

Un pont de grande portée en béton léger

Autor(en): **Segre, Ernesto**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte**

Band (Jahr): **55 (1987)**

PDF erstellt am: **02.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-42707>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Un pont de grande portée en béton léger

Eine Leichtbetonbrücke mit grosser Spannweite

A Long-Span Lightweight Concrete Bridge

Ernesto SEGRE
Ingénieur Civil
Tecnivavi s.p.a.
Milan, Italie



Ernesto Segre né en 1931, diplômé ingénieur civil en 1955 au Polytechnique de Turin, avec une thèse sur le béton précontraint. Depuis 1957 il travaille chez Tecnivavi, producteur de matériaux pour la précontrainte et le soutènement de tunnels, dont il est administrateur délégué. Il est auteur de projets de structures, surtout en béton précontraint.

RÉSUMÉ

Dans les structures en béton de l'avenir, une place importante sera certainement occupée par les constructions en béton léger. Une telle évolution est suggérée par l'économie de poids qui peut être réalisée dans les grandes constructions, avec ses conséquences économiques dans les fondations et les quantités d'armatures, et aussi par la difficulté croissante de trouver à bon marché les granulats traditionnels de bonne qualité. La contribution présente un pont en béton léger de 125 m de portée, construit en encorbellement, en arc à 3 articulations. Après la fin des travaux on a mesuré les déformations, dont on réfère ici.

ZUSAMMENFASSUNG

In der zukünftigen Betonbauweise wird der Leichtbeton einen wichtigen Platz einnehmen. Insbesondere bei grossen Spannweiten ergeben sich Einsparungen an Bewehrungsstahl und bei der Dimensionierung der Fundationen. Nicht zuletzt begünstigt auch den Mangel an qualitativ guten Zuschlagstoffen für den Normalbeton die Leichtbauweise. Der Beitrag beschreibt eine Brücke aus Leichtbeton mit einer Spannweite von 125 m. Der Dreigelenkbogen wurde im Freivorbau erstellt. Seit der Fertigstellung sind systematische Deformationsmessungen vorgenommen worden, über welche in diesem Beitrag berichtet wird.

SUMMARY

Among the concrete structures of the future, certainly an important place will be taken by lightweight concrete structures. Such a choice will be suggested owing to the savings in weight obtained in large constructions and the consequent economic effects, particularly for foundations and the amount of reinforcement steel, but also owing to an increasing difficulty in obtaining traditional good and cheap aggregates. This paper shows a lightweight concrete bridge, 125 m span, built by the cantilever method, according to the static schema of a 3 hinged arch. At the end of the construction work, many deformation measurements were carried out.



1. INTRODUCTION

Le béton léger est un matériau commun depuis beaucoup d'années, mais, en effet, assez peu employé, à cause du coût élevé des granulats nécessaires pour sa préparation. Même si cette affirmation est exacte en absolu, elle peut au contraire se révéler peu correcte au moment d'un examen plus profond du problème dans son ensemble, surtout quand il s'agit de projeter et bâtir des structures de grande portée. En effet, dans le cas de ces constructions, dans lesquelles le poids mort est une fraction considérable de la charge totale (80-90%), la possibilité d'utiliser des matériaux de poids spécifique plus bas, en réduisant ainsi les poids morts d'un bon 25%, permet d'avoir des importantes économies en réduisant les dimensions des oeuvres, la quantité d'armature, la profondeur et l'étendue des fondations, le coût des équipements de bétonnage et de transport. On doit ajouter que, plusieurs fois, les granulats lourds traditionnels ne sont pas disponibles dans l'endroit d'utilisation et il faut ainsi les transporter sur des longs trajets; cela est naturellement vrai aussi pour les granulats légers, mais leur poids mineur permet une réduction des coûts de transport à peu près du 30%.

Par conséquent, déjà aujourd'hui, pour les structures de grande portée, l'emploi du béton léger structural se révèle avantageux, mais il faut aussi considérer que, dans les pays industrialisés, la possibilité de trouver des granulats de bonne qualité devient de plus en plus difficile à cause des limitations à l'excavation des fleuves et à l'ouverture des nouvelles carrières imposées par les autorités (pour des raisons hydrauliques, de paysage, écologiques).

