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

Band: 3 (1948)

Artikel: Réservoir de 7000 m³ destiné à l'alimentation de la ville d'Orléans en eau potable

Autor: Lebelle, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-4024

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: 22.08.2025

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

IId10

Réservoir de 7.000 m³ destiné à l'alimentation de la ville d'Orléans en eau potable

Behälter von 7.000 m³ für die Trinkwasserversorgung der Stadt Orléans

A 7.000 m³ reservoir for the drinking-water supply of the city of Orléans

P. LEBELLE

Directeur de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, Paris
Ingénieur Conseil à la S. T. V. P.

L'ouvrage est constitué d'une cuve parallélépipédique de 45 mètres de longueur, 33 mètres de largeur et 5 mètres de hauteur, reposant sur 108 piliers en béton armé.

Il est établi au droit d'un réservoir enterré dont la couverture a été détruite par un bombardement. Ce réservoir était également de forme parallélépipédique et mesurait aussi 45 mètres de longueur et 33 mètres de largeur. Il avait été construit en maçonnerie. La couverture était supportée par des piliers disposés en quadrillage et fondés sur puits. Ces derniers ont été utilisés comme fondation des 72 piliers du nouvel ouvrage qui se trouvent à l'intérieur de la cuve de l'ancien. Les 36 piliers périphériques du nouvel ouvrage ont été fondés sur les murs de pourtour de l'ancien, qui reposent eux-mêmes sur des puits.

Le fond de la nouvelle cuve se trouve à 13^{m}50 au-dessus du radier de l'ancienne. Les piliers intérieurs ont donc 13^{m}50 de hauteur, et les piliers périphériques 8^{m}00 environ.

Un plancher a été établi au niveau de la couverture de l'ancien réservoir; la hauteur de tous les piliers, comptés à partir du dessus de ce plancher est de 8^{m}00.

La couverture de la cuve repose d'une part sur 72 potelets intérieurs en béton armé, dont les axes coïncident avec ceux des piliers intérieurs supportant la cuve, d'autre part, sur les parois verticales de la cuve.

Le fond, les parois verticales et la couverture de la cuve sont des hourdis nervurés, en béton précontraint.

La stabilité de l'ouvrage a été assurée en créant quatre palées obtenues par l'assemblage de deux ou trois piliers. Chaque palée est placée au milieu de la longueur du mur vertical de l'ancien réservoir sur lequel elle prend appui. Ces palées sont pratiquement indéformables dans leur plan, mais peuvent se déplacer légèrement en tête dans le sens perpendiculaire par suite de la flexibilité des piliers qui les constituent.

Tous les piliers sont munis en tête d'une articulation sphérique système Freyssinet afin de diminuer autant que possible les efforts développés dans la cuve par les variations de longueur du béton. Les piliers intérieurs se trouvent maintenus horizontalement au niveau du plancher établi pour couvrir l'ancienne cuve; ils peuvent être considérés comme solidaires des semelles de fondation bien qu'aucune armature ne les relie à ces semelles, puisque, même lorsque leur charge verticale est minima alors que les moments fléchissants qui les sollicitent sont les plus grands, la section d'appui sur les semelles reste entièrement comprimée.

Le fond est constitué par un quadrillage de poutres prenant appui sur les piliers et supportant des hourdis formant des plaques carrées ou rectangulaires.

Les parois verticales comportent des contreforts verticaux saillants à l'extérieur, entre lesquels ont été établis des hourdis. La couverture est analogue au fond, mais les dimensions des poutres et épaisseur des hourdis sont nettement plus faibles que pour le fond, la charge à supporter étant évidemment beaucoup moindre.

Les nervures du fond et de la couverture de la cuve forment des quadrillages; ce sont des poutres de hauteur variable, munies, dans chaque travée, de goussets.

Les contreforts des parois verticales sont des poutres de hauteur constante.

Tous les hourdis sont munis de goussets.

Les précontraintes nécessaires pour assurer la résistance de la cuve sont fournies par des câbles rectilignes non adhérents, disposés dans les poutres, contreforts et hourdis. Ces câbles sont continus sur toute la longueur, toute la largeur ou toute la hauteur de la cuve et ancrés à leurs extrémités, après mise en traction, à l'aide de cônes en béton fretté du modèle, maintenant classique, imaginé et mis au point par M. Freyssinet, en 1940.

Voici comment on a pu assurer à ces précontraintes la distribution requise.

En coupe transversale, et pour l'ensemble de la cuve, les précontraintes doivent suivre une loi linéaire avec intensité maxima au niveau du fond de la cuve. C'est facile à réaliser; il suffit que les câbles horizontaux des parois verticales soient placés à écartements croissants à partir du bas.

