Sabots d'ancrage soudés des tirants métalliques d'un pont du type "Bowstring" en béton armé

Autor(en): **Hormidas, A. / Louis, H.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **3 (1948)**

PDF erstellt am: **27.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-4084

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Ia13

Sabots d'ancrage soudés des tirants métalliques d'un pont du type « Bowstring » en béton armé

Geschweisste Verankerungsschuhe für die Zugbänder einer « Bowstringbrücke » aus Eisenbeton

Welded anchorage shoes of the metal tie rods of a reinforced concrete bridge of the Bowstring type

A. HORMIDAS & H. LOUIS
Ingénieurs en chef-Directeurs des Ponts et Chaussées

Le pont dont il s'agit (fig. 1) est le pont de Herstal sur le canal Albert; il a fait l'objet d'un mémoire paru dans la *Publication préliminaire* du Congrès (1).

Les maîtresses-poutres comportent chacune un arc de 0^m90 de largeur et 1^m60 de hauteur à la clef, sous-tendu par un tirant en béton armé de 1^m75 de haut et 0^m90 de largeur.

Ce tirant comporte une cavité de $0^m28 \times 0^m90$ dans laquelle est logé un tirant métallique fixé aux naissances des arcs par des sabots d'ancrage de 0^m85 de largeur et 1^m60 de hauteur.

Le tirant supporte un effort de traction de 898 tonnes; il est constitué par deux tôles de 670×21 et par quatre plats de 303×40, tôles et plats provenant du découpage de poutrelles à larges ailes parallèles H_R 80.

L'effort du tirant est équilibré par des plateaux d'ancrage qui exercent sur le béton une pression de 70 kg/cm². Ceux-ci constituent des organes essentiels de la stabilité de l'ouvrage et il importait de leur consacrer un soin tout particulier, tant dans leur conception que dans leur exécution.

Un premier projet prévoyait la réalisation de ces pièces en acier forgé (fig. 2). Chaque sabot comprenait une partie centrale en forme d'étrier et deux parties latérales en équerre ouverte.

Entre la partie centrale et chacun des éléments latéraux s'intercalait la moitié de la section composant le tirant, le projet initial prévoyant un tirant composé par quatre tôles de 25 millimètres d'épaisseur.

Ce projet n'a pas été retenu pour plusieurs raisons :

---

(1) A. Hormidas, *Le Pont des Arches sur la Meuse à Liège et le Pont de Herstal sur le canal Albert* (*Publication préliminaire*, Thème IId1, pp. 267 à 280).

