

Brücken aus Betonsegmenten

Internationale Zusammenarbeit im Massivbrückenbau

Im Stadtgebiet von Hamburg stehen ca. 2200 Brücken und damit mehr als in einer anderen europäischen Großstadt. Daher liegt es nahe, dass man sich an der TUHH speziell mit diesen Ingenieurbauwerken befasst.

Ziel eines Forschungsprojektes im Arbeitsbereich Massivbau ist es, die Herstellungs- und Unterhaltungskosten von Brücken zu reduzieren, die Qualität zu verbessern sowie die Gestaltungsvielfalt zu vergrößern. Die Segmentbauweise, das bedeutet die Zerlegung einer Brücke in einzelne Fertigteile (Abb.1) bietet im Hinblick auf die genannten Anforderungen wesentliche Vorteile gegenüber den derzeit gebräuchlichen Ortbetonkonstruktionen.

Hierbei wären u.a. zu nennen:

- Qualitätsverbesserung durch Herstellung der Segmente in einem Fertigteilwerk unter kontrollierten Bedingungen
- Witterungsunabhängige Bauweise
- Kurze Bauzeit – Sperrung von Verkehrswegen nicht erforderlich
- Niedrige Baukosten
- Gestaltungsvielfalt infolge der Fertigteilproduktion (Form, Farbe)



Abb. 1
Bau einer
Segmentbrücke

Aufgrund von mangelnden Erfahrungen und fehlenden Richtlinien ist dieser Brückentyp in Deutschland im Gegensatz zu den meisten europäischen und außereuropäischen Ländern bislang nicht errichtet worden. Segmentbrücken werden in großem Stil in Südostasien gebaut. In dieser Region ist es notwendig, die unzureichende Verkehrsinfrastruktur schnell zu

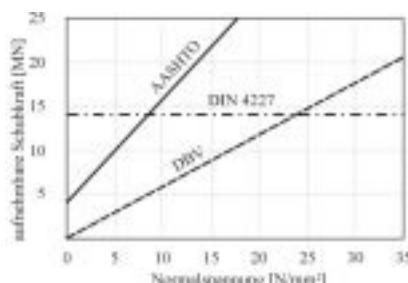


Abb. 2: Schubtragfähigkeit der Segmentfuge nach verschiedenen Verfahren

verbessern. Die größte Segmentbrücke der Welt mit einer Länge von über 50 km, der Bang Na – Bang Pli – Bang Pakong Expressway wurde 1999 in Bangkok, Thailand, dem Verkehr übergeben. Die Segmentbauweise eignet sich jedoch auch für kleine Projekte, wie Beispiele aus Japan zeigen.

In der heutigen Zeit, in welcher die Bio- und Informationstechnologie als die wesentlichen Schlüsselgebiete für die Zukunft angesehen werden, mag es auf den ersten Blick erstaunen, dass im Brückenbau mit mehr als 2000 Jahren Erfahrung noch Entwicklungsmöglichkeiten und Forschungsbedarf bestehen. Wenn man aber bedenkt, wie wichtig eine funktionierende Verkehrsinfrastruktur für unsere Gesellschaft ist, so wird die große Bedeutung von Brücken ersichtlich. Allein der Bestandwert der Brücken im Bundesfernstraßennetz wird auf 80 Mrd. DM veranschlagt. Der jährliche Unterhaltungsaufwand beträgt ca. 800 Mio. DM.

Eine Segmentbrücke besteht aus einzelnen Fertigteilen – Segmenten –, welche durch Spannkabel dauerhaft zusammengedrückt werden (siehe Abb.1). Zwischen den Segmenten befinden sich profilierte, unbewehrte Fugen. Diese planmäßige Zerlegung einer Brücke in Querrichtung stellt den wesentlichen Unterschied zu monolithischen Ortbetonkonstruktionen dar. Die genaue Kenntnis des Trag- und Verformungsverhaltens der Fugen ist wesentlich für die sichere Bemessung der Konstruktion. Obwohl schon zahlreiche Segmentbrücken in Europa und insbesondere in Südostasien errichtet wurden, ist dieser wesentliche Aspekt nicht absch-

ließend geklärt. Dies zeigt sich beispielsweise, wenn man die aufnehmbaren Schubkräfte mit den vorhandenen Berechnungsverfahren und Regelungen vergleicht (Abb.2). Es sind Differenzen von über 100 Prozent zu erkennen.

Genau an diesem entscheidenden Detail, dem Einfluss der Fugen auf die Tragfähigkeit der Konstruktion, setzt ein Forschungsprojekt im Arbeitsbereich Massivbau an. In Zusammenarbeit mit der University of Science and Technologie in Hongkong (HKUST) wird das Tragverhalten von Segmentbrücken sowohl numerisch mit Hilfe von Finite-Elemente-Modellen als auch experimentell untersucht.

Zunächst wurde das Längstragverhalten unter Berücksichtigung der Öffnung der Fugen bei hoher Belastung studiert. Zur Verifizierung der geometrisch und physikalisch nichtlinearen Finite-Elemente-Berechnungen diente ein im Jahre 1990 durchgeführter Großversuch mit einer Brückenspannweite von 45 m. Exemplarisch sind in Abb. 3 die Verformungen in Feldmitte in Abhängigkeit von der Belastung aufgetragen. Es ist eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den experimentell und numerisch bestimmten Werten zu erkennen. Das numerische Modell ist demnach geeignet, das Tragverhalten des realen Systems abzubilden. Weiterhin wird aus Bild 3 das weitgehend bilineare Verformungsverhalten der Konstruktion deutlich. Zunächst verhält sich das Tragwerk weitgehend elastisch. Mit Öffnung der Fugen nimmt die Steifigkeit sehr schnell ab, was zu einer starken Zunahme der Verformung führt. Da der Hebelarm der inneren Kräfte nahezu konstant bleibt, besteht wiederum ein linearer Zusammenhang zwischen der Durchbiegung und der Belastung.



