

Ponts de grande portée en béton précontraint réalisés en Belgique

Autor(en): **Paduart, A.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **3 (1948)**

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-4021>

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.

IId7

Ponts de grande portée en béton précontraint réalisés en Belgique

Brücken mit grosser Spannweite in vorgespannten Beton in Belgien

Large span bridges of pre-stressed concrete in Belgium

A. PADUART

Ingénieur A. I. Br.

Agrégé de l'Enseignement Supérieur

Directeur technique de la Société d'Etudes et de Travaux
Bruxelles

Deux ouvrages de grande portée en béton précontraint ont été réalisés récemment en Belgique, l'un à caractère expérimental, l'autre à caractère définitif, par la Setra, suivant une technique nouvelle inventée par l'ingénieur C. Wets. Il s'agit de poutres en arc à tirant rectiligne en prétraction dont la forme longitudinale est représentée à la figure 1. Cette forme se caractérise par le fait qu'elle permet de réaliser, en toute section, l'excentricité optima du tirant rectiligne par rapport à la fibre moyenne de la poutre.

L'utilisation d'un tirant rectiligne présente plusieurs avantages et apporte une simplification importante dans la technique du béton précontraint : elle permet d'utiliser des barres de gros diamètre, ce qui facilite la mise en tension; elle supprime les nombreux guidages qui sont nécessaires lorsque l'on utilise des câbles curvilignes; elle supprime le frottement sur le tirant pendant sa mise en tension; elle évite enfin les tensions secondaires du tirant. En un mot, cette technique nouvelle conduit simultanément à une amélioration de la qualité d'exécution et à une économie substantielle d'acier et de béton.

Ainsi que l'on peut s'en rendre compte par la figure 1 et les photographies insérées dans le texte, l'extrados et l'intrados de la poutre sont parallèles et la contreflèche, qui est en général comprise entre 1/60 et 1/90 de la portée, donne à l'ensemble des ouvrages un aspect d'extrême légèreté.

La précontrainte de ces poutres a été réalisée au moyen de tirants de 40 mm de diamètre en acier spécial traité thermiquement. Cet acier contient 0,4 à 0,5 % de carbone et 2 % de manganèse; il présente une résistance à la rupture par traction de 115 kg/mm², une limite élastique Afnor de 95 kg/mm² et une limite de fluage de 75 kg/mm². Comme la tension de service de cet acier ne dépasse jamais 70 kg/mm², on remarque

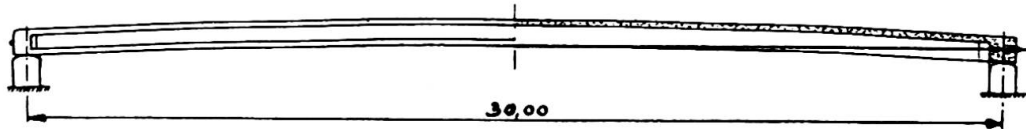


Fig. 1.

donc que la déformation différée des barres par fluage est rigoureusement nulle ce qui n'est pas le cas pour la plupart des aciers tréfilés au carbone qui fluent souvent déjà sous la moitié de leur tension de service.

Les tirants sont composés de barres de 5 mètres de longueur réunies entre elles au moyen de manchons d'accouplement filetés. Les extrémités des barres sont refoulées au préalable afin d'éviter un déformement local des tirants. Il a été constaté au cours de nombreux essais de traction à outrance que la rupture des tirants se produit toujours en dehors de la zone d'accouplement. Les extrémités des tirants sont également refoulées, filetées et ancrées au moyen d'un écrou prenant appui contre un sabot métallique de répartition noyé dans les abouts de la poutre. Les tirants

