

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

Band: 3 (1948)

Artikel: Echecs dans la construction soudée

Autor: Cuyper, G. de

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-3997>

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: 13.10.2024

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

Ial

Echecs dans la construction soudée

Rückschläge im geschweissten Stahlbau

Set-backs in welded structures

G. DE CUYPER

Ingénieur en chef, Directeur des Ponts et Chaussées, Bruxelles

Introduction

Avant de commencer la description des échecs, nous présentons quelques remarques générales :

a) Les échecs ne sont pas dus à des erreurs de calcul ou à des dimensions insuffisantes des éléments ou de leurs assemblages. Au contraire, la rigidité propre des éléments ou celle résultant d'assemblages indéformables ont constitué des facteurs défavorables;

b) Les fissures dans les soudures ne se sont pas produites parce que ces soudures étaient de dimensions insuffisantes. Au contraire, ce sont les soudures surabondantes, les intersections, les accumulations et les défauts qui les accompagnent, qui ont été néfastes;

c) La description montre que l'épaisseur du métal, la structure cristalline à gros grains, la susceptibilité au vieillissement, la fragilité aux basses températures et le manque de résistance aux ruptures sans déformation ont joué un rôle important;

d) Il résulte des constatations faites que plusieurs accidents se sont produits, tant pendant l'exécution qu'en service, par des températures basses ou à la suite de variations thermiques brusques;

e) Si le rôle du métal d'apport semble quelque peu négligé, cela résulte de ce que, généralement, il était approprié au métal de base;

f) La description montre que les accidents sont dus à un concours de plusieurs facteurs. Il est difficile de déceler le facteur primaire. La classification qui a été suivie dans la description ci-après peut donc paraître assez arbitraire. C'est la raison pour laquelle nous ne donnons que les facteurs probables;

g) La description ne relate pas tous les accidents. Nous n'avons pas, par exemple, décrit ceux dus aux particularités d'exécution, pouvant entraîner des effets de trempe locaux, ni ceux dus aux intersections ou jonctions superflues de soudures ou résultant de l'utilisation d'éléments contenant à l'avance des tensions résiduelles importantes.

Echecs dans lesquels la diminution de la qualité du métal de base a probablement joué un rôle

1. EPAISSEUR

Les accidents survenus montrent que les qualités métallurgiques, et tout particulièrement la non-sensibilité du métal aux ruptures brusques sans déformation, diminuent à mesure que l'épaisseur augmente. Malgré un corroyage et un laminage soignés, l'hétérogénéité des propriétés mécaniques suivant le travers et suivant l'épaisseur croît avec l'épaisseur.

2. POINÇONNAGE

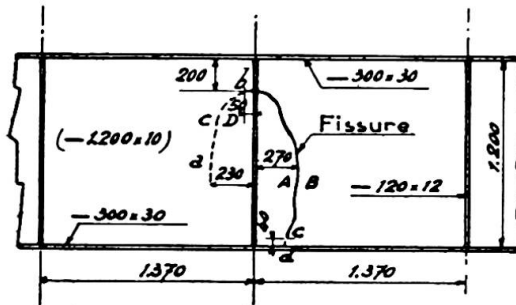
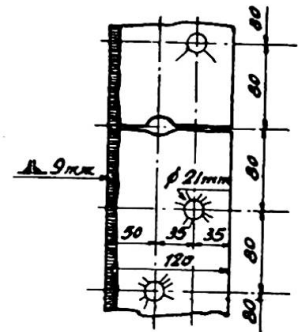


Fig. 1. Fissuration de l'âme d'une entretoise par basse température. Le détail à droite donne, en élévation, le raidisseur central fissuré.



Date de l'accident : décembre 1933.

Lieu : à l'atelier.

Température lors de l'accident : $\approx 0^{\circ} \text{C}$

Acier : Thomas ordinaire (nuance 37-44).

Nature de l'accident : fissuration de l'âme d'une entretoise.

