

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

**Band:** 2 (1936)

**Artikel:** Versuche mit Schleuderbeton-Rohrbalkenträgern

**Autor:** Král, A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-2793>

### **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:** 21.12.2024

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

## IIc 6

### Versuche mit Schleuderbeton-Rohrbalkenträgern.

Essais effectués sur des poutres tubulaires en béton centrifugé.

Experiments on Tubular Beams of Centrifugally Cast Concrete.

Dr. Ing. A. Král,

Professor der techn. Fakultät an der Universität Ljubljana.

Im Sommer des Jahres 1936 wurde in den jugoslawischen Textilwerken in Duga Resa bei Karlovac (Savebanat) ein größeres Objekt ausgeführt, bei dem für Deckenträger Rohrbalken aus Schleuderbeton verwendet wurden. Die Anordnung der Deckenkonstruktion ist aus der Skizze in Fig. 1 ersichtlich. Bei dieser Gelegenheit wurden mehrere Versuchsreihen verschiedenartig ausgestalteter und verschieden bewehrter Rohrträger hergestellt, die in der Materialprüfungsanstalt der Universität in Ljubljana eingehend untersucht wurden.

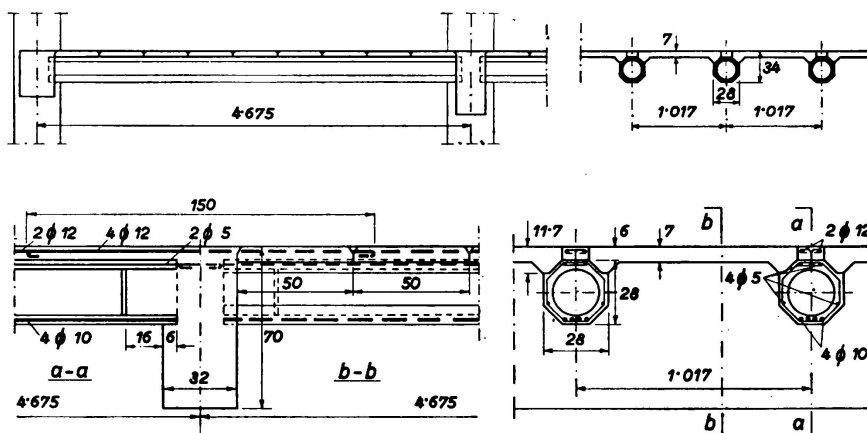


Fig. 1.

Die Rohre wiesen drei verschiedene Formen auf und zwar: 1. eine Achteckform nach Fig. 2 a mit einer Konstruktionshöhe von 28 cm, 2. die gleiche Form mit einer Konstruktionshöhe von 22 cm, 3. eine polygonale Form mit einer Verbreiterung in der Zugzone nach Fig. 2 b. Einzelne Rohre, bei denen größere Einzellasten zu gewärtigen waren, erhielten an den Laststellen und an den Auflagerpunkten Querversteifungen zur Verhinderung vorzeitiger Zerstörung durch Rohrbruch.

Die Bewehrung besteht gemäß Fig. 2 aus je vier Hilfsseisen  $\phi$  5 mm in den oberen und mittleren Ecken, aus einer Zugbewehrung in der Unterseite und einer Spiralumschnürung mit Eisendraht  $\phi$  3 mm, die laut Angabe der Antragsteller

mit Ausnahme der Rohre 17 und 18 an einzelnen Punkten mit der Hilfs- und Zugbewehrung verschweißt waren.

Zur Bewehrung wurden folgende Stahlmaterialien verwendet:

1. Baustahl Č. 37 von der Krainischen Industriegesellschaft in Jesenice (entspricht dem deutschen St. 37),
2. „Istegstahl“ von derselben Erzeugungsfirma.

Die Ganghöhe der Spiralumschnürungen war verschieden, teilweise waren zwei Spiralumschnürungen angeordnet.

Für sämtliche Betonrohre wurde der hochwertige Portlandzement „Stockbrand“ der Portland-Zementfabrik „Split“ d. d. in Split verwendet. Als Zuschlagstoff diente teilweise gebrochener Kalksteinkies bis zur Korngröße 13 mm aus dem Steinbruch der Textilwerke in Duga Resa, teilweise Savekiessand bis zur Korngröße 13 mm.

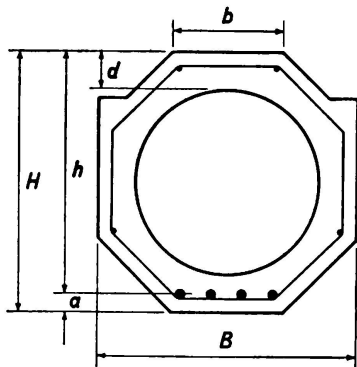


Fig. 2 a.

