

MESSUNG DER SCHWEISS-EIGENSPANNUNGEN EINER AN DER BAUSTELLE GESCHWEISSTEN KASTENTRÄGER—STAHLBRÜCKE

Von

L. KÖRÖNDI, L. KRISTÓF, P. PLATTHY und A. SZITTNER

Lehrstuhl für Stahlkonstruktionen, TU Budapest
(Eingegangen am 15. Mai 1978)

Die neue Straßenbrücke über die Kleine *Donau* bei *Tahitótfalu* ist eine durchlaufende Verbundkonstruktion mit geschweißtem Kastenträger-Querschnitt. Die Elemente der Brücke von $60,30 + 80,40 + 60,30 = 201$ m Länge wurden in Teilen von etwa 12 bis 16 m in halber Breite in *Mátranovák*, in der Brückenfabrik der GANZ-MÁVAG-Werke hergestellt. Die vorgefertigten Elemente wurden an der Baustelle zuerst mit Längsnähten in dem Untergurt zusammengeschweißt und dann wurden die 12 bis 16 m langen Brückenteile im vollen Querschnitt, ebenfalls mit Stumpfnähten miteinander verbunden.

Wie bekannt, wird beim Schweißen beträchtliche Wärme eingetragen, durch die — dem Wesen des Schweißens entsprechend — die zu verschweißenden Stoffe und das Schweißmittel geschmolzen werden, wodurch eine Kohäsionsverbindung entsteht. Da beim Schweißen die Wärmeeinführung punktbzw. linienförmig ist, entsteht die Nähte entlang eine ständig veränderliche und ungleichmäßige Temperatur. Da der Baustahl bei etwa 600°C seine elastischen Eigenschaften verliert, gestalten sich auf Wirkung der Temperaturänderung beim Schweißen bzw. nach dem Schweißen bei der Abkühlung Bereiche mit ungleicher Schrumpfung und unterschiedlichen elastischen Eigenschaften heraus, was die Entstehung von inneren Spannungen verursacht.

Der Lehrstuhl für Stahlkonstruktionen der TU Budapest erhielt den Auftrag, an der Brückenkonstruktion im Bau die Schweiß-Eigenstressungen zu ermitteln.

Eine genaue Feststellung der Eigenstressungen ist nur durch systematischen Zerschneiden der verschweißten Teile und durch Messung der den aufgehobenen Spannungen proportionalen Dehnungen möglich. Diese zerstörenden Untersuchungen sowie die teilweise zerstörenden Lochbohrverfahren (z. B. *Mathar*-Verfahren) können bei Brückenkonstruktionen nicht angewandt werden.

Eine vollkommen zerstörungsfreie Messung der inneren Spannungen in Brückenkonstruktionen ist nur möglich, wenn der Meßgeber vor Beginn des Schweißens an der Konstruktion befestigt wird und mit dessen Hilfe die Längenänderungen bzw. Dehnungen — entstanden auf Wirkung des Schweiß-

sens — gemessen werden. Dabei ist es nötig, besonders in der Umgebung der Schweißnähte ein Verfahren anzuwenden, bei dem die beträchtliche Wärmewirkung und die unvermeidlichen mechanischen Einwirkungen keine Beschädigung verursachen.

Bei der Prüfung der Brücke von Tahitótfalu wurden für die auf der Baustelle hergestellten Schweißverbindungen Setzdehnungsmesser Bauart Pfender angewandt, für welche die Basislänge mit zwei Stahlkugeln von $\varnothing 1/16''$ bezeichnet wird. Dieses Meßverfahren ist hinsichtlich sowohl der Wärme- als auch der mechanischen Wirkung günstig. Mit Hilfe des Meßgeräts kann die Längenänderung der festgelegten Meßbasis mit einer Genauigkeit von $1-2 \cdot 10^{-3}$ mm vermittelt werden, was bei einer Basislänge von 100 mm einer spezifischen Dehnung von $10-20 \cdot 10^{-6}$ und beim Baustahl — bei elastischer Formänderung — Spannungen von 20 bis 40 kp/cm² entspricht.

