

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 66 (1948)
Heft: 23

Artikel: Konstruktionen in Prepakt-Beton: 1. Allgemeines über Eindringmörtel und Beton aus vorgefülltem Kies
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-56728>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

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

Konstruktionen in Prepakt-Beton

I. Allgemeines über Eindringmörtel und Beton aus vorgefülltem Kies

DK 666.973

1. Geschichtliche Entwicklung

Die Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt an der E. T. H. und der Schweizerische Verband für die Materialprüfungen der Technik veranstalteten am 26. August 1947 im Auditorium I der E. T. H. einen Vortragsabend, an dem Ing. S. Wertz, Cleveland, Ohio, der Erfinder des hier zu beschreibenden Verfahrens, und Ing. R. E. Davis, Prof. für Bauingenieurwesen und Direktor des «Engineering Materials Laboratory» der University of California, Berkeley, ein anerkannter Fachmann in USA für Betonfragen, an Hand von Lichtbildern und Filmvorführungen ihre Mitglieder und Gäste über diese vielversprechenden Neuerungen orientierten.

L. S. Wertz versuchte erstmals im Jahre 1919 Reparaturarbeiten an Beton und Mauerwerk durch Eindringenlassen einer geeigneten, dünnflüssigen Mischung von Zement und Zusatzmittel durchzuführen. Das Injizieren eines Breis von reinem Portlandzement und Wasser erwies sich als mangelhaft: Meist waren die Hohlräume nur teilweise ausgefüllt; ein hoher Wasser-Zementfaktor ergab geringe Festigkeit; zudem haftete der Zementbrei infolge seiner Tendenz zur Wasserabscheidung ungenügend an der umgebenden Betonmasse. Oberflächenreparaturen mit gewöhnlichem Beton oder Gunit zeigten nach wenigen Jahren starke Rissbildungen und in Gegenden mit starkem Frost ausgesprochene Zerstörungen.

Auf Grund umfassender Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist es Wertz später gelungen, eine Mörtelmischung herzustellen, die wenig Wasser enthält und sich trotzdem über lange Strecken transportieren und in feinste Risse und Poren einführen lässt. Bei der Zubereitung dieses Mörtels ist eine sorgfältige Auswahl der Zuschlagstoffe und eine gute Durchmischung nötig. Dazu mussten entsprechende Einrichtungen, wie besondere Rührwerke für die Durchmischung und Förderpumpen für den Transport des Mörtels durch Leitungen geschaffen werden.

Mit diesem Eindringmörtel (intrusion mortar) gelang es, schadhafte Tunnelauskleidungen, Brückenpfeiler, Brückenbogen, Eisenbetonbalken und Mauerwerkstrukturen mit gutem Erfolg zu reparieren. Hierzu wurden in den betreffenden Bauteil in regelmässigen Abständen Löcher gebohrt und die Mörtelmischung eingepresst.

Die weitere Entwicklung führte zu einem neuen Herstellungsverfahren für Beton, das für verschiedene Anwendungen besondere Vorteile bietet. Hiernach füllt man sauber gewaschenen Kies von einem bestimmten Körnungsbereich in die Schalung ein und verdichtet diese Füllung, in der Regel durch Vibrieren. Die einzelnen Körner berühren sich und bilden so ein Skelett. Nun wird von unten Eindringmörtel eingepumpt, der gleichmässig hochsteigt und alle Hohlräume restlos ausfüllt. Das Verfahren kann sowohl in der Luft als auch unter Wasser angewendet werden. Im zweiten Fall, wo also die ganze Kiesfüllung und die Schalung unter Wasser liegen, verdrängt der unten eingeführte Mörtelbrei das Wasser nach oben. Mörtel und Wasser berühren sich dabei längs einer scharf abgezeichneten Trennungsfläche.

