

Einige Beispiele von geschweissten Stahlkonstruktionen in der Tschechoslowakei

Autor(en): **Brebera, A.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **2 (1936)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-2818>

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.

III c 7

Einige Beispiele von geschweißten Stahlkonstruktionen in der Tschechoslowakei.

Quelques exemples de constructions soudées en Tchécoslovaquie.

Some Examples of Welded Steelwork in Czechoslovakia.

A. Brebera,

Ingénieur Conseiller Supérieur au Ministère des Travaux Publics à Prague.

Die Anwendungen der elektrischen Schweißung auf dem Sondergebiet der Stahlkonstruktion für Brücken und Hochbauten führen die beträchtlichen Fortschritte vor Augen, die in den letzten Jahren durch die Einführung dieses Verfahrens erzielt worden sind.

Im Jahre 1935 sind unter anderem große Hallen ausgeführt worden, die einen Flächenraum von 1500 m² überdecken. Der interessanteste Teil dieser

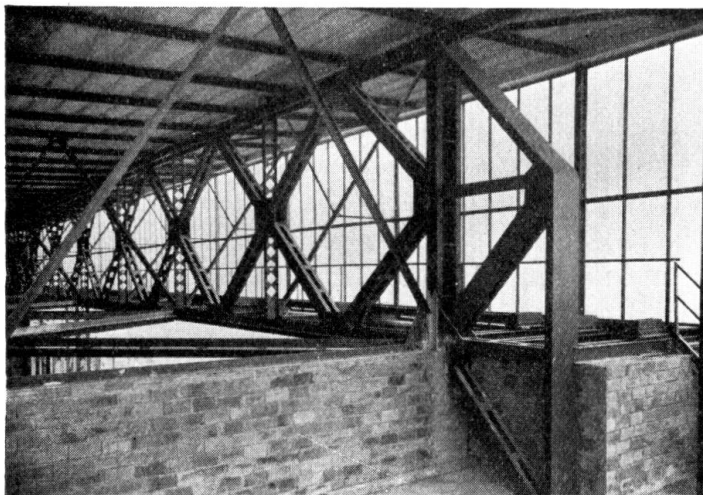


Fig. 1.

Eisenkonstruktion ist der Rahmen von 50 m Öffnung (Fig. 1), der die Fachwerkbinder aufnimmt, die untereinander 10 m Abstand haben (Fig. 2).

Um sich ein Bild von den Vorzügen der Bogenschweißung machen zu können, ist der gesamte Entwurf gleichzeitig als genietete und als geschweißte Konstruktion ausgearbeitet worden. Der Vergleich der beiden Lösungen hat zu interessanten Feststellungen geführt. Zunächst war für den Rahmen

von 50 m Stützweite für den geschweißten Entwurf gewöhnlicher Stahl C 38 vorgesehen, während für den genieteten Entwurf Stahl von hoher Festigkeit C 52 herangezogen wurde. Obwohl man für den zweiten Entwurf die zulässigen Spannungen um 50 % höher angenommen hatte als für den ersten, waren die Gewichte der beiden Rahmen gleich.

Was die übrige Tragkonstruktion der Halle anbetrifft, für die in beiden Fällen gewöhnlicher Stahl C 38 gewählt worden war, so betrug die durch die Anwendung der Schweißung erzielte Gewichtsersparnis 20 % (5210 kg gegenüber 6500 kg).

Auf Grund dieser Ergebnisse und aus wirtschaftlichen Gründen ist das ganze Bauwerk aus gewöhnlichem Stahl C 38 mittels elektrischer Schweißung ausgeführt worden, und zwar sowohl die Arbeit in der Werkstätte als auch die auf der Baustelle.

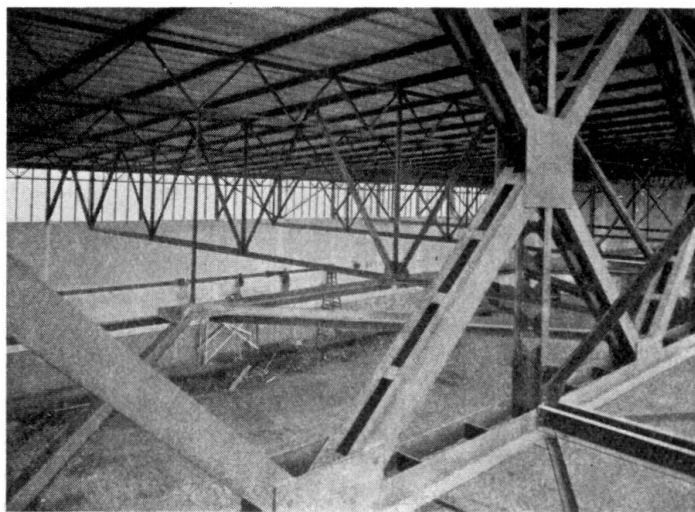


Fig. 2.

Für die Schweißung sind zwei verschiedene Arten von Elektroden verwendet worden. Beide Arten haben wesentlich voneinander verschiedene Eigenschaften, wie aus den in Tafel I vorgeschriebenen Mindestwerten ersichtlich ist.

Tafel I.

Elektrodentype		I	II
Zugfestigkeit	in kg/mm ²	38	42
Elastizitätsgrenze	in kg/mm ²	23	26
Dehnung	in %	12	20
Kerbzähigkeit (Mesnager)	in kgm/cm ²	3	6

Für diejenigen Teile der Konstruktion, deren Spannweite 15 m nicht überschritt, wurde die Benutzung der Elektrodentype I zugelassen.

Für Flankennähte jener Konstruktionsteile, die diese Spannweite überschritten, wurde diese Elektrodentype auch zugelassen unter Berücksichtigung des Umstandes, daß die zulässige Scherspannung hier niedriger anzunehmen war.

