

CONGRESSO INTERNAZIONALE DELL'ACETILENE, DELLA
SALDATURA A AUTOGENA E DELLE INDUSTRIE RELATIVE
GIUGNO 1934 - ROMA

STEFAN BRYLA

**Le renforcement des charpentes métal-
liques à l'aide de la soudure**

**Rinforzo delle strutture metalliche me-
diante la saldatura**

ROMA - MCMXXXIV - XII E. F.

Le renforcement des charpentes métalliques à l'aide de la soudure

STEFAN BRYLA

Docteur-Ingénieur, Professeur à l'École Polytechnique de Lwów (Léopol), Pologne.

Le renforcement des charpentes métalliques est exécuté d'ordinaire en ajoutant les pièces renforçant à l'aide de rivets ou en enveloppant la construction métallique de béton-armé. Cependant le soudage dont l'application s'est tellement généralisée dans l'art technique a augmenté particulièrement dans ce domaine les possibilités de l'ingénieur-constructeur.

Le soudage possède des valeurs qui manquent aux méthodes mentionnées ci-dessus. L'enveloppement avec du béton-armé, en général très avantageux, cause cependant un accroissement considérable du poids propre de la construction, ce qui est souvent inadmissible du point de vue des supports et à part cela, impose quelquefois l'usage d'une telle quantité d'acier dans les parties tendues qu'elle surpasse souvent la quantité d'acier dans une construction proprement métallique. Le renforcement à l'aide de rivets est difficile et embarrassant, car on est obligé d'enlever les rivets existants en supportant la construction pendant le travail et en adaptant très scrupuleusement des nouvelles parties pour que leurs trous respectifs s'accordent parfaitement avant de fixer les nouveaux rivets.

Ces difficultés causaient que le renforcement des ponts et des autres constructions en acier à l'aide du rivage se rattachait dans les limites d'environ 30 % du poids de la construction métallique existante, en plus; dans quelques formes des membrures et des barres cette méthode était presque impossible; et même parfois l'impossibilité d'ajou-

ter de nouveaux rivets ne permettait pas de renforcer la construction.

Le soudage ne présente presque aucune de ces difficultés. Le renforcement de la construction métallique n'exige pas l'enlèvement des rivets, ce qui permet d'éviter l'affaiblissement même momentané de la construction et la nécessité de s'adapter aux rivets existants. On peut enfin l'appliquer à toutes les formes de barres et de poutres. Un renforcement convenable des assemblages peut se faire en général très simplement et très facilement.

L'application de cette méthode ouvre aussi d'énormes possibilités du point de vue de la réparation des ponts et des constructions métalliques en général. Si l'endommagement est seulement local, quoique même considérable, le renforcement à l'aide du soudage est possible là où il serait difficile ou même impossible de l'exécuter à l'aide du rivage.

Nous donnons ci-dessous les principes dont on peut se servir pour le renforcement direct, c'est-à-dire sans changer le système statique principal de la charpente; le renforcement indirect est d'autant plus facile. Ils concernent :

A) le renforcement des barres trop faibles ou partiellement détruites;

B) le renforcement des assemblages.

Ces deux problèmes sont également importants. L'impossibilité de résoudre l'un d'eux réduira l'application du renforcement des charpentes métalliques à un nom-

bre de cas très limité. Nous examinerons ces deux problèmes du point de vue de l'application du soudage. Nos considérations sont accompagnées de quelques exemples exécutés en Pologne.

D'abord nous donnerons les principes du renforcement des poutres en treillis et ensuite des poutres à âme pleine.

A) RENFORCEMENT DES BARRES DES CONSTRUCTIONS EN TREILLIS.

Deux cas peuvent se présenter: le plus souvent on a à faire à une charpente (un pont) dont les barres ont été calculées d'après des surcharges beaucoup moins considérables que celles qu'on prend aujourd'hui pour base et même celles qui se rencontrent en pratique. Pourtant quelquefois la reconstruction est causée par l'affaiblissement de la charpente par la rouille ou par d'autres causes.

1) *Renforcement par suite de l'augmentation des surcharges.*

Un pont doit être renforcé ou reconstruit lorsque la tension admissible a été dépassée d'un certain chiffre. (33 % en France, 20 % en Pologne et en Allemagne).

On distingue le renforcement direct ou indirect. Ce dernier consiste à décharger la section endommagée en changeant le système statique c'est-à-dire par addition de barres, après s'être assuré de leur action respective.

Dans le renforcement des barres il s'agit d'augmenter la quantité du matériel des barres; il faut alors ajouter des profilés neufs d'une section nécessaire. On doit aussi faire attention à ne pas déplacer le centre de gravité de la barre ou à ne pas déplacer le centre de gravité de la barre ou à le déplacer le moins possible.

Dans le cas de barres symétriques il faut placer les profilés renforçants symétriquement, ce qui en général n'est pas trop difficile. Dans le cas de barres asymétriques on vise à laisser leurs centres de gravité dans le même axe ce qui est toujours difficile et quelquefois même impossible. Les membrures des poutres en treillis sont le

plus souvent asymétriques ainsi que la membrure supérieure et inférieure. Dans ces membrures les axes des centres de gravité sont donc souvent partiellement déplacés et par conséquent il y a là à priori un écartement de cet axe de celui du schéma de la construction. Un accord parfait après le renforcement n'est pas indispensable. Il s'agit seulement de réduire ce déplacement au minimum et cela est presque toujours à réaliser.

Le mieux serait de pouvoir ajouter les pièces renforçantes sans se heurter à l'obstacle que présentent les têtes de rivets. Le plus simple serait alors de renforcer les barres sur les surfaces où il n'y en a pas mais cela est rarement possible d'autant plus que le côté économique entre en jeu: la réduction possible du soudage. Dans l'évaluation des frais du renforcement des constructions rivées ce n'est pas la quantité de matériel nécessaire qui joue le premier rôle, mais le soudage lui-même. Il s'agit de réduire le plus possible la quantité d'électrodes et proportionnellement aussi le courant électrique ou l'acétylène.

Donc on est obligé le plus souvent de placer les parties renforçantes sur les surfaces où les têtes de rivets forment obstacle. En renforçant le pont à l'aide du rivage on devrait absolument enlever ces rivets. Si la méthode du soudage est employée, ces difficultés peuvent être facilement surmontées.

Ce renforcement peut être exécuté de plusieurs manières.

a) On peut ajouter une semelle ayant des trous perforés à la place des rivets et les remplir avec le matériel de l'électrode. Ces trous doivent être plus grands que les têtes des rivets pour que l'électrode puisse saisir non seulement la tête du rivet, mais aussi, l'acier de la construction. Cela est important, car la résistance des rivets peut s'user au contact immédiat avec le matériel fondu de l'électrode. Du reste, cette méthode demande beaucoup de matériel de soudage et par conséquent beaucoup de courant électrique (ou bien d'acétylène).

b) On peut appliquer des petites semelles d'une épaisseur égale ou un peu plus

grande que la hauteur des têtes des rivets. Ces semelles peuvent être composées de fers plats ou même le limaille de tôles. Ce n'est que sur ces semelles qu'on place les vrais éléments renforçants, consistant en tôles ou bien en profilés (p. e. poutre en \perp). Ce genre de renforcement exige relativement beaucoup de soudage; on a besoin de cordons doubles: les uns joignant les semelles avec la construction et les autres joignant les pièces renforçantes avec les semelles.

c) Enfin on peut choisir comme renforcement des profilés qui ne seraient pas en collision avec les têtes des rivets, mais qui se touchent sur la surface de la barre renforcée. On peut se servir alors avant tout des poutres en \perp ou bien des cornières, mais on peut aussi appliquer d'autres profilés. Pour des renforcements faibles on peut même employer des fers plats horizontales ou bien verticaux. Ce dernier genre est donc assez cher, comme on doit souvent appliquer de petits contrefortes de tôles pour les fixer mieux dans leur position. Il faut choisir ce profilé de telle sorte qu'on puisse souder les cordons sans trop s'approcher des têtes des rivets. Cette méthode est beaucoup plus simple et exige moins de cordons, par conséquent elle est plus économe, mais elle présente le désavantage d'écarter le centre de gravité plus que la méthode *b*). Quelquefois on peut placer le renforcement sur les côtes ou il n'y a pas de rivets, comme il s'agit de surfaces généralement très petites, l'emploi des contre-forces s'impose souvent.

Le point faible des méthodes *b*) et *c*), est qu'elles laissent des espaces libres, difficilement abordables, exposant la surface des profilés attenants à la rouille et par conséquent à la destruction. Il faut remplir cet espace de mastic, de ciment ou de béton. Le mastic est plus avantageux avec le procédé de renforcement « *b* », le ciment ou bien le béton avec le procédé « *c* ». Le ciment possède de plus grandes qualités de conservation.

2) Renforcement à la suite d'endommagements causés par la rouille, le choc, etc.

Un autre cas se présente quand les barres particulières des charpentes sont endommagées par la rouille ou par d'autres causes. Cet endommagement peut se produire en différentes parties de la construction et varier beaucoup quant au degré.

Le choix de la méthode de renforcement dépendra donc de ces deux facteurs.

Si l'endommagement n'est pas trop considérable et surtout si la surface de la barre n'est pas trop usée, la plus simple méthode de réparation est de souder le métal de l'électrode sur les places endommagées, après les avoir préalablement nettoyées et préparées. L'une des premières applications de la méthode du soudage dans ce domaine fut la reconstruction du pont de Pittsburgh. Il y avait là corrosion par la rouille.

Mais il y a des cas plus graves; la destruction de la construction métallique est parfois tellement considérable qu'il ne reste de la barre qu'une petite partie de la section, p. e. 50 % et même moins. Dans un cas extrême il peut arriver que la section est complètement détruite dans un point et n'existe plus. On ne peut alors employer le procédé pré-cité, d'autant moins, que le matériel obtenu de cette manière ne sera pas aussi bon que le matériel de la construction. Une telle destruction peut être causée par la rouille ou par d'autres facteurs extérieurs p. e. par choc, par explosion, etc. Dans ces cas on peut remplacer la partie détruite par une pièce nouvelle, ou alors on doit la mettre entre des couvre-joints, qui transféreront les forces intérieures.

Si l'on veut appliquer de nouveaux entre-deux il faut enlever le matériel de la barre pour qu'il ne reste que le matériel non corrodé. Pour plus de sûreté on enlève le matériel sur une surface dépassant de quelques centimètres la surface endommagée. Ensuite on ajuste l'entre-deux et enfin on le joint par soudage avec le matériel de la barre. Pour obtenir un bon résultat la place de l'assemblage doit être bien chan-

frainée et bien nettoyée. L'entre-deux doit être de plus petite dimension que l'espace entre les pièces coupées, de façon qu'après le chanfrenage en V, qu'on emploie le plus souvent, le matériel de l'électrode puisse pénétrer au fond de la barre.

Il est très important de fixer toutes les parties assemblées en ligne droite et de leur garantir l'immutabilité de l'axe pendant le soudage.

Avec un bon travail on peut admettre que la soudure aura une résistance égale au moins à 80% de la résistance du matériel de la construction. Cela est tout à fait suffisant comme la section utile (netto) n'atteint généralement pas même ce premier chiffre. Avec des tous soudeurs et des bonnes électrodes on peut augmenter ce chiffre même jusqu'à 100%.

En exécutant des soudures il faut tenir compte des déformations thermiques.

L'application des semelles est sans comparaison plus simple, car presque aucun ajustement et aucun façonnage n'est nécessaire en dehors du nettoyage des parties des barres où l'on va faire le soudage.

Les fentes qui restent dans les parties détruites doivent être remplies avec du mastic ou avec du mortier de ciment.

La reconstruction à l'aide de semelles est plus sûre que celle avec les entre-deux, mais si l'on considère le côté esthétique, on doit plutôt recommander les entre-deux, car les semelles trahissent les places reconstruites, et présentent l'aspect de lattes.

Les entre-deux sont spécialement recommandables dans les sections composées car les têtes des rivets rendent l'emploi des semelles difficile. Il est vrai que dans ce cas les entre-deux sont aussi plus difficiles à écarter, mais cette difficulté est plus facile à surmonter que l'autre.

Le renforcement et la réparation du pont à l'aide du soudage peuvent se faire tous deux sans qu'il soit nécessaire d'appuyer le pont, c'est à dire sans décharger la construction, au cas où la tension causée par le poids propre n'excède pas environ 40% de la tension totale. Le renforcement nécessai-

re de la barre F_r se calcule de la manière suivante:

Force du poids propre dans la barre S_g
 » » » mobile S_p
 Ancienne section utile F_u

Tension causée par le poids propre . $\sigma_g = \frac{S_g}{F_u}$

» » » » » mobile . $\sigma_p = \sigma_a - \sigma_g$
 $\sigma_a =$ tension admissible.

Section utile renforcée $F_t = \frac{S_p}{\sigma_p}$

Renforcement $F_r = F_t - F_u$

Afin de réduire σ_g il faut commencer par renforcer les poutres principales, et ensuite passer aux parties de la construction moins importantes.

B) RENFORCEMENT DES ASSEMBLAGES À NOEUD.

Le renforcement des assemblages à noeud s'exécute en ajoutant aux rivets des soudures latérales ou frontales, ou les unes et les autres à la fois, moins souvent par d'autres soudures.

Le calcul du renforcement des charpentes rivées au moyen d'assemblages soudés présente de grandes difficultés dans l'adaptation du genre de l'assemblage soudé et des dimensions des cordons avec la surface des rivets — ces deux genres d'assemblages présentant des caractères de travail tout différents. C'est pour cela, que l'addition simple de la résistance des uns et des autres ne donne pas de résultats réels et qu'on doit se baser sur la formule:

$$P_t = P_s = \mu P_r$$

Dans cette formule

P_t = résistance totale de l'assemblage combiné rivé et soudé.

