

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

**Band:** 2 (1936)

**Artikel:** Essais sur noeuds rigides soudés, spécialement de poutres Vierendeel  
soumises à de fortes sollicitations dynamiques

**Autor:** Dörnen, A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-3083>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.02.2025

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

## V 7

Essais sur noeuds rigides soudés, spécialement de poutres Vierendeel soumises à de fortes sollicitations dynamiques.

Versuche mit geschweißten Rahmenecken,  
insonderheit für dynamisch hoch beanspruchte  
Vierendeelträger.

Experiments on Welded Frame Intersections, with Special  
Reference to Vierendeel Girders Subject to Heavy Dynamic  
Stresses.

Dr. Ing. A. Dörnen,  
Dortmund-Derne.

La comparaison de types rivés et soudés de constructions en cadre destinées au même ouvrage (fig. 1, voir *Schaper*, fig. 3, Publication Préliminaire, p. 1377 et fig. 2), montre les avantages de la soudure, tant au point de vue *esthétique* qu'au point de vue *technique*. Le rivetage ne permet presque pas de réaliser d'une façon parfaite le cadre de la fig. 2. Beaucoup de rivets sont trop longs, d'autres ne peuvent pas ou presque pas être martelés, d'autres encore sont inaccessibles et ne peuvent plus être changés. On peut donc affirmer que cet ouvrage représente une limite de l'emploi du rivetage.

Dans les deux cas, le soudage est *nettement* plus économique. L'emploi du rivetage revient dans les deux cas de 17 % plus cher environ. En ce qui concerne le cadre de la fig. 1, cette affirmation est basée sur la construction de 27 cadres rivés et de 25 soudés. Dans les cadres à âme pleine, les rapports sont favorables au soudage. On pouvait donc s'attendre — ainsi que le professeur *Campus* le démontre dans son rapport — à ce que la soudure convienne particulièrement bien aux poutres Vierendeel qui, pratiquement, ne se composent que de noeuds rigides.

C'est pourquoi le *Dr. Schaper*, directeur des Chemins de fer du Reich, a fait entreprendre, en 1932, des essais d'endurance sur noeuds rigides soudés de poutres Vierendeel. Ces essais ont été effectués de 1933 à 1936 par le *Dr. Krabbe* et par moi-même, en mon atelier de construction métallique. Le but de ces essais était la construction de noeuds rigides de poutres Vierendeel pour ponts-rails soumis à de fortes sollicitations dynamiques. Ces noeuds, en acier St. 37, devaient supporter sans dommage deux millions d'alternances entre  $\pm 1400$  kg/cm<sup>2</sup>. Pour obtenir des résultats utilisables, les éprouvettes ne devaient pas être trop petites et avoir  $\frac{1}{3}$  de la grandeur réelle pour un pont-rails à voie unique de 50 m de

portée et de classe „N“. Les fig. 3 et 4 montrent la machine d'essai ainsi que son mécanisme. La fréquence était d'environ 25 par minute. On a essayé en tout 27 modèles.