Balken Nr. 1—12, 17—22, I—III.

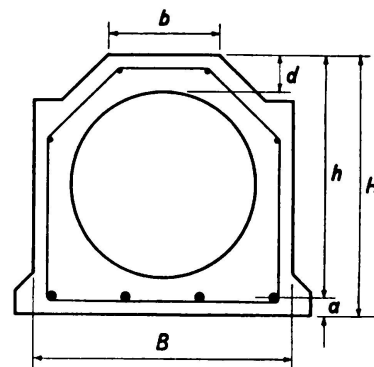


Fig. 2 b.

Balken Nr. 13—16.

Insgesamt wurden folgende drei Mischungsverhältnisse verwendet:

1. Gebrochener Kalksteinkies mit 410 kg Zement auf 1 m<sup>3</sup> Fertigbeton, Wasserzementfaktor von 0,45—0,515,
2. Save-Kiessand mit 410 kg Zement auf 1 m<sup>3</sup> Fertigbeton, Wasserzementfaktor von 0,45—0,50,
3. Gebrochener Kalksteinkies mit 300 kg Zement auf 1 m<sup>3</sup> Fertigbeton, Wasserzementfaktor 0,69—0,72.

Der Bewehrungsstahl Č. 37 wies Festigkeitseigenschaften auf, welche die normenmäßigen Mindestwerte wesentlich übertrafen. Die Streckgrenze bewegte sich im Mittel zwischen 29,52 bis 33,07 kg/mm<sup>2</sup>, die Zugfestigkeit zwischen 40,41 bis 42,43 kg/mm<sup>2</sup>, die spezifische Bruchdehnung bei  $l = 10 d$  zwischen 27,3 bis 30,7 %.

Der Istegstahl hatte eine Festigkeit von 44,7 bis 47,4 kg/mm<sup>2</sup> bei einer 0,4 % Dehnungsgrenze von 37,9 bis 40,3 kg/mm<sup>2</sup> und einer Bruchdehnung von 5,5 bis 8,5 %.

Die mittleren Festigkeiten der verschiedenen Betonarten nach vier Wochen sind aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich:

Gesteinsart des Zuschlagstoffes	Zementmenge	Würfeldruckfestigkeit	Biegezugfestigkeit
	kg an 1 m <sup>3</sup> Beton	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
Gebrochener Kalksteinkies	410	630	62.3
Save-Kiessand	410	585	56.9
Gebrochener Kalksteinkies	300	639	54.4

Die Probekörper wurden nicht im Laboratorium sondern auf dem Bauplatz angefertigt, die Herstellungsdaten stammen von der Bauleitung. Im Laboratorium wurden die genauen Dimensionen und Gewichte aufgenommen, bei den Rohrbalken wurde nach erfolgter Bruchbelastung die Bewehrung bloßgelegt und nachgemessen.

Die Untersuchung umfaßte 21 Reihen verschiedenartig ausgestalteter Balkentypen zu je zwei Probekörper, insgesamt also 42 Rohrbalken, von denen im folgenden nur einige charakteristische Resultate hervorgehoben werden.

In der Fig. 3 sind zunächst die Beziehungen zwischen Bruchmoment und Größe der Zugbewehrung bei Verwendung von Normal-Rundstahl Č. 37 und Istegstahl und bei zwei verschiedenen Balkenhöhen von 28 und 22 cm dargestellt.

