Zeitschrift: Cementbulletin

Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)

Band: 8-9 (1940-1941)

Heft: 6

Artikel: Die Belastungsversuche an der Cementhalle und an der Schifflibachbrücke der L.A. 1939

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153149

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: 14.12.2025

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

CEMENTBULLETIN

NOVEMBER – DEZEMBER 1940
JAHRGANG 8
NUMMER 6

Die Belastungsversuche an der Cementhalle und an der Schifflibachbrücke der L.A. 1939

Dem Beton die Zukunft!

Die monumentale Cementhalle und auch die zu ihr führende Schifflibachbrücke werden nicht nur den Baubeflissenen, sondern allen Besuchern der Landesausstellung als Musterbeispiele der höchsten Gestaltungskraft, sowie der Beherrschung der statischen Probleme und der Eigenart des Baustoffes in Erinnerung bleiben.
Bei der Räumung des Ausstellungsareals bot sich den kühnen Erbauern und den Forschern die äusserst seltene Gelegenheit, durch Belastungen und Messungen bis zum Bruch die Arbeitsweise beider Bauwerke zu prüfen und der Forschung neue Erkenntnisse zu vermitteln.
Diese Versuche wurden von der EMPA unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Ing. h. c. M. Roš durchgeführt. Aus seinem interessanten, reich illustrierten Bericht über die Ergebnisse sei hier auszugsweise einiges wiedergegeben. Die zur endgültigen Zerstörung der Halle notwendige Sprengung des als Zugband wirkenden Verbindungssteges geschah unter der Leitung von Herrn Dr. Ing. A. Voellmy, Abteilungsvorsteher der EMPA, welcher hierüber in einem Separatdruck der «Technischen Mitteilungen» für Sappeure, Pontoniere und Mineure 1940 Bericht erstattete.

