Warmbehandlung von Beton

Autor(en): **Trüb. U.A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **42-43 (1974-1975)**

Heft 1

PDF erstellt am: **26.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-153548

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

CEMENTBULLETIN

JANUAR 1974 JAHRGANG 42 NUMMER 1

Warmbehandlung von Beton

Kurzangaben über folgende Verfahren: Nutzung der Hydratationswärme, warme Betonmischungen, Dampfbehandlung ohne und mit Druck, Warmluftbehandlung, Erwärmen der Schalung, heisse Bäder, Wärmestrahlung, elektrische Heizung und Erwärmung durch Hochfrequenz.

Im CB Nr. 20/1973 haben wir über die Beschleunigung der Betonerhärtung bei erhöhten Temperaturen berichtet, wobei das Ausmass mit der «Reifezahl» in Verbindung gebracht worden ist. Daran anschliessend möchten wir nun einen Überblick über die Verfahren der Warmbehandlung geben.

Die Temperatur des frischen Betons wird angemessen erhöht, damit die Erhärtungsreaktionen schneller verlaufen und der Betonkörper in kürzester Zeit ausgeschalt und teilweise belastet werden kann. Die Vorteile, die damit erzielt werden, müssen den vermehrten Aufwand der Verfahren und zudem eine gewisse Qualitätseinbusse aufwiegen. Im Anwendungsfall handelt es sich darum, den günstigsten Weg zu finden, um in einer bestimmten Zeit eine bestimmte Festigkeit zu erzielen. Dieser Weg kann in vielfältiger Weise abgewandelt werden.

1. Nutzung der Hydratationswärme

Bei den Verfestigungsreaktionen (Hydratation des Zementes) werden beträchtliche Wärmemengen freigesetzt. Im erhärtenden Beton

 erhöht sich die Temperatur selbständig, sofern der Wärmeabfluss nicht zu gross wird. Es besteht ein chemischer Vorgang, der sich selber beschleunigt. Die bei guter Isolierung mit Schaumstoffplatten in 24 Std. möglichen Temperatursteigerungen können wie folgt angenommen werden:

Zementart	**Zementdosierungen**	
	300 kg/m³	**400 kg/m³**
normaler Portlandzement	von 10 °C auf 35 °C von 20 °C auf 50 °C	von 10 °C auf 40 °C von 20 °C auf 60 °C
hochwertiger Portlandzement	von 10 °C auf 45 °C von 20 °C auf 60 °C	von 10 °C auf 55 °C von 20 °C auf 75 °C
	Temperatursteigerungen in 24 Std.	

Diese Temperaturerhöhungen sind relativ bescheiden und erlauben kaum die Nutzung eines 24-Std.-Zyklus im Betonwerk.

2. Erhöhung der Frischbetontemperatur

Die frische Betonmischung kann vor der Verarbeitung auf 50 bis 60 °C erwärmt werden. Das Einbringen und Verdichten muss alsdann sehr rasch erfolgen, da sich solcher Beton entsprechend rasch versteift. Die erhöhte Temperatur des Betons wird durch die Produktion der Eigenwärme über längere Zeit und auch ohne besondere Isolierungen aufrechterhalten oder möglicherweise noch gesteigert. Dies erfordert eine sorgfältige gegenseitige Abwägung zwischen Frischbetontemperatur, Zementdosierung und Wärmeverlust des Betonkörpers.

Die Erwärmung des Frischbetons geschieht meistens, indem überhitzter Wasserdampf direkt in die Mischtrommel eingeführt wird. Dabei liegt die Schwierigkeit in der Steuerung der Temperatur sowie in der Einhaltung eines konstanten Wasserzementwertes. Bei der Kondensation des Wasserdampfes, durch die ein guter Teil der Wärme übertragen wird, entsteht in der Mischung zusätzliches Anmachwasser in der Grössenordnung von einem Drittel des notwendigen. Die richtige Dosierung von Wasser, Dampfmenge und Dampftemperatur muss sich in einer gewissen Anlaufszeit einspielen.

3. Behandlung mit Wasserdampf unter Normaldruck

Die Erwärmung von frisch erstellten Betonteilen mittels Wasserdampf ist seit langem gebräuchlich. Von allen Behandlungen ist sie dem Beton am zuträglichsten, und die Installationen dafür sind nicht sehr aufwendig.

