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

Band: 2 (1936)

Artikel: Quelques exemples de constructions soudées en Tchécoslovaquie

Autor: Brebera, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-3057

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.10.2025

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

III c 7

Quelques exemples de constructions soudées en Tchécoslovaquie.

Einige Beispiele von geschweißten Stahlkonstruktionen in der Tschechoslowakei.

Some Examples of Welded Steelwork in Czechoslovakia.

A. Brebera,
Ingénieur, Conseiller Supérieur au Ministère des Travaux Publics à Prague.

Les applications de la soudure électrique dans le domaine particulier de la construction des ponts et des grands bâtiments mettent en évidence les considérables progrès réalisés au cours de ces dernières années par suite de l'introduction de ce procédé.

En 1935 notamment, on a exécuté à Prague de grands hangars couvrant une superficie de 1500 m². La partie la plus intéressante de cette construction est le portique de 50 m d'ouverture (fig. 1) supportant les fermes triangulées distantes entre elles de 10 m (fig. 2).

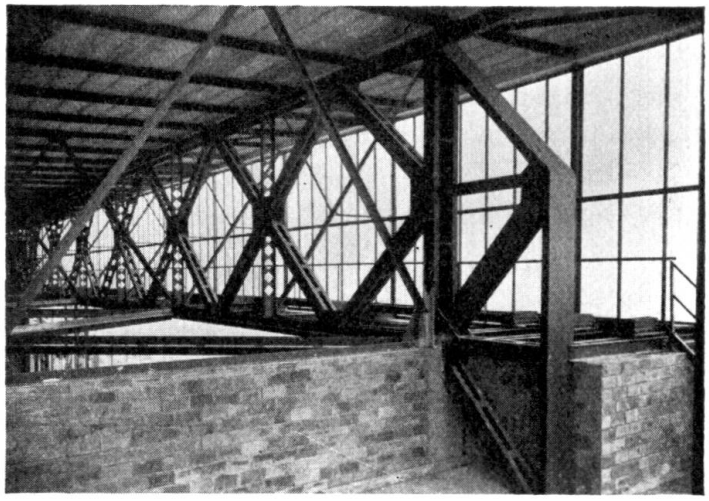

Fig. 1.

Dans le but d'étudier les avantages de la soudure à l'arc, l'ensemble du projet a été établi parallèlement en construction rivée et soudée. La comparaison des deux solutions a donné lieu à d'intéressantes constatations. Pour le portique de 50 m tout d'abord, le projet soudé était prévu en acier ordinaire C 37, tandis que pour le projet rivé on avait eu recours à de l'acier à haute résistance C 52. Quoique dans le second cas on ait toléré des tensions admissibles de 50 % supérieures à celles admises dans le premier cas les poids des deux portiques étaient identiques.

Quant à la charpente proprement dite du hangar, où l'acier ordinaire

C 37 avait été choisi pour les deux cas, l'économie de poids réalisée par l'emploi de la soudure était de 20 % (5210 Kgs. contre 6500 Kgs.).

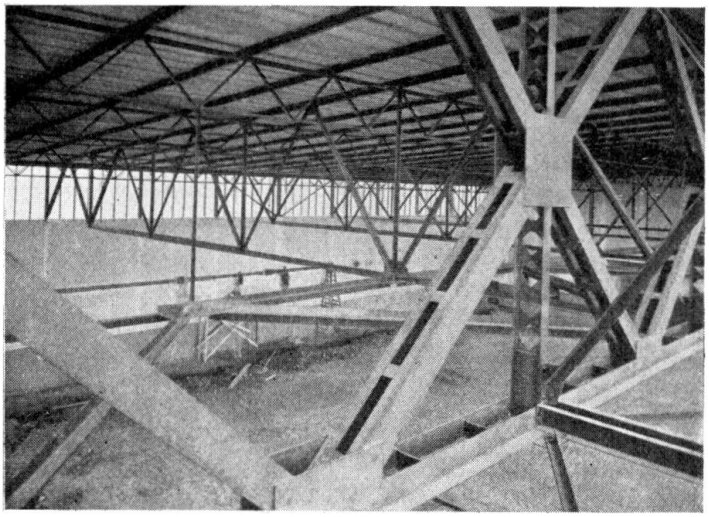

Fig. 2.

Etant donné ces résultats et pour des raisons d'ordre économique, la construction entière a été exécutée en acier ordinaire C 37 par soudure électrique tant en ce qui concerne le travail à l'usine que l'assemblage sur chantier.

Pour la soudure, deux types différents d'électrodes ont été employés. Ces deux types ont des caracteristiques mécaniques essentiellement différentes comme le montre le tableau I.

Tableau I.

Types d'électrode		I	II
Résistance à la traction	en kg/mm²	38	42
Limite élastique	en kg/mm²	23	26
Allongement	en %	12	20
Résilience (Mesnager)	en kgm/cm²	3	6

On a autorisé l'emploi des électrodes du type I pour les différentes parties de la construction dont la portée était inférieure à 15 m.

Dans les parties de la construction dépassant cette portée, ce type d'électrode a toutefois encore été admis en tenant compte du fait que la tension de cisaillement admissible y était moins élevée.

Les tensions maxima admises tant en ce qui concerne l'acier proprement dit que le métal d'apport sont données au tableau II pour les différentes sollicitations.

Tableau II.