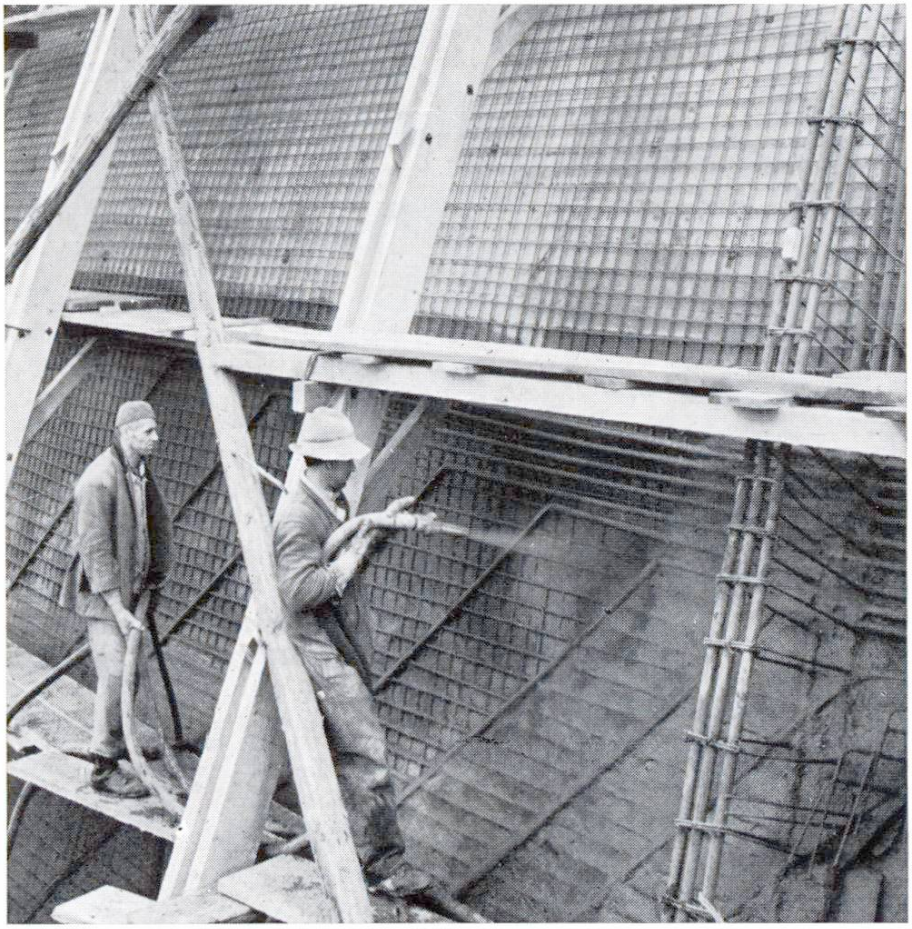

Fig. 1

I. Die Cementhalle wurde von der A.-G. Prader & Cie., Ingenieure, Zürich, nach dem Entwurf von Ing. R. Maillart, Zürich und Architekt H. Leuzinger, Zürich-Glarus, erstellt. Das 6 cm starke, wasserdichte Gunitgewölbe wurde von einem getrennten Bogenleergerüst aus in vier Schichten mit 3 Atm. Druck auf die eingeölte, gehobelte innere Schalung aufgeschossen (Fig. 1). Der schwach plastische Gunit mit P. 400 kg/m^3 dosiert, hatte bei einem Raumgewicht von 2,3 nach 15 Monaten eine Prismendruckfestigkeit von 520 kg/cm^2, eine

Biegezugfestigkeit von 63 kg/cm² und einen Elastizitätsmodul von 350 000 kg/cm². Der mit P. 300 kg/m³ dosierte plastische Beton für die beiden Bogenrippen, den Verbindungssteg, die Säulen, Träger und Platten hatte ein Raumgewicht von 2,4 und eine Prismendruckfestigkeit von 330 kg/cm². Die grössten rechnerischen Spannungen, unter Zugrundelegung der eidg. Verordnung für Eisenbeton vom 14. Mai 1935, erreichten für den normalen Bewehrungsstahl auf Zug $\sigma_e \cong 1400$ kg/cm² und für den hochwertigen Beton, Randspannung $\sigma_b = 100$ kg/cm². Dabei wies das Gunitgewölbe mit den Bogenbindern und dem Verbindungssteg eine Bewehrung von ~ 1,6 % und die Säulen und Eckwände eine solche von ~ 1,2 % auf.

Das hochgradig statisch unbestimmte, räumliche Tragsystem war wie folgt gegliedert: Die kreuzweise bewehrte Gewölbeschale ruhte an ihren Kämpfern in zwei tangentialen, beidseitig auskragenden, kräftig bewehrten Trägern, welche von zwei bogenförmigen Rippen rechteckigen Querschnittes getragen, als Balken auf zwei Stützen wirkten. Die beiden seitlichen Terrassen waren mit je einer ihrer Längsseiten in diese beidseitig auskragenden Träger eingebunden. Die äusseren Längsseiten dieser Terrassen ruhten auf vier Zwischenstützen und zwei winkelförmigen Eckstützen. Letztere vermochten waagrechte, längs und quer auf die Halle wirkende Kräfte aufzunehmen und in die Fundamente zu übertragen. Der zwischen den beiden bogenförmigen Rippen angeordnete Verbindungssteg, welcher die zwei seitlichen Terrassen verband, wirkte gleichzeitig als Zugband. Die Bogenrippen waren in dieser Höhe mit waagrechten, beidseitig auskragenden, auf lotrechten Säulen aufliegenden Armen versehen. Das Tragsystem der zwei bogenförmigen Hauptrippen wurde dadurch vierfach statisch unbestimmt und wirkte als eingespannter Bogen mit hochliegendem Zugband, dessen Kämpfer rahmenartig ausgebildet waren. Die am hintern Ende des Tonnengewölbes angeordneten zwei Stützen bezweckten die Erhöhung der Kippsteifigkeit der Gewölbeschale.