P_r = résistance des rivets,

P_s = résistance des cordons de soudure.

En ce qui concerne le coefficient k - il est à fixer à la base des expériences. De telles expériences ont été conduites dans plusieurs pays: en Suisse, (par M. le prof. Ros et M. l'ing. Bühler), en Allemagne (par M. le prof. Kayser), en Russie (par M. le

prof. Paton), et en Pologne par l'auteur qui a exécuté environ X 220 essais c'est à dire le plus grand nombre jamais exécuté des tels essais.

En se basant sur elles on peut admettre comme moyenne :

$$\begin{aligned} \mu &= 0,7 \text{ pour des cordons latéraux,} \\ \mu &= 0,6 \text{ » » » frontaux,} \end{aligned}$$

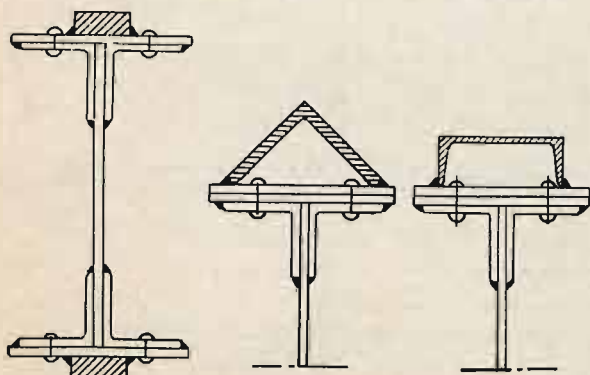
Les cordons doivent être alors calculés de telle sorte qu'ils puissent supporter sans danger une force de :

$$P_t = P_s + 0,6 P_r \text{ event. } P_t = P_s + 0,7 P_r$$

Dans la pratique il sera parfois nécessaire de contrôler la qualité des soudures exécutées par des soudeurs, qui auront travaillé au renforcement et ensuite de déterminer K dans le dit cas. Les conditions peuvent aussi souvent dicter l'emploi d'une méthode de renforcement à l'un des bouts d'une poutre et une autre à l'autre bout de la même poutre.

C) RENFORCEMENT DES POUTRES EN TÔLE.

Le renforcement des poutres en tôle repose généralement sur les principes pré-



cités. D'ordinaire il peut être question d'un agrandissement de section nécessité par les moments fléchissants, les effets des efforts tranchants étant plus rarement cause de la nécessité du renforcement.

Les moments fléchissants nécessitent d'ordinaire l'agrandissement de la section des membrures. Il est le plus facile de le faire en ajoutant la quantité nécessaire de matériel, soit de fers plats, en \perp , ou de cornières, fig. 1, 2, 3, ainsi que je l'ai dit

ci-dessus à l'égard des poutres en treillis. Le plus souvent il s'agit surtout de renforcer les membrures toutes les deux. Il faut, en premier lieu, tâcher de faire les soudures de haut en bas sur la membrure supérieure et inférieure, sans appliquer de soudure du plafond. Donc c'est assez difficile à exécuter d'ordinaire. S'il s'agit de renforcer le moment de résistance d'une façon plus marquée, ou bien lorsqu'il n'est pas possible pour une raison quelconque de renforcer l'une des membrures, alors, au lieu de placer des profilés renforçants directement sur les bandes on peut les placer à distance des membrures et les fixer sur des supports convenables. Nous voyons un renforcement de ce genre sur la fig. 12, où la poutre transversale du pont fut renforcée uniquement par l'addition du fer en \perp se trouvant distant de la membrure d'une distance verticale de 200 mm., et supporté par courtes pièces des profilés I h = 200. Le cas s'explique car on n'avait pas d'accès à la membrure supérieure de la poutre.

Le besoin de renforcement dû aux efforts tranchants apparaît le plus souvent tout près des supports. Il suffit généralement d'y souder une diagonale de renforcement se composant des fers plats, des poutres en T des cornières ou bien rarement d'autres profilés laminés.

Il est plus difficile de renforcer les assemblages des poutres en tôle. Comparativement il est encore le plus facile de le faire en employant des cordons de soudure le long des couvre-joints. Si le résultat obtenu est insuffisant le mieux serait de découper des ouvertures dans les couvre-joints et de les remplir avec du matériel d'électrode.

D) RENFORCEMENT DES PROFILÉS LAMINÉS.

Le renforcement des profilés laminés peut se faire de deux manières :

a) En ajoutant des plates-bandes sur les ailes des poutres. Pour faciliter le soudage il est préférable de donner un couvre-joint plus large au bas de la poutre et plus

étroit au haut, afin d'éviter le soudage au plafond (fig. 4).

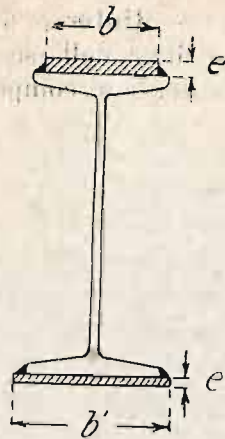


FIG. 4.

leur des ailes de la poutrelle est très grande (plus grande que $25 e$) alors il peut être nécessaire d'employer des soudures à entailles (fig. 5).

b) En ajoutant des membrures, particulièrement aux places où un poids concentré opère sur la poutre (fig. 6). Cette méthode est moins efficace, car elle exige plus de matériel, et son résultat n'est pas encore mathématiquement précis jusqu'à présent. Dans tous les cas cela peut offrir un renforcement de résistance de 20% et davantage, selon les expériences que j'ai exécuté au laboratoire de l'Ecole Polytechnique de Lwów (Leopol).

Nous donnons quelques exemples du calcul des renforcements.

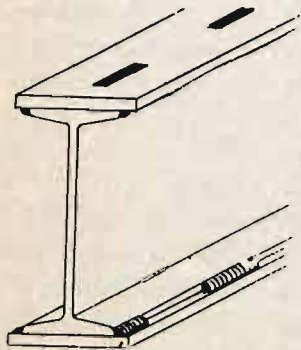


FIG. 5.

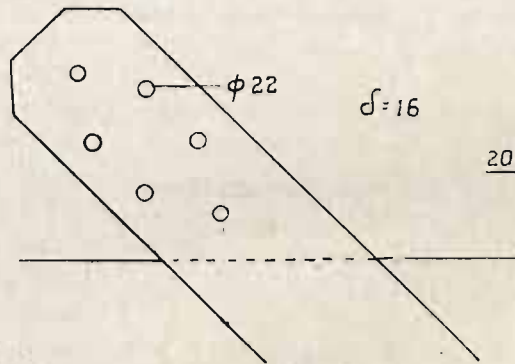


FIG. 7.

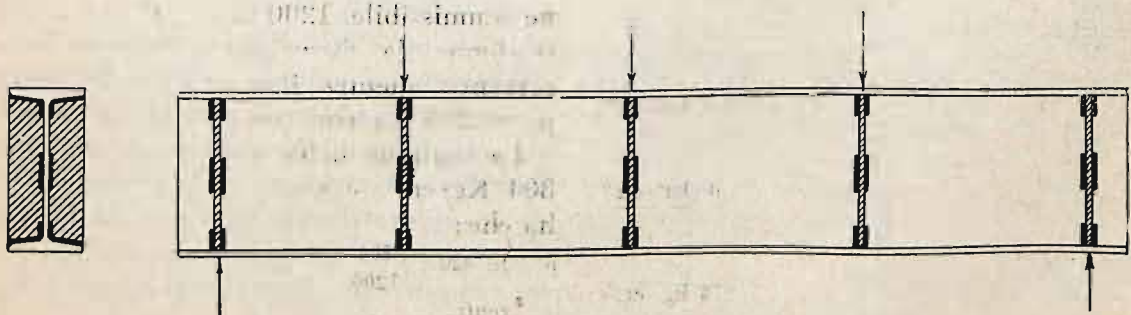
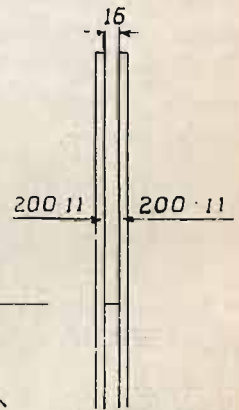


FIG. 6.

La section des deux couvre-joints doit être identique, dont il résulte que leur épaisseur doit être différente, si l'on admet une différente largeur, alors $b \cdot e = b' \cdot e'$.

Certes, cela n'est pas nécessaire lorsqu'on peut poser la poutre dite dans une quelconque position commode.

Quelquefois il peut se passer, que la lar-

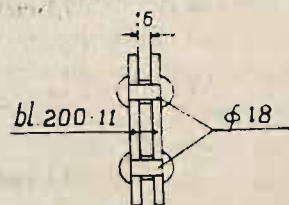


FIG. 8.



FIG. 9.

Exemple 1. Renforcement de la diagonale (fig. 7) composée de deux tôles 200×11 .

Section existante fig. 8.

Section entière . . . $F_0 = 2 \times 20 \times 1,1 = 44,0 \text{ cm}^2$

Affaiblissement causé par les rivets . . . $F_1 = 4 \times 1,8 \times 1,1 = 7,9 \text{ »}$

Section utile . $F_u = F_0 - F_1 = 36,1 \text{ cm}^2$

Force dans la barre causée par le poids constant . . $S_g = 6,85 \text{ tonnes,}$

Force dans la barre causée par le poids mobile . . $S_p = 30,3 \text{ tonnes,}$

Tension admissible . . $K = 804 \text{ kg. cm}^2$

Tension causée par le poids constant . . $\sigma_g = \frac{\tau_r}{F_u} = \frac{6850}{36,1} = 190 \text{ kg. cm}^2$

Tension causée par le poids mobile . . . $\sigma_p = 804 - 190 = 614 \text{ kg. cm}^2$

Section renforcée . . $F_t = \frac{S_p}{\sigma_p} = \frac{30300}{614} = 49,5 \text{ cm}^2$

Section utile existante . . $F_u = 36,1 \text{ »}$

Section du renforcement nécessaire . $F_r = F_t - F_u = 13,4 \text{ cm}^2$

On peut employer ici plusieurs alternatives dont nous acceptons le renforcement à l'aide des deux cornières $60 \times 60 \times 6$ (fig. 9).

Exemple 2. Renforcement de l'assemblage de la diagonale, citée dans l'exemple 1.

L'assemblage existant se compose des six rivets $d = 22 \text{ mm}$.

$$\text{Comme } \frac{2 d 2\pi}{4} \times 0,8 \sigma_a < d \times \delta \times 2 \sigma_a$$

$$\text{c'est-à-dire } \delta > \frac{d \pi}{4} \times 0,8 = \frac{2,2 \pi}{4} \times 0,8 = 1,38$$

Il faut donc compter pour le cisaillement

Tension admissible pour cisaillement $\tau = 0,8 \times 804 = 642 \text{ Kg/cm}^2$.

(Tension dans la barre est 804 kg/cm^2).

Section des rivets dans les deux surfaces de cisaillement.

$$F = \frac{2,2^2 \cdot \pi}{4} = 45,6 \text{ cm}^2$$

$$P_r = F \cdot \tau = 45,6 \cdot 0,642 = 29,3 \text{ tonnes}$$

$$\text{Force dans la barre } S = S_g + S_p = 37,2 \text{ »}$$

$$0,6 P_r = 0,6 \cdot 29,3 = 17,6 \text{ »}$$

$$P_s = 19,6 \text{ tonnes}$$

$$\frac{1}{2} P_s = 9,8 \text{ »}$$

$$\tau : 1200 = 804 : 1200 = 0,67$$

Le Cordon soudé $10 \times 10 \text{ mm}$. une tension admissible 1200 kg/cm^2 pourrait transférer la force $p_{10} = 420 \text{ kg/cm}$. courant, tandis que le cordon $6 \times 6 \text{ mm}$. $p_6 = 280 \text{ kg/cm}$. courant.