Tensions admissibles	Métal de base	Métal d'apport	
		Type I	Type II
Traction	$\nu = 1200\ (1400)$ kg/cm²	0,75.ν	0,85.ν
Compression . .	$\nu = 1200\ (1400)$ kg/cm²	0,95.ν	1,00.ν
Cisaillement . .	$\tau = 850\ (1000)$ kg/cm²	0,60.ν	0,65.ν

Remarque: Les valeurs entre parenthèses ont été autorisées dans le cas où les calculs tenaient compte de toutes les influences extérieures, c'est-à-dire de l'effet de la température et de la pression du vent.

Avant la mise en oeuvre des travaux de soudure, les électrodes et les soudeurs ont été soumis à différents examens. Les résultats obtenus lors de ces épreuves sont contenus dans les tableaux III et IV.

Tableau III.

Épreuves du métal d'apport		Type d'électrode I	Type d'électrode II
Résistance à la traction	en kg/mm²	38	42
Résistance au cisaillement	en kg/mm²	28	30
Angle de pliage	en °	120	180
Allongement	en %	12	18

Tableau IV.

Épreuves des soudeurs		Type d'électrode I	Type d'électrode II
Résistance à la traction	en kg/mm²	34	40
Résistance au cisaillement	en kg/mm²	26	29
Angle de pliage	en °	90	120
Allongement	en %	10	15

Dans l'établissement du projet définitif, tous les assemblages ont été étudiés de manière à les adapter aux derniers perfectionnements de la technique de la soudure.

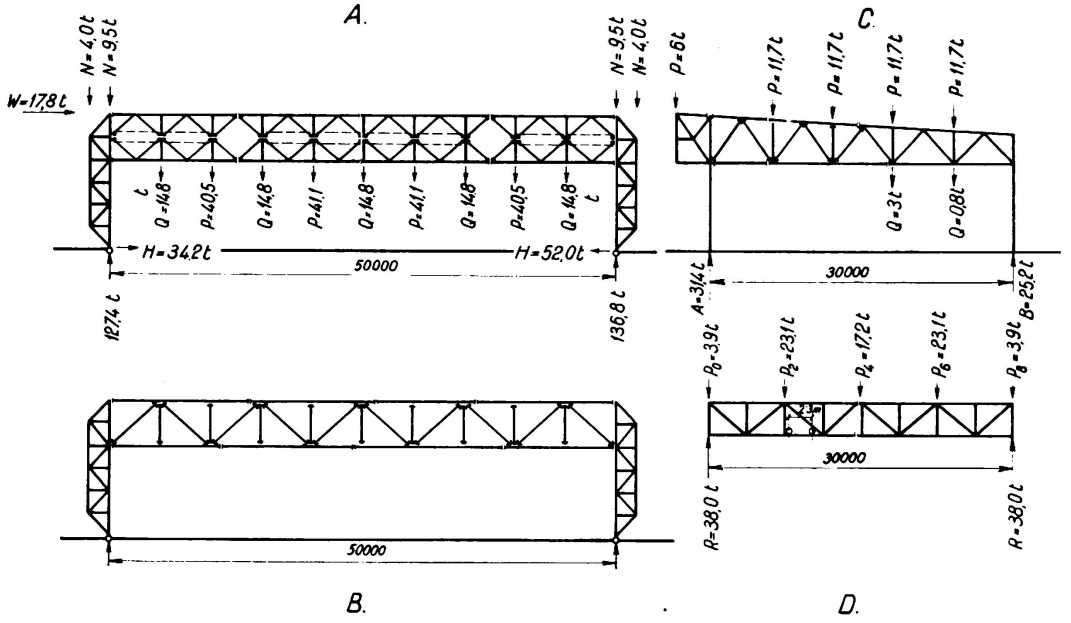

Fig. 3.

On a eu largement recours à l'emploi de sections à simple té obtenues par découpage au chalumeau de poutrelles laminées ordinaires.

La membrure supérieure de la traverse du portique a été constituée d'une section extrêmement simple (semelles: 500 · 50; cornières: 100 · 180 · 18) et particulièrement appropriée à la sollicitation à laquelle cette poutre était soumise; l'effort axial y était de 318 tonnes.

Pour certains éléments, notamment les montants de la traverse du portique, on a constitué des profils tirés de poutrelles laminées ordinaires par découpage en zig-zag et dont les deux éléments ainsi obtenus étaient ensuite resoudés après décalage entre eux. On obtient ainsi, d'une manière économique, une poutre à âme évidée, de même poids que la poutrelle normale mais de rigidité beaucoup supérieure.

