

Vom Bau der Strassenbrücke über die Tara in Jugoslawien

Autor(en): **Coray, Richard**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **117/118 (1941)**

Heft 22

PDF erstellt am: **17.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-83562>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Materials, die nicht mit dem durchschnittlichen, mittleren Verhalten seiner Kristalle, ihrem Aufbau und ihrem Zustand, ihrer Gestalt, Grösse und ihrer Anordnung, zusammenhängen, sondern durch individuelle Kristalleigentümlichkeiten oder durch das Verhalten einer Minderheit von Kristallen gegeben sind. Auch bei der zerstörungsfreien Feinstrukturuntersuchung der Werkstoffe muss man sich der natürlichen Grenzen, die ihr wie jeder Methode der Materialprüfung gezogen sind, ständig bewusst bleiben.

Vom Bau der Strassenbrücke über die Tara in Jugoslawien

Von RICHARD CORAY, Bauingenieur, Chur

In den Jahren 1938/40 ist in Jugoslawien eine Strassenbrücke aus Eisenbeton erstellt worden, die durch ihre grosse Höhe, in der ein weitgespannter Bogen das Tal überbrückt, bemerkenswert ist¹⁾. Die Länge der Brücke beträgt rd. 350 m, ihre Höhe über Wasserspiegel 150 m, und die Brückenbreite 7 m. Das Hauptgewölbe über der tiefen Schlucht hat eine Spannweite von 116 m. Die vier Anschlussbögen auf der linken Flussseite mit je 47 m Pfeilerabstand liegen in einer Kurve (Abb. 1). Die Tara ist ein Nebenfluss der Drina und entspringt in Montenegro.

Für die Festlegung der Brückenaxe wählte man die Stelle aus, die die kleinste Spannweite für den grossen Bogen ergab. Das rechtsufrige Widerlager musste auf einem überhängenden Felsen angelegt werden. Die auf Abb. 2 u. 3 sichtbare Felswand hängt nämlich auf 70 m Höhe um 6 m über ihren Fusspunkt hinaus. Es schien deshalb ratsam, das Widerlager soweit in den Berg hinein zu setzen, dass ein gewisser «Anzug» im Innern des Gesteins erreichbar war. Demzufolge legte man die Spannweite des grossen Bogens von 116 m erst fest, nachdem im Lauf des Fundamentaushubes gesunder Fels für die Anlage der Widerlager angetroffen worden war.

Im Jahre 1938 wurden zwei Anschlussbögen erstellt, im folgenden Jahre wieder zwei, und im Jahre 1940 wurde die grosse Öffnung überbrückt; im November 1940 wurde die Brücke, wie vorgesehen, dem Verkehr übergeben. Für die Gerüste gelangte ausschliesslich Kantholz zur Verwendung, das man nicht weit von der Baustelle aus einer waldreichen Gegend gewann. Kies und Sand fand sich in guter Qualität am Flusse vor. Die übrigen Materialien, wie Zement und Eisen, mussten jedoch auf weiten Transporten herbeigeschafft werden. Eine elektrische Anlage auf der Baustelle, mit einer Dampfmaschine betrieben, lieferte den Strom für den Betrieb der Bauplatzeinrichtungen, Betonmischer, Aufzüge und des Kabelkrans mit Hub- und Fahrbewegung für die Montage des grossen Lehrgerüsts über die Tara. Dieses Gerüst wurde während sechs Arbeitsmonaten im Herbst 1939 und Frühjahr 1940 fertig erstellt. Es erforderte 650 m³ Kantholz; die Montageleistung betrug im Durchschnitt 8 m³/Tag.

Das Gewölbe wurde in drei Ringen betoniert, wobei das Gerüst nur den ersten Ring voll zu tragen hatte. Auf jeden Ring entfiel ein Drittel des Gesamtquerschnitts des Bogens. Das Gewölbe besteht aus zwei parallelen Bogenrippen, die in ihrer Axe durch eine Platte miteinander verbunden sind. Der Querschnitt ist also ein liegendes Doppel-T-Profil. Bei jeder Fahrbahnsäule

¹⁾ Vgl. auch die Baubilder in Bd. 115, S. 250* (1. Juni 1940).

