

**Zeitschrift:** Bulletin du ciment  
**Herausgeber:** Service de Recherches et Conseils Techniques de l'Industrie Suisse du Ciment (TFB AG)  
**Band:** 42-43 (1974-1975)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Propriétés de la pâte de ciment durcie, dans un béton armé vieux de 84 ans  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-145873>

### **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:** 03.04.2026

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

# BULLETIN DU CIMENT

SEPTEMBRE 1974

42e ANNÉE

NUMÉRO 9

---

## Propriétés de la pâte de ciment durcie, dans un béton armé vieux de 84 ans

Reproduction d'un bref rapport du Dr J. Gebauer, «Holderbank» Management und Beratung AG, et Dr A. B. Harnik, Institut des matériaux de construction EPF, Zurich, paru dans la «Schweizerische Bauzeitung», No 33, 15.8.74.

Dans les années 1889/90 un pont en béton armé du système Monier a été construit à Wildegg, Argovie (Arc en béton armé de 37,2 m de portée) (fig. 1). Il s'agissait du premier pont en béton armé construit en Suisse. Ce pont étant devenu inutile en raison de l'assèchement du canal qu'il franchissait, l'occasion s'est présentée, avant sa démolition, de le soumettre à des essais de charge afin d'étudier sa résistance et les propriétés de son béton. Ces études ont été faites sous la direction du LFEM, Dübendorf, avec la collaboration du service de recherches et conseils techniques (T.F.B.), Wildegg, de la Holderbank Management und Beratung AG (HMB), Holderbank et de l'Institut des Matériaux de construction EPF, Zurich. Il s'agissait d'étudier le comportement actuel de ce béton ainsi que ses propriétés et celles de l'ouvrage en béton armé lui-même, après plus de 80 ans d'existence.

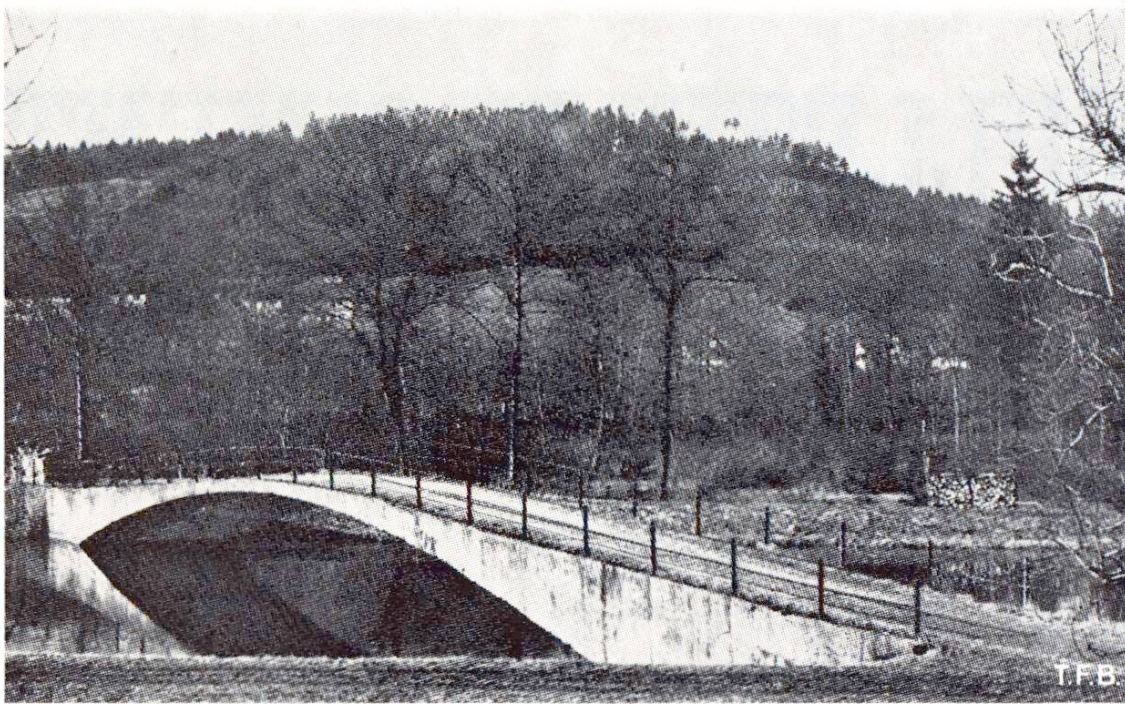


Fig. 1 Le pont en béton construit en 1889/90 à Wildegg sur le canal d'une fabrique.

