Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 79 (1953)
Heft: 22

Artikel: La reconstruction des ponts de l'ile à Genève
Autor: Calame, Jules / Schubiger, Emile
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-59810

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: 09.12.2025

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

79e année 31 octobre 1953 N° 22

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les quinze jours

Abonnements :
Suisse : 1 an, 24 francs
Etranger : 28 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 20 francs
Etranger : 25 francs
Prix du numéro ; Fr. 1.40
Abonnements et nos isolés par versement au cpte de ch. postaux Bulletin technique de la Suisse romande N° II. 5775, à Lausanne.

Rédaction
et éditions de la S. A. du Bulletin technique (tirés à part), Case Chauderon 475

Administration
Ch. de Roseneck 6 Lausanne

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des Anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

Comité de patronage — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. Epitaux, architecte, à Lausanne ; Secrétaire : J. Calame, ingénieur, à Genève — Membres, Fribourg : MM. P. Joye, professeur ; † E. Lateltin, architecte — Vaud : MM. F. Chenaux. ingénieur ; † H. Matti, ingénieur ; E. d'Okolski, architecte ; Ch. Thévenaz, architecte — Genève : MM. † L. Archinard, ingénieur ; Cl. Grosgurin, architecte ; E. Martin, architecte ; V. Rochat, ingénieur — Neuchâtel : MM. J. Béguin, architecte ; R. Guye, ingénieur — Valais : MM. J. Dubuis, ingénieur ; D. Burgener, architecte.

Rédaction : D. Bonnard, ingénieur. Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Conseil d'administration
de la Société anonyme du Bulletin technique : A. Stucky, ingénieur, président ; M. Bridel ; G. Epitaux, architecte ; R. Neeser, ingénieur.

Tarif des annonces

1/1 page	Fr.	264.—
1/2 »	»	134.40
1/4 »	»	67.20
1/8 »	»	33.60

Annonces Suisses S. A.
(ASSA)

Rue Centrale 5. Tél. 22 33 26
Lausanne et succursales

SOMMAIRE : *La reconstruction des ponts de l'Ile à Genève* (suite et fin), par JULES CALAME, ingénieur-conseil à Genève, et par EMILE SCHUBIGER, ingénieur-conseil à Zurich. — DIVERS : *Documentation internationale.* — Organisation et formation professionnelles : *Groupe S.I.A. des ingénieurs de l'industrie.* — LES CONGRÈS : *Congrès de la construction métallique ; Commission internationale des irrigations et du drainage ; Réunion internationale des laboratoires d'essais et de recherches sur les matériaux et les constructions ; Centre belge d'étude et de documentation des eaux.* — BIBLIOGRAPHIE. — CARNET DES CONCOURS. — SERVICE DE PLACEMENT. — DOCUMENTATION GÉNÉRALE. — DOCUMENTATION DU BATIMENT. — NOUVEAUTÉS, INFORMATIONS DIVERSES.

LA RECONSTRUCTION DES PONTS DE L'ILE A GENÈVE

par JULES CALAME, ingénieur-conseil à Genève,
et par EMILE SCHUBIGER, ingénieur-conseil à Zurich.

(Suite et fin.) [1]

Les tabliers

Celui du bras gauche (sur trois travées solidaires), comme celui du bras droit (sur deux travées seulement), constitue — pour chacun des demi-tabliers amont ou aval — un ouvrage hyperstatique de béton *précontraint*, mis en compression à la fois dans le sens longitudinal et dans le sens transversal, selon le procédé suisse *B.B.R.V. — Stahlton.*

Dans ce système, la précontrainte est exercée sur le béton durci par un réseau de « câbles » ; chaque câble est constitué par un faisceau de 36 fils ⌀ 5 mm en acier spécial et à même de fournir un effort de l'ordre de 80 t.

Cet acier, particulièrement dur et résistant, est obtenu par un traitement spécial après étirage, qui lui confère les caractéristiques moyennes suivantes :

Résistance à la traction : 160 à 175 kg/mm².
Limite apparente d'élasticité : 145 à 155 kg/mm² (pour une déformation permanente de 2 ‰).
Allongement à la rupture : de l'ordre de 5 à 7 %.
Coefficient de striction : de l'ordre de 35 à 50 %.
Module d'élasticité : environ 20 000 kg/mm².

Ces fils proviennent de la Tréfilerie Vogt S. A., à Reinach (Argovie), et ont fait l'objet, en de multiples occasions déjà, d'un grand nombre d'essais de contrôle. Chaque fil, une fois coupé de longueur, est pourvu à ses deux extrémités d'une tête obtenue par refoulement à froid sur place, dans une emboutisseuse automatique réglable.

Mais on a eu soin, avant de former ces têtes, d'enfiler les 36 fils d'un câble dans une *gaine* tubulaire en acier, puis, à chaque extrémité, dans une *pièce d'ancrage* cylindrique ; celle-ci, constituée par un court tronçon de tube d'acier épais, est pourvue d'un filetage extérieur et intérieur ; elle vient s'adapter dans la suite au dispositif breveté [2] de traction du câble par vérin hydraulique et se voit bloquée par un écrou de serrage, une fois réglée définitivement la longueur du câble subissant la précontrainte choisie.

