Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 14-15 (1946-1947)
Heft: 11

Artikel: Die Frostbeständigkeit des Betons
Autor: Bolomey, J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153220

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: 05.08.2025

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

CEMENTBULLETIN

NOVEMBER 1946 JAHRGANG 14 NUMMER 11

Die Frostbeständigkeit des Betons

von Prof. J. Bolomey, Ingenieurschule Lausanne

Der Frost kann in verschiedener Weise auf den Beton einwirken, je nachdem es sich um

a) Frischbeton während seines Abbindens und ersten Erhärtens oder um

b) älteren, bereits durcherhärteten Beton handelt.

Frischbeton.

Die schädliche Wirkung von Frost auf jungen Beton kann als bekannt vorausgesetzt werden. Ihr lässt sich durch folgende Massnahmen begegnen:

Einstellen der Betonierarbeiten während der eigentlichen Frostgefahr
Verwendung von Frostschutzmitteln
Erhöhung der Cementdosierung und Verwendung von hochwertigem Portlandcement
Schutz des Betons vor Wärmeverlust
Anwärmen der Zuschlagstoffe oder des Anmachwassers
Abschirmen der Baustelle (z. B. durch Bretterverschlag, Blachen etc.) und Raumheizung.

Erhärteter Beton.

Dass auch alter, praktisch fertig erhärteter Beton durch Frost zerstört werden kann, ist erst seit zirka 20 Jahren bekannt. Man hat die Möglichkeit solcher Frostzerstörungen lange bestritten und

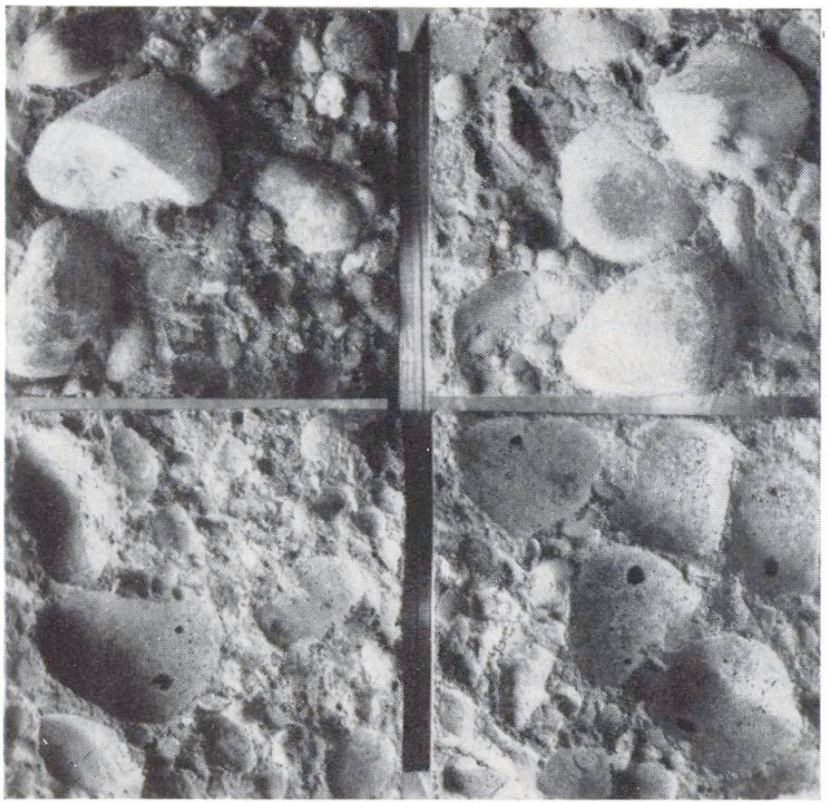


Abb. 1 Die Wirkung der inneren Wasserabscheidung im Frischbeton zeigt sich beim Biegeversuch an senkrecht betonierten Prismen

Obere Reihe: Bruchflächen mit dem festhaftenden Grobkies

Untere Reihe: Bruchflächen mit den Abdrücken

die festgestellten Schäden auf schlechte Arbeitsausführung, Entkalkung des Cements durch weiche Wasser, auf chemische Angriffe, auf ungenügende Cementdosierung etc. zurückgeführt. Die wirklichen Ursachen wurden erst nach der Errichtung grosser Staumauern im Alpengebiet erkannt, als man die manchmal namhaften Schäden an den durchnässten Aussenseiten untersuchte und mit grossem Kostenaufwand beheben musste. Solche Schäden traten vor allem dort auf, wo wassergesättigter Beton in wiederholtem Wechsel dem Gefrieren und Wiederauftauen unterlag.

