Zeitschrift: Bulletin du ciment

Herausgeber: Service de Recherches et Conseils Techniques de l'Industrie Suisse du Ciment (TFB AG)

Band: 8-9 (1940-1941)

Heft: 6

Artikel: Essais de surcharge effectués sur la voûte en ciment de l'Exposition Nationale 1939 et sur le pont passant au-dessus de la rivière enchantée

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-145153

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: 16.07.2025

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

BULLETIN DU CIMENT

NOVEMBRE – DÉCEMBRE 1940
8me ANNÉE
NUMÉRO 6

Essais de surcharge effectués sur la voûte en ciment de l'Exposition Nationale 1939 et sur le pont passant au-dessus de la rivière enchantée.

Au béton l'avenir!

La voûte monumentale en ciment, ainsi que le pont passant au-dessus de la rivière enchantée, laisseront un souvenir durable, non seulement aux professionnels de la construction, mais aussi à chaque visiteur profane; ils demeureront un exemple typique de hardiesse technique, tant au point de vue de leur conception architecturale, qu'à celui des problèmes de statique et de l'utilisation des matériaux de construction.

A l'occasion de la remise en état du terrain de l'Exposition, on a offert aux constructeurs et aux hommes du métier, la chance exceptionnelle d'examiner la tenue des deux constructions en les surchargeant jusqu'à la rupture. — C'est ainsi qu'on a pu réaliser de nouvelles expériences utiles pour le développement de la technique et de la science.

Ces essais ont été effectués par le L. F. E. M. sous la direction personnelle du professeur Roš, président de la direction de cet institut. — Nous citons ici un extrait de son intéressant rapport, amplement illustré. A mentionner aussi la collaboration de M. A. Voellmy, ingénieur et chef de service du L. F. E. M., sous le contrôle duquel la passerelle de communication reliant les deux côtés de la halle, fut dynamitée. Ce fut le prélude de la démolition totale de la grande voûte. M. Voellmy a publié un rapport spécial sur ces essais dans les «Communications techniques pour Sapeurs, Pontonniers et Mineurs» en 1940.

