

Entwurf:

Die endgültige Veröffentlichung ist erschienen in:
Zement/Beton 03/2003; ISSN 0514-2946, S.18-19

Auswirkungen von Umlenkkräften auf die Tragfähigkeit gekrümmter Stahlbetonbalken

DI Martin Ebner und DI Markus Intichar

Prof. DI Dr. techn. Lutz Sparowitz

Institut für Betonbau (IBB)

Technische Universität Graz

Lessingstraße 25, A-8010 Graz Austria

Phone: ++43 316 873 6191

Internet: <http://www.bau.tugraz.at/ibb>

Einleitung

Ausgehend von einem konkreten Schadensfall wird die „Tragfähigkeit von gekrümmten Stahlbetonbalken ohne explizite Bewehrung für Umlenkkräfte“ im Rahmen der Diplomarbeit von Markus Intichar [1] am Institut für Betonbau der Technischen Universität Graz untersucht. Hierzu werden sowohl theoretische Überlegungen angestellt, als auch Versuche an der Konstruktiven Versuchsanstalt durchgeführt.

Die Untersuchungen zeigen die Abnahme der Tragfähigkeit eines gekrümmten Stahlbetonbalkens infolge der Überlagerung von Spannungen aus Umlenkkräften und Verbundwirkungen. Beide Beanspruchungen verursachen Zugspannungen normal zur Betonoberfläche, welche bei Überschreitung der Betonzugfestigkeit zu einem Abplatzen der Betondeckung entlang der Biegelängsbewehrung führen. Die Überprüfung einer ausreichenden Sicherheit und damit der Bemessungsansätze der ÖNORM gegenüber diesem spröden Verhalten ist das Ziel dieser Versuche.

Wirkung der Umlenkkräfte

Bei biegebeanspruchten Stahlbetonbalken mit gekrümmter oder geknickter Stabachse treten Umlenkkräfte infolge der wirkenden Längskräfte (Druck- oder Zugkraft), sowohl im Biegedruckgurt als auch im Biegezuggurt auf (Abb.1). Ihre Größe kann mit Hilfe der „Kesselformel“ sehr einfach ermittelt werden.

Die normal zur Betonoberfläche auftretenden Kräfte (u_c , u_s) sind bei reiner Biegebeanspruchung gleich groß und entgegen gesetzt gerichtet. Wenn zur Aufnahme dieser zusätzlichen Beanspruchung keine entsprechende Bügelbewehrung vorgesehen wird, müssen sie mittels Betonzugspannungen übertragen werden. Der Versagensquerschnitt verlagert sich hierbei in die Schwerachse der Biegezugbewehrung, da einerseits der Betonquerschnitt durch die Bewehrung reduziert ist und andererseits eine Spannungsspitze am Rande des Bewehrungsloches entsteht (vgl. Scheibe mit Loch unter Zugbeanspruchung). Bei Überschreitung der Betonzugspannungen durch diese lokalen Extremalwerte kommt es zum Abplatzen der gesamten Betondeckung zusammen mit der Biegelängsbewehrung, oder bei größerem Abstand der einzelnen Bewehrungsstäbe zu einem V-förmigen Ausreißen. Dieser Bruch tritt vorwarnungslos und weit vor dem eigentlichen Biegeversagen ein. Dieses spröde Materialverhalten ist im Zuge der Bemessung unbedingt zu vermeiden und muss daher durch einen entsprechenden Sicherheitsabstand ausgeschlossen werden.

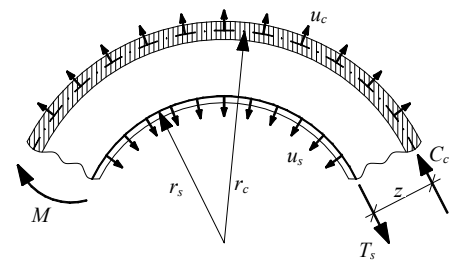


Abb. 1 Umlenkkräfte

Versuchsordnung

An 12 Versuchsträgern mit der Betongüte B20/B225/GK16/K3 werden die oben erläuterten Phänomene experimentell erfasst. Die Abmessungen der Stahlbetonbalken sind in Abb. 2 dargestellt.

Um ein gezieltes Abplatzen zu ermöglichen, wird im Bereich der Krümmung auf die Anordnung einer notwendigen Verbügelung verzichtet. Der Unterschied innerhalb der zwölf Versuchsträger besteht in der Anordnung der Biegelängsbewehrung. Bei jeweils 4 Trägern wird die Längsbewehrung mittels zweier 4er-Bündel (Typ C) und bei weiteren 4 Balken mittels vier 2er-Bündel (Typ B) verlegt. Bei den verbleibenden Balken (Typ A) wird die Längsbewehrung gleichmäßig über die Breite verteilt angeordnet. Damit soll auch der Einfluss einer eventuell unregelmäßigen Verlegung berücksichtigt werden.

Die Belastung der statisch bestimmt gelagerten Einfeldbalken erfolgt durch zwei Einzellasten am Krümmungsbeginn, wodurch im Bereich des Bogens, bei Vernachlässigung des Eigengewichts, keine Querkraft und damit ein konstanter Biegemomentenverlauf gegeben ist.

Der Einfluss der Querkraft wird, durch eine einseitige Lastanordnung, getrennt untersucht.