Der zeitliche Ablauf der Dampfbehandlung steht meistens im Rahmen von 18 bis 20 Std. (Tagesrhythmus) und teilt sich in «Vorlagerung», «Aufwärmung», «Verweilzeit» und «Abkühlung». Die Dauer dieser Abschnitte, die Temperatursteigerung und die Maximaltemperatur sind veränderlich. Ihre jeweilige günstigste Einstellung ist abhängig vom Zementtyp, vom Wasserzementwert, von der Schalung und von der Form des Betonkörpers.

Für die Vorlagerung werden normalerweise 2–4 Std. eingeräumt. Eine unmittelbar nach dem Verdichten einsetzende starke Erwärmung würde die erzielbare Endfestigkeit stark herabsetzen und zu Rissebildungen führen. Bei geringen Temperatursteigerungen von 10 °C/Std. und weniger kann auf Vorlagerung verzichtet werden. Die Temperaturzunahme beträgt aber in der Regel 20–30 °C/Std. Die Verweilzeit erstreckt sich über 2–16 Std. Es erfolgt keine weitere Wärmezufuhr, indem die Temperatur auch hier durch die entstehende Eigenwärme aufrechterhalten werden kann, wobei je nach Verhältnissen mehr oder weniger isoliert werden muss. Um Risse zu vermeiden, sollte in der 4. Phase die Abkühlung nicht rascher als mit 20 °C/Std. erfolgen.

4. Dampfbehandlung unter Druck

Die Erwärmung von frischen Betonkörpern mit Wasserdampf unter erhöhtem Druck und bei entsprechend höheren Temperaturen wird bei der Herstellung von kleinen Elementen oft eingesetzt. Die Temperatur kann damit bis auf 200 °C gebracht werden, so dass in wenigen Stunden bereits eine 28-Tage-Festigkeit zu erreichen ist. In der Grössenordnung sind 150 kg Dampf für 1 m^3 Beton erforderlich. Die Dampfbehandlung unter Druck ist der Betonqualität kaum abträglich. Es gibt besonders ausgedachte Verfahren und Behandlungsprogramme, welche gar eine Verbesserung von wichtigen Betoneigenschaften bewirken sollen. Ein Nachteil dieser stärksten Art der Wärmebehandlung besteht naturgemäss in der Notwendigkeit der Druckkammern.

5. Warmluftbehandlung

Es bestehen Vorschläge zur Behandlung des frischen Betons mit Warmluft von 60 bis 80 °C. Dabei wird eine gewisse Erhärtungsbeschleunigung erzielt, wobei möglicherweise ein Festigkeitsverlust von 30 bis 40 % gegenüber der normalen 28-Tage-Festigkeit entsteht. Die Warmluftbehandlung hat sich aber nicht als so gefährlich erwiesen, als dies früher angenommen wurde. Der Festigkeitsverlust richtet sich stark nach der Betonzusammensetzung. Bei höheren Zementdosierungen und kleineren Wasserzementwerten ist er verhältnismässig geringer. Um den Austrocknungseffekt etwas zu mildern, kann der Warmluft auch etwas Wasserdampf beigemengt werden. Die Warmluftbehandlung verändert die Oberfläche im Sinne einer Aufhellung. Mit ihr wird versucht, die im Winter oft dunkelgrau ausfallenden Betonelemente aufzuhellen.

6. Aufwärmen der Schalung

In der industriellen Vorfabrikation werden metallische Schalungen mit Rohrsystemen versehen, durch welche heisses Wasser, Öl oder überhitzter Dampf geführt werden, um den frischen Betonkörper über die Schalungsfläche zu erwärmen. Entsprechend können auch elektrische Heizsysteme angewandt werden. Die warme Schalungswand darf selbstverständlich nicht über den Siedepunkt des Wassers hinaus erhitzt werden, da sonst im Beton Dampfblasen entstehen könnten, welche das Zementsteingefüge lokal zerstören.

7. Heisse Bäder

Es wird in der technischen Literatur auf die Möglichkeit hingewiesen, Betonelemente, die in erster Erhärtung begriffen sind, in heisses Wasser oder Öl zu tauchen. Beispielsweise wird ein Betonelement nach 8 Std. Vorlagerung für 6 Std. in ein Ölbad von 70 bis 100 °C gelegt. Das Verfahren mit Öl soll eine besonders gute Witterungsbeständigkeit des Betons zur Folge haben.