Durch diese Erfahrungen aufmerksam geworden, stellte man in der Folge auch im Tiefland verschiedenartige Frosteinwirkungen (z. B. an Stützmauern, Bodenbelägen, Behältern etc.) fest. Heute ist bekannt, dass Betonbauwerke, welche der Feuchtigkeit und dem Frost ausgesetzt sind, früher oder später Schäden erleiden können, wenn bei ihrer Erstellung gewisse Regeln, namentlich hinsichtlich der Konsistenz und der Verarbeitung des Betons, ausser acht gelassen werden.

Welches sind nun diese Regeln? Ist es überhaupt möglich, absolut frostbeständigen Beton zu erzielen? Da hierüber die Ansichten nicht immer übereinstimmen, geben wir nachstehend die wichtigsten Versuchsergebnisse und Erfahrungen wieder, die beim Bau der Barberine-Staumauer und im Laboratoire d'essai des Matériaux, Lausanne, erhalten wurden.

Die Frostbeständigkeit eines Baumaterials hängt im Gegensatz zu einer weitverbreiteten Meinung nur in geringem Ausmass von der

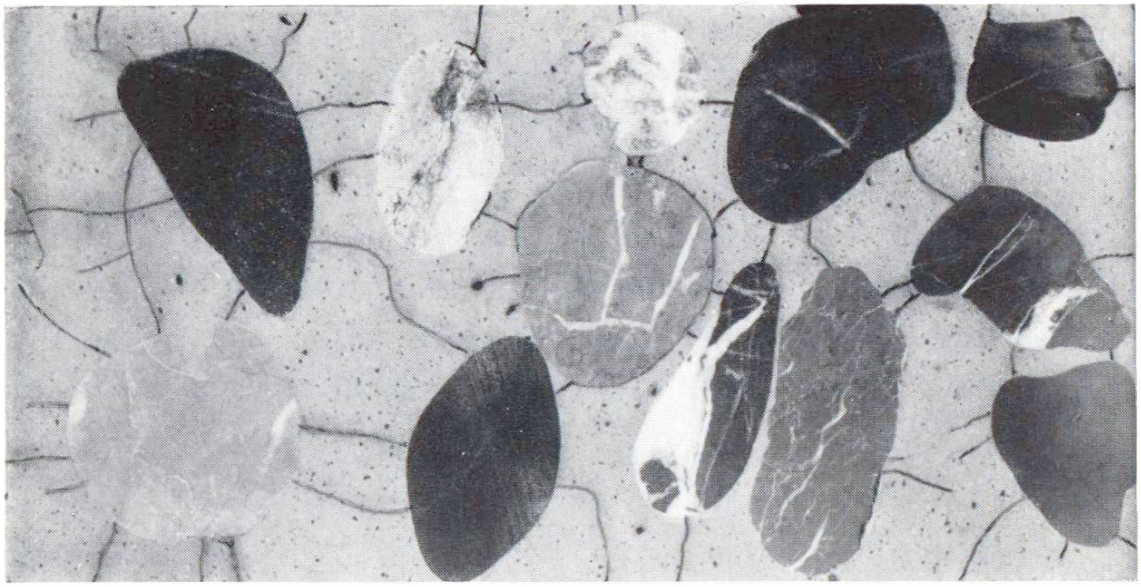


Abb. 2 Versuch zur Veranschaulichung der Rissbildung infolge zu raschen Schwindens des Feinmörtels

Porosität ab, sofern die Poren annähernd kugelförmig und gleichmässig verteilt sind. Unter dieser Voraussetzung beschränkt sich die Frosteinwirkung nur auf die Oberfläche und sie reicht nicht tief in den Baustoff hinein; sie äussert sich ähnlich wie die Oberflächenveränderung eines Sandsteins.

Frostempfindlich sind dagegen Baustoffe, die eine blättrige, geschichtete Struktur aufweisen, d.h. lamellenförmige Poren besitzen.