Mit Hilfe eines mechanischen Dehnungsmessers lassen sich in Punkten, wo die Temperatur 400 °C nicht übersteigt, also in einer gewissen Entfernung von den Schweißnähten, die Eigenspannungen genau feststellen. In der Umgebung von Punkten mit Temperaturen über 400—600 °C enthalten die Dehnungen nicht nur elastische, sondern auch plastische Formänderungen, und deshalb läßt sich die Spannung nur mit geringerer Genauigkeit ermitteln. In einem solchen Falle kann der Spannungszustand nur qualitativ bewertet werden.

Für die Feststellung der Schweiß-Eigenspannungen der Brücke wurden die Messungen in den Querschnitten neben einer der Mittelstützen (M_{\max}^-) und neben der Mitte der mittleren Brückenöffnung (M_{\max}^+) in der Weise unternommen, daß an beiden Seiten der Schweißnähte und auf beiden Flächen der sich anschließenden Bleche (oben-unten, außen-innen) in Abständen von etwa 50 mm von der Naht die zur Nahtachse parallelen Dehnungen, und mit Hilfe von Meßbasen in Punkten in etwa 50 und 150 mm Abstand von der Naht die Dehnungen senkrecht zur Nahtachse gemessen wurden. Außerdem wurden die Änderungen der zur Nahtachse senkrechten Dehnungen in der Mitte der unteren Gurtplatte, an beiden Seiten der Längsnähte und neben den Stegblechen auf Längen von etwa 50 cm fortlaufend gemessen.

Die Meßergebnisse ($\varepsilon_x, \varepsilon_y$) wurden dem Rechenverfahren des ebenen Spannungszustandes entsprechend reduziert. Die Spannungen können aus den reduzierten Dehnungen ($\varepsilon_{rx} = \varepsilon_x + \mu\varepsilon_y$ bzw. $\varepsilon_{ry} = \varepsilon_y + \mu\varepsilon_x$) bei elastischem Verhalten durch Multiplikation der reduzierten Dehnung mit $\frac{E}{1-\mu^2} = 2,308$ erhalten werden.

Die Verteilung der reduzierten Dehnungen, berechnet aus den Meßergebnissen in etwa 400 Punkten bei der Verbindung neben der Stütze, wurde auch graphisch aufgearbeitet. Abb. 1 zeigt die Verteilung der zur Nahtachse senkrechten, reduzierten Dehnungen.