Facteurs probables : poinçonnage des trous de rivets qui, malgré un alésage de 2 mm, a laissé des fissures microscopiques radiales. — Ecouissage. — Vieillesse accéléré par le traitement thermique résultant de l'exécution des soudures voisines. — Tensions de retrait résultant de la fixation continue du raidisseur sur l'âme et les semelles par soudures trop fortes, déposées suivant un ordre non approprié.

3. CISAILLAGE

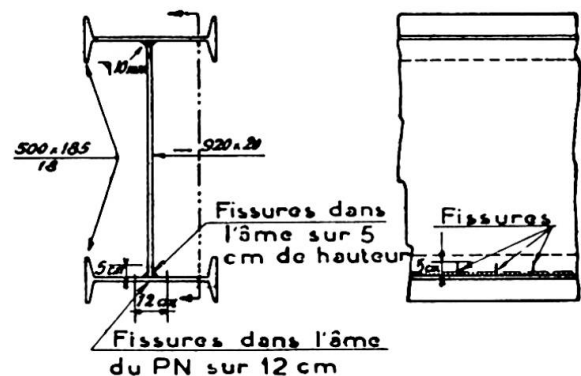
Date de constatation de l'accident : juin 1936.

Lieu : à l'atelier.

Température : probablement normale.

Acier : Thomas ordinaire (nuance 42-50).

Fig. 2. Fissuration d'une membrure dont l'âme présentait des fissures microscopiques résultant d'un cisailage.



Nature de l'accident : fissuration de l'âme d'une membrure.

Facteurs probables : le cisailage de l'âme a produit des fissures microscopiques normales à la coupe. — Ecouissage. — Vieillessement accéléré par le traitement thermique résultant de l'exécution des soudures. — Tensions de retrait dues à des soudures d'angle de dimensions trop fortes, déposées par des électrodes de 7 mm de diamètre. — Les fissures microscopiques se sont propagées sous l'effet des tensions de retrait.

4. MORTAISAGE OU DÉCOUPAGE À ANGLES VIFS

Date de la constatation de l'accident :
avril 1936.

Lieu : à l'atelier.

Température : probablement normale.

Acier : Thomas ordinaire (nuance 42-50).

Nature de l'accident : fissuration d'une
âme de raidisseur de montant.

Facteurs probables : parachèvement insuffisant des surfaces découpées. — Ecouissage. — Vieillessement accéléré par la soudure. — Tensions de retrait résultant de la fixation d'une pièce mince, de dimensions réduites, présentant des angles vifs rentrants, sur des éléments rigides par leur épaisseur.

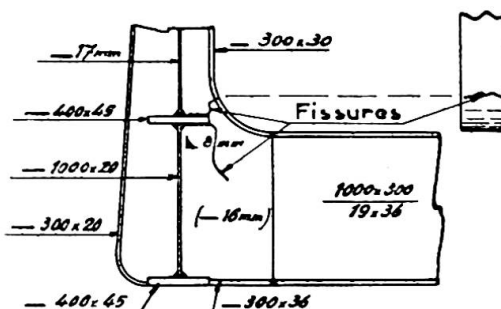


Fig. 3. Fissuration de l'âme du raidisseur d'un montant par suite d'un mauvais parachèvement.

5. CINTRAGE À FROID AVANT SOUDURE

Date de l'accident : début de 1936.

Lieu : à l'atelier.

Température : probablement aux environs de 0°.

Acier : Thomas ordinaire (nuance 42-50).

Nature de l'accident : un large plat de 300 × 30 mm, cintré à froid à la machine à rouleaux sous un rayon de 1^m50, s'est fissuré lors de sa mise en œuvre, avant qu'on ait commencé à souder.

Facteurs probables : écouissage et vieillissement. — Température basse au moment de l'écouissage. — Métal d'une fragilité originelle, due à un état structural défectueux à gros grains, résultant d'un surchauffage lors du laminage.