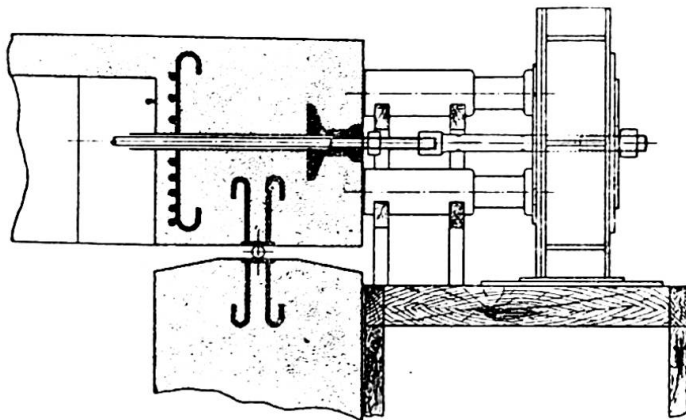


Fig. 2.

sont libres sur toute la longueur de la poutre et traversent les extrémités de celle-ci dans des gaines ménagées lors du bétonnage.

La mise en tension se fait au moyen de deux vérins hydrauliques de 50 tonnes branchés sur la même pompe d'alimentation et placés de part et d'autre de la barre de traction, qui se visse sur une des extrémités des tirants, ainsi que le montre la figure 2.

Les poutres que nous décrivons ci-dessous ont été bétonnées avec le mélange suivant :

- 560 l de pierrailles de porphyre 20/40;
- 356 l de pierrailles reconcassées de 5/20;
- 213 l de grenailles 2/5;
- 206 l de sable du Rhin 0/2;
- 450 kg de ciment P. A. H. R.

La mise en place et le serrage du béton furent réalisés par vibration, ce qui permit d'utiliser une consistance sèche. Le bétonnage, au moyen d'une telle consistance, était facilité par le fait que la partie courante des poutres ne renfermait aucune armature ni aucune gaine.

La résistance moyenne du béton à la compression sur cubes de 20 cm de côté trouvée à trois mois d'âge était voisine de 600 kg/cm² et la tension admissible était limitée à 120 kg/cm².

Tous les essais sur bétons furent effectués par M. Dutron, directeur du Laboratoire de Recherches et de Contrôle du Groupement Professionnel des Fabricants de Ciment Portland Artificiel de Belgique.

La construction des deux poutres dont nous donnons la description

ci-après fut commandée par le Service des Canaux Houillers, sous la direction de M. H. Santilman, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

La poutre expérimentale, bétonnée le 27 novembre 1945 et essayée au début de 1946, a une portée de 30 mètres et sa section transversale est représentée à la figure 3. Sa hauteur n'est que de 80 cm soit le $1/37,5$ de la portée et elle a été calculée pour pouvoir porter une charge de service de 400 kg/m^2 . Elle est précontrainte par quatre tirants de $40 \text{ mm } \phi$. Plusieurs moyens de contrôle, très différents l'un de l'autre, furent utilisés pour déterminer la tension appliquée aux tirants et donnèrent des résultats très concordants. Ces moyens de contrôle ont comporté des lectures au

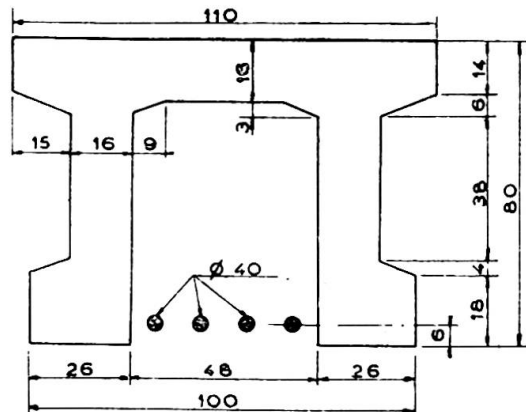


Fig. 3.

manomètre de la pompe d'alimentation, des mesures de la course des vérins, des mesures de l'allongement de la barre de traction et des mesures de dilatation des tirants à l'aide de comparateurs et de « strain gages ».