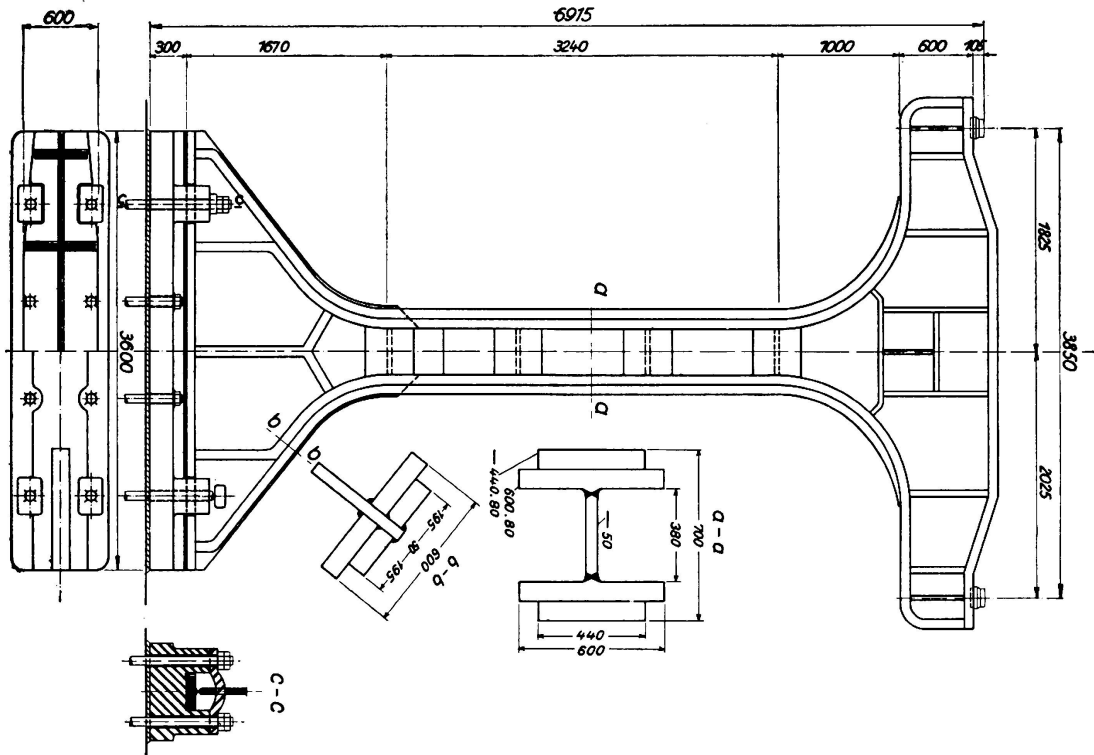
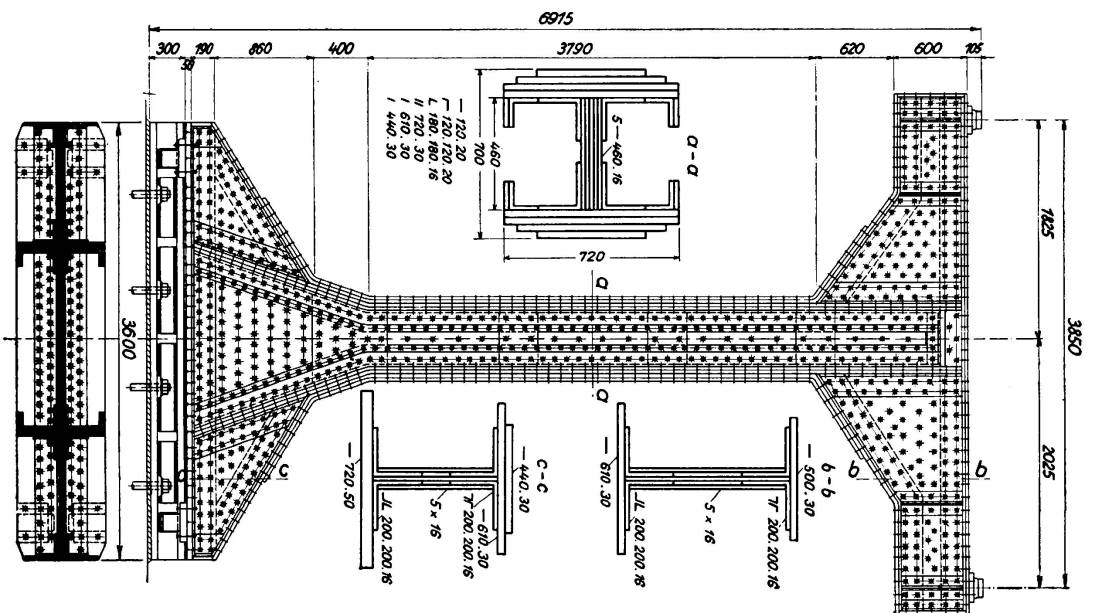


Fig. 2.



En Allemagne on a déjà fait emploi de la poutre Vierendeel soudée pour des ouvrages soumis à des sollicitations *statiques*. La fig. 5 représente une partie de la poutre principale du poste de signalisation de Stendal.<sup>1</sup> On s'est appliqué

<sup>1</sup> Dr. Ing. Schröder: «Zustandsänderungen und Spannungen während der Schweißung des Stahlbaues für das Reiterstellwerk in Stendal.» Der Bauingenieur 1932, fasc. 19/20.

à conformer les noeuds à l'allure des forces, en renforçant l'âme et en soudant des nervures sur l'âme. De même que dans l'exemple qui va suivre, la technique du soudage ne joue ici aucun rôle car il s'agit d'ouvrages principalement soumis

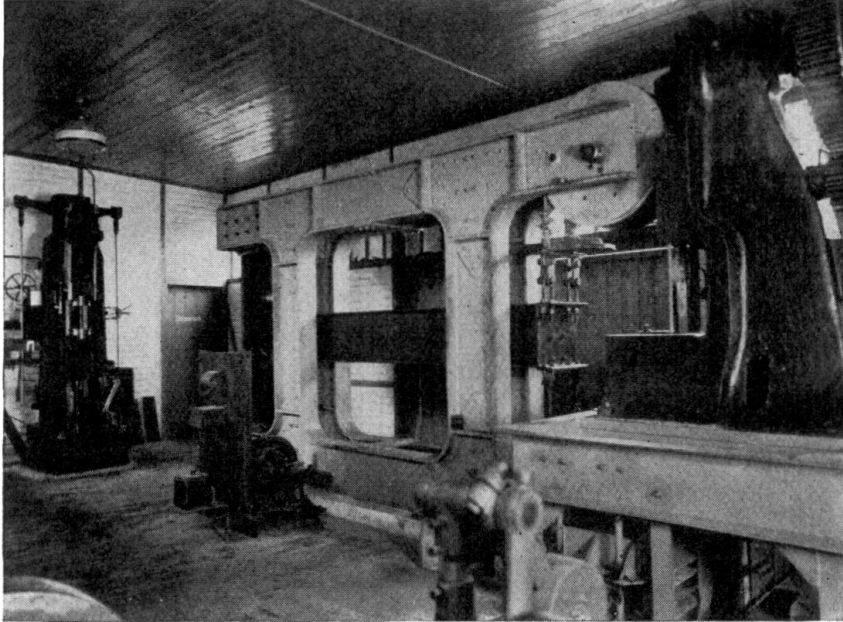


Fig. 3.