6. EXÉCUTION AUX BASSES TEMPÉRATURES

Dates des accidents : hiver 1933-1934.

Lieu : à l'atelier.

Température : entre -5° et -10° C.

Acier : Thomas ordinaire (nuance 37-44).

Nature de l'accident : fissuration de l'âme d'une membrure inférieure (suivant c-d) lors de la réfection d'une soudure a-b.

Facteurs probables : température très basse, diminuant la résistance du métal de base aux

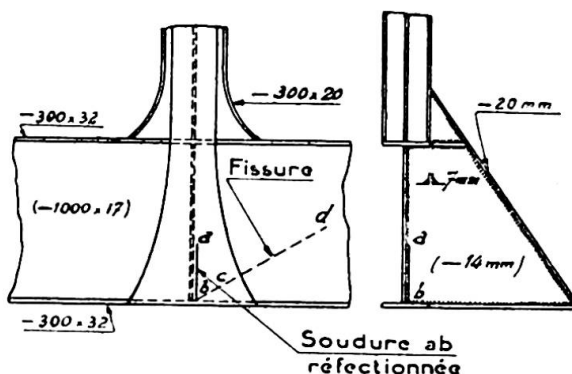


Fig. 4. Fissuration de l'âme d'une membrure inférieure lors de la réfection d'une soudure.

ruptures sans déformation et provoquant une trempe du métal déposé.
— Tensions résiduelles de retrait dans un élément mince, fixé par soudure à des éléments épais et rigides. — Tensions de retrait perturbatrices, introduites par une réfection de la soudure.

7. SOLLICITATION SUIVANT L'ÉPAISSEUR

Date de l'accident : juin 1935.

Lieu : au montage sur chantier avant la mise en service.

Température : au-dessus de 10°.

Aciers : a) éléments de montants : Thomas ordinaire (nuances 37-44);

b) tôle intercalaire A-A : acier Siemens-Martin (nuance 37-44).

Nature de l'accident : lors de la soudure des cordons d'angle supérieurs, la structure feuilletée de la tôle intercalaire est apparue.

Facteur probable : tensions de retrait disloquant la structure feuilletée de la tôle intercalaire.

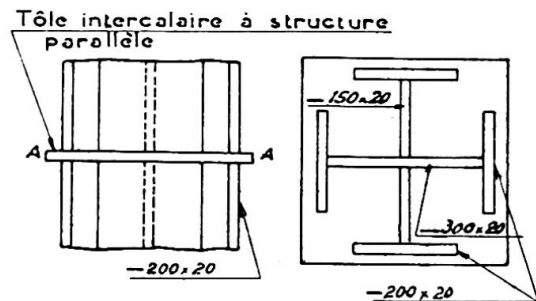


Fig. 5. Apparition de la structure feuilletée de la tôle intercalaire lors de la soudure des cordons d'angle supérieurs.

8. UTILISATION AUX BASSES TEMPÉRATURES

Pendant l'hiver 1939-1940, par des températures de -15° à -20° , des accidents se sont produits dans trois ouvrages en service depuis plusieurs années. Certains éléments contenaient des tensions résiduelles dues, soit à leur fabrication, soit à la soudure, soit à la combinaison des deux facteurs. Il est probable que de petites fissures existaient dans les soudures tant d'atelier que de montage. Outre le vieillissement naturel, la température exceptionnellement basse a agi doublement pour aggraver l'effet de ces défauts. En effet, les contractions thermiques, entravées et inégales, ont majoré les tensions principales et secondaires; ensuite la résistance du métal aux ruptures sans déformation était diminuée.

Echecs dus à des conceptions ou exécutions,
augmentant l'importance des tensions résiduelles

1. ÉPAISSEUR

Les tensions résiduelles croissent avec l'épaisseur en raison des dimensions accrues des soudures. Un acier calmé à grains fins, un préchauffage et un recuit de normalisation sont utiles pour diminuer les risques de fissuration.