La tension dans la barre étant donc 804 kg/cm^2 et non pas 1200 kg/cm^2 , on n'a que

$$p_{10} = 420 \cdot \frac{804}{1200} = 420 \cdot 0,67 = 282 \text{ kg. cm. courant,}$$

En admettant quatre cordons sur deux tôles (par deux sur chaque tôle), nous obtenons leur longueur pour la force $\frac{1}{4} P_s = \frac{1}{4} 19,6 = 4,9 \text{ tonnes.}$

$$l_{10} = \frac{4900}{282} = 18 \text{ cm.}$$

eventuellement

$$l_6 = \frac{4900}{188} = \text{cm. } 126 \text{ (fig. 10).}$$

*Exemples :**Renforcement du ponts à Równe.*

Le pont sur la rivière Ujście à Równe est un pont en treillis ayant les poutres parallèles et le tablier en bas. La portée des poutres est de $21,0 \text{ m}$. et la hauteur de $2,25 \text{ m}$. Les ceintures sont en poutres en double T., les vents verticales et les diagonales se composent en général de fers profilés. A cause de manque de la conservation indispensable toutes les barres se sont rouillées à la hauteur du tablier sur la longueur de $15-20 \text{ cm}$. env. La rouille n'a consumé que certaines surfaces et les autres elle a corrodé d'outre en outre tant qu'il est devenu indispensable d'appuyer le pont sur l'échafaud. Outre cela, la ceinture supérieure

qui n'étaient absolument détruite, était trop faible et la ceinture inférieure sous

Les membrures supérieures et les diagonales ont dû être renforcées à l'aides des

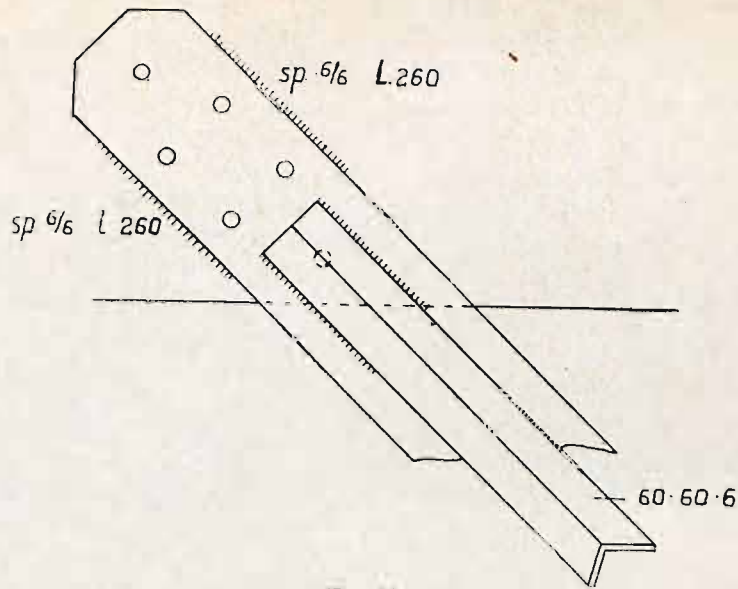


FIG. 10.

l'influence de la deflection de toute la construction, causé avant tout par la de-

poutres en C. Ces poutres en C ont dû être placées selon le principe donné ci-dessus au

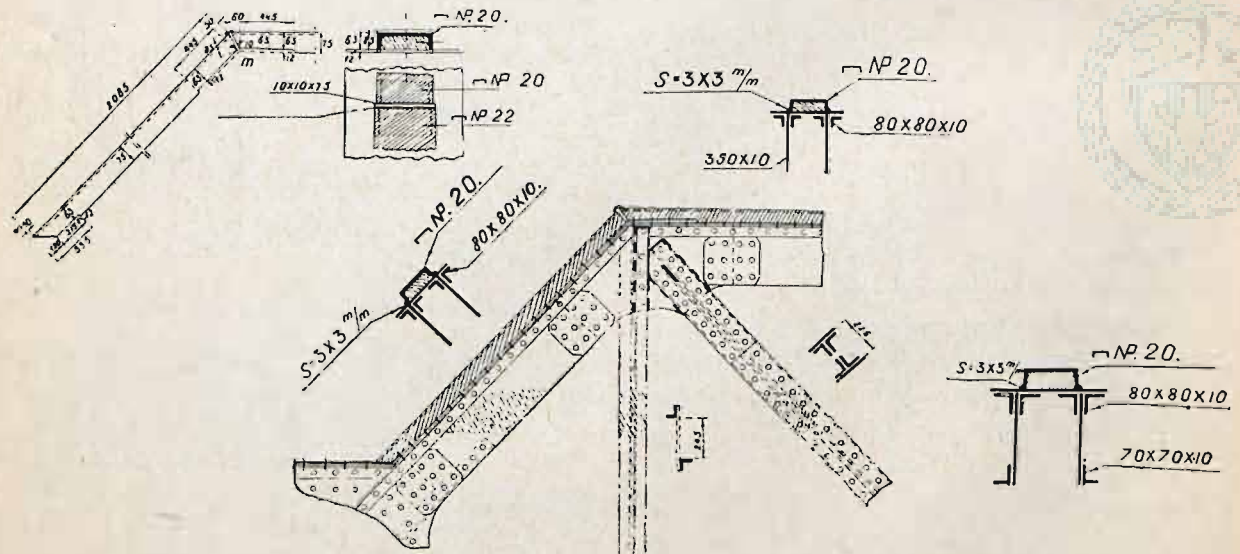


FIG. 11.

struction mentionnée ci-dessus et à cause de manque de renforcements convenable, s'est inclinée aussi et ses parois se sont inclinées les unes vers les autres. Enfin, on a constaté que les assemblages des noeuds des diagonales étaient trop faibles quoique le pont a été déjà renforcé une fois.

point c/, et notamment elles devaient se trouver avec les lignes de soudure entre les rangs des rivets perpendiculaires. Ces poutres en C devaient être mises mutuellement perpendiculairement les unes envers les autres à cause des goussets de la ceinture supérieure dont la quantité est variable. De plus, le coupage des ailes des poutres en C sur une longueur convenable rend possi-

Le projet du renforcement a été exécuté de la manière suivante (fig. 11 et 12).

ble le placement nécessaire sur les goussets: le coupage était à exécuter à l'aide du chalumeau oxy-acétylénique. Les parties des plaques transversales composées de tôles rectangulaires *m*. Vu d'assurance contre la rouille, les poutres en C étaient à remplir ensuite de mortier de ciment.

Le renforcement dans ses parties corro-

obtenir déshydration nécessaire qui n'existait pas.

On a projeté le renforcement des poutres transversales aussi trop faibles, par la soudure en bas de la poutre en C, appuyée sur les consoles, et par cela même créer une poutre renforcées (fig. 12). Sur les figures le renforcements sont rayés.

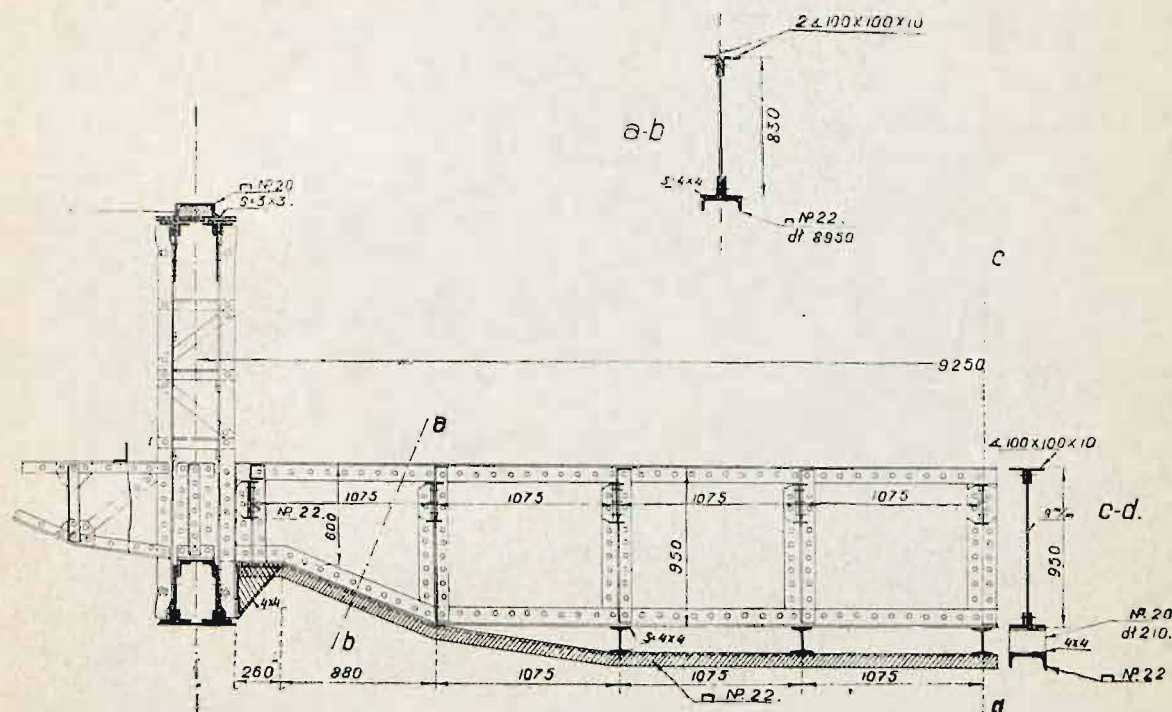


FIG. 12.

sées par la rouille devait être exécuté à l'aide des tôles, couvrant les parties corrodées soudées à l'ame des barres, avec le remplissage des vides de mortier de ciment ou de mastic.

La reconstruction des diagonales a été projeté dans certains cas par rechargement à l'arc. Mais comme sa plus grande partie a été corrodée à un tel degré qu'il n'est resté qu'une quantité minimale de matériel, on a projeté dans quelques diagonales le coupage des parties détruites et leur échange par les fers profilés convenables.

Le renforcement de la membrure inférieure a été projeté par le placement des renforcements nécessaires, qui écarteraient les parois détruites, et de plus, par le placement d'une descente en béton, couverte d'asphalte ayant la pente de 2% env. pour

RENFORCEMENT DU CHEVALEMENT DANS LA HOUILLERE.

« Wujek »

Le renforcement du chevalement dans la houillère « Wujek » est un des travaux plus importants de ce genre et mérite une description prenant en égard les dimensions du renforcement exécuté et la diversité des constructions appliquées.

Les dimensions du renforcement prouve le mieux la comparaison du poids du matériel nouveau employé pour le renforcement qui dépassait 35 tonnes, tandis que le poids du chevalement ancien était de 90 tonnes.

Le chevalement (fig. 13) a une section rectangulaire des dimensions 5132 x 4332

venant des rivets ont été remplis par le fil fondu.

Dans les noeuds du treillis des parois du

Dans la partie supérieure ce même pilier composé de deux cornières fut renforcé à l'aide des deux poutres placées oblique-

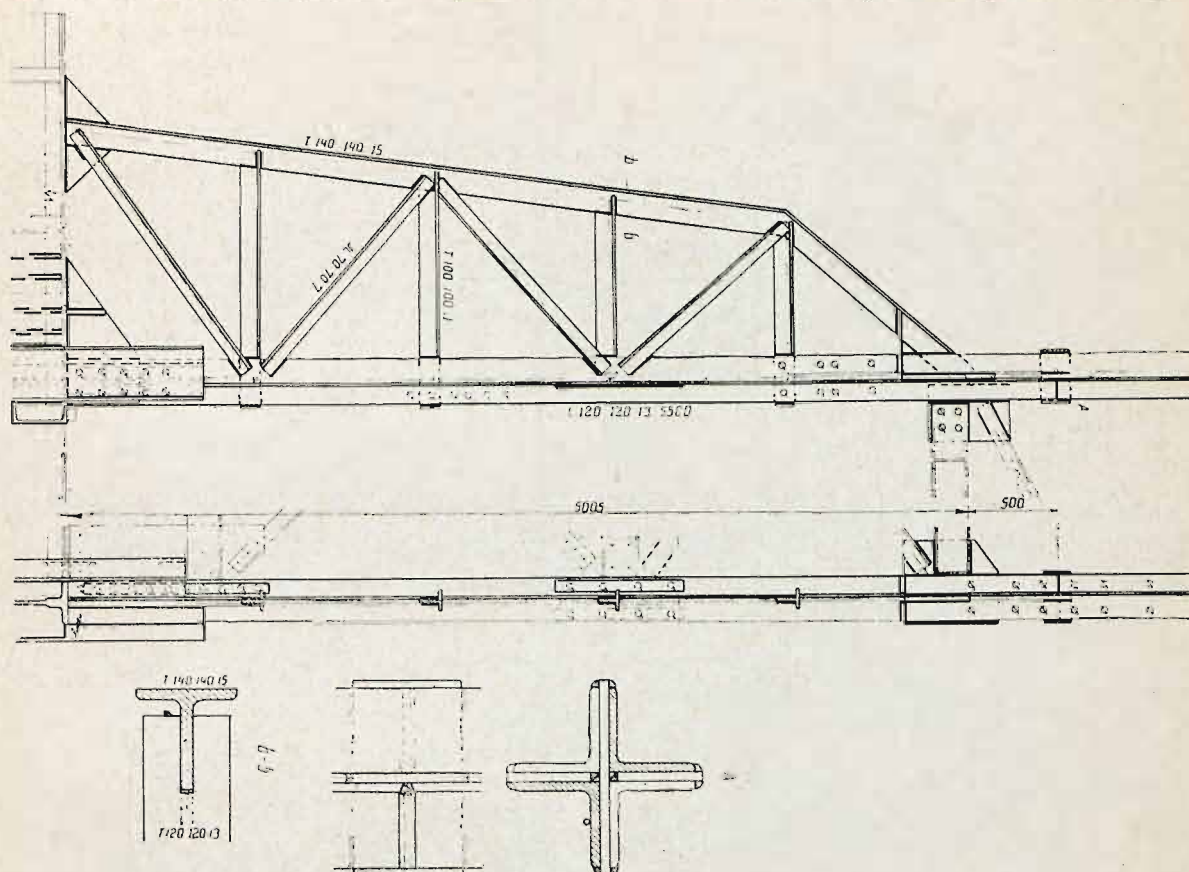


FIG. 14.

chevalement on a coupé dans les cornières ajoutées des piliers les trous correspondants

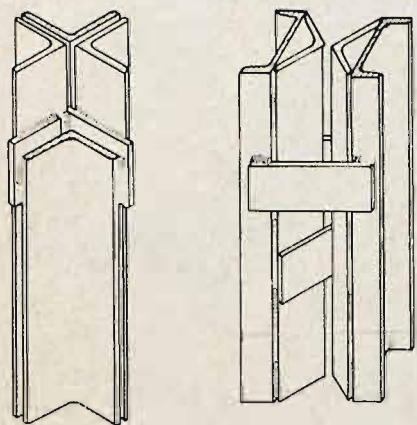


FIG. 15.

aux têtes des rivets des goussets, et la section des cornières affaiblie par cette opération fut agrandie par les goussets des fers plats.

ment envers les cornières (fig. 15). Les poutres ont été soudées aux bras des cornières à l'aide des cordons de soudure frontales interrompus. Les poutres, ont été liées entre elles à l'aide des fers plats.