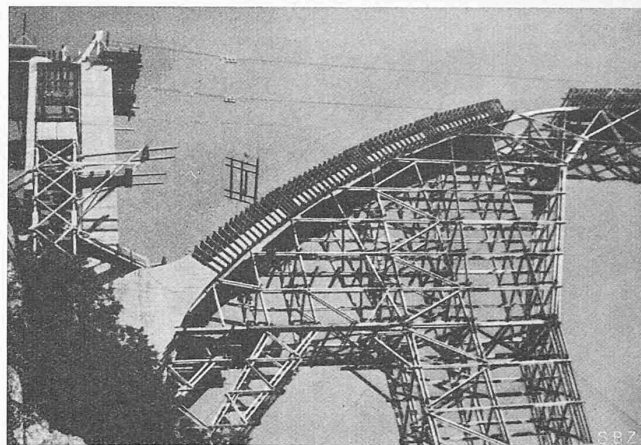


Abb. 5. Montage der Bogenschalungs-Rahmen

ist ein Querriegel angeordnet, aber nur unterhalb der Platte. Diese Riegel dienten auch zur Aussteifung des ersten Ringes, als dieser zum Tragen des zweiten Ringes herangezogen wurde. Als zweiter Ring folgte die Platte und als dritter der darüberliegende Teil der beiden Bogenrippen. Das Betonieren der einzelnen Ringe begann an den beiden Kämpfern und erfolgte in der üblichen Weise in Abschnitten, jedoch fortlaufend symmetrisch bis zum Scheitel (Abb. 2, unten).

Hierbei zeigte das *Lehrgerüst* trotz seiner grossen Konstruktionshöhe von 141 m eine Einsenkung von nur 63 mm im Scheitel infolge des Betonierens des ersten Ringes; der zweite und dritte Ring verursachten je eine Einsenkung von weiteren 10 mm im Scheitel. Mit Hilfe eines solchen steifen Lehrgerüsts war es möglich gewesen, die plangemässe Bogenform in der Ausführung praktisch genau herzustellen. Im Uebrigen hielt das Gerüst ausser der Nutzlast starken Seiten-Drücken durch den Wind in der Talrichtung stand; oft wurde das Holz durch heftige Gewitter und dann auch durch das ständige Nasshalten des jungen Betons durchnässt. Die Stabilität gegen Ausknicken dieser unter Druck und Biegung stehenden, über 100 m hohen und schlanken Gerüsttürme erwies sich in der Praxis und anhand von Kontrollmessungen über die seitlichen Ausbiegungen ihrer Stabaxen als vollkommen genügend. Das Material bestand aus Fichtenholz, das mangels einer Sägerei-einrichtung von geübten Holzhauern vierseitig mit der Axt von Hand zu Kantholz behauen worden war, unter Belassung des Markes. Als Holzverbindungen dienten ausschliesslich kräftige Schraubenbolzen mit entsprechenden Unterlagsplatten, was eine solide, zimmermannsmässige und bautechnisch gute Ausführung ergab.

Die ringweise Erstellung von *armierten Betonbögen* ist heute ein aktuelles Thema und verdient deshalb eine nähere Betrachtung unter Verwendung der Erfahrungsergebnisse vom Bau der Tarabrücke. Grundsätzlich eignen sich wohl alle Lehrgerüstarten, seien es Bogen-, Fächer- oder Turmkonstruktionen für die ringweise Erstellung von Eisenbetonbögen. Das Zusammenwirken von Gerüst und erstem Ring, das heisst die Beteiligung beider Tragwerke an der nachfolgenden Lastaufnahme, ist in jedem Falle gegeben. Bei Bogengerüsten wird durch genügende Schub-sicherung zwischen Gerüst und erstem Ring nur noch die mangelnde Steifigkeit, das Trägheitsmoment, vergrössert. Der grosse Vorzug, namentlich in bau- und betriebstechnischer Hinsicht, aller Gerüste mit direkter Abstützung (Fächer- und Turmgerüste), erwiesen durch das Verhalten des Lehrgerüsts über die Tara, besteht jedoch darin, dass sie wohl in den meisten Fällen gestatten, unter Sicherung der plangemässen Bogenform, die Ringe symmetrisch von den Kämpfern bis zum Scheitel, ohne Unterbrechungen, in einem Zuge zu betonieren, sei es auch in Tag- und Nachtarbeit. Wenn die Gerüstkonstruktion eine solche Erstellung der Ringe unter Ausschaltung der Quertugen gestattet, was wesentlich zur Hebung der Qualität des Bauwerkes beiträgt, gelangt man dazu, die Ringe neben- oder übereinander, voneinander durch offene Längsfugen getrennt herzustellen, wobei die einzelnen