2. DEGRÉ DE RAIDEUR DES ÉLÉMENTS DE LA CONSTRUCTION

a) *Considérés isolément :*

Date de l'accident : fin décembre 1935.

Lieu : au montage.

Température : aux environs de 0°.

Acier : Thomas ordinaire (nuance 42-50).

Nature de l'accident : fissuration d'un large plat, qui s'est produite après l'exécution complète de la soudure bout-à-bout.

Facteurs probables : tensions résiduelles importantes, dues à l'importance de la soudure et du bridage — Acier à gros grain de surchauffe d'une fragilité exceptionnelle. — Feuilletage avec fissures microscopiques, non constaté lors de l'usinage.

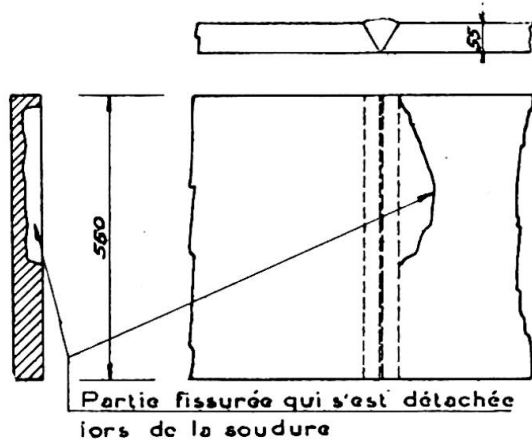


Fig. 6. Fissuration d'un large plat à la suite de l'exécution d'une soudure bout-à-bout.

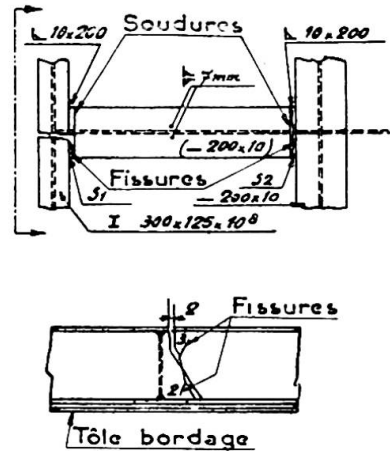


Fig. 7. Propagation d'une fissure, à partir d'une soudure latérale, dans une vanne levante d'écluse.

b) *Considérés dans leurs réactions mutuelles :*

Date de la constatation de l'accident : décembre 1941.

Lieu : sur un ouvrage en service depuis plus de deux ans.

Température lors de l'exécution : probablement normale.

Acier : Thomas ordinaire (nuance 37-44).

Nature de l'accident : il s'agit d'une vanne levante d'écluse; la fissure, partant d'une soudure latérale, s'est propagée dans la semelle et l'âme d'une poutrelle normale P N 30.

Facteurs probables : la liaison rigide d'éléments de dimensions moyennes a conduit à une construction de grande raideur, du fait que les retraits des soudures étaient entravés. — Soudures présentant plusieurs défauts.

3. BRIDAGES

Date de l'accident : janvier 1940.

Lieu : sur un ouvrage en service depuis plus de deux ans.

Température lors de l'accident : de -15° à -20° .

Acier : Thomas ordinaire (nuance 42-50).

Nature de l'accident : rupture d'un joint de montage d'une membrure inférieure.

Facteurs probables : Le couvre-joint inférieur avait été soudé en premier lieu, d'où tensions résiduelles dans la soudure de la semelle inférieure. — Celle-ci présentait des défauts suivant l'épaisseur. — Température très basse, diminuant la résistance du métal de base aux ruptures sans déformation.

