

Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht

Band: 7 (1964)

Artikel: Bruchversuche und Messungen mit vorfabrizierten Spannbetonbalken
von 15,70 m Spannweite

Autor: Träger, Herbert

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-7905>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.11.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Vb3

Bruchversuche und Messungen mit vorfabrizierten Spannbetonbalken von 15,70 m Spannweite

Fracture Tests and Measurements with Prefabricated Prestressed Concrete Beam

Essais de rupture et mesures sur des poutres préfabriquées en béton précontraint

HERBERT TRÄGER

Dipl.-Ing., Budapest

Kurze Beschreibung der Brücke

Beim Bau einer Flutgebietbrücke in Ungarn mußten 15 gleiche, 15,30 m lange Öffnungen überbrückt werden. Die Pfeiler wurden für eine Brückenkonstruktion aus monolytischen Stahlbetonplatten im Gerber-System gebaut. Später wurden die Pläne geändert, da die 15 gleichen Öffnungen eine besonders gute Möglichkeit für die Verwendung der Fertigteilbauweise boten.

Die verwirklichte Konstruktion besteht in jeder Öffnung aus 8 einfachen, vorfabrizierten Spannbetonbalken. Die Balken von 15,70 m Spannweite sind an ihren Enden und an 3 Zwischenpunkten in der Querrichtung zusammenge-spannt und arbeiten dadurch als Trägerrost. Die Berechnung des Trägerrostes wurde nach Guyon-Massonnet-System durchgeführt, unter Berücksichtigung der Torsionssteifigkeit.

Die Balken sind grundsätzlich ausgeführt; nur die Querträgeranschlüsse der Randträger sind etwas verschieden.

Auf die Hauptträger wurde — entsprechend dem zweiseitigen Gefälle der Fahrbahn — eine Ausgleichsschicht mit Drahtnetzeinlage betoniert. Darauf wurde die Isolierung, der Schutzbeton und die 5 cm dicke Gußasphaltdecke gelegt. Die Gehwege sind an Ort betonierte Stahlbetonkonsolen. Der Einfluß dieser Schichten auf die Formänderung und Kraftverteilung der Konstruktion wurde bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

Die einzelnen Balken wurden aus fünf vorfabrizierten Teilen durch nachträgliches Spannen zusammengesetzt. Die Fertigteile wurden auf der zur Brücke anschließenden Böschung hergestellt; die Betongüte war B 400. Auf dem Montageplatz wurden die Fertigteile in einer Distanz von 3,5 cm zusammengestellt, und die Fugen wurden mit einem Mörtel von entsprechender Kornstruktur ausgefüllt. Zwei Tage später wurde mit dem Spannen (Freyssinet-Spannpresen) begonnen. Die Spannkabel bestehen aus Drähten $\varnothing 5$ mm (Bruchfestigkeit 150 kg/mm²). Der Querschnitt der Träger und die Linien-

führung der Kabel ist in Fig. 1 bzw. 2 dargestellt. Die Zusammenwirkung in der Querrichtung ist bei jedem Querträger mit 4 Kabeln gesichert.

Zum Montieren der vorfabrizierten Balken diente eine dreistützige Montagebank (Fig. 3).

Diese Konstruktion wurde von einer Öffnung in die andere konsolartig hinüberschoben, indem die Unterstützung am vorderen Ende provisorisch aufgehoben wurde.

Der Bauherr, das ungarische Verkehrs- und Postministerium, hat schon beim Entschluß der Verwirklichung dieser Baukonstruktion die Herstellung von zwei zusätzlichen Balken und deren Probelastung bis zum Bruch verlangt. Außerdem wurde eine Probelastung für weitere drei Balken, die später in die Brücke eingebaut wurden, vorgesehen.

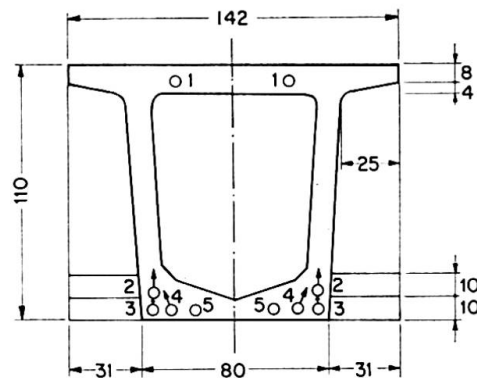


Fig. 1.

