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

Band: 2 (1936)

Artikel: L'emploi de l'acier à haute limite d'écoulement dans le béton armé

Autor: Brebera, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-2924

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

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

IIc1

L'emploi de l'acier à haute limite d'écoulement dans le béton armé.

Anwendung von Stahl mit hochliegender Streckgrenze im Eisenbetonbau.

The Use of Steel of High Yield Stress Limit in Reinforced Concrete.

A. Brebera,
Ingenieur, Sektionsrat im Ministerium für öffentliche Arbeiten, Prag.

La résistance des ouvrages de béton armé ne dépend pas seulement de la qualité du béton mais aussi de l'adhérence et de la qualité des armatures. Si l'on tient compte du fait que l'emploi de bons ciments et de bons graviers tend à augmenter la qualité du béton, l'utilisation d'aciers à haute limite d'écoulement représente une amélioration économique du béton armé lorsque la sécurité est la même. On peut se réjouir de ce progrès dans l'intérêt de l'économie publique.

Tous les ouvrages en béton armé sollicités à la flexion sont calculés en admettant un rapport déterminé n entre l'élasticité de l'acier et celle du béton. Toute sollicitation de l'armature qui dépasse la limite d'écoulement fait abaisser son coefficient d'élasticité de telle sorte que le rapport n diminue jusqu'aux environs de 1. La position de l'axe neutre dépend de nFe, où Fe représente la surface de l'armature tendue. La sollicitation des fers d'armature au dessus de leur limite d'écoulement agit, au point de vue de leur résistance à la traction, comme une réduction de la surface de l'armature, proportionnelle à la diminution des coefficients d'élasticité. Plus la section des fers diminue, plus la hauteur de la zone comprimée diminue et plus la compression du béton augmente. Avec le déplacement de l'axe neutre vers l'arête comprimée, le bras de levier des forces internes augmente et par conséquent l'accroissement des contraintes de l'armature n'est pas grand. Lorsque la limite d'écoulement de l'armature est dépassée, il se produit dans le béton de très fortes compressions qui peuvent entrainer la rupture sans que les tensions dans l'acier dépassent de 10 %, exceptionnellement de 20 % la limite d'écoulement. Ce n'est que lorsque le béton a une haute résistance, ou lorsque l'allongement de l'acier n'est pas grand qu'il est possible d'avoir de fortes contraintes dans l'armature. Il en résulte que c'est la grandeur de la limite d'écoulement — et non la résistance à la traction — qui détermine la tension admissible de l'acier et par conséquent le coefficient de sécurité des ouvrages en béton armé.

Pour *l'acier ordinaire* C 38, on peut garantir actuellement une limite d'écoulement de 2300 kg/cm². Lorsque l'on prend comme tensions admissibles 1200 ou 1400 kg/cm², la sécurité est donc pour l'acier de 1,92 à 1,64. La déformation permanente atteint environ 0,2 % à la limite supérieure d'écoulement.

Pour les *aciers à haute résistance*, la limite d'écoulement et les tensions admissibles sont nettement plus élevées. La charge de rupture des poutres de béton armé, qui est assez indépendante de la résistance à la compression du béton, est en général déterminée par la hauteur de la limite d'écoulement de l'armature employée. L'apparition de la première fissure se produit pour des efforts beaucoup plus élevés dans l'acier. Par contre la flexion est beaucoup plus grande pour des poutres armées avec des aciers à haute résistance (par suite de la surface réduite de l'armature) que pour des poutres de même résistance armées avec de l'acier ordinaire C 38.

Le relèvement des contraintes admissibles de l'armature entraine, au point de vue constructif, de gros avantages économiques. Les avantages de l'emploi d'aciers à haute résistance se traduisent par une réduction des sections, ce qui permet de diminuer le poids des constructions en béton armé et par conséquent d'augmenter les portées.

On peut donner à l'acier une haute limite d'écoulement: soit naturellement *par sa fabrication dans les usines métallurgiques*, soit artificiellement *par étirage à froid*.

Dans la première catégorie, on peut classer les barres d'armature « Roxor » qui ont une limite minima d'écoulement de 3800 kg/cm². Pour que ces fers aient une bonne adhérence, on leur a donné une forme en croix (fig. 1) et l'on a prévu

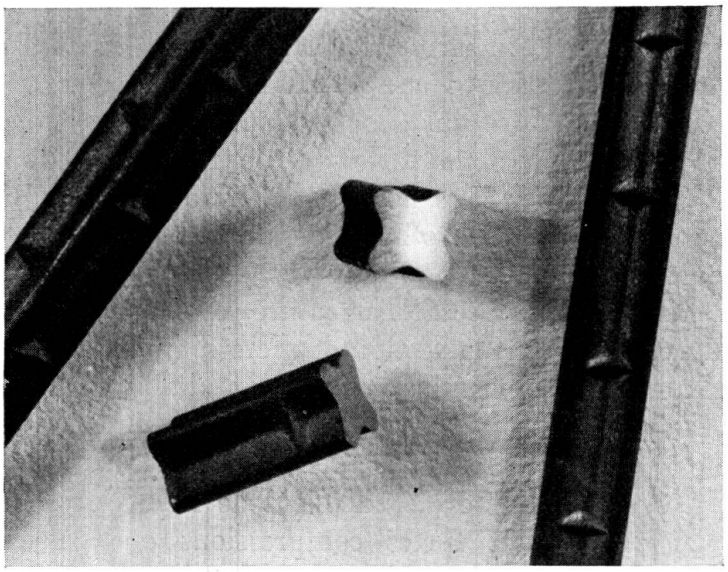

Fig. 1.

à leur surface des nervures distantes d'environ $1^1/_2$ fois le diamètre maximum. Les dimensions de ces nervures furent choisies de telle sorte qu'elles résistent suffisamment aux détériorations et qu'elles augmentent aussi peu que possible le poids des fers. Ces nervures augmentent nettement l'adhérence des fers

d'armature par suite de la collaboration de la résistance au cisaillement du béton. L'espace compris entre deux nervures reste rempli de béton à petit grain lorsque l'on retire ces fers. L'aspect extérieur de ces aciers d'armature empêche toute confusion avec d'autres sortes d'acier.

