

Hintergrundrecherche zu den Beiwerten α_{cc} und α_{ct}

Background Research to the Factors α_{cc} and α_{ct}

Brachmann, G.; Empelmann, M.

Abstract

In conjunction with Eurocode 2 (EC2), national annexes were prepared for each CEN-member state in order to accommodate the national differences of the rules in each member state. In the national annexes of the countries different values were specified for some factors, including the factors α_{cc} and α_{ct} . In context of a revision and adaption of these factors within this research project, the experimental data used for their determination are gathered and evaluated at the iBMB, Division of Concrete Construction. The effects considered in the factors α_{cc} and α_{ct} are studied using the background data. Considering these effects and in view of evolutions in concrete technology, the factors α_{cc} and α_{ct} were reevaluated.

1. Einführung

Mit Einführung des Eurocode 2 (EC2) wurde es notwendig, für jeden CEN-Mitgliedsstaat einen zugehörigen Nationalen Anhang (NA) zu erarbeiten. In diesen Nationalen Anhängen der Länder können dann Anpassungsfaktoren mit unterschiedlichen Werten festgelegt werden. Dies betrifft auch die Beiwerte α_{cc} und α_{ct} .

Die Beiwerte α_{cc} bzw. α_{ct} berücksichtigen nach EC2 Langzeitauswirkungen und ungünstige Auswirkungen durch die Art der Beanspruchung auf die Betondruck- bzw. Betonzugfestigkeit. In EN 1992-1-1 /1/ werden die Beiwerte zu 1,0 empfohlen; in manchen Ländern jedoch zu 0,85 festgesetzt. Über den Bemessungswert der Betondruckfestigkeit f_{cd} (Gl. 1) hat der Beiwert α_{cc} Einfluss auf die verschiedenen Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit.

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad (1)$$

Darin ist:

f_{ck} charakteristische Zylinderdruckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen

γ_c Teilsicherheitsbeiwert für Beton

Der Beiwert α_{ct} wird für die Ermittlung der Bemessungswerte der Betonzugfestigkeit f_{ctd} (Gl. 2) benötigt.

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk;0,05}}{\gamma_c} \quad (2)$$

Darin ist:

$f_{ctk;0,05}$ charakteristischer Wert der zentrischen Betonzugfestigkeit (5 %-Quantil)

Am iBMB, Fachgebiet Massivbau wurden innerhalb eines Forschungsvorhabens Hintergrundinformationen zum Dauerstandverhalten von Normalbeton recherchiert. Auf Basis der Recherche und unter Berücksichtigung der Entwicklung der Betontechnologie wurden die Beiwerte α_{cc} und α_{ct} neu bewertet.

2. Dauerstandverhalten von Beton

Experimentelle Untersuchungen zum Werkstoffverhalten von Beton zeigen, dass sich die Betondruck- bzw. Betonzugfestigkeit unter Dauerbeanspruchung verändert. Hierbei sind u. a. folgende Einflussparameter zu beachten:

- Belastungsart
- Belastungsniveau
- Last-Exzentrizität
- Betonfestigkeit und Zementart
- Nacherhärtung und Gefügelockerung
- Betonalter bei Erstbelastung
- Kritische Standzeit
- Einfluss vorangegangener Dauerlasten auf die Kurzzeitfestigkeit

Durch die Recherche konnte festgestellt werden, dass die auf das Dauerstandverhalten maßgebenden Einflüsse auf die Betondruckfestigkeit das Belastungsniveau, die Nacherhärtung, das Betonalter bei Erstbelastung und die Gefügelockerung sind. Die Dauerstandfestigkeit von Beton liegt nach /2/ zwischen 80 % – 82 % der Kurzzeitfestigkeit (Prüfkörperform: Zylinder). In diesem Wertebereich sind keine Effekte aus der zeitlichen Festigkeitsentwicklung (höhere Festigkeiten des Betons infolge Nacherhärtung) nach Ablauf der kritischen Standzeit berücksichtigt.

Die zeitliche Festigkeitsentwicklung von Beton wird durch zwei gegenläufige Effekte beeinflusst:

- Festigkeitsanstieg infolge Nacherhärtung
- Festigkeitsabfall infolge Dauerbelastung

Der Festigkeitsanstieg ist von der verwendeten Zementart abhängig, der Festigkeitsabfall wird von der ständig wirkenden Belastung hervorgerufen. Die Einflüsse aus Festigkeitsanstieg und -abfall sind eng mit der kritischen Standzeit verknüpft, die bei Normalbeton nach /2/ und /3/ etwa 4 bis 7 Tage und nach /4/ etwa 3 bis 4 Tage beträgt. Nach Ablauf dieser kritischen Zeitspanne war bei den Versuchskörpern kein Versagen mehr zu beobachten. Je älter ein Versuchskörper bei Erstbelastung war, desto geringer ist der Einfluss der Nacherhärtung und desto größer ist die kritische Standzeit. Daran ist zu erkennen, dass das Betonalter bei Erstbelastung einen entscheidenden Einfluss auf das Dauerstandverhalten von Beton besitzt.