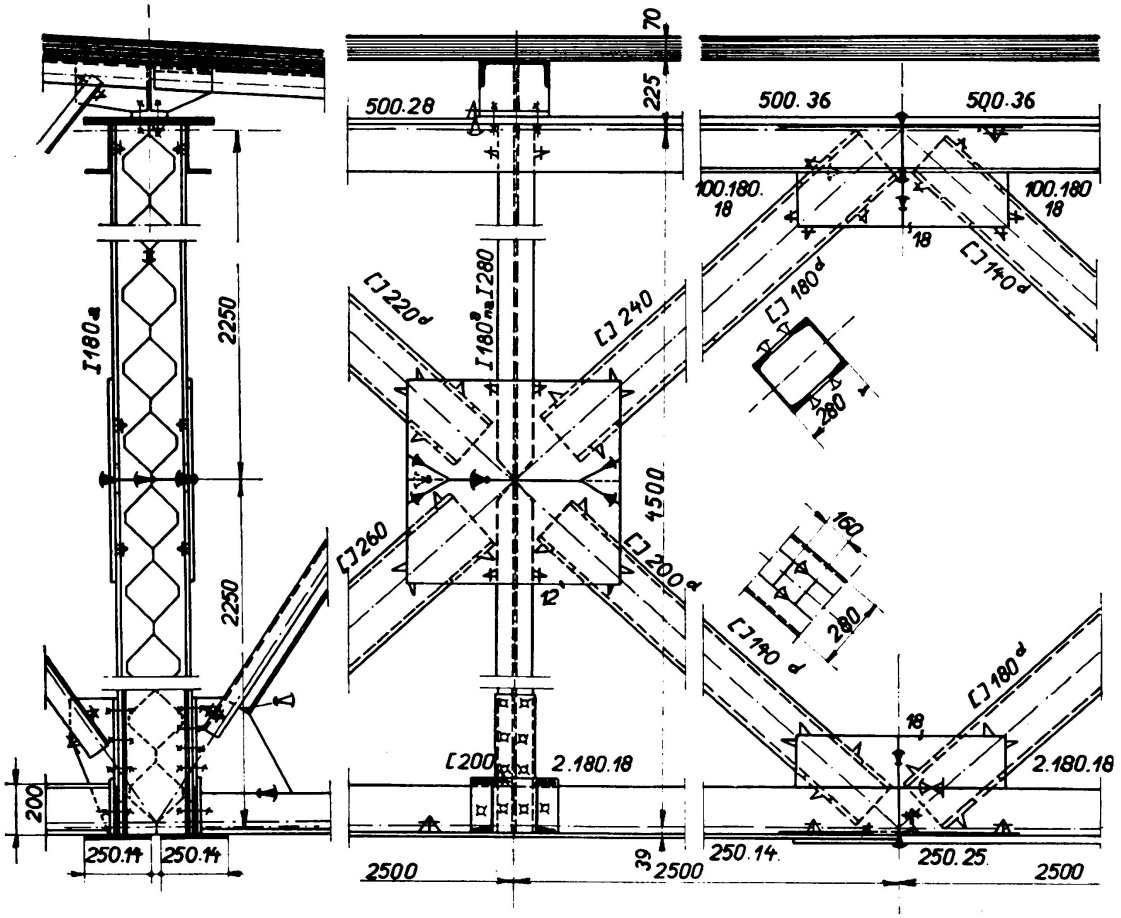

Fig. 4.

En majeure partie on s'est servi de soudures bout à bout pour l'assemblage des profilés entre eux. La disposition des joints de montage principaux est représentée à la fig. 3.

Toutes les poutres ont été assemblées et soudées à pied d'oeuvre, à plat dans la mesure du possible; puis elles ont été placées d'emblée dans leur position définitive où les derniers joints ont été terminés dans la position verticale. Les soudures de montage ont pour cette raison été conçues, d'après la position où elles seraient exécutées, et placées à des endroits facilement accessibles.

L'idée maîtresse qui a guidé la conception du portique était la réduction au minimum des joints de montage. Les montants d'extrémité du portique ont pu être expédiés d'une seule pièce. La traverse supérieure par contre (fig. 4) était

trop grande et trop haute pour permettre une expédition analogue et il a fallu la sectionner en plusieurs tronçons. Pour faciliter l'assemblage de ces différents tronçons, on a adopté la poutre à losanges (fig. 3) qui réduisait à 8 le nombre

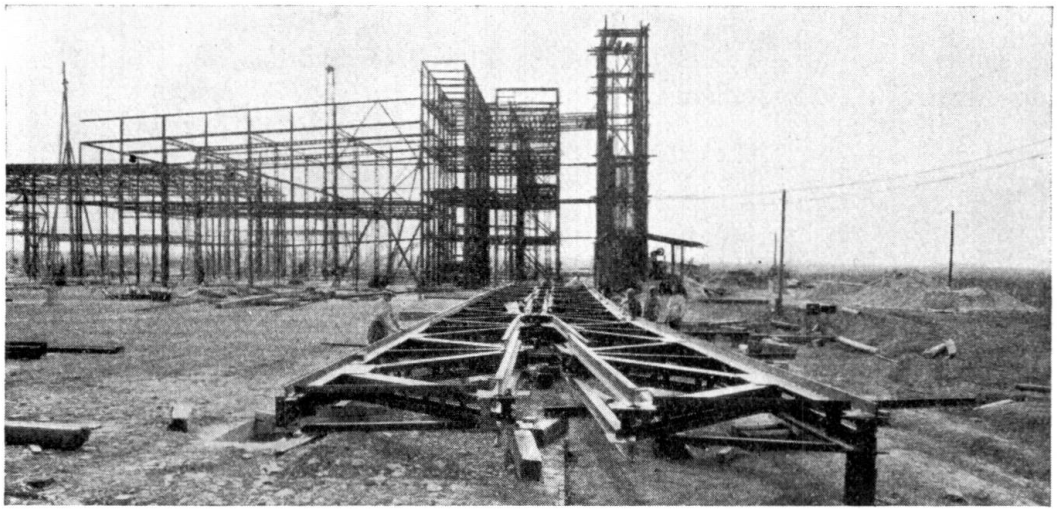

Fig. 5.

de tronçons alors que ce nombre se serait élevé à 27 pour une poutre triangulée habituelle (fig. 3B).