à des sollicitations statiques. La fig. 6 représente une ferme de 25 m de portée destinée à la gare principale de Düsseldorf et la fig. 7 un noeud de cette ferme.

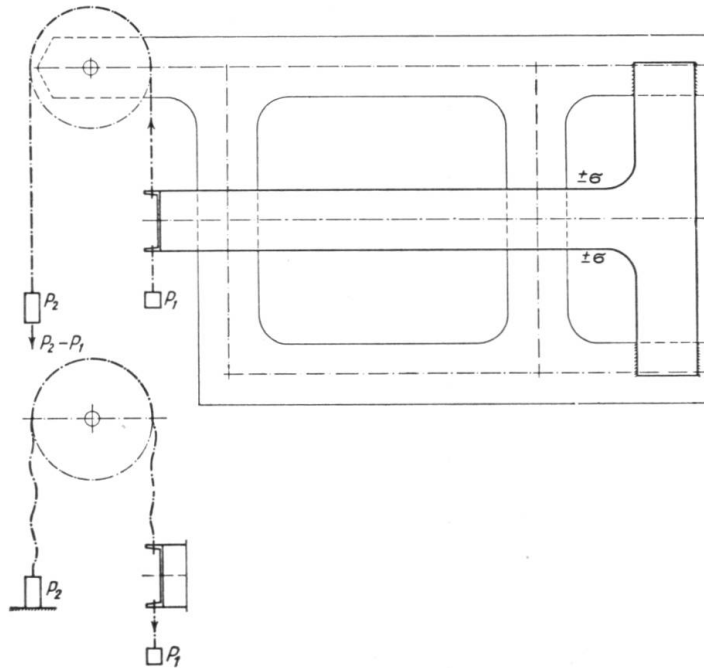


Fig. 4.

Cette construction est très bon marché et très légère, malgré l'emploi de nombreux profilés.

Les essais que nous avons entrepris se rapportent par contre à des noeuds dynamiquement sollicités. Les fig. 8 et 9 montrent les différents noeuds étudiés.

En ce qui concerne la construction, les noeuds auscultés forment trois groupes :

Dans le premier groupe les ailes des montants deviennent les ailes des membrures, sans adjonction d'autres éléments destinés à la transmission des efforts (fig. 8a, 8b et 9e).

Dans le deuxième groupe les ailes sont renforcées par des pièces soudées à l'intérieur ou à l'extérieur (fig. 8c et 8d).