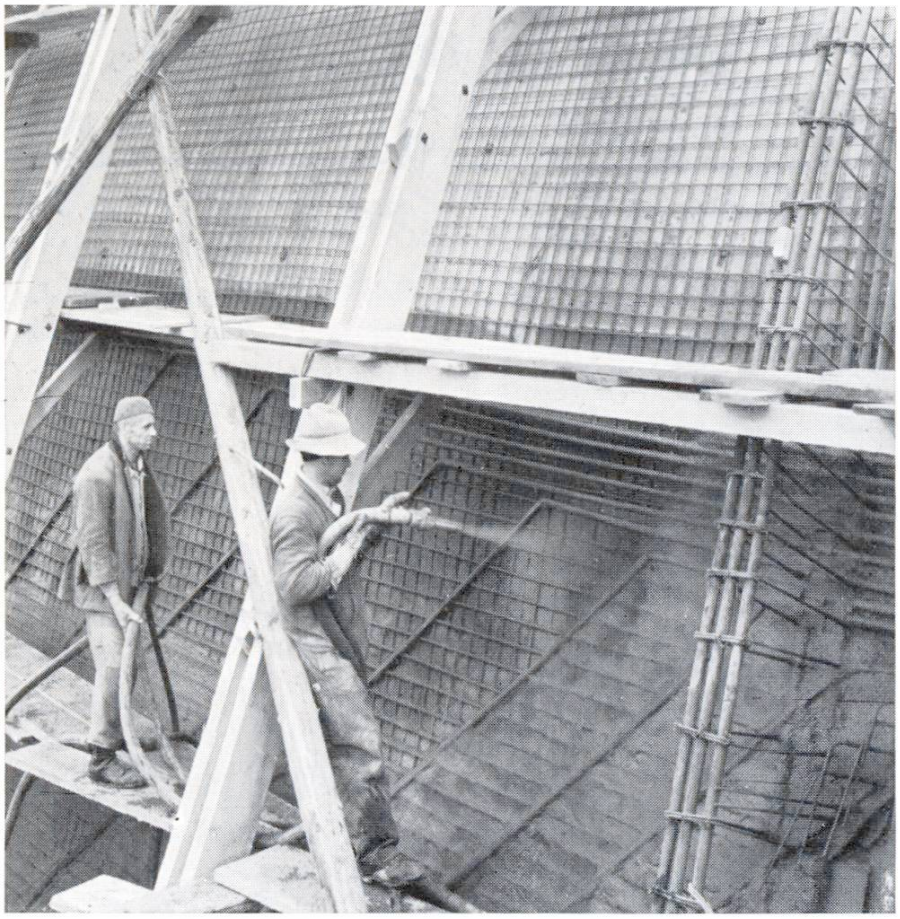

Fig. 1

1° La halle du ciment a été construite par l'Entreprise Prader & Cie. S. A., ingénieurs, à Zurich, suivant le projet de R. Maillart, ingénieur, à Genève et Zurich, et de H. Leuzinger, architecte, à Zurich et Glaris. La voûte en gunite, d'une épaisseur de 6 cm, fut exécutée en 4 couches au moyen d'une pression d'air de 3 atmosphères

contre le coffrage intérieur raboté et huilé. Le travail s'effectuait d'un échafaudage séparé (Fig. 1). La gunite, légèrement plastique et dosée à 400 kg/m³ atteignit une densité apparente de 2,3 kg/dm³ et donna après 15 mois les caractéristiques suivantes sur prismes: Résistance à la compression: 520 kg/cm², résistance à la flexion: 63 kg/cm² et module d'élasticité: 350 tonnes/cm².

Le béton plastique, dosé à 300 kg/m³, employé pour les deux nervures arquées, la passerelle, les appuis et les dalles horizontales, avait une densité apparente de 2,4 et une résistance à la compression de 330 kg/cm². Les tensions maximales, calculées sur la base des ordonnances fédérales du béton armé du 14 mai 1935, donnèrent une valeur σ_e de 1400 kg/cm² pour l'acier normal de l'armature et un taux de travail σ_b de 100 kg/cm² pour le béton à haute résistance. La voûte en gunite, ainsi que les nervures arquées et la passerelle, étaient armées de 1,6 %, tandis que l'armature des appuis et des dalles horizontales latérales s'élevait à 1,2 % environ. L'appareil porteur, statiquement indéterminé à un haut degré, était composé des membrures suivantes: La voûte à armature croisée, reposait avec ses sommiers sur deux poutres fortement armées faisant saillie des deux côtés et qui, en portant les deux nervures arquées de section rectangulaire, agissaient chacune sur deux appuis. Les deux plate-formes latérales étaient encastrées dans ces deux poutres saillantes et leurs côtés longitudinaux reposaient eux-mêmes sur quatre appuis intermédiaires et sur deux poteaux d'angle à reins renforcés. Ces derniers étaient capables de résister aux efforts provenant des côtés horizontaux, longitudinaux et transversaux de la halle et de les transmettre aux fondations. La passerelle disposée entre les deux nervures arquées, et reliant les deux plate-formes, agissait en même temps comme tirant. Les nervures arquées qui étaient pourvues de deux consoles à la hauteur du tirant, reposaient sur des poteaux verticaux.

L'appareil porteur des deux nervures arquées principales fut ainsi quadruplement déterminé au point de vue statique. Il agissait comme un arc à tirant élevé dont les sommiers étaient disposés en forme de cadre. Les deux poteaux placés au fond de la voûte assuraient une résistance suffisante contre son renversement.

Les fig. 2 et 3 montrent la disposition des instruments de mesure des surcharges. Ces essais furent exécutés en appliquant alternativement des charges isolées de 0,5—1,0—2,3—2,6 tonnes dans six plans de section et en 5 points différents de chacun. Il fallut donc mesurer 30 déformations pour chaque position de surcharge.

En résumé, ces essais ont donné les résultats suivants:
L'appareil porteur est soumis, sous l'effet des surcharges, aux lois de la théorie de l'élasticité. Les plans de flexion pour charges isolées, ainsi que pour les charges groupées, possédaient un caractère continu et régulier.

Des déformations permanentes de la voûte n'ont été observées qu'après l'application sur sa longueur, de surcharges élevées et unilatérales, ou pour des surcharges réparties régulièrement et égales de 1 à 4 fois le poids propre et à 7 fois les composants verticaux des efforts de torsion provoqués par le vent sur les côtés exposés, ou sur les autres.