L'essai de charge du pont [1] ainsi que les examens physico-mécaniques du béton et de l'acier ont permis de constater l'excellent état de l'ouvrage et la haute qualité du béton. La résistance à la compression du béton établie sur 50 carottes (diamètre 5 cm) fut en moyenne de  $620 \text{ kg/cm}^2$ . L'armature n'était atteinte par la rouille qu'en quelques points isolés. Le béton très compact n'avait que très peu souffert du gel et offrait à l'armature une bonne protection contre la corrosion.

Le béton semble avoir été préparé avec un mélange naturel de sable et gravier de la région et avec un ciment portland normal dont le dosage, calculé d'après la composition chimique du béton, devait être d'environ  $550 \text{ kg/m}^3$ .

La microstructure et la composition de la pâte de ciment durcie ont été étudiées au moyen du microscope électronique à balayage (REM), par des analyses chimiques et thermiques (OTA), ainsi que par la diffraction des rayons X.

On a également prélevé un échantillon de béton de 15 kg à l'extrados et à la clef de la voûte, à peu près dans l'axe du pont (désignation S). La résistance à la compression des carottes forées dans cet échantillon était de  $658 \text{ kg/cm}^2$  et la densité de  $2,25 \text{ t/m}^3$ . On

3 a éliminé mécaniquement aussi bien que possible les plus gros éléments des granulats et il est resté un échantillon de pâte de ciment durcie mêlée aux fines des granulats.

A l'aide du REM, on a examiné plusieurs échantillons de pâte de ciment durcie d'une surface d'environ  $1 \text{ cm}^2$  et constaté fréquemment une constitution fibriforme. Le diamètre des fibres est d'environ  $0,1 \text{ }\mu\text{m}$ . Il n'est pas rare que ces fibres soient réunies et entrelacées avec les plaquettes hexagonales d'hydroxide de calcium,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (fig. 2). Les aiguilles qui se sont visiblement formées après coup à la surface sont probablement constituées d'hydrate de silico-calcium ou peut-être aussi de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) résultant de la réaction de l'hydroxide de calcium avec l'acide carbonique de l'air. La figure 3 révèle un autre aspect de la microstructure. Les bâtonnets plus gros qui se sont développés font penser à une formation semblable à la tobermorite (hydrate de silico-calcium), elle qu'elle a été décrite par Brunauer [2], Feldman et Sereda [3], et Esenwein [4]. La longueur de ces bâtonnets atteint  $20 \text{ }\mu\text{m}$  et leur diamètre  $0,5 \text{ }\mu\text{m}$ .

La composition chimique de la pâte de ciment durcie correspond à celle d'un ciment portland bien hydraté.

La teneur en  $\text{SO}_3$  (0,49%) est étonnamment basse, ce qui laisse supposer qu'à cette époque, on n'ajoutait pas de gypse au ciment pour en régler la prise. Les analyses thermiques et aux rayons X ont permis de constater une forte teneur en hydroxide de calcium (4,6%) et en eau liée chimiquement (6,5%), mais une très faible proportion de constituants non hydratés du klinker ( $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\text{C}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{A}$ ). Parmi les hydrates du ciment on a pu identifier un hydrate de silico-calcium (semblable à la tobermorite) et un hydrate d'aluminium, hexagonal. La forte teneur en hydroxide de calcium indique que la pâte de ciment durcie n'a guère subi de carbonatation.

L'impression générale est donc que cette pâte de ciment durcie depuis plus de 80 ans a une composition chimique et minéralogique peu différente de celle d'une pâte plus récente. On a constaté que l'hydratation est presque complète, ce qui explique les très hautes résistances du béton à la compression et le bon état de l'ouvrage tout entier. Les études ont montré que les propriétés de la pâte durcie de ciment portland ne sont pas défavorablement modifiées, même après plus de 80 ans.