Il est donc probable, dans un prochain futur, une raréfaction des granulats traditionnels de bonne qualité, ce qui entraînera inévitablement une montée des prix, tendance déjà en cours. En s'affaiblissant la différence de prix entre les deux types de granulats, l'espace économique, qui pourra être occupé par les structures en béton léger, en sera naturellement augmenté. On peut donc conclure que, avec toute probabilité et si les tendances présentes vont continuer, l'emploi du béton léger structural trouvera toujours plus sa place et pourra, en réalité, être considéré un matériau destiné aux structures en béton de l'avenir.

2. PONT EN BETON LEGER STUCTURAL SUR LE RIO SINIGO A AVELENGO (BOLZANO)

Le pont, pour la construction duquel fut ouvert un concours par la "Provincia di Bolzano", devait enjamber l'étroit et profond vallon du Rio Sinigo. L'administration demandait surtout d'épargner la végétation de haute futaie et d'insérer harmonieusement dans le paysage le pont qui, à cause du tracé de la route, devait se développer partiellement en courbe.

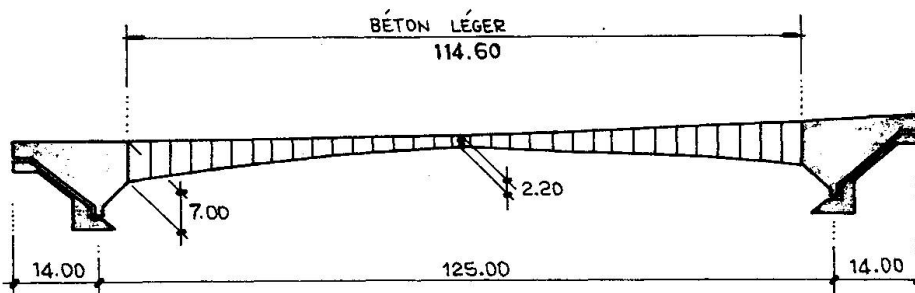


Fig. 1 - Profil du pont

Compte tenu des limitations et des problèmes économiques relatifs, le choix du projet est tombé sur un arc à trois articulations avec une portée de 125 m et

une longueur de l'oeuvre de 158 m. (fig. 1) dont la part en encorbellement a été bâtie en béton léger structural en argile expansée.

Le choix d'un tel matériau spécial fut due à plusieurs considérations techniques et économiques, parmi lesquelles:

- le poids inférieure de la structure en encorbellement en béton léger a permis une considérable économie des fondations et des quantités des tirants provisoires des culées;
- la diminution du poids des coulées de béton léger a permis l'utilisation des équipements déjà existants, sans recourir à la construction de nouveaux équipements spéciaux.
- en adoptant une structure en encorbellement plus légère, on a pu limiter l'hauteur en clef de l'oeuvre seulement à m. 2.20 et celle aux impostes seulement à m. 7, en donnant ainsi à la structure une remarquable forme élancée, (fig. 2-3) selon le cahier des charges. Une structure pareille en béton normal aurait demandé hauteurs supérieures d'environ le 20%.



Fig. 2 - Vue du pont

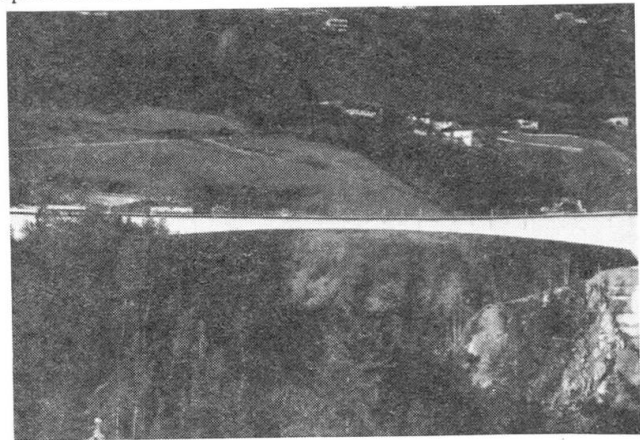
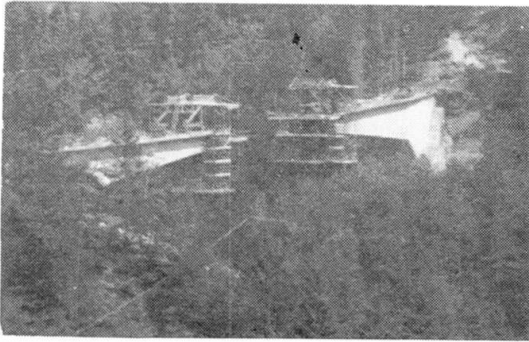


Fig. 3 - Une autre vue du pont.