Après achèvement, l'on procéda sous le contrôle de M. le professeur Baes à divers essais de chargement de la poutre, d'abord jusqu'à la charge de service, ensuite jusqu'à l'apparition des premières fissures. La flèche mesurée sous la charge de service était de 31,5 mm ou 29,5 mm selon que les tirants étaient laissés libres sur toute leur longueur ou qu'ils étaient contraints de participer à la déformation verticale de la poutre par leur solidarisation en quatre points intermédiaires. Le module d'élasticité moyen que l'on trouve par la confrontation des flèches mesurées et calculées est de l'ordre de 520 t/cm^2 , valeur qui confirme les résultats des essais sur prismes faits en laboratoires.

Les premières fissures apparurent au moment où la charge appliquée à la poutre atteignait 965 kg/m^2 soit 2,41 fois la charge de service. La flèche totale valait à ce moment 108 mm et après un quart d'heure elle avait atteint 122 mm, les fissures s'ouvrant légèrement sous charge constante.

Lors du déchargement, les fissures se refermèrent progressivement et

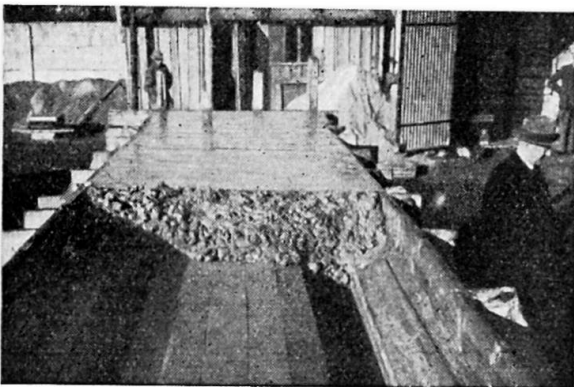


Fig. 4. Poutre expérimentale de 30 mètres de portée en cours de bétonnage.

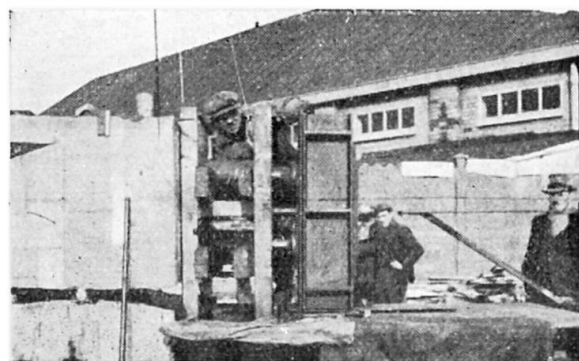


Fig. 5. Mise en tension des tirants de la poutre expérimentale de 30 mètres de portée.