Die Höchstspannungen, die für den Stahl selbst einerseits und für das Schweißgut andererseits zugelassen wurden, sind für die verschiedenen Beanspruchungen in der Tafel II zusammengestellt.

Tafel II.

Zulässige Spannungen	Grundmetall	Schweißgut	
		Type I	Type II
Zug	$\sigma = 1200$ (1400) kg/cm ²	0,75. σ	0,85. σ
Druck	$\sigma = 1200$ (1400) kg/cm ²	0,95. σ	1,00. σ
Abscheren . . .	$\tau = 850$ (1000) kg/cm ²	0,60. τ	0,65. τ

Anmerkung: Die eingeklammerten Werte sind in den Fällen zugelassen worden, in denen die Berechnungen alle äußeren Einflüsse berücksichtigten, nämlich die Wirkung der Temperatur und den Winddruck.

Vor der Durchführung der Schweißarbeiten sind die Schweißnähte sowie die Schweißer verschiedenen Prüfungen unterzogen worden. Die dabei vorgeschriebenen Mindestwerte sind in den Tafeln III und IV verzeichnet.

Tafel III.

Prüfungen des Schweißgutes		Elektrodentype	
		I	II
Zugfestigkeit	in kg/mm^2	38	42
Scherfestigkeit	in kg/mm^2	28	30
Biegewinkel	in Graden	120	180
Dehnung	in %	12	18

Tafel IV.

Prüfungen der Schweißer		Elektrodentype	
		I	II
Zugfestigkeit	in kg/mm^2	34	40
Scherfestigkeit	in kg/mm^2	26	29
Biegewinkel	in Graden	90	120
Dehnung	in %	10	15

Bei der Aufstellung des endgültigen Entwurfs sind alle Verbindungen so ausgebildet worden, daß sie den letzten Verbesserungen der Schweißtechnik Rechnung tragen.

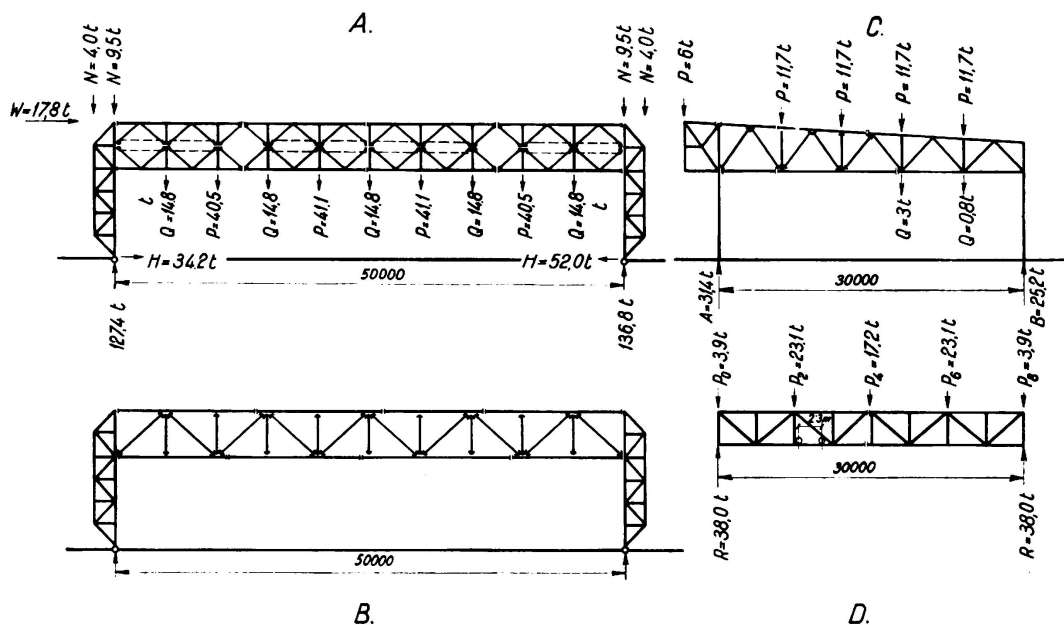


Fig. 3.

In sehr großem Maße hat man bei der Bestimmung der Profile auf die Verwendung von einfachen T-Querschnitten zurückgegriffen, die durch Zerschneiden von gewöhnlichen Walzträgern mit dem Schneidbrenner erhalten wurden.

Die obere Gurtung des Rahmenriegels hat einen äußerst einfachen Querschnitt

erhalten (Gurte 500×50 , Winkeleisen $100 \times 180 \times 18$), der für die Beanspruchung dieses Trägers besonders geeignet ist; die Stabkraft betrug hier 318 Tonnen.

Für gewisse Elemente, insbesondere für die Pfosten des Rahmenriegels, hat man Sonderprofile aus gewöhnlichen I-Walzprofilen hergestellt, indem man die letzteren nach einer Zickzacklinie zerschnitten und die beiden so erhaltenen Teile dann nach gegenseitiger Versetzung wieder zusammengeschweißt hat. Man erhielt so auf billige Weise einen Träger mit durchbrochenem Steg von demselben Gewicht wie der gewöhnliche Träger, aber von viel größerer Steifigkeit.

Zum größten Teil ist die Stumpfschweißung für die Verbindung der Profile unter sich angewendet worden. Die Anordnung der Montageverbindungsstellen ist in Fig. 3 dargestellt.