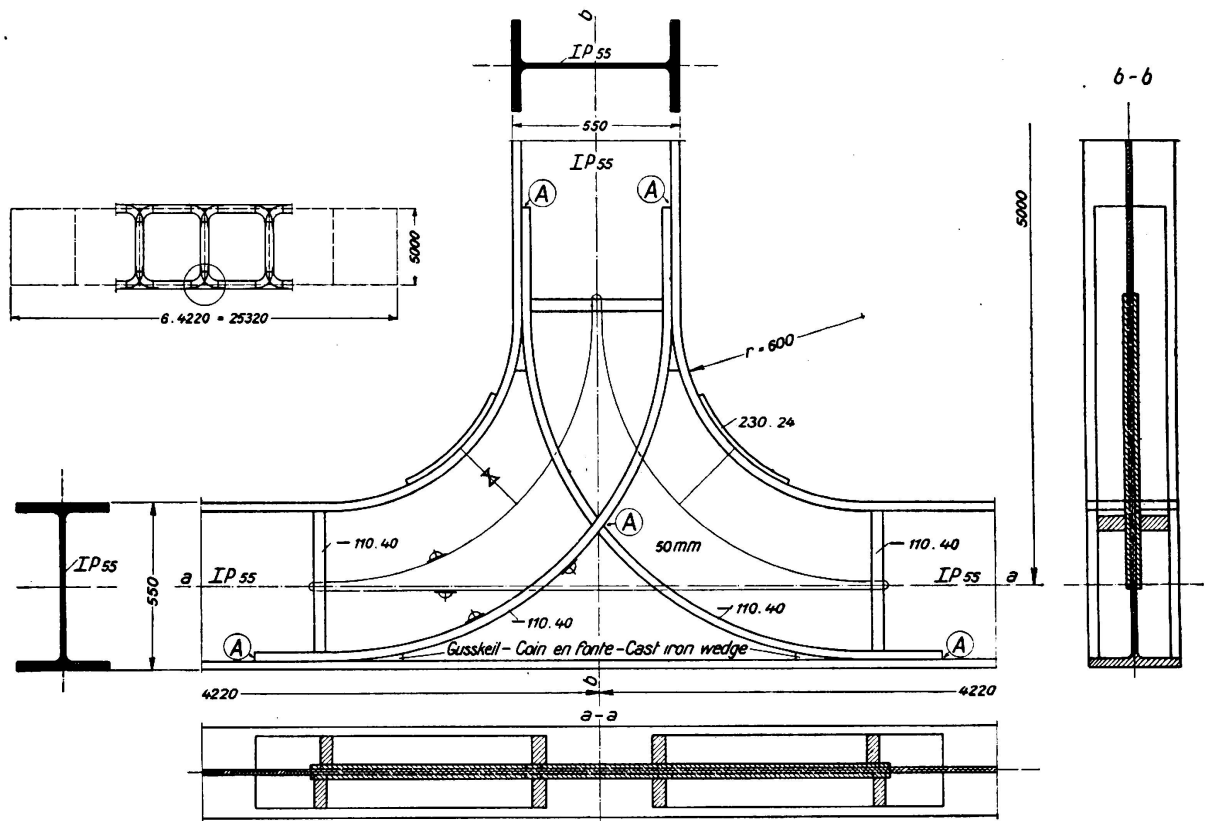


Fig. 5.

Dans les noeuds du troisième groupe on a introduit des éléments spéciaux destinés à faciliter la transmission des efforts des poteaux dans les membrures ou vice versa. Dans le cas de la fig. 8e on a appliqué sur l'âme, et des deux côtés, un treillis en acier coulé, dans le noeud de la fig. 9a on a soudé une pièce en acier coulé contre laquelle viennent aboutir les âmes du montant et de la membrure. Pour la même raison, les ailes du montant et celles de la membrure sont compénétrantes dans les noeuds des fig. 9b et 9c.

Le noeud de la fig. 10 est le premier qui ait satisfait aux conditions posées. Il a supporté deux millions d'alternances entre  $\pm 1400 \text{ kg/cm}^2$  puis 1,5 million d'alternances entre  $\pm 1800 \text{ kg/cm}^2$  sans que l'on ait constaté la moindre détérioration. Ce noeud est le plus simple que l'on puisse imaginer. Il se distingue du noeud de la fig. 9 e en ce sens que l'on a utilisé des profilés en T pour les ailes au lieu de fers plats. Le noeud de la fig. 9e avec ailes en plats ordinaires a beaucoup moins bien résisté.

Une application de ces noeuds rigides s'est présentée au cours des essais. Il s'agissait d'une construction soumise à de fortes sollicitations dynamiques, à savoir

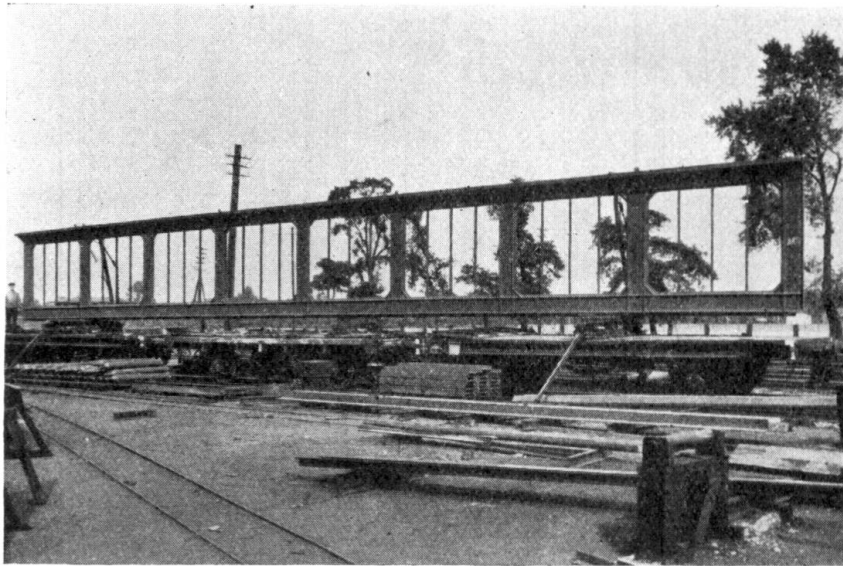


Fig. 6.

