

Zusammenfassung

Dauerlasten, wie zum Beispiel Eigengewicht und Aufbaulasten auf Brücken oder Erddruck auf Tagbautunnel, sind in Stahlbetonkonstruktionen ständig vorhanden. Sie können im Laufe der Lebensdauer eines Bauwerks zunehmen, zum Beispiel nach einer Sanierung oder im Fall von Zubauten. Experimentelle Beobachtungen zeigen, dass sich Beton unter Dauerbelastung und unter kurzweiligen Belastungen unterschiedlich verhält. Traditionell werden Dauerlasten im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (zum Beispiel verzögerte Durchbiegungen) anders behandelt als im Grenzzustand der Tragfähigkeit (als möglicher Bruch unter Dauerbelastung). Die Unterscheidung beruht darauf, dass die zeitabhängige Verformung aufgrund des linearen Kriechens von der Druckfestigkeitsabnahme aufgrund des nichtlinearen Kriechens getrennt wird. Dieser Ansatz ist zwar praktisch, reicht jedoch nicht aus, um das Phänomen der Druckfestigkeitsabnahme unter Dauerbelastung und die potenziell vorteilhaften Auswirkungen des verzögerten Deformationsvermögens von Beton zu verstehen.

Die vorliegende Arbeit stellt eine umfassende Methode für die Analyse des Langzeitverhaltens von Stahlbetonkonstruktionen vor, mit dem sowohl Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit als auch Grenzzustände der Tragfähigkeit konsequent untersucht werden können. Der erste Teil der Arbeit hat das Ziel, einen theoretischen Rahmen für die Bewertung der zeitabhängigen einachsigen Druckfestigkeit von Beton unter Dauerlasteinwirkung zu schaffen. Dieser Ansatz ist für alle Lastniveaus und Belastungsgeschichten anwendbar und wurde mit entsprechenden Laborversuchen validiert. Basierend auf zwei Testserien an Betonzyindern mit verschiedenen Belastungsgeschwindigkeiten sowie anderen Dauerbelastungsversuchen aus der wissenschaftlichen Literatur wird ein Versagenskriterium basierend auf dem inelastischen Verformungsvermögen von Beton festgelegt. Für die Vorhersage der nichtlinearen Kriechverformung wurde der mechanische Ansatz von Fernández Ruiz et al. (2007) verbessert und auf allgemeinen Belastungsgeschichten erweitert. Darauf folgend wird gezeigt, dass die Festigkeitsabnahme bei konstanter Dauerbelastung stärker ist als bei Lasten welche mit niedrigen Belastungsgeschwindigkeiten aufgebracht werden. Darüber hinaus zeigen sowohl der mechanische Ansatz als auch die durchgeführten Versuche, dass die nachteilige Auswirkung der Dauerbelastung mit einer potenziell vorteilhaften Erhöhung des Verformungsvermögens beim Bruch verbunden ist. Für eine detaillierte Nachrechnung von Tragwerken mit komplexer Belastungsgeschichte wird der kumulative Schadensansatz von Palmgren-Miner auf zeitabhängige Auswirkungen angepasst. Schliesslich werden typische Situationen aus der Baupraxis behandelt, z. B. die Aufbringung einer Verkehrslast nach einer Dauerbelastung. Untersucht wird auch die Zeit, welche die kontinuierliche Zementhydratation benötigt, um die nachteiligen Auswirkungen der Dauerbelastung zu überwinden.

Im zweiten Teil der Arbeit wird untersucht, ob der Querkraftwiderstand von Bauteilen ohne Schubbewehrung durch Dauerbelastungen beeinflusst wird. Dieses Thema wurde in der Vergangenheit kaum untersucht, und die aktuellen Normen beinhalten widersprüchliche Ansätze. Als Beitrag zu diesem Thema wurden zwei Testserien an schlanken bzw. gedrunenen querkraftkritischen Bauteilen mit unterschiedlichen Belastungsraten durchgeführt. Beide Testserien sowie ein Vergleich mit anderen Tests aus der wissenschaftlichen Literatur zeigen, dass der Querkraftwiderstand bei längeren Lastdauern oder sehr niedrigen Belastungsraten mit Bezug auf typische Querkraftversuche nicht merklich abnimmt.

Dieses Verhalten wird durch detaillierte Beobachtungen mittels Digitaler Bildkorrelation unterstützt, wodurch der Beitrag der verschiedenen möglichen Querkrafttragmechanismen quantifiziert werden kann.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf dem Langzeitverhalten von Stahlbetonkonstruktionen unter möglicherweise hohen Dauerbelastungen. Anschliessend an die verschiedenen mechanischen Ansätze und Erkenntnisse werden mehrere Vorschläge zur Verbesserung der aktuellen Normen vorgestellt und diskutiert.

Stichwörter: Dauerlasten, Dauerbelastung, Belastungsgeschwindigkeit, Dauerstandfestigkeit, Langzeitfestigkeit, nichtlineares Kriechen, inelastische Deformation, Verformungsvermögen, Spannungsumlagerung, Querkraftwiderstand, Theorie des kritischen Schubrisses (CSCT), Digitale Bildkorrelation