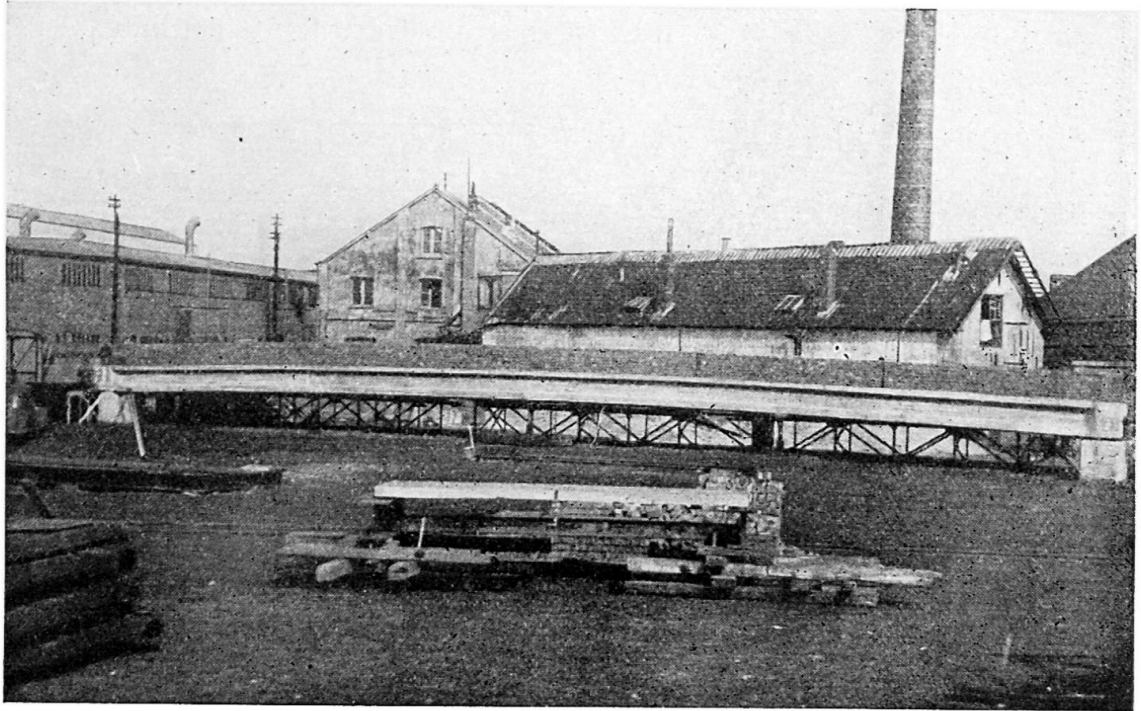


Fig. 6. Vue de la poutre chargée au double de sa charge de service.

elles avaient complètement disparu avant que la surcharge fût ramenée à sa valeur normale de 400 kg/m^2 .

Les variations de tensions dans le béton et dans les tirants relevées au cours des essais concordent avec les données du calcul et permettent une nouvelle vérification du module d'élasticité du béton.