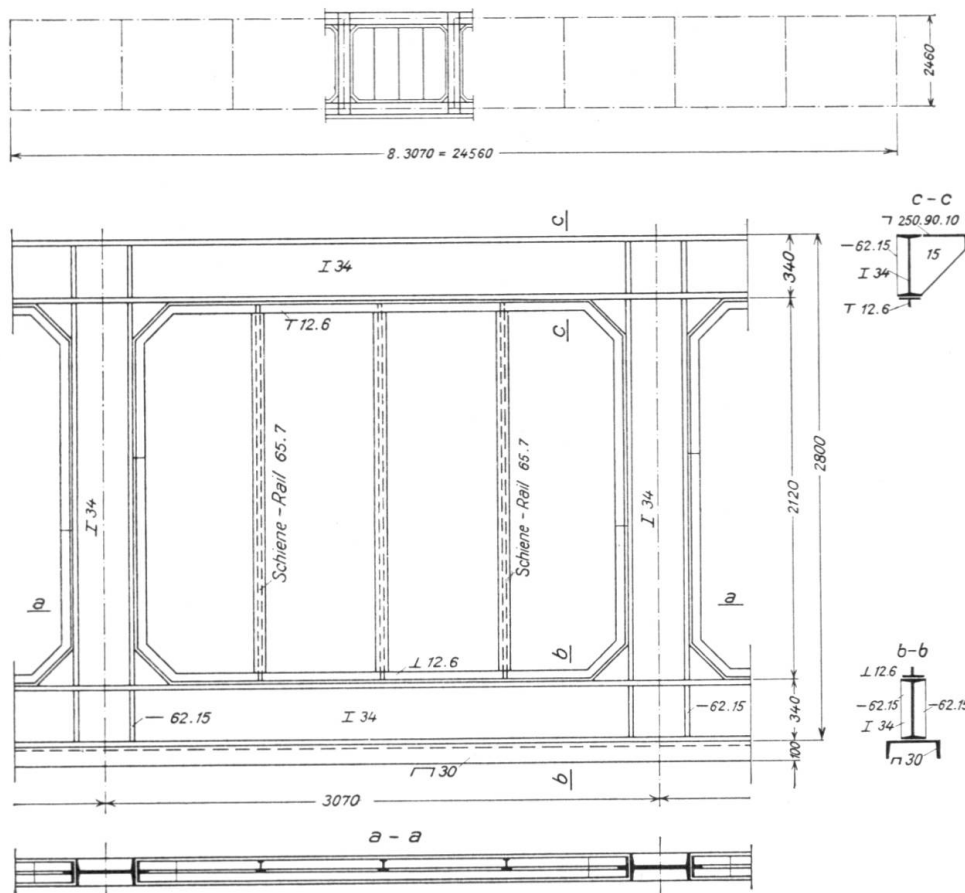


Fig. 7.

de l'ossature des voitures d'un train léger pouvant rouler à 250 km/h environ, ossature en poutres Vierendeel d'une longueur maxima de 24,2 m. La fig. 11

montre la section adoptée sur la base des essais et la construction de la poutre. On peut pratiquement éliminer les contraintes de soudage résultant de la fixation

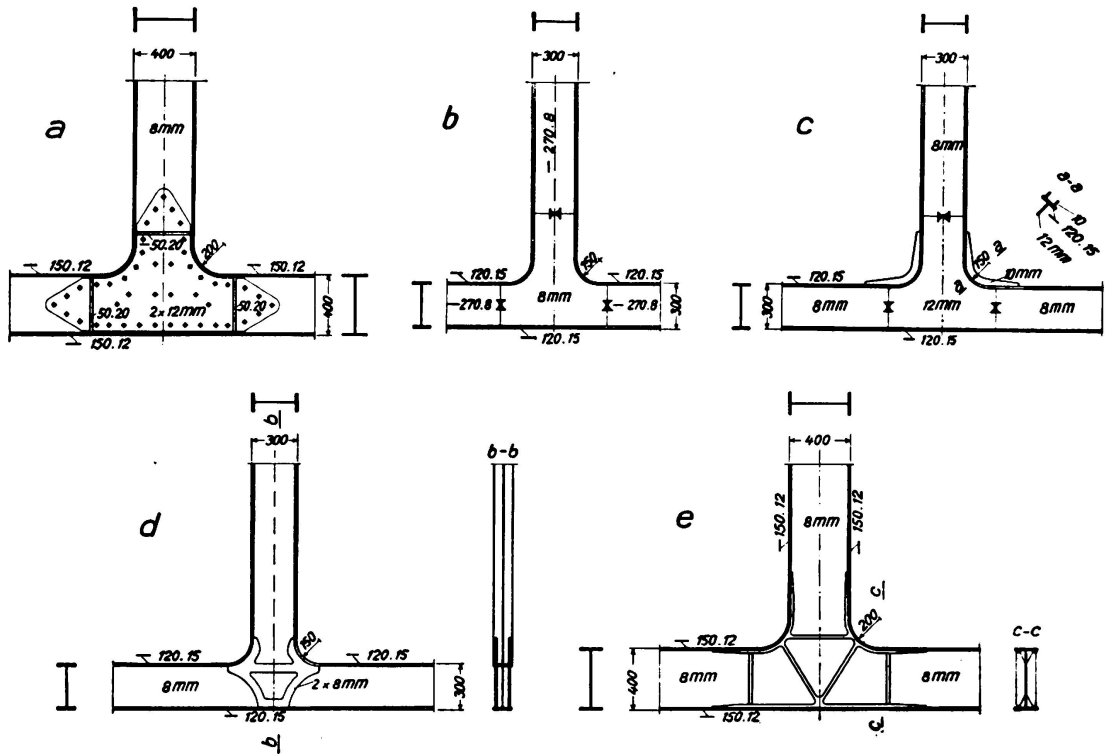


Fig. 8.