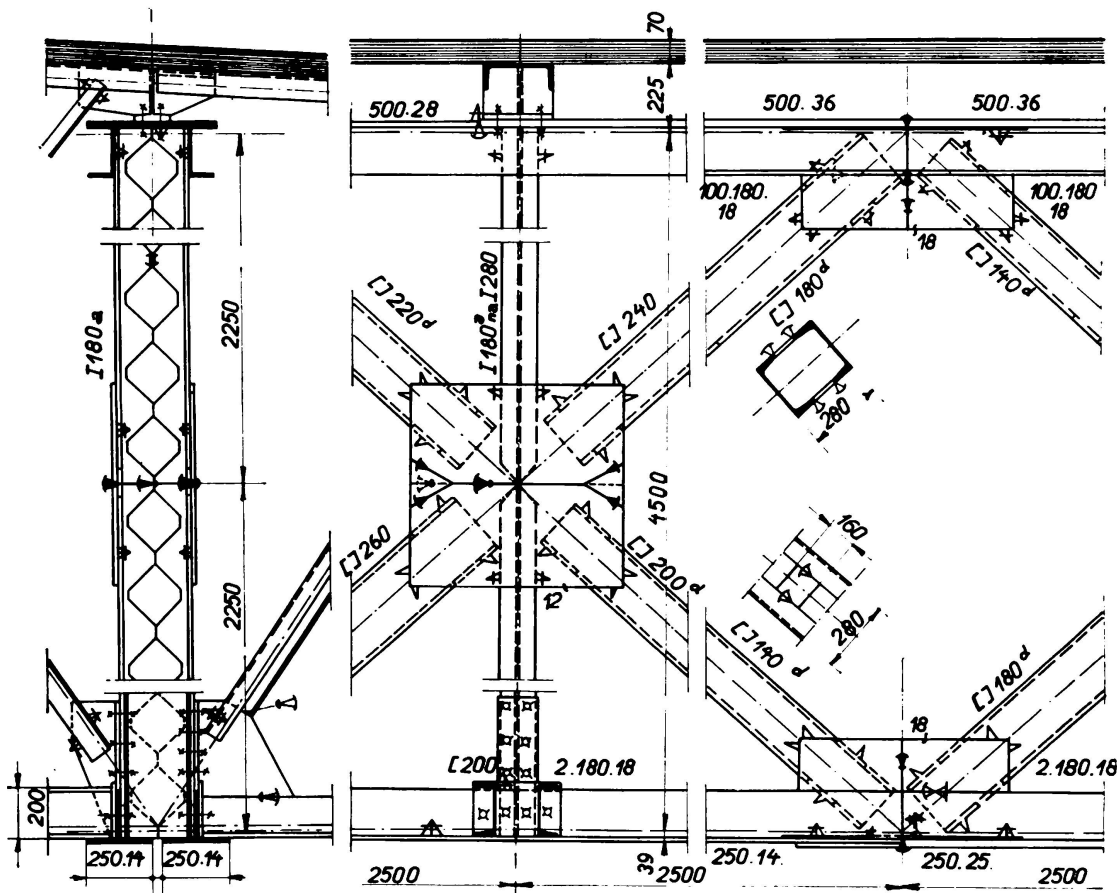


Fig. 4.

Sämtliche Träger sind an der Baustelle nach Möglichkeit flachliegend verschweißt worden; dann wurden sie sogleich in ihre endgültige Lage gebracht und die letzten Schweißnähte sind in der senkrechten Lage fertiggestellt worden. Die Montageschweißungen sind aus diesem Grunde im Hinblick auf die Lage, in der sie ausgeführt werden mußten, durchdacht und an leicht zugängliche Stellen verlegt worden.

Der Leitgedanke bei der Konstruktion des Rahmens war die Herabsetzung der Montageverbindungen auf ein Mindestmaß. Die Stiele des Rahmens konnten in einem Stück befördert werden. Der Riegel (Fig. 4) dagegen war zu groß

und zu hoch, um ebenso befördert werden zu können, und er mußte in mehrere Teile aufgeteilt werden. Um den Zusammenbau dieser einzelnen Teile zu erleichtern, ist der Rautenträger gewählt worden (Fig. 3), wodurch sich die Anzahl der Teile auf 8 verringerte, während für einen gewöhnlichen Fachwerkträger (Fig. 3b) sich diese Zahl auf 27 erhöht hätte.

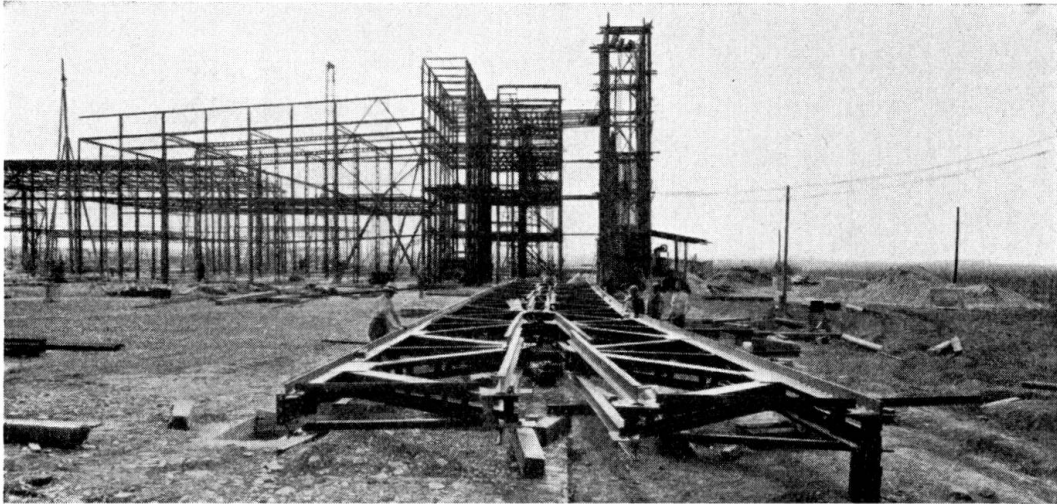


Fig. 5.

Um transportfähige feste Einheiten zu erhalten, sind die einzelnen Teile durch provisorische Gurtungen ergänzt worden, die an die mittleren Knotenbleche angeheftet wurden. Zu diesen Gurtungen hat man in geschickter Weise die Sparren der Halle verwendet (Fig. 5).