Les valeurs importantes pour le calcul de la section et du périmètre de ces fers sont les suivantes:

diamètre du cercle circonscrit aux fers « Roxor »

$$D = 1{,}2715\ d,$$

diamètre du fer rond qui remplace un fer « Roxor »

$$d = 0{,}7865\ D,$$

périmètre d'un fer « Roxor »

$$U = 3{,}1106\ D = 3{,}9551\ d,$$

périmètre du rond de remplacement

$$u = 2{,}4708 = \pi d,$$

section du fer « Roxor »

$$F = 0{,}4816\ D^2 = 0{,}7786\ d^2.$$

Par fer rond qui remplace un fer « Roxor » on entend un fer rond de même poids par m courant. Comme le poids des nervures représente le 0,86 % du poids total, la section du fer rond de remplacement est de 0,86 % plus grande que la véritable section du fer « Roxor ».

Les valeurs moyennes des essais effectués sont données dans le tableau I:

Tableau I.

essais effectués	acier C 38	Roxor
coefficient d'élasticité en kg/cm²	2050	2092
limite d'écoulement en kg/cm²	2718	4037
résistance en kg/cm²	3889	5259
rapport de la limite d'écoulement à la résistance en %	70	77
allongement en %	30	26
striction en %	64	55

La longueur entre repères est de 10 fois le diamètre du fer de remplacement. Toutes les éprouvettes supportèrent un essai de pliage autour d'un mandrin du diamètre du cercle circonscrit au fer « Roxor ».

Les essais de comparaison de l'adhérence des fers « Roxor » et d'acier ordinaire C 38 furent effectués en retirant des barres plus ou moins profondément bétonnées dans des prismes. Dans les calculs de l'adhérence on admit que les tensions étaient uniformément réparties sur toute la longueur bétonnée. Pour les fers « Roxor », on introduisit le périmètre du fer de remplacement. Les résultats des 160 essais,[1] sont contenus dans le tableau II.

[1] Tous les essais et toutes les observations furent effectués au Laboratoire d'essai des matériaux et des constructions de l'Ecole polytechnique tchèque à Prague sous la direction du Prof. ing. *F. Klokner* et du Dr. ing. *B. Hacar*.

Tableau II.

résistance de cube du béton		adhérence des fers d'armature en kg/cm² acier C 38	Roxor
minima 250 kg/cm²	valeur minima	42	59
	» moyenne	54	98
	» maxima	68	161
minima 330 kg/cm²	valeur minima	48	64
	» moyenne	69	121
	» maxima	110	200

Ce tableau nous montre que l'adhérence des fers « Roxor » fut en moyenne de 80 % plus grande que celle des ronds ordinaires en acier C 38. Si l'on effectue les calculs avec le périmètre véritable des barres «Roxor», 3,1106 D, l'accroissement de l'adhérence est d'environ 43 %.

Pour les fers ronds ordinaires en acier C 38, le premier glissement se produit pour une tension dépassant un peu la moitié de l'adhérence. Pour les barres «Roxor», le premier glissement se produit pour une tension un peu en dessous de la moitié de l'adhérence, mais par contre ces fers offrent à partir de là une résistance beaucoup plus forte.

La comparaison des résultats des essais montre que l'adhérence:

1. croit avec la qualité du béton,
2. croit avec le temps de durcissement du béton,
3. décroit avec l'augmentation de pourcentage d'eau,
4. décroit avec l'augmentation de la longueur d'encastrement,
5. décroit avec l'augmentation du diamètre des fers,
6. croit pour une conservation à l'air d'une manière insignifiante par rapport à une conservation mixte. Le mode de conservation du béton n'avait par conséquent qu'une importance restreinte.

En se basant sur 80 essais effectués sur des poutres, ainsi que sur les calculs de contrôle exécutés, on peut affirmer que la rupture s'est produite par dépassement, dans les armatures, de la limite d'écoulement. Les poutres dont les armatures n'avaient aucun crochet possédaient la même résistance que les poutres dont les armatures avaient des crochets, ainsi que cela se fait habituellement. La flexion totale des poutres armées de fers « Roxor » était, pour la même surcharge, de 20 % plus grande que celle des poutres armées d'acier ordinaire C 38, malgré le fait que l'armature était $^1/_3$ plus faible. Le caractère élastique de l'acier se transmettait en grande partie à toute la construction de telle sorte que les flexions élastiques représentent la plus grande partie de la déformation totale. Les flexions permanentes étaient à peu près les mêmes pour les poutres armées de fers « Roxor » et pour celles armées de ronds ordinaires en acier C 38.

Des essais effectués sur 68 poteaux, comprimés en partie centriquement et en partie excentriquement, on peut conclure que les armatures «Roxor» étaient nettement mieux utilisées que les autres. On peut donc introduire dans les calculs une plus grande section lorsque l'armature est constituée de barres « Roxor », ce qui équivaut à un relèvement des compressions admissibles. Ce

facteur d'accroissement peut, avec la plus grande prudence, être pris égal à 1,5, de telle sorte que, dans les parties comprimées, *on peut calculer avec* $1{,}5 \cdot 15\,Fe = 22{,}5\,Fe$ au lieu de $15\,Fe$. La compression admissible reste dans ce cas la même que pour une armature en acier C 38. L'utilisation plus grande de la compressibilité du béton qui en résulte exige, dans ce cas, une plus forte armature transversale.

Pour l'acier C 38, lorsque l'on admet une tension admissible totale de 1400 kg/cm², le coefficient de sécurité est de 1,64, respectivement de 1,94, suivant que l'on admet la limite d'écoulement de 2300 kg/cm² garantie par l'usine ou la véritable limite d'écoulement de 2718 kg/cm². Dans ce cas, pour une armature « Roxor » dont la limite d'écoulement est garantie de 3800 kg/cm², on pourrait avec les mêmes coefficients de sécurité prendre comme tension admissible 2317 kg/cm², respectivement 1960 kg/cm². Après que les premières fissures se sont produites dans le béton, lorsque la tension calculée est de 850 kg/cm² pour une armature en acier C 38 et de 1200 kg/cm² pour des armatures « Roxor », on pourrait admettre comme *effort de traction admissible* pour ces dernières 1900 kg/cm².