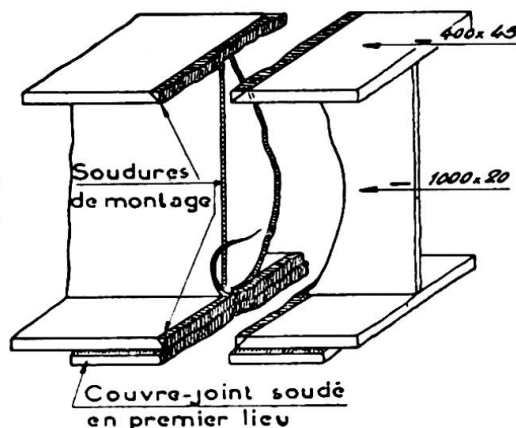


Fig. 8. Rupture d'un joint de montage d'une membrure inférieure.

4. EXÉCUTION DE SOUDURES SOUS CONTRAINTE

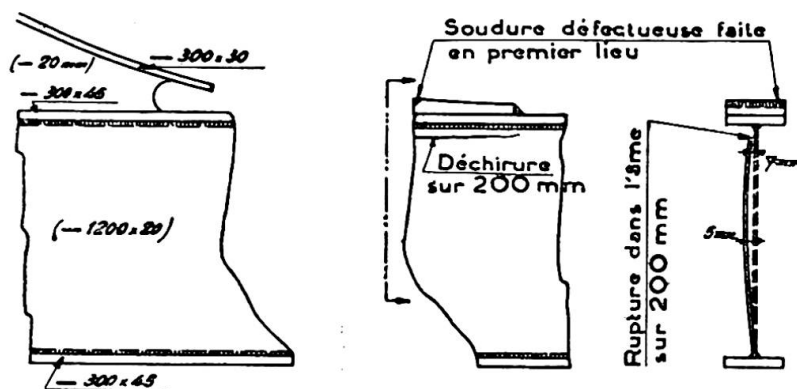


Fig. 9. Rupture d'une membrure inférieure de pont.

Date de l'accident : mars 1938.

Lieu : sur un ouvrage en service depuis plus d'un an.

Température lors de l'accident : normale.

Acier : Thomas ordinaire (nuance 42-50).

Nature de l'accident : rupture d'une membrure inférieure de pont.

Processus probable de la rupture : la soudure, reliant la patte d'attache à la semelle courbe avait été faite en dernier lieu. Elle transformait la base du montant en un véritable tendeur. Cette soudure présentait des défauts, notamment à la racine, parce qu'elle n'avait pas été reprise au dos. La rupture de ce tendeur a provoqué une sollicitation brusque de la membrure sous-jacente.

Facteurs probables : tensions résiduelles importantes dans la soudure de la patte d'attache. — Défauts d'entaille, fissures dans cette soudure. — Métal peu apte par sa nature et ses dimensions à résister aux ruptures sans déformation et aux défauts d'entaille. — Défauts, fissures et sollicitation polyaxée des soudures au collet de la membrure inférieure.

5. EXÉCUTION DE SOUDURES SANS PROGRAMME OU DANS UN ORDRE NON ADÉQUAT

Date de l'accident : mai 1936.

Lieu : au montage, avant la mise en service du pont.

Température lors de l'accident : normale.

Acier : Thomas ordinaire (nuance 42-50).

Nature de l'accident : fissure dans une soudure en X de l'âme d'une membrure inférieure de pont.

Facteurs probables : la soudure des semelles rigides de forte épaisseur ayant été faite en premier lieu, il en est résulté des tensions résiduelles importantes lors de la soudure en X de l'âme. — La soudure de l'âme, faite en montant, présentait des défauts à l'enracinement.

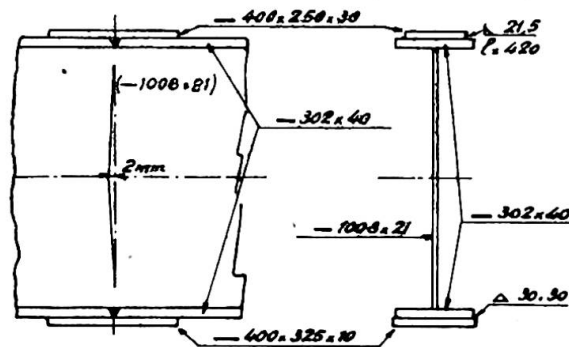


Fig. 10. Fissure dans une soudure en X de l'âme d'une membrure inférieure de pont.

