

8. Grundlagen

Versuche Rissverpressung und Schalenhinterfüllung

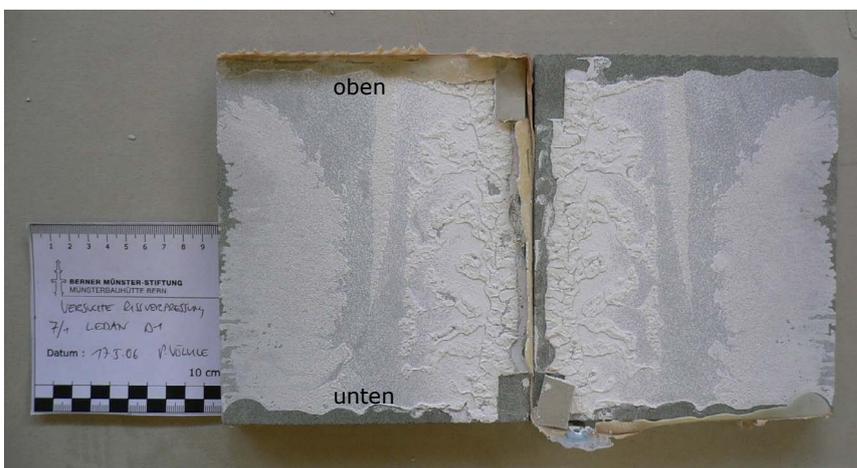
Die Sanierungsarbeiten am Oktogon boten Anlass, die Eignung handelsüblicher Produkte für die Rissverpressung und Schalenhinterfüllung im Zuger und Berner Sandstein abzuklären. Die Versuche wurden von Peter Völkle unter Beizug von Christine Bläuer und Bénédicte Rousset durchgeführt. Zu den untersuchten Materialien gehören einerseits mineralische Materialien inkl. Mikrozement und Materialien auf Kalkbasis. Zur anderen Materialgruppe gehören sämtliche auf Kieselgel bzw. Kieselzol (KSE) basierenden Injektionsmaterialien. Von den insgesamt 8 getesteten Systemen blieben am Schluss zwei übrig.

Füllwirkung

Die erste Versuchsanordnung bestand aus jeweils zwei Sandsteinplatten, zwischen denen eine sich von 1 auf 0 mm verjüngende Fuge verfüllt wurde. Die Fugen wurden mit Latex abgedichtet und die Verpressmasse von unten nach oben mit einer Spritze eingepresst. Anhand der aufgeklappten Versuchsstücke waren aufschlussreiche Beobachtungen möglich. So konnte die Klebewirkung und die Entmischung der Mörtel leicht überprüft werden. Es wurde festgestellt, dass die KSE-gebundenen Massen aufgrund der Einwirkung der Schwerkraft zur Entmischung von Bindemitteln und Füllstoffen neigen und daher wenig befriedigende Ergebnisse liefern.



1. Versuchsreihe: Zwei ca. 15 x 20 cm grosse Sandsteinplatten wurden zusammengefügt, die Fugenstärke verjüngte sich von 1mm auf 0. Die Fugen wurden mit Latex abgedichtet und die Verpressmasse wurde über einen Metallpacker, der mittels Heisskleber aufgeklebt wurde, von unten nach oben mit einer Spritze eingepresst.



Die Platten wurden nach dem Erhärten der Masse auseinander genommen, um die Füllwirkung zu überprüfen.