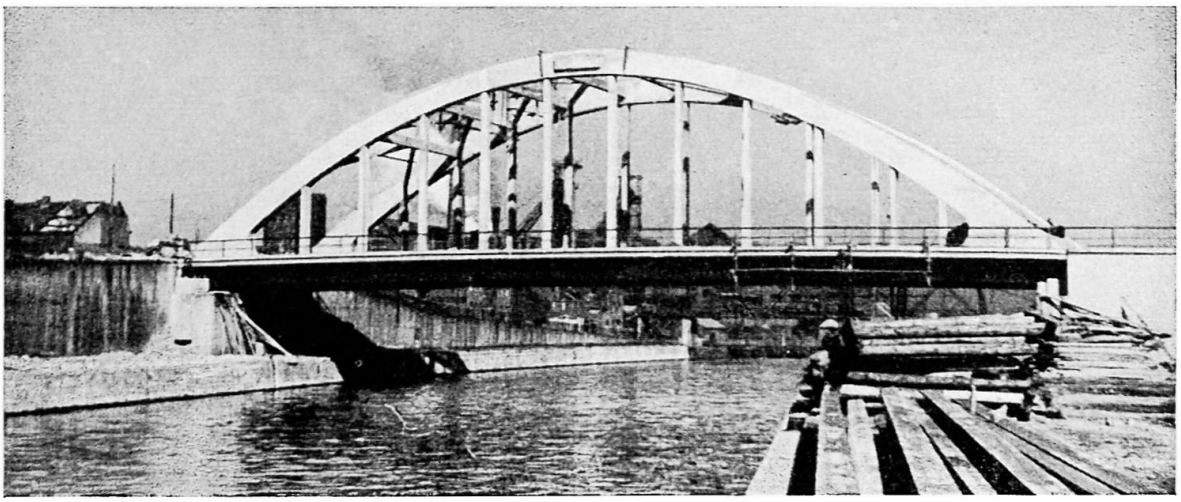


Fig. 1. Vue du pont de Herstal sur le Canal Albert.

1. Il n'offrait pas une sécurité suffisante en raison de l'importante flexion de la partie centrale du sabot et de la tendance à l'ouverture des ailes saillantes des deux parties latérales;

2. Il s'est heurté à une impossibilité technique de fabrication, particulièrement pour la partie centrale;

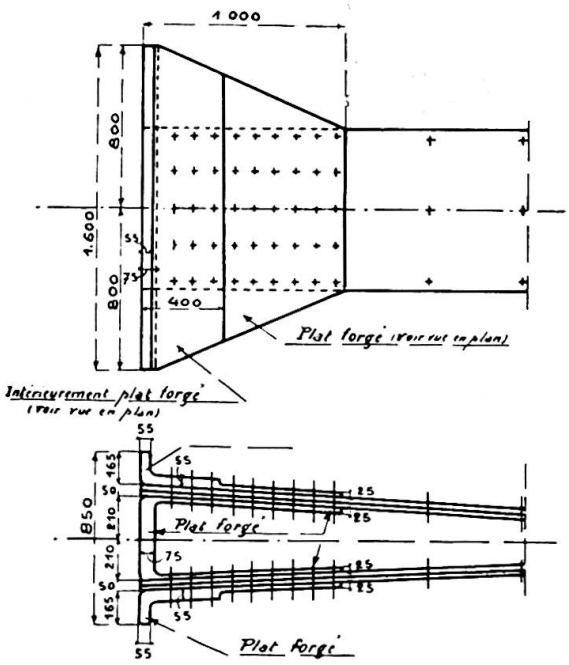
3. Des difficultés momentanées d'approvisionnement en tôles avaient entre temps conduit à une modification dans le choix des éléments constituant le tirant.

L'exécution des sabots à l'aide de plats et cornières en acier laminé et assemblés par rivure ne fut pas retenue eu égard à la complexité des assemblages, à l'impossibilité de poser les rivets dans de bonnes conditions par suite de l'exiguïté de la pièce. Une telle conception, tout en faisant apparaître le danger de déformation des cornières d'assemblage, avait encore pour effet une sollicitation de traction sur les têtes de rivets.

La conception consistant à prévoir des ancrages constitués par des éléments soudés s'avérait la seule possible.

Un projet fut élaboré dans ce sens (fig. 3): il prévoyait deux goussets, longs de $1^{m}225$, hauts de $1^{m}600$ à une extrémité et de $0^{m}670$ à l'autre.

Ces goussets formant flasques devaient être boulonnés au tirant; ils étaient reliés à cinq niveaux différents par des nervures horizontales de 370 mm de largeur, de 25 mm d'épaisseur et de 850 mm de longueur.