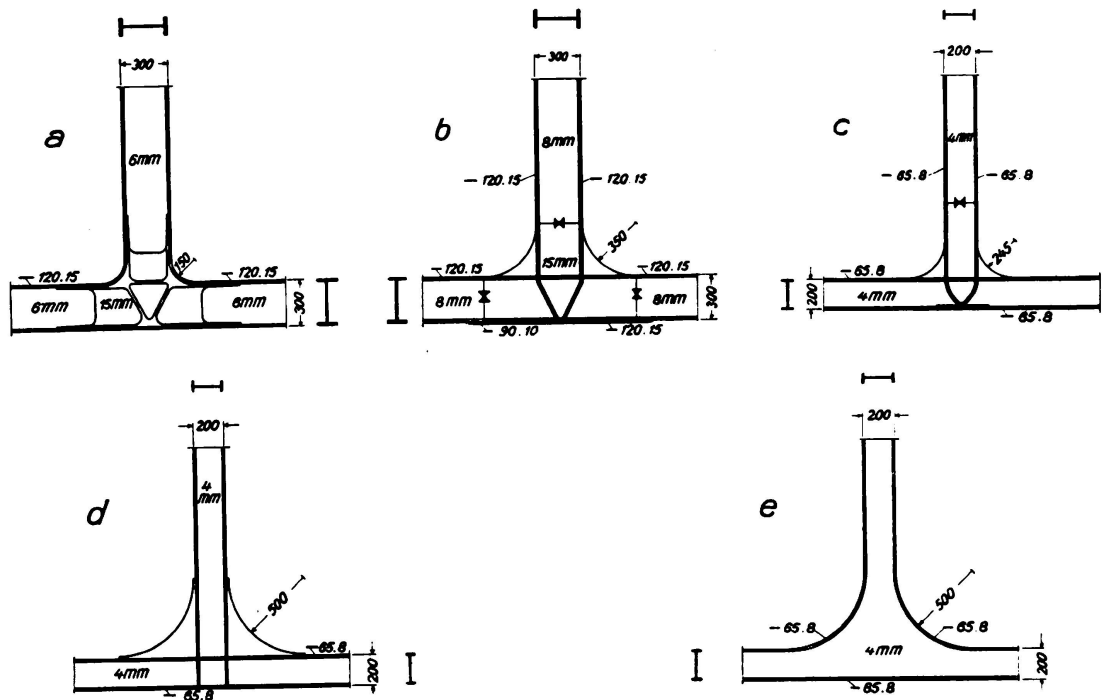


Fig. 9.

extérieure si l'on soude d'abord les âmes seules entre elles puis seulement les ailes. La fig. 12 montre une partie de la carcasse en représentation isométrique. La

liaison entre l'âme et les ailes est sans joint, grâce à l'emploi d'un profilé spécial système „Dörnen“. Les entretoises sont rivées. La construction soudée ne pèse que 17 t environ pour un train d'une longueur de 61 m.

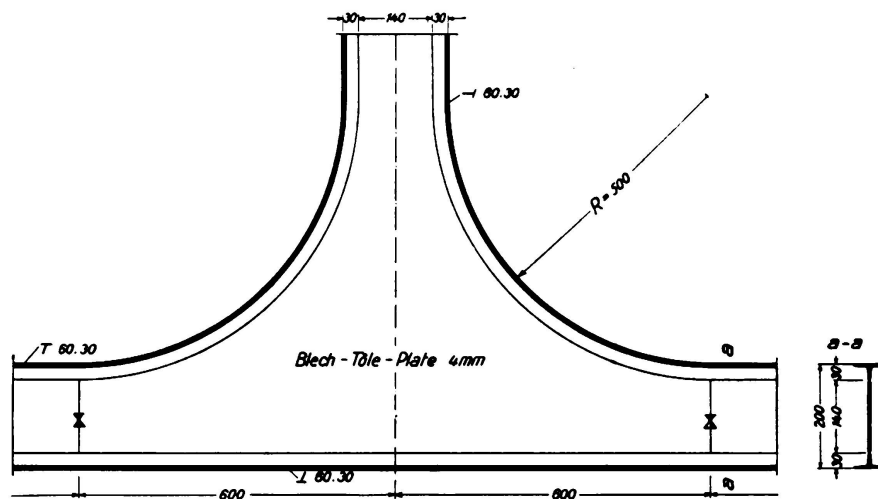


Fig. 10.

C'est un fait connu que les constructions soudées se comportent d'une façon fortement différentes vis-à-vis des sollicitations dynamiques et vis-à-vis des sollicitations statiques. Je tiens à l'affirmer expressément avant de comparer les résultats de mes *essais d'endurance* aux conclusions que tire le Professeur *Campus* de ses *essais statiques* et de ses mesures des tensions:

1° Pour des sollicitations dynamiques, il faut choisir les noeuds dans lesquels les ailes passent des membrures dans les montants. Il faut en outre éviter autant que possible toute discontinuité.