Echecs dus à des conceptions ou exécutions, entraînant des états doubles ou triples de tension

1. ÉPAISSEUR

Les soudures d'éléments de forte épaisseur ont donné lieu à des échecs du fait qu'elles étaient le siège de tensions doubles ou triples. Cet état de

tension favorise la rupture par décohésion prématurée. Pour l'éviter, il faut des aciers calmés, à grains fins, plus résistants à la décohésion et en même temps un préchauffage et un recuit des soudures.

2. INTERSECTION D'ÉLÉMENTS SOUS TENSION ET RÉGIONS DE FAIBLE VOLUME À SOLLICITATION MULTIPLE

Date de l'accident : janvier 1940.

Lieu de l'accident : sur le pont en service depuis plus de deux ans.

Température lors de l'accident : entre -15° et -20° .

Métal employé : acier Thomas (nuance 42-50).

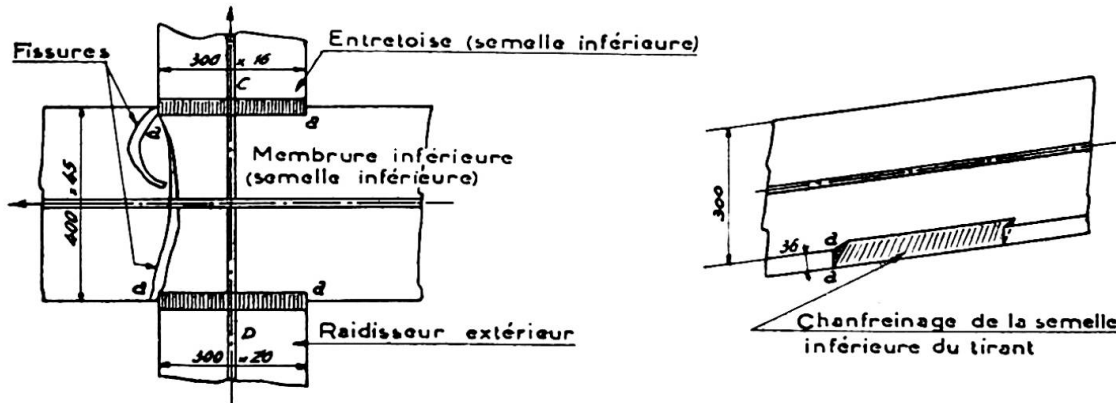


Fig. 11. Rupture de la semelle inférieure de la membrure inférieure du pont.

Nature de l'accident : fissure issue de la soudure raccordant la semelle inférieure de l'entretoise à la semelle inférieure de la membrure formant tirant.

Facteurs probables : soudure à faible volume, à l'intersection à angle vif de deux éléments tendus et soumise à un état de tension double. — Le chanfrein en V, terminé par deux faces verticales à angle vif, constituait une entaille donnant lieu à des pointes de tension et à des amorces de rupture. — Soudures défectueuses, principalement à leurs extrémités. — Température exceptionnellement basse, diminuant la résistance du métal aux ruptures sans déformation.

3. ENTAILLES, DÉFAUTS SUPERFICIELS OU INTERNES ET EN PARTICULIER TOUS LES DÉFAUTS CLASSIQUES DES SOUDURES, SURTOUT À LEURS EXTRÉMITÉS

Dans plusieurs échecs, décrits ci-dessus, il a été signalé que les entailles et les défauts en général créaient des pointes de tension. Comme c'est l'examen radiographique qui a permis de déceler les défauts systématiques des soudures, cette question relève plutôt du chapitre réservé à l'exécution des soudures.

