Kurzfassung

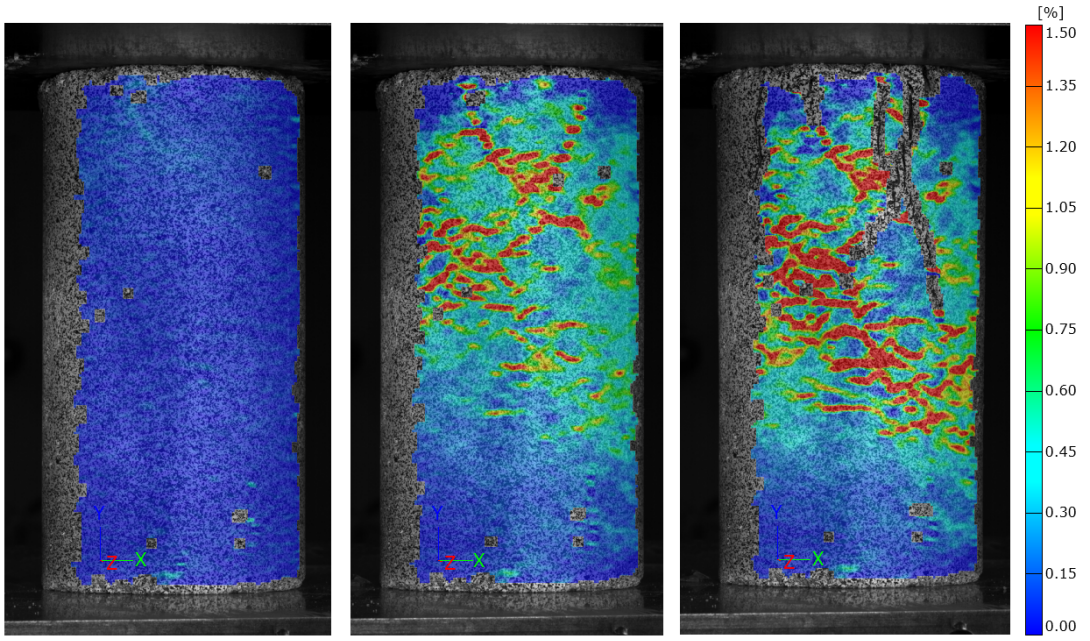
Zunehmende Herausforderungen beim Bau und bei der Instandhaltung von großen Ingenieurbauwerken, wie z.B. Talsperren, Dämmen oder Deponien, erfordern oftmals zuverlässige Abdichtungen des Untergrunds. Eine Möglichkeit, eine solche Abdichtung zu gewährleisten, ist die Herstellung einer Dichtwand (z.B. im Schlitzwandverfahren) aus hochverformbarem Beton. Für derartige Dichtwände wird ein Beton benötigt, der dauerhafte plastische Eigenschaften aufweist, um unter Beanspruchung seine abdichtende Wirkung beizubehalten. Zudem muss das Material genug Festigkeit besitzen um Erosionserscheinungen standzuhalten. Trotz der langjährigen Verwendung von Dichtwandmaterialien sind viele Kenntnisse über das reale Stoffverhalten noch im Unklaren.

Die vorliegende Masterarbeit befasst sich anhand des Beispiels von Plastic Concrete mit dem Spannungs- und Verformungsverhalten niederfester Betone. Ziel der Arbeit ist es, das Spannungs-Verformungsverhalten möglichst ganzheitlich charakterisieren zu können. Die plastischen und niederfesten Materialeigenschaften, sowie der hohe Wassergehalt, erschweren die experimentellen Untersuchungen des Verformungsverhaltens. Daher werden im Zuge dieser Arbeit die verschiedenen Möglichkeiten zur Verformungsmessung erläutert und verglichen. In experimentellen Untersuchungen wird ein optisches Verformungsmesssystem, welches auf der digitalen Bildkorrelation (engl. DIC - Digital Image Correlation) basiert, auf die Anwendbarkeit für Plastic Concrete untersucht. Mithilfe der digitalen Bildkorrelation lässt sich während der Belastung durch schwarz-weiß Aufnahmen der Prüfkörperoberfläche ein flächendeckendes Netz von lokalen Verschiebungen und Verformungen bestimmen. Die Prüfkörperoberfläche wird dabei zuvor mit einem sogenannten Speckle Muster (zufälliges Punktmuster) versehen.