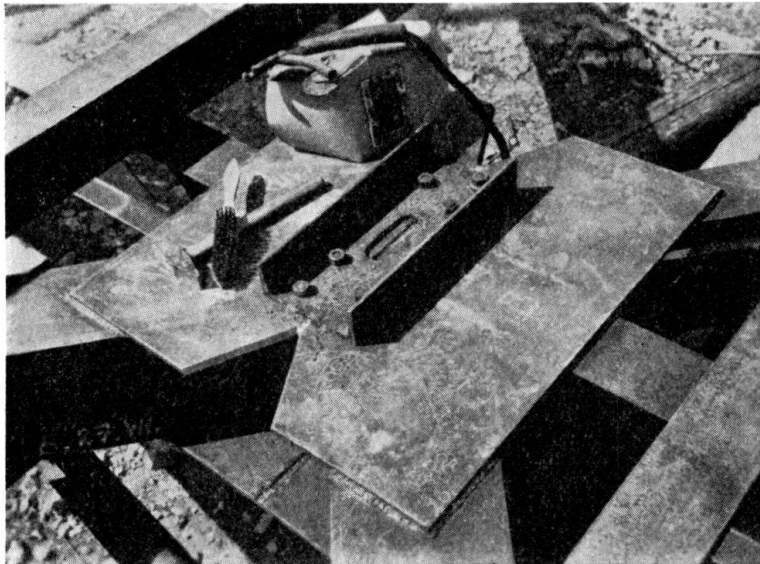


Fig. 6.

Die Montageverbindungen befinden sich in den Gurtungen und den mittleren Knotenblechen, wie in Fig. 3 deutlich angegeben ist. Sehr bemerkenswert ist der Knoten der gekreuzten Diagonalen (Fig. 6). Um die Schweißung des unteren Knotenbleches zu erleichtern, ist das obere Knotenblech eingeschnitten worden. Die dreieckige Ergänzung ist in dem oberen Knotenblech

erst eingeschweißt worden, nachdem das untere Knotenblech fertig verschweißt war. Zuerst sind die waagerechten Teile des Rahmens zusammengefügt und mit Hilfe von aufgesetzten \square -Stücken und Bolzen festgeklemmt worden, um ihre

genaue gegenseitige Lage zu sichern. Alsdann sind die Verbindungsstellen geheftet und eine nach der anderen fertig geschweißt worden. Schließlich sind die Hilfsgurtungen entfernt und die Stiele angesetzt und verschweißt worden. Die Montage begann mit der Aufstellung des Torrahmens. Der ganze Rahmen von 50 m Spannweite und von 41,0 t Gewicht wurde aufgerichtet und mit Hilfe von Montageböcken in die Lager eingesetzt (Fig. 7). Das Aufrichten und Einsetzen eines Rahmens dauerte vier Stunden. Anschließend wurde die übrige Konstruktion nach den üblichen Verfahren montiert.

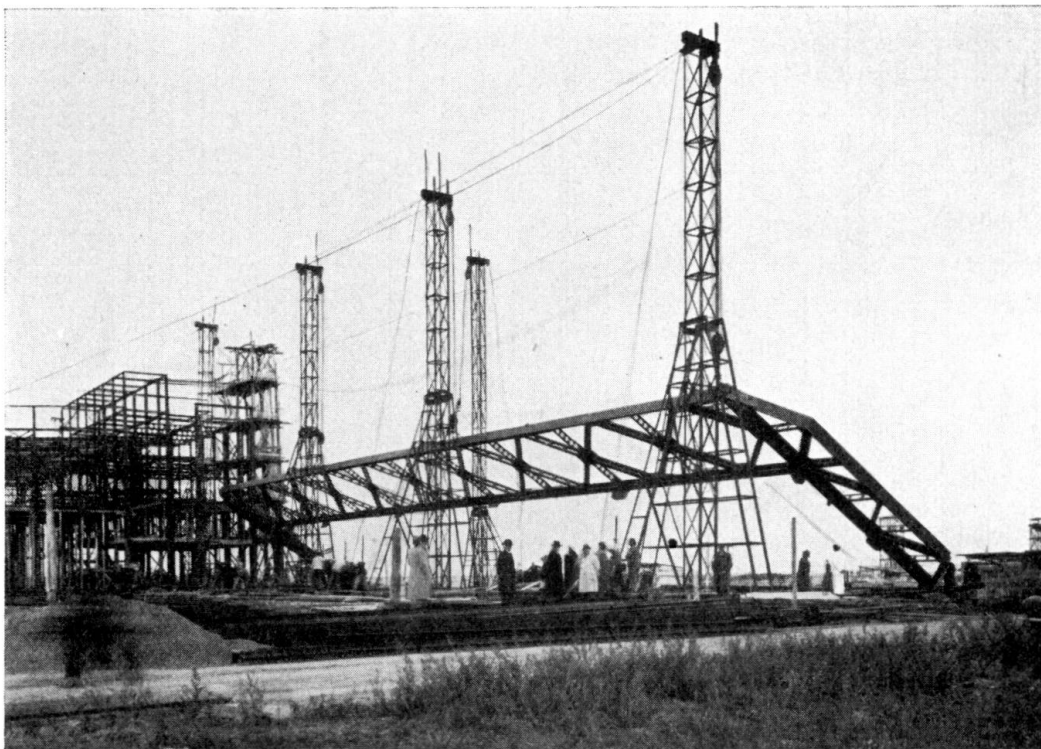


Fig. 7.

Die Schweißung erfolgte in den Werkstätten und auf der Baustelle durch Gleichstrom mit Hilfe eines Schweiß-Aggregats.

Die Herstellung der Stahlkonstruktion war aufgeteilt und den beiden nachstehenden Firmen zugeteilt worden: der S.A. des Anciens Etablissements Škoda in Pilsen und der Českomoravska-Kolben-Danek in Prag.

