

BAM-Dissertationsreihe, Band 65

Dipl.-Ing. Stephanie Schuler

Matrixintegrierte faseroptische Sensoren für die experimentelle Bestimmung von Mikroverformungen in zementgebundenen Baustoffen

2010, ISBN 978-3-9813550-8-6

Für die Entwicklung dauerhafter Hochleistungsbetone sind Untersuchungen der Zementsteinmatrix im Mikro- und Nanobereich unerlässlich. In dieser Arbeit wurden flexible extrinsische Fabry-Perot-Interferometer-Sensoren für Messungen im jungen Alter der Zementsteinmatrix und Faser-Bragg-Gitter-Sensoren für Messungen von lastbedingten Verformungen des erhärteten Betons umfassend untersucht.

Die Messergebnisse der flexiblen extrinsischen Fabry-Perot-Interferometer-Sensoren für Mikroverformungsmessungen wurden mit denen eines berührungslos messenden Laservibrometers sowie der digitalen Radiographie verglichen und erfolgreich validiert. Die Rückwirkung des eingebetteten Sensors auf die Zementsteinmatrix ist der einer Stahlfaser vergleichbar. Ein Angriff der alkalischen Matrix auf die Glasfaser des Sensors wurde in dem für Verformungsmessungen relevanten Zeitraum nicht festgestellt. In den folgenden Untersuchungen wurde der Übergang der eindimensionalen Verformung während des plastischen Schwindens zu einer dreidimensionalen Verformung charakterisiert. Um die Anwendbarkeit und die Leistungsgrenze der Sensoren zu testen, wurden frühe Verformungen durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst: Variation der Mahlfinheit des Zements, Variation des Wasserzementwerts sowie zyklische Temperaturbelastung. Die Messungen zeigten eine vom Wasserzementwert abhängige zeitliche Differenz zwischen dem Erstarrungsende nach Vicat (t_0) und dem Knickpunkt der Verformungsrate. Bei zyklischer Temperaturbelastung konnten Expansions- und Kontraktionskoeffizient einer Zementleimmischung ab dem Erstarrungsende bestimmt werden. Durch Fasersensoren, die in unmittelbarer Umgebung eines Bewehrungsstahls angeordnet wurden, war erstmals die durch den Stahl hervorgerufene Verformungsbehinderung direkt in der Zementsteinmatrix messbar. Deutlich höher ist dabei erwartungsgemäß der Verformungsbehinderungsgrad bei gerippten Stählen gegenüber glatten Stählen. Die zusätzliche Variation des Stahldurchmessers stellt eine realitätsnahe Versuchsanordnung dar. Die Messungen im mikroskopischen Maßstab im Inneren der Matrix haben gezeigt, dass mit faseroptischen Sensoren die Informationen aus der Rasterelektronenmikroskopie und Röntgenverfahren optimal ergänzt werden können.

Für Faser-Bragg-Gitter-Sensoren wurde eine Schutzkonstruktion entwickelt, die eine Einbettung der optischen Faser in der Betonmatrix ermöglicht. In Vergleichsmessungen von eingebetteten Faser-Bragg-Gitter-Sensoren und oberflächenapplizierten Sensoren wurde ermittelt, dass die gemessenen Verformungen im Inneren um bis zu 5 % geringer sind als außen.