Die Anordnung der Mess- und Belastungsstellen geht aus Fig. 2 und 3 hervor. Die Belastungsversuche wurden mit Einzellasten von 0,5—1,0—2,3 und 2,6 Tonnen durchgeführt. Dabei wurden in den sechs lotrechten Querschnittsebenen an jeweilen fünf Stellen, also insgesamt für jede Lastlage 30 Verformungen gemessen.

Zusammenfassend führten diese Versuche zu folgenden Erkenntnissen: Die Arbeitsweise des hochgradig statisch unbestimmten Traggerippes folgte den Gesetzen der Elastizitätstheorie. Die Biegeflächen für Einzellasten und Lastengruppen wiesen stetigen Verlauf und regelmässige Formen auf.

Bleibende Verformungen der Gewölbeschale traten erst bei grössern einseitigen Belastungen der einen Längshälfte der Halle auf, oder für angenähert gleichmässig verteilte Lasten gleich dem 1,4fachen Eigengewicht und ~ 7fachen Betrag der lotrechten Komponenten des an der Luv-Seite von aussen und an der Lee-Seite von innen auf Verdrehung wirkenden Winddruckes.

Der tangentiale Widerstand des in die beiden Rippen eingebundenen Gunitgewölbes wirkte sich in ganz ausgesprochener Weise verformungs- und spannungsvermindernd aus.

Anordnung der Mess- und Belastungsstellen.