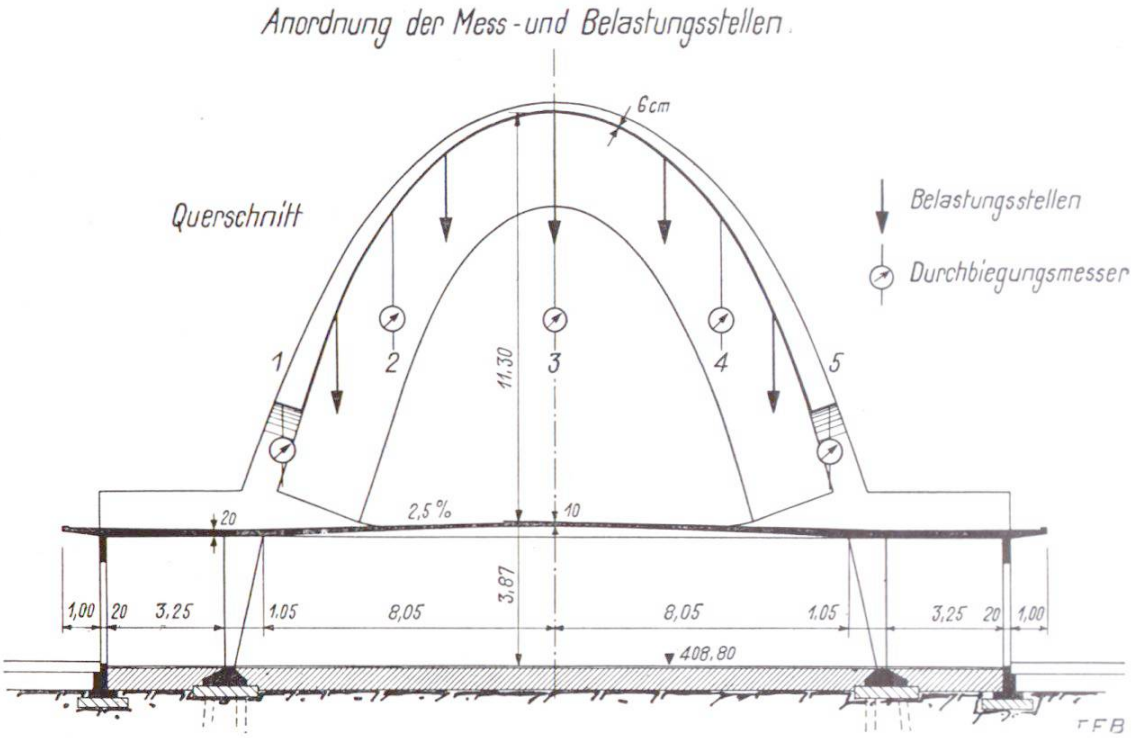

Fig. 2

Ce mode d'encastrement de la voûte nervurée a diminué sensiblement les efforts de déformations tangentielles.
La stabilité au flambement de la voûte mince et extrêmement grêle, était garantie par cette résistance tangentielle due aux nervures arquées.
La surcharge maximale appliquée en charges isolées, groupées unilatéralement, fut de 27,6 t. Elle ne réussit pas à produire la rupture de la voûte. Des décollements, des fatigues locales, une fissuration bien visible ou des écaillages locaux, ne se montrèrent qu'après l'application de charges groupées de 30,6 à 41,4 tonnes sur un côté de la voûte. Cette surcharge équivaut à une charge répartie uniformément de 220 à 240 kg/m² de terrain couvert et elle est égale à 1,6 fois le poids propre de la construction.
La résistance de la halle, mesurée jusqu'à rupture, fut étonnante. La voûte de 6 cm d'épaisseur seulement, résista tout particulièrement à la déformation et au flambement.
Le caractère monolithique des constructions en béton armé relève d'une manière extraordinaire la haute capacité portante de l'assemblage, en raison de la simplicité des différents organes.
Après qu'on eut fait sauter la passerelle à son extrémité sud, mis à nu les fers des bétons des appuis et des poteaux voisins, et scié l'armature, la halle fut démolie par l'entreprise Honegger.
La voûte s'affaissa sous la traction d'un treuil placé du côté sud.
Les essais pour faire sauter la passerelle ont confirmé la validité des règles appliquées au béton armé:

1° **Détonation simple** — démolition de la dalle en béton armé.
Charge nécessaire étendue en kgs/m¹
$L^{ba} = 7{,}5 \quad L^{ba}_{m} = 7{,}5\ R^2 \times g \times d \times k$