Der Mörtel wird aus den hochliegenden Mischgefässen von kleinen Kolbenpumpen durch Gummischläuche und Stahlrohre nach den Einführungsstellen gefördert. Diese Stellen können beispielsweise ebenfalls aus Stahlrohren bestehen, die auf dem Grund des zu erstellenden Bauwerkes aufrufen und schlitzförmige Austrittsöffnungen aufweisen.

2. Eigenschaften des Prepakt-Beton

Prof. R. E. Davis hat die Eigenschaften des Prepakt-concrete in seinem Laboratorium eingehend untersucht und festgestellt, dass die Festigkeit für eine grosse Zahl verschiedener Belastungsfälle dem von normalem Beton gleichwertig, teilweise sogar überlegen ist. Der Porengehalt ist kleiner als der eines schwach plastischen Betons. Wo nicht hohe Festigkeiten verlangt werden, kann der Zementgehalt bis auf 115 kg/m³ gesenkt werden; alsdann erreicht der Temperaturanstieg infolge der Abbindewärme bei grossen Baumassen (Staumauern) nur $\frac{2}{3}$ des Wertes, der bei magerster Mischung von gewöhnlichem Beton auftritt. Das Schwindmass beträgt

nur etwa die Hälfte dessen von gewöhnlichem Beton; dementsprechend verringert sich die Rissbildungsgefahr an den der Verwitterung ausgesetzten Oberflächen. Wetterbeständigkeit und Frostbeständigkeit sind bedeutend höher als bei Normalbeton; sie lassen sich durch die bekannten Zusatzmittel, durch die feine Hohlräume erzeugt werden (Bläschenbeton), in ähnlichem Verhältnis steigern, wie bei Normalbeton. Als Zuschlagstoff kann runder oder gebrochener Kies verwendet werden. Das kleinste Korn ist 6 bis 9 mm, das grösste beliebig (300 mm und mehr).

Der Eindringmörtel besteht aus Portlandzement, einem feinpulvrigen siliziumhaltigen Hilfsstoff «Alfesil» genannt, einer geringen Menge eines zweiten Hilfsstoffes mit Namen «Intrusion aid», und aus feinem Sand und Wasser. Alfesil weist eine zwei- bis dreimal grössere spezifische Oberfläche auf als Portlandzement. Sein Hauptbestandteil, ein amorphes Silikat, bildet mit dem Kalk, der während des Hydrationsprozesses des Zementes frei wird, eine unlösliche, die Festigkeit steigernde Verbindung. Im flüssigen Mörtel verhindern die Alfesil-Teilchen die Zusammenballung der Zementpartikel und verändern die Neigung zur Wasserausscheidung.

Der zweite Hilfsstoff, die «Intrusion aid», wirkt als Verflüssiger, indem er als schützendes Kolloid das zu frühzeitige Verdicken der Mischung verhindert. Er hilft ferner mit, die festen Teilchen in Suspension zu halten. Vor dem Abbinden quillt er leicht auf und gleicht so teilweise das beim Abbinden auftretende Schwinden aus, das bei allen gewöhnlichen Mischungen von Portlandzement und Wasser auftritt. Der Sand muss sehr fein sein; der Hauptteil unter 1,6 mm, ein kleiner Rest höchstens bis 3 mm. Es wird nur soviel Wasser zugesetzt, bis die zum Pumpen gerade nötige Konsistenz erreicht ist.

Die Mischung kann alsdann durch lange Rohre gepumpt werden, ohne dass Verstopfungen, auch bei Unterbrücken bis zu einer Stunde, zu befürchten sind. Die festen Stoffe bleiben während des Transportes und Auffüllens der Kiesfüllung bis in die feinsten Hohlräume in Suspension und es tritt keine Entmischung auf. Hierin liegt ein bemerkenswerter Vorteil gegenüber den sonst üblichen, stark wasserhaltigen Zementinjektionen, bei denen an der Unterseite der groben Zuschlagstoffe Wasseransammlungen beobachtet werden können.