- dans l'ensemble, le mineur poids de l'oeuvre a eu, par conséquent, des économies dans l'emploi de tous les matériaux, comme on voit d'après le tableau suivant qui compare les quantités et les incidences des matériaux réellement employés pour la structure en béton léger à ceux qui probablement aurait dû être employé pour la même oeuvre en béton normal.

	béton léger	béton normal
Béton normal pour structures précontraintes (culées, balanciers, etc.)	790 m ³ = 0.64 m ³ /m ²	1040 m ³ = 0.85 m ³ /m ²
Béton léger pour structures précontraintes en encorbellement	870 m ³ = 0.70 m ³ /m ²	-
Béton normal pour structures précontraintes en encorbellement	-	950 m ³ = 0.76 m ³ /m ²
Armatures normales pour oeuvres précontraintes en encorbellement	69 t = 55.7 kg/m ²	80 t = 64.4 kg/m ²
Armature normale pour culées et balanciers	82.8 t = 66.8 kg/m ²	100 t = 80.5 kg/m ²
Acier en câbles pour structures précontraintes et pour tirants des contrepoids	38.7 t = 31.2 kg/m ²	45 t = 36.1 kg/m ²
Acier en barres pour structures précontraintes et ancrage des chariots	5.8 t = 4.7 kg/m ²	8 t = 6.5 kg/m ²



on ne pouvait pas trouver sur place ou pas trop loin des granulats normaux de bonne qualité indiqués pour béton précontraint. Compte tenu de ces faits, la différence entre le coût des granulats pour béton léger et celui des granulats normaux était assez petite. En effet, lors du budget, compte tenu de tout ce qui précède, et aussi d'autres circonstances favorables, on a évalué que le coût d'un pont en béton normal aurait

Fig. 4 - Construction en encorbellement.

été supérieur à celui du même pont bâti en béton léger à peu près du 35%.

3. PROJET DE LA SOLUTION STRUCTURALE

A cause du prévu affaissement du terrain de fondation, on a choisi une solution structurale isostatique à arc à 3 articulations, bâtie en encorbellement par voussoirs successifs (fig. 5). Mais, pendant la construction, le régime statique a été celui d'une poutre en encorbellement contrebalancée soit par le poids du caisson de la culée rempli de remblai en béton massif, soit par des tirants d'encrage qu'on a éliminés une fois accomplis les encorbellements en forçant ainsi l'articulation centrale (fig. 6).

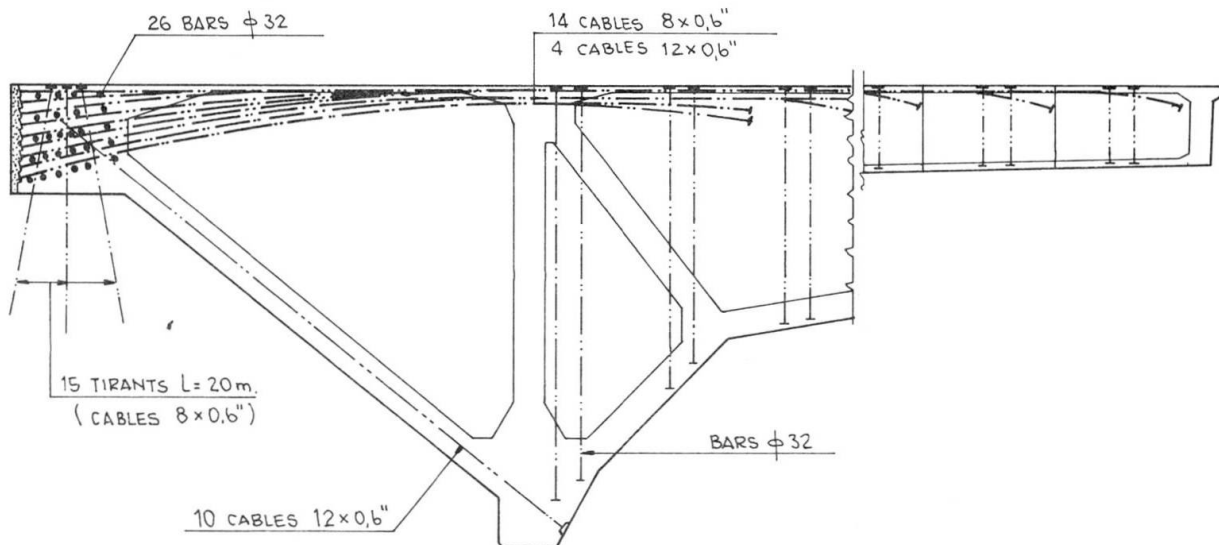


Fig. 5 - Câblage et tirants.