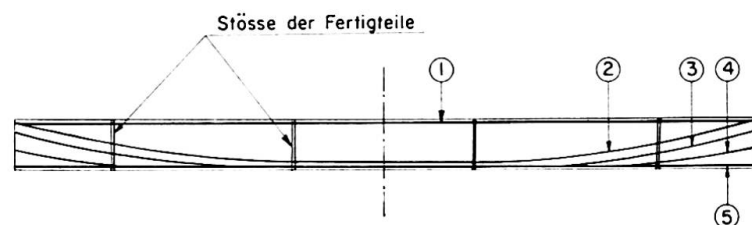


Fig. 2.

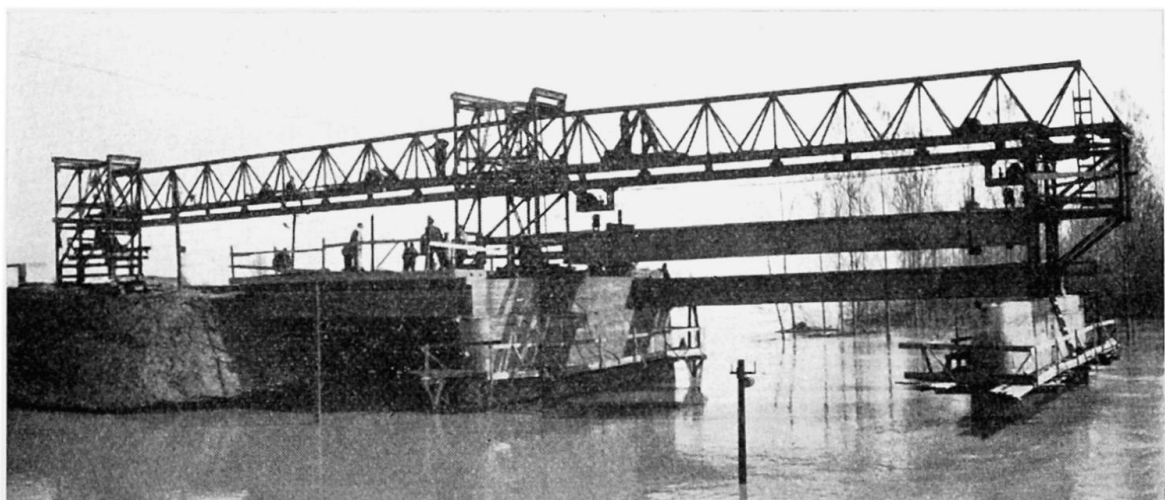


Fig. 3.

Bruchversuche mit zwei Balken

Der Bruchversuch der 26 t wiegenden Balken an der Baustelle erforderte entsprechende Vorbereitungen. Das nach Mörsch berechnete Bruchmoment ist 420 tm, dazu trägt das Eigengewicht 45 tm bei. Zur Erreichung des übrigbleibenden Momentes von ca. 375 tm mußten nach der Anordnung laut Fig. 4 und 5 in jedem belasteten Querschnitt Kräfte von ca. 80 t wirken. Da so große

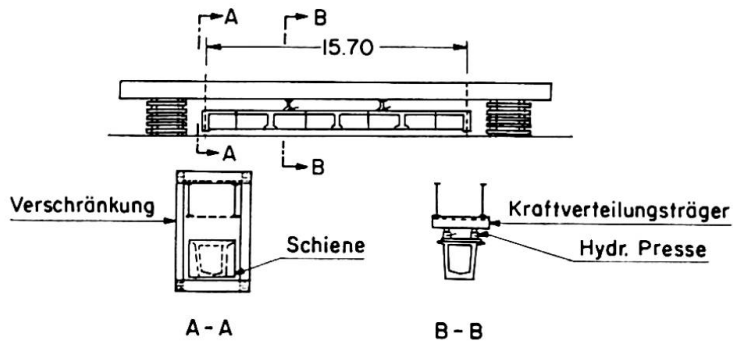


Fig. 4.