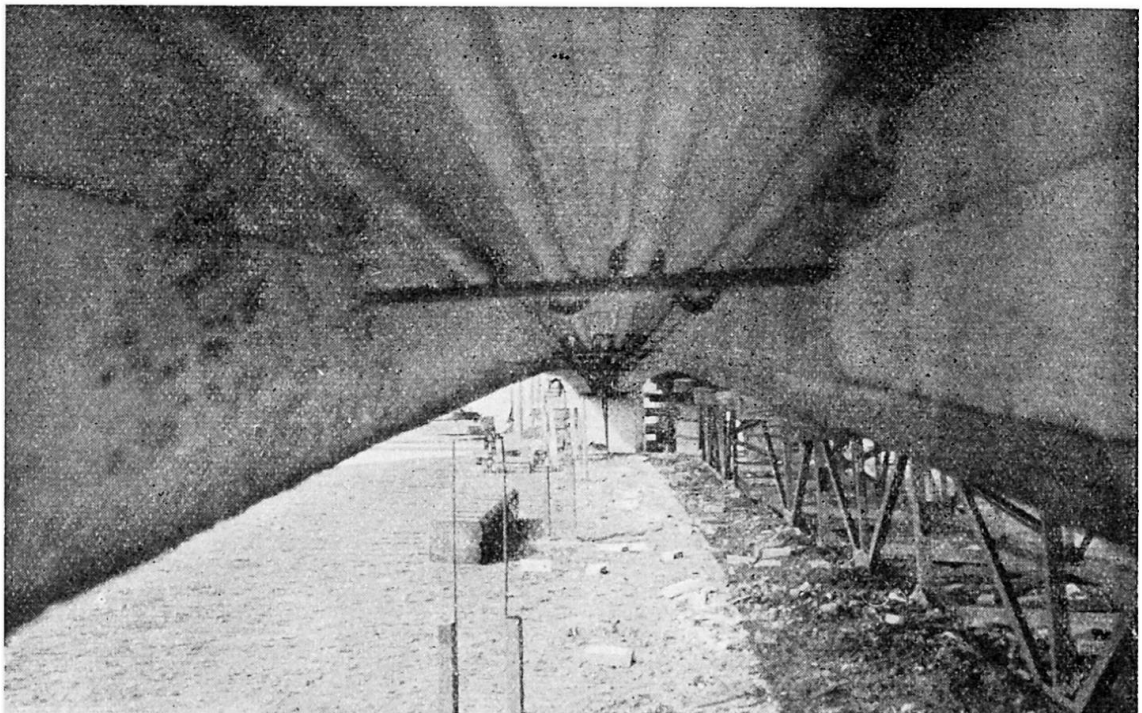


Fig. 7. Vue de la poutre par en dessous montrant les tirants métalliques.

Une série d'essais dynamiques fut ensuite effectuée par MM. les professeurs Van den Dungen et Van Eepoel. Ces essais permirent de déterminer la fréquence de la vibration propre qui fut égale à 139 oscillations par minute pour la poutre non chargée et à 101 oscillations lorsque la poutre portait la charge de service; l'on enregistra également un coefficient d'amortissement de 0,007. Il fut en outre procédé à la mesure d'effets d'impact produits par des charges roulantes constituées soit par un chariot de 7 850 kg passant à des vitesses comprises entre 1 et 2 m/sec soit par un chariot de 310 kg lancé à des

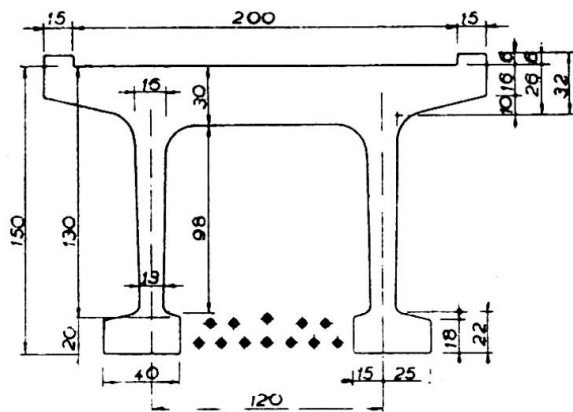


Fig. 8.

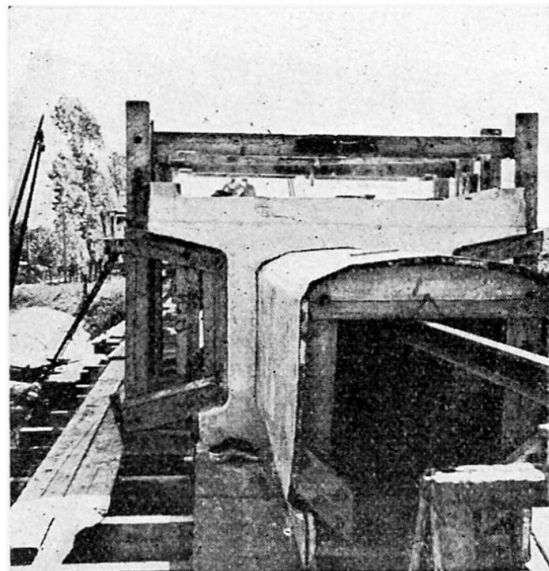
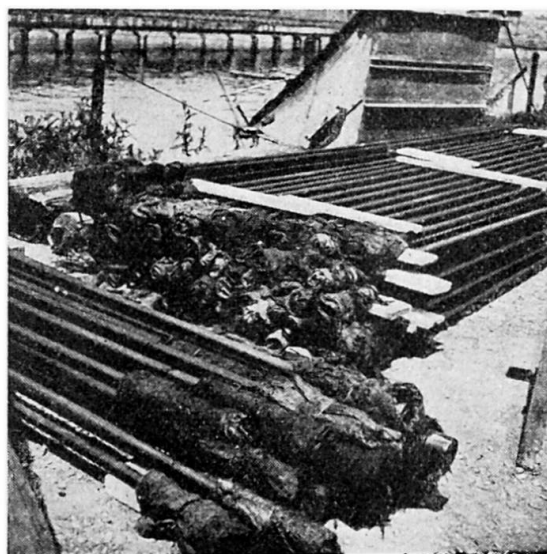
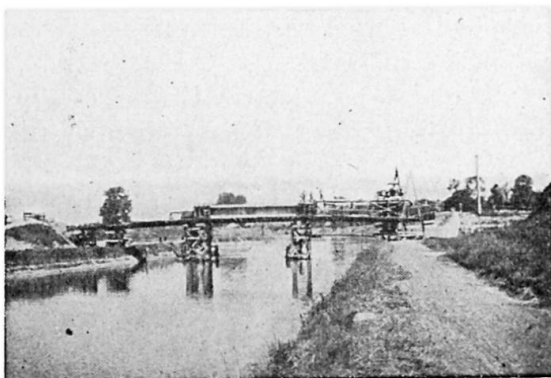