Pour obtenir des ensembles solides et transportables, les différentes parties ont été complétées par des membrures provisoires cousues aux goussets centraux. D'une façon ingénieuse on a fait usage, en guise de membrures, des chevrons du hangar (fig. 5).

Les joints de montage se trouvent dans les membrures et les goussets centraux, ainsi qu'il est clairement indiqué sur la fig. 3. Le noeud des diagonales croisées est très intéressant (fig. 6). Pour faciliter le soudage des goussets inférieurs la plaque correspondante supérieure a été entaillée. Le complément triangulaire a été soudé dans la plaque supérieure après que la plaque inférieure a été entièrement soudée.

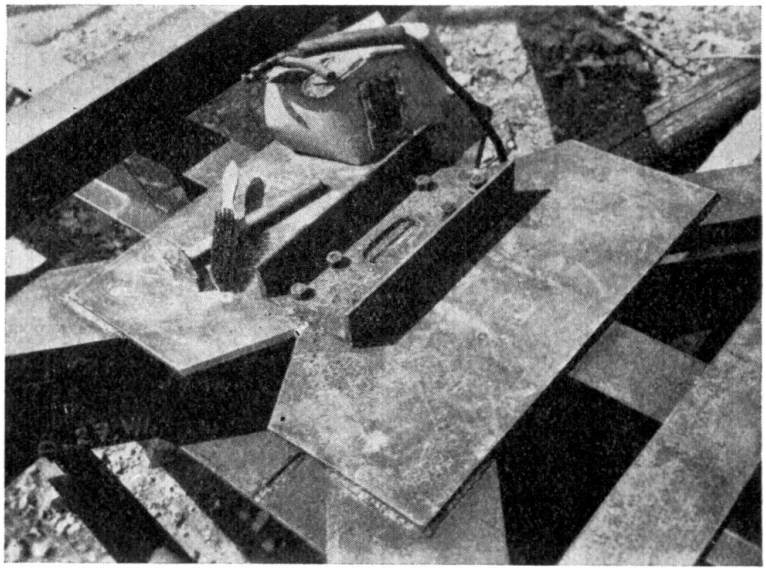

Fig. 6.

Tout d'abord les parties horizontales du cadre ont été assemblées et agrafées à l'aide de pièces appliquées et de boulons pour leur assurer la position correcte. Ensuite les joints ont été cousus et l'un après l'autre complètement soudés. Enfin les membrures auxiliaires ont été éloignées et les pieds assemblés et

soudés. Le montage a commencé par la mise en place des cadres du dessus de la porte. Le cadre tout entier, d'une travée de 50 m et d'un poids de 410 t, a été dressé et mis en place sur ses appuis à l'aide de poteaux de montage (fig. 7). Le dressage et la mise en place d'un cadre durait 4 heures. Ensuite on a procédé de la façon usuelle au montage de la charpente.

Le soudage se faisait dans les ateliers et sur le chantier au courant continu à l'aide d'agrégats de soudage.

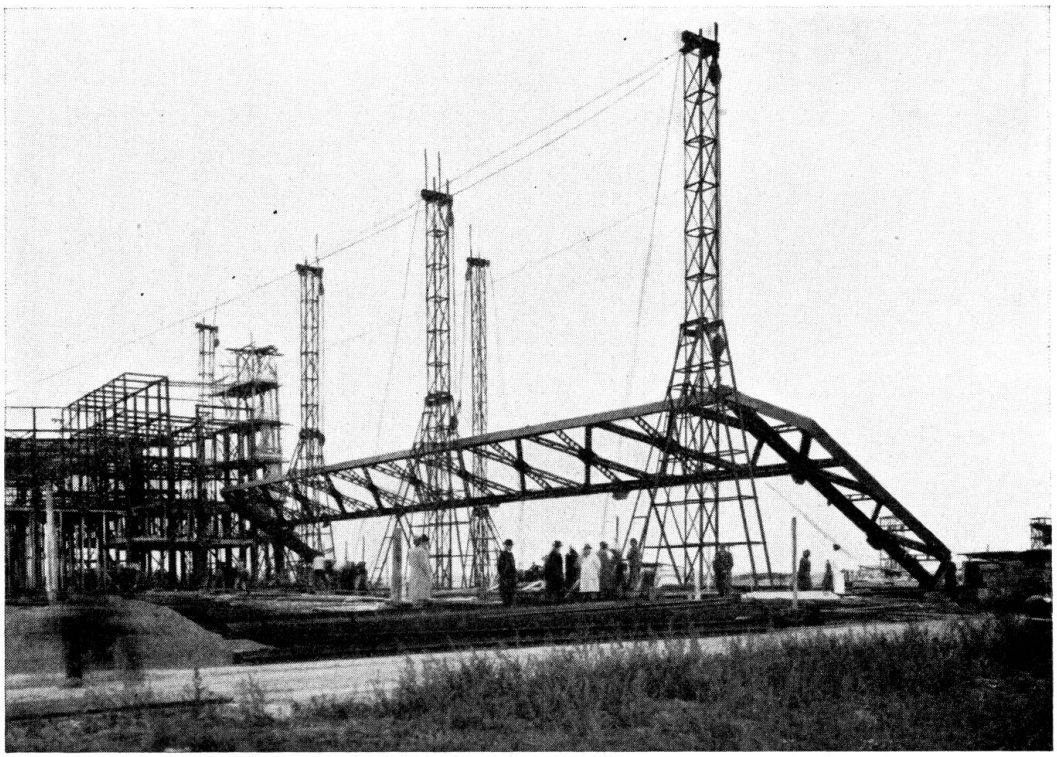

Fig. 7.

