

Ultraschalluntersuchungen als Monitoring bei Steinkonservierung

Qualification of Ultrasonic Testing for Characterisation of Polymer Impregnated Sandstones

P. Offermann, B. Riecken

1 EINLEITUNG

Bei der Entwicklung polymerer Steinschutzstoffe für Naturstein wurden in den letzten Jahren große Fortschritte erzielt. Erste größere Demonstrationsflächen an historisch wertvollen Gebäuden werden voraussichtlich 1997 angelegt. Weiterer Forschungsbedarf besteht derzeit insbesondere in der Entwicklung eines langfristigen, zerstörungsfreien Monitorings konservierter Musterflächen oder Bauwerkspartien bezüglich der festigenden Wirkung der eingesetzten Schutzstoffe.

Ziel der Untersuchungen war die Beurteilung eines Ultraschallmeßverfahrens zur zerstörungsfreien, langfristigen Beobachtung mit polymeren Schutzstoffen imprägnierter Sandsteine.

2 EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

2.1 Vorüberlegungen

Grundsätzlich sind unterschiedliche Mechanismen denkbar, die die festigende Wirkung eines filmbildenden Steinschutzstoffes langfristig verringern könnten. Dazu gehören:

- Rißbildung in den polymeren Filmen,
- Adhäsionsstörungen zwischen dem polymeren Film und dem Gesteinsuntergrund und
- chemischer oder biologischer Abbau des Polymerfilms.

Für die Untersuchungen mußte einer dieser Mechanismen mit vertretbarem Aufwand reproduzierbar nachgestellt werden.

2.2 Experimentelle Durchführung

Es wurde der Abbau eines Polymerfilms nachgestellt. Hierfür wurden Einfach, Zweifach und Dreifach-Tränkungen von Prismen (Abmessungen 50 mm x 50 mm x 100 mm) aus bruchfrischem Ebenheider Sandstein durchgeführt. Als Schutzstoff wurde ein siloxanmodifizierter Kieselsäureester in Methyl-Ethyl-Keton (Labornummer 248) eingesetzt. Dieser Schutzstoff wird bei einer Mehrfachtränkung nicht wieder angelöst und die Filmdicke des Polymerfilms erhöht sich mit jeder weiteren Tränkung. Somit standen für die Untersuchungen Prismenserien mit unterschiedlichen Filmdicken des polymeren Schutzstoffes zur Verfügung.

Nach Aushärtung des über die Stirnflächen (50 mm x 50 mm) eingebrachten Schutzstoffes wurden an diesen die Geschwindigkeiten einer Longitudinalwelle und einer Oberflächenwelle (mit transversalen Anteilen) zerstörungsfrei bestimmt. Es kam ein Ultraschallgerät vom Typ UVM-3B zum Einsatz. Dieses arbeitet mit getrenntem Sender und Empfänger nach dem Ultraschallaufzeitverfahren, die abgestrahlten Wellenlängen überdecken den Frequenzbereich von rd. 50 bis 150 kHz. Die Ankopplung der Punktwandler erfolgte ohne Kopplungsmittel auf der getränkten Stirnseite der Prismen. Im Anschluß an die Messungen wurden aus den Prismen Bohrkern (Durchmesser 47 mm) entnommen und diese in Scheiben (Dicke 4 mm) gesägt. An diesen einzelnen Scheiben wurden nach dem o. g. Verfahren zerstörungsfrei die Ultraschallgeschwindigkeiten und anschließend in einer Biegezugprüfung in Anlehnung an /1/ die mechanischen Kennwerte Biegezugfestigkeit β (BZ) und zugehöriger E-Modul E(BZ) zerstörend bestimmt.

3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Mit den Kennwerten aus allen Scheiben jeweils dreier Prismen gleicher Parameterkombination wurde die Regressionsgerade des Graphs Schallgeschwindigkeit/

Festigkeit numerisch ermittelt (Bild 1). Diese Regressionsgerade ist nur für trockene Proben der gewählten Stein/ Schutzstoffkombination gültig.

Bild 2 zeigt die Festigkeitsprofile der Probenserien (Mittelwerte aus 5 Proben).

Bei zwei weiteren Prismen jeder Parameterkombination wurde aufgrund der an den Prismen ermittelten Ultraschallgeschwindigkeiten über die Beziehung nach Bild 1 die Festigkeit der oberflächennahen Zone errechnet. Die Kennwerte dieser Prismen gingen in die Ermittlung der Regressionsgeraden nicht ein!