On a d'abord construit le fond de la cuve en y plaçant tous les câbles nécessaires. Certains d'entre eux ont été mis en traction. Après quoi, on a bétonné les parois verticales et la couverture et on a tendu ceux des câbles du fond qui ne l'étaient pas encore, les câbles de la couverture et les câbles horizontaux des parois verticales. Enfin, on a terminé par la mise en tension des câbles verticaux des parois latérales. On conçoit aisément la possibilité d'obtenir, par ce procédé, que les câbles horizontaux des parois verticales soient effectivement utilisés à précontraindre cette

paroi et que les précontraintes soient différentes à la jonction du fond et de la paroi verticale dans ces deux éléments.

Dans le sens longitudinal, il faut, aussi bien pour les hourdis que pour les poutres, obtenir des compressions sur une face au milieu de chaque travée et sur la face opposée au droit de chacun des appuis. C'est le problème général des poutres continues précontraintes, qui a reçu d'assez nombreuses solutions.

En général, dans chaque section d'une poutre continue, le moment fléchissant dû aux surcharges varie suivant la distribution de celles-ci entre deux limites $+ M$ et $- M'$. Cela exige que la précontrainte soit proportionnelle à la variation de moment fléchissant $M = M + M'$ et limite les possibilités d'excentrement.

Au surplus, la mise en précontrainte d'une poutre continue développe en général des moments de continuité au même titre que n'importe quel effort appliqué à la poutre. De ce fait, l'excentricité réelle de la précontrainte diffère de son excentricité géométrique, ou, en d'autres termes, la ligne des pressions créées par la précontrainte ne coïncide pas avec le câble, de sorte que la détermination des précontraintes nécessaires ne peut se faire que par approximations successives. La coïncidence peut cependant être obtenue quand les seconds membres des équations des trois moments relatives à chacun des appuis sont nuls; la précontrainte ne crée alors pas de moments de continuité. Cette circonstance se présente évidemment, en particulier, quand les rotations que produirait la précontrainte aux extrémités de chaque travée supposée indépendante sont nulles.

Enfin, M. Guyon a démontré que les précontraintes créées dans une poutre continue sur appuis fixes, par la mise en tension d'un câble de section constante ancré dans les sections extrêmes, ne dépendent que de la courbure du câble et de son excentricité dans les sections extrêmes; elles sont indépendantes des excentricités du câble au droit des appuis intermédiaires. Ces excentricités n'ont d'influence que sur les moments fléchissants et réactions d'appui créés par la mise en tension du câble.

Les moments fléchissants dus aux surcharges, dans le cas de parois de réservoirs analogues à ceux d'Orléans ne peuvent prendre, dans chaque section, qu'une seule valeur, puisque la surcharge est nécessairement appliquée sur la totalité de la surface de la paroi. Pour obtenir une solution économique, il faut donc profiter de cette circonstance en excentrant le plus possible et dans le sens convenable la précontrainte dans chaque section.

Ce résultat a été obtenu, dans le cas actuel, en utilisant des poutres de hauteur variable, précontraintes par des câbles rectilignes.

Considérons une poutre symétrique par rapport au milieu de sa longueur et munie de goussets. Supposons-la posée sur deux appuis simples. Mettons-la en précontrainte par un câble rectiligne parallèle à l'arête supérieure et excentré vers le bas dans la partie médiane et vers le haut aux extrémités. Il existe deux sections symétriques placées dans les goussets, où l'excentricité du câble est nulle.

Il est clair, que dans la partie centrale, la ligne moyenne de la poutre se déformera suivant une courbe tournant sa concavité vers le bas et, au contraire, aux extrémités, suivant des courbes tournant leur concavité vers le haut.

Il est également évident que, pour une certaine valeur f_0 de la dis-

tance f qui sépare le câble de la face supérieure de la poutre, les rotations des sections terminales de cette dernière seront nulles.

Imaginons maintenant qu'on place bout-à-bout un nombre quelconque de poutres identiques à la précédente et qu'on les mette en compression par un câble rectiligne placé à la distance f_0 précédemment définie de la face supérieure : la courbe des pressions coïncidera avec le câble et les précontraintes seront des compressions de la face inférieure à mi-portée et de la face supérieure sur appui.

Par un choix convenable de la longueur et de la pente des goussets, on peut faire en sorte que la courbe des pressions créée par la mise en traction du câble passe au bord supérieur du noyau central dans les sections d'appui qui, dans le cas présent, supportent les moments fléchissants les plus grands. Ceci serait vrai si les poutres étaient de hauteur constante. En fait, l'augmentation de la hauteur au droit des appuis a pour effet de majorer les moments de continuité. Mais l'augmentation de ces moments est moins rapide que l'accroissement de la hauteur, et, à fortiori, que celle du module de résistance de la section.