La construction des charpentes métalliques a été adjugée et répartie entre les 2 firmes suivantes:

la S.A. des Anciens Etablissements Škoda à Plzeň, et

la Českomoravská-Kolben-Daněk à Prague.

La première de ces firmes a utilisé pour les soudures du type I des électrodes Böhler-B-Elite-KVA; pour celles du type II, des électrodes Arcos Stabilend; la seconde firme s'est servie exclusivement d'électrodes Elarc-Resistens.

Les résultats moyens des éprouvettes d'agréation des électrodes, des soudures et des soudeurs, sont consignés dans le tableau V. En regard des résultats obtenus, on a indiqué, pour rappel, les minima exigés. En tout, 42 soudeurs ont été soumis à l'agréation.

De ce tableau, il découle que les valeurs minima exigées, malgré leur rigueur, ont été aisément atteintes.

Les soudures ont été attentivement suivies pendant leur exécution. Une fois terminées, elles ont été soumises à un contrôle minutieux, et leurs dimensions

relevées avec précision. Plusieurs d'entre elles ont été examinées intérieurement après fraisage.

Les projets de la charpente, ont été établis par la Sté Ame des Anciens Etablissements Škoda à Plzeň qui a veillé tout particulièrement à la simplicité de leur exécution, tant à l'atelier qu'au montage.

Le contrôle des travaux a été effectué par le Département des Ponts du Ministère des Travaux publics.

Tableau V.

Epreuve d'agréation			type d'électrodes I		type d'électrodes II		
			Böhler B-Elite	minimum requis	Arcos Stabil.	Elarc Resist.	minimum requis
des électrodes	limite élastique en kg/mm²		30,9	23	35,0	40,0	26
	résistance à la traction en kg/mm²		46,5	38	46,3	48,7	42
	allongement en %		21,6	12	24,9	23,6	20
	résilience en kgm/cm²		4,3	3	8,5	9,7	6
des soudures	résistance à la traction en kg/mm²		44,7	38	48,5	46,3	42
	résistance au cisaillement en kg/mm²		34,1	28	34,6	37,1	30
des soudeurs	résistance à la traction kg/mm²	position horizontale	47,2	—	49,6	46,8	—
		position verticale	42,2	—	47,9	48,0	—
		position »overhead«	43,8	—	50,5	47,0	—
		moyenne	44,5	34	49,5	47,3	40
	résistance au cisaillement en kg/mm²	position horizontale	33,3	—	33,3	35,7	—
		position verticale	33,7	—	35,7	36,1	—
		position »overhead«	31,3	—	35,1	34,2	—
		moyenne	33,1	26	34,8	35,3	29
de soudures	en forme de I: résistance à la traction en kg/mm²		—	—	46,6	47,6	42
	en forme de V (épaisseur 50 mm): résistance à la traction en kg/mm²		—	—	58,9	42,4	42

Une autre application très importante est la construction soudée d'un pont route de 52,005 mètres de portée (fig. 8).

Les poutres maîtresses sont du type Vierendeel, c'est-à-dire sans diagonales. Ce type de poutre a été choisi pour des raisons d'esthétique surtout, mais il présente encore d'autres avantages pour la soudure, notamment la simplicité et la rigidité des noeuds.

Les tensions secondaires aussi y sont nulles alors que dans les systèmes triangulés, celles-ci peuvent varier entre 10 et 15 % des tensions principales, par suite notamment des grandes dimensions des goussets aux noeuds et du procédé de calcul de ces systèmes.

Par conséquent, pour des tensions admissibles égales dans les calculs, la sécurité réelle est supérieure dans les poutres Vierendeel. Enfin, la flexibilité des ponts à poutres maîtresses Vierendeel est, par suite de la grande rigidité des noeuds de ce système, beaucoup moins grande que celle que l'on rencontre dans les ponts à poutres maîtresses triangulées.

Ce fait est très favorable à la conservation des ouvrages.

Jusqu'ici, le seul inconvénient qui se manifestait pour l'application des poutres Vierendeel naissait de la complexité du calcul statique.

La détermination des lignes d'influence par le procédé Beggs-Blažek a résolu complètement cette difficulté.[1]