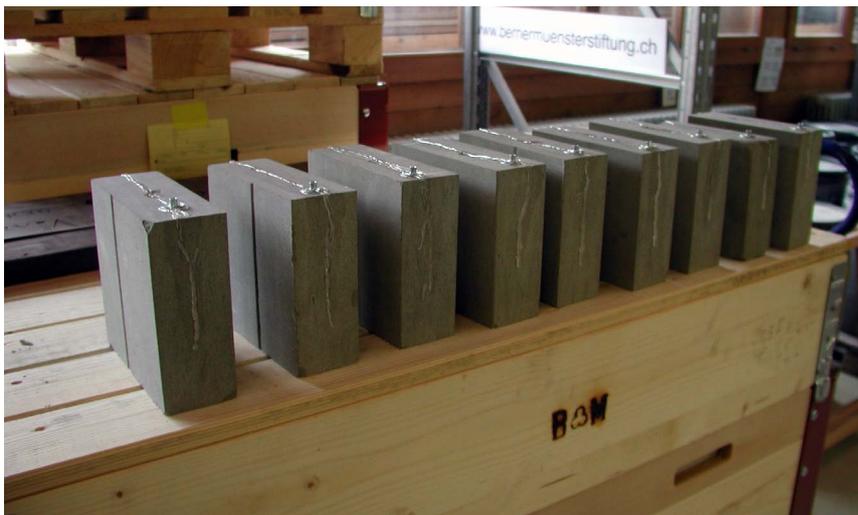
8. Grundlagen

Rissverpressung und Schalenhinterfüllung

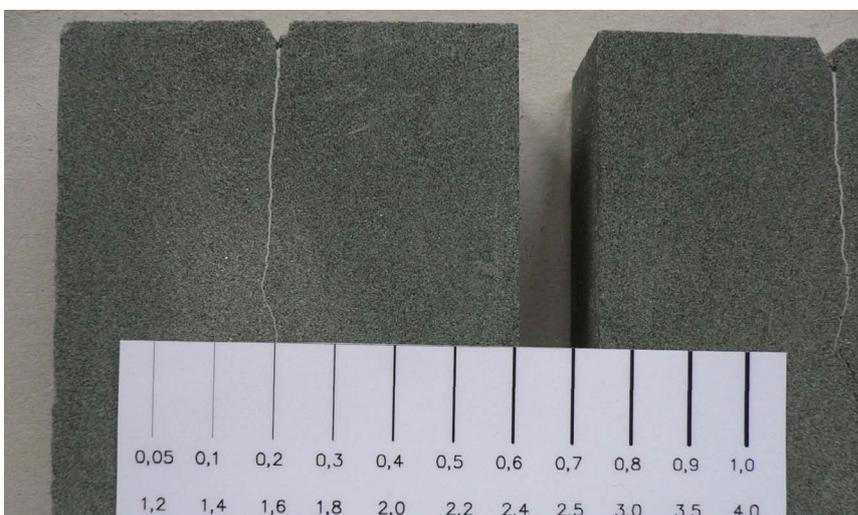
Fliessfähigkeit, Eindringverhalten bei feinen Rissen

Die für die zweite Reihe verwendeten Prüfkörper wurden mit einem Setzeisen gespalten, um eine möglichst realitätsnahe Versuchsanordnung zu erhalten. Die entsprechenden Risse von wiederum ca. 1 mm bis 0 mm wurden mit Heisskleber abgedichtet. Danach wurden die Injektionsmaterialien mit der Spritze von unten her in die Prüfkörper verpresst. Diese Versuchsreihe zeigte ein realistischeres Resultat und ermöglichte Rückschlüsse auf zu erwartende Anwendungsprobleme. Es wurde deutlich, wie wichtig das Vorbenetzen der Werkstücke mit Wasser bzw. KSE (Kieselsäureethylester) ist.

Als grundsätzliches Problem zeigte sich, dass die KSE-gebundenen Füllmassen aufgrund der enthaltenen Lösungsmittel den Heisskleber auflösen, womit das rationellste Verfahren zur Abdichtung wegfällt.



2. Versuchsreihe: Eine Sandsteinplatte wurde mit einem künstlichen Riss versehen (mit Setzeisen und Schlägel). Der Riss wurde mittels Heisskleber und aufgesetztem Packer abgedichtet (System Kaiser) und mit dem jeweiligen Material verpresst. So konnte überprüft werden, wie weit das Injektionsmaterial in feinste Risse eindringt.



Die besten Resultate wurden bei diesem Versuch mit Mikrozement erreicht.