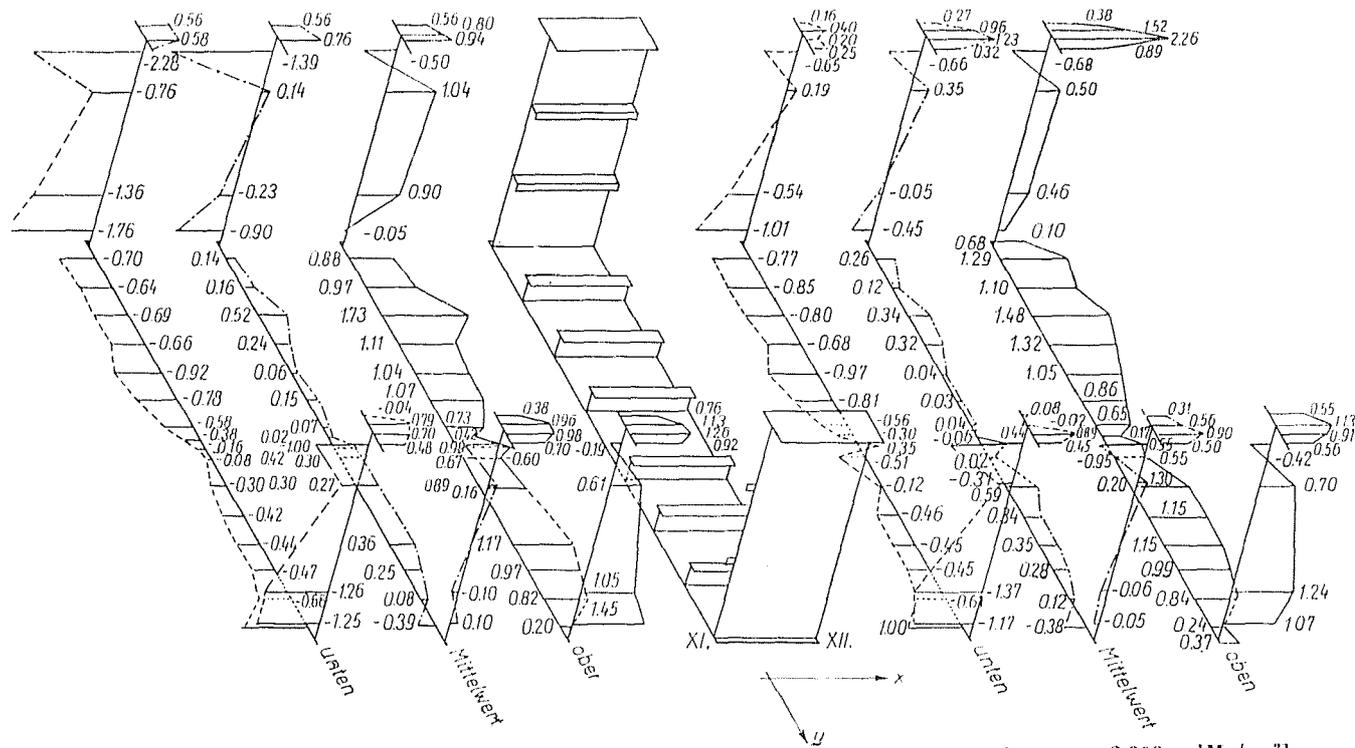


Abb. 1. Reduzierte Dehnungen $\epsilon_{rx}(\epsilon_x + \mu\epsilon_y)$ [10^{-3} m/m] senkrecht auf die Schweißnahtachse; $\sigma_x = 2.308 \epsilon_{rx}$ [MP/cm²]

Aus der Abbildung läßt sich feststellen, daß

a) die Verteilung der reduzierten Dehnungen in den beiden sich aneinander anschließenden Bauteilen vollkommen ähnlich sind;

b) die Größe der gemessenen reduzierten Dehnungen an vielen Stellen wesentlich über 1‰ liegt, obwohl die Messung in etwa 50 mm Abstand von der Nahtachse unternommen wurde; unmittelbar neben der Naht sind noch viel größere Dehnungen zu erwarten;

c) auf Wirkung des Schweißens wegen der V-förmigen und asymmetrischen X-förmigen Stumpfnähte eine bedeutende örtliche Biegung auftritt, was auch bei den fertigen Nähten gut zu sehen ist;

d) der Mittelwert der auf den beiden Flächen der Gurtplatte gemessenen, reduzierten Dehnungen bei elastischem Verhalten der Normalspannung proportional ist. Im vorliegenden Falle ist das nicht ganz wahr, weil auf Wirkung des Schweißens auch plastische Formänderungen auftreten. Man erhält aber auch so hinreichende Information über die Art der Verteilung der Normalspannungen. Das wird z. B. auch dadurch bestätigt, daß in den zuletzt geschweißten Obergurten ein bedeutender Zug (Verlängerung), beim angeschlossenen Stegblech hingegen ein bedeutender Druck (Verkürzung) entsteht (s. Abb. 1).