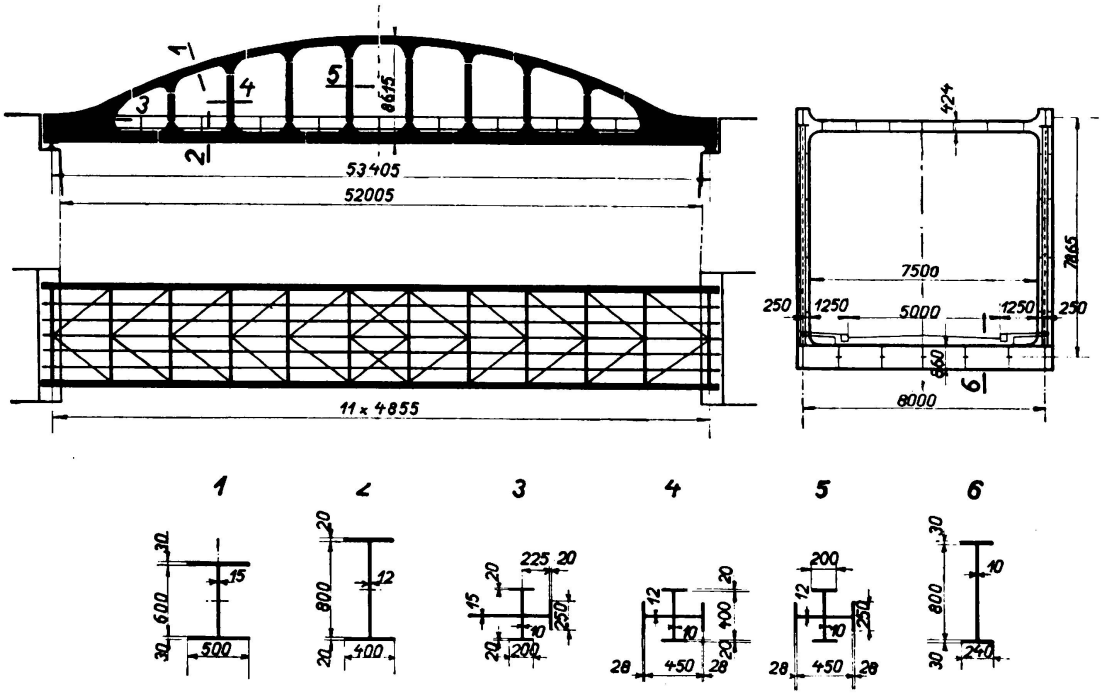

Fig. 8.

L'avantage de ce procédé réside dans le fait qu'il n'est plus nécessaire de recourir à des hypothèses simplificatrices et que l'on tient naturellement compte de la rigidité complémentaire de l'empattement des montants.

L'allure des lignes d'influence peut être déterminée en n'importe quel point avec précision, et par la suite, vérifiée aisément sur la base des conditions de stabilité.

La poutre, telle qu'elle a été choisie, est 33 fois hyperstatique.

Par mesure de sécurité, les résultats obtenus ont été contrôlés par un calcul approximatif. Dans ce calcul, on a admis que les moments d'inertie des membrures étaient constants dans tous les panneaux et dépendaient de la longueur des barres.

Au surplus, on a supposé que les charges ne s'appliquaient qu'au droit des montants.

Ainsi, le degré d'hyperstaticité se ramenait à 11, et le calcul devenait plus aisé.

[1] Assoc. Intern. des Ponts & Charpentes, 1er Congrès, rapp. fin. p. 709.

Toute cette construction a été réalisée en acier ordinaire C 37 et entièrement soudée, tant à l'atelier qu'au montage. Pour la soudure, on a employé exclusivement les électrodes Arcos Stabilend.

Les tensions admises, tant pour l'acier de base que pour les soudures, sont indiquées dans le tableau VI:

Tableau VI.

Tensions admissibles	Pièces de la voie		Poutre maîtresse	
	Métal de base	Métal d'apport	Métal de base	Métal d'apport
Traction	$\sigma = 850$ kg/cm²	0,75 σ	870 + 3 l — au maximum 1150 kg/cm² (1350 kg cm²)	0,85 σ
Compression		0,90 σ		1,00 σ
Cisaillement	$\tau = 700$ (800) kg/cm²	0,50 σ	700 (800) kg/cm²	0,60 σ

Remarque: Les valeurs entre parenthèses correspondent au cas où les calculs tiennent compte de toutes les forces extérieures (pression du vent).

Pour toutes les soudures d'assemblages, on a préféré les soudures bout à bout en éliminant par principe, les assemblages en croix soumis à un effort de traction. Les entretoises ont été assemblées aux montants par soudure bout à bout. Pour éviter l'accumulation des soudures, les raidisseurs des entretoises, des membrures et des montants ont été évidés dans les angles, ce qui facilite aussi l'écoulement de l'eau.

Le poids de la partie métallique est de 154 Tonnes. Les joints de montage ont été déterminés de manière à permettre l'expédition de pièces aussi grandes que possible (fig. 8). Les extrémités des poutres maîtresses, d'une longueur de 9,293 m et d'un poids de 6,7 Tonnes, ont été expédiées d'une seule pièce sur le chantier de construction (fig. 9).

Comme le montage du pont devait se faire au printemps, c'est-à-dire à l'époque des grandes eaux, on avait tout d'abord prévu de pointer les pièces par soudure immédiatement après leur fixation provisoire par boulons, de manière à ce que ces points de soudure puissent, éventuellement, supporter le poids propre de la construction, au cas où les échafaudages viendraient à être entraînés par les eaux.

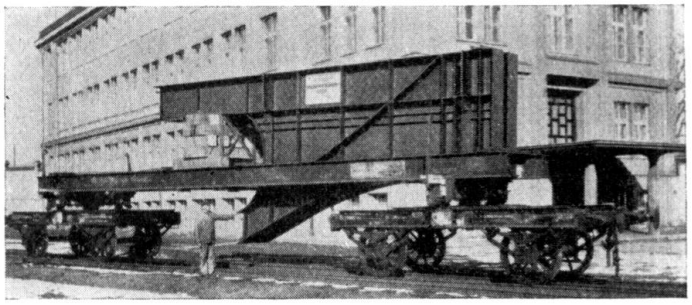

Fig. 9.

Ensuite, on avait prévu de souder le tablier en 3 tronçons séparés de manière à réduire les tensions dûes à la soudure.

Le temps favorable dont on a disposé a permis de modifier ces dispositions: le tablier a, tout d'abord, été soudé aux membrures inférieures. Cette façon de procéder a empêché la transmission, dans les poutres principales, des tensions

causées par la soudure du tablier. Ensuite, on est venu appliquer les montants et les membrures supérieures qui ont aussitôt été soudés (fig. 10—12).