Les piliers composés de deux cornières placées l'une à côté de l'autre et dirigées avec les bras hors du chevalement ont été renforcés par l'addition d'une autre paire de cornières de l'intérieur (fig. 16).

Les joints liants, ont été soudés à l'atelier avec une de cornières supplémentaires (la soudure 1) et au chantier ont été exécutées d'abord les soudures 2) liant les joints avec les cornières du pilier ancien et enfin il a été placée une autre cornière supplémentaire et ont été exécutées les soudures 3).

L'assemblage avec les goussets existantes des parois latéraux a été exécuté de l'extérieur de cette façon que le bord de la tôle

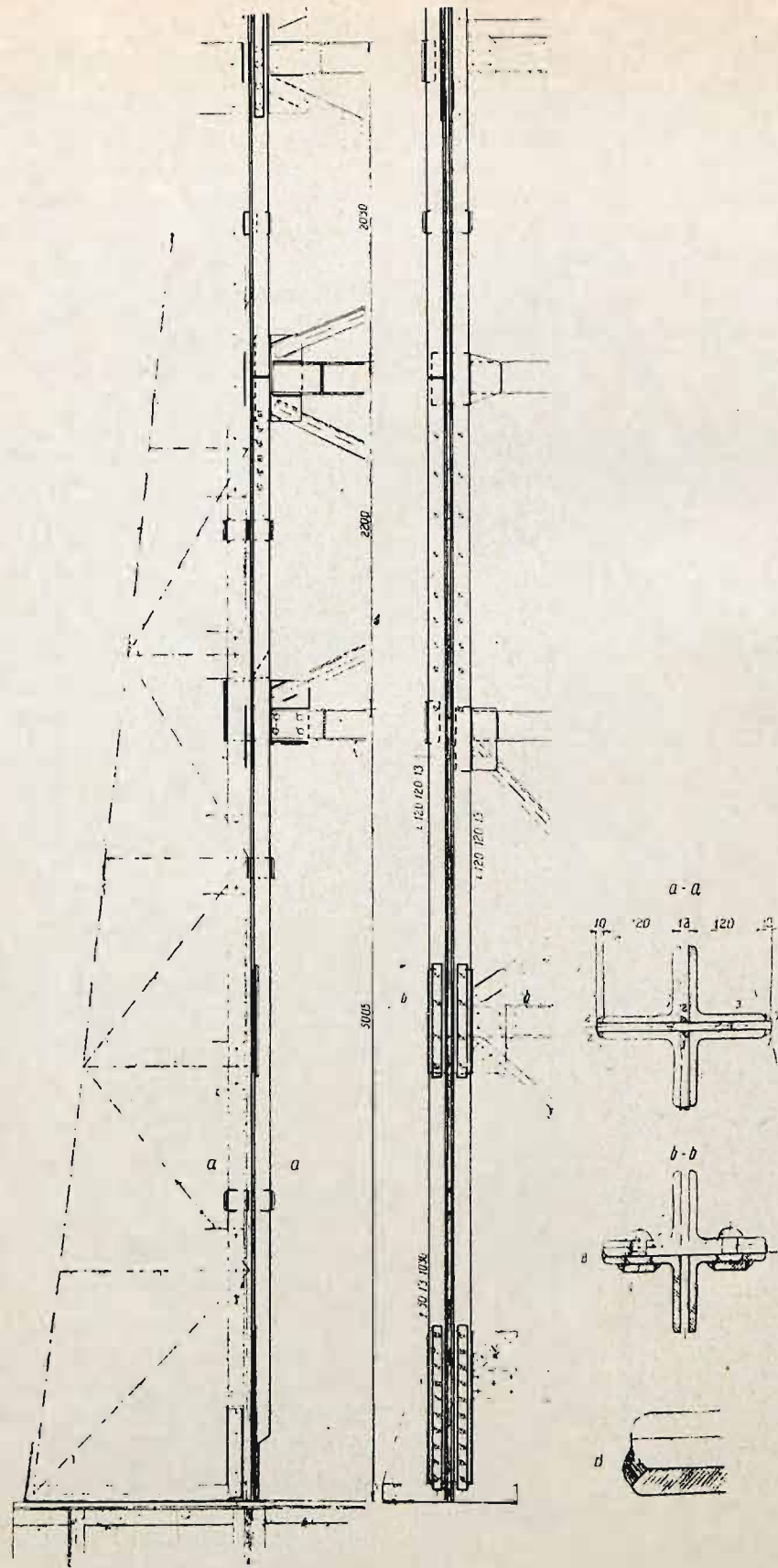


FIG. 16.

et le bord de la cornière supplémentaire ont été chanfreinés et la rainure en forme extérieur ou a placé la poutre à une distance de 80 mm. des cornières.

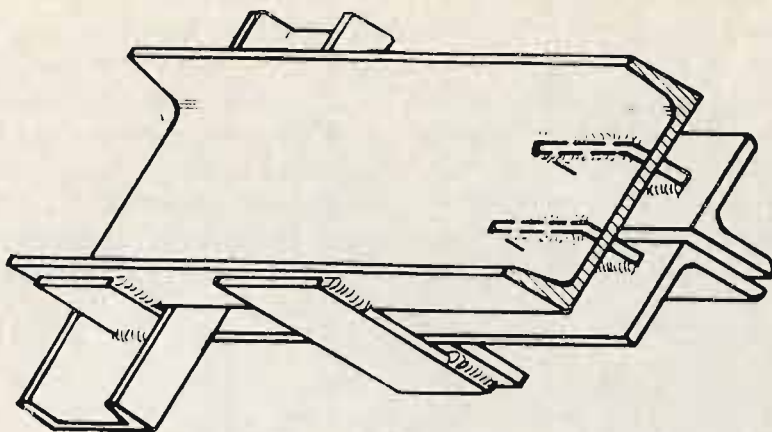


FIG. 17

de V obtenue par le chanfreinage a été remplie d'électrode.

La poutre en L a été liée avec les cornières à l'aide des membranes doubles

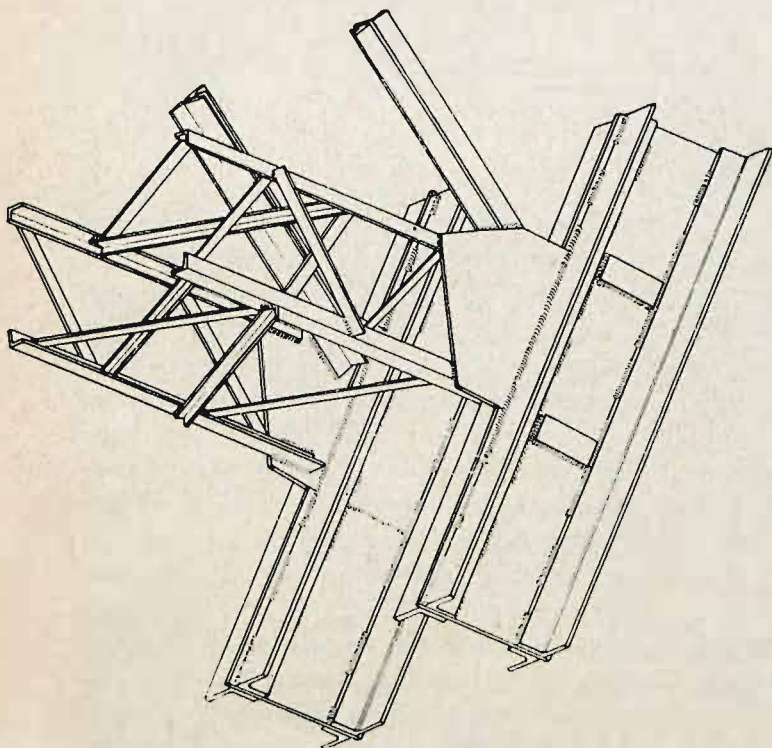


FIG. 18.

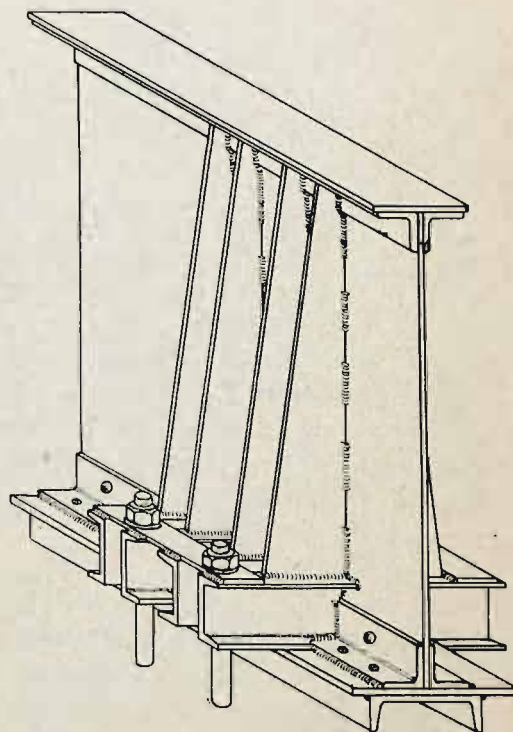


FIG. 19.

Les piliers du parois du milieu se composant de deux cornières l'une à côté de l'autre dirigées avec ses bras vers le milieu du chevalement ont été renforcées par l'addition d'une poutre en L (fig. 17) de l'extérieur. Pourtant, afin d'éviter les poutres horizontales et les diagonales du parois

composées de tôles et des joints des fers plats soudés directement aux pieds des poutres en L et aux cornières à l'intermédiaire des cornières courtes.

Les piliers se composant de quatre cornières liées de quatre côtés par le treillis ont été renforcés de la sorte qu'après la

suppression du treillis de deux côtés on a ajouté les goussets complets de tôle sur toute la longueur du pilier ainsi que quatre cornières dans la partie inférieure (fig. 18).

Le treillis joignant les deux piliers cités entre eux a été transformé aussi par l'addition d'une poutre horizontale intermédiaire, en même temps on a supprimé et coupé à une longueur correspondante deux diagonales que l'on a usé pour l'établisse-

la tour au corps de bâtisse à 6 étages, là ou se trouvaient placés les contreventements angulaires verticaux de la tour. L'addition du 16 étage rendit nécessaire le renforcement de certains piliers et de main poutres soutenant les piliers de la partie supérieure de la tour. Le renforcement des piliers fut effectué comparativement très facilement, en soudant aux poutres en double T composant les piliers des éléments convenables notamment des couvre-joints. Par

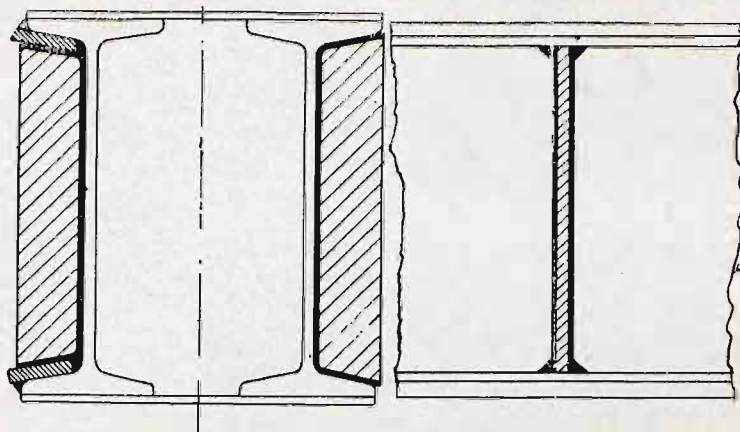


FIG. 20.

ment de la diagonale du treillis changé.

Fig. 19. Représente l'ancrage supplémentaire des poutres de la base du chevalement. A l'âme de la poutre porteuse on a soudé les consoles détournées se composant de poutres en C et les tôles triangulaires. Les ancres entrent entre les poutres en C de la console et par ses écrous elles s'appuient sur les joints assemblant les poutres en L

RENFORCEMENT DE L'OSSATURE MÉTALLIQUE DU BÂTIMENT À 16 ÉTAGES DE LA SOCIÉTÉ « PRUDENTIAL » À VARSOVIE.

Ce bâtiment a été exécuté comme construction à ossature métallique soudée à l'usine et rivée au chantier.

Il se compose de deux parties dont l'une à 6 étages, l'autre une haute tour, qu'on projeta d'abord à 15 étages. Au cours de la construction on décida d'ajouter encore un étage (le 16-ème) et de plus il fut nécessaire de pratiquer un large passage de

contre le renforcement des main poutres fut rendu très difficile, comme il était impossible d'ajouter des couvre-joints. L'emploi du soudage permit d'obtenir le renforcement d'une manière très simple: on souda notamment aux âmes des poutres (en double T $h = 500$ mm.) à des intervalles de 1.00 m. et sous les piliers et les supports à des intervalles plus serrés, des nervures de fer plats (80×15) fig. 20. Cette méthode permit d'accroître la résistance des poutres de 20 % et plus sans avoir recours à des couvre-joints. Les nervures furent soudées en premier lieu aux places où des charges concentrées opèrent sur la poutre. Indépendamment de ce renforcement, on souda aussi aux flanches aux places des moments les plus importants, des couvre-joints partiels de fers plats. La première de ces méthodes n'aurait pu donner au rivetage de résultats satisfaisants, l'âme serait donc au contraire affaiblie par les ouvertures pratiquées pour les rivets. Quant au second moyen, il est presque inapplicable à l'aide du rivetage.