Die erste dieser beiden Firmen hat für die Schweißungen der Type I Elektroden Böhler-B-Elite-KVA. und für diejenigen der Type II Elektroden Arcos Stabilend benutzt; die zweite Firma hat ausschließlich Elektroden Elarc-Resistens verwendet.

Die Mittelwerte der Ergebnisse der Zulassungsprüfungen für die Elektroden, die Schweißungen und die Schweißer sind in der Tafel V niedergelegt. Den erzielten Ergebnissen sind die geforderten Mindestwerte gegenübergestellt. Im Ganzen sind 42 Schweißer der Zulassungsprüfung unterzogen worden.

Aus dieser Tafel geht hervor, daß die geforderten Mindestwerte trotz ihrer Höhe leicht erreicht worden sind.

Die Schweißungen sind während ihrer Anfertigung aufmerksam verfolgt worden. Nach der Fertigstellung sind sie einer sorgfältigen Prüfung unterzogen und ihre Abmessungen genau aufgenommen worden. Mehrere von ihnen sind durch Anfräsen im Innern untersucht worden.

Tafel V.

Zulassungs- prüfungen für die	Prüfungsart		Elektrodentyp				
			Böhler B-Elite	verlangtes Minimum	Arcos Stabil.	Elarc Resist.	verlangtes Minimum
Elektroden	Elastizitätsgrenze	in kg/mm ²	30,9	23	35,0	40,0	26
	Zugfestigkeit	in kg/mm ²	46,5	38	46,3	48,7	42
	Dehnung	in %	21,6	12	24,9	23,6	20
	Kerbzähigkeit	in kgm/cm ²	4,3	3	8,5	9,7	6
Schweißungen	Zugfestigkeit	in kg/mm ²	44,7	38	48,5	46,3	42
	Scherfestigkeit	in kg/mm ²	34,1	28	34,6	37,1	30
Schweißer	Zugfestigkeit in kg/mm ²	waagr. Lage	47,2	—	49,6	46,8	—
		senkr. Lage	42,2	—	47,9	48,0	—
		Überkopflage	43,8	—	50,5	47,0	—
		im Mittel	44,5	34	49,5	47,3	40
	Zugfestigkeit in kg/mm ²	waagr. Lage	33,3	—	33,3	35,7	—
		senkr. Lage	33,7	—	35,7	36,1	—
		Überkopflage	31,3	—	35,1	34,2	—
		im Mittel	33,1	26	34,8	35,3	29
Schweißungen in	I-Form: Zugfestigkeit	in kg/mm ²	—	—	46,6	47,6	42
	V-Form: Zugfestigkeit	in kg/mm ²	—	—	58,9	42,4	42

Die Entwürfe der Stahlkonstruktion sind von der S.A. des Anciens Etablissements Škoda in Pilsen angefertigt worden, die dabei ganz besonders auf die Einfachheit der Ausführung in der Werkstatt wie bei der Montage Wert gelegt hat.

Die Überwachung der Arbeiten erfolgte durch die Abteilung für Brücken im Ministerium für öffentliche Arbeiten.

Eine weitere sehr bedeutsame Anwendung ist die geschweißte Herstellung einer Straßenbrücke von 52,005 m Spannweite (Fig. 8).

Die Hauptträger sind hier von der Bauart *Vierendeel*, d. h. ohne Diagonalen. Diese Trägerbauart ist vor allem aus ästhetischen Gründen gewählt worden, bietet aber noch weitere Vorteile für die Schweißung, nämlich Einfachheit und Starrheit der Knoten.

Auch sind hier die Nebenspannungen Null, während sie bei den Fachwerk-systemen zwischen 10 und 15 % der Hauptspannungen schwanken können, insbesondere zufolge der großen Abmessungen der Knotenbleche und der Berechnungsweise dieser Systeme.

Infolgedessen ist bei Ausnützung der zulässigen Spannungen die tatsächliche Sicherheit bei den *Vierendeel*-Trägern höher. Schließlich ist die

Durchbiegung der Brücken mit Hauptträgern nach der Vierendeel-Bauart infolge der großen Starrheit der Knoten dieses Systems viel geringer als diejenige der Brücken mit Fachwerk-Hauptträgern.

Diese Tatsache ist sehr günstig für die Erhaltung der Bauwerke.

Bisher bestand der einzige Nachteil der Verwendung von Vierendeel-Trägern in der schwierigen statischen Berechnung. Die Bestimmung der Einflußlinien nach dem Verfahren von *Beggs-Blázek* hat diese Schwierigkeit vollständig gelöst (Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau, 1. Kongreß, Schlußbericht, Seite 709).

Der Vorzug dieses Verfahrens liegt darin, daß es nicht mehr nötig ist, zu vereinfachenden Annahmen zu greifen und daß man der zusätzlichen Steifigkeit der Pfostenenden Rechnung trägt.