Dans des cas spéciaux (réservoirs d'eau), en réduisant à 1200 kg/cm² les efforts de traction admissibles pour des barres « Roxor », on peut obtenir une garantie absolue contre la formation de fissures. Cette sécurité n'est obtenue lorsqu'il s'agit d'armatures en acier C 38 qu'en diminuant à 850 kg/cm² les efforts de traction admissibles.

Par suite de la forte adhérence des barres « Roxor », on peut aussi *supprimer les crochets* pour autant que l'on augmente un peu la longueur d'encastrement. Cette propriété sera appréciée du constructeur qui doit prévoir la disposition des fers à un endroit déjà surchargé d'armatures.

Les fers d'armature «Roxor» sont laminés en différentes dimensions: de D = 8 mm à D = 70 mm pour des longueurs allant jusqu'à 35 m, respectivement 25 m. Leur prix est en moyenne de 178 Kč par quintal, celui des ronds en acier C 38 est de 147 Kč par quintal.

Outre le procédé de fabrication par composition appropriée du matériau, on peut se procurer ces aciers à haute limite d'écoulement mécaniquement, par étirage à froid de l'acier ordinaire. Ce procédé ne pouvait pas être utilisé pour les fers à béton car l'on ne pouvait étirer assez régulièrement ces barres sur toute leur longueur et dans toute leur section. Cet inconvénient a été pour la première fois complètement éliminé dans la fabrication des *aciers «Isteg»* (fig. 2).

Deux ronds ordinaires en acier C 38 sont encastrés l'un à côté de l'autre à leurs deux extrémités. Une machine spéciale les tord et les étire à froid en forme de vis de pas déterminé (en conservant la même longueur à la barre de liaison). L'étirage se fait régulièrement sur toute la longueur de chaque barre et peut être à chaque instant déterminé par le pas de la vis. Lorsqu'aucun allongement de la nouvelle barre ne se produit la section utile reste constante et égale à la section des deux barres non tournées. Ce procédé de fabrication engendre une résistance et une collaboration régulière du matériau et peut être en même temps considéré comme un essai de qualité car ce traitement fait apparaître les défauts d'un matériau de moindre qualité.

De nombreux essais ont montré que ce procédé augmente de 40 à 50 % la limite d'écoulement et en même temps de 10 % environ la résistance à la traction. Le coefficient d'élasticité est par contre abaissé avec le degré de distorsion et sa valeur se réduit, pour un pas égal à 12,5 fois le diamètre de chaque barre, à 80 % du coefficient d'élasticité des fers droits. L'allongement à la rupture de l'acier « Isteg » n'atteint que la moitié de celui de l'acier ordinaire C 38. Lors de la détermination des coefficients d'élasticité de l'acier « Isteg » et de l'acier C 38, il faut remarquer que pour les aciers distordus « Isteg », non seulement les allongements, mais aussi certaines déformations de la ligne de contact jouent un certain rôle (effet de câble). Les observations ont encore montré que l'abaissement du coefficient d'élasticité est plus fort dans la zone des faibles tensions que dans celle des grandes contraintes.

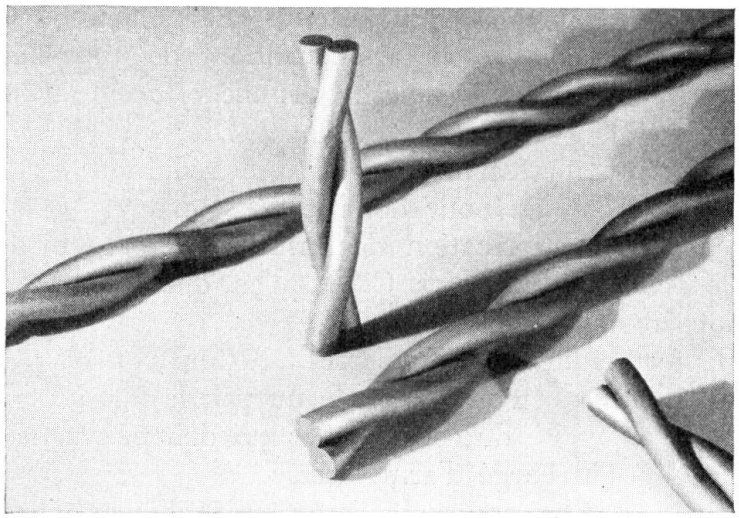

Fig. 2.

La limite d'écoulement de l'acier «Isteg» n'apparaît pas aussi bien déterminée sur le diagramme des tensions/allongements que dans le cas de l'acier C 38. Pour ce dernier l'allongement à la rupture est de 0,4 % alors qu'il peut être pris de 0,3 % dans le cas de l'acier « Isteg », pour la détermination de la limite d'écoulement. La résistance aux efforts répétés non alternés de l'acier « Isteg » est de 2400 à 2500 kg/cm² après 2 millions d'oscillations (350 à la minute). La crainte d'un étirement défavorable de l'acier « Isteg » pour des efforts de choc répétés n'est donc pas fondée. L'adhérence de cet acier est aussi en moyenne de 25 % plus grande que celle des ronds en acier ordinaire C 38. En ce qui concerne la sécurité à la fissuration, les essais ont montré que l'acier « Isteg » est supérieur à l'acier C 38, quoique l'on doive être très prudent dans l'emploi du critère de la première fissure dans les constructions de béton armé. C'est un fait constaté que les fissures se répartissent sur toute la longueur de la poutre lorsque l'armature est en acier « Isteg ». Ces fissures restent plus fines, même pour un fort accroissement de la surcharge, que lorsque l'armature est en acier C 38. Dans ce dernier cas il se produit quelques fissures qui s'étendent avec l'accroissement de la surcharge.

D'après les essais effectués on peut prescrire, pour l'acier « Isteg », *un effort*

de traction admissible de 1800 kg/cm² en se basant sur une *limite minima d'écoulement de 3600 kg/cm²* pour un allongement de 0,3 %, une résistance minima de 4000 kg/cm² et un allongement à la rupture d'au moins 10 %. Dans ce cas, il faut prendre pour le dimensionnement des sections n = 15 comme rapport des coefficients d'élasticité de l'acier et du béton, alors que pour le calcul des déformations et des grandeurs hyperstatiques, il faut admettre n = 8. Le soudage et le pliage à chaud ne doivent pas se faire pour ces aciers. A part cela on peut appliquer les mêmes principes de construction (longueur d'ancrage, conformation des crochets, etc.) pour les armatures avec les aciers «Isteg» que pour celles avec aciers C 38.