En principe, la *mise en précontrainte* du béton se fait en deux étapes, la première partielle — de l'ordre de 20 % du maximum prévu — a lieu trois à cinq jours après la fin du bétonnage, la précontrainte complète

[1] Voir *Bulletin technique* du 17 octobre 1953, p. 421.

[2] Voir la description du procédé dans le numéro 8 de la *Schweizerische Bauzeitung* du 23 février 1952.

après vingt-huit jours, de façon à réaliser à ce moment-là une contrainte maximum de l'acier spécial des fils de 110 kg/mm².

Les pertes de précontrainte par retrait du béton et fluage de l'acier peuvent atteindre, après quelques jours, 10 à 12 % de la précontrainte totale ; on peut alors admettre un équilibre dans la relaxation de tous les fils ; puis on procède à une dernière mise sous tension du câble, qu'on règle alors définitivement à la contrainte maximum de 110 kg/mm².

Les opérations de précontrainte une fois terminées, on injecte sous pression, par plusieurs tubes verticaux aboutissant dans la gaine du câble, un lait de ciment riche jusqu'à refus.

* * *

Quant au *béton* pervibré, dosé à 300 C. P. et dont la granulométrie avait fait au préalable l'objet d'une recherche prolongée, le cahier des charges imposait une résistance minimum à la compression de 400 kg/cm² sur cube à vingt-huit jours et les contraintes admissibles avaient été fixées, au maximum de :

120 kg/cm² dans le bord le plus comprimé,

et au minimum de :

0 kg/cm² dans le bord le moins comprimé, sous les charges permanentes seules,

et de :

8 kg/cm² sous les mêmes + les charges utiles.

Ces conditions ont été partout respectées.

Lors de l'exécution, le bétonnage fut exécuté par étapes très proches et par secteurs alternés, délimités en des sections faiblement sollicitées.

* * *

Les *surcharges mobiles* introduites dans le calcul statique de ces tabliers comportaient au total pour deux demi-ponts, seize camions de 13 t en huit files de deux camions, placés dos à dos sur les chaussées et sur la place intermédiaire de stationnement ; et, de plus, une surcharge uniformément répartie de 250 kg/m² dans les régions adjacentes.

On a en outre majoré ces surcharges mobiles — mais sur les chaussées proprement dites seulement — en les augmentant en pour-cent d'un *coefficient dynamique* établi par la formule traditionnelle :

$$\varphi_3 = \frac{550 + 5L}{10 + L}$$

L désignant en mètres la portée moyenne des travées de l'ouvrage.

Les trottoirs en encorbellement ont été calculés pour une foule de 500 kg/m² en réduisant toutefois cette valeur d'un terme $2L$, L ayant la même valeur que ci-dessus [1].

A. *Tabliers du bras gauche* (B. G.)

La dalle pleine du *demi-pont amont* sur trois travées de portées variables avec sa largeur de 19,51 m (21,57 m jusqu'à l'extérieur du trottoir) comporte :

[1] Conformément au texte des nouvelles Normes S.I.A., nº 160, article 9, chiffre 3, en préparation.

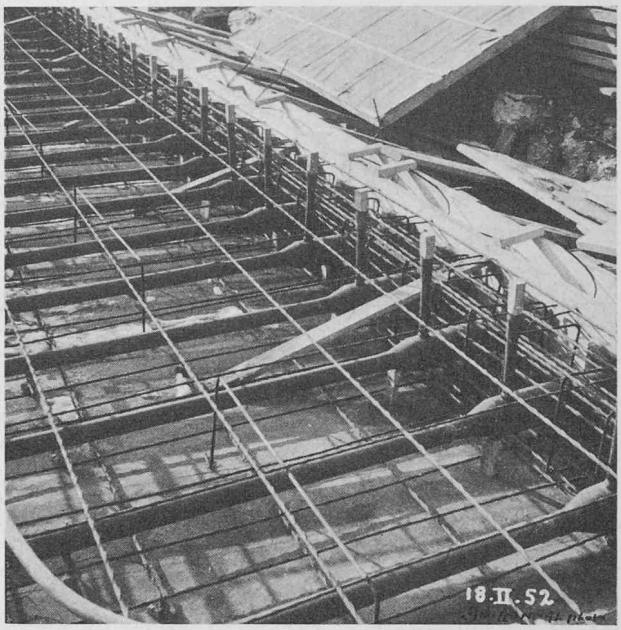


Fig. 15. — Tablier du pont B. G. Extrémité des « câbles » de précontrainte de la dalle du tablier.

Longitudinalement : 37 « câbles » de précontrainte normaux, à courbure positive et négative, également répartis dans la dalle et représentant au total une précontrainte de 2830 t.

Transversalement : 24 « câbles » normaux représentant une précontrainte totale de 1875 t.

Le *demi-pont aval*, sur trois travées peu différentes des précédentes, comporte — à cause d'un raccordement particulier à l'aval :

Longitudinalement : 38 + 4 câbles, fournissant 3260 t.

Transversalement : 24 câbles ou 1875 t de précontrainte.