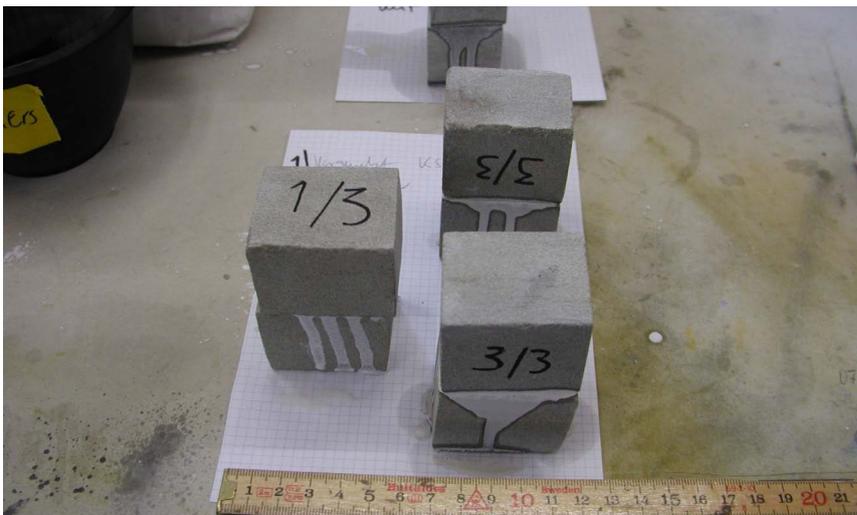
8. Grundlagen

Rissverpressung und Schalenhinterfüllung

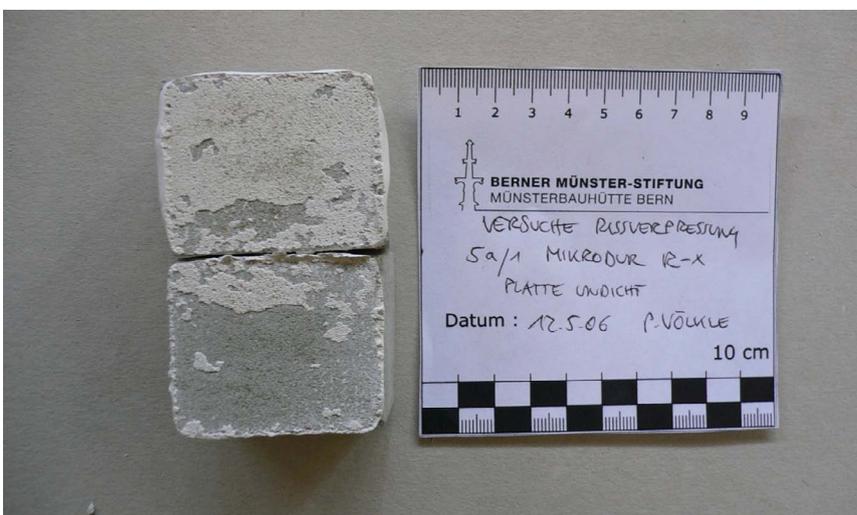
Optimierung der Rezepturen, Wasser-/Dampfdurchlässigkeit



In der dritten Versuchsreihe wurden die Klebewirkung und die Wasserkapillarität respektive die Diffusionsoffenheit der Verpressmaterialien betrachtet. Hierfür wurden jeweils zwei Sandsteinwürfel mit den Verpressmaterialien zusammengeklebt, anschliessend ins Wasser gestellt und das Saugverhalten beobachtet.



Um einen empirischen Eindruck der Haftzugfestigkeit zu erhalten, wurden jeweils 2 Sandsteinquader mit 5 cm Kantenlänge mit der Injektionsmasse verklebt und anschliessend mechanisch auseinandergebrochen.



Im Anschluss wurde in Zusammenarbeit mit Christine Bläuer versucht, den relativ harten Mikrozetment mit verschiedenen Zusätzen weicher einzustellen.

8. Grundlagen

Rissverpressung und Schalenhinterfüllung

Schlussfolgerung

Die insgesamt nach den Hauptkriterien Klebewirkung, Diffusionsoffenheit, Entmischung und allgemeine Verarbeitbarkeit beurteilten Versuche zeigten die besondere Eignung von Mikro-zement und Ledan. Die Rezeptur für den Mikro-zement wurde von der Xantener Dombauhütte zur Verfügung gestellt. Hierfür geht ein herzlicher Dank an Johannes Schubert, Leiter der Dombauhütte Xanten.

Ledan ist ein fertiger Injektionsmörtel, bei dem die Inhaltsstoffe auf einem technischen Merkblatt ohne mengenmässige Angaben dokumentiert sind. Das Material eignet sich hervorragend für die Stabilisierung von Putzen und Freskenmalereien im Innenbereich, jedoch aufgrund der geringen Klebewirkung nicht für kraftschlüssige Verbindungen. Das bei Restauratoren seit mehreren Jahrzehnten beliebte Material wurde u. a. in der Wandfläche und am Gewölbe der Schütz-Kapelle verwendet.

Der Mikro-zement ist einfach zu mischen und gut zu verarbeiten. Nach der Verarbeitung ist er unempfindlich gegen Witterungseinflüsse. Die Inhaltsstoffe sind bekannt und können produktunabhängig nachgemischt werden. Die Verfüllung ist bei Haarrissen bis 0.1 mm möglich. Das Material weist eine hohe Klebkraft auf und hinterlässt diffusionsoffene Klebungen.

Mikro-zement: ein ideales Material? Es zeigte sich, dass die verhältnismässig grosse Härte mit Zuschlägen von Kalksteinmehl mit gleicher Korngrösse wie der Mikro-zement (8μ) beliebig reduziert werden kann. Proportional hierzu nimmt die Klebewirkung ab. Die Grenzen der Anwendung liegen aufgrund der Fließfähigkeit vor allem im Bereich nicht klar definierter Risse und Lockerzonen. Hier wird auch in Zukunft auf das bewährte Acrylharz zurückgegriffen werden.

An verschiedenen Probekörpern aus Gurten Sandstein wurden Risse verpresst und anschliessend aufgesägt. Hier konnte beobachtet werden, dass der Mikro-zement Risse bis 0,1 mm kraftschlüssig verfüllt. Erst wenn Risse nicht mehr klar definiert sind und „verschommen“ wirken (zerrüttetes Korngefüge) ist eine Verfüllung unmöglich.

Die Probekörper wurden mit horizontal liegendem Riss ins Wasser gestellt. Beim Verfüllen mit Mikro-zement wurde das Wasser praktisch ohne Verzögerung durch den Riss hindurch gesogen.