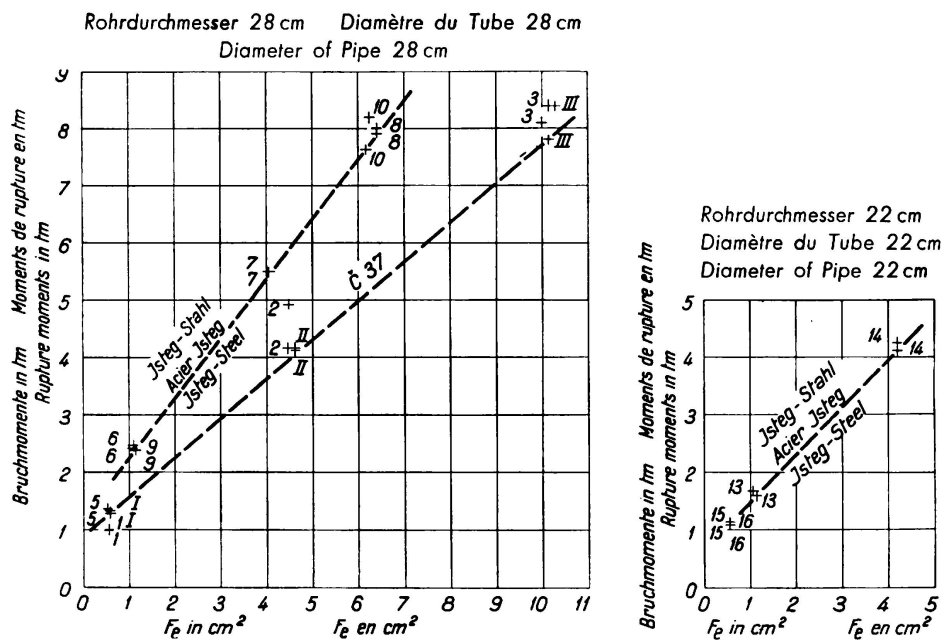


Fig. 3.

In der Übersicht ist vor allem die große Gleichmäßigkeit (die geringe Streuung) der Versuchsergebnisse auffallend und dies nicht nur bei den einzelnen gleichartigen Balkenpaaren sondern auch in dem gleichmäßigen Anwachsen der Bruchmomente mit den zugehörigen Bewehrungsgrößen.

Zur Bewertung der Einzelheiten der Versuchsanordnung und der erzielten Resultate sind in der nachstehenden Zahlentabelle die Resultate von sechs

charakteristischen Balken mit schwacher, mittlerer und starker Zugbewehrung einmal mit Rundstahl Č. 37, das anderemal mit Istegstahl angeführt:

Nr.	Bewehrung		Biegemoment		Berechnete Stahlspannung bei Bruch	
	Stahlart	$\phi$	F	bei Riß		bei Bruch
		mm	cm <sup>2</sup>	tm	tm	kg/cm <sup>2</sup>
5	Č. 37	2 $\emptyset$ 6	0.58	0.78	1.29	9.460
2	„	4 $\emptyset$ 12	4.48	1.79	4.16	4.205
3	„	4 $\emptyset$ 18	9.99	3.32	8.10	3.883
6	Isteg	2 $\odot$ 6	1.08	0.82	2.43	9.490
7	„	4 $\odot$ 8	4.07	1.79	5.49	5.885
8	„	5 $\odot$ 10	6.41	2.66	7.91	5.575

Die Übersicht zeigt — und dies wurde auch bei den übrigen Versuchsreihen festgestellt —, daß bei den Trägern mit geringer Bewehrung bei einer Belastung mit der halben Bruchlast noch keine Risse aufgetreten sind. Bei Trägern mit stärkerer Bewehrung sowie bei Trägern mit Isteg-Bewehrung traten feine Risse früher auf, bei Belastung mit der halben Bruchlast waren jedoch diese feinen Risse in einer Reihe über den Bereich der größten Biegezugspannungen verteilt und schlossen sich nach Entlastung wiederum derart, daß sie mit freiem Auge kaum festzustellen waren. Klaffende Risse traten erst vor dem Bruch auf.

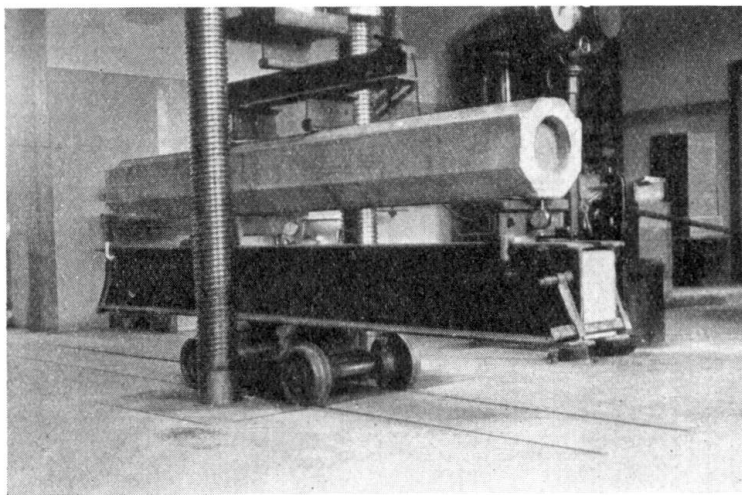


Fig. 4.

Gesamtanordnung der Versuche.