In Bild 1 ist der Druckfestigkeitsverlauf von zwei verschiedenen Betonen unter Dauerlast in Verbindung mit der Dauerstandfestigkeit und der kritischen Standzeit dargestellt.

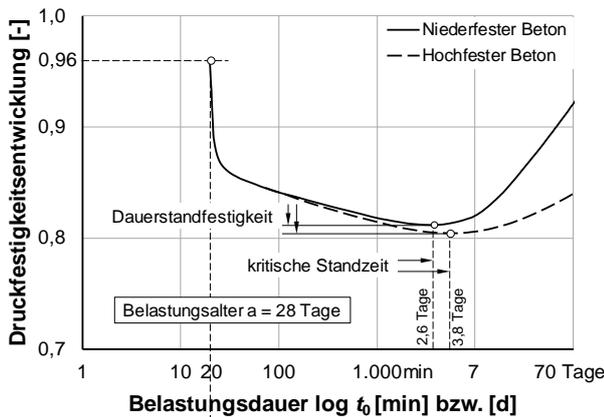


Bild 1: Druckfestigkeitsverlauf unter Dauerlast nach /4/

Der Einfluss von Dauerbeanspruchungen auf die Betonzugfestigkeit ist ähnlich dem Einfluss von Dauerbeanspruchungen auf die Betondruckfestigkeit. Die Haupteinflüsse auf die Betonzugfestigkeit sind ebenfalls das Belastungsniveau und die Gefügelockerung. Ein wesentlicher Unterschied ist aber, dass die Dauerbeanspruchung auf die Zugfestigkeit stärker ausgeprägt ist als bei der Druckbeanspruchung. Mit steigender Belastungsdauer und steigendem Belastungsniveau nimmt die Zugfestigkeit von Beton ab. Die in der Literatur angegebenen Werte für die Zeitstandzugfestigkeit schwanken zwischen 60 % /5/ und 75 % /6/ der Kurzzeitzugfestigkeit.

3. Bewertung

Für eine Dauerdruckbeanspruchung konnte ein Beiwert von 0,80 der Kurzzeitdruckfestigkeit festgestellt werden. Wird die Nacherhärtung des Betons zum Zeitpunkt $t > 28$ Tage berücksichtigt, lässt sich ein experimentell abgesicherter Grenzwert von $\alpha_{cc} = 0,85$ ermitteln. Für eine allgemeingültige und im Rahmen der verschiedenen Bemessungssituationen umfassende Anwendung liegt der im derzeitigen EC2 verwendete Faktor von $\alpha_{cc} = 1,00$ auf der unsicheren Seite.

Für eine Dauerzugbeanspruchung konnten Beiwerte zwischen 0,60 – 0,75 der Kurzzeitzugfestigkeit festgestellt werden. Wird auch hier die Festigkeitssteigerung des Betons zum Zeitpunkt $t > 28$ Tage berücksichtigt, lassen sich Beiwerte zwischen 0,66 – 0,83 ermitteln. Die in einigen Nationalen Anhängen des EC2 angenommenen Werte von $\alpha_{ct} = 0,85$ liegen damit noch oberhalb des versuchsmäßig abgesicherten Wertebereiches. Eine allgemeingültige Anwendung des Beiwerts $\alpha_{ct} = 1,00$ liegt auf der unsicheren Seite. Aufgrund der im Vergleich zur Druckbeanspruchung relativ wenigen vorliegenden Versuchsergebnisse bedarf es einer weitergehenden experimentellen Absicherung der Betonzugfestigkeit unter Dauerbelastung.

4. Literatur

- /1/ DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Januar 2011.
- /2/ Rüschi, H.: Researches toward a General Flexural Theory for Structural Concrete. Journal of the American Concrete Institute, Nr. 1, Vol. 32, July 1960.
- /3/ Rüschi, H., Grasser, E., Rao, P.S.: Grundlagen für die Bemessung bei einachsigen Spannungszuständen im Betonbau. MPA für das Bauwesen der TH München, Bericht Nr. 47, 1961.
- /4/ Grasser, E.: Darstellung und kritische Analyse der Grundlagen für eine wirklichkeitsnahe Bemessung von Stahlbetonquerschnitten bei einachsigen Spannungszuständen. Dissertation, TH München, 1968.
- /5/ Reinhardt, H. W., Cornelissen, H. A. W.: Zeitstandzugversuche in Beton. Baustoffe '85, Bauverlag, Wiesbaden, 1985.
- /6/ Kordina, K., Schubert, L., Troitzsch, U.: Kriechen von Beton unter Zugbeanspruchung. DAFStb-Heft 498, Ernst & Sohn, Berlin, 2000.