On peut se procurer des barres d'armature en acier «Isteg» de 5,5 mm à 30 mm de diamètre pour des longueurs allant jusqu'à 30 m. Leur prix est en moyenne de 168 Kč par quintal alors qu'il est de 147 Kč pour les ronds en acier C 38.

Les fers d'armature «Roxor» et «Isteg», dont nous venons de décrire les propriétés, ont une supériorité économique et technique sur les barres d'armature en acier ordinaire C 38. La haute limite d'écoulement augmente la résistance des constructions de béton armé. Il en résulte une nette réduction de la surface et du poids des armatures et par conséquent des frais de transport, de coupage, de pliage et de pose. La mise en place au cours de la construction est rendue plus simple par suite de la diminution du poids et de l'impossibilité de confondre les aciers ordinaires avec ceux à haute résistance. Il n'est pas nécessaire d'employer les ciments à haute résistance lorsque l'on utilise ces aciers. *Malgré les prix plus élevés, l'emploi de ces aciers à haute résistance procure une économie d'environ 20 %.*

Le grand développement de l'emploi d'aciers à haute résistance pour la construction de ponts en béton armé a commencé en Tchécoslovaquie en 1931 par l'introduction de l'acier «Isteg».

Une des premières applications se fit dans la construction du *pont sur la Vah à Piešťany* (fig. 3). Ce pont relie la localité de *Piešťany* située sur la

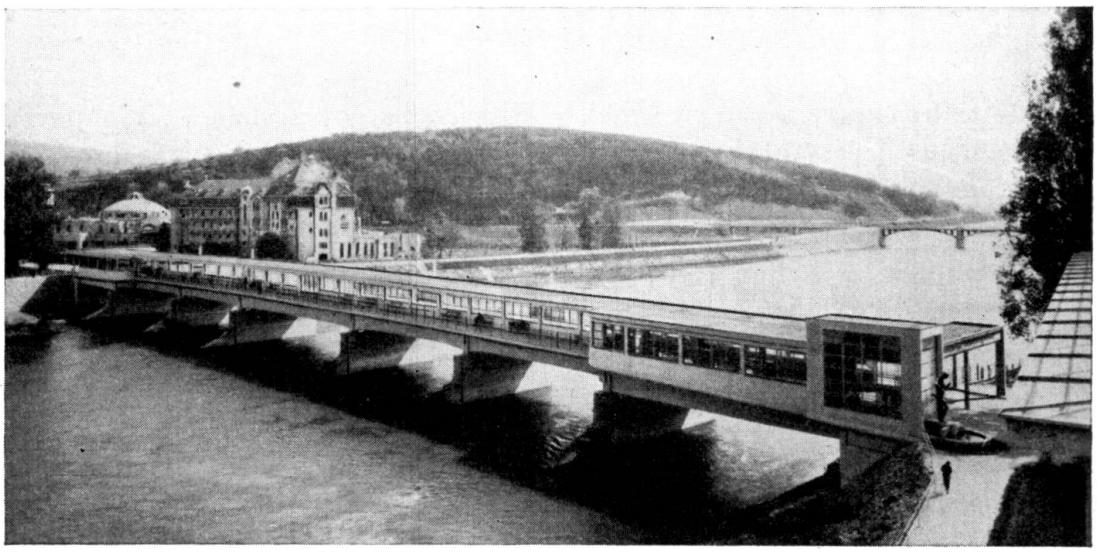

Fig. 3.

rive droite de la rivière à l'établissement thermal installé sur l'île et ne sert qu'au passage des baigneurs. La construction est tout-à-fait spéciale en ce sens qu'une partie du pont est couverte et sert de promenoir aux baigneurs (fig. 4).

Le pont a une longueur totale de 148 m. Il se compose de 7 travées dont celle du milieu a 28 m et les autres 20 m de portée. La construction portante est une dalle à nervures en béton armé, continue sur trois travées, reliée en

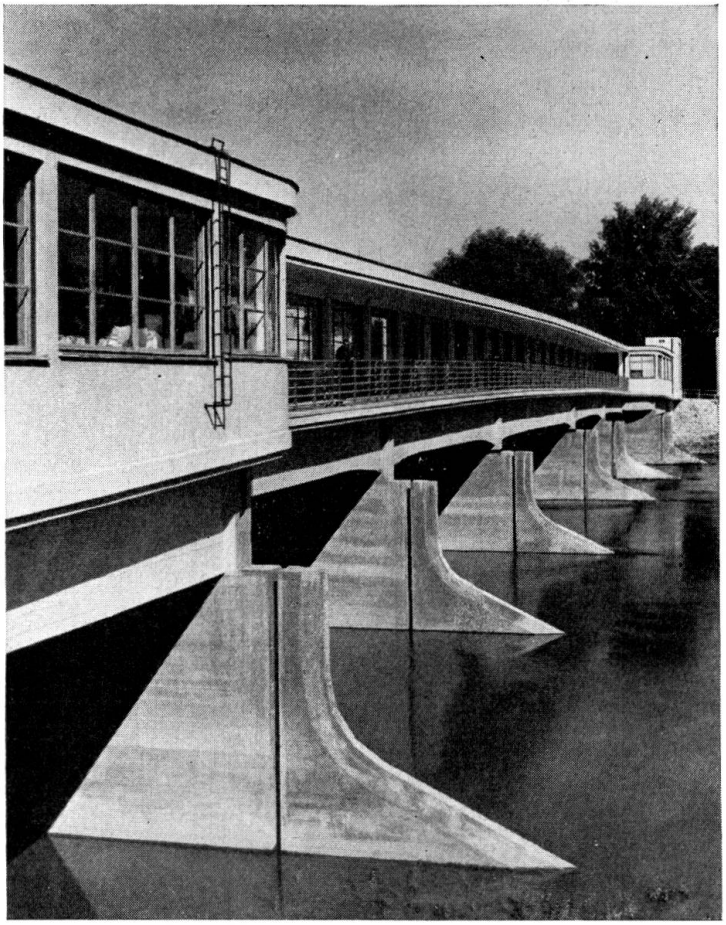

Fig. 4.

forme de cadre aux piles intermédiaires. Ces dalles ont à chaque extrémité des encorbellements dépassant de 4,30 m sur les culées et de 4,0 m dans la travée centrale. Ces derniers encorbellements supportent une poutre simple de 20 m de portée.

