stellt demzufolge eine sehr gute Näherung zur Ermittlung des Tragverhaltens einer extern vorgespannten Segmentbrücke dar.

Da die Schubkraftübertragung nach dem Öffnen der Fugen über die Biegedruckzone erfolgt, wurde das Modell anschließend verfeinert und die genaue Abbildung der Feinprofilierung berücksichtigt. Die Ausbildung einer fein verzahnten Profilierung in den Fugen wird in allen Bemessungskonzepten vorgeschrieben, bei der Ermittlung der Tragfähigkeit der Biegedruckzone jedoch nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund wurde anhand von numerischen Berechnungen deren Einfluss auf das Tragverhalten untersucht (Kapitel 4).

Die Berechnungen zeigten, dass die Feinprofilierung in Fugen, die durch eine vergleichsweise geringe Schubkraft beansprucht werden, wie beispielsweise im Feldbe-

reich von Einfeldträgern, keinen Einfluss auf das Tragverhalten besitzt. Anhand von Vergleichsrechnungen an einem Modell ohne Berücksichtigung der Feinprofilierung und an einem monolithischen Modell wurde deutlich, dass sowohl die aus Querkraft als auch aus Torsion resultierenden Schubkräfte sich in den Fugen auf die Druckzone konzentrieren und dort übertragen werden können. Für die Fuge neben der Einspannung des Mehrfeldträgers, die im Unterschied zur Feldfuge im Einfeldträger gleichzeitig durch hohe Schub- und Druckkräfte beansprucht wird, ergaben sich jedoch Unterschiede zwischen den betrachteten Modellen. Während es beim Modell mit ebener Fugenoberfläche nach Überschreitung der Schubtragfähigkeit der Druckzone in den Stegen zu einem gegenseitigen Abgleiten der Fugenoberflächen und damit zu einer Umlagerung der Kräfte kam, ist dies beim Modell mit Berücksichtigung der Feinprofilierung nicht möglich. Da sich die Schubkräfte bis zum Erreichen der Grenztragfähigkeit der Feinprofilierung auf die Stege konzentrieren, muss durch einen Schub-Druck-Nachweis das Versagen der Biegedruckzone und der Feinprofilierung im Grenzzustand der Tragfähigkeit ausgeschlossen werden.

Aus diesem Grund sind zur Ermittlung der Tragfähigkeit einer feinprofilierten Biegedruckzone an der TU Hamburg-Harburg in Zusammenarbeit mit der University of Science and Technology in Hongkong Versuche an kleinen Probekörpern mit Trocken- und Epoxidharzfugen durchgeführt worden, die der Verifikation der anschließenden numerischen Berechnungen dienen. Anhand einer FE-Parameterstudie wurden die Einflüsse der Geometrie, der Druckspannung und der Betonfestigkeit auf die Tragfähigkeit der Feinprofilierung untersucht und eine Bemessungsformel entwickelt, die das erhöhte Tragvermögen einer feinprofilierten Fuge berücksichtigt und damit eine wirtschaftlichere Bemessung ermöglicht (Kapitel 5). Imperfektionen und Bauungenauigkeiten in den Fugen werden durch einen globalen Sicherheitsfaktor erfasst. Ziel weiterführender Untersuchungen kann deshalb die Ermittlung der Größe und des Einflusses der beispielsweise durch das Herstellungsverfahren bedingten Ungenauigkeiten in der Fuge sein.

Die sich aus den Berechnungen ergebenden Veränderungen bezüglich der Fugenbemessung wurden in Kapitel 6 zusammengefasst und mit den vorhandenen Bemessungskonzepten verglichen. Dabei ergaben sich gerade im Vergleich zum Bemessungskonzept des Deutschen Beton-Vereins, in dem die Auswirkungen und die Tragfähigkeit der Feinprofilierung vernachlässigt werden, grundlegende Unterschiede.

Da die Berechnungen gezeigt haben, dass sich das Tragverhalten unter Berücksichtigung der Feinprofilierung ändert, dürfen die Auswirkungen nicht vernachlässigt wer-

den. Neben der Bemessung der Schubkraft in der Fuge wurden auch die daraus resultierenden Änderungen in Bezug auf die Biegebemessung vorgestellt und die Begrenzung der Fugenöffnung, wie sie nur im deutschen Bemessungskonzept gefordert wird, kritisch beurteilt. Sie führt zu einer unwirtschaftlichen und weit auf der sicheren Seite liegenden Bemessung. Sowohl in Großversuchen als auch in den im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Berechnungen ergab sich ein wesentlich duktileres Bruchverhalten als in den deutschen Empfehlungen zugrunde gelegt, da in den dazu durchgeführten Berechnungen die Spannkraftzunahme der externen Vorspannung vernachlässigt wurde. Öffnen sich jedoch die Fugen, nehmen die Verformungen so stark zu, dass die Spannkraftzunahme berücksichtigt werden muss und zu einem duktilen Verhalten beiträgt.