4. CHANGEMENT BRUSQUE DE SECTION

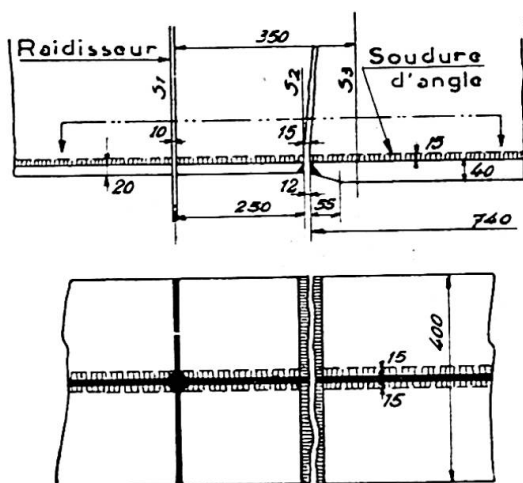
Date de l'accident : juin-juillet 1939.

Lieu de l'accident : sur le pont en service.

Température lors de l'accident : probablement normale.

Métal employé : acier Siemens-Martin (nuance 52-60).

Nature de l'accident : fissure dans la semelle inférieure tendue d'une poutre à âme pleine. Rupture sans déformation. La soudure de la semelle avait été faite avant la soudure d'angle reliant l'âme à la semelle.



Facteurs probables : 1. passage trop brutal d'une épaisseur à l'autre, d'où concentration locale des tensions; 2. fixation des raidisseurs à l'âme et aux semelles ayant provoqué des tensions résiduelles; 3. défaut probable dans les soudures d'angle, soumises à des tensions polyaxées.

Fig. 12. Fissure d'une semelle inférieure tendue d'une poutre à âme pleine.

5. ACCUMULATIONS, INTERSECTIONS ET SURÉPAISSEURS DES SOUDURES

Les accumulations, intersections et surépaisseurs donnent lieu à des tensions résiduelles polyaxées.

L'examen de ce cas fait l'objet du chapitre réservé à *l'exécution des soudures*.

Résumé

Les applications de la soudure ont conduit, en Belgique, à certains échecs, qui se sont révélés dès que les constructions sont devenues plus importantes, nécessitant des épaisseurs plus grandes pour les profils laminés et tôles mis en œuvre. Ces échecs ont donné lieu à des recherches et à des essais, qui ont fait apparaître des particularités erronées dans la conception et l'exécution. Ces recherches ont permis de fixer approximativement les limites d'utilisation des dimensions et des nuances d'acier, en fonction des difficultés constructives propres à chaque construction. La description d'une série d'accidents a pour but de justifier quelques critères constructifs préconisés actuellement en Belgique.

Zusammenfassung

Die Anwendung der Schweissung hat in Belgien zu einigen Rückschlägen geführt, die sich zeigten, als die Tragwerke und damit die Profil- und Blechstärken grösser wurden. Diese Rückschläge veranlassten Untersuchungen und Versuche, die ihrerseits gewisse Fehler in Entwurf und Ausführung aufzuzeigen und eine angenäherte Festlegung der zulässigen Profilstärken und der Materialeigenschaften im Zusammenhang mit den konstruktiven Schwierigkeiten jedes Bauwerkes festzulegen gestatteten. Die Beschreibung einer Reihe von Schadenfällen soll einige heute in Belgien als massgebend angesehene konstruktive Gesichtspunkte begründen.

Summary

The use of welding in Belgium has led to some set-backs, which became apparent as soon as the structures, and consequently the thickness of their sections and plates, became greater. These set-backs caused exami-

nations and tests to be made, which in turn revealed certain mistakes in design and execution and an approximate standard for the permissible dimensions of sections and particularities of materials to be used, in conjunction with the constructive difficulties of each structure. The description of a series of accidents has as its aim the laying down of a number of constructive standards recommended at present in Belgium.

Leere Seite
Blank page
Page vide