2. Premier projet pour la réalisation des sabots d'ancrage.

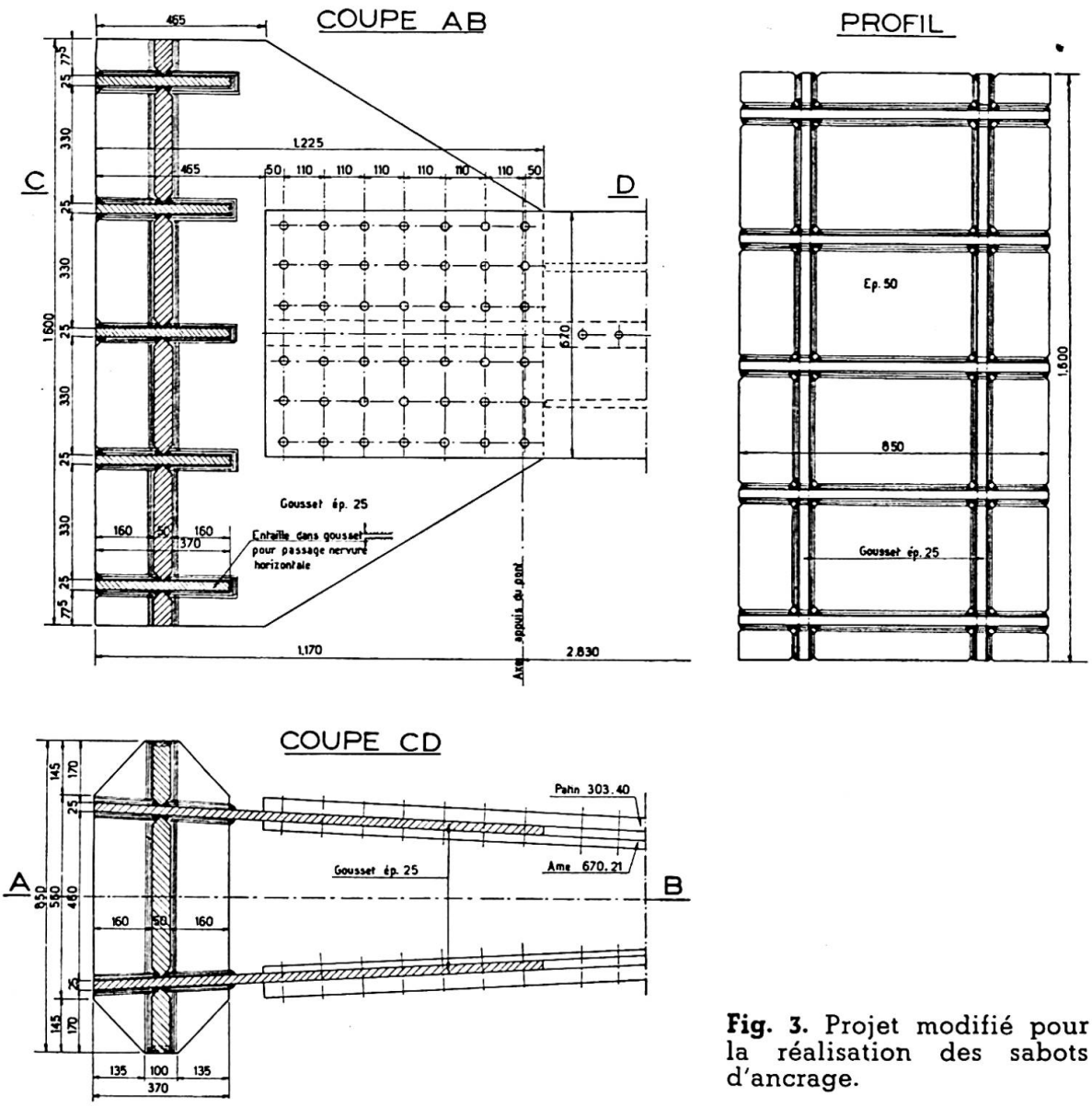


Fig. 3. Projet modifié pour la réalisation des sabots d'ancrage.

Ces nervures glissées dans des rainures de forme rectangulaire, de même épaisseur et de même largeur, réalisées dans les flasques, étaient fixées sur chaque face de ceux-ci et sur l'entièreté du pourtour des rainures par des cordons d'angle.