La précontrainte a été réalisée en enfilant les câbles de précontrainte de 8 et 12 torons de 0,6, qui s'accrochent à l'extrémité de la culée et à l'extrémité de chaque voussoir, sans aucune jonction des câbles, jugée coûteuse et peu pratique. Pour pouvoir transférer la précontrainte après peu de temps, sur le côté de l'avancement, on a adopté des ancrages spéciaux avec leur frettage, qui garantissent une très bonne résistance aussi avec des bétons de classe pas

encore très élevée.

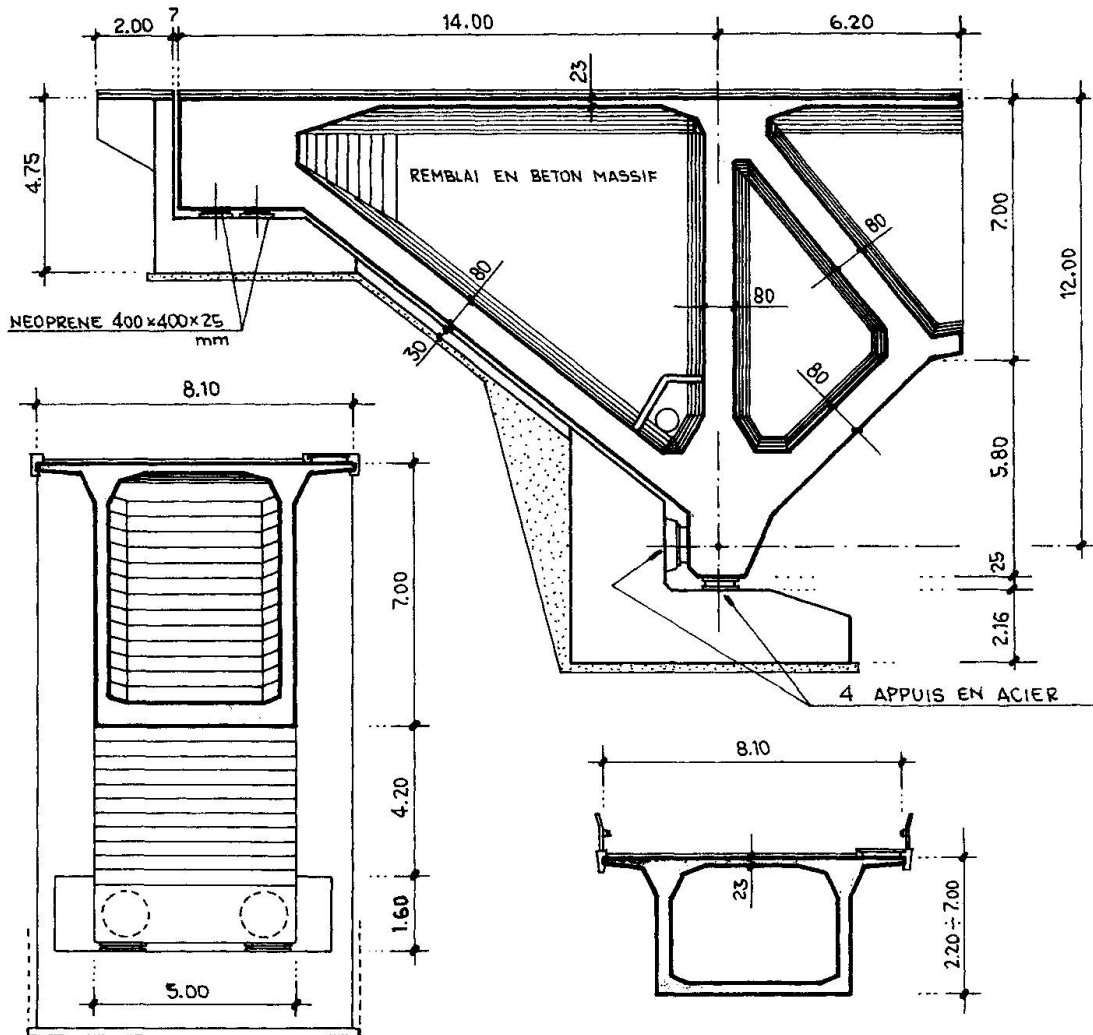


Fig. 6 - La culée avec sections

4. ANALYSES DES DEFORMATIONS PENDANT LA CONSTRUCTION ET APRES L'EXPLOITATION DU PONT

Lors du projet, on a calculé les flèches élastiques et élastoplastiques, qu'on prévoyait devaient se manifester soit pendant la construction que au cours de la vie du pont. Pour le calcul relatif on a introduit les valeurs du module élastique, retrait et fluage tirées des essais préalablement exécutés par le producteur des granulats légers et de nombreuses autres expérimentations accomplies directement par les auteurs du projet.

Dans le cas particulier, dans les calculs on a admis la suivante expression approximative:

$$\varphi_t = \chi_1 \varphi_{\infty} (1 - e^{-t})$$

où: χ_1 = coefficient qui dépend de l'âge de la mise en charge du béton (en ce cas supposé = 1.12)

φ_{∞} = valeur à l'infini des déformations visqueuses (en ce cas supposé



lors du projet par des essais à bref délai = 1.5)

t = temps en années

Pendant les 5 ans et demi de vie du pont on a effectué de nombreuses mesurages de la baisse en clef. Puisque les intervalles de temps et les températures, lors des mesurages, étaient assez différentes (une différence de 20 C° entraîne un raccourcissement total du pont de 3 cm et ainsi une variation de cote de 8 cm), les données ont été dépurées de telles variables. La fig. n. 7