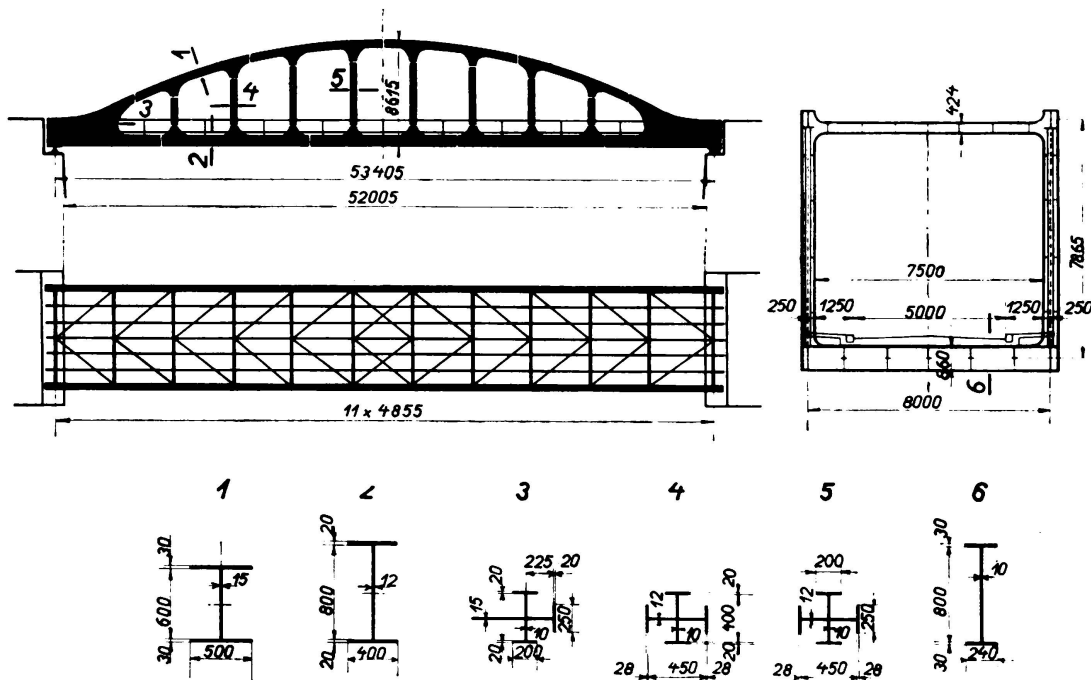


Fig. 8.

Der Verlauf der Einflußlinien kann in jedem beliebigen Punkt mit Genauigkeit bestimmt und anschließend bequem auf Grund der Gleichgewichtsbedingungen nachgeprüft werden.

Der Träger ist in der gewählten Form 33-fach statisch unbestimmt.

Außerdem sind die erhaltenen Ergebnisse durch eine Näherungsrechnung nachgeprüft worden. Bei dieser Rechnung wurde angenommen, daß die Trägheitsmomente der Gurtungen über jedes Feld konstant wären und von der Länge der Stäbe abhingen.

Dazu hat man noch vorausgesetzt, daß die Lasten nur über den Pfosten angreifen.

Auf diese Weise sank der Grad der statischen Unbestimmtheit auf 11, und die Berechnung wurde leichter.

Die ganze Stahlkonstruktion wurde aus gewöhnlichem Stahl C 38 hergestellt,

vollständig sowohl in der Werkstatt wie bei der Montage geschweißt. Für die Schweißung wurden nur die Elektroden Arcos Stabilend verwendet.

Die für den Stahl selbst und für die Schweißungen zugelassenen Spannungen sind in der Tafel VI angegeben:

Tafel VI.

Zulässige Spannungen	Teile der Fahrbahn		Hauptträger	
	Grundmaterial	Schweißgut	Grundmaterial	Schweißgut
Zug	$\sigma = 850 \text{ kg/cm}^2$	0,75 σ	$\left\{ \begin{array}{l} 870 + 3 \cdot l \\ \text{höchstens 1150 (1350)} \end{array} \right.$	0,85 σ
Druck		0,90 σ		1,00 σ
Abscheren . . .	$\tau = 700 \text{ (800) kg/cm}^2$	0,50 σ	700 (800) kg/cm^2	0,60 σ

Anmerkung: Die eingeklammerten Werte entsprechen dem Fall, daß die Berechnungen alle äußeren Kräfte berücksichtigen (Winddruck).

Für sämtliche Schweißverbindungen ist die Stumpfschweißung vorgezogen worden, unter grundsätzlicher Beseitigung der auf Zug beanspruchten Kreuzverbindungen. Die Querträger sind mit den Pfosten durch Stumpfschweißung

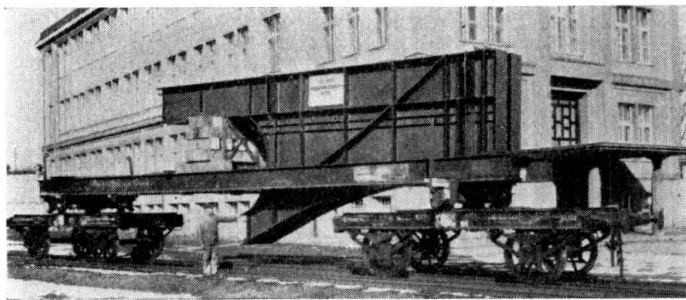


Fig. 9.

verbunden worden. Um die Häufung der Schweißungen zu vermeiden, sind die Aussteifungen der Querträger, der Gurtungen und der Pfosten in den Ecken ausgespart worden, wodurch gleichzeitig das Abfließen des Wassers erleichtert wird.

Das Stahlgewicht beträgt 154 t. Die Montageschweiß-

stellen waren derart bestimmt worden, daß möglichst große Einzelteile zum Versand kommen konnten (Fig. 8). Die Enden der Hauptträger, von 9,293 m Länge und 6,7 t Gewicht, sind in einem Stück auf die Baustelle befördert worden (Fig. 9).

Da die Montage der Brücke im Frühling, also zur Zeit des Hochwassers, vor sich gehen sollte, hatte man zuerst vorgesehen, die Einzelteile sogleich nach ihrer provisorischen Befestigung mit Bolzen durch Schweißen zu heften, sodaß diese Schweißpunkte gegebenenfalls das Eigengewicht der Eisenkonstruktion tragen konnten, falls das Montagegerüst durch das Wasser fortgerissen werden sollte.

Dann hatte man vorgesehen, die Fahrbahntafel in drei getrennten Abschnitten zu schweißen, um die durch die Schweißung hervorgerufenen Spannungen zu verringern.