Sur la hauteur de 1.600 mm des goussets, des voiles verticaux de 50 mm d'épaisseur, tous situés dans un même plan, devaient se placer entre les nervures horizontales à mi-largeur de celles-ci; leur rôle étant d'exercer la pression de 70 kg/cm² sur le béton.

Chanfreinés en forme de demi-X sur leur périmètre, chacun de ces voiles devait être soudé d'une manière continue à la fois aux goussets verticaux et aux nervures horizontales.

Une telle conception, peut-être satisfaisante en ce qui concerne la sollicitation à transmettre par le plateau, n'était pas heureuse si l'on se place au point de vue de la réalisation des assemblages par soudure.

En effet, l'examen du projet fait immédiatement ressortir la concentration anormale des soudures pour une pièce d'un volume assez réduit.

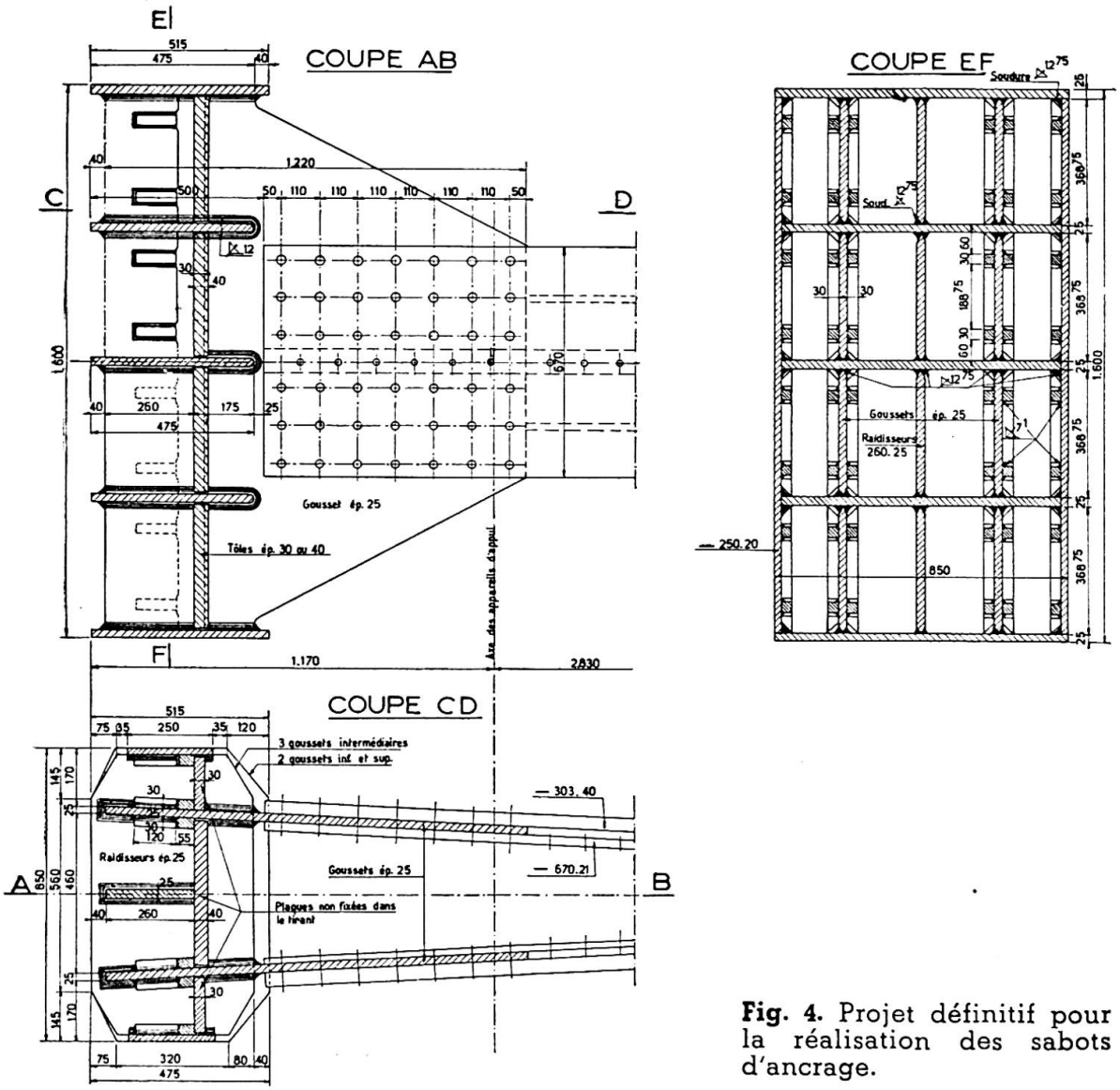


Fig. 4. Projet définitif pour la réalisation des sabots d'ancrage.

Il frappe encore par la présence de nombreuses intersections de cordons de fortes dimensions. L'épaisseur élevée (50 mm) des plaques transmettant la pression au béton, la fixation de ces plaques, par ailleurs de dimensions réduites, au moyen de liaisons en bout continues dont le retrait est empêché, sont d'autres éléments, tous défavorables à la réussite de l'exécution d'une pièce aussi vitale dans le fonctionnement de l'ouvrage.

Conservé toutefois dans ses lignes générales, ce projet fut amendé en ce qui concerne la réalisation par soudure, l'amélioration consistant dans la diminution du nombre et de l'importance des jonctions (fig. 4).

Dans le projet qui a été réalisé, les deux goussets verticaux destinés à être fixés au tirant sont évidemment maintenus; leur liaison se fait encore par cinq nervures horizontales de 25 mm d'épaisseur. La largeur de ces nervures est portée à 475 mm et elles débordent de 40 mm du bord vertical extérieur des goussets de manière à assurer la continuité, sur la tranche des goussets, des cordons de soudure assurant leur liaison.