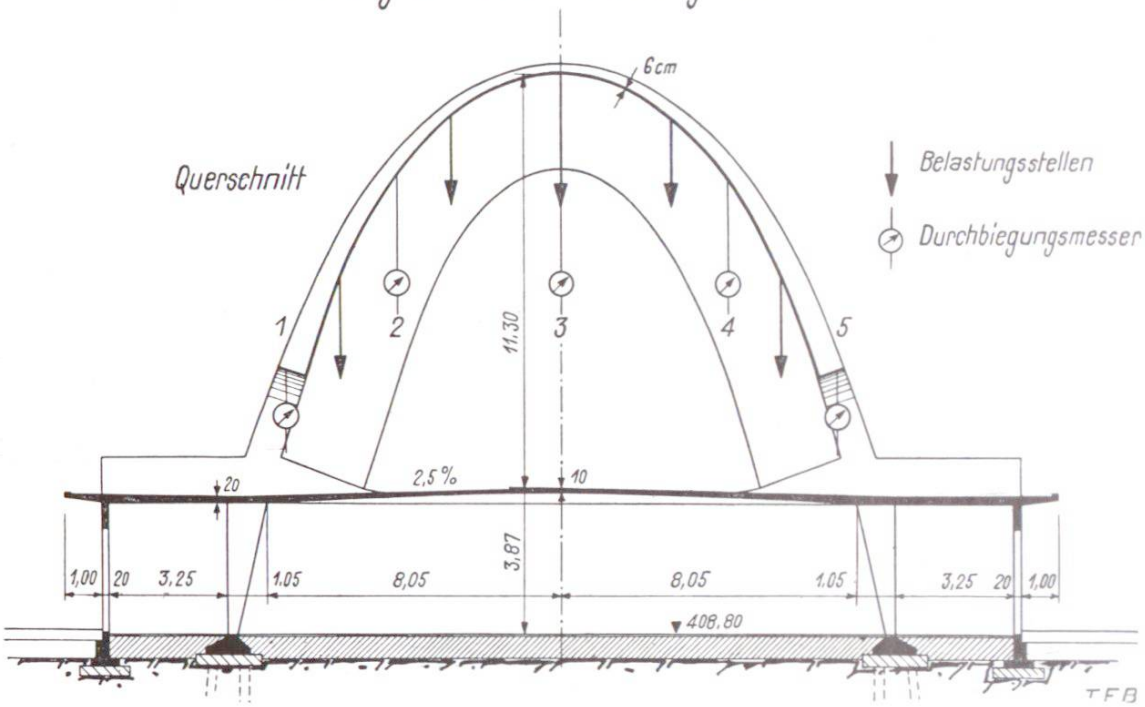

Fig. 2

Die Knickstabilität der dünnen Gewölbeschale von ausserordentlich hohem Schlankheitsgrad wurde zufolge des tangentialen, durch die Bogenrippen bedingten Widerstandes ausreichend verbürgt. Die in Form von verteilten Einzellasten einseitig aufgebrachte hohe Belastung von 27,6 t vermochte den Zusammenbruch des Gunitgewölbes nicht zu bewirken. Loslösungen der Gunitschale von den Bogenrippen, örtliche Ueberanstrengungen, gut sichtbare Rissbildungen und örtliche Abbröckelungen zeigten sich erst bei einer der Längsrichtung nach einseitigen Belastung der Halle von 30,6 bis 41,4 Tonnen, somit von 220 bis 240 kg/m² gleichmässig verteilter Grundrissbelastung, was einer Auflast des 1,6fachen Eigengewichtes gleichkommt.

Die Bruch-Tragfähigkeit der Halle war unerwartet gross. Insbesondere leistete die dünne, nur 6 cm starke Gewölbeschale wirksamen Widerstand gegen Verformung und Ausknicken.

Der monolithische Charakter der Eisenbetonbauweise steigerte auch hier in hervorragender Weise die Tragfähigkeit des in seinem Aufbau der Einfachheit halber in einzelne Tragorgane zergliederten Ganzen.

Nachdem auf der Südseite der als Zugband wirkende Verbindungssteg gesprengt und ausserdem der Beton aller dortigen Säulen- und Bogenrippenfüsse weggespitzt und der Bewehrungsstahl durchgesägt worden war, konnte die Halle von der Unternehmung Abbruch-Honegger durch einseitigen Seilzug verwunden und umgerissen werden.

Die Sprengversuche am Verbindungssteg bestätigen die Richtigkeit nachfolgender, für die Praxis des Eisenbetons wertvoller Sprengregeln:

1. **Einfache Sprengung** — Durchschlagen der Eisenbetonplatte.

   Erforderliche gestreckte Ladung in kg/m¹

   $L^{EB} = 7{,}5\ L_m^{EB} = 7{,}5\ R^2 \cdot g \cdot d \cdot k.$

2. **Zweifache Sprengung** — Bewehrter Längsträger

a) Betonbresche
geballte Ladung in kg: $L = R^3 \cdot g \cdot d \cdot k$
gestreckte Ladung in kg/m¹: $L = R^2 \cdot g \cdot d \cdot k$

b) Bewehrungs-Rundstahl von normaler Güte, Ladung L in Gramm: $L = 30\,k\,(F + D) \cdot 1{,}5$
wobei g = Materialziffer für Eisenbeton; g = 10
d = Verdämmungsziffer; für frei aufliegende, nicht verdämmte Ladungen; d = 5
k = Sprengstoffziffer: für Cheddite k = 1,5
für Trotyl k = 1,0
R = Wirkungsradius in m, von Mitte Ladung aus gerechnet
F = Rundstahlquerschnitt in cm²
D = Rundstahldurchmesser in cm.