Bei schwach bewehrten Rohren waren auch im Bruchstadium nur Zugrisse ersichtlich, bei stärkerer Zugbewehrung und einfacher Spiralumschnürung traten Schubrisse auf, die in einigen Fällen auch in Rohrbruchrisse übergingen bzw. sich mit diesen kombinierten. Bei starker Umschnürung kamen Stauchungen des Betons in der Druckzone vor, gewöhnlich in der Nähe der Laststellen. Bei schwacher Umschnürung erfolgte die Zerstörung durch Rohrbruch, was besonders bei dem Balkenpaar 1 hervortritt (Fig. 3).

Die in der Zahlentafel angeführten Eisenzugspannungen, die nach Stadium II unter Annahme der Verhältniszahl  $n = \frac{E_c}{E_b} = 10$  errechnet wurden, zeigen, daß namentlich bei schwach armierten Balken die theoretischen Eisenzugspannungen illusorische Werte annehmen, was damit zu erklären ist, daß bei diesen Trägern auch im Bruchstadium der Beton in der Zugzone, trotz seiner durch Risse verursachten Diskontinuität noch sehr ausgiebig mitwirkt. Je stärker die Armierung wird, desto mehr nähert sich die errechnete Eisenzugspannung vor dem Bruchstadium der Streckgrenze des Bewehrungsmateriales.

Ausgeführte Durchbiegungsmessungen bei wiederholter Belastung zeigen neben den normalen Plastizitätserscheinungen ein sehr günstiges elastisches Verhalten, so daß zur Ermittlung der Spannungen und Verformungen solcher Träger die klassische Elastizitätstheorie angewendet werden kann. Es handelt sich — wie überhaupt im Eisenbetonbau — vor allem um eine richtige Erfassung der Elastizitätskonstanten. Bei Biegungsbeanspruchungen dürfte sich möglicherweise auch eine Ergänzung oder Korrektur der klassischen *Bernoulli-Navier*'schen Biegungshypothese empfehlen. Jedenfalls bietet es keine unüberwindlichen

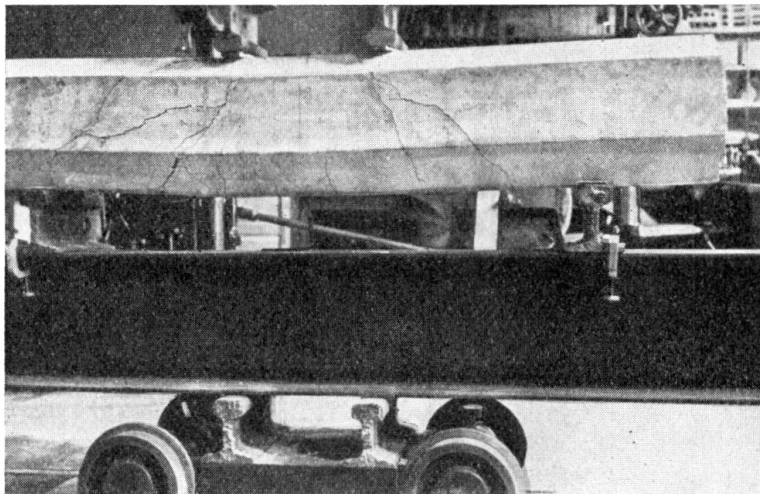


Fig. 5.  
Kombinierte  
Schub- und  
Rohrbruch-  
risse.

Schwierigkeiten, mit den Mitteln der Elastizitätstheorie die Stellen der gefährlichsten Beanspruchungen zu bestimmen und die dort auftretenden Spannungen mit ausreichender Approximation zu bewerten, was bei den behandelten Rohrbalken, die in ihrer Ausgestaltung ein räumliches Tragsystem darstellen, ganz besonders wichtig ist. Daß die auf lineare Spannungszustände reduzierte Abschätzung der Spannungszustände von den wahren Verhältnissen, die durch räumliche Spannungstensen gegeben sind, sehr abweicht, ist logisch und ist auch durch die obigen Resultate erwiesen.

Die große Gleichmäßigkeit der Prüfungsergebnisse ist wohl durch die ganz besondere Dichtigkeit und Gleichmäßigkeit des Betons, die an den Bruchstellen beobachtet werden konnte, zu erklären. Diese, an einer ansehnlichen Zahl von fabrikmäßig hergestellten Balken festgestellten Eigenschaften zeigen, daß das Schleuderverfahren, welches schon lange zur Herstellung von Leitungsmasten und Druckrohren verwendet wird, bei sorgfältiger Verarbeitung auch rationell zur Anfertigung von Tragbalken ausgewertet werden kann.