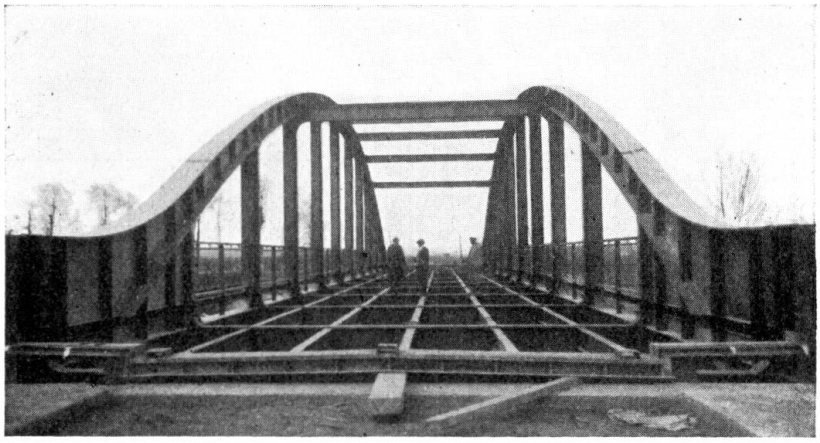

Fig. 10.

On a donné, aux poutres maîtresses, une contre-flèche de montage de 15 mm correspondant à la flexion causée par la charge permanente et la moitié de la surcharge accidentelle.

Outre les épreuves habituelles de l'acier, des électrodes, des soudures et des soudeurs, des essais à la fatigue ont aussi été entrepris. La limite de fatigue des soudures a été fixée d'après la courbe de *Wöhler* déterminée à l'aide de 8 essais exécutés à 2 millions d'alternances à 22,5 kg/mm², et à 10 millions d'alternances à 20,5 kg/mm². Ces essais ont été réalisés sur des éprouvettes de forme cônique dans un appareil de fatigue *Amsler*.

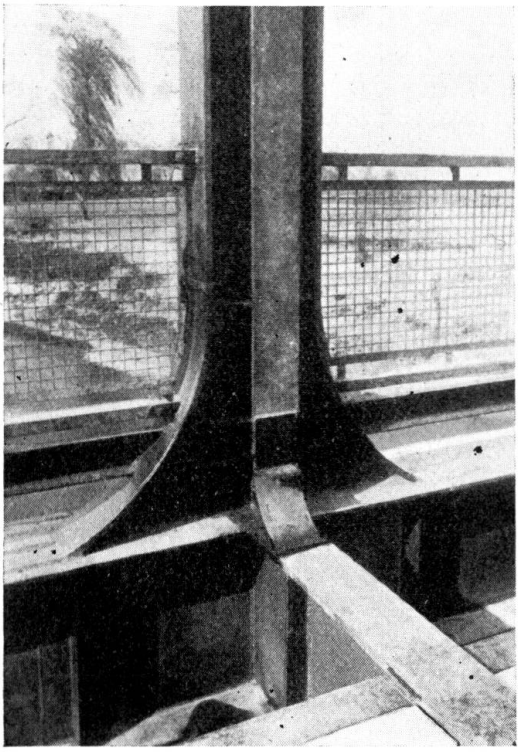

Fig. 11.

On a estimé utile d'étudier aux rayons Röntgen les soudures d'une partie de la membrure inférieure des poutres maîtresses (fig. 13).

En outre, on a soumis à des essais statiques un modèle de noeud de la membrure inférieure. Ces essais exécutés dans le laboratoire pour l'étude et l'essai des matériaux et des constructions de l'Ecole Tchèque de Prague ont permis de déterminer les tensions provoquées par la charge permanente et la surcharge mobile supposée uniformisée. Ultérieurement, un noeud analogue sera soumis à des essais de fatigue.

Quand la construction sera complètement achevée, on déterminera aussi,

à l'aide de fleximètres, les flèches prises par les entretoises et les maîtresses-poutres pour des charges fixes et mobiles.

La disposition d'ensemble de la construction de ce pont avait été élaborée par le Département des Ponts du Ministère des Travaux Publics. L'étude com-

Fig. 12.

plète du projet définitif et la construction de l'ouvrage ont été confiées à la S.A. des Anciens Etablissements Škoda à Plzeň qui s'est acquittée de cette tâche à l'entière satisfaction du Ministère. Le contrôle de l'exécution a été effectué par le Département des Ponts du Ministère des Travaux Publics.

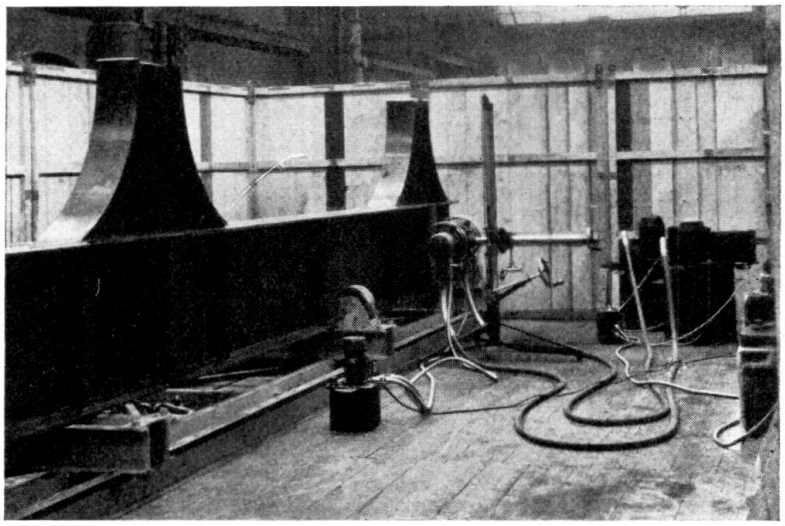

Fig. 13.