Solche Lamellenstrukturen trifft man beispielsweise bei fehlerhaft eingeschlagenen Backsteinen, bei geschichteten (schiefrigen) Natursteinen, sodann auch bei Beton, der Schwind- oder Temperaturrisse aufweist oder bei dem infolge Wasserabsonderung nach der Verarbeitung sog. Wasserlinsen unter den gröberen Kieskörnern entstehen.

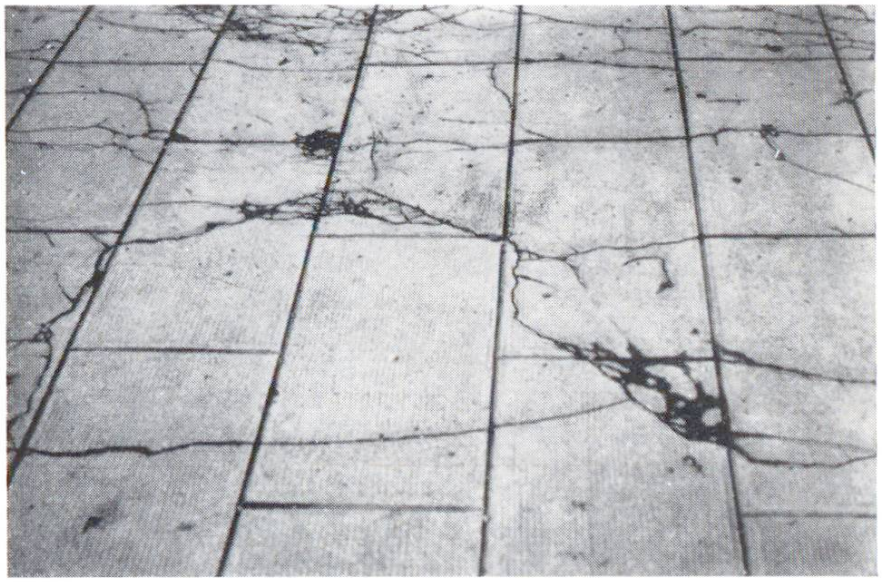


Abb. 3 Schäden an einem Cementbelag, verursacht durch Schwinden und Frosteinwirkung

Die Bildung dieser Wasserlinsen geht so vor sich: In Mischungen haben Cement und Steine die Tendenz, sich abzusetzen und das überschüssige Anmachwasser nach oben zu drängen. Das aufsteigende Wasser wird aber in der Aufwärtsbewegung durch die gröberen Kieskörner gehindert, es sammelt sich an deren Unterseite an und verursacht damit eine dünne Schicht von geringerer Festigkeit. Beim Biegeversuch bleiben die groben Kieskörner mit dem darüberliegenden Beton verbunden, während die Unterseite nur die Abdrücke dieser Körner aufweist (Abb. 1).