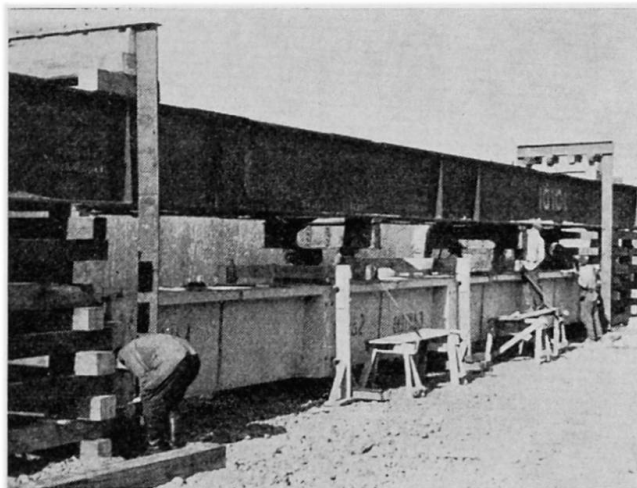


Fig. 5.

Gewichte nicht aufgebracht werden konnten, mußte eine der folgenden Möglichkeiten gewählt werden:

- a) Erstellen von Ramm- oder Bohrpfählen und Aufbringen der Last durch Zugbeanspruchung der Pfähle.
- b) Übereinanderlegen von zwei Balken, Verbinden der Balkenenden und Einbau von hydraulischen Pressen in den Belastungspunkten.

Nach Prüfung obiger Möglichkeiten wählten wir die letztere, da hiebei der Angriffspunkt der Kräfte veränderlich ist und der Straßenbelag nicht gestört wird. Ein aus zwei IP 100 bestehender Kastenträger, dessen Tragfähigkeit 426 tm war, wurde über den Spannbetonbalken gestellt. Die Verschränkungen wurden so dimensioniert, daß in dem untersuchten Träger außer der Wirkung des Eigengewichtes 400 tm Biegemoment hergestellt werden konnte.

Die Belastungskräfte wurden in beiden belasteten Querschnitten mit zwei, insgesamt mit vier hydraulischen Pressen hergestellt. Die Kraft wurde mit Ericsson-Meßdosen gemessen. Die Pressen wurden über die Stege des Spannbetonträgers gestellt; die Entfernung der Pressen betrug 80 cm. Die Stegbleche des oberen Trägers waren 142 cm weit voneinander entfernt; es mußten deshalb auf die Pressen lastverteilende Querträger gelegt werden.

Während des Versuches wurden die senkrechten und waagrechten Bewegungen des Mittelpunktes und des Viertelpunktes sowie des Trägerendes mit Meßuhren gemessen. Letztere Messung war notwendig, weil bei dieser Anordnung des Versuches die Enden des Spannbetonträgers sich infolge der Belastung senkrecht bewegten. Außerdem wurde die Verdrehung der Endquerschnitte des Trägers mit oben und unten waagrecht angeordneten Meßuhren gemessen. Die Anordnung der Meßuhren ist in Fig. 6 angegeben.

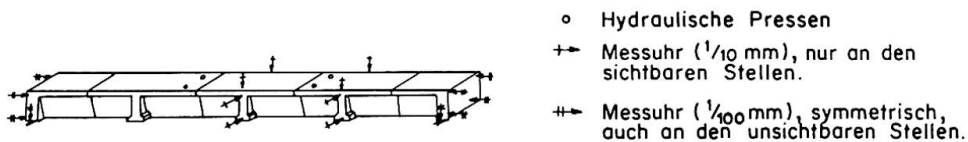


Fig. 6.

An beiden Trägern haben wir zuerst mit Belastungen, die keine Risse verursachten, bei verschiedenen Lastanordnungen mehrere Messungen durchgeführt. Nach diesen folgten größere Belastungen und endlich der Bruchversuch.