Anhand von Vor- und Hauptversuchen war es möglich, die Tauglichkeit des Systems nachzuweisen, verschiedene Auswertmöglichkeiten zu quantifizieren und eine Methodik zur Beurteilung des Spannungs- und Verformungsverhaltens zu entwickeln.

In den Vorversuchen wurde hierfür zunächst ein Speckle Muster entwickelt, welches sich auf der feuchten Betonoberfläche applizieren lässt und eine Lagerung unter Wasser erlaubt. Die Vorversuche ermöglichten es zudem, individuell angepasste Konfigurationen für den Versuchsaufbau zu wählen und Fehlerquellen zu quantifizieren. In den Hauptversuchen wurden darauffolgend 18 zylindrische ($h/d = 300/150$ mm) und 6 würfelförmige Prüfkörper (200 mm Kantenlänge) aus Plastic Concrete hergestellt, mit einem Speckle Muster versehen und im Alter von 28 bzw. 56 Tagen einaxial bis zum vollständigen Bruch belastet. An zwei der zylindrischen Prüfkörper wurden Dehnmessstreifen appliziert und die Druckplatten der Prüfmaschine wurden mit Messmarkern für das optische Verformungsmesssystem versehen.

Die flächendeckende Ermittlung lokaler Verformungen (exemplarisch zu sehen in der der nachfolgenden Abbildung) ermöglichte eine umfangreiche Auswertung, die über die herkömmliche Bestimmung der Dehnungen hinaus geht.



Verformungsbilder (ε_y) eines Prüfkörpers der Serie M1 im Alter von 28 Tagen bei ausgerichteter Druckplatte (links), beim Spannungsmaximum (mittig) und beim Dehnungsmaximum (rechts)

Die Deformationsbilder zeigen ein inhomogenes Verformungsverhalten der Prüfkörper, bei denen sich elastische und ausgeprägt plastische Verformungsanteile überlagern. Die Versuche zeigen, dass die mechanischen Eigenschaften des Materials stark von dem Herstellungsprozess und dem Bentonitgehalt abhängen. Zudem ist das Alter der Prüfkörper bei der Beurteilung der erreichbaren Dehnungen und Spannungen von wesentlicher Bedeutung. Durch die Markierung der Druckplatten mit einem Speckle Muster lassen sich zusätzliche Informationen auswerten, wie die Belastungsgeschwindigkeit und die Dehnung zwischen den Druckplatten, welche den direkten Vergleich der gängigen Dehnungsmessung in der Geotechnik ermöglicht. Bei dem Vergleich der Festigkeiten der zylindrischen und würfelförmigen Prüfkörper zeigte sich entgegen konventionellem Beton kein Einfluss der Prüfkörpergeometrie. Des Weiteren konnten Rückschlüsse auf einen elastischen Verformungsanteil des Materials, dem typischen Bruchbild, dem notwendigen Messvolumen und dem Dehnungsverhältnis der Längs- und Umfangsdehnungen gezogen werden.

Durch einen Vergleich des optischen Systems mit aufgeklebten Dehnmessstreifen zeigte sich eine gute Übereinstimmung der Messmethoden. Da die Dehnmessstreifen vollständig mit dem Speckle Muster übersprüht werden konnten, war eine differenzierte Auswertung einzelner Bereiche auf der Prüfkörperoberfläche möglich. Im Bereich des Epoxidharzbetts wurden ca. 50 % geringere Maximaldehnungen erreicht als auf der

restlichen Prüfkörperoberfläche. Dies lässt aufgrund der höheren Eigensteifigkeit des Epoxidharzes auf eine lokale Versteifung schließen.

Ein vielversprechender Ausblick zum Abschluss der Arbeit wäre es, die Messdaten für numerische Simulationen zur Entwicklung eines Stoffmodells zu verwenden. Aufgrund der kontinuumsmechanischen Ansätze der digitalen Bildkorrelation zur Verformungsbestimmung würden sich die Messdaten (insbesondere der ermittelte Deformationsgradient) bestens dafür eigenen.