L'importance du sondage s'est signalée d'une manière encore plus marquée, dans l'exécution du passage, déjà mentionné. On décida de joindre des escaliers d'entrée, se trouvant dans les murs latéraux de la tour, par de larges escaliers avec le niveau de la partie à 6 étages avoisinante. Les poutres entre les piliers 1, 24 i 23 (fig. 21) installées au niveau du plancher du rex-dechaussé et les contreventements du pilier N. 24 y faisaient obstacle.

la à cause des ouvertures destinées aux rivets, ce qui mènerait à l'affaiblissement de la section primitive.

TRANSFORMATION DE LA CHARPENTE MÉTALLIQUE À OSTROWIEC.

Comme un exemple intéressant d'application de la soudure pour le renforcement des constructions en treillis rivées peut en-

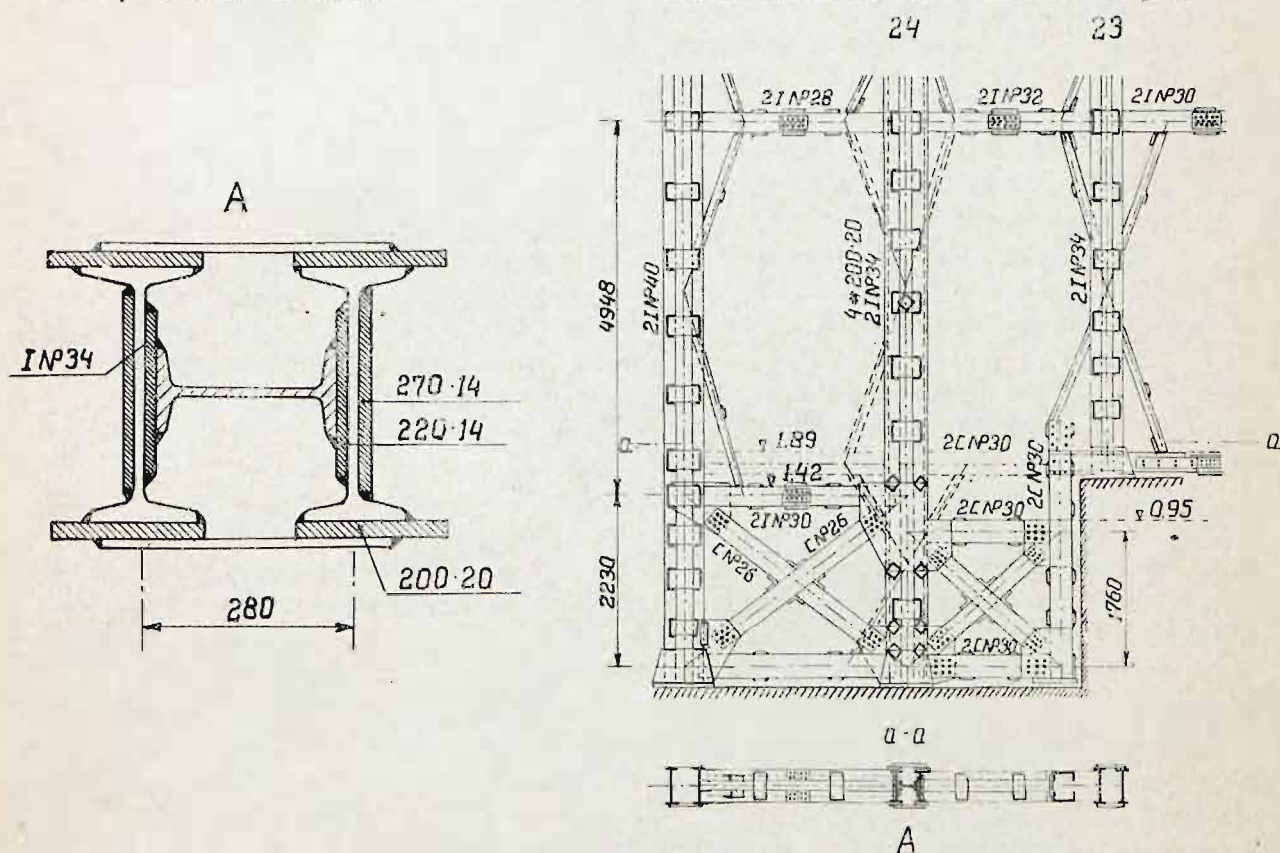


Fig. 21.

Ces éléments furent décomposés sans difficulté à l'aide d'un chalumeau oxy-acétylénique. Les nouvelles poutres furent installées aux niveaux ± 0.95 et ± 1.42 , conformément à la construction. Le contreventement fut remplacé par le renforcement de la section du pilier N. 24 où on ajouta au fer à double T du pilier des couvre-joints et en troisième fer en double T placé au milieu du pilier.

L'exécution d'un renforcement de ce genre dans une construction rivée, aurait été incomparablement plus difficile, et ce-

fin servir la transformation de la charpente à Ostrowiec, projetée et exécutée par les Etablissements de Ostrowiec. C'est une transformation complète de la construction rivée existante ou plutôt l'utilisation de celle-ci pour l'établissement d'une construction. A savoir, la charpente à deux inclinaisons ayant une portée de 16,50 m. a été transformée dans une charpente d'une portée de 25,65 m. (fig. 22).

Pour ce but on a coupé la poutre en treillis existante a en deux parties de 8,25 m. et on a placé entre elles une partie du mi-

lieu *b* d'une longueur de 9,15 m. spécialement construite, avec une verrière.

Par l'assemblage de ces trois parties on a formé une nouvelle poutre en treillis d'une portée de $2 \times 8,25 = 9,15 = 26,65$ m. En liaison avec l'augmentation de la portée on a dû renforcer des ceintures de la partie *a*.

En coupant la poutre en treillis existante la verticale du milieu et le gousset inférieur, tandis que le gousset supérieur a été coupé d'une manière symétrique en deux.

On a renforcé la ceinture supérieure se composant de deux cornières $80 \times 80 \times 10$ m. en y soudant une poutre en 11 14. ce qui est montré sur la section a-b et la ceinture inférieure se composant de deux cornières $65 \times 65 \times 7$ mm. en y soudant un gousset de fer plat de 170×8 mm. (Section e-f).

La partie du milieu a été exécutée complètement à l'aide de la soudure. Sa force a été admise d'une telle manière qu'après l'assemblage de toutes les trois parties elle représente la forme nécessaire de la poutre en treillis. La hauteur des verticales extrêmes de la partie *b* fut alors admise égale à la hauteur de la verticale du milieu de la poutre ancienne en treillis et la pente de la ceinture supérieure est égale à la pente de l'ancien toit.

La ceinture supérieure a été exécutée de deux poutres en C N. 14 (section c-d).

La poutre en C supérieure se trouve en une ligne avec la poutre en C, renforçant la ceinture ancienne, grâce à cela elles avaient pu être exécutées d'une seule pièce ce qui a contribué dans un grand degré à un fort assemblage de la partie *c* avec les parties *a*.

La ceinture inférieure a été exécutée également d'une poutre en C N. 14 dirigée vers le haut (section g-h). Les verticales extrêmes ont été exécutées de poutre en double T N. 14, les verticales intermédiaires de deux poutres en C N. 8 chacune et les diagonales de deux cornières $50 \times 50 \times 6$.

Les verticales se joignent avec les ceintures à bout où dans les verticales extrêmes l'âme de la poutre en double T coïncide avec l'âme de la poutre en C de la

ceinture inférieure, et les franches coupées plus court avec les flanches de la poutre en C.

Dans les verticales intermédiaires l'âme de la poutre en C de la verticale est jointe avec les flanches de la ceinture. Les flanches des poutres en C entrent plus profondément et se joignent avec l'âme de la poutre en C de la ceinture.

Les cornières de la diagonale sont placées à une distance de 14 cm. l'une de l'autre et embrassant les ceintures et les verticales y sont liées à l'aide des soudures latérales.

Tous ces assemblages sont exécutés sans goussets. On ne les a employés que dans la verrière, à savoir, dans le noeud supérieur de la verrière et dans le noeud liant la verrière avec la charpente (noeud 3).

L'assemblage de la poutre *b* avec les poutres *a* a été exécuté de la manière suivante :

Le noeud supérieur (2) la poutre en C supérieure, comme est dit ci-dessus, passe à travers, représentant un fort raccordement des ceintures des deux parties.

La poutre en C inférieure de la ceinture supérieure est liée avec les cornières de la ceinture ancienne à l'aide du fer plat de 80×12 mm. c'est à dire par un assemblage croisé.

Le gousset coupé de la partie *a* est soudé le long de la ligne du coupage avec l'âme de la poutre en double T de la verticale.

Dans le noeud inférieur (1) la poutre en C de la nouvelle ceinture passe d'environ 200 mm. hors le noeud. A cette même longueur les bras horizontaux des cornières de l'ancienne ceinture sont coupés de la façon de l'âme de la poutre en C. entre à leur place et est soudée avec le bras verticaux des cornières. Cependant le gousset renforçant la partie *a* atteint le noeud même et est également jointe à l'aide des soudures avec la poutre en C de la partie *b*. De cette manière la poutre en C de la nouvelle ceinture est introduite dans la fourche créée par les bras des cornières et le gousset ce qui donne un assemblage fort et bien sûr.

Rinforzo delle strutture metalliche mediante la saldatura

STEFAN BRYLA

Dottore-Ingegnere, Professore alla Scuola Politecnica di Lwów (Leopoli) Polonia.

Il rinforzo delle strutture metalliche si eseguisce ordinariamente aggiungendo i pezzi di rinforzo mediante i bulloni o rivestendo la costruzione metallica con il cemento armato. Però la saldatura la cui applicazione si è così grandemente generalizzata nell'arte tecnica, ha aumentato, specialmente in questo ramo, le possibilità dell'ingegnere costruttore.

La saldatura possiede dei vantaggi che mancano ai metodi menzionati più sopra. Il rivestimento col cemento armato, generalmente molto utile, produce nondimeno un aumento considerevole nel peso della costruzione, ciò che spesso non è ammissibile dal punto di vista del sostegno, e, al di fuori di ciò, impone spesso l'uso di una quantità tale di acciaio nelle parti tese, che spesso sorpassa la quantità di acciaio in una costruzione essenzialmente metallica. Il rinforzo con i bulloni è spesso difficile e imbarazzante, perchè si è obbligati a togliere i bulloni esistenti, sostenendo la costruzione durante il lavoro, e adattando molto scrupolosamente le nuove parti in modo che i fori rispettivi siano perfettamente in registro prima di fissare i nuovi bulloni.

Queste difficoltà hanno per effetto che il rinforzo dei ponti e di altre costruzioni in acciaio mediante la bullonatura, si riscatta nei limiti di circa il 30 % del peso della costruzione metallica esistente, e inoltre, in qualche forma d'intelaiatura e di sbarre, questo metodo riesce quasi impossibile, e vi è talvolta anche l'impossibilità

di aggiungere nuovi bulloni, ciò che non permette di rinforzare la costruzione.

La saldatura non presenta quasi nessuna di queste difficoltà. Il rinforzo della costruzione metallica non esige la rimozione dei bulloni, ciò che permette di evitare l'indebolimento anche momentaneo della costruzione, e la necessità di adattarsi ai bulloni esistenti. La saldatura può infine applicarsi a tutte le forme di sbarre e di travi. Un rinforzo adatto di tutto l'insieme può essere eseguito con la maggiore semplicità e facilità.

L'applicazione di questo metodo apre anche delle enormi possibilità dal punto di vista della costruzione dei ponti e delle costruzioni metalliche in generale. Se il danno è soltanto locale, anche quando sia considerevole, il rinforzo mediante la saldatura è possibile anche quando esso risulta difficile o perfino impossibile a eseguirsi mediante la bullonatura.

Diamo qui appresso i principii che possono servire per il rinforzo diretto, e cioè senza cambiamento del sistema statico principale della saldatura; il rinforzo indiretto essendo anche più facile. Questi principii si riferiscono:

A) al rinforzo delle sbarre troppo deboli o parzialmente distrutte;

B) al rinforzo di tutto l'insieme.

Questi due problemi sono egualmente importanti. L'impossibilità di risolvere uno di essi ridurrebbe l'applicazione del rinforzo delle strutture metalliche a un nu-

mero di casi molto limitato. Noi esamineremo questi due problemi dal punto di vista dell'applicazione della saldatura. Le nostre considerazioni sono accompagnate da qualche esempio eseguito in Polonia.

Anzitutto noi daremo i principii relativi al rinforzo delle travi a traliccio e dopo alle travi ad anima piena.

A) RINFORZO DELLE SBARRE DELLE COSTRUZIONI A TRALICCIO.

Due casi possono presentarsi: il più sovente si deve eseguire una struttura (un ponte) le cui sbarre sono state calcolate in base a dei sopraccarichi molto meno considerevoli di quelli che si prendono per base oggi, e perfino di quelli che oggi si prendono per base in pratica. Oppure in qualche caso la ricostruzione è causata dall'indebolimento della struttura a causa della ruggine o per altre cause.

1) *Rinforzo in seguito all'aumento del sovraccarico.*

Un ponte deve essere rinforzato o ricostruito quando la tensione ammissibile è stata oltrepassata di una data cifra (33 % in Francia, 20 % in Polonia e in Germania).

Occorre distinguere il rinforzo diretto e indiretto. Quest'ultimo consiste nello scaricare la sezione danneggiata, cambiando il sistema statico, cioè aggiungendo delle sbarre dopo essersi assicurati della loro azione rispettiva.

Nel rinforzo delle sbarre si tratta di aumentare la quantità del materiale delle sbarre; si debbono allora aggiungere dei profilati nuovi della sezione necessaria. Si deve inoltre fare attenzione a non sorpassare il centro di gravità della sbarra, e spostarlo il meno possibile.