La largeur de ce pont est de 12,34 m dans les 5 travées centrales dont 5 m pour la chaussée asphaltée et 6,40 m pour le promenoir couvert (fig. 5). Les colonnes situées au milieu du trottoir et distantes de 5 m sont liées à la poutre portant le toit de béton. Par l'emploi d'une paroi vitrée, le trottoir couvert est divisé en deux parties distinctes de telle sorte que les baigneurs peuvent en tout temps se protéger du vent et des intempéries en utilisant la partie située à l'abri du vent. Dans les deux travées terminales, les colonnades se divisent pour former un local complètement fermé où sont exposées en permanence des oeuvres d'artistes tchécoslovaques. C'est pour cette raison que le pont est élargi de 2,50 m dans ces travées par l'introduction d'une nervure supplémentaire.

Fig. 5.

En plus de la surcharge formée par des camions de 4 t et une charge répartie de 400 kg/m², la construction doit encore supporter toute la très lourde superstructure. L'emploi d'aciers « Isteg » pour les armatures (fig. 6) a permis de réduire les dimensions de la construction en béton armé et de réaliser ainsi une économie appréciable.

On utilisa environ 30 wagons de fer, 10 wagons de ciment de bauxit et 100 wagons de ciment portland. On employa en outre environ 4000 m³ de béton et 1000 m³ de bois.

Une des applications les plus intéressantes de l'acier «Isteg» comme matériau d'armature fut faite dans la construction du *pont-route sur la Střela à Plasy près de Plzeň,* (fig. 7). Ce pont en poutre de béton armé de 30.58 m de portée remplace un ancien pont métallique en treillis.

La construction portante se compose de poutres à âme pleine avec tablier surbaissé. La largeur utile du pont est, entre les poutres maîtresses, de 6 m dont 5,20 m pour la chaussée pavée et 0,40 m de bordure de chaque côte. A l'extérieur des poutres principales se trouvent deux trottoirs de 1,30 m de largeur reposant sur des consoles (fig. 8 a, b).

Les poutres maîtresses sont larges de 76 cm et ont

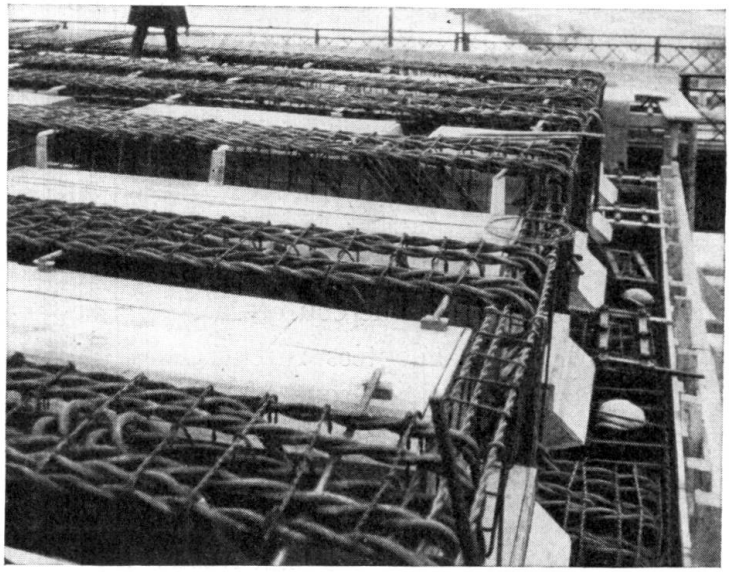

Fig. 6.

une hauteur de 2,80 m, c'est-à-dire environ $^1/_{11}$ de la portée. Elles dépassent les trottoirs de 1,30 m, de telle sorte que la plus grande partie est cachée par la balustrade de 1,10 m. Les entretoises de ce pont biais sont distantes de 1,39 m et perpendiculaires aux poutres principales. Afin de réduire le poids propre, on a prévu des évidements dans la partie centrale des poutres maîtresses.

La dalle du tablier, ainsi que les entretoises sont armées de ronds ordinaires en acier C 38, tandis que l'armature tendue des poutres principales est cons-

Fig. 7.

tituée de barres «Isteg» de 30 mm de diamètre. Les fers furent livrés dans toute leur longueur, ce qui évita des assemblages. La plus grande longueur des barres «Isteg» employées était de 38,59 m.

La dalle et les entretoises furent dimensionnées en tenant compte des effets dynamiques, avec une contrainte admissible du béton de 48 kg/cm² et une tension admissible de l'acier de 1200 kg/cm². Les plus fortes tensions dans les poutres maîtresses sont de 69,4 kg/cm² (σ_{adm} = 70 kg/cm²) et de 1662 kg/cm² (σ_{adm} = 1800 kg/cm²). Afin d'éviter la formation de fissures dans la zone tendue des poutres principales, on introduisit autour des armatures tendues, en plus des étriers, des treillis de fils de fer qui doivent augmenter la résistance à la traction du béton de couverture.

Les surcharges adoptées furent celles imposées par les prescriptions tchécoslovaques pour les ponts-route de Ière classe, c'est-à-dire un rouleau compresseur de 22 t et une foule de 500 kg/m².

La résistance à l'écrasement exigée pour des cubes de béton après 28 jours était de 170 kg/cm² pour le béton du tablier et des trottoirs et de 330 kg/cm² pour le béton des poutres maîtresses. On obtint lors de l'exécution, des résistances de 334 et 486 kg/cm² pour des dosages de 250 et 420 kg de ciment

portland par m³ de béton mis en oeuvre et pour des modules de finesse de 5,70 et 6,30.

Les résultats des essais effectués sur les aciers employés, sont contenus dans le tableau III.