Pour terminer, la fig. 14 et le tableau VII donnent un aperçu des principaux ponts routes soudés en Tchécoslovaquie à l'heure actuelle:

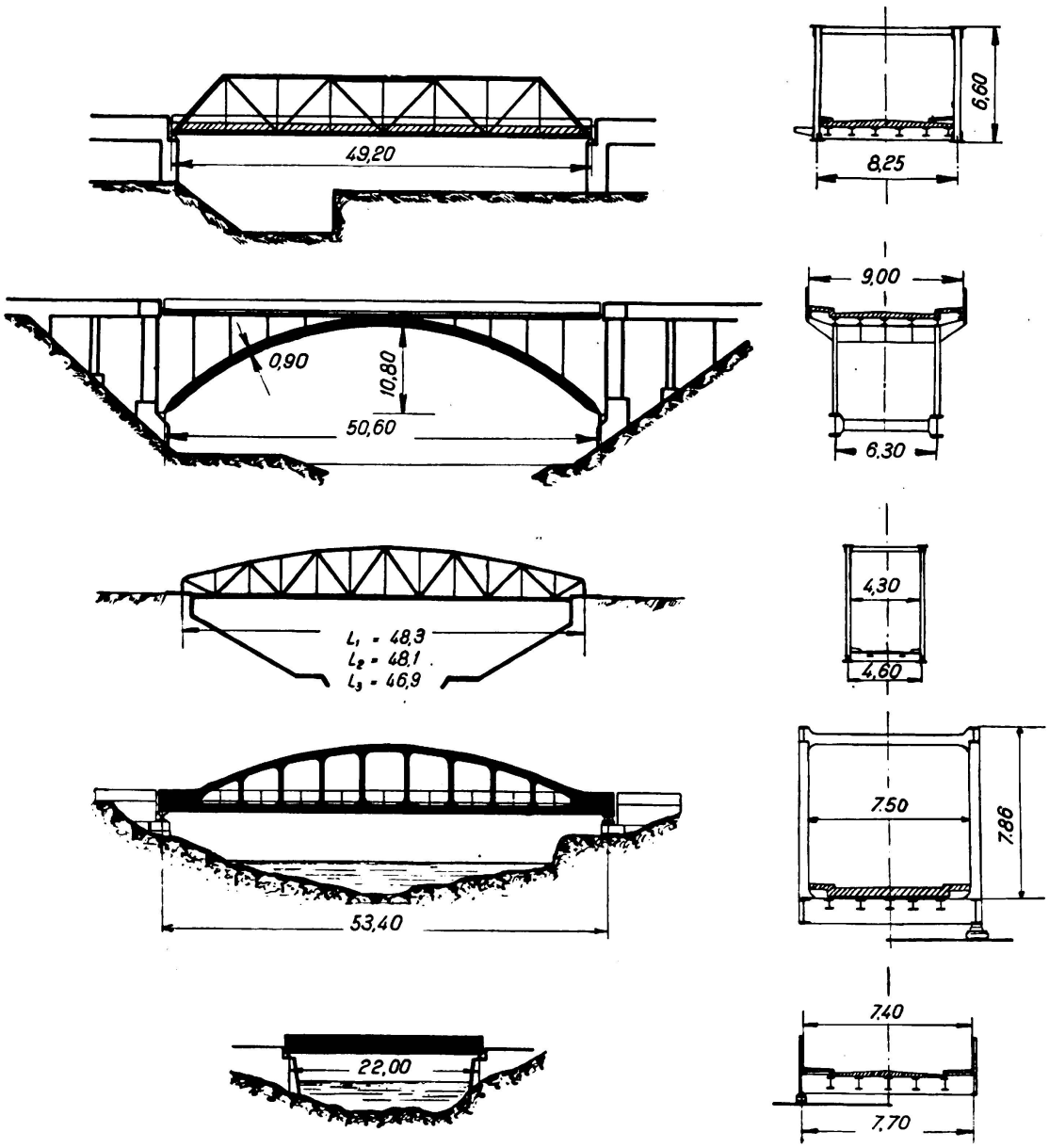

Fig. 14.

Tableau VII.

Pont No	Année de Construct.	Portée en m	Charge*	Poids en Tonnes	Constructeur
1.	1931	49.20	Klasse I	145.0	Etbl. Škoda, Plzeň
2.	1933	50.60	» I	111.0	» » »
3.	1933	22.00	» I	37.6	» » »
4.	1934	48.30	» III	52.0	Českomoravska-Kolben Daněk
		48.10	» III	52.0	Brno-Kralovopolská
		46.90	» III	49.1	Etbl. Škoda, Plzeň
5.	1936	53.40	» I	157.0	» » »

Remarque: La classe I correspond à une surcharge uniformément répartie de 500 kg/m² ou à un rouleau compresseur de 22 tonnes.

La classe III correspond d'autre part à une surcharge uniformément répartie de 340 kg/m² ou à un chariot de 4 tonnes.