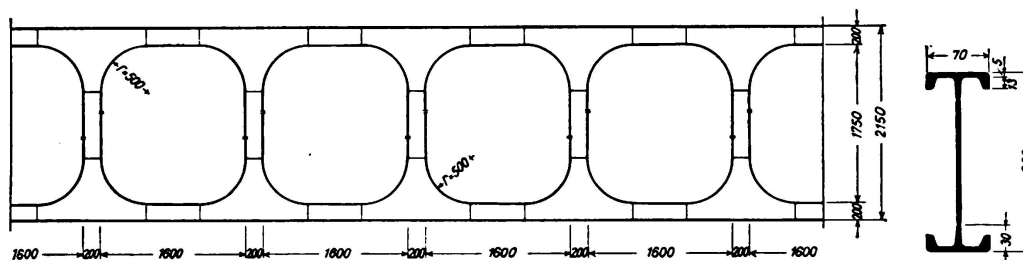


Fig. 11.

2° Le rayon du raccord ne doit pas être trop petit afin que les forces radiales dans les soudures de gorge ne soient pas trop grandes. Je suis de l'avis du Professeur *Campus* que la meilleure forme pour les raccords est l'ellipse ou l'hyperbole avec passage très doux de la courbe à la droite.

3° Plus le rayon du raccord est petit, plus l'écart de tension est grand entre le bord et le milieu des ailes. En effet, lorsque le rayon est petit, les bords des ailes se dérobent en se rapprochant de la corde pour la traction et en cédant vers l'extérieur pour la compression. Pour une fréquence de 25 par minute, on pouvait déjà observer ce fait à l'oeil nu, comme d'ailleurs tout le travail de l'éprouvette qui donnait l'impression d'un véritable organisme.

4° Dans l'état actuel de la soudure il faut encore éviter les soudures transversales, les extrémités de soudures d'angle, les accumulations de soudures et cela



tout spécialement au raccord de la courbe et de la droite. Nos essais ont complètement justifié les résultats de recherches contenus dans les prescriptions sur

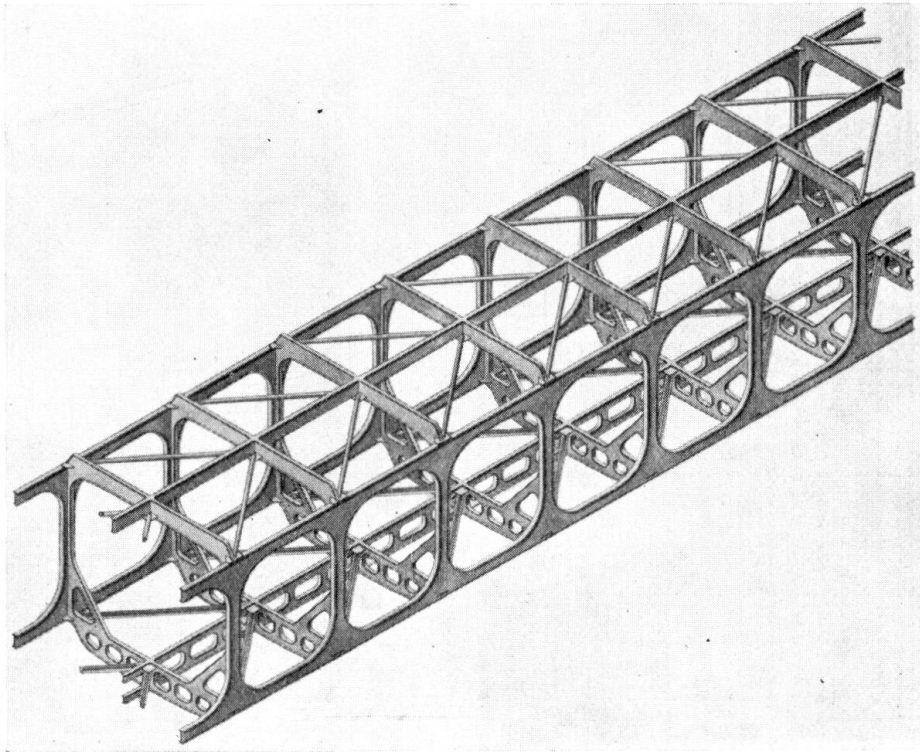


Fig. 12.

le soudage des ponts de la Société des Chemins de fer du Reich. Les points dont nous parlons ci-dessus sont tout spécialement défavorables dans les noeuds rigides,

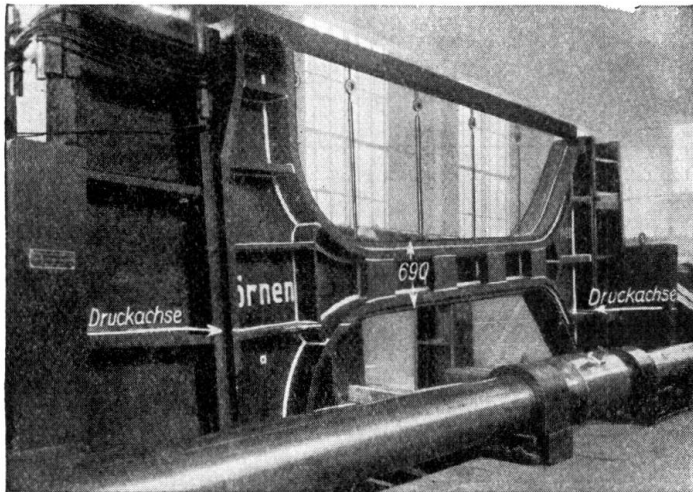


Fig. 13.

car l'effet d'entaille est augmenté par la variation de section. C'est pourquoi je ne considère pas les noeuds soudés du pont de Lanaye comme aussi favorables que *Campus* l'indique dans son rapport.