Nel caso di sbarre simmetriche, occorre collocare simmetricamente i profilati di rinforzo, ciò che in generale non riesce molto difficile. Nel caso di sbarre asimmetriche, si cerca di lasciare i loro centri di gravità sullo stesso asse, ciò che è sempre difficile

e qualche volta impossibile. Gli elementi dei travi a traliccio sono molto spesso asimmetrici, come anche gli elementi superiori e inferiori. In questi elementi gli assi dei centri di gravità sono quindi spesso parzialmente spostati, e conseguentemente in questi casi, esiste « a priori » uno spostamento dell'asse dell'insieme della costruzione. Un accordo perfetto dopo il rinforzo non è indispensabile; si tratta soltanto di ridurre al minimo questo spostamento e ciò si può realizzare quasi sempre.

Il metodo migliore sarebbe di aggiungere i pezzi di rinforzo senza urtare gli ostacoli che presentano le teste dei chiodi. Il più semplice sarebbe di rinforzare le sbarre sulle superfici dove non ve ne siano, ma ciò è raramente possibile tanto più che il lato economico della questione entra in gioco; e cioè la possibile riduzione della saldatura. Nell'estimo delle costruzioni di rinforzo delle costruzioni chiodate, la quantità del materiale occorrente non è l'articolo più importante, bensì la saldatura stessa. Si tratta di ridurre al minimo possibile la quantità di elettrodi, e proporzionalmente anche la quantità di elettricità o di acetilene.

Si è quindi spesso costretti di collocare i pezzi di rinforzo sulle superfici sulle quali le teste dei chiodi formano un ostacolo. Nel rinforzare il ponte mediante la chiodatura, si dovrebbero assolutamente togliere questi. Se si usa la saldatura, queste difficoltà possono essere facilmente superate.

Questi rinforzi possono essere eseguiti in molti modi:

a) Si può aggiungere una snola avente dei fori perforati al posto dei chiodi, e riempire questi fori con il materiale dell'elettrodo. Questi fori debbono essere più grandi delle teste dei chiodi, in modo che l'elettrodo possa abbracciare non solo la testa del chiodo, ma anche l'acciaio della costruzione. Ciò è importante perchè la resistenza dei chiodi può mancare al contatto immediato del materiale fuso dell'elettrodo. D'altra parte questo metodo richiede molto materiale di saldatura e conseguentemente un maggiore consumo di corrente elettrica (o di acetilene).

b) Si possono applicare delle piccole soles di uno spessore eguale o un poco più grande dell'altezza delle teste dei chiodi. Queste soles possono essere formate da ferri piatti o perfino da ritagli di lamiera. Non è che su queste soles che si collocano i veri elementi di rinforzo consistenti in lamiera o in profilati (p. esempio i ferri a \perp). Questo tipo di rinforzo esige relativamente molta saldatura; giacchè occorrono i *cordoni doppi*; gli uni colleganti le soles con la costruzione, e gli altri colleganti gli elementi di rinforzo con le soles.

c) Infine si possono scegliere come pezzi di rinforzo i profilati che non vengono a urtare contro le teste dei chiodi, ma che si toccano sulla superficie della sbarra rinforzata. Si possono allora usare anzitutto le travi a \perp oppure delle cerniere, ma si possono anche applicare altri profilati. Per rinforzi deboli, si possono anche applicare dei ferri piatti orizzontali o verticali. Quest'ultimo tipo è però molto dispendioso, perchè occorre spesso applicare dei piccoli sostegni in lamiera per fissarli meglio in posizione. Bisogna scegliere questi profilati in modo che si possano saldare i cordoni senza avvicinarsi troppo alle teste dei chiodi. Questo metodo è molto più semplice ed esige meno cordoni, conseguentemente esso è il più economico, ma esso presenta lo svantaggio di spostare il centro di gravità più di quello del metodo b). Qualche volta si può collocare il rinforzo sulle parti esenti da chiodi, ma siccome si tratta di superfici generalmente piccolissime, l'uso dei piccoli sostegni s'impone spesso.

Il punto debole dei metodi b) e c), è che essi lasciano degli spazi liberi, difficilmente abbordabili che lasciano la superficie dei profilati esposti alla ruggine, e per conseguenza alla distruzione. Questi spazi debbono essere riempiti di mastice o di cemento. Il mastice è il più vantaggioso usando il processo « b »; il cemento o il calcestruzzo con il processo « c »). Il cemento possiede le più grandi qualità di conservazione.

2) *Rinforzo dovuto in seguito ai danni causati dalla ruggine, i colpi ecc.*

Un altro caso si presenta quando le sbarre particolari delle strutture sono danneggiate dalla ruggine o da altre cause. Questi danni possono prodursi in varie parti della costruzione, e variare molto d'importanza.

La scelta del metodo di rinforzo dipenderà dunque da questi due fattori.

Se il danno non è troppo considerevole, e soprattutto se la superficie della sbarra non sia troppo consumata, il metodo di riparazione più semplice è di saldare il metallo dell'elettrodo sulla parte danneggiata, dopo averla precedentemente pulita e preparata. Una delle prime applicazioni della saldatura in questo campo è stata la ricostruzione del ponte di Pittsburg. Si trattava allora di corrosione dovuta alla ruggine.

Ma vi sono dei casi più gravi, e cioè la distruzione della costruzione metallica è qualche volta così considerevole che non rimane che una piccola parte della sezione della barra, e cioè il 50 % e meno. Nei casi estremi, può succedere che la sezione sia in un punto completamente distrutta.

Non si potrà allora impiegare il processo anzidetto, a meno che il materiale formato in questo modo non sia tanto soddisfacente come quello della costruzione. Una tale distruzione può essere causata dalla ruggine o da altri fattori esterni, p. es.: dai colpi, dalle esplosioni, ecc. Nel caso che si possa sostituire la parte distrutta con una nuova, questa dovrà essere collocata fra dei copriginanti, che trasferiranno le forze interne.

Quando si desidera applicare dei nuovi pezzi fra i giunti, bisogna togliere il materiale della sbarra lasciando soltanto il materiale non corrosivo. Per maggior sicurezza si asporta il materiale sopra una superficie che oltrepassa di qualche centimetro la superficie danneggiata. Quindi si prepara il pezzo di giunzione e infine lo si unisce con la saldatura col materiale della sbarra. Per ottenere un buon risultato, il punto di unione dovrà essere ben smussato e pulito.

Il pezzo di giunzione dovrà essere un po' più corto dello spazio intercedente fra i pezzi tagliati, in modo che dopo la svasatura a V, che è quella che si usa più comunemente, il materiale dell'elettrodo possa penetrare sino in fondo alla sbarra.

E' molto importante fissare tutte le parti nell'insieme in linea retta e di garantire loro l'immutabilità dell'asse durante la saldatura.

Con un buon lavoro si può ammettere che la saldatura avrà una resistenza eguale almeno all'80 % della resistenza del materiale della costruzione. Ciò è completamente sufficiente perchè la sezione utile (netta) non arriva generalmente a questa cifra. Con dei saldatori provetti e con buoni elettrodi, si può aumentare questa cifra anche sino al 100 %.

Nell'esecuzione delle saldature occorre tener conto delle deformazioni termiche.

L'applicazione delle solette è, senza confronto, la più semplice, perchè quasi nessun aggiustamento nè nessuna ripassatura è necessaria al di fuori della pulitura delle sbarre sulle quali si opera la saldatura.

Le fessure che restano nelle parti distrutte debbono essere riempite col mastice e con una malta di cemento.

La ricostruzione mediante le solette è più sicura di quella dei giunti, ma se si considera il lato estetico, si deve piuttosto raccomandare quest'ultima costruzione perchè le solette fanno apparire le parti ricostruite, e presentano l'aspetto di rappezature. I giunti sono specialmente preferibili nelle sezioni composte, perchè le teste dei chiodi rendono difficile l'uso delle solette. E' vero che in questo caso i giunti sono anche più difficile a farsi, ma queste difficoltà sono più facili a superarsi delle altre.

Il rinforzo e la riparazione del ponte mediante la saldatura, possono farsi ambedue senza che sia necessario di puntellare il ponte, e cioè senza scaricare la costruzione, nel caso in cui la tensione prodotta dal peso proprio non ecceda circa il 40 % della tensione totale. Il rinforzo accessorio della sbarra F_r si calcola nel modo seguente:

Forza del peso proprio alla sbarra	S_g
» » » mobile	S_p
Vecchia sezione utile	F_u
Tensione prodotta dal peso proprio	$\sigma_g = \frac{S_g}{F_u}$
» » » peso mobile	$\sigma_p = \sigma_a - \sigma_g$
$\sigma_a =$ tensione ammissibile.	
Sezione utile rinforzata	$F_t = \frac{S_p}{\sigma_p}$
Rinforzo	$F_r = F_t - F_u^*$

Allo scopo di ridurre σ_g occorre incominciare dal rafforzamento delle travi principali, e quindi passare alle parti meno importanti della costruzione.

B) RINFORZI DELLE STRUTTURE A NODO.

I rinforzi delle strutture a nodo si effettuano aggiungendo ai chiodi delle saldature laterali o frontali, o le une e le altre allo stesso tempo, più raramente con altre saldature.

Il calcolo del rinforzo delle strutture chiodate mediante gli insiemi saldati, presenta delle grandi difficoltà nell'adattamento del tipo dell'insieme saldato e delle dimensioni dei cordoni con la superficie dei chiodi; questi due tipi di insieme presentano delle caratteristiche di lavoro completamente diverse. È perciò che l'aggiunta semplice della resistenza degli uni e degli altri non consegue risultati reali, e si dovrà basarsi sulla formola:

$$P_t = P_s = \mu P_r$$

In questa formola:

P_t = resistenza totale dell'insieme combinato bullonato e saldato.

P_r = resistenza dei bulloni.

P_s = resistenza dei cordoni di saldatura.

Per ciò che si riferisce al coefficiente k , questo dovrà determinarsi in base alle esperienze. Queste esperienze sono state eseguite in vari paesi: nella Svizzera (dal Prof. Ros, e l'Ing. Buhler) in Germania (dal Prof. Kayser), in Russia (dal Prof. Paton) e in Polonia dall'autore che ha eseguito circa 220 prove, e cioè il più grande nu-

mero che sia mai stato eseguito in questo tipo di indagini.

Basandosi su di esse, può ammettersi come media:

$$\begin{aligned} \mu &= 0,7 \text{ per i cordoni laterali} \\ \mu &= 0,6 \text{ » » » frontali} \end{aligned}$$

I cordoni debbono essere allora calcolati in modo tale, che possano sostenere senza pericolo una forza di:

$$P_t = P_s + 0,6 P_r \text{ event. } P_t = P_s + 0,7 P_r$$

Nella pratica sarà talvolta necessario controllare la qualità delle saldature eseguite dai saldatori che hanno eseguito il lavoro di rafforzamento, e quindi determinare k nel detto caso. Le condizioni possono spesso anche dettare l'uso di un metodo di rinforzo ad una delle estremità di una trave, e una all'altra estremità della stessa trave.

C) RINFORZO DELLE TRAVI IN LAMIERA.

Il rinforzo delle travi in lamiera è generalmente basato sugli stessi principii più sopra esposti. Ordinariamente si tratta di un aumento di sezione reso necessario dai momenti flettenti, gli effetti degli sforzi di taglio essendo più raramente la causa della necessità del rinforzo.

I momenti flettenti rendono spesso necessario l'aumento della sezione degli elementi. Riesce più facile di far ciò aggiungendo la quantità necessaria di materiale, o dei ferri piatti, ad \perp , o in angolari, come è illustrato nelle figg. 1, 2, 3, come già ho esposto più sopra in riferimento ai travi a traliccio. Più spesso si tratta anzitutto di rinforzare gli elementi di ambedue. Occorre anzitutto cercare di fare le saldature cominciando dall'alto in basso sull'elemento superiore e inferiore senza applicare saldature sopratesta. Ciò riesce abbastanza difficile di eseguire nel modo ordinario. Se si tratta di rinforzare il momento di resistenza in modo più accentuato, o quando non sia possibile per una qualsiasi ragione rinforzare uno degli elementi, allora, invece di collocare i profilati di rinforzo direttamente sulle fasce,

essi possono collocarsi a distanza dagli elementi e fissarli sopra sostegni adatti. La fig. 12 mostra un rinforzo di questo tipo, nel quale il trave trasversale del ponte fu rafforzato unicamente mediante l'aggiunta del ferro \perp collocato alla distanza verticale di 200 mm. dagli elementi, e sostenuto mediante pezzi corti di profilati $l h = 200$. Questo caso si spiega dal fatto della mancanza di accessibilità alla parte superiore degli elementi della trave.

La necessità del rinforzo dovuta agli sforzi di taglio apparisce più spesso in vicinanza dei sostegni. Basta generalmente saldarci una diagonale di rinforzo costituita da ferri piatti, di travi a T, di angolari, o, ben raramente, di altri profilati laminati.

Riesce più difficile il rafforzamento degli insiemi di travi con lamiera. In paragone, riesce più facile di farlo usando dei cordoni di saldatura lungo i coprigiunti.

Se il risultato ottenuto è insufficiente, sarà meglio tagliare le aperture nei coprigiunti e riempirle col materiale dell'elettrodo.

D) RINFORZO DEI PROFILATI LAMINATI.

Il rinforzo dei profilati laminati può farsi in due modi:

a) Aggiungendo delle piattabande sulle ali delle putrelle. Per facilitare la saldatura è preferibile di dare un coprigiunto più largo alla base della putrella e più stretto alla sua sommità, allo scopo di evitare la saldatura sopratesta (fig. 4).

La sezione dei due coprigiunti dovrà essere identica, da ciò risulta che lo spessore dovrà essere diverso se si ammette una larghezza diversa, e allora $b. e = b'. e'$.