Pour la même raison et pour éviter toute amorce de fissures à partir d'angles vifs, les rainures horizontales pratiquées dans les goussets, pour

assurer le passage des nervures, ont cette fois une forme arrondie à leur extrémité.

Les deux nervures extrêmes sont reportées aux extrémités supérieure et inférieure des goussets.

A leurs deux extrémités, les cinq nervures horizontales sont reliées par deux plats verticaux de 250 × 20, dont le plan est parallèle au plan axial vertical du tirant.

La modification essentielle par rapport au projet précédent réside dans le fait que les voiles verticaux transmettant la pression au béton ne sont assujettis à aucune fixation par soudure. Ces voiles constituent des dalles de forme rectangulaire, sollicitées seulement sur une face et d'une manière uniforme; ils reposent librement par leurs deux bords verticaux sur des appuis continus.

Les voiles latéraux, situés entre chaque gousset formant flasque et le plat extérieur vertical (de 250 × 20) reliant les cinq nervures, ont une épaisseur de 30 mm.

Ils s'appuient suivant leurs bords verticaux sur des réglettes de 30 mm d'épaisseur et de 50 mm de largeur, dont la hauteur est égale à l'écartement de deux nervures horizontales, soit 368,75 mm.

Ces réglettes elles-mêmes reposent librement en deux points sur des cales restangulaires de 120 mm de longueur et de 30 × 30 mm² de section, formant butoirs.

Ces cales sont fixées sur tout leur pourtour aux goussets flasques verticaux et aux plats verticaux de 250 × 20 reliant les cinq nervures.

La fixation est réalisée au moyen de cordons d'angle latéraux dont la cote nominale mesurée suivant la bissectrice est de 7,1 mm.

Les voiles centraux, situés entre les deux goussets flasques ont une épaisseur de 40 mm. De même que les voiles latéraux, ils s'appuient librement par leurs bords verticaux sur des réglettes de 368,75 × 50 × 30, mais ils comportent, en outre, un appui intermédiaire constitué par un plat vertical de 260 × 368,75 × 25 soudé haut et bas aux nervures horizontales.