Während der anfänglichen Belastungen wurde im Träger wiederholt 245 tm Biegemoment erzielt (Wirkung des Eigengewichtes \div 200 tm). Die Verwendung von zwei Pressen in den belasteten Querschnitten ermöglichte auch die Herstellung von Torsionsbeanspruchung. Zu diesem Zwecke wirkten die Belastungskräfte nicht symmetrisch, sondern asymmetrisch und diagonal (Fig. 7). Bei diesen Belastungen waren keine Risse zu beobachten, wie ja laut Berechnung im Träger bei dem maßgebenden Moment von 210 tm keine Zugspannung entsteht und bei 245 tm die Zugspannung die Zugfestigkeit des Betons nicht erreicht. Die gemessenen Durchbiegungen stimmten bei diesen Messungen gut

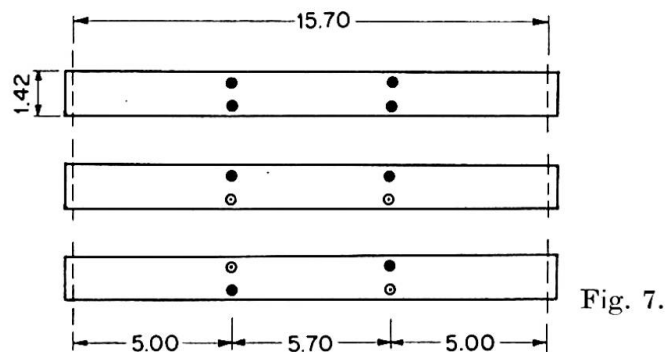


Fig. 7.

mit den berechneten Werten überein. Vor den weiteren Belastungen wurden die empfindlichen Meßinstrumente entfernt.

Die ersten Risse waren bei ca. 290 tm zu beobachten, aber auch die bei einem Moment von 390 tm entstandenen Risse haben sich bei Entfernung der Belastung gut geschlossen, so daß wir nur durch kleine Scharten auf die Stellen der Risse folgern konnten. Ebenso verhielten sich die Risse bei den Stößen der Fertigteile, welche sich bei der erwähnten Belastung bis 3—4 mm geöffnet hatten. Die Gestaltung der Risse bei 4×20 t, 4×25 t und 4×30 t Belastung ist in Fig. 8 dargestellt.

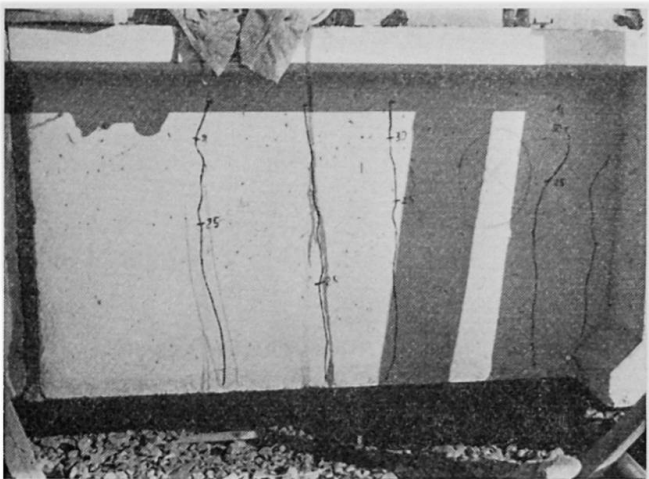


Fig. 8a.

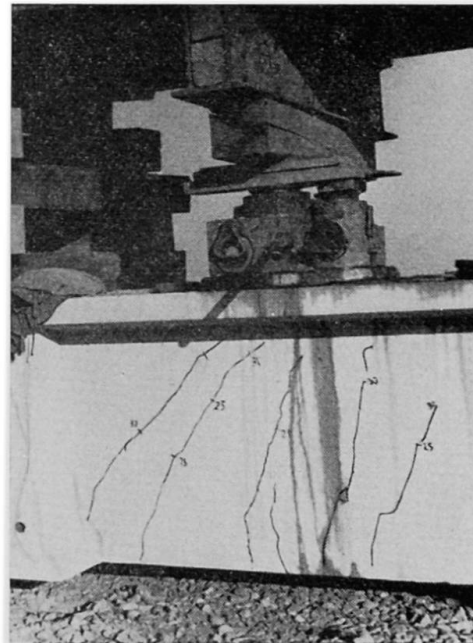


Fig. 8b.