Le calcul a fait ressortir, sous les plus lourdes charges admises, les *contraintes extrêmes* suivantes :

Maximum 70 kg/cm², dans le bord le plus comprimé,

minimum 9 kg/cm², dans le bord le moins comprimé.

Fig. 16. — Pont B. G. La moitié amont du tablier terminée.

La sécurité à la rupture serait de l'ordre de 2.

Ces chiffres sont ceux qui résultent du *moment de précontrainte* $_{pr}M$ dans les sections les plus exposées ; ce moment de flexion est la somme :

du moment de précontrainte proprement dit $_{pr}M_o$ dans la poutre isostatique,

et du moment induit ou parasitaire ou simplement *secondaire* $_{pr}M_i$ provoqué par les liaisons qui empêchent l'ouvrage, sous l'effet de la précontrainte, de se déformer librement.

C'est dire qu'on a, au total : $_{pr}M = {}_{pr}M_o + {}_{pr}M_i$

La figure 17 donne le schéma de l'emplacement des câbles sous la chaussée du demi-pont amont, les *moments extrêmes provoqués par les charges extérieures* (M_g provenant du poids propre + M_p de la surcharge utile), ainsi que le *moment de précontrainte* $_{pr}M$. En les superposant, on remarque clairement que les premiers sont couverts par le second.

Quant au moment de précontrainte secondaire $_{pr}M_i$, il est ici *négatif* ; il augmente dès lors le moment de précontrainte principal $_{pr}M_o$ dans les travées et le diminue sur les appuis.

* * *

Une dalle aussi large posait en outre le *problème de la répartition transversale* des efforts dus à des charges concentrées, situées soit au milieu, soit dans le bord du profil. Pour le traiter, on a considéré le profil longitudinal de la dalle comme étant formé de trois travées solidaires à J variable :

celle du milieu, s'appuyant sur deux bords opposés encastrés élastiquement ;

les deux travées de rive, s'appuyant sur deux bords dont la portée d'environ 14 m est plus courte que la largeur de 19,50 m, l'un des bords étant librement posé, l'autre constituant un encastrement élastique.

Le calcul fut conduit en utilisant des lignes et des surfaces d'influence. On put ainsi constater qu'une charge agissant *dans le bord libre*, au milieu d'une travée du pont, provoque une déformation et, par conséquent, des contraintes non négligeables *jusque dans le bord opposé* distant de 19,50 m.

Autre exemple : Les moments fléchissants longitudinaux, résultant d'une charge totale *excentrée*, font

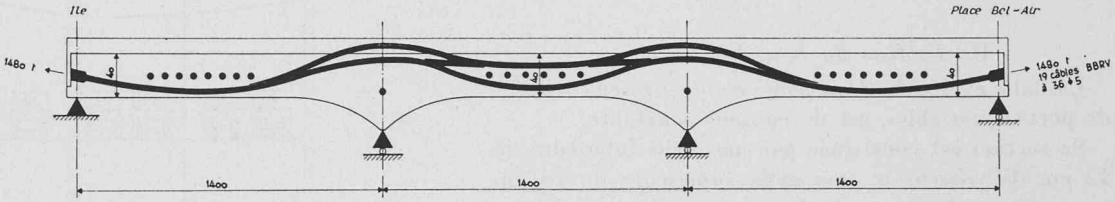


Fig. 17 *a*. Tablier B. G. Schéma de l'emplacement des câbles de précontrainte sous la chaussée.

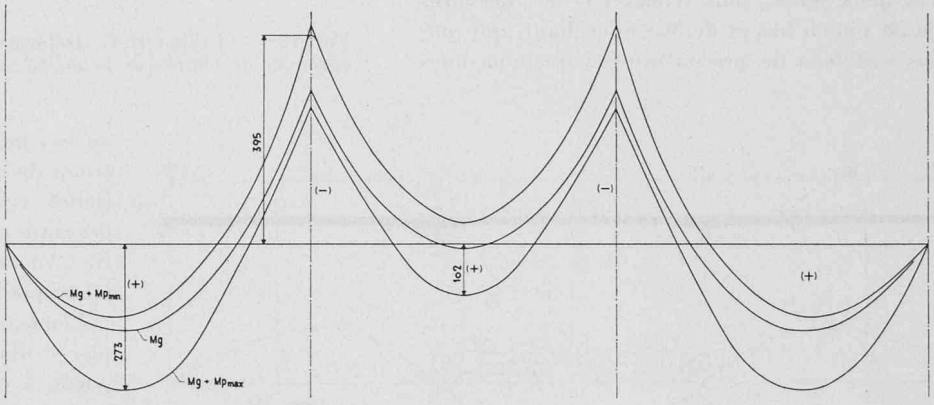


Fig. 17 *b*. Courbes-enveloppes des moments extrêmes (exprimés en *mt*).