Dans le cas du réservoir d'Orléans, chaque gousset a une longueur égale au 1/3 de la portée libre et la hauteur sur appui est égale aux 5/3 de la hauteur à mi-portée. Dans ces conditions, le moment d'encastrement dû à une charge p uniformément répartie sur toute la longueur est égal à

$$1{,}20\,\frac{pl^2}{12} = \frac{pl^2}{10}$$

et le moment en travée est

$$\frac{pl^2}{8} - \frac{pl^2}{10} = \frac{pl^2}{40}\,.$$

L'idée d'obtenir des précontraintes de sens et d'intensité convenables dans des poutres continues en utilisant des pièces à inertie variable n'est pas nouvelle. M. Freyssinet l'a utilisée déjà il y a quatorze ans lors du renforcement des fondations de la Gare maritime du Havre. Cette idée a seulement été mise au point dans le cas du réservoir d'Orléans par la détermination précise de la position du câble dont la mise en tension ne détermine pas de réactions hyperstatiques des appuis.

Le même principe a été utilisé pour la mise en précontrainte des hourdis.

Les contreforts ont été précontraints verticalement par des câbles présentant une légère courbure et tels que leur mise en traction ne crée pas de moments de continuité.

Evidemment, les parois verticales forment poutres entre piliers, mais la flexion qui en résulte ne donne lieu qu'à des contraintes très faibles.

Résumé

L'ouvrage est constitué par une cuve parallélépipédique en béton précontraint de 33 mètres de largeur, 45 mètres de longueur et 5 mètres de hauteur, reposant sur des piliers en béton armé.

Toutes les parois de la cuve sont des hourdis à nervures orthogonales, précontraints par des câbles rectilignes non adhérents, continus sur toute

la longueur, toute la largeur ou toute la hauteur de la cuve et ancrés à leurs extrémités, après mise en traction, à l'aide de cônes en béton fretté système Freyssinet.

Les hourdis et nervures sont munis de goussets. De la sorte, des câbles rectilignes peuvent fournir les précontraintes nécessaires aussi bien à mi-portée que sur appuis.

L'idée d'obtenir des précontraintes de sens et d'intensité convenables dans les poutres continues en utilisant des pièces à inertie variable n'est pas nouvelle. M. Freyssinet l'a utilisée déjà lors du renforcement des fondations de la gare Maritime du Havre (Congrès de 1936, *Publication préliminaire*).

A l'occasion de la construction du réservoir d'Orléans cette idée a été entièrement développée et mise au point.

Zusammenfassung

Das Bauwerk besteht aus einem parallelipipedischen Trog aus vorgespanntem Beton von 33 m Breite, 45 m Länge und 5 m Höhe, der auf Eisenbetonstützen ruht.

Alle Trogwände bestehen aus orthogonal versteiften Eisenbetonplatten, die durch nicht haftende, geradlinige Vorspannkabel vorgespannt sind; diese sind ferner stetig über die ganze Länge, die ganze Breite und die ganze Höhe des Troges durchgeführt und, nachdem sie vorgespannt sind, an ihren Enden mittelst der umschnürten Kegelverankerung « System Freyssinet » verankert.

Die Eisenbetonplatten und Versteifungsrippen sind mit Voûten versehen. Auf diese Art und Weise können geradlinige Kabel die notwendigen Vorspannungen sowohl in Feldmitte wie an den Auflagern liefern.

Das Prinzip, in durchlaufenden Balken mit veränderlichem Querschnitt vorteilhafte Vorspannungen zu erhalten, sowohl was die Lage wie auch die Grösse der Vorspannkräfte anbelangt, ist nicht neu. Herr Freyssinet hat es bereits bei der Verstärkung der Fundamente des Hafenbahnhofes in Le Havre (Kongress 1936, *Vorbericht*) benützt.

Anlässlich des Baues des Behälters in Orléans wurde die Idee weiter entwickelt und in ihren letzten Einzelheiten abgeklärt.

Summary

This structure consists of a parallelopipoid basin of pre-stressed concrete 33 m in width, 45 m length and 5 m depth, resting on pillars of reinforced concrete.

All the walls of the basin are wing-transoms having orthogonal ribs, pre-stressed by rectilinear non-adhering cables, running continuously for the whole length, width and depth of the basin and anchored at their extremities after being put under traction, with the aid of cones of concrete, iron-bound, of the Freyssinet type.

The wing-transoms and ribs are provided with gussets. With this arrangement rectilinear cables can supply the requisite pre-stressing, both in the middle and supports.

The idea of obtaining pre-stresses in suitable directions and of suitable intensity in the continuous beams by using elements of varying inertia is

not new. M. Freyssinet made use of it as far back as the strengthening of the foundations of the Quayside Station at Le Havre (1936, Congress, *Preliminary Publication*).

When the Orléans reservoir was constructed this idea was fully developed and perfected.