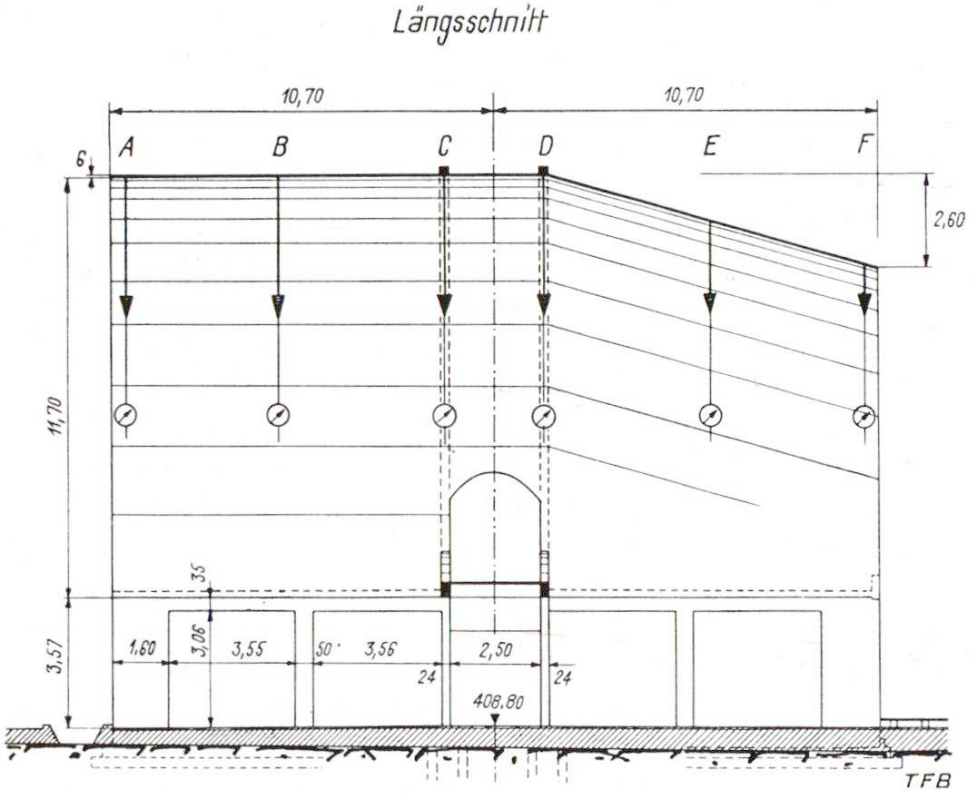

Fig. 3

II. Die Schifflibachbrücke (Fig. 4) wurde von Ing. Max Greuter & Cie., Ingenieurbureau und Bauunternehmung, Zürich, nach eigenen Plänen in bewehrtem Gunit erbaut. Sie war ein Dreigelenkbogen von 10,0 m Stützweite und 0,73 m Pfeilhöhe mit vorgeschobenen Gelenken und war berechnet für eine gleichmässig verteilte Belastung von 500 kg/m². Die Gewölbestärke betrug am Kämpfer 15 cm und im Bogenscheitel 8 cm. Der Gunit wurde in einer Dosierung von 400 kg P.C. auf 1000 l Sand mit 2,5 Atm. Druck in fünf Schichten aufgeschossen, wobei die unterste Schicht plastisch und die oberen Schichten erdfeucht waren. Verwendet wurde Bewehrungsstahl von normaler Güte. Der Gunit hatte bei einem Raumgewicht von 2,3 eine Prismendruckfestigkeit von 563 kg/cm², eine Biegezugfestigkeit von 61 kg/cm² und einen Elastizitätsmodul von 370 000 kg/cm² im Zeitpunkt der Belastungsversuche.