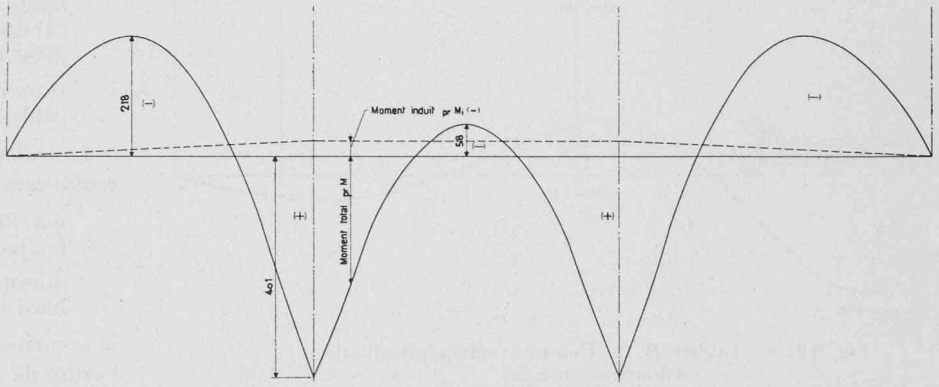


Fig. 17 *c*. Moment de précontrainte dans la dalle (en *mt*) ; $_{pr}M_i$ est ici négatif et nécessite des goussets de part et d'autre des piles.

ressortir une plus-value de l'ordre de 7 % par rapport aux moments dus à la même charge, mais *centrée*.

Ces résultats ont été confirmés lors des épreuves de charge.

Ainsi les figures 18 et 19 donnent la valeur des flèches mesurées effectivement, soit dans le sens transversal, soit dans le sens longitudinal pour certains cas de charge réalisés *lors des épreuves officielles* du demi-tablier amont, qui ont été conduites par les soins du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux. On remarquera l'excellente répartition transversale des déformations (et par conséquent des contraintes) et aussi l'effet de rigidité provoqué par le trottoir grâce à son moment d'inertie important.

Le *module d'élasticité de l'ouvrage* ressort des résultats d'épreuve à environ 450 000 kg/cm², alors qu'on l'avait admis de 360 000 kg/cm² dans les calculs, en utilisant la valeur probable donnée par la formule du L.F.E.M.

Le demi-tablier amont fut examiné encore au point de vue des *essais dynamiques* ; ceux-ci permirent d'identifier un coefficient dynamique moyen de l'ordre de 17 % (inférieur ainsi à 26 % que donnerait dans ce cas la formule de φ_3 rappelée plus haut). La fréquence propre du tablier fut trouvée à l'essai, comme au calcul, de 4,4 Hz.

B. *Tabliers du bras droit* (B. D.)

La dalle évidée du *demi-pont amont*, sur deux travées de portées variables, est de hauteur constante.

Sa section est constituée par une dalle inférieure de 12 cm d'épaisseur et une dalle supérieure de 18 cm (comportant dans son épaisseur des dallettes précontraintes de 6 cm servant de coffrage à la dalle supérieure) ; ces deux dalles sont reliées par des nervures épaisses de 28 cm en bas et de 36 cm en haut, qui renferment les « câbles » de précontrainte ; quelques-unes

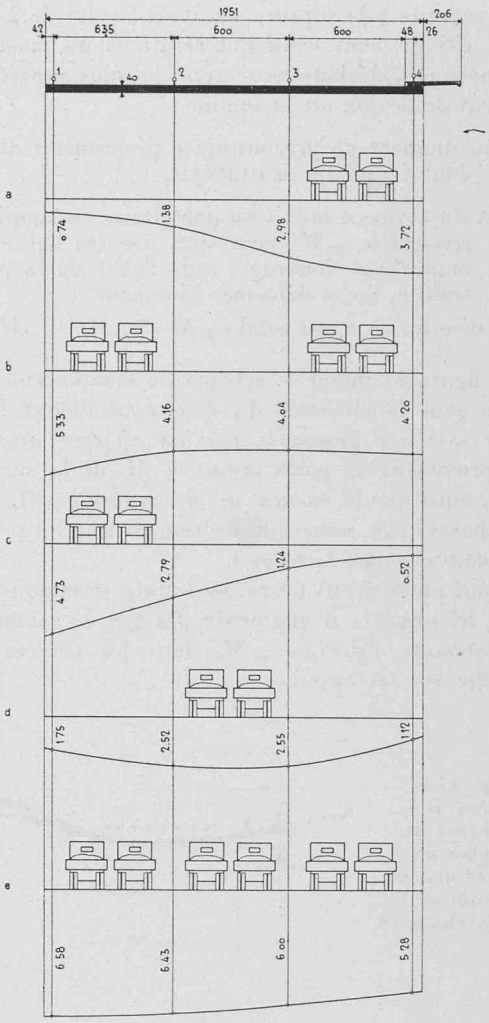


Fig. 18. — Tablier B. G. Déformation transversale lors des épreuves de charge de la moitié amont (ordonnées en *mm*).