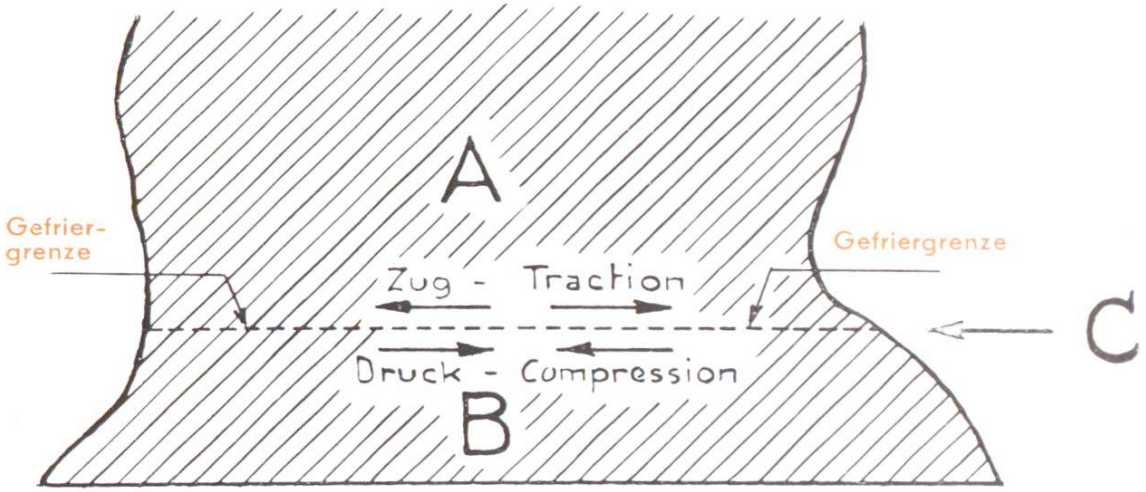
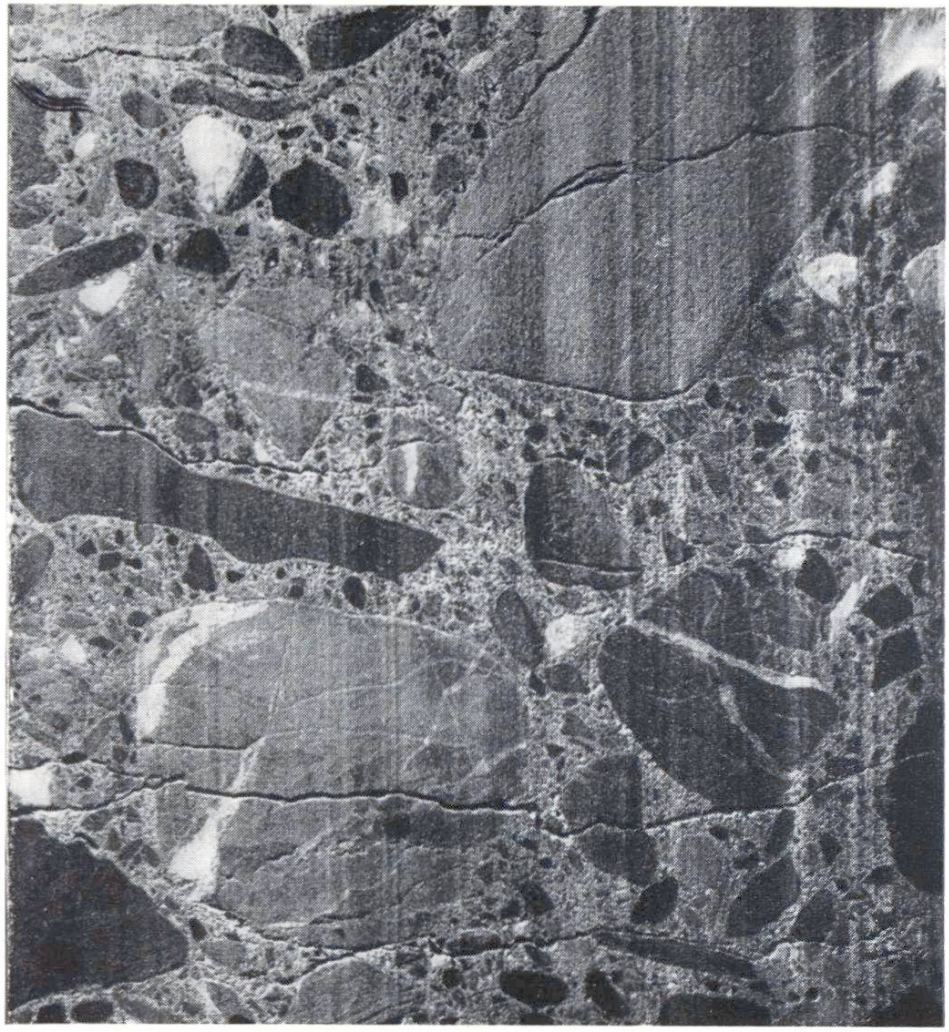


Abb. 4 Schematische Darstellung des Abscherens beim raschen Gefrieren äusserer, wassergesättigter Betonschichten. Die äussere Schicht versucht sich auszudehnen und steht daher unter innerem Druck (das Wasser vergrössert sein Volumen beim Gefrieren um 1/11). Die Grenzschicht am noch nicht gefrorenen Beton wird infolgedessen auf Zug beansprucht, wodurch eine Abscherung möglich werden kann

A = Noch nicht gefrorener Baustoff
B = Gefrorene Aussenschicht des Baustoffs
C = Abscherfläche

