

Verhalten unter Zwangbeanspruchung



Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden die Auswirkungen der Verformungen aus Wärmefreisetzung und autogenem Schwinden auf die Rissbildung hochfester Betone im jungen Alter in einer Temperatur-Spannungs-Prüfmaschine unter hygri-sch konservierenden Bedingungen untersucht. Es handelt sich dabei um eine liegende elektromechanische Druck-Zug-Prüfmaschine mit temperaturkontrollierter Schalung und berührungsloser Verformungsmessung, in der ab der Frischbetonphase Spannungen und Verformungen eines Betonbalkens ermittelt werden, s. **Bild 5**. Über den Regelungs- und Datenerfassungsrechner kann eine beliebige Verformungsbehinderung und ein beliebiger Temperaturgang vorgegeben werden. Untersuchungen an Normalbeton, die früher durchgeführt worden waren, boten eine hervorragende Grundlage [9,11,12,13].

Nach dem Betoneinbau mit der Frischbetontemperatur bleibt der Versuchskörper wegen des noch weichen Betons während der anfänglichen Erwärmung spannungsfrei. Bei weiterer Erwärmung bewirkt der zunehmende Verformungswiderstand des Betons den Aufbau von Druckspannungen bis kurz vor Erreichen der Höchsttemperatur. Beim Abkühlen und durch autogenes Schwinden baut sich die Druckspannung schnell ab. Die dem Null-Durchgang der Spannung zugehörige Temperatur wird als zweite Nullspannungstemperatur bezeichnet [9,11,14]. Bei weiterer Abkühlung und entsprechender Zunahme der behinderten Verformungen wird die Rissspannung erreicht. Die zugehörige Temperatur wird als Risstemperatur bezeichnet. Die Risstemperatur beschreibt die Temperatur, auf die der Versuchsbalken in der Temperatur-Spannungsprüfmaschine abgekühlt werden kann, bevor er reißt. Diese Temperatur hängt wiederum vom Zwanggrad, aber auch von der Höchsttemperatur und vom autogenen Schwinden während des versuchsbedingt vorgegebenen Temperatur-Zeitverlaufs ab. Die Differenz zwischen der zweiten Nullspannungstemperatur und der Umgebungstemperatur, auf die sich das Bauteil abkühlen lässt, beschreibt eine behinderte Temperaturverkürzung, die im Bauteil Zugdehnungen zur Folge hat und erlaubt im Vergleich mit dem Zugdehnvermögen eine Aussage über die Reißneigung entsprechend dem Temperaturgang. Diese Temperaturverkürzung basiert bei hochfesten Betonen nicht allein auf den Wärmedehnungszahl, weil darin die Verkürzungen, die infolge Schwindens stattfinden, überlagert sind.

Zur Bewertung betontechnischer Einflussgrößen auf das Verhalten unter Zwang müssen die Materialkennwerte klar von den Einflüssen aus den äußeren Beanspruchungen getrennt werden. Nur unter solchen Bedingungen ist eine Abschätzung der Rissgefahr für den Beton möglich. Als äußere Beanspruchungen sind zunächst der Temperaturgang für eine bestimmte Frischbeton- und Umgebungstemperatur sowie der Zwanggrad festzulegen. Der vom Versuch abhängige Temperaturgang und das unter solchen Bedingungen überlagerte autogene Schwinden stellen einen Materialkennwert dar.

Die Zwangbeanspruchung in der Temperatur-Spannungs-Prüfmaschine führte zu folgenden Ergebnissen:

Obwohl sich die untersuchten hochfesten Betone maßgeblich vom Normalbeton im Hinblick auf die Temperatur- und Steifigkeitsentwicklung und vor allem bezüglich der Entwicklung des autogenen Schwindens unterscheiden, war es möglich, eine Beurteilung des Verhaltens unter Zwang wie beim Normalbeton durchzuführen. Die Versuche zeigten, dass das Risiko für das Entstehen von Rissen in einem zentralen gezwängten Bauteil ungefähr proportional mit der erreichten Höchsttemperatur steigt. Die Differenz zwischen der 2. Nullspannungstemperatur und der Risstemperatur betrug jedoch für die hochfesten Betone infolge des autogenen Schwindens bei 100 % Zwang nur rd. 5 K (Normalbeton: 8 bis 10 K)

In der Regel zeigten Betone, die mit Silicastaub hergestellt wurden, höhere maximale Erwärmungen und dementsprechend höhere Risstemperaturen. Dabei handelte es sich um Versuche mit verschiedenen Betonzusammensetzungen und ähnlicher Frischbetontemperatur bei gleicher Umgebungstemperatur.

Die ermittelten Risstemperaturen der Betone, die mit den Zementen CEM I 42,5 R und CEM I 52,5 R hergestellt wurden, lagen im Mittel höher als die der Betone, die mit dem Zement CEM III/A 42,5 R hergestellt wurden. Die Betonzusammensetzung und die Frischbetontemperatur beeinflussen über die maximale Höchsttemperatur und über das unter den jeweiligen Temperaturbedingungen entwickelte autogene Schwinden das Risiko der Rissbildung.

Es konnte festgestellt werden, dass bei den hochfesten Betonen, bedingt durch die Überlagerung von autogenem Schwinden und bedingt durch die Entwicklung der Steifigkeit, bereits eine leichte Abnahme der Temperatur zum sofortigen Bruch führte. Bei allen untersuchten hochfesten Betonen trat der Bruch innerhalb der ersten 20 bis 30 Stunden auf.

Bei hochfesten Betonen muss die Wirkung des autogenen Schwindens auf die Verformungen und die damit verbundenen Spannungen unbedingt berücksichtigt werden.

Zur Vermeidung von Rissen in Bauteilen aus hochfestem Beton sind alle Maßnahmen besonders geeignet, die zu einer Verringerung der Verformungsbehinderung des Bauteiles führen, weil sich das autogene Schwinden in der Regel nicht vermeiden lässt. Ziel sollte es auch sein, die maximale Erwärmung zu vermindern. Letztere Maßnahme zur Verminderung von rissförderndem Zwang gilt für hochfesten und normalfesten Beton gleichermaßen.



Bild 5: Temperatur-Spannungs-Prüfmaschine