Fig. 9 à 12. Divers stades de bétonnage de la passerelle de Malheyde.



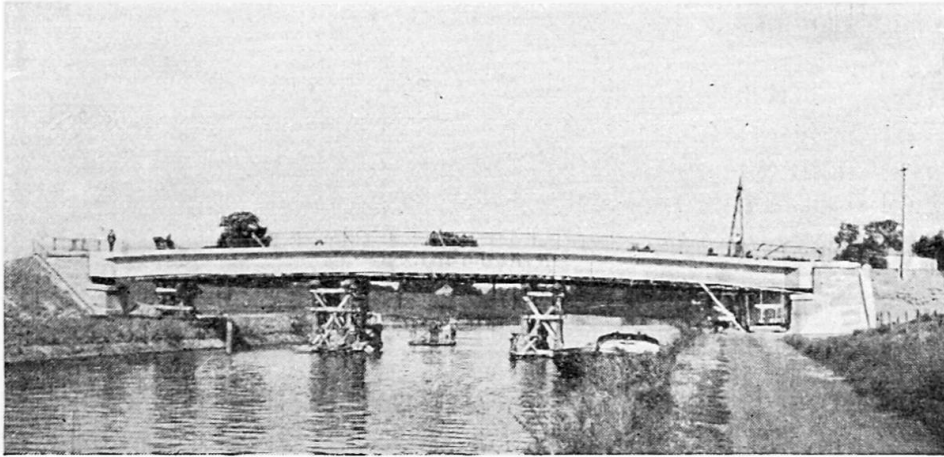


Fig. 13. Vue de la passerelle de Malheyde après bétonnage.

vitesse atteignant 8,50 m/sec et des renseignements intéressants purent en être déduits au sujet des majorations dynamiques à introduire dans les calculs.

*
**

La deuxième poutre fut réalisée à la lumière des enseignements donnés par les essais de la poutre expérimentale. Elle constitue une passerelle de 44^m50 de portée et de 2 mètres de largeur utile franchissant le canal de Bruxelles à Charleroi près de Malheyde. Ainsi que le montre la figure 8 la hauteur sous chaussée est égale à 1^m50.

La poutre fut bétonnée au début de l'été 1947 sur cintre en place, au moyen de deux moules métalliques de 2^m10 de longueur que l'on ripa vers les appuis au fur et à mesure de l'avancement du bétonnage. La précontrainte du béton est réalisée à l'aide de 12 tirants de 40 mm. Ceux-ci sont guidés transversalement par quatre entretoises en béton solidaires de la poutre. Les tirants sont protégés contre l'oxydation par un enrobage de bandes passivantes Denso.