In Abb. 2 sind die Meßergebnisse im gleichen Querschnitt in Verbindung mit dem Abklingen der Spannungen in Längsrichtung (senkrecht zur Naht-

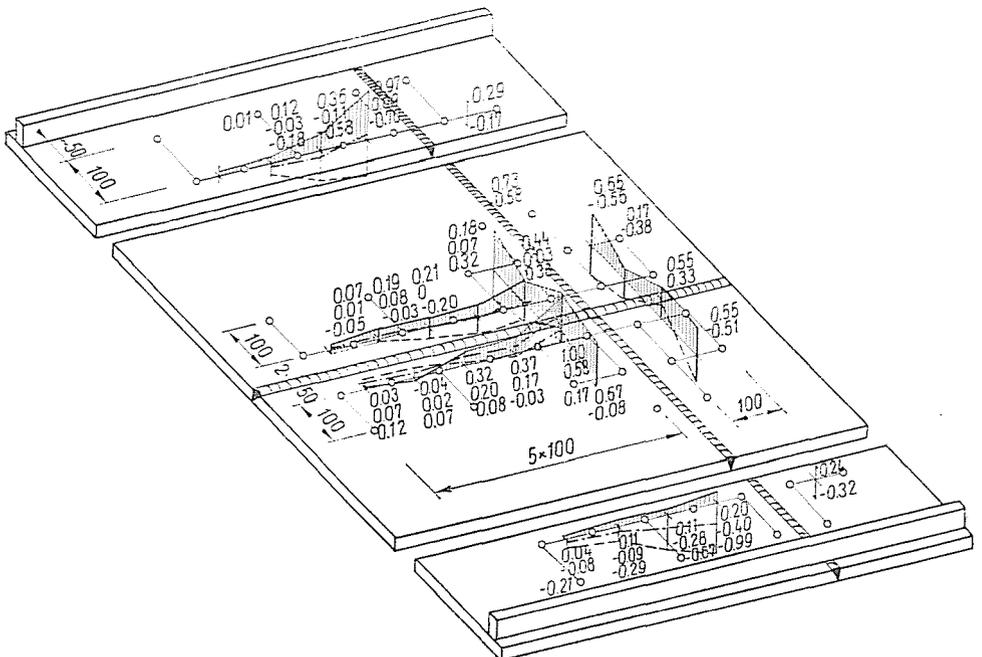


Abb. 2. Änderung von ϵ_{rx} in zunehmendem Abstand von der Naht
 ————— oben; - - - - - unten; - · - · - Mittelwert

achse) dargestellt. Es ist zu erkennen, daß sich die Eigenspannungen bzw. die proportionalen Dehnungen in einer Entfernung von 20 bis 30 cm von der Naht beträchtlich vermindern.

Die im Querschnitt neben der Mitte der mittleren Öffnung an etwa 200 Meßstellen erhaltenen Meßergebnisse waren den Meßergebnissen in dem geschweißten Querschnitt neben der Stütze ganz ähnlich.

Das vorgestellte Meßverfahren hat noch den weiteren Vorteil, daß bei geeigneter Wärmekompensation die Meßelemente auch in den weiteren Montagephasen und in späteren Zeitpunkten für neuere Messungen benutzt werden können, und damit eine weitere Beobachtung des Kräftespiels in der Konstruktion ermöglichen.

Zusammenfassung

Die Montageeinheiten von 12 bis 16 m Länge einer Kastenträgerbrücke wurden auf der Baustelle zusammengeschweißt. Neben der Schweißverbindung an etwa 400, und in der Mitte der mittleren Brückenöffnung an etwa 200 Meßstellen wurden die zur Schweißnaht parallelen und senkrechten Dehnungen mit einem Setzdehnungsmesser Bauart Pfender gemessen. Aus den Meßergebnissen wurden die reduzierten Dehnungen berechnet, aus denen die auf Wirkung des Schweißens entstandenen Schweiß-Eigenspannungen festgestellt werden konnten.

László KÖRÖNDI	}	H-1521, Budapest
László KRISTÓF		
Dr. Pál PLATTHY		
Antal SZITTNER		