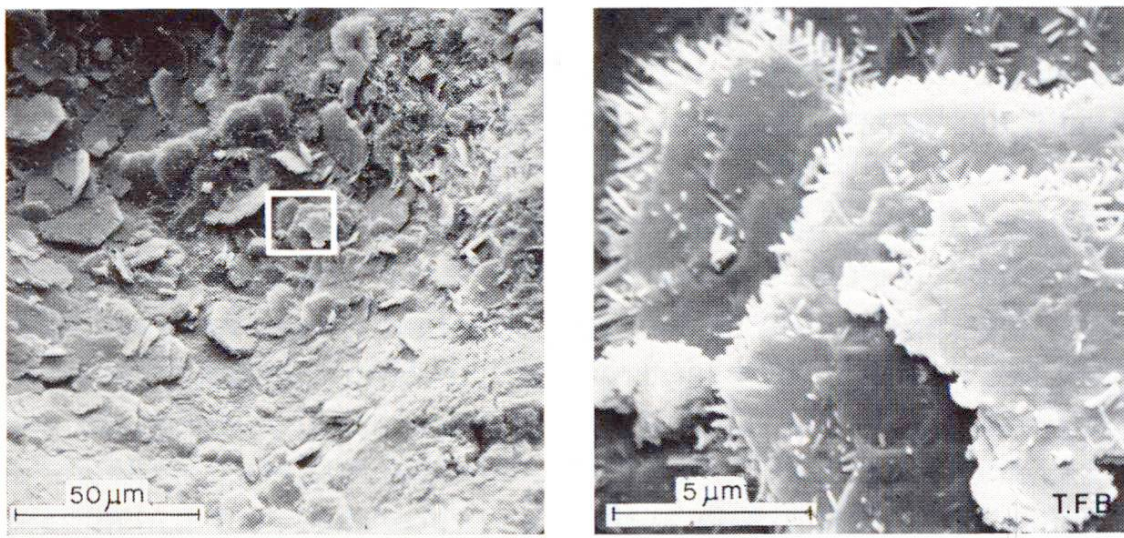


Fig. 2 Formation compacte de plaquettes intimement imbriquées, dont certaines ont exactement une section hexagonale (angles de  $120^\circ$  entre les arêtes). De minuscules aiguilles se sont développées en grand nombre, surtout sur les arêtes.

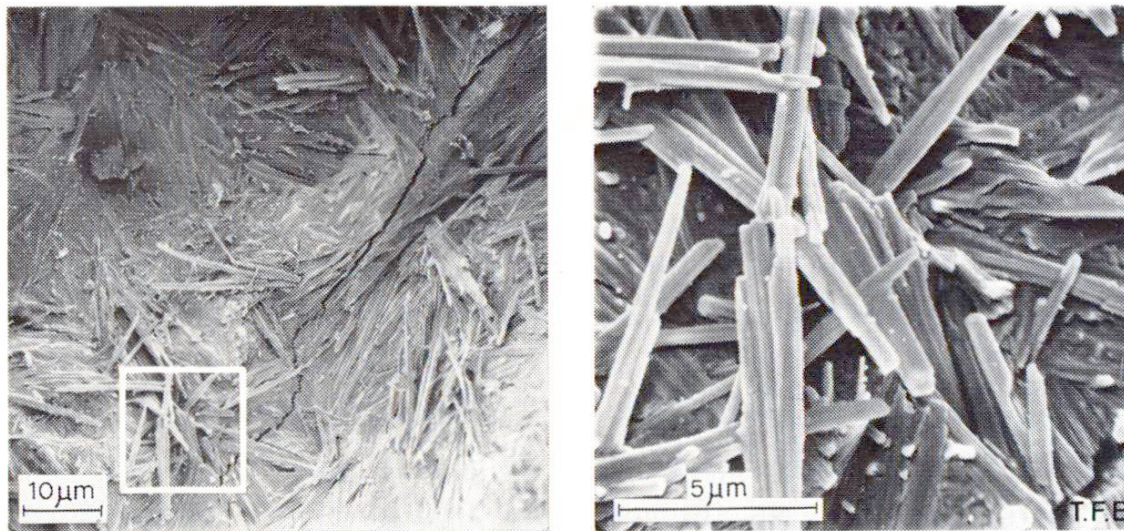


Fig. 3 Des aiguilles plus épaisses (bâtonnets) ont pu se développer facilement dans un pore. Il s'agit probablement d'une formation semblable à la tobermorite. Sur la paroi du pore, on voit une microfissure d'environ  $0,5 \mu\text{m}$ . La photo de droite montre un grossissement d'une partie de celle de gauche.

### Bibliographie

- [1] **M. Ladner:** Die statischen Versuche an der Monier-Brücke in Wildegg. 63. Jahresbericht des Vereins Schweiz. Zement-, Kalk- und Gipsfabrikanten, 1974, S. 60.67.
- [2] **S. Brunauer:** Tobermorite gel – the heart of concrete. "American Scientist", 1962, 50, p. 210.229.
- [3] **R. F. Feldman, P. J. Sereda:** A new model for hydrated portland cement and its practical implications. "Nat. Res. Counc. Canada", 1970, Res. Paper No. 454.
- [4] **P. Esenwein:** Über die Struktur des Zementsteins. «Cementbulletin», 1972, Nr. 8.