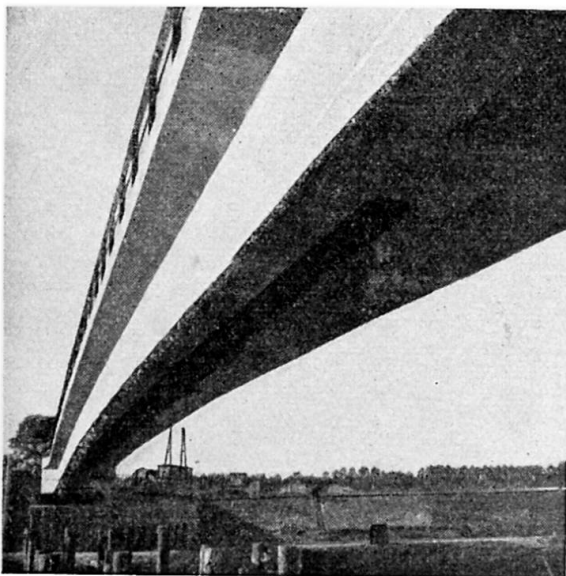


Fig. 14. Passerelle de Malheyde.

Le décintrement de la poutre eut lieu le 5 septembre 1947 et il fut aussitôt procédé aux essais statiques de la passerelle. La flèche mesurée sous la charge de service fut de 32 mm, ce qui correspond à un module d'élasticité moyen du béton de 450 t/cm². Vingt-quatre heures après le déchargement, la passerelle avait exactement repris sa position initiale.

Ces deux réalisations et les essais qui les ont accompagnées ont mis en évidence la bonne concordance entre les prévisions théoriques et les constatations expérimentales, et ont montré que le béton précontraint obéit parfaitement aux théories de la résistance des matériaux. Elles ont également

permis de mettre au point une technique nouvelle qui, ainsi que le montrent les illustrations, conduit à des ouvrages, non seulement économiques, mais aussi très satisfaisants au point de vue de l'esthétique.

Résumé

Les poutres en arc à tirant rectiligne en prétraction ont la forme d'un arc extrêmement surbaissé, dont la flèche est généralement comprise entre 1/60 et 1/90 de la portée. Ces poutres sont précontraintes au moyen d'un tirant rectiligne qui occupe, en chaque section transversale, la position la plus favorable. Dans les applications qui sont décrites, le tirant est réalisé au moyen de barres de 40 mm ϕ en acier spécial traité thermiquement. Cette technique présente, par rapport aux autres procédés, de grands avantages tant au point de vue de la sécurité qu'à celui de l'économie.

Une poutre expérimentale de 30 mètres de portée a été exécutée à la demande du Service des Canaux Houillers. La hauteur de cette poutre est de 0^m80 et la flèche de l'arc est égale à 34 cm. Elle est calculée pour une charge de service de 400 kg/m² et est précontrainte par quatre tirants de 40 mm ϕ . La poutre a été bétonnée en un jour. Le béton, vibré, a donné à trois mois d'âge une résistance dépassant 600 kg/cm². Les tirants ont été mis en tension au moyen de vérins hydrauliques, et différents procédés de mesure des efforts ont été employés simultanément. Au cours des essais statiques la déformation sous la charge de service fut de l'ordre de 30 mm dans la section médiane. Les premières fissures apparurent sous une charge valant 2,41 fois la charge de service; ces fissures se refermèrent dès le début du déchargement de la poutre. Des essais dynamiques ont également été effectués afin de déterminer la fréquence de la vibration propre de la poutre et l'effet d'impact d'une charge roulant sur celle-ci.

Une seconde poutre fut réalisée selon le même procédé sur le canal de Bruxelles-Charleroi, près de Malheyde. Cette poutre constitue une passerelle de 44^m50 de portée et de 2 m de largeur utile. Le bétonnage a été effectué par claveaux d'environ 2 m de longueur, coulés en place. La précontrainte est réalisée au moyen de douze tirants de 40 mm ϕ . Les essais de chargement statiques de la passerelle ont donné entière satisfaction et ont permis de déduire une valeur moyenne du module d'élasticité du béton égale à 450 t/cm².