In dieser Belastungsperiode waren die gemessenen Durchbiegungen fünfmal größer als die unter Berücksichtigung des homogenen Betonquerschnittes berechneten Werte. Wir berechneten das Trägheitsmoment auch unter der Voraussetzung, daß die Risse sich bis zum oberen Ende des Steges ausdehnen. Der so erhaltene Wert war ungefähr ein Sechstel des Trägheitsmomentes des homogenen Querschnittes. Diese Angaben stimmen mit der Tatsache überein, daß die Risse das obere Ende des Steges nicht ganz erreichten.

Der Bruch trat bei einem Biegemoment von ca. 440 bzw. 400 tm ein. Zuerst wuchs die Durchbiegung ohne Zunahme der Belastung und endlich prallte der obere Teil des oberen Betongurtes bei einem Stoß der Fertigteile explosionsartig ab (Fig. 9). Das geschah beim Träger Nr. 2 in einem Zeitpunkt, als die Tätigkeit der Pressen pausierte. An der Bruchstelle knickten die Drähte der oberen Kabel aus.

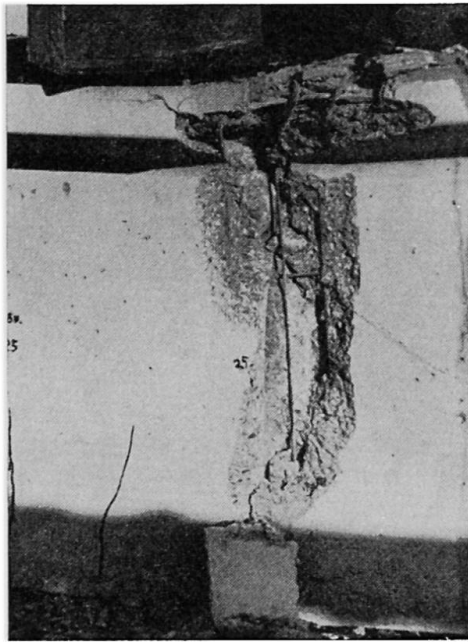


Fig. 9a.

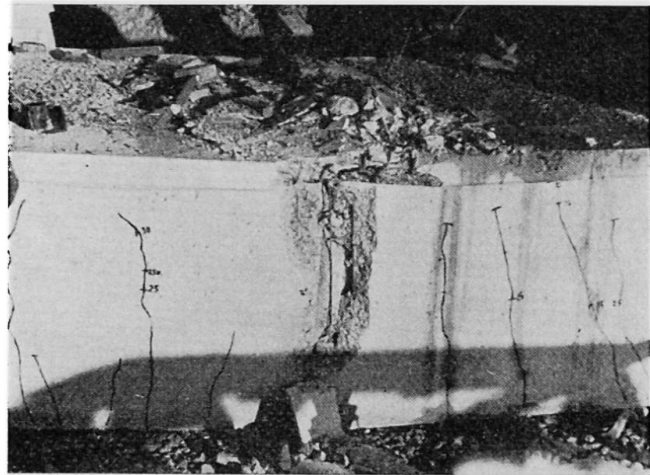


Fig. 9b.



Fig. 9c.

Der zweite Balken zeigte sich auch bezüglich der gemessenen Durchbiegungen schwächer als der erste, aber die gewonnenen Durchbiegungswerte entsprechen auch hier den Vorschriften.

Die Ergebnisse der Messungen während der Probebelastung der Balken Nr. 1 und 2 innerhalb der Elastizitätsgrenze sind in Tabelle I angegeben. Ausgangspunkt war der nur mit Eigengewicht belastete Balken.

In der Tabelle sind wegen der Endpunktverschiebungen korrigierte Werte zusammengestellt. Die gemessenen Werte entstanden als Durchschnitt mehrerer Messungen bzw. sich gleich verhaltender Meßstellen.