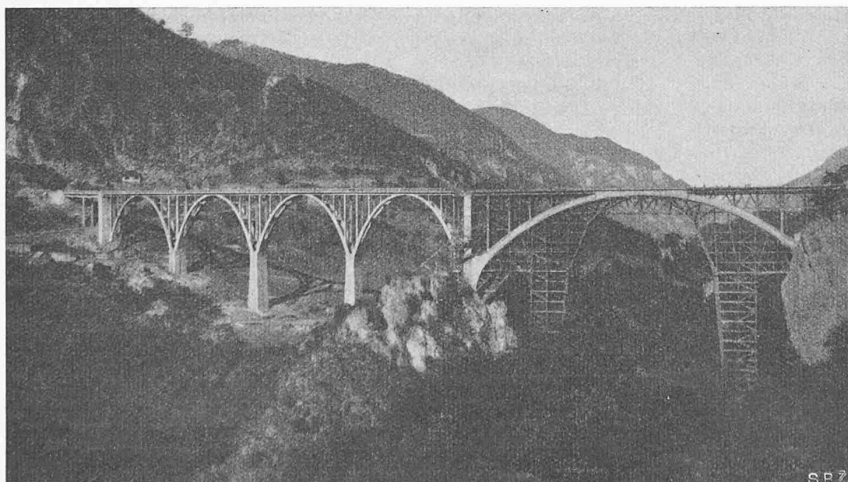


Abb. 1. Gesamtbild der Tarabrücke, kurz vor der Vollendung

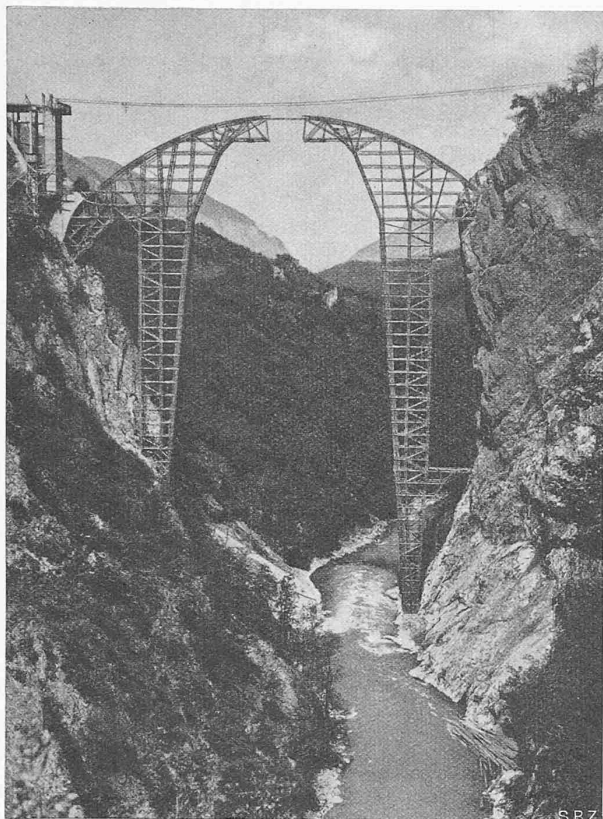


Abb. 3. Schliessen des Lehrgerüsts

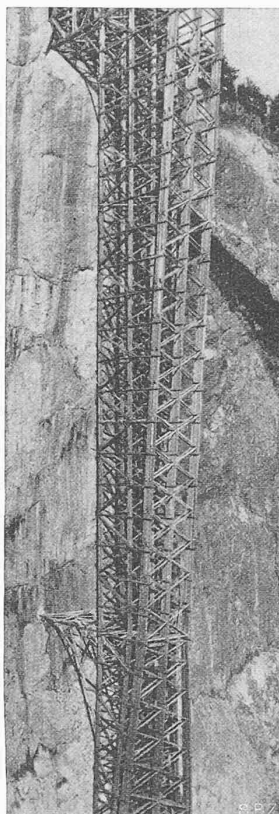
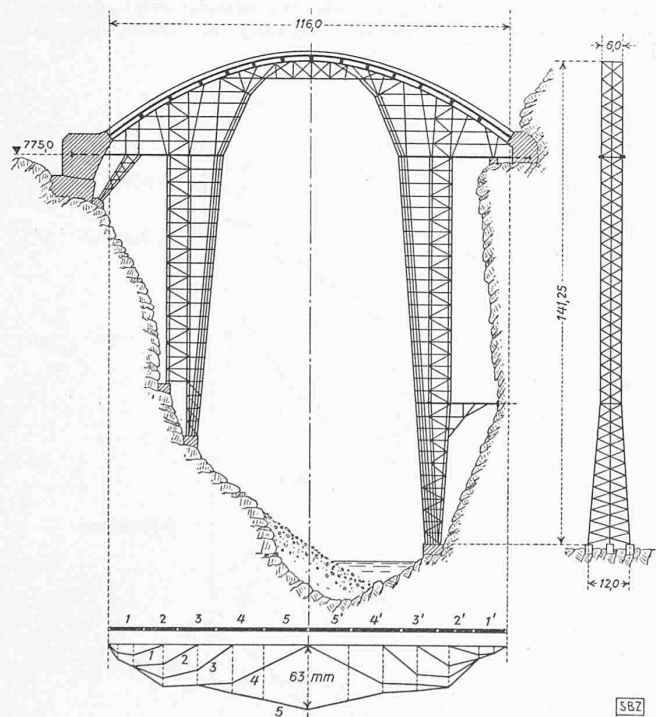