Abb. 4:
Spannungsverteilung
bei geöffneter Fuge

Es folgten weitere numerische Berechnungen mit einem im relevanten Fugenbereich verfeinerten Modell, wobei insbesondere die Anordnung der Einwirkung (Biegung, Torsion) und das Tragsystem (Einfeld, Durchlaufträger) variiert wurden (Abb. 4). Es zeigte sich, dass die Berücksichtigung der Profilierung der Fugen von großer Bedeutung ist. Dieser Aspekt war bei den bislang publizierten Berechnungen vernachlässigt worden. Die gewonnenen Erkenntnisse erlauben eine erheblich wirtschaftlichere Bemessung von Segmentbrücken, als es nach der in Deutschland derzeit gültigen Richtlinie möglich ist.

Weitere numerische und experimentelle Untersuchungen befassten sich mit der Schubtragfähigkeit der Fugen. Auch hier wurde zunächst das numerische Modell anhand von Versuchswerten verifiziert. Experimente an maßstabgerechten Kleinmodellen mit 1-5 Schubnocken wurden sowohl von der TUHH als auch der Universität in Hongkong durchgeführt (Bild 5). Es konnte gezeigt werden, dass die Querkrafttragfähigkeit der Fuge weitgehend linear mit der Anzahl der Schubnocken und der Druckspannung zunimmt. Eine Umlagerung der Kräfte bei Laststeigerung, wie bislang angenommen, tritt somit nicht ein.

Die durchgeführten aufwändigen Finite-Elemente-Berechnungen sind für eine praktische Bemessung von Segmentbrücken ungeeignet. Daher wurden vereinfachte, analytische Verfahren entwickelt, mit welchen das Verformungsverhalten einer Segmentbrücke und die Tragfähigkeit der Fugen bestimmt werden können.

Die Konstruktions- und Bemessungsprobleme von Segmentbrücken dürfen als weitgehend geklärt betrachtet werden. Nun bedarf es dringend der praktischen Anwendung dieser Bauweise in Deutschland, damit die hierzulande tätigen Ingenieure, Ingenieurinnen und Baufirmen nicht den Anschluss an das Ausland verlieren.

*Prof. Dr.-Ing. Günter A. Rombach
Arbeitsbereich Massivbau*

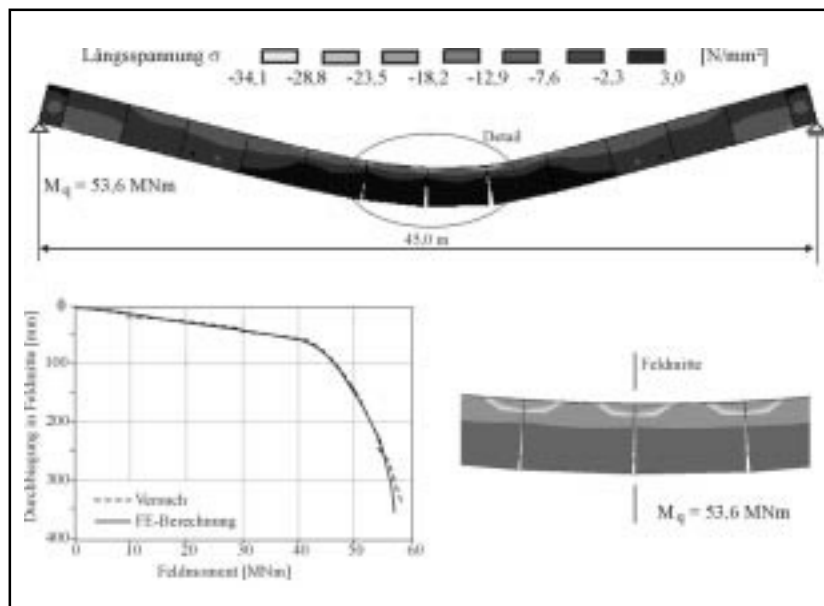


Abb. 3: Vergleich zwischen Experiment und Berechnung

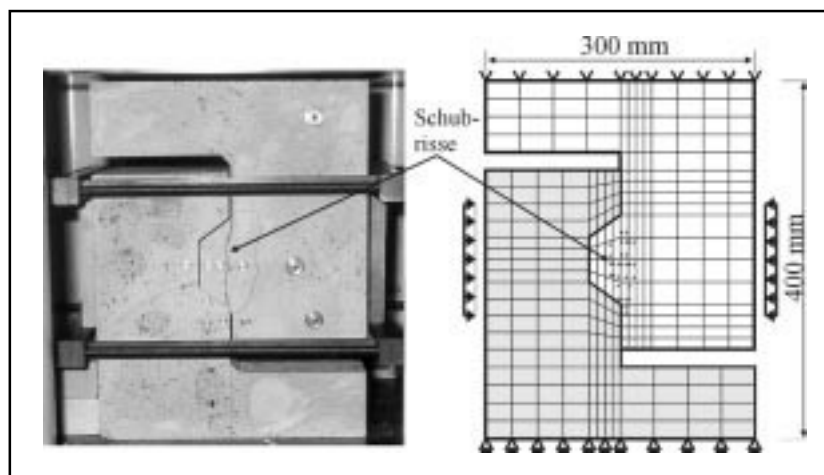


Abb. 5: Versuche mit einer Schubnocke sowie Finite-Elemente Modell



Abb. 6: Errichtung einer Segmentbrücke



Abb. 7: Fertiggestellte Segmentbrücke