2° **Détonation double** — poutre longitudinale armée.
a) Brèche au béton
En charge concentrée (en kgs): $L = R^3 \times g \times d \times k$
En charge étendue (en kgs/m¹): $L = R^2 \times g \times d \times k$

b) armature en fers ronds, qualité normale, charge L en grammes

$L = 30\ k\ (F + D) \times 1{,}5$ où

g = coefficient de bourrage (pour des charges reposant librement et non-bourrées, d = 5)

k = coefficient d'explosif (pour cheddite, k = 1,5)
(pour trotyle k = 1,0)

R = rayon d'action en m, calculé depuis le centre de la charge

D = diamètre du fer rond en cm.

F = section du fer rond en cm^2.

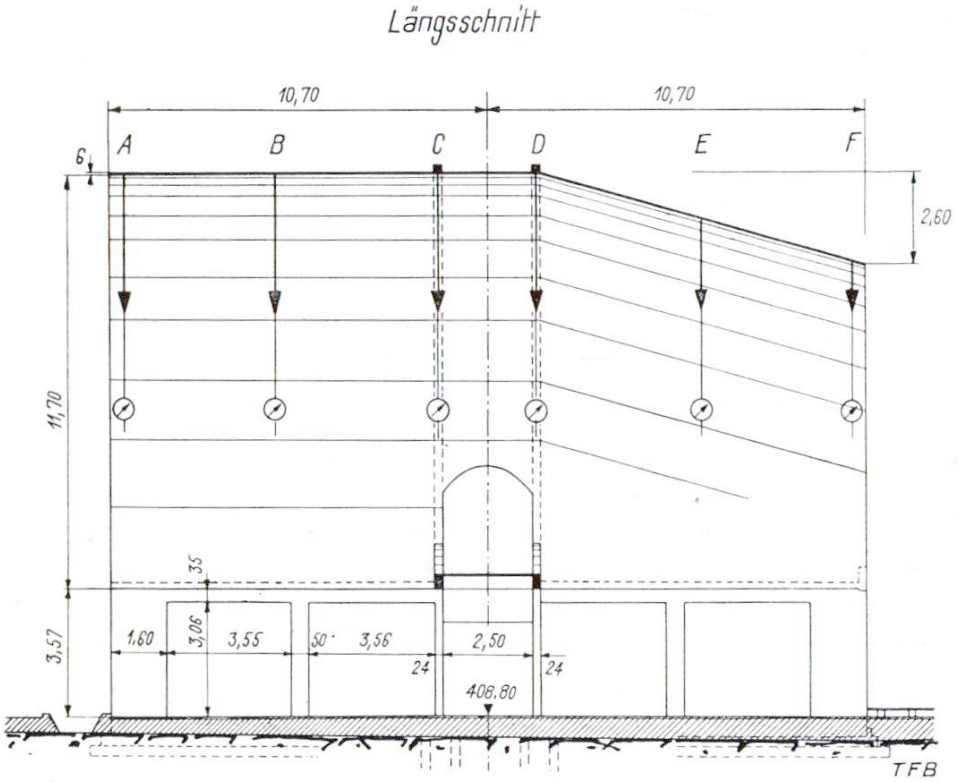

Fig. 3

II. Le pont en arc, traversant la rivière enchantée, a été construit par l'entreprise Max Greuter & Cie., Ingénieurs, Zurich, selon leur projet en gunite armé. Il était constitué d'un arc à trois articulations, d'une portée de 10,0 m et 0,73 m de flèche aux articulations sur sommiers saillants, et il était calculé pour une charge utile de 500 kg/m^2 uniformément répartie. L'épaisseur de la voûte mesurait 15 cm aux sommiers et 8 cm à la clé de l'arc. La gunite dosée à raison de 400 kg de ciment Portland pour 1000 litres de sable, fut injectée en 5 couches sous une pression d'air de 2,5 atm. La couche inférieure était de consistance plastique, les autres de consistance de terre humide. Pour l'armature, on utilisa des fers ronds de qualité normale. Avec une densité apparente de 2,3, la résistance à la compression de la gunite s'éleva à 563 kg/cm^2; celle à la flexion à 61 kg/cm^2 et le module d'élasticité à 370 tonnes/cm^2, au moment de la surcharge.