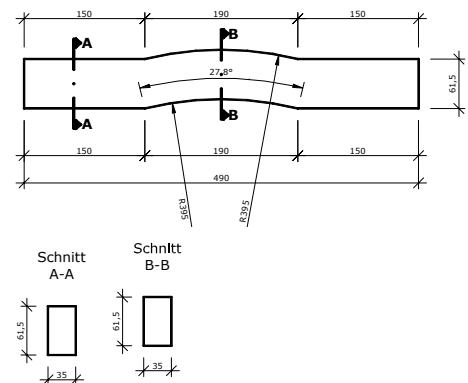


Abb. 2 Abmessung der Versuchskörper

Entwurf:

Die endgültige Veröffentlichung ist erschienen in:
Zement/Beton 03/2003; ISSN 0514-2946, S.18-19

Der Ort der Versuchsdurchführung ist die Konstruktive Versuchsanstalt der TU Graz (KVA) mit der dort vorhandenen 1000 kN-Prüfanlage, sowie servohydraulisch gesteuertem Prüfzylinder. Die Steigerung der Belastung wird mittels Wegsteuerung durchgeführt, wodurch im Traglast- bzw. Abplatzlastbereich sehr gut das Verhalten der Träger studiert werden kann.

Versuchsergebnisse

Abb. 3 zeigt das typische Bruchbild dieser Versuchsserie. Bei Erreichen der kritischen Last platzt die Biegezugbewehrung gemeinsam mit der darunter liegenden Betondeckung schlagartig und ohne sichtbare Ankündigung ab. Die auftretende Rissbreite beträgt im Mittel etwa 2 cm und die Längsbewehrung ist deutlich sichtbar. Die Untersicht des Balkens wird dabei nicht zerstört. Dieses Verhalten kann bei allen Trägertypen, unabhängig von der vorhandenen Anordnung der Längsbewehrung, festgestellt werden.

Die Auswertung der Versuchsergebnisse zeigt weiter, dass die unterschiedliche Bewehrungsanordnung einen Einfluss auf die Abplatzlast hat. Tendenziell tragen die Versuchsbalken mit der regelmäßigen (ordentlich) verlegten Längsbewehrung höhere Lasten.

Die einseitige Lastanordnung, zur Überprüfung des Einflusses der Querkraftwirkung, zeigt eine deutliche Abnahme der Abplatzlast. Das Bruchbild unterscheidet sich nicht von den anderen Trägern.



Abb. 3 Typische Bruchbild der Versuchsserie

Bogen-träger Nr.	Anordnung der Bewehrung		Spaltzug festigkeit [N/mm ²]	Alter in Tagen	Abplatzlast [kN]		Durchbiegung [mm]		Biegemoment [kNm]		Stahlspannung [N/mm ²]		Umlenkspannung [N/mm ²]		κ
					Einzelwert	Mittelwert	Einzelwert	Mittelwert	Einzelwert	Mittelwert	Einzelwert	Mittelwert	Einzelwert	Mittelwert	
A1	Einzelstäbe		2,2	133	479,22		13,698		325,66		412,80		0,76		2,62
A2				135	459,57		12,433	13,006	312,89	316,38	396,60	401,10	0,73	0,74	2,72
A3				139	451,37		12,446		307,56		390,00		0,72		2,77
Aq				+ Querst.	136	469,60		13,448		319,41		405,00		0,74	
B1	Zweier-Bündel		2,4	128	439,08		12,423		299,57		380,00		0,70		3,10
B2				129	475,80	459,57	13,937	13,143	323,44	312,89	410,00	396,70	0,75	0,73	2,87
B3				130	407,02		11,124		278,73		363,40		0,65		3,33
Bq				+ Querst.	133	516,39		15,088		349,82		443,40		0,81	
C1	Vierer-Bündel		2,3	124	431,07		11,475		294,37		373,40		0,68		3,02
C2				125	468,78	432,70	13,119	11,663	318,88	295,43	404,40	375,30	0,74	0,69	2,79
C3				126	398,25		10,395		273,03		346,20		0,63		3,26
Cq*				+ Querst.	186	302,53		8,567		210,81		267,20		0,49	

Abb. 4 Versuchsergebnisse

Einen erheblichen Einfluss auf die Tragfähigkeit der einzelnen Balken hat die Zugfestigkeit des Betons. Die Streuungen der Abplatzlast innerhalb einer Trägertypen sind auf die Schwankungen dieser zurück zu führen.

In Abb. 4 ist in der letzten Spalte der Wert κ dargestellt, der in der derzeit gültigen ÖNORM B4700 mit 3,0 festgelegt ist. Es ist ersichtlich, dass in einigen Versuchen diese Größe deutlich überschritten wird und daher der Sicherheitsfaktor entsprechend überdacht werden sollte.

Schlussfolgerung

Während nach der DIN 1045-1 zur Aufnahme von Umlenkkräften stets entsprechende Bewehrungen (Bügel) anzuordnen sind, kann nach ÖNORM B4700 auf eine Umlenkbewehrung verzichtet werden, wenn der Beton mit entsprechender Sicherheit in der Lage ist die Zugbeanspruchungen aufzunehmen. Dabei ist aber zu beachten, dass sich den Betonzugspannungen weitere Spannungen (z.B. infolge Verbundwirkung, Eigenspannungen usw.) überlagern können. Dieser Tatsache wird in der ÖNORM nicht ausdrücklich Rechnung getragen.

Abschließend sei erwähnt, dass bei Bemessungsaufgaben, bei denen die Betonzugfestigkeit eine tragende Rolle spielt, eine entsprechende Sorgfalt anzuwenden ist.

Literatur

[1] Intichar, M. (2002): „Untersuchung der Interaktion zwischen Verbundspannungen und Umlenkspannungen“, Diplomarbeit am Institut für Betonbau der Technischen Universität Graz