Abb. 4. Rechtsufriger Gerüstturm

Abb. 2. Lehrgerüst 1:2000. Entwurf und Ausführung R. CORAY, Chur
Gemessene Einsenkungen unter der Last des ersten Gewölberinges

Ringe sehr vorteilhaft an den Kämpfern mit provisorischen Gelenken versehen werden. Es entstehen dadurch Zweigelenkbögen. Diese provisorischen Gelenke werden zusammen mit den Längsfugen nach dem Absenken des Gerüsts ausbetoniert, wodurch erst das beidseitig eingespannte Gewölbe hergestellt ist. Durch diese Massnahme wird erzielt, dass die Verkürzung des Bogens infolge Schwinden des Betons und Belastung durch sein Eigengewicht sich ohne wesentliche Spannungserhöhung auswirken kann, und dass die zusätzliche Druckspannung im

ersten Ring, hervorgerufen durch die ringweise Gewölbeerstellung, wieder daraus zum Verschwinden gebracht wird, was namentlich bei Kastengewölben von grosser Spannweite von Bedeutung ist und dadurch ohne die hydraulischen Pressen erreicht werden kann. Es sei damit angedeutet, wie mit Fächer- und Turmgerüsten bei der ringweisen Erstellung von Eisenbetonbögen eine qualitative Steigerung und wohl auch Oekonomie erzielt werden kann. (Entwurf und Ausführung des Lehrgerüsts stammen vom Berichterstatter. Red.)

Die Tarabrücke wurde auf Grund eines öffentlichen Submissionswettbewerbes der auftraggebenden Behörde von der jugoslawischen Privatindustrie projektiert und ausgeführt.

Näherungsweise Bestimmung von Knicklasten

Von Dipl. Ing. G. EVERTS, Thun

Die im Folgenden angegebene Methode zur näherungsweisen Bestimmung der Knicklast von Stäben mit veränderlichem Trägheitsmoment lehnt sich in ihren Grundzügen eng an das bekannte Verfahren von Vianello an. Durch Verwendung des Mittelwertsatzes von Barta (Ing. Archiv 1937, Bd. 8, Seite 35) wird jedoch eine Abschätzung der Fehlabweichung des gefundenen Näherungswertes von der exakten Lösung ermöglicht.

Theorie:

Die Differentialgleichung der geraden Stabaxe lautet:

$$\frac{1}{\varrho} = \frac{d^2 y}{dx^2} = y_x'' = - \frac{M_x}{T_x J_x} = - \frac{P y_x}{T_x J_x} \quad (1)$$

Dabei kann der Einfluss der Querkraft $\frac{dQ}{dx} \frac{1}{GF}$ bekanntlich vernachlässigt werden.

Mit T wird der Engesser'sche Knickmodul bezeichnet.

$$T = E_1 \frac{J_1}{J} + E_2 \frac{J_2}{J} \quad (2)$$

Zum Gleichgewicht ist erforderlich:

$$T_x J_x \frac{y_x''}{y_x} = -P \quad (3)$$

Diese Gleichung (3) ergibt nur bei der exakten Biegelinie an jeder Stelle x immer den gleichen Wert P . Bei mehr oder weniger willkürlich angenommenen Biegelinien schwankt P bekanntlich zwischen zwei Grenzen. Nach dem Mittelwertsatz von Barta liegt nun die exakte Knicklast P_K , die bei Verwendung der genauen Biegelinie gefunden würde, stets zwischen den Grenzen

$$\left(-T_x J_x \frac{y_x''}{y_x} \right)_{\min} \leq P_K \leq \left(-T_x J_x \frac{y_x''}{y_x} \right)_{\max} \quad (4)$$

Die Eulersche Knickgleichung wird dabei wie üblich geschrieben:

$$P_K = \frac{\pi^2 T_c J_c}{l_K^2} \quad (5)$$

wobei J_c ein beliebiges, jedoch für die ganze Stablänge l konstant angenommenes Trägheitsmoment, T_c den zu J_c gehörigen Knickmodul und l_K die für J_c gültige Knicklänge darstellt. Da die Differentialgleichung (1) sowohl linear als auch homogen ist, spielt die Wahl von J_c keine Rolle.

Die Knicklänge l_K ist im allgemeinen nicht schon zum Voraus bekannt. Gleichung (5) wird daher geschrieben:

$$P_K = k \frac{\pi^2 T_c J_c}{l^2} \quad (6)$$

wobei $k l_K^2 = l^2$ ist.

Für J_c nimmt man meistens am besten ein mittleres Trägheitsmoment an, da andernfalls für die graphische Konstruktion ungünstige Masstabverhältnisse entstehen. Zur Bestimmung des unbekannten Koeffizienten k geht man nun wie folgt vor: