

Untersuchung eines Talsperrenbetons nach fast 100jähriger Nutzung

Anwendung verschiedener Prüf- und Analysemethoden zur Beurteilung der Materialeigenschaften

Dr.-Ing. Thorsten Stengel, Ingenieurbüro Schiessl · Gehlen · Sodeikat GmbH

Schlagworte: Auslaugung, Elution, NMR, XRD, ICP-OES.

An der Ende der 1920er Jahre errichteten Trinkwassertalsperre (Gewichtsstaumauer) war vorgesehen, im Rahmen einer statischen Nachrechnung auch eine Reihe von Materialuntersuchungen an hierfür entnommenen Bohrkernen durchzuführen. Dabei sollten nicht nur die Kennwerte Druckfestigkeit, E-Modul und Rohdichte ermittelt werden, sondern auch Untersuchungen im Hinblick auf eine Auslaugung aufgrund der Durchsickerung des zementgebundenen Talsperrenbetons durchgeführt werden. Zu diesem Zweck wurden Bohrkern mit Bohrlängen von bis zu 40 m vom Grundablassstollen ausgehend fächerförmig aus der Staumauer entnommen. Eine der Bohrungen befand sich hinter einem Schacht des Schieberhauses, so dass davon ausgegangen werden darf, dass das Probenmaterial dieses Bohrkerns nicht von einer Durchsickerung betroffen ist; die zugehörigen Proben werden im Weiteren als Referenz bezeichnet.

Zunächst wurden vergleichende Analysen (Referenzprobe und vermeintlich durchsickerte Proben) mit Hilfe der optischen Emissionsspektroskopie (ICP-OES) und der Röntgendiffraktometrie (XRD) durchgeführt. Außerdem wurde die drucklose Wasseraufnahme zur Abschätzung des Porenraums ermittelt; sie lag bei rd. 280 kg/m^3 (bezogen auf die Rohdichte von rd. 1.845 kg/m^3 nach Trocknung bei 105 °C). Der Porenraum (28 Vol.-%) liegt damit am oberen Ende des für Normalbeton üblichen Porenraums. Für einen Stampfbeton dieser Bauzeit ist dies jedoch nicht ungewöhnlich. Die ICP-OES wurde an Teilproben nach einem Säureaufschluss durchgeführt, so dass dabei weitestgehend die chemische Zusammensetzung des Bindemittels bestimmt werden konnte. Die Unterschiede lagen bei den analysierten Elementen im Bereich der zu erwartenden Streuungen, Hinweise auf eine Auslaugung der analysierten Proben im Vergleich zur Referenz - insbesondere bei den leichter löslichen Kalium-, Natrium- und Calciumverbindungen - waren somit nicht feststellbar. Unter Annahme eines Sulfatgehalts im damals verwendeten Zement von 3,45 M.-% ergibt sich ein Zementanteil im Bindemittel von rd. 20%; der verbleibende Anteil besteht aus dem in der Bauakte genannten Kalkteig und dem Trass. Die Ergebnisse der Röntgenbeugung ergaben unterschiedlich hohe Anteile an röntgenamorphen Stoffen; die Referenzprobe wies mit rd. 23 M.-% den höchsten Anteil auf, bei den verbleibenden Proben schwankte der Gehalt zwischen rd. 9 M.-% und 18 M.-%. Ein geringer röntgenamorpher Anteil kann grundsätzlich auf einen geringen Gehalt an Reaktionsprodukten des Bindemittels in der Probe oder auf eine Auslaugung (d.h. Zerstörung der CSH-Phasen) zurückzuführen sein. Der Vergleich von Ergebnissen der ICP-OES einer Probe mit rd. 13 M.-% röntgenamorphen Anteil und der Referenzprobe ergab jedoch keine Anzeichen einer Auslaugung; die festgestellten Unterschiede im röntgenamorphen Anteil sind daher auf unterschiedlich hohe Anteile an Reaktionsprodukten des Bindemittels in den Proben zurückzuführen. Portlandit war nicht feststellbar.

Die NMR-Spektroskopie erlaubt es, unterschiedliche Bindungszustände von Isotopen, welche einen Eigendrehimpuls (Kernspin) wie z.B. ^{29}Si oder ^{27}Al aufweisen, quantitativ zu analysieren. Im Falle der ^{29}Si -NMR-Spektroskopie lässt sich sowohl der Gehalt an C2S und C3S als auch die Menge sowie die Art der Verkettung der SiO_4 -Tetraeder bestimmen. Q0-Bindungsanteile, welche auf unreaktierten Zement hindeuten würden, wurden im vorliegenden Fall nicht festgestellt. Der quantitative Anteil an Q1- und Q2-Bindungen der untersuchten Proben lässt auf CSH-Ketten mit üblichen Kettenlängen rückschließen; Anzeichen für besonders kurze Kettenlängen als Folge einer Auslaugung waren demnach nicht vorhanden. Der Vergleich der ^{27}Al -NMR-Spektren der Referenzprobe mit den Spektren der verbleibenden Proben ergab ebenfalls keine Hinweise auf eine Auslaugung wie z.B. einen geringeren Gehalt an Monophasen.

Bei den entnommenen Proben kann daher davon ausgegangen werden, dass es bislang nicht zu einer Veränderung der chemisch-mineralogischen Eigenschaften infolge einer Durchsickerung der Staumauer kam.