Sicuramente, ciò non sarà necessario quando la putrella suddetta potrà essere disposta in una qualsiasi posizione comoda per il lavoro.

Qualche volta può succedere che la larghezza delle ali della putrella sia molto grande (più grande di 25) e allora può essere necessario usare la saldatura a intaccatura (fig. 5).

b) Aggiungendo degli elementi, specialmente nei punti nei quali un peso concentrato agisce sulla putrella (fig. 6). Questo metodo riesce meno efficace, perchè esige l'impiego di più materiale, e il suo risultato non è fino adesso matematicamente esatto. In tutti i casi può offrire un rinforzo di resistenza del 20 % e più, secondo le esperienze da me eseguite al Laboratorio della Scuola Politecnica di Lwów (Leopoli).

l'ausilio dei due angolari di 60 × 60 × 6 (fig. 9).

Esempio 2. — Rinforzo del montaggio della diagonale citato nell'esempio 1.

L'insieme esistente si compone di 6 bulloni $d = 22$ mm.

$$\text{Siccome } \frac{2 d 2\pi}{4} \times 0,8 \sigma_u < d \times \delta \times 2 \sigma_u$$

$$\text{e cioè } \delta > \frac{d \pi}{4} \times 0,8 = \frac{2,2 \pi}{4} \times 0,8 = 1,38$$

si dovrà dunque tener conto dello sforzo di taglio.

Tensione ammissibile per il taglio:

$$\tau = 0,8 \times 804 = 642 \text{ Kg/cm}^2.$$

La tensione della sbarra è dunque 804 Kg/cm².

Sezione dei chiodi nelle due superfici soggette allo sforzo di taglio.

$$F = \frac{2,2^2 \cdot \pi}{4} = 45,6 \text{ cm}^2$$

$$P_r = F \cdot \tau = 45,6 \cdot 0,642 = 29,3 \text{ tonn.}$$

$$\text{Forza nella sbarra } S = S_g + S_p = 37,2 \text{ »}$$

$$0,6 P_r = 0,6 \cdot 29,3 = 17,6 \text{ »}$$

$$P_s = 19,6 \text{ tonn.}$$

$$\frac{1}{2} P_s = 9,8 \text{ »}$$

$$\tau : 1200 = 804 : 1200 = 0,67$$

Il cordone saldato 10 × 10 ha una tensione ammissibile 1200 Kg/cm², e potrebbe trasferire la forza $p_{10} = 420$ Kg/cm. corrente, mentre il cordone 6 × 6 mm. $p_6 = 280$ Kg/cm. corrente

La tensione nella sbarra essendo quindi 804 Kg/cm², e non 1200 Kg/cm², non si ha che:

$$p_{10} = 420 \cdot \frac{804}{1200} = 420 \cdot 0,67 = 282 \text{ kg. cm. correnti.}$$

Ammettendo quattro cordoni su due lamiere (due sopra ciascuna lamiera) noi otterremo la loro lunghezza per la forza:

$$\frac{1}{4} P_s = \frac{1}{4} 19,6 = 4,9 \text{ tonn.}$$

$$l_{10} = \frac{4900}{282} = 18 \text{ cm.}$$

ed eventualmente:

$$l_6 = \frac{4900}{188} = \text{cm. } 126 \text{ (fig. 10).}$$

Noi daremo qui appresso qualche esempio del calcolo dei rinforzi.

Esempio 1. — Rinforzo della diagonale (fig. 7) composta di due lamiere 200 × 11.

Sezione esistente (fig. 8).

Sezione intiera	$F_e = 2 \times 20 \times 1,1 = 44,0 \text{ cm}^2$
Indebolimento prodotto dai chiodi	$F_l = 4 \times 1,8 \times 1,1 = 7,9 \text{ »}$
Sezione utile	$F_u = F_e - F_l = 36,1 \text{ cm}^2$
Forza nella sbarra prodotta dal peso costante	$S_g = 6,85 \text{ tonn.}$
Forza nella sbarra prodotta dal peso mobile	$S_p = 30,3 \text{ tonn.}$
Tensione ammissibile	$K = 804 \text{ kg. cm}^2$
Tensione prodotta dal peso costante	$\sigma_g = \frac{S_g}{F_u} = \frac{6850}{36,1} = 190 \text{ kg. cm}^2$
Tensione prodotta dal peso mobile	$\sigma_p = 804 - 190 = 614 \text{ kg. cm}^2$
Sezione rinforzata	$F_t = \frac{S_p}{\sigma_p} = \frac{30300}{614} = 49,5 \text{ cm}^2$
Sezione utile esistente	$F_u = 36,1 \text{ »}$
Sezione di rinforzo necessario	$F_r = F_t - F_u = 13,4 \text{ cm}^2$

Qui si possono usare parecchie alternative di cui noi accettiamo il rinforzo con

*Esempi:**Rinforzo del ponte a Równe.*

Il ponte sul fiume Ujście a Równe è un ponte a traliccio avente le travi parallele e la travata in basso. La portata delle travi è di m. 21.0 e l'altezza di m. 2.25. La fasciatura è formata con putrelle a doppio T, e gli elementi verticali e diagonali sono formati in generale da ferri profilati. A causa dell'assenza di manutenzione indispensabile, tutte le sbarre si sono arrugginite all'altezza della travata sopra una lunghezza di cm. 15-20 circa.

La ruggine non ha consumate che alcune superfici, e le altre sono state corrose in modo vario, tanto che si è ritenuto indispensabile di appoggiare il ponte sopra delle impalcature. Oltre a ciò, la fasciatura superiore che non era distrutta completamente, era troppo debole, e la fasciatura inferiore, sotto l'influenza della deflessione di tutta la costruzione, prodotta anzitutto dalla distruzione menzionata più sopra, e a causa della mancanza di rinforzo adatto, si è anche inclinata, le sue pareti inclinandosi le une verso le altre. Si è constatato infine che l'insieme dei nodi delle diagonali era troppo debole, quantunque il ponte fosse già stato rinforzato una volta.

Il progetto di rinforzo è stato effettuato nel modo seguente (figg. 11 e 12).

Gli elementi superiori e le diagonali hanno dovuto essere rinforzati mediante le travi in C. Queste travi in C sono state collocate secondo il principio esposto più sopra nel paragrafo c), e specialmente esse si dovevano trovare con le linee di saldatura fra le file dei chiodi perpendicolari. Queste travi in C dovevano essere messe mutualmente perpendicolarmente le une verso le altre a causa delle mensole della fasciatura superiore, la cui quantità è variabile. Inoltre, il taglio delle ali delle travi in C, sopra una lunghezza adatta, rende possibile il collocamento necessario sulle mensole, il taglio essendo eseguito mediante il cannello ossi-acetilenico. Le parti delle piastre trasversali sono composte dalle lamiere rettangolari *M*. Allo scopo di assicu-

rarsi contro la ruggine, le travi in C erano in seguito riempite di malta di cemento.

Il rinforzo delle parti corrose dalla ruggine doveva essere effettuato con l'ausilio di lamiera, ricoprenti le parti corrose saldate alle sbarre, con il riempimento dei vuoti con la malta di cemento o con il mastice.

La ricostruzione delle diagonali è stata progettata in alcuni casi con ricaricamento all'arco. Ma siccome la sua maggior parte è stata corrosa ad un grado tale che non vi è restata che una quantità minima di materiale, si è stabilito di effettuare il taglio di qualche diagonale nelle sue parti corrose e distrutte, e la loro sostituzione con dei ferri profilati adatti.

Il rinforzo degli elementi inferiori è stato effettuato col collocamento dei rinforzi necessari, in sostituzione delle parti distrutte, e inoltre mediante il collocamento di un declivio in cemento, coperto di asfalto, avente una pendenza di circa il 2 %, per ottenere lo scolo necessario, che prima non esisteva.

Si è anche effettuato il rinforzo delle travi trasversali che erano troppo deboli, mediante la saldatura in basso della trave in C., appoggiato sopra delle mensole, e in tal modo si è creato un trave rinforzato (fig. 12). Sulle figure i rinforzi sono stati cancellati.

RINFORZO DELLE CAPRIATE NELLA MINIERA CARBONIFERA « WUJEK ».

Il rinforzo delle capriate nella miniera di carbone « Wujek », è uno dei lavori più importanti del genere, e merita una descrizione, in vista delle dimensioni del rinforzo eseguito e della diversità delle costruzioni applicate.

Le dimensioni del rinforzo fanno meglio rilevare il confronto fra il peso del nuovo materiale usato per il rinforzo, che superava le 35 tonnellate, mentre il peso della vecchia capriata era di 90 tonnellate.

La capriata (fig. 13) ha una sezione rettangolare di 5132 × 4332 mm. Agli angoli del rettangolo e nel mezzo dei lati più lun-

ghi si trovano le colonne composte da angolari.

Le colonne sono unite fra loro mediante delle putrelle orizzontali e delle diagonali nelle superfici delle quattro pareti esterne e nel mezzo. Dentro la capriata si trovano due ascensori separati fra loro.

Le colonne sono appoggiate sopra un riquadro formato da putrelle in lamiera, collocato sulla costruzione rotonda del pozzo della miniera e fissato ad essa mediante delle ancore. La costruzione della capriata è sostenuta dalla parte del meccanismo di tiro, mediante un appoggio robusto costruito a traliccio. Tanto le colonne che le travi orizzontali si compongono di quattro profilati leggermente distanziati, e collegati ai quattro lati mediante traliccio.

Il rinforzo si riferiva anzitutto alle colonne e all'appoggio, ma anche in alcuni punti il traliccio delle pareti esigea un rafforzamento o la ricostruzione.

Inoltre, l'ancoraggio del riquadro della capriata, è stato rinforzato con l'aggiunta di nuove ancore.

Ciascuna colonna si compone di due angolari a forma di croce, che sono stati rinforzati nella parte inferiore con l'aggiunta di un'altra coppia di angolari, e di un contrafforte intieramente saldato in traliccio, di forma trapezoidale (fig. 14). La fasciatura e le putrelle orizzontali del traliccio sono state fatte con ferri a T, e le diagonali, con due angolari.

I vecchi giunti bullonati sono stati soppressi tagliando le teste dei chiodi, e i fori dei bulloni sono stati riempiti col metallo di apporto.

Nei nodi del traliccio delle pareti della capriata, sono stati tagliati, negli angolari aggiunti ai pilastri, i fori corrispondenti alle teste dei bulloni delle mensole, e la sezione degli angolari indeboliti da questa operazione, è stata aumentata applicandovi dei ferri piatti.

Nella parte superiore questa stessa colonna composta di due angolari, è stata rinforzata mediante due putrelle disposte obliquamente verso gli angolari (fig. 15). Le travi sono state saldate ai bracci degli an-

golari mediante cordoni di saldature frontali interrotte.

Le travi sono state legate fra loro mediante dei ferri piatti.

Le colonne costituite di due angolari collocati uno di fianco all'altro, e orientati con i bracci fuori della capriata, sono state rafforzate aggiungendo un'altra coppia di angolari dalla parte interna (fig. 16).

I giunti di collegamento sono stati saldati in officina con uno degli angolari supplementari (la saldatura 1), e al cantiere sono state prima eseguite le saldature (2) colleganti i giunti degli angolari della vecchia colonna, e poi è stato collocato un altro angolare supplementare, e sono state eseguite le saldature (3).

Il montaggio con le mensole esistenti delle pareti laterali è stato eseguito dall'esterno, in modo che il bordo della lamiera e il bordo dell'angolare supplementare, sono stati scalpellati, e la scanalatura a V ottenuta in tal modo è stata riempita col metallo dell'elettrodo.

Le colonne delle pareti del centro, essendo costituite di due angolari disposti uno di fianco all'altro, con i bracci diretti verso il centro della capriata, sono state rinforzate mediante l'aggiunta di una putrella a \perp (fig. 17) dall'esterno. Pertanto, allo scopo di evitare le putrelle orizzontali e le diagonali delle pareti esterne, le putrelle a \perp sono state collocate a una distanza di 80 mm. dagli angolari.

La putrella a \perp è stata unita agli angolari con l'ausilio di membrature doppie composte di lamiera e di giunti di ferri piatti saldati direttamente ai piedi delle putrelle a \perp , e agli angolari, mediante angolari corti.

Le colonne costituite da quattro angolari uniti ai quattro lati da trallicci, sono state rinforzate in modo che dopo la soppressione del traliccio da due parti, sono state aggiunte delle mensole complete in lamiera per tutta la lunghezza della colonna, come pure dei quattro angolari nella parte inferiore (fig. 18).

Il traliccio collegante fra loro le due colonne citate, è stato anche trasformato

con l'aggiunta di una trave orizzontale intermedia, e allo stesso tempo sono state soppresse e tagliate a una lunghezza corrispondente due diagonali che sono state usate per la stabilizzazione della diagonale del traliccio cambiato.

La fig. 19 rappresenta l'ancoraggio supplementare delle travi di base della capriata. Nell'anima della trave portante sono state saldate le mensole girate composte di putrelle a C, e di lamiere triangolari.

Le ancore rientrano nelle travi a C della mensola, e mediante dei dadi, si appoggiano sui giunti che collegano le putrelle a L.

RINFORZO DELL'OSSATURA METALLICA DEL FABBRICATO A 16 PIANI DELLA SOCIETÀ « PRUDENTIAL » A VARSAVIA.

Questo fabbricato è stato eseguito come costruzione a ossatura metallica saldata all'officina e chiodata in cantiere.