Les essais de surcharges avaient pour but l'examen des tensions et des déformations et le contrôle de la tenue de la construction jusqu'à la rupture.

Ces surcharges furent appliquées par une charge isolée de 2460 kg à la clé et aux quarts de l'arc, ainsi qu'au moyen d'une charge de

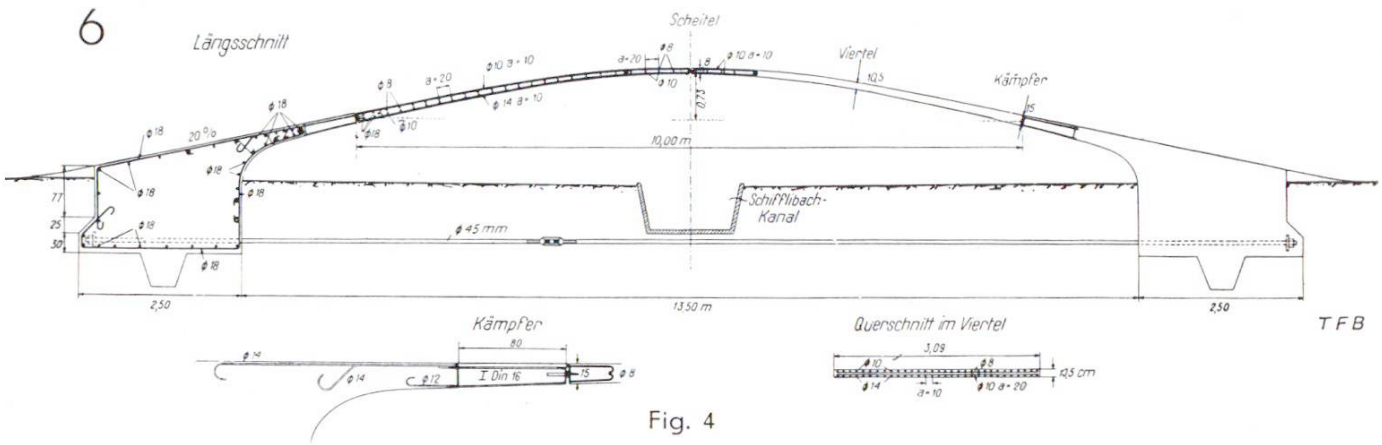

Fig. 4

327 kg/m², répartie uniformément sur la moitié amont de l'arc. Cette charge fut augmentée successivement jusqu'à 1233 kg/m². A une surcharge de 1280 kg/m², la capacité de résistance s'épuisa par flambement de la moitié surchargée, flambement suivi immédiatement de celui de la moitié exempte de surcharge.

En résumé, ces essais très détaillés mènent aux conclusions suivantes:

Le degré effectif de sécurité de cette construction hardie, s'élevant à environ 2,6 fois la charge utile de 500 kg/m², était absolument suffisant.

Il faut tenir compte que l'arc gunité armé montrait un abaissement de $\sim {}^{1}/_{14}$, une épaisseur moyenne de la voûte de ${}^{1}/_{100}$ de la portée et une excentricité de ${}^{1}/_{160}$.

L'arc supporta avec une sécurité suffisante la charge isolée de 2,5 tonnes concentrée sur toute sa largeur et sur une surface portante de 0,33 m².

L'épuisement de la capacité portante résulta du dépassement de la stabilité au flambement de l'arc soumis à la poussée excentrique. Le flambement est un problème de stabilité et non pas de résistance mécanique.

L'expérience et la théorie, ainsi que l'essai et le calcul, ont correspondu d'une manière très satisfaisante.

La tenue de l'arc à trois articulations suivit entièrement la théorie de l'élasticité. L'élasticité de la construction se réléva pratiquement parfaite jusqu'à 1,3 fois — la charge utile de 500 kg/m². Les flèches maximales verticales dans les quarts, s'élevaient à + 4,6 mm —2,2 mm pour la charge isolée de 2,5 tonnes, et à + 9,3 mm —5,4 mm pour la charge unilatérale de 500 kg/m² répartie uniformément. Ces déformations élastiques furent modérées et n'excédèrent jamais ${}^{1}/_{1000}$ de la portée.

Pour tous autres renseignements s'adresser au
SERVICE DE RECHERCHES ET CONSEILS TECHNIQUES DE LA E. G. PORTLAND
WILDEGG, Téléphone 4 43 71