Die waagrechten Verschiebungen waren bei symmetrischer und diagonaler Belastung sehr klein und wurden daher nicht ausgewertet. Bei asymmetrischer Belastung zeigte sowohl die obere als auch die untere Meßuhr eine Verschiebung in die Richtung der belasteten Seite. Bei einer Belastung von 2×20 t

Tabelle I

Belastung	Biege- moment (tm)	Durchbiegung (mm)				Verdrehung des Endquer- schnittes (10^{-2})	
		Mitte		Viertel		gem.	ber.
		gemes- sen	berech- net	gemes- sen	berech- net		
Balken Nr. 1							
4 × 20 t	200	19,7	19,6	13,7	14,0	0,378	0,394
2 × 20 t asymm. belastete Seite	100	8,9		6,3			
unbelastete Seite		7,4		4,8			
2 × 20 t diagonal	100	8,35	9,8	5,9	7,0	0,153	
2 × 40 t asymm. belastete Seite	200	21,8		15,3			
unbelastete Seite		19,7		13,7			
Balken Nr. 2							
4 × 20 t	200	22,4	19,6	16,0	14,0	0,472	0,394
2 × 20 t asymm. belastete Seite	100	10,7		8,2			
unbelastete Seite		7,7		5,0			
2 × 40 t diagonal	200	24,4		17,1		0,500	
2 × 40 t asymm. belastete Seite	200	25,5		17,3			
unbelastete Seite		21,2		14,4			

war die Verschiebung oben ca. 1 mm größer als unten. Vergleicht man diese mit den senkrechten Durchbiegungen derselben symmetrischen Belastung, dann stellt man fest, daß sich der Trägerquerschnitt beim Querträger infolge der Torsion nicht verzerrte, sondern ein rechtwinkliges Viereck blieb. Die gemessene Verdrehung war größer als die berechnete, wahrscheinlich weil die Belastungskräfte nicht bei den Querträgern wirkten.

Prüfung von drei eingebauten Trägern von der Spannung bis zur Probelastung

Drei Träger am Rande einer Öffnung wurden ausgewählt, um ihr Verhalten von der Herstellung über die Montage bis zur Probelastung und weiter über längere Zeit zu beobachten.

Als Vorbereitungen der Messungen studierte der Lehrstuhl für Brückenbau Nr. II an der Technischen Universität für Bauindustrie und Verkehr, Budapest, und das Forschungsinstitut für Straßenwesen, Budapest, eingehend die

Qualität des für die Träger verwendeten Betons und Spanndrahtes, mit besonderer Berücksichtigung von Kriechen und Schwinden.

Die Messungen auf der Baustelle begannen beim Spannen der Balken. Es wurde die Zugspannung der Drähte, der Reibungsverlust, die Längeveränderung des Betons und die Durchbiegung des Trägers geprüft.

Die Probelastung der drei Träger bis zur maßgebenden Beanspruchung wurde unmittelbar vor der Montage durchgeführt. Zu dieser Belastung war der früher besprochene große Stahlträger nicht mehr notwendig, da der Oberbau des Montagegerätes benützt werden konnte. Die Anordnung der Probelastung war beinahe gleich wie früher, nur die Verschränkungen an den Trägerenden waren nicht senkrecht, sondern etwas schief, weil die Spannweite des Spannbetonträgers 15,70 m betrug, während die Knotenpunktentfernung des Montagegerätes nur 15,00 m war. Wegen dieser Schrägheit wirkte eine kleine Druckkraft auf den Spannbetonträger, welche aber die Messung nicht störte. Zur Herstellung der Belastungskraft von 40 t in einem Querschnitt waren nur zwei Pressen notwendig; um die asymmetrische und diagonale Belastung herzustellen, wurden die Pressen in Querrichtung verlegt.

Während des Spannens wurde die Zugkraft in den Kabeln mit einem im Forschungsinstitut für Straßenwesen konstruierten Meßzylinder gemessen, welcher zwischen die Spannpresse und den Betonkörper eingelegt war. Auf dem Meßzylinder sind Dehnungsmeßstreifen aufgeklebt und die Längeveränderung des Meßzylinders infolge des Spannens kann durch elektrische Dehnungsmessung festgestellt werden. Mit zwei an beiden Enden des Kabels angeordneten Meßzylindern konnte auch der Reibungsverlust festgestellt werden: wenn nur die Presse an einem Ende in Betrieb war, zeigte der Meßzylinder an der anderen Seite die mit dem Reibungsverlust verminderte Spannkraft. (Das endgültige Spannen wurde immer von beiden Seiten durchgeführt.)

Die Längeänderung des Trägers während des Spannens wurde mit Huggenberger-Deformeter gemessen (Basislänge 254 mm). Die Verkürzung des Mörtels bei den Stößen war immer größer als die des Betons der Fertigteile.