Bezüglich des Schwindens ist bekannt, dass bei gleichem Cementwasserverhältnis Beton scheinbar weniger schwindet als Mörtel und letzterer wieder weniger als Cementbrei. Diese Anomalie erklärt sich aus dem Widerstand, welchen die Zuschlagstoffe dem Schwinden entgegensetzen. Der gleiche Widerstand hat aber zur Folge, dass die Kieskörner Druckspannungen, der Feinmörtel jedoch Zugspannungen erhalten, welche bei zu raschem Schwinden (verursacht durch zu rasche Austrocknung) zum Reissen des Feinmörtels führen können. Solche Risse machen den Beton undicht und bilden Angriffspunkte für die Frostwirkung (Abb. 2). Bei langsamem Schwinden (gute Nachbehandlung) können sich jedoch die Spannungen infolge plastischer Formänderung und auch wegen der inneren Versinterung weitgehend ausgleichen.

Aus dem Vorausgeschickten wird verständlich, dass bei gleichem Cementwasserverhältnis ein Mörtel um so frostempfindlicher wird,



Inneres des Bauwerks

Aussenseite

Abb. 5 Schnitt durch einen frostgeschädigten Beton. Die Schädigung ist auf die in Abb. 4 dargestellten Ursachen zurückzuführen. Die Grobkieskörner sind nicht aus dem Mörtel herausgerissen, sondern parallel zur Betonoberfläche abgeschert

je mehr grobes Kies man ihm zufügt. Die Frostempfindlichkeit hängt zudem in wesentlichem Mass vom Zusammenhalt des Mörtelbreis im frischen Beton, d. h. von seinem Cementgehalt und von seiner Konsistenz, also nur indirekt vom ursprünglichen Anmachwassergehalt ab.

Als ausgesprochen frostempfindlich hat sich mit sehr grobem Zuschlagsmaterial hergestellter Gussbeton erwiesen. Bei solchem ist die Wasserabscheidung und das Schwinden besonders ausgeprägt, um so mehr als mit diesen nachteiligen Erscheinungen noch eine geringe mechanische Festigkeit einhergeht.

Der Druck des gefrierenden Wassers verursacht ferner ein Treiben des Betons. Die äusseren, bereits gefrorenen Schichten dehnen sich aus, wodurch gegenüber den darunter liegenden Schichten eine Scherbeanspruchung auftritt. Wenn diese gross genug ist, kann sie zum Abblättern von 1 bis 5 cm dicken Schichten führen (Abb. 4 und 5). An Gussbeton wurden schon Frostdehnungen von 0.1 bis 0.2 mm/m gemessen, während sie bei vibriertem Beton (erdfeucht angemacht) praktisch Null sind.

Voraussetzungen für die Erzielung frostbeständigen Betons.

1. Genügende Cementdosierung zur Erzielung hoher Betonfestigkeiten, ohne jedoch übermässiges Schwinden zu begünstigen (um PC 300 herum).
2. Verwendung gut abgestuften, selbst frostbeständigen Zuschlagsmaterials, das einen leicht und mit wenig Wasser verarbeitbaren Beton ergibt. Das Sandkies soll keine Bestandteile enthalten, die feiner als 0.1 mm und gröber als ca. 30 mm sind.
3. Anmachen des Betons mit der geringstmöglichen Wassermenge und Verarbeitung durch Vibration. Zweck = Erzielung hoher Festigkeiten und Verringerung der inneren Wasserabscheidung.
4. Sorgfältigstes Einbringen.
5. Gewissenhafte Nachbehandlung während der Anfangserhärtung, zu rasches Austrocknen begünstigt die Schwindrissigkeit.

Literatur:

Frühere Veröffentlichungen von Prof. J. Bolomey, Lausanne, über das behandelte Thema:

Etudes des revêtements des barrages en maçonnerie et en béton. Second congrès des grands barrages. Washington 1936.

Module d'élasticité du béton. Bull. tech. de la Suisse-romande 26 août et 9 septembre 1939.

Destruction des bétons par voie chimique, physique ou mécanique. Bull. tech. Suisse-romande 18 octobre 1940.

Recherches et essais sur les bétons. Bull. tech. Suisse-romande no. 15 et 16, 1945.

Zu jeder weitern Auskunft steht zur Verfügung die
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE DER E. G. PORTLAND
WILDEGG, Telephon (064) 8 43 71

607 / 1484 s / 46