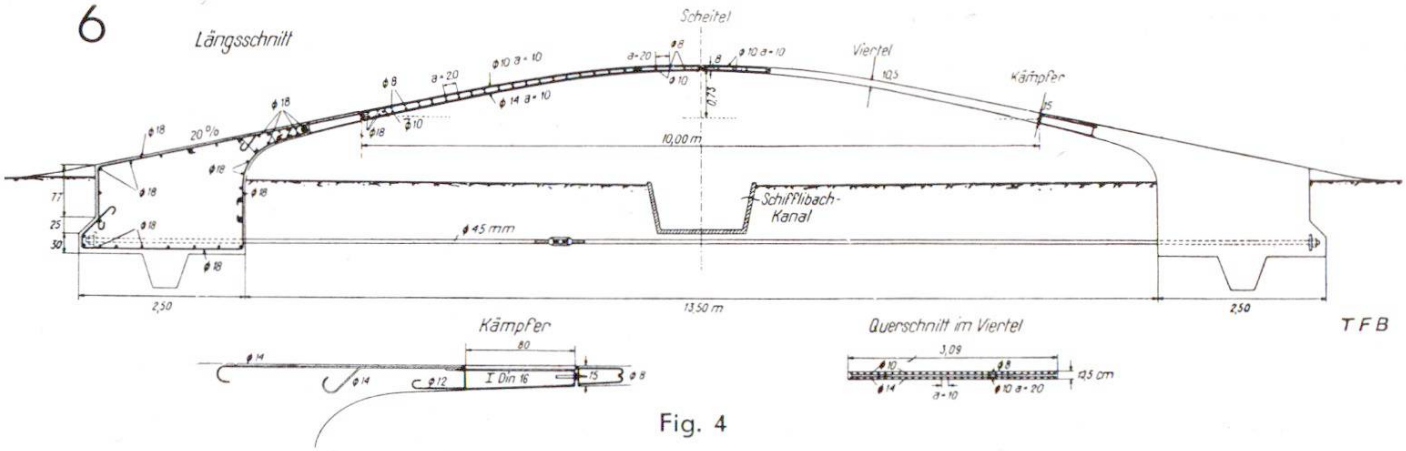

Fig. 4

Zweck dieser Versuche war, den Spannungs- und Verformungszustand und damit die Arbeitsweise bis zum Bruch zu verfolgen.
Die Belastung wurde durchgeführt mit einer im Bogenscheitel und den beiden Vierteln wirkenden Einzellast von 2460 kg, sowie mit einer über die bergseitige Bogenhälfte gleichmässig verteilten Last von 327 kg/m², die allmählich bis auf 1233 kg/m² gesteigert wurde. Bei 1280 kg/m² erfolgte die Erschöpfung der Tragfähigkeit durch Ausknicken zuerst der belasteten Bogenhälfte, welcher die unbelastete seeseitige unmittelbar folgte.
Zusammenfassend zeigten die eingehenden Versuche folgendes: Der wirkliche Sicherheitsgrad des kühnen schalenförmigen, bewehrten Gunitgewölbes mit einem Stichverhältnis von $\sim {}^{1}/_{14}$, einer mittleren Gewölbestärke von $\sim {}^{1}/_{100}$ der Stützweite und einem Knickschlankheitsverhältnis von $\sim$ 160, war mit $\sim$ 2,6 auf die Verkehrslast von 500 kg/m² bezogen, ausreichend.
Das Gewölbe war auch den sehr hohen Einzellasten von $\sim$ 2,5 t, auf die ganze Gewölbebreite und eine Auflagefläche von 0,33 m wirkend, mit ausreichender Sicherheit gewachsen.
Die Erschöpfung der Tragfähigkeit erfolgte durch Versagen der Knickstabilität des auf exzentrischen Druck beanspruchten Gewölbes.

Das Knicken ist ein Stabilitäts- und nicht ein Festigkeitsproblem.

Erfahrung und Theorie, Versuch und Rechnung stehen hier in praktisch sehr guter Uebereinstimmung.
Die Arbeitsweise des Dreigelenkbogens entsprach der Elastizitätstheorie. Das Verhalten war bis zum 1,3fachen Betrag der Nutzlast von 500 kg/m² ein praktisch völlig elastisches. Die grössten lotrechten Durchbiegungen in den Bogenvierteln betrugen für die Einzellast von 2,5 t: + 4,6 mm — 2,2 mm und für die gleichmässig verteilte einseitige Last von 500 kg/m²: + 9,3 mm —5,4 mm. Diese waren mässig und erreichten höchstens ${}^{1}/_{1000}$ der Stützweite.

Zu jeder weitern Auskunft steht zur Verfügung die
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE DER E. G. PORTLAND
WILDEGG, Telephon 4 43 71