Tableau III.

essai	barres d'armature	
	acier »Isteg«	acier C 38
limite d'écoulement en kg/mm²	40,7	29,2
résistance en kg/mm²	48,6	46,1
allongement en %	15,2	28,6
striction en %	52,6	58,6

L'épreuve du pont fut exécutée au moyen de 4 camions de 12 t. La plus grande flexion élastique fut de 2,60 mm pour les poutres maîtresses contre 3,10 dans les calculs et de 0,15 mm pour les entretoises contre 1,30 mm. On ne détermina pas des déformations permanentes.

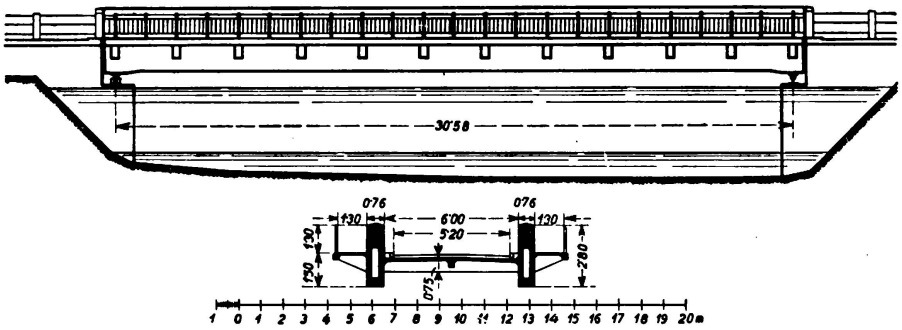

Fig. 8a.

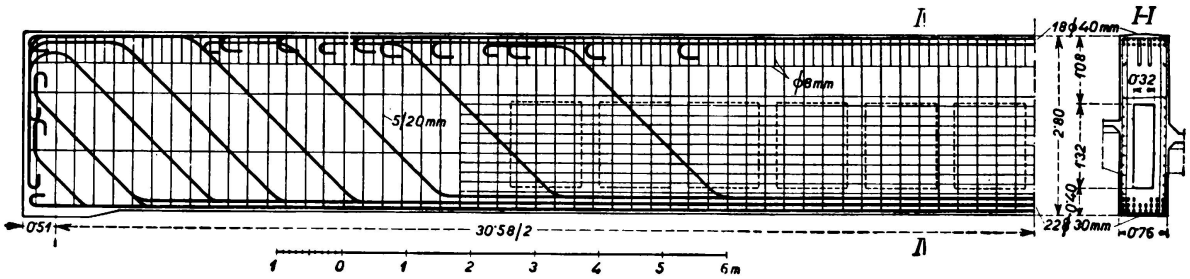

Fig. 8b.

Par m² de surface du pont, la quantité totale de béton employée est de 38,5 cm, celle de fer de 133 kg dont 48 kg pour les aciers «Isteg» et le reste pour les ronds ordinaires en acier C 38.

A part les aciers «Isteg» obtenus artificiellement par étirage à froid de l'acier ordinaire C 38, il existe des aciers «Roxor» obtenus naturellement lors de la fabrication. En Tchécoslovaquie on utilise ces derniers depuis 1933 comme aciers d'armature pour le béton armé.

Une des premières applications fut faite dans la construction du *pont sur*

la Svratka à Brno (fig. 9) de 31,20 m de portée oblique. Ce pont supporte la route nationale de Vienne.

Le choix du système portant ainsi que la préparation du projet furent déterminés par la très faible hauteur de construction exigée, ainsi que par la condition de pouvoir en tout temps élargir le pont de chaque côté et de pouvoir poser n'importe où les rails du tram. On exigea en plus qu'aucun fer d'armature ne se trouve au-dessous du niveau maximum des eaux.

En tenant compte du point de vue esthétique, on choisit pour la construction

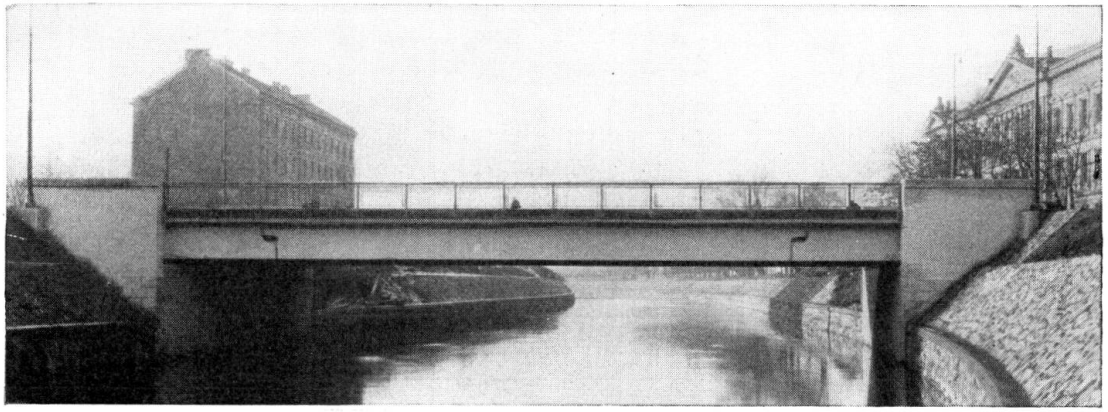

Fig. 9.

portante une dalle à nervures continue sur trois travées avec articulations dans la travée centrale (fig. 10a, b, c). Ceci permit de conserver l'avantage des poutres continues de réduire les moments de flexion au milieu du pont ainsi que d'éviter l'inconvénient qui peut résulter d'un affaissement des appuis qui était à craindre.