Die Zusammensetzungen der verschiedenen Materialien richtet sich nach der gewünschten Festigkeit. Die Gewichtsanteile sind auf Tabelle 1 aufgeführt, wobei sich die Festigkeitswerte auf Prismen im Alter von 28 Tagen beziehen. Nach 90 Tagen werden um rd. 20 % höhere Werte erreicht als nach 28 Tagen.

Der Zementgehalt pro m³ Beton hängt nicht nur von der Zusammensetzung der Mörtelmischung ab, sondern auch vom Porengehalt des Kiesel nach dessen Einbringen in die Schalung. Für zweckmässig abgestufte Kiesmischungen von 6 bis 20 mm Korndurchmesser, wie sie meistens für dünne Querschnitte verwendet werden, beträgt das Porenvolumen bis zu 40 %. Für abgestufte Zuschlagstoffe von 9 bis 150 mm, wie im Massenbeton verwendet, sinkt dieses Volumen auf etwa 33 % herab.

Prof. Davis schliesst seinen Bericht wie folgt: «Die Ergebnisse der Untersuchungen in den Laboratorien, sowie die Beobachtungen während des Baues und an fertigen Objekten haben mich davon überzeugt, dass die im Prepakt-Beton verwendeten Materialien zusammen mit den angewandten Me-

Tabelle 1. Zusammensetzung der Mörtelbestandteile in Gewichtsprozenten

Festigkeit kg/cm ²	Zement %	Alfesil %	Intrusion aid %	Sand %
350	37	12,5	0,5	50
280	33	16,5	0,5	50
175	25	12,6	0,4	62

thoden die *bemerkenswerteste Neuerung* auf dem Gebiete des Betons in den letzten Jahren darstellt. Dies ist nicht nur eine bessere Methode für Reparaturen, sondern sie bietet auch zahlreiche Möglichkeiten für neue Konstruktionen, insbesondere auf dem Gebiet des Massenbetons und für Unterwasserkonstruktionen».

II. Die Instandstellung der Barker-Staumauer

1. Die Aufgabe

DK 627.82.00467 : 666.973

Eine sehr interessante Anwendung des «Prepakt-Concrete»-Verfahrens in Verbindung mit vorgegossenen armierten Betonplatten stellt die Instandstellung der wasserseitigen Oberfläche des Barker-Dam am Colorado-Fluss in den Rocky-Mountains, USA, dar. Diese in den Jahren 1908 bis 1910 im Auftrag der Eastern Colorado Power Co. errichtete Schwergewicht-Staumauer von 53 m Höhe, 36,5 m Basisbreite, 4,9 m Kronenbreite, 220 m Kronenlänge und rd. 100 000 m³ Betonkubatur liegt auf rd. 2500 m ü. M. Der Speichersee steht in Verbindung mit dem rd. 19 km stromabwärts gelegenen «Boulder»-Wasserkraftwerk von 20 000 kW installierter Leistung; er wird hauptsächlich durch Schmelzwasser im Frühling und Vorsommer gefüllt und im Winter völlig entleert. Dass dabei in den 36 Jahren seines Bestehens Frostschäden auftraten, ist nicht verwunderlich. Die Staumauer befindet sich 27 km westlich von Boulder, Colorado, in der Nähe der Stadt Denver.