Les voiles centraux transmettant la pression au béton sont donc eux aussi absolument libres de toute fixation par soudure.

Les réglettes qui supportent les voiles reposent sur des cales-butoirs de 120 × 30 × 30, identiques à celles décrites à propos des voiles latéraux.

La comparaison entre les deux dernières conceptions fait ressortir que les inconvénients signalés à propos du premier projet en soudé ont été évités dans le projet réalisé : diminution de l'épaisseur des éléments, les éléments qui sont encore de forte épaisseur ne comportant aucune jonction, diminution importante du nombre de liaisons par soudure, diminuton des sections des cordons (cote nominale maximum de 12 mm), suppression de toute intersection de soudure, utilisation au maximum de cordons d'angle de préférence à des soudures en bout en raison de la supériorité des premières au point de vue de la réduction des effets du retrait.

Quelles que soient les améliorations apportées lors de la conception du deuxième projet, il n'en restait pas moins vrai que sa réalisation était délicate par suite du volume réduit de la pièce, de sa raideur accrue encore par la présence d'un compartimentage complexe.

L'exécution a requis les plus grands soins tant dans le choix des matériaux de base et d'apport et de l'agréation des soudeurs que dans

l'ordre de succession des soudures et dans l'exécution proprement dite de chaque jonction.

Eu égard à l'épaisseur de 25 et de 30 mm des éléments soudés, l'acier mis en œuvre fut un acier Siemens-Martin de la nuance 37-45.

Son analyse chimique moyenne était la suivante :

$$C = 0{,}15\ \%,\ Mn = 0{,}50\ \%,\ P = 0{,}015\ \%,\ S = 0{,}030\ \%,$$

et les caractéristiques mécaniques moyennes :

Limite apparente d'élasticité	27 kg/mm²
Allongement sur une distance entre repères de $\sqrt{66{,}67\ S}$:	29,5 %
Tension de rupture	40 kg/mm²
Résilience à l'état de livraison . . . . . (éprouvette Mesnager)	18 kg/cm²
Résilience à l'état vieilli	12 kg/cm²

(éprouvette Mesnager, écrouissage de 5 % par traction suivi d'un chauffage à 250° C durant 30 minutes).

Une attention particulière a été apportée à l'aspect macrographique des plats et des tôles, en raison du danger qu'auraient présenté tout feuilletage ou toute tendance au feuilletage, sous l'effet du retrait des soudures.

Les caractéristiques du métal déposé étaient :

Limite apparente d'élasticité	36,8 kg/mm²
Allongement	22 %
Tension de rupture	46,4 kg/mm²
Résilience	12 kg/cm²

Les soudeurs étaient des ouvriers d'élite qui furent astreints à l'exécution de nombreuses éprouvettes, dont les caractéristiques mécaniques étaient contrôlées et dont certaines étaient soumises à des essais sévères de pliage. Le contrôle des soudeurs fut particulièrement rigoureux et suivi, par suite de la quasi impossibilité de procéder à l'examen radiographique des soudures. La forme des cordons ne se prêtait pas à un tel examen, pas plus d'ailleurs que les sabots eux-mêmes en raison de leur volume réduit et du compartimentage très serré dont ils étaient l'objet.

Le programme d'exécution des soudures fut aisé à établir : il reposait exclusivement sur le principe de la symétrie.

Ce principe fut rigoureusement respecté; le sabot étant entièrement symétrique par rapport au plan vertical et au plan horizontal contenant l'axe du tirant, les liaisons soudées furent réalisées en partant verticalement et horizontalement de l'intersection de ces deux plans de symétrie.

L'exécution de ce programme n'a donné lieu à aucune difficulté digne d'être mentionnée : les déformations étaient négligeables sinon inexistantes et aucune fissuration n'a été constatée, malgré un dépistage particulièrement rigoureux en raison de l'absence d'un contrôle radiographique.