La poutre simple de l'ouverture centrale de 30,20 m a une portée de 22,80 m. La position des articulations ainsi que la portée des deux travées latérales, qui furent comblées par suite de la correction de la rivière, furent choisies de telle sorte que le moment positif de la poutre simple fut égal aux moments négatifs

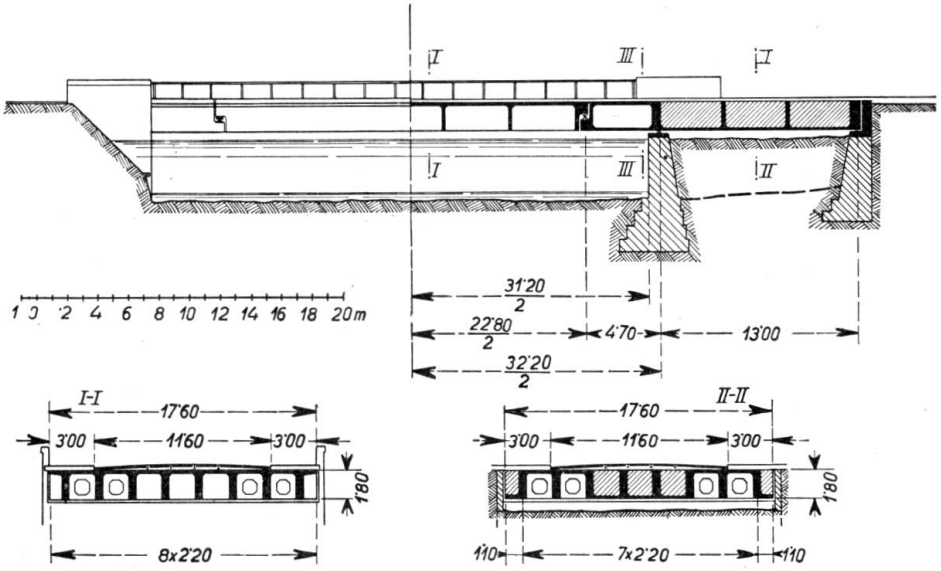

Fig. 10a.

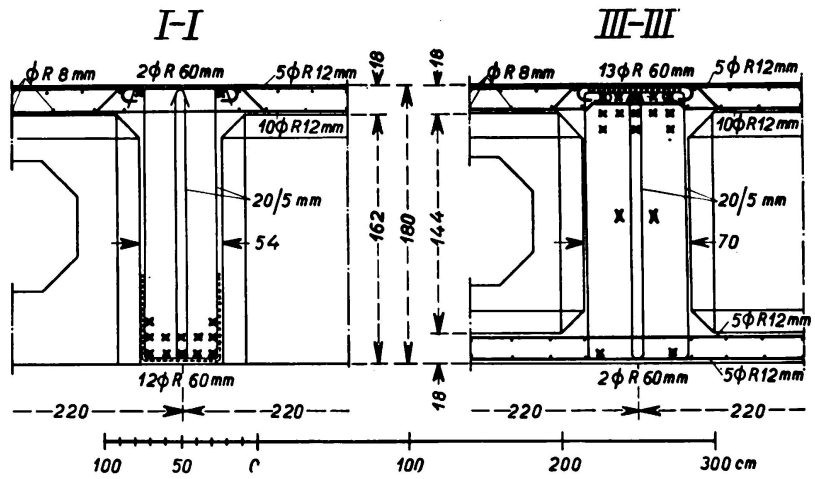

Fig. 10b.

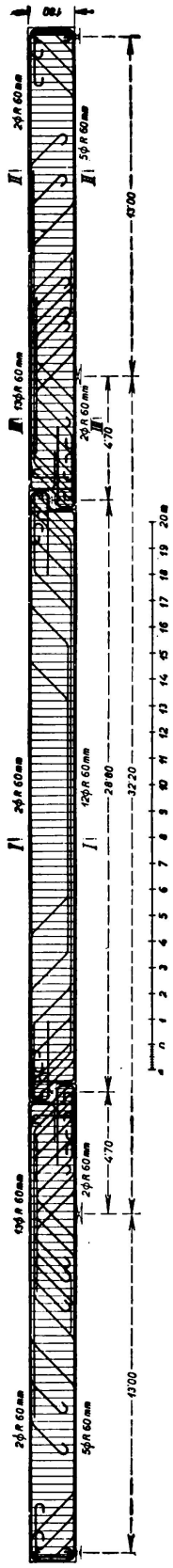

Fig. 10c.

au droit des appuis intermédiaires. On obtint ainsi des portées de 4,70 m pour les encorbellements et de 13,0 m pour les deux travées latérales. Il fut ainsi possible de réduire la hauteur de construction à 1,80 m, c'est-à-dire environ $^1/_{18}$ de la portée de la travée centrale et $^1/_{13}$ de la portée de la poutre simple. Afin d'obtenir une sécurité de 1,4 contre le basculement lorsque la travée centrale est complètement chargée, on construisit les parties des travées latérales non utilisées pour le passage des conduites, en forme de caissons qui furent chargés de béton maigre.

La largeur utile du pont est de 17,60 m dont 11,5 m pour la chaussée pavée et deux fois 3,0 m pour les trottoirs. En tout le pont a 8 nervures distantes de 2,20 m.

Les rails reposent sur une dalle de 13 mm de «Contravibron» posée entre deux plaques de plomb de 3 mm d'épaisseur.

Les calculs statiques du pont furent exécutés suivant les prescriptions tchécoslovaques pour ponts-route de Ière classe et en outre d'une part pour un wagon de 22 t tiré par des locomotives électriques et d'autre part pour une arroseuse ou une automotrice de 21 t avec remorque de 13 t, des tramways électriques. Le pont supporte encore 3 conduites d'eau, une conduite de gaz ainsi que des câbles pour l'électricité et le téléphone. C'est pourquoi on ménagea des ouvertures dans les raidisseurs des poutres principales afin de permettre le passage de ces conduites.

A l'exception des étriers, tous les fers d'armature du pont sont en acier «Roxor» (fig. 11 et 12). L'avantage de ce matériau à haute résistance consiste en une réduction de la section nécessaire des armatures et en une meilleure utilisation de la hauteur restreinte de construction. Si l'on avait employé des ronds en acier ordinaire C 38, il eut au moins fallu 4 rangées de fers, ce qui aurait sensiblement réduit la hauteur théorique de la section.