Das zur Verfügung stehende günstige Wetter gestattete von diesen Plänen abzugehen: die Fahrbahntafel wurde zuerst mit den unteren Gurtungen verschweißt. Dieses Vorgehen verhinderte die Übertragung der Spannungen, die durch die Schweißung der Fahrbahntafel verursacht wurden, auf die Haupt-

träger. Alsdann ist man dazu übergegangen, die Pfosten und die oberen Gurtungen anzubringen, die alsbald verschweißt wurden (Fig. 10 bis 12).

Bei der Montage hat man den Hauptträgern eine Überhöhung von 15 mm

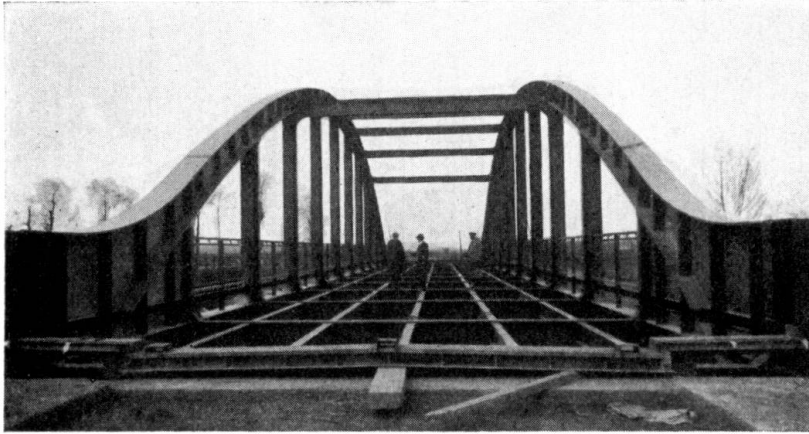


Fig. 10.

erteilt, die der Durchbiegung unter der ständigen Last einschließlich der halben Verkehrslast entspricht.

Außer den üblichen Prüfungen des Stahls, der Elektroden, der Schweißnähte und der Schweißer sind auch Ermüdungsversuche vorgenommen worden. Die Ermüdungsgrenze der Schweißnähte ist nach der Kurve von *Wöhler* bestimmt worden, die durch acht Versuche ermittelt wurde, welche mit zwei Millionen Wechseln bei 22 kg/mm^2 und mit zehn Millionen Wechseln bei $20,5 \text{ kg/mm}^2$ ausgeführt wurden. Diese Versuche sind an Proben von konischer Form in einem Pulsator von *Amsler* angestellt worden.

Ferner hat man es für nützlich befunden, die Schweißungen eines Teils der unteren Gurtung der Hauptträger mit Röntgenstrahlen zu untersuchen (Fig. 13).

Außerdem hat man ein Knotenmodell der unteren Gurtung statischen Versuchen unterzogen. Diese Versuche, die in dem Laboratorium für Materialprüfung der Technischen Hochschule in Prag ausgeführt wurden, haben ermöglicht, die Spannungen zu bestimmen, die durch das Eigengewicht und die als gleichmäßig verteilt angenommene bewegliche Verkehrslast hervorgerufen werden.

Später wird ein ähnlicher Knoten Ermüdungsversuchen unterworfen werden.

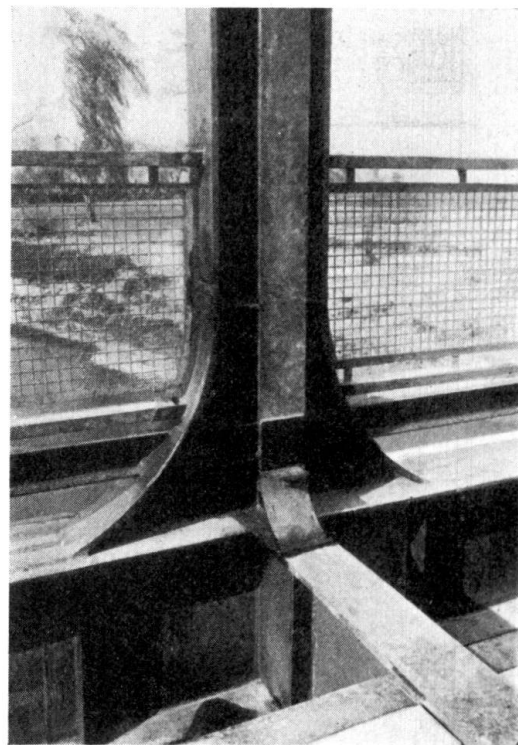


Fig. 11.

Nach Vollendung des Baues, werden auch mit Hilfe von Durchbiegungsmessern die Durchbiegungen der Querträger und der Hauptträger für ruhende und bewegliche Lasten ermittelt werden.



Fig. 12.

Die Gesamtanordnung der Stahlkonstruktion dieser Brücke war von der Brückenbauabteilung des Ministeriums für öffentliche Arbeiten ausgearbeitet worden. Die Durchkonstruktion des endgültigen Entwurfs und die Herstellung

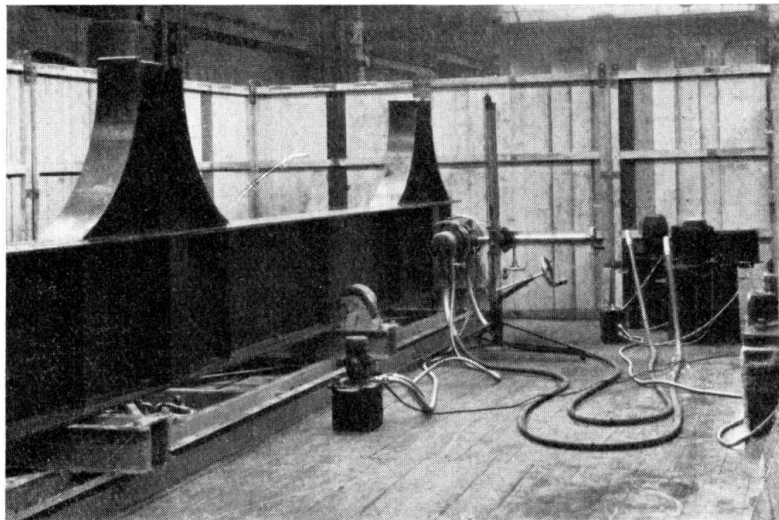


Fig. 13.

des Bauwerks sind der Firma S. A. des Anciens Etablissements Škoda in Pilsen übertragen worden, die sich dieser Aufgabe zur vollen Zufriedenheit des Ministeriums entledigt hat. Die Überwachung der Ausführung war der Brückenbauabteilung des Ministeriums für öffentliche Arbeiten anvertraut.