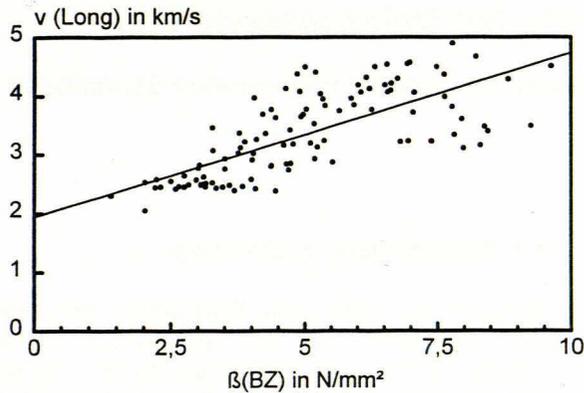


Bild 1: Zusammenhang zwischen der Schallgeschwindigkeit und der Biegezugfestigkeit für die gewählte Stein/Schutzstoffkombination

Fig.1: Ultrasound velocity against bending strength

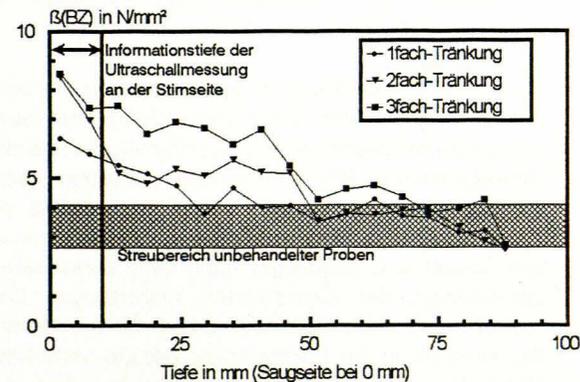


Bild 2: Festigkeitsprofile der Probenserien unterschiedlich getränkter Ebenheider Sandsteine

Fig. 2: Bending strength according to the depth of the specimen of impregnated Ebenheider sandstone

Bild 3 zeigt eine Gegenüberstellung der errechneten und zerstörend ermittelten Festigkeitswerte. Es ist eine gute Übereinstimmung festzustellen.

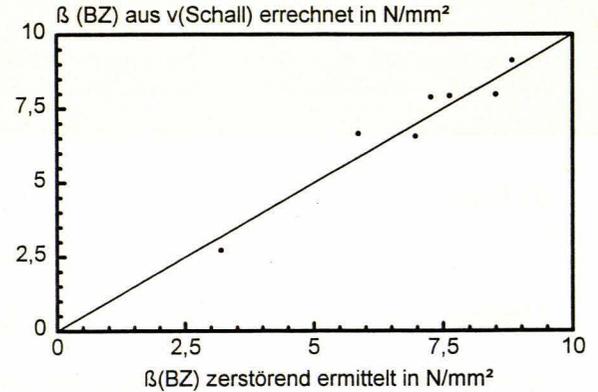


Bild 3: Vergleich der zerstörend ermittelten Festigkeiten mit den auf Basis einer zerstörungsfreien Ultraschallmessung abgeschätzten Festigkeiten

Fig.3: Estimated bending strength (based on ultrasound velocity) against bending strength based on destructive testing

4 ZUSAMMENFASSUNG

Ultraschalluntersuchungen erscheinen prinzipiell geeignet, die sich über die Zeit verändernde festigende Wirkung eines Steinschutzstoffes zerstörungsfrei zu detektieren. Voraussetzung ist in jedem Einzelfall eine an Vergleichsproben erstellte Korrelation zwischen zerstörend ermittelten Festigkeiten und Ultraschallkennwerten.

Bei einer Anwendung am Bauwerk muß zudem sichergestellt sein, daß bei Messungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten gleiche Feuchtezustände vorliegen.

/1/ Prim, P.; Wittmann, F.H.: Methode de Mesure De L'Effekt consolidant de Produits de Traitement de la Pierre. Lausanne: Presses Polytechnique Romanes. In: Proceedings of the 5th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, 1985, Band 2, S. 787-794

Forschungsförderer: BMBF, Förder-Nr. BAU 7014 M



Herausgeber:

Institut für Bauforschung Aachen
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule
 Postanschrift: 52056 Aachen
 Lieferanschrift: Schinkelstr. 3, 52062 Aachen
 Tel. (02 41) 80-5100, FAX (02 41) 88 88-139
 Telex 8 32 704 thac d

Direktoren:
 Prof. Dr.-Ing. H. R. Sasse
 Prof. Dr.-Ing. P. Schießl