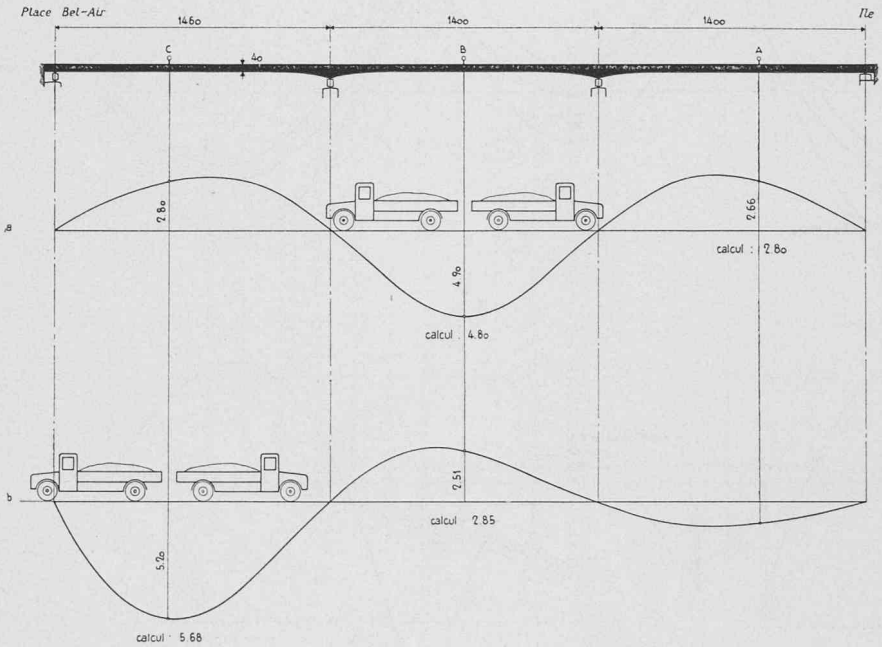


Fig. 19. — Tablier B. G. Déformation longitudinale (ordonnées en *mm*).

de ces nervures sont percées de trous de visite et la dalle supérieure comporte les regards de descente nécessaires pour y aboutir. Aucun coffrage en bois n'est laissé perdu dans l'ouvrage.

L'armature de précontrainte placée dans les nervures comporte, à cause aussi de l'arrondi de raccordement au quai des Bergues,

longitudinalement : 41 + 8 câbles fournissant ensemble 3790 t,

transversalement : 15 + 6 câbles pour 1480 t.

Le calcul a fait ressortir les *contraintes extrêmes* suivantes :

maximum 115 kg/cm,² dans le bord le plus comprimé,

minimum 7 kg/cm², dans le bord le moins comprimé,

la sécurité à la rupture serait de l'ordre de 2,3.

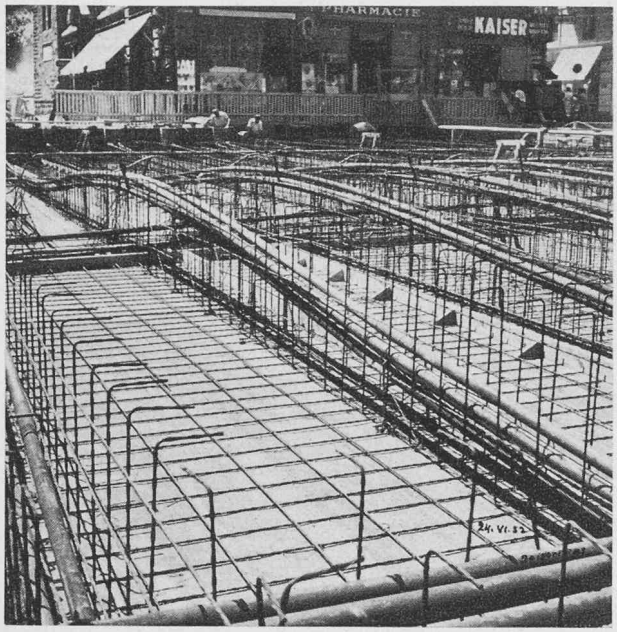


Fig. 20. — Tablier du pont B. D. Armature du béton précontraint des nervures.