Dans l'exécution des soudures, toute amorce possible de fissure à partir d'angles vifs a été évitée et la présence de cratères d'extrémité a été bannie par l'obligation de réaliser des cordons continus contournant les pièces. Rappelons à ce sujet que les entailles contenant les nervures présentaient une forme arrondie à leur extrémité intérieure, tandis qu'elles débordaient de quelques centimètres sur le bord extérieur des goussets verticaux.

De plus, les mêmes nervures comportaient encore des échancrures à

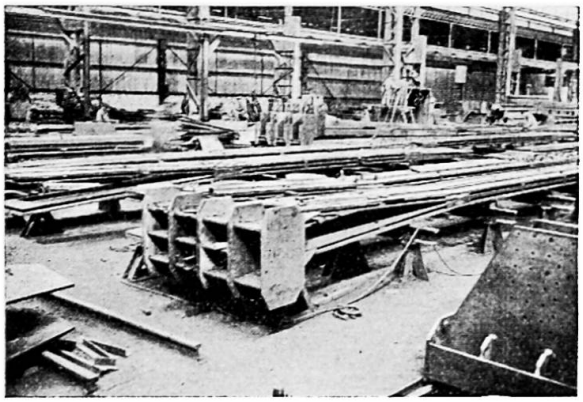


Fig. 5. Epinglage des pièces constituant le sabot.

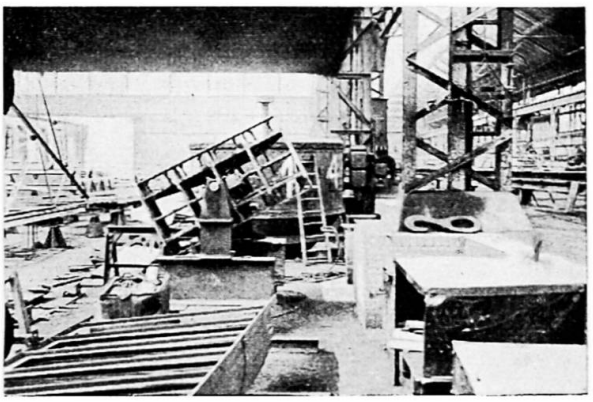


Fig. 6. Exécution des soudures sur tourillon.

leur jonction avec les plats extérieurs verticaux. Ce détail ne se trouve pas au plan de la figure 4, mais il peut être observé sur la figure 7.

Le travail de soudure était seulement commencé après épinglage par points de soudure de tous les éléments constituant le sabot et après un montage provisoire de ce dernier sur le tirant (fig. 5).

Toutes les soudures ont été exécutées dans la position la plus favorable, grâce à un montage permettant la rotation du sabot (fig. 6).

Pendant l'exécution des soudures, des dispositions avaient été prises en vue d'empêcher un déplacement relatif des éléments (fig. 6); ces dispositions, bien qu'entravant au minimum le retrait, empêchait cependant une liberté complète des pièces et étaient génératrices de tensions résiduelles, dont l'existence n'était pas souhaitable en raison du rôle primordial joué par les sabots d'ancrage dans le fonctionnement de l'ouvrage.

Pour cette raison, les quatre sabots ont subi, pendant 1 h 50, un recuit de détente à 650°; au cours de ce traitement, des précautions avaient été prises qui consistaient notamment en des étançonnements devant pallier à toute déformation éventuelle résultant de la libération des tensions. Aucune déformation n'a été constatée après refroidissement, la forme géométrique de tous les compartiments intérieurs était parfaitement respectée.