Zum Abschluß geben Fig. 14 und Tafel VII einen Überblick über die wichtigsten zur Zeit in der Tschechoslowakei existierenden geschweißten Straßenbrücken.

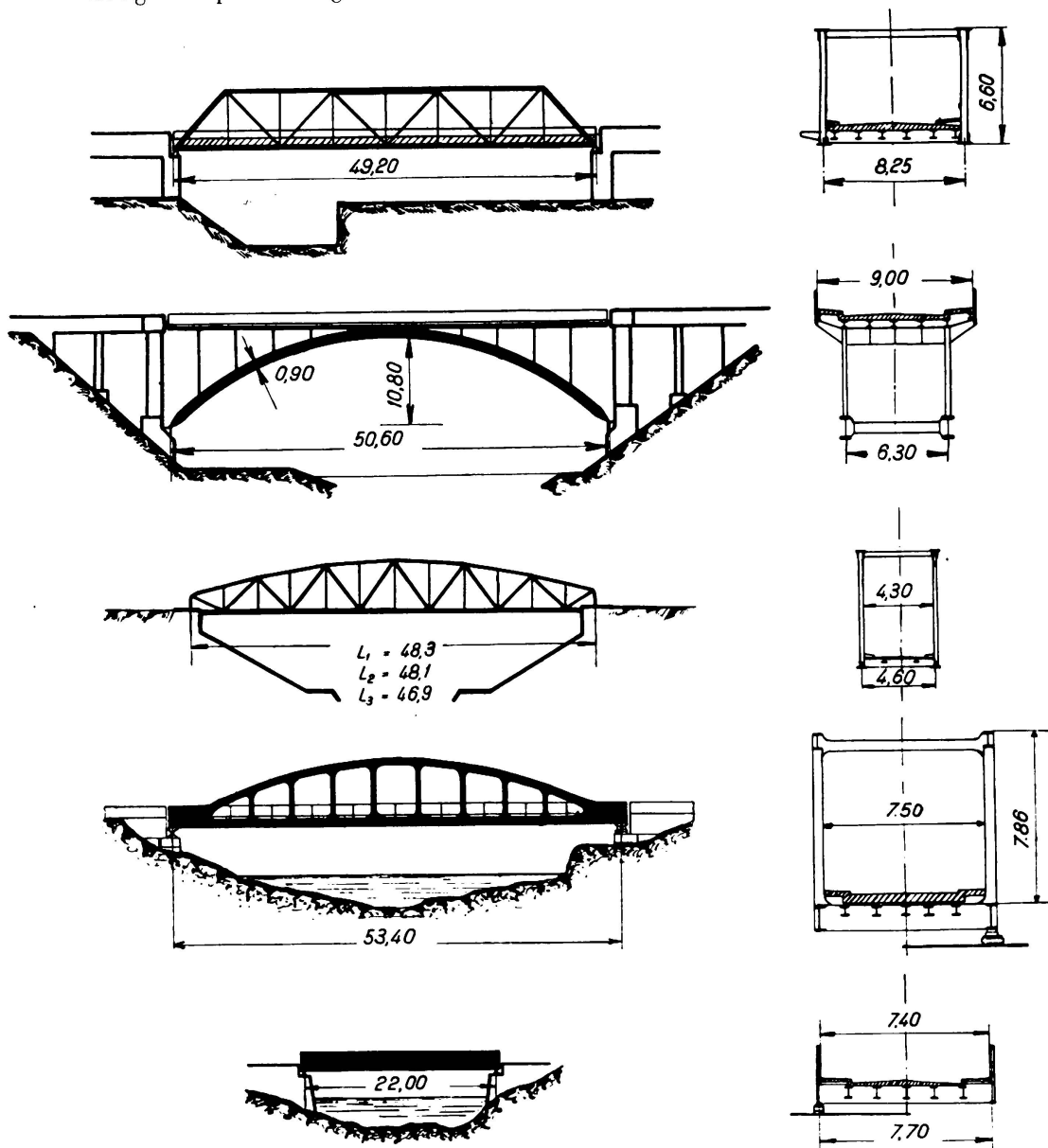


Fig. 14.

Tafel VII.

Nr.	Baujahr	Spannweite in m	Belastung	Gewicht in Tonnen	Hersteller
1.	1931	49,20	Klasse I	145,0	Škoda-Werke, Pilsen
2.	1933	50,60	„ I	111,0	„ „
3.	1933	22,00	„ I	37,6	„ „
		48,30	„ III	52,0	Českomoravska-Kolben Danek
4.	1934	48,10	„ III	52,0	Brno-Kralovopolska
		46,90	„ III	49,1	Škoda-Werke, Pilsen
5.	1936	53,40	„ I	157,0	„ „

Anmerkung: Die Klasse I entspricht einer gleichförmig verteilten Verkehrslast von 500 kg/m^2 oder einer Walze von 22 Tonnen.

Die Klasse III entspricht einer gleichförmig verteilten Verkehrslast von 340 kg/m^2 oder einem Wagen von 4 Tonnen.