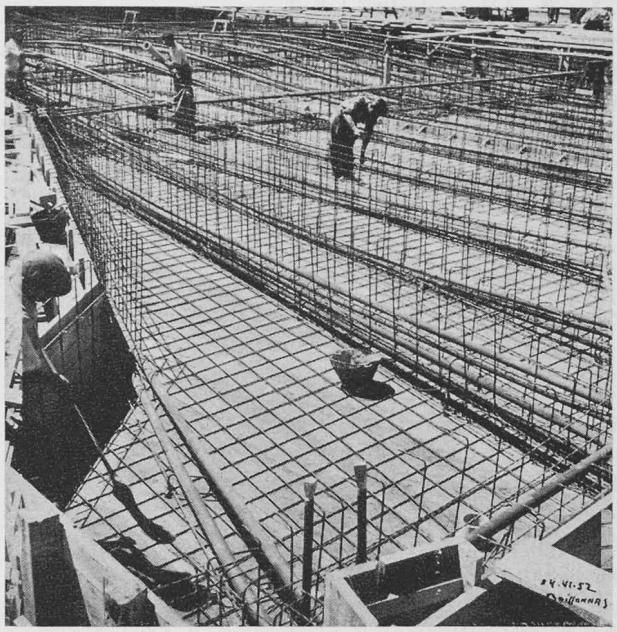
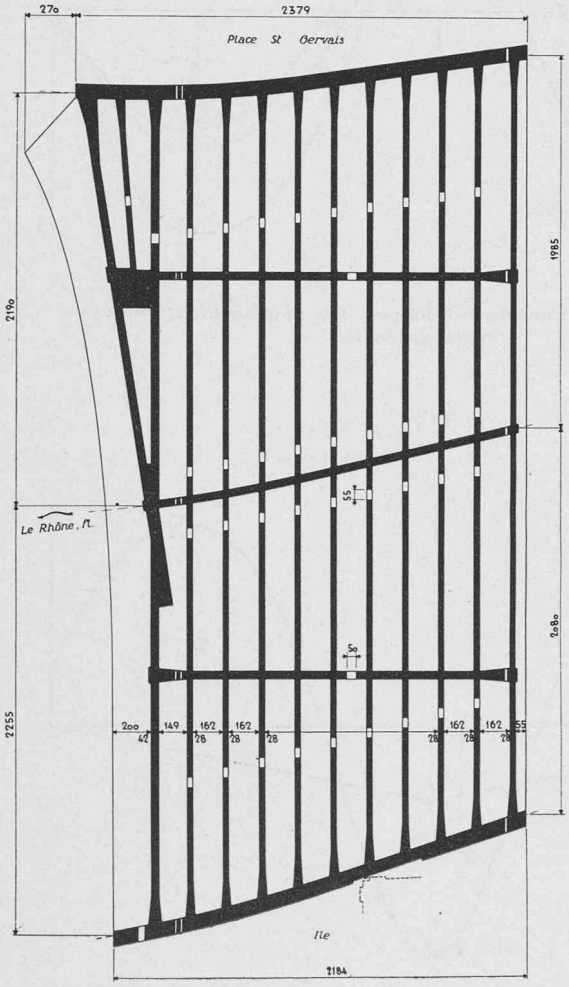


Fig. 21. — Tablier du pont B. D. Elargissement latéral du demi-tablier amont.



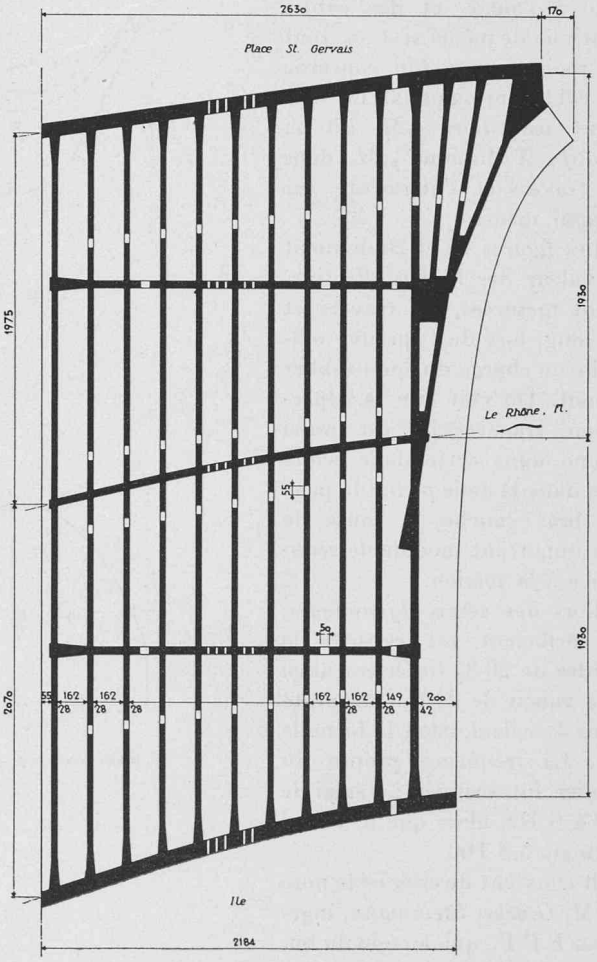


Fig. 23. — Pont B. D. Répartition des nervures dans le demi-pont aval et le demi-pont amont.

Le *demi-pont aval* sur deux travées peu différentes des précédentes comporte, notamment à cause de l'arrondi de raccordement au quai Turrettini :

longitudinalement :
44 + 8 câbles fournissant 4000 t ;

transversalement :
15 + 6 câbles pour 1480 t de précontrainte.

La figure 23 montre la disposition en plan des nervures.

La figure 24 donne le schéma de l'emplacement des câbles sous la place de stationnement du demi-pont amont, les *moments extrêmes dus aux charges extérieures* (poids propre + surcharge utile) et *le moment de précontrainte.*

En confrontant ces courbes, on se rend compte pourquoi il a été possible de conserver, pour le pont du bras droit, une section constante de béton d'un bout à l'autre, et des câbles continus de même section, tout au moins en ce qui concerne les câbles principaux. Le moment secondaire $_{pr}M_i$ est ici *positif*; il diminue $_{pr}M_o$ dans les travées et l'augmente sur l'appui médian.

Les figures 25 et 26 donnent la valeur des flèches effectivement mesurées, en travers et en long, lors de l'épreuve officielle de charge du demi-tablier amont. On voit que la répartition transversale est aussi bonne dans cette dalle *évidée* que dans la dalle *pleine* du pont du bras gauche, à cause de son important module de résistance à la torsion.