5° Lâme est à renforcer dans les noeuds, au plus simple en y soudant une tôle plus épaisse. La liaison de cette tôle à l'âme normale doit se trouver en dehors du noeud. Les soudures en X de cette liaison

doivent se faire sans fixation interne ou externe. Je puis donc recommander de remplir ces soudures au delà des sections à assembler, de porter les soudures et leurs environs au rouge clair et de forger et usiner les soudures à l'épaisseur des tôles.

6° Les noeuds avec éléments de construction spéciaux pour la transmission des efforts des ailes, tels que ceux projetés par le *Dr. Schröder* pour le poste de signalisation de Stendal et ceux proposés par *Campus* dans son rapport, n'ont pas donné, dans les essais d'endurance, les résultats que l'on en attendait. Il serait inexact de conclure que leur conception était fautive. La raison de leur infériorité réside dans l'action défavorable des soudures transversales et autres défauts du même genre impossibles à éviter.

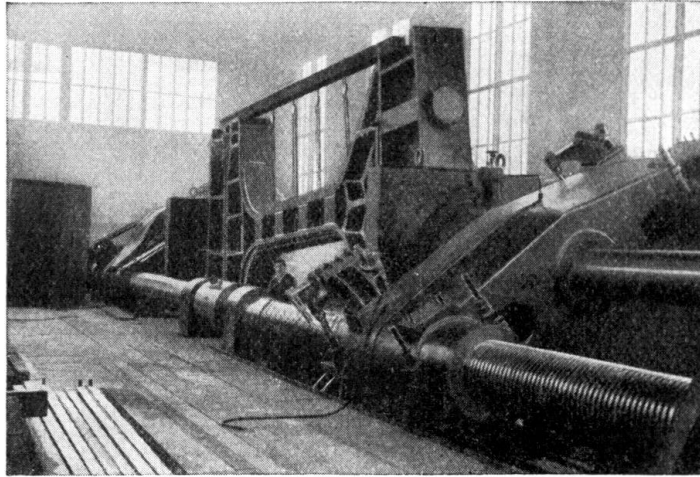


Fig. 14.

Par suite de la complexité du système des tensions dans les noeuds rigides, il est actuellement encore préférable de river les entretoises, contreventements, etc.

Un essai que les Chemins de fer du Reich ont fait exécuter sur une colonne soudée (fig. 2), de grandeur nature, prouve que les noeuds rigides peuvent être construits de telle sorte que les contraintes de soudage ne réduisent en rien leur résistance. Cet essai a été effectué au Laboratoire officiel de Berlin-Dahlem sur la machine d'une puissance de 3000 t du *Deutscher Stahlbau-Verband*. Les fig. 13 et 14 montrent la colonne comprimée excentriquement (ce qui correspond à la sollicitation en service). La fig. 15 représente la colonne déformée après une compression excentrée de 1300 t. En service normal, cette colonne aura à supporter une charge de 330 t. Ce n'est que sous une compression de 1300 t qu'apparaissent de fortes déformations permanentes, cependant sans fissures, dans les soudures principales et le matériau. Seule une soudure de liaison des renforcements de l'âme aux membrures a été détruite. On n'a observé aucune détérioration qui puisse réduire la résistance de la colonne. Cet essai devrait fortement contribuer à dissiper les craintes que l'on avait à l'égard des contraintes de soudage dans les constructions soudées.

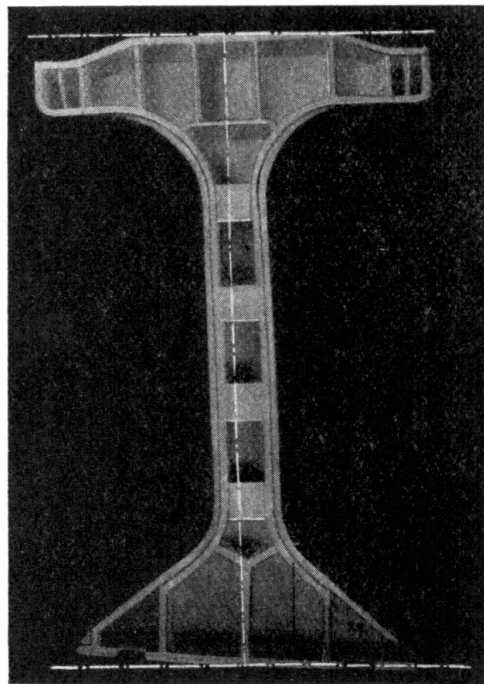


Fig. 15.

Les clichés des fig. 13—15 nous ont été aimablement prêtés par l'éditeur de la revue „*Elektroschweißung*“ (fasc. 7, 1937).