Die senkrechte Durchbiegung des Trägers während des Spannens stimmte gut mit den berechneten Werten (in der Mitte ca. 1 cm) überein.

Tabelle II

Belastung	Biegemoment (tm)	Durchbiegung (mm)		%
		berechnet	gemessen	
4 × 10 t	107	5,7	5,9	103,5
4 × 15 t	160	8,5	9,0	105,5
4 × 20 t	214	11,4	12,1	106

Die bei den einzelnen Probelastungen der Träger gemessenen und die berechneten Durchbiegungen sind in Tabelle II zusammengestellt. (Durchschnittliche Werte in mm.)

Im Zeitpunkt der Probelastung waren die Kabel eines Trägers noch nicht injiziert; dieser Einfluß war aber bei der Durchbiegungsmessung nicht zu bemerken.

Gleichzeitig mit der Durchbiegungsmessung wurde die Verdrehung der Endquerschnitte mit Klinometern gemessen. Die gemessenen und berechneten Werte stimmten gut miteinander überein (zwischen 86—106 %).

Probelastung der fertigen Brücke

Bei der Probelastung der fertigen Brücke wurden die Durchbiegungen in der Mitte einer Öffnung bei drei nebeneinander liegenden Laststellungen gemessen. Der Vergleich der gerechneten und gemessenen Durchbiegungen ergab, daß die gemessenen Werte 42—48% der berechneten betragen. Die geringen Durchbiegungen sind auf die Mitwirkung des Ausgleichbetons, Schutzbetons, Gehwegbetons und in gewissem Ausmaß der Asphaltdecke mit den Fertigteilbalken zurückzuführen. Wir berechneten das Trägheitsmoment des ganzen Brückenquerschnittes (ohne Asphalt), dessen Wert 1,84fach größer ist als die Summe der Trägheitsmomente der 8 Träger. Die gemessenen Durchbiegungen betragen 77—88% der so korrigierten berechneten Werte. Die Messung zeigt, daß die Querverteilung der Konstruktion gut mit der nach Guyon-Massonnet berechneten übereinstimmt.

Zur Erleichterung der Probelastung der fertigen Brücke und der Langzeit-Messungen wurde in der Öffnung der drei erwähnten Balken ein leichtes Gerüst aufgehängt, das in Brückenachse verschoben werden kann.

Langzeit-Messungen

Die geplanten Langzeit-Messungen umfassen:

1. Weitere Prüfung der Verfestigung des Betons, ohne Zerstörung.
2. Prüfung des Schwindens mit auf dem Pfeilerkopf bzw. im Bureau der Baustelle gelagerten Probekörpern.
3. Prüfung des Schwindens und Kriechens an den Meßpunkten der fertigen Brücke und an Probekörpern, die im Laboratorium des Lehrstuhles für Brückenbau gelagert sind.

Die Messungen an Ort und Stelle sollen jährlich zweimal, womöglich bei gleichem Wetter (im Mai bzw. Oktober) durchgeführt werden.

Zusammenfassung

Es handelt sich um Bruchversuche und andere Messungen an Spannbetonbalken von 15,70 m Spannweite.

Nach kurzer Beschreibung der aus den erwähnten Balken bestehenden Brückenkonstruktion beschreibt der Verfasser die Belastung von zwei Balken bis zum Bruch und von drei Balken bis zur maßgebenden Beanspruchung, die Probelastung der fertigen Brücke und die durchgeführten Messungen.

Summary

This paper describes tests to failure and other tests on prestressed concrete beams of 15.70 m span.

After a brief description of the bridge construction in which the beams were used, the author describes the loading of two beams to failure and of three beams to determine the degree of prestress, the test loading of the finished bridge and the measurements recorded.

Résumé

L'auteur présente des essais de rupture et d'autres mesures effectuées sur des poutres précontraintes de 15,70 m de portée.

Après avoir décrit brièvement le pont réalisé avec ces éléments, l'auteur présente les essais poussés jusqu'à la ruine sur deux poutres et jusqu'aux contraintes déterminantes sur trois autres, l'épreuve du pont terminé et les mesures effectuées.