montre les diagrammes des baisses et des raccourcissements de la moitié du pont, déduits de les baisses par la transformation:

$$\Delta l = 6250 - \sqrt{6250^2 + a^2} - 2400 a$$

Compte tenu que la précontrainte moyenne de la structure est de 6 MPA, que le module élastique, déduit des essais à long terme, a été de 13800 MPA, que le temps passé entre le premier mesurage et le dernier a été de 5.64 années, on a déduit que avec le coefficient de fluage supposé lors du projet (1.67), le raccourcissement mesuré aurait dû être plus bas que 4.95 cm (ce

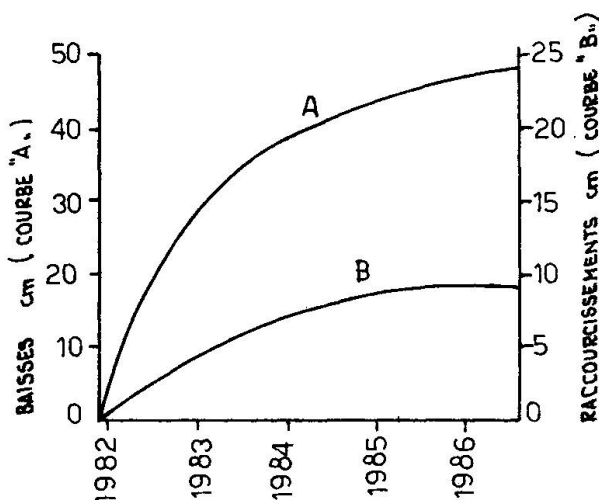


Fig. 7 - Diagramme des baisses

qui vaut une baisse de 26 cm environ). On a, au contraire, constaté une baisse effective de 47.8 cm, ce qui entraîne un raccourcissement d'à peu près 8.9 cm, c'est à dire 1.82 fois celui qu'on avait supposé.

On en déduit que le coefficient de fluage à temps infini supposé lors du projet sur la base des essais à bref délai n'est pas correct, mais en réalité pour une plus exacte évaluation du comportement à long term il doit être augmenté d'une façon significative et admis, du moins pour la sorte de matériau employé en ce cas, égal à 2.7-2.8.

Dans le cas particulier de cette structure (arc à 3 articulations), une baisse double de celle prévue n'a pas entraîné des graves inconvénients, à l'exception d'une petite rotation de la structure autour des articulations d'imposte.

5. CONCLUSIONS

L'exemple ici illustré montre que le béton léger structural peut être économiquement et pratiquement utilisé, surtout pour la réalisation des structures de grande portée. Il est néanmoins nécessaire d'en connaître d'avance les caractéristiques physiques et mécaniques, et surtout le comportement à long terme afin d'éviter, dans le temps, déformations excessives qui, dans quelques cas, pourraient aussi compromettre une bonne utilisation des oeuvres.