Lors des essais *dynamiques*, le coefficient est ressorti de l'ordre de 20 % (inférieur ainsi à la valeur de 22 % introduite dans le calcul selon la formule φ_3). La fréquence propre du tablier fut trouvée à l'essai de 5,8 à 6 Hz, alors que le calcul donnait 5,8 Hz.

Il convient de citer ici le nom de M. *Georges Steinmann*, ingénieur E.P.F., qui, au sein du bureau Schubiger, a été chargé des calculs statiques et du contrôle des travaux de précontrainte.

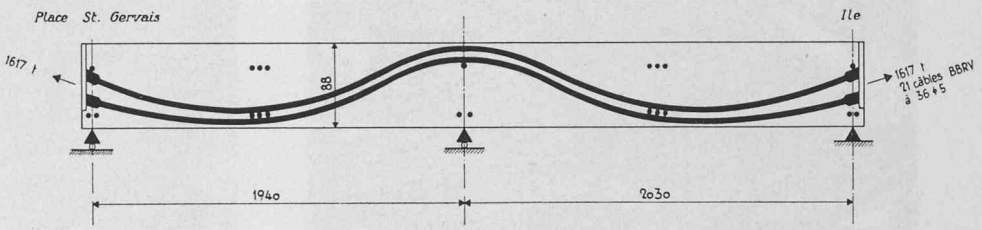


Fig. 24 *a*. — Tablier B. D. Schéma de l'emplacement des câbles de précontrainte sous la place de stationnement.

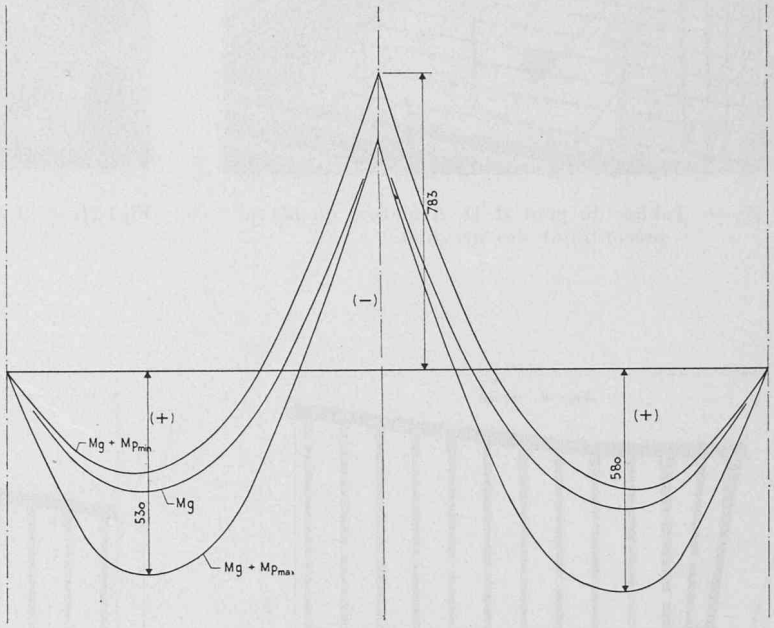


Fig. 24 *b*. — Courbes-enveloppes des moments extrêmes (exprimés en *mt*).

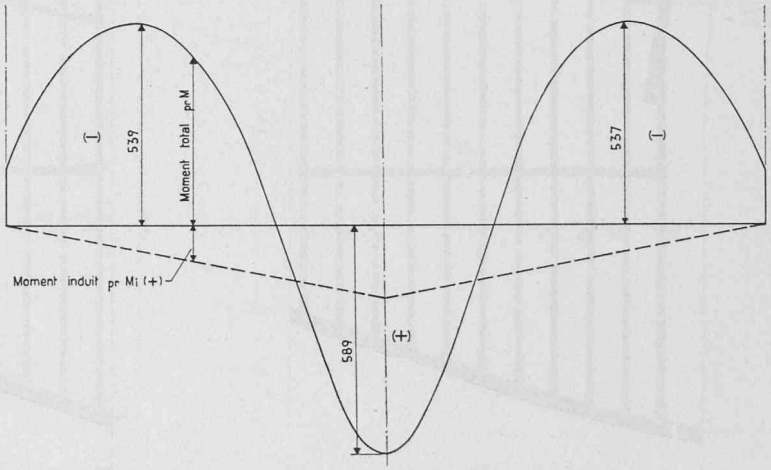


Fig. 24 *c*. — Moment de précontrainte dans la dalle (en *mt*) ; $_{pr}M_i$ est, dans ce cas, *positif* et permet d'éviter des goussets de part et d'autre de la pile médiane.