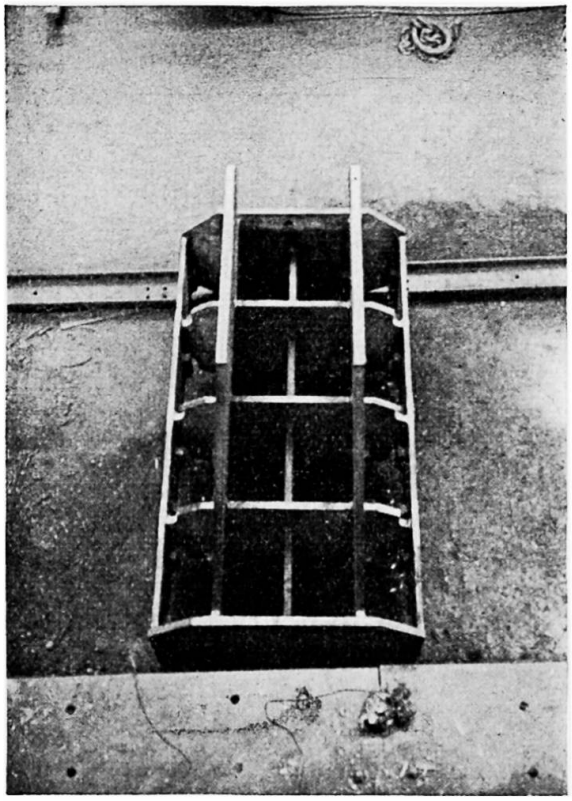


Fig. 7. Vue des nervures du sabot.

Le placement des sabots d'ancrage au tirant se fit au chantier sans la moindre difficulté; les butoirs supportant les réglettes et les réglettes qui servent d'appui aux plaques libres transmettant la pression au béton avaient subi un parachèvement à la lime, afin de réaliser des surfaces d'appui parfaites, tant pour les réglettes que pous les plaques.

Afin d'éviter tout déplacement ou même la chute des réglettes et des plaques en cours de bétonnage, les réglettes furent fixées aux butoirs et les réglettes aux plaques par quelques points de soudure.

Résumé

Les maîtresses-poutres du type « Bowstring », du pont-route de Herstal-lez-Liège, comportent chacune un tirant métallique ancré au moyen de sabots dans les naissances des arcs en béton armé.

Les auteurs passent en revue les solutions successivement envisagées pour l'exécution de ces sabots; l'acier forgé et l'acier rivé ont été écartés. Les sabots ont été réalisés au moyen de tôles laminées, assemblées par soudure à l'arc électrique.

Le rapport cite les critères de conception, d'exécution et de contrôle qui sont à la base de la solution adoptée et rend compte des résultats obtenus. Il est accompagné de photographies et de plans.

Zusammenfassung

Die Hauptträger der Strassenbrücke Herstal-lez-Liège vom Typ „ Bowstring " haben je ein Zugband aus Stahl, das mittels Schuhen in der Kämpferpartie des Eisenbetonbogens verankert wird.

Die Verfasser beschreiben die aufeinanderfolgenden Lösungen, die für die Ausführung dieser Schuhe vorgeschlagen wurden. Schmiedeeisen und genieteter Stahl kam nicht in Frage. Die Schuhe wurden hergestellt aus Blechen, die mittels elektrischer Lichtbogenschweissung verbunden wurden.

Der Beitrag enthält die beim Entwurf, bei der Ausführung und bei der Kontrolle der gewählten Lösung angestellten Ueberlegungen und bespricht die dabei erhaltenen Resultate. Er wird vervollständigt durch Fotografien und Detail-Zeichnungen.

Summary

The main girders of the " Bowstring " type of the Herstal-lez-Liège highway bridge each comprise a steel tie rod anchored by means of shoes in the springing of the reinforced concrete arches.

The authors discuss the solutions successively planned for the execution of these shoes; forged steel and riveted steel were rejected. The shoes were made of rolled sheets, assembled by electric arc welding.

The report quotes the standards of design, execution and control which are the basis of the solution adopted and gives an account of the results obtained. It is accompanied by photographs and plans.