La plus grande contrainte du béton de la dalle de 18 cm d'épaisseur est de 42,2 kg/cm² et celle de l'acier de 1623 kg/cm². Dans

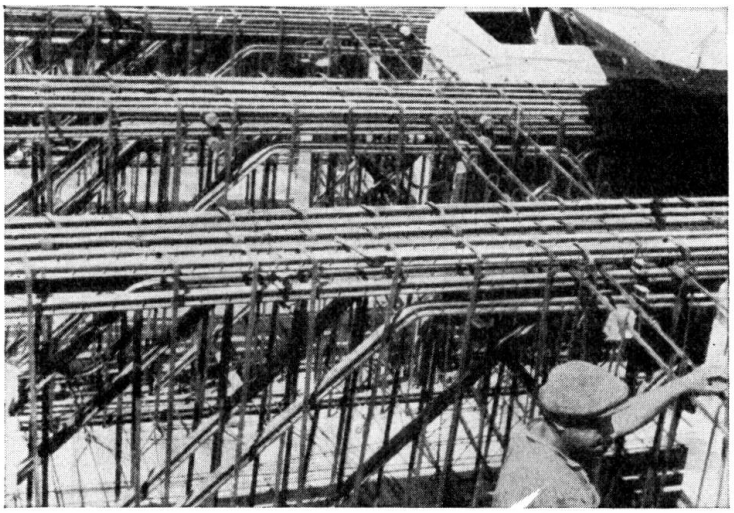

Fig. 11.

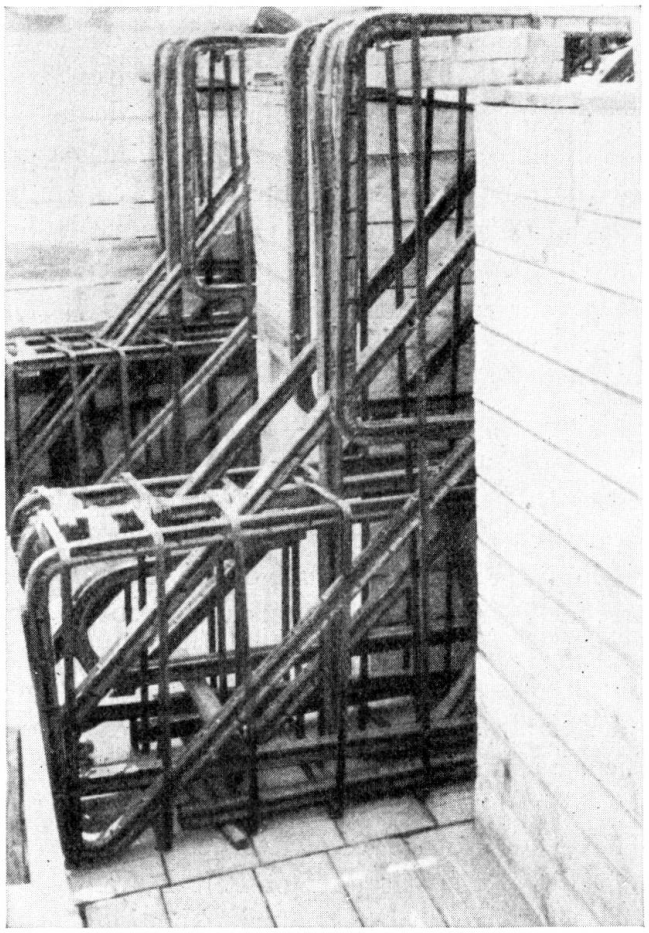

Fig. 12.

les poutres principales, les plus fortes tensions sont de 69,2 kg/cm² (σ_{adm} = 70 kg/cm²) et de 1750 kg/cm² (σ_{adm} = 1900 kg/cm²).

Afin d'éviter les fissures aux endroits où les efforts de traction sont les plus grands, c'est-à-dire à la partie inférieure de la poutre simple et à la partie

supérieure de la poutre au droit des appuis intermédiaires, on plaça des treillis de fils de fer autour des armatures.

Les prescriptions exigent du béton des parties portantes une résistance de cube de 330 kg/cm² après 28 jours. On obtint lors de la construction une résistance de cube de 431 kg/cm² pour un dosage de 350 kg de ciment portland par m³ de béton mis en oeuvre et pour un module de finesse de 6,06.

Les résultats des essais exécutés sur les fers « Roxor » sont les suivants:

limite d'écoulement, en moyenne	41,1	kg/mm²
résistance » »	59,2	»
allongement » »	24,4	%
striction » »	54,2	»

Lors de l'exécution de la construction, on fit en sorte que l'échafaudage se tasse sous l'effet de la masse de béton. Le bétonnage se fit de telle façon que les sections des plus grands moments de flexion soient bétonnées les premières. Ceci est principalement valable pour les sections au droit des appuis intermédiaires et la section médiane de la poutre simple. Comme le pont est biais ($d = 81^0\ 30'$) et relativement large, on ne bétonna la poutre simple de la travée médiane qu'après le décoffrage des travées latérales et des encorbellements. C'est ainsi que l'on évita des torsions dans la travée médiane.

Pour les épreuves on utilisa: 2 arroseuses de 21 t des tramways électriques, 2 automotrices de 20,5 t, un rouleau compresseur de 14 t, un autre de 12 t ainsi que des pavés déposés sur les trottoirs et d'un poids de 85,5 t. La surcharge totale lors des épreuves fut donc de 180,5 t. La plus grande flexion élastique des poutres maîtresses au dessous des rails fut de 2,35 mm, contre 4,47 mm dans les calculs, celle des autres poutres principales de 2,05 mm contre 2,90 mm. Les résultats des épreuves furent par conséquent très satisfaisants.

Par m² de surface du pont, l'emploi total de béton — exception faite du béton de remplissage — est de 79 cm, le poids du fer est de 128 kg dont 10 kg pour les étriers en acier ordinaire C 38 et le reste pour les aciers « Roxor ».

Résumé.

En partant de considérations théoriques, ce rapport traite la question des deux sortes d'aciers à haute résistance, « Roxor » et « Isteg », employés en Tchécoslovaquie dans les constructions en béton armé. La haute limite d'écoulement de l'acier « Roxor » est obtenue naturellement par procédé de fabrication, tandis que celle de l'acier « Isteg » est obtenue artificiellement par étirage à froid.

Le présent rapport décrit ensuite l'application d'aciers «Isteg» et «Roxor» à la construction de quelques ponts-route d'Etat.

Leere Seite
Blank page
Page vide