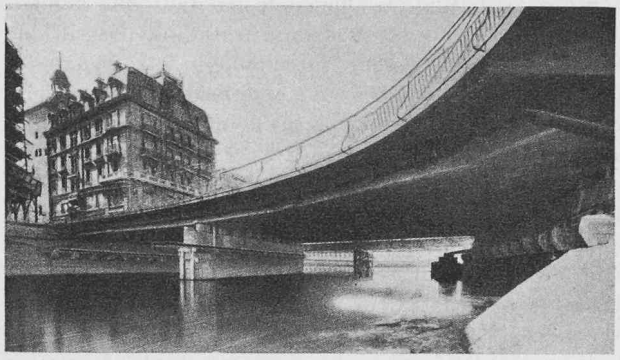


Fig. 22. — Pont B. D. La moitié amont terminée.

Réalisation du programme

Commencés en octobre 1951, par la démolition des demi-ponts amont sur les deux bras du Rhône, les travaux ont été poursuivis sans arrêt jusqu'en août 1953, et terminés par la reconstruction des demi-ponts aval ; certains d'entre eux ont dû être momentanément suspendus, lors des crues considérables du fleuve — la plus forte depuis longtemps eut lieu à fin octobre 1952 — qui ont noyé entièrement les trois chantiers ouverts dans le bras droit, pour la reconstruction des culées et de la pile. La compréhension trouvée alors auprès du Service fédéral des eaux et auprès des Services industriels de Genève a heureusement permis chaque fois, en fermant momentanément les vannes du pont de la Machine, d'éviter un échec périlleux qui aurait pu, par deux fois, et à quelques heures près, compromettre complètement le programme d'avancement des travaux.

Les douze services publics intéressés au passage du pont n'ont cessé de montrer d'ailleurs une compréhension qui fut d'autant plus appréciée que les transformations survenues leur ont causé à diverses reprises des désagréments réels et des frais qui furent loin d'être négligeables.

Entrepris en pleine ville, sous le regard continuellement intéressé et toujours critique des contribuables, ces travaux ont constitué aussi, sous une autre forme, une épreuve sérieuse de résistance, que les entreprises choisies ont su victorieusement surmonter sans accroc et à la satisfaction générale ; il convient de leur en rendre un particulier hommage.

Genève, avril-mai 1953.

Les photos qui illustrent ce texte sont de Boissonnas, a Genève.

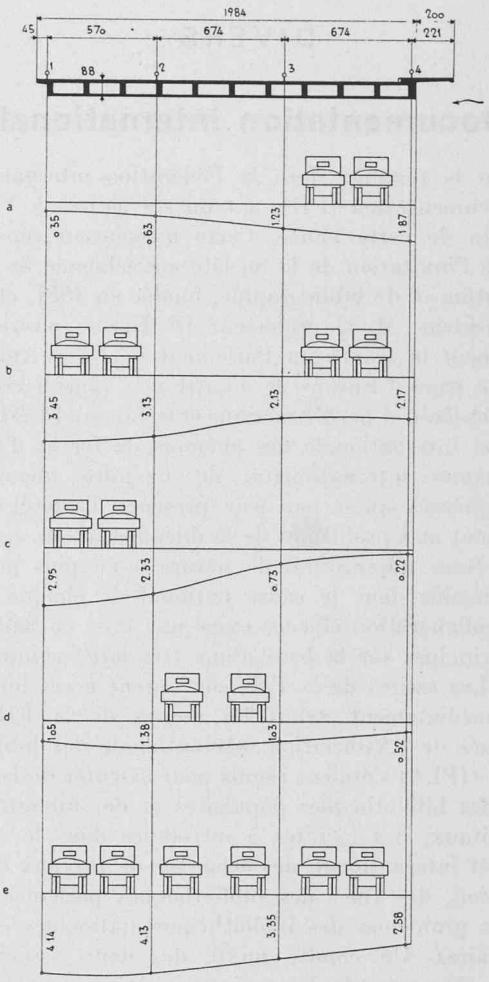


Fig. 25. — Tablier B. D. Déformation transversale lors des épreuves de charge de la moitié amont (ordonnées en *mm*).

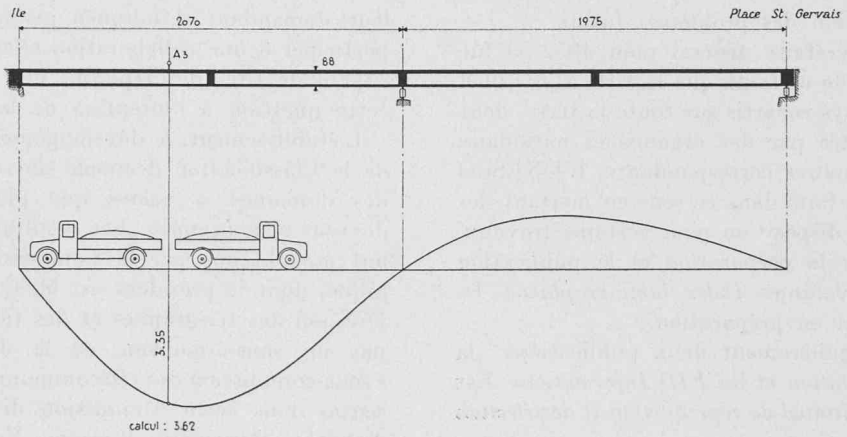


Fig. 26. — Tablier B. D. Déformation longitudinale (ordonnées en *mm*).