Esso si compone di due parti di cui una a 6 piani, e l'altra di una torre alta, che era stata prima progettata per 15 piani. Nel corso della costruzione fu deciso di aggiungere un altro piano (il sedicesimo), e inoltre fu trovato necessario di praticare un grande passaggio dalla torre al corpo dei 6 piani, nel punto in cui erano collocati gli elementi angolari verticali della torre. L'aggiunta del 16° piano rese necessario il rinforzo di alcune colonne e delle travi principali sostenenti le colonne della parte superiore della torre.

Il rinforzo delle colonne fu effettuato relativamente molto facilmente, saldando alle travi a doppio T componenti le colonne, degli elementi adatti, e specialmente dei coprighiunti.

D'altra parte, il rinforzo delle travi principali fu trovato molto difficile, perchè era impossibile d'aggiungere i coprighiunti.

L'uso della saldatura permise di ottenere il rinforzo in un modo molto facile; si saldò specialmente alle anime delle travi (a doppio T $h = 500$ mm.) ad intervalli di 1 metro, e sotto le colonne e i supporti a intervalli più brevi, delle nervature di ferro piatto (80×15) fig. 20.

Questo metodo permette di aumentare la resistenza delle travi del 20 % e più, senza ricorrere ai coprighiunti. Le nervature furono saldate in primo luogo nei punti corrispondenti ai carichi concentrati operanti sulle travi.

Indipendentemente da questo rinforzo, si saldarono anche ai fianchi e ai punti dei momenti più importanti, dei coprighiunti parziali di ferro piatto. Il primo di questi metodi non avrebbe potuto dare con la chiodatura risultati soddisfacenti, l'anima sarebbe stata al contrario indebolita dalle aperture praticate per i chiodi.

Quanto al secondo metodo, esso è quasi inapplicabile con l'uso dei chiodi.

L'importanza della saldatura si è mostrata in un modo anche più notevole, nell'esecuzione del passaggio menzionato più sopra. Fu deciso di riunire delle scale d'ingresso che si trovavano nei muri laterali della torre, mediante delle grandi scale al livello della parte vicina a 6 piani. Le travi fra le colonne 1,24 e 23 (fig. 21) installate al livello del ripiano del pian terreno, e il rivestimento della colonna 24 però erano di ostacolo.

Questi elementi furono tagliati senza difficoltà mediante un cannello ossi-acetilenico. Le nove travi furono collocate ai livelli $+ 0,95$ e $+ 1,42$, conformemente alla costruzione. Il rivestimento fu sostituito rinforzando la sezione della colonna av. 24, nella quale al ferro a doppio T si aggiunsero dei coprighiunti e un terzo ferro a doppio T collocato nel mezzo della colonna.

L'esecuzione di un rinforzo di questo genere in una costruzione chiodata, sarebbe stato incomparabilmente più difficile, e ciò a causa delle aperture destinate ai chiodi, che avrebbero portato all'indebolimento della sezione primitiva.

TRASFORMAZIONE DI UNA OSSATURA METALLICA A OSTROWIEC.

Come esempio di un'interessante applicazione della saldatura per il rinforzo delle costruzioni a traliccio chiodate, può essere descritta la trasformazione di una ossatura

di Ostrowiec, progettata ed eseguita dagli Stabilimenti di Ostrowiec. Ciò consiste nella trasformazione completa della costruzione chiodata esistente, o piuttosto l'utilizzazione di questa per le basi di una costruzione.

La costruzione metallica avente due inclinazioni aventi una portata di m. 16,50, è stata trasformata in una costruzione di m. 25,65 (fig. 22).

A tal fine la trave a traliccio esistente *a* è stata tagliata in due parti di m. 8,25, fra le quali è stata disposta una parte di mezzo *b* avente una lunghezza di m. 9,15, specialmente costruita, con una vetrata.

Per il montaggio di queste tre parti, è stata formata una nuova trave a traliccio avente una portata di $2 \times 8,25 + 9,15 = 26,65$ metri. A causa dell'aumento della portata, sono state dovute rinforzare le fasciature della parte *a*.

Nel taglio della trave a traliccio esistente, la verticale del centro e la mensola inferiore, come anche la mensola superiore, sono state tagliate in due simmetricamente.

La fasciatura superiore che si componeva di due angolari $80 \times 80 \times 10$ è stata rinforzata saldandovi una putrella C. N. 14, ciò che è mostrato nella sezione a-b, e la cintura inferiore che si componeva di due angolari $65 \times 65 \times 7$ mm., saldandovi una mensola di ferro piatto di 170×8 mm. (sezione e-f).

La parte di mezzo è stata eseguita completamente mediante la saldatura. La sua forza è stata supposta in modo che dopo il montaggio delle tre parti, essa rappresenti la forma necessaria della trave a traliccio.

L'altezza delle verticali estreme della parte *b* fu allora ammessa eguale all'altezza della verticale del mezzo della trave a traliccio originale, l'inclinazione della cintura superiore essendo eguale a quella del vecchio tetto.

La cintura superiore è stata eseguita con due putrelle a C. N. 14 (sezione c-d).

La putrella a C. superiore si trova allineata con la putrella a C. di rinforzo della vecchia cintura, e grazie a ciò queste putrelle sono state costruite in un sol pezzo, ciò che ha contribuito al più alto grado al

robusto collegamento fra la parte *c* con la parte *a*.

La cintura inferiore è stata eseguita egualmente con una putrella a C. n. 14, orientata verso l'alto (sezione g-h). Le verticali estreme sono state eseguite con putrelle a doppio T. N. 14, e le verticali intermedie, con due putrelle a C. K. 8, e ciascuna delle diagonali con angolari di $50 \times 50 \times 6$.

Le verticali sono unite alle cinture a « testa », mentre nelle verticali estreme, l'anima della putrella a doppio T coincide con l'anima della putrella a C della cintura inferiore, le ali essendo tagliate più corte insieme alle ali della putrella a C.

Nelle verticali intermedie, l'anima della putrella a C della verticale è fissata alle ali della cintura. Le ali delle putrelle a C entrano più profondamente, unendosi all'anima della putrella a C della cintura.

Gli angolari della diagonale sono collocati ad una distanza di 14 cm. l'uno dall'altro e abbracciano le cinture, e le verticali sono unite ad essi mediante saldature laterali.

Tutti questi lavori sono eseguiti senza le mensole. Queste ultime sono state usate nella vetrata, e precisamente nel nodo superiore delle vetrate, e nel nodo collegante la vetrata con l'ossatura (nodo 3).

L'unione della putrella *b* con le putrelle *a*, è stato eseguito nel modo seguente:

Il nodo superiore (2) la putrella a C superiore, come è stato detto, passando di traverso, rappresentano un collegamento robusto delle cinture delle due parti.

La putrella a C inferiore della cintura superiore, è collegata con gli angolari della vecchia cintura, mediante il ferro piatto di 80×12 mm., e cioè con un'unione a croce.

La mensola tagliata dalla parte *a*, è saldata lungo la linea del taglio con l'anima della putrella a doppio T della verticale.

Nel nodo inferiore (1) la putrella a C della nuova cintura, passa a circa 200 mm. fuori del nodo. A questa stessa lunghezza i bracci orizzontali degli angolari della vecchia cintura, sono tagliati in modo che l'anima della putrella a C, entra al loro posto, ed è saldata ai bracci verticali degli angolari. Nondimeno, la mensola che rafforza la parte *a*, arriva al nodo stesso, ed è egual-

mente unita mediante saldatura, alla putrella a C della parte *b*. In questo modo la putrella a C della nuova cintura, è intro-

dotta nella forchetta formata dai bracci degli angolari e la mensola, ciò che conferisce all'insieme un'unione forte e ben sicura.

RESUME.

L'affaiblissement des charpentes métalliques peut être causé par: *a*) l'augmentation des surcharges, *b*) l'affaiblissement du métal par la corrosion, la fatigue, etc.

A) Renforcement des poutres en treillis: Ce renforcement peut concerner 1) les barres, 2) les assemblages à noeud.

1) *Renforcement des barres:* Il faut ajouter des profilés neufs, d'une section nécessaire, de telle manière que le centre de gravité de la barre ne soit pas déplacé, ou bien qu'il soit déplacé le moins possible; on peut l'obtenir par différentes manières décrites en détail dans le mémoire. La méthode de renforcement des éléments endommagés par la rouille dépend du degré de l'affaiblissement. S'il n'est pas considérable, on peut recharger la partie corrodée; s'il dépasse certaines limites, on

doit remplacer la partie endommagée par une pièce nouvelle ou bien la mettre entre des couvre-joints.

2) *Renforcement des assemblages à noeud:* S'exécute en ajoutant aux assemblages rivés des soudures latérales ou frontales: on peut alors se baser sur la formule: $Pt = Ps + u Pr$

Pt = résistance de l'assemblage combiné, Ps = résistance des cordons de soudure, Pr = résistance des rivets).

B) Renforcement des poutres en tôle. Est effectuée par l'addition des semelles ou bien des profilés sur les bandes des poutres.

C) Renforcement des profilés laminés. Est effectuée à l'aide des platebandes et à l'aide des membrures des fers plats.

L'auteur décrit quelques exemples des constructions renforcées exécutées en Pologne.

RIASSUNTO.

L'indebolimento delle strutture metalliche può essere prodotto da: *a*) l'aumento del sovraccarico, *b*) l'indebolimento del metallo dovuto alla corrosione, alla fatica.

A) Rinforzo delle travi a traliccio: Questo rinforzo può concernere: 1) le sbarre, 2) i nodi d'unione.

1) *Rinforzo delle sbarre:* Occorre aggiungere i profilati nuovi, della sezione necessaria, in modo tale che il centro di gravità della sbarre non risulti spostato, o che sia spostato il meno possibile; ciò si può ottenere in vari modi descritti in dettaglio nella memoria. Il metodo per rinforzare gli elementi deteriorati dalla ruggine dipende dal grado dell'indebolimento. Se questo non è considerevole, è possibile riportare del metallo sulla parte corrosa; se invece sorpassa certi limiti, si deve

sostituire la parte deteriorata con un nuovo pezzo, oppure metterla fra coprighiunti.

2) *Rinforzo dei nodi d'unione:* Si eseguisce aggiungendo agli insiemi chiodati delle saldature laterali o frontali; si potrà allora prendere per base la formula: $Pt = Ps + u Pr$ dove Pt = resistenza dell'insieme combinato, Ps = resistenza dei cordoni della saldatura, Pr = resistenza chiodi.

B) Rinforzo delle travi in lamiera. Si effettua aggiungendo delle tavole o dei profilati sulle facce delle travi.

C) Rinforzo dei profilati laminati. Si effettua aggiungendo delle piattabande e con l'uso di membrature sulle anime.

L'autore descrive alcuni esempi di costruzioni rinforzate eseguite in Polonia.

SUMMARY.

The weakening of metallic structures may be caused by: *A*) increase of stress; *B*) weakening of metal due to corrosion, strain, etc.

a) The strengthening of trellis-work girders may concern: 1) the bars or; 2) the joints.

1) *The strengthening of bars.* New strips cut to the necessary section should be added in such a way as not to change or at least to change as little as possible the centre of gravity. This can be done in various ways as explained in detail in the report. The method of strengthening the elements deteriorated by rust depends on the extent of their weakness. In case it is not considerable it is possible to lay on metal to the portion corroded. When certain limits have been exceeded the deteriorated portion should be replaced by a new one or else it may be encased between covered joints.

2) *The strengthening of joints.* This is done by adding lateral or frontal welds to the riveted portion and the following formula should be taken as a basis; $Pt = Ps + u Pr$ with Pr representing the resistance of the whole piece, Ps that of the regions welded and Pr that of the rivets or nails.

B) Strengthening sheet girders. This can be done either by adding flat pieces or strips outside the girders.

C) Strengthening of laminated pieces. This is done by adding flat bands or by the use of overlaid metal on the vital parts.

The author gives instances of reinforced or strengthened structures done in Poland.

ZUSAMMENFASSUNG.

Die Schwächung der metallischen Struktur kann hervorgerufen werden durch: a) Vergrößerung der Überbelastung, b) Schwächung des Metalles durch Aetzung, Beanspruchung etc.

A) *Verstärkung der Gitterträger*. Diese Kräftigung kann betreffen: 1) die Stäbe, 2) die Verbindungsknoten.

1) *Verstärkung der Stäbe*. Die neuen Tragbalken mit dem notwendigen Querschnitt sind derart hinzuzufügen, dass der Schwerepunkt des Stabes nicht, oder möglichst wenig, verlegt wird: das kann auf verschiedene Arten, die in der Arbeit detailliert beschrieben sind, erreicht werden. Die Methode, die von Rost angegriffenen Elemente zu verstärken, hängt von dem Grade der Schwächung ab. Wenn dieser nicht beträchtlich ist, ist es möglich Metall auf den geätzten Teil zu übertragen; wenn dagegen eine gewisse Grenze überschritten ist, muss man die angegriffene Stelle durch ein neues

Stück ersetzen, oder es auch zwischen Flanschlanschen setzen.

2) *Verstärkung der Verbindungsknoten*. Wird ausgeführt, indem man den genieteten Verbindungen Seiten- und Vorderschweissungen hinzufügt; man nimmt also als Basis die Formel: $P_t = P_s + u P_r$ wobei P_t = die Festigkeit der kombinierten Verbindung ist, P_s = Festigkeit der Schweissnähte, P_r = Festigkeit der Niete.

B) *Verstärkung der Gitterträger aus Eisenblech*. Werden ausgeführt, indem man Tafeln oder Tragbalken auf die Oberflächen der Gitterträger anbringt.

C) *Verstärkung gewalzter Tragbalken*. Werden ausgeführt, indem Kopfplatten unter Anwendung von Gurten auf den Stegen anbringt.

Der Autor gibt einige Beispiele für verstärkte Konstruktionen, die in Polen gemacht wurden.