Zusammenfassung

Die vorgespannten gewölbten Balkenträger mit geradlinigem Zugband haben die Gestalt eines Bogens mit sehr kleinem Pfeilverhältnis (im allgemeinen 1/60 - 1/90 der Spannweite). Diese Balken werden mittelst eines geradlinigen Zugbandes vorgespannt, das in jedem Querschnitt die günstigste Lage inne hat. In den beschriebenen Anwendungen besteht das Zugband aus Rundeisen von 40 mm Durchmesser aus thermisch behandeltem Sonderstahl. Diese Technik bietet im Vergleich zu anderen Verfahren grosse Vorzüge in wirtschaftlicher Hinsicht, wie auch in bezug auf die Sicherheit. Ein Probeknoten von 30 m Spannweite wurde auf Veranlassung des Services des Canaux Houillers ausgeführt. Die Balkenhöhe

beträgt 0,80 m und der Bogenpfeil 34 cm. Er ist für eine Gebrauchslast von 400 kg/m^2 gerechnet und mittelst 4 Zugbänder von 40 mm Durchmesser vorgespannt. Der Balken wurde in einem Tage betoniert. Der Beton wurde vibriert und erreichte nach 3 Monaten eine Festigkeit von über 600 kg/cm^2 . Die Zugbänder wurden mittelst hydraulischer Winden vorgespannt und verschiedene Messverfahren für die Spannungen wurden gleichzeitig angewandt. Bei den statischen Versuchen betrug die Formänderung unter Gebrauchslast ca. 30 mm im mittleren Querschnitt. Die ersten Risse erschienen unter einer 2,41 fachen Last; diese Risse schlossen sich wieder, sobald der Balken entlastet wurde. Es wurden ebenfalls dynamische Versuche unternommen, welche Aufschluss geben sollten über die Eigenschwingung des Balkens und über die Stosswirkung einer beweglichen Last.

Ein zweiter Balken wurde im gleichen Verfahren über den Canal de Bruxelles-Charleroi erstellt und dient als Fussgängersteig von 44^m50 Spannweite mit einer nutzbaren Breite von 2 m. Die Betonierung wurde in Lamellen von ca. 2 m Länge vorgenommen. Die Vorspannung wird mittelst 12 Zugstangen von 40 mm Durchmesser eingeführt. Die statischen Belastungsproben des Fussgängersteiges haben voll befriedigt und ergaben einen mittleren Elastizitätsmodul für den Beton von 450 t/cm^2 .

Summary

The pre-stressed arched beams with a straight tie rod have the shape of an arch with a very low rise-span ratio (usually $1/60$ to $1/90$). These beams are pre-stressed by means of a straight tie rod, which in each cross section has the most advantageous position. In the cases described the tie rod consists of reinforcement bars of 40 mm diameter, made of special heat treated steel. In comparison to other processes, this technique has great advantages from an economic standpoint, and equally from a safety point of view. A test beam 30 m in length was prepared on instructions from the Service des Canaux Houillers (Coalfield Canals). The depth of the beam is 0^m80 and the rise of the arch 34 cm. It is calculated for a working load of 400 kg/m^2 and is pre-stressed by means of 4 tie rods of 40 mm diameter. The beam was concreted in one day. The concrete was vibrated and after 3 months reached a strength of over 600 kg/cm^2 . The tie rods were pre-stressed by means of hydraulic jacks whilst various recordings were made for the stresses. In the static trials the alteration of shape under a working load amounted to about 30 mm in the middle cross section. The first cracks appeared under a 2,41 fold load; they closed again when the load was removed. Dynamic tests were also made to elucidate oscillation of the beam and the effect of thrust from a moveable load.

A second beam over the Brussels-Charleroi canal was made on the same process and forms a footbridge having a span of 44^m50 and an effective width of 2 m. Concreting was done in slabs 2 m long. The pre-stressing is done by means of 12 tie rods having a diameter of 40 mm. The static load tests of the footbridge were eminently satisfactory and showed an average modulus of elasticity of the concrete of 450 t/cm^2 .