Schon bald nach der Inbetriebsetzung traten beträchtliche Undichtheiten durch den Fels und durch Dilatationsfugen auf. Vor 15 Jahren hat man Injektionen durch Bohrlöcher vorgenommen; jedoch zeigten sich wenige Jahre später neuerdings Undichtheiten. Die Verhältnisse verlangten eine grundsätzliche Erneuerung. Man entschloss sich zu folgenden Massnahmen: Mörtel-Injektionen in verschiedenen Tiefen in den Fels unter der wasserseitigen Oberfläche der Mauer (s. Bild 2); Entfernen aller schadhaften Stellen im Beton der bestehenden Mauer und im Felsuntergrund; Verstärken der Mauer auf der Wasserseite durch eine Betondecke von 0,9 m Dicke an der Krone und 2,5 m an der Basis; Einbau eines Drainagesystems, das unter der wasserseitigen Oberfläche angeordnet und durch einen Drainagestollen an der Basis mit der Luftseite verbunden wird. Für die Mauerverstärkung wurden vorgegossene armierte Betonplatten von hoher Frostbeständigkeit versetzt und der Zwischenraum zwischen diesen Platten und der Mauer mit «Prepakt-Concrete» ausgefüllt. Die Arbeiten wurden von der Prepakt Concrete Co. unter der Leitung von Ing. J. Hofer in den Jahren 1946 und 1947 durchgeführt und sind in «Civil Engineering», Februar 1948, beschrieben. An der Projektierung hat Prof. R. E. Davis massgebend mitgearbeitet. Sein offizieller Bericht, auf den wir uns stützen, erschien im «Journal of the American Concrete Institute» Vol. 19, Nr. 8, April 1948.

2. Die Gründe für die Wahl des Prepakt-Verfahrens

Das angewendete Verfahren der Mauerverstärkung mit Prepakt-Beton und vorgegossenen Betonplatten ermöglichte

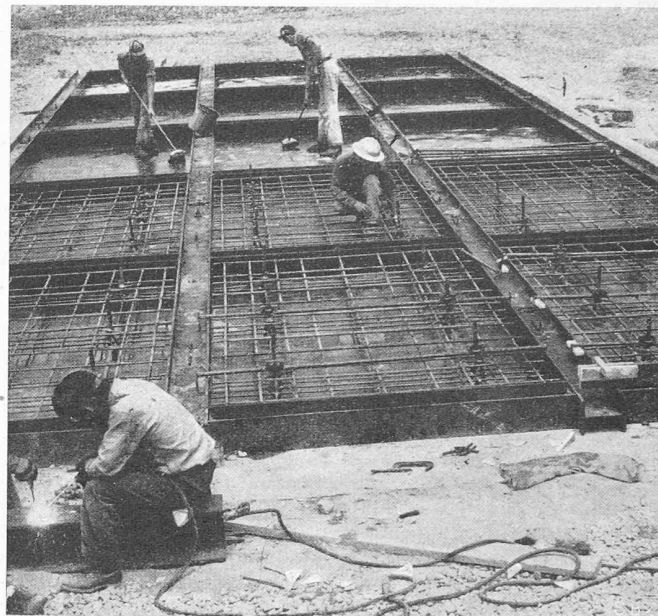


Bild 1. Herstellung vorgegossener, armierter Betonplatten für die Bekleidung der wasserseitigen Oberfläche

die Durchführung der Arbeiten während des Entleerens und Wiederauffüllens des Speicherbeckens ohne nennenswerte Einschränkung des Kraftwerkbetriebes. Dies wäre bei Verwendung von gewöhnlichem Beton unmöglich gewesen. Hierbei hätte ausserdem die technische Schwierigkeit bestanden, eine verhältnismässig dünne Betonschicht auf die grosse Masse des bestehenden Betons von wesentlich niedrigerer Temperatur derart aufzubringen, dass an der Verbindungsstelle keine Risse auftreten. Demgegenüber konnten beim neuen Verfahren die Kiesfüllung und die angrenzenden Teile der alten Mauer genau auf die Temperatur des Wassers im Speicherbecken (rd. + 6° C) abgekühlt und der Mörtel unter Wasser, also mit dem Füllen des Speicherbeckens eingeführt werden. Dies hatte den weiteren Vorteil, dass die bestehende Mauer beim Einbringen des Mörtels durch den Wasserdruck in der gewünschten Weise belastet und deformiert werden konnte. Auf Grund eingehender Versuche war es ferner möglich, einen Mörtel mit niedrigem Zementgehalt und entsprechend geringer Abbindewärme zu verwenden, so dass die Temperatursteigerungen und die Wärmespannungen klein bleiben. Bei Prepakt-Beton wirken sich ferner die verhältnismässig kleine Volumenverringern und seine wesentlich grössere Haftfestigkeit gegenüber altem Beton günstig aus.