8. Anwendung der Wärmestrahlung

Mit wärmender Infrarotstrahlung werden flache Betonelemente aufgewärmt, wobei eine beschleunigte Oberflächenhärtung ohne grosse Tiefenwirkung erzielt wird. Der Strahler wird in einem Abstand von etwa 10 cm an der Betonoberfläche vorbeigeführt mit einer der Strahlungsstärke angemessenen Geschwindigkeit.

9. Elektrische Beheizung

Es gibt verschiedene Systeme, um vermittelst des elektrischen Stromes den frischen Beton in der Schalung aufzuwärmen. Mit Wechselstromspannung, die an leitende Schalungsflächen angelegt wird, lässt sich eine direkte Erwärmung des Betonkörpers erzielen. Die Wirkung nimmt aber rasch ab, da mit zunehmender Verfestigung auch der elektrische Widerstand des Betons ansteigt, so dass dann die Spannung oft in gefährlich starkem Masse erhöht werden muss. Als Elektroden können auch Armierungsstäbe dienen. Ihre Anordnung ist wichtig für die Gewährleistung einer gleichmässigen und programmgemässen Erwärmung. Die Einbetonierung von verlorenen Heizdrähten ist seltener.

10. Erhitzung durch Hochfrequenzstrom

Mit entsprechendem Aufwand für die Installationen kann auch mit Hochfrequenzinduktion eine Erwärmung von Betonkörpern erreicht werden. In verhältnismässig kurzer Zeit wird im ganzen Querschnitt gleichmässig eine bestimmte Temperatur erzeugt. Die Körper werden darauf abisoliert und frei gelagert, wobei sich, wie in den anderen Fällen, die Wärme aufrecht erhält. Bei Versuchen sind für 1 m^3 Beton etwa 24 kWh gebraucht worden. Das Verfahren soll sich wegen der Art der Wärmeübertragung besonders für Leichtbetonteile eignen, wobei der Energieaufwand ca. 15 kWh pro m^3 beträgt.

Allgemeine Bemerkungen

1. Wärmebehandelter Beton erreicht in der Regel nicht die Endfestigkeit, die am gleichen Beton bei normaler Erhärtung gemessen werden könnte. Die Einbussen belaufen sich nach 6 Monaten in der Grössenordnung von 15%.

2. Bei den Wärmebehandlungen ist darauf zu achten, dass keine wesentlichen Feuchtigkeitsverluste entstehen, insbesondere solche, die sich auf die Oberfläche beschränken. Rissebildungen und in seltenen Fällen absandende Oberflächen wären die Folgen.

3. Eine Tabelle zeigt die Anwendbarkeit der verschiedenen Verfahren:

6 Tabelle der Anwendbarkeit der genannten Verfahren

Art der Betonverarbeitung	im Industriebetrieb		auf der Baustelle	
Grösse des Betonkörpers	klein	gross	klein	gross
Nutzung der Hydratationswärme	—	+	—	+
Warme Betonmischung	—	++	+	+
Dampfbehandlung ohne Druck	++	+	—	—
Dampfbehandlung mit Druck	+	—	—	—
Warmluftbehandlung	+	++	+	—
Erhitzen der Schalung	+	++	—	+
Heisse Bäder	+	—	—	—
Infrarotstrahlung	++	+	+	—
Elektrische Heizung	—	+	+	++
Erwärmung durch Hochfrequenz	+	—	—	—

U. A. Trüb

Literaturangaben:

Z. Franjetic, Beton-Schnellhärtung, Bauverlag Wiesbaden, 1969

H. J. Wierig, Zement-Taschenbuch 1970/71, Bauverlag Wiesbaden, 1970 (mit 36 weiteren Literaturangaben)

A. W. Hill, Accelerated Hardening of Portland-Cement Concrete, Beitrag zum VII. BIBM-Kongress, Barcelona 1972

TFB

Zu jeder weiteren Auskunft steht zur Verfügung die
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE
DER SCHWEIZERISCHEN ZEMENTINDUSTRIE
5103 Wildegg Postfach Telephon (064) 53 17 71