3. Vorarbeiten für die Ausführung

Gleichzeitig mit dem Absenken des Speicherbeckens in der zweiten Hälfte des Jahres 1946 hat man die wasserseitige Kontaktzone zwischen Mauer und Felsuntergrund

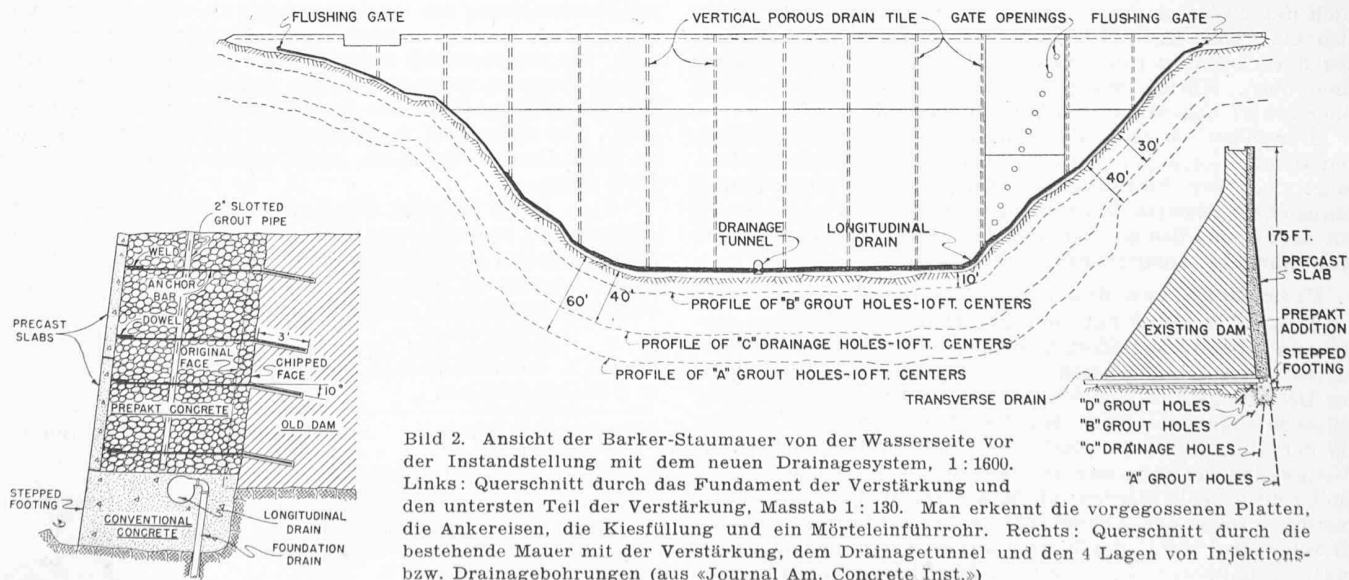


Bild 2. Ansicht der Barker-Staumauer von der Wasserseite vor der Instandstellung mit dem neuen Drainagesystem, 1:1600. Links: Querschnitt durch das Fundament der Verstärkung und den untersten Teil der Verstärkung, Masstab 1:130. Man erkennt die vorgegossenen Platten, die Ankereisen, die Kiesfüllung und ein Mörtelrohr. Rechts: Querschnitt durch die bestehende Mauer mit der Verstärkung, dem Drainagetunnel und den 4 Lagen von Injektions- bzw. Drainagebohrungen (aus «Journal Am. Concrete Inst.»)