

„Sicherheitsbewertung bestehender Stützbauwerke“ Forschungsprojekt SIBS

Forschungsgruppe Projekt SIBS
Matthias J. Rebhan, Institut für Bodenmechanik, Grundbau und Numerische Geotechnik

Die Zustandsbewertung von bestehenden Bauwerken stellt nach wie vor eine sehr anspruchsvolle Aufgabe an die Forschung und an die Bauwirtschaft dar. Durch das steigende Bauwerksalter sind davon auch viele geotechnische Bauwerke betroffen, welche eine Weiter- bzw. Neuentwicklung von Untersuchungs- und Beurteilungsmethoden für spezifische Problemstellungen erfordern. Aus diesem Grund wurde 2016 von der VÖBU ein FFG-Branchenprojekt mit dem Namen SIBS „Sicherheitsbewertung bestehender Stützbauwerke“ gestartet. Im Rahmen des Projektes wurden mögliche Schäden, ihre Ursachen, Möglichkeiten zur Untersuchung und Feststellung sowie deren Behebung erforscht. Das Projekt wurde Mitte des Jahres 2019 abgeschlossen.

Projektpartner

Neben der VÖBU als Projektwerber sind unter anderem universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen sowie Materialprüfanstalten und Ingenieurbüros beteiligt:

- 1  AIT - Austrian Institute of Technology
- 2  burtscher consulting GmbH
- 3  Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme
- 4  Institut für Bodenmechanik, Grundbau und Numerische Geotechnik
- 5  Institut für elektronische Sensorsysteme

Forschungsinhalte

Im Rahmen des Forschungsprojekts SIBS wurden interdisziplinäre Fragestellungen zu bestehenden Stützbauwerken im Bereich der Geotechnik, des konstruktiven Ingenieurbaus und der Messtechnik behandelt. Im Folgenden werden einige der Forschungsergebnisse vorgestellt.

Ankerprüfung ^{2,4,5}

Die Zugglieder geankerter Konstruktionen sind sehr häufig von Korrosion befallen. Abb. 1 zeigt Korrosi-

onsschäden im Kopfbereich einer Verankerung, welche mittels endoskopischer Untersuchung aufgenommen wurde. Im vorliegenden Projekt wurde die Anwendung der Ultraschall-Methode zur Erfassung schadhafter oder korrosionsgeschädigter Litzen- und Stabankersysteme untersucht.



Abb. 1: Schadstellen bei Ankern

Dieser Ansatz zeigte, dass unterschiedliche Typen an Schadensbildern (z.B. Drahtbruch, Korrosionsmulde) mit diesem Ansatz bestimmt werden können. Zur praxistauglichen Umsetzung sind jedoch noch weitere Forschungstätigkeiten bzw. eine Validierung unter Feldbedingungen erforderlich.

Tiefe Korrosionsdetektion ^{2,4,6}

Neben den Korrosionsschäden bei Zugelementen sind Stützbauwerke oftmals auch von klassischer Bewehrungskorrosion betroffen. Vor allem bei Winkelstützmauern kann diese einen signifikanten Einfluss auf die Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit dieser Konstruktionen haben.

Nach dem Stand der Technik werden derartige Schäden mit der Entnahme von Bauteilproben (z.B. Kernbohrung oder HDW-Strahlen) untersucht und beurteilt. Da derartige Untersuchungsmethoden jedoch eine nachhaltige Schädigung des Bauwerkes verursachen und lediglich ein punktuelles Ergebnis liefern, wurde im vorliegenden Forschungsprojekt das Potential zerstörungsfreier Untersuchungsmethoden validiert.



Abb. 2: Korrodierte Anschlussbewehrung im Bereich der Arbeitsfuge einer Winkelstützmauer

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigten, dass sowohl die Anwendung von Ultraschall aber auch Radar durchaus das Potential aufweisen, um (in Ergänzung mit zerstörenden Methoden) Anhaltswerte über den Bauwerkszustand zu geben.

Neben dem oben angeführten Ansatz zur Detektion von korrodierten Bewehrungselementen wurde des Weiteren ein Ansatz zur Erfassung von Korrosionsschäden mittels Glasfaser untersucht. Mit einem derartigen Sensornetzwerk könnte es im Bereich des Neubaues möglich sein, Korrosionsschäden direkt an der Bewehrung zu erfassen, oder diese beispielsweise auch bei geankerten Konstruktionen im Nahebereich der Litzen (siehe Abb. 1) anzuordnen. Diese Glasfaser wird mit einer Schicht eines sensitiven Polymers versehen, das auf Feuchtigkeit in der Umgebung reagiert. Im Gegensatz zu Feuchtigkeitsmessung mit gängigen Sensoren, die großteils auf elektrischen Effekten beruht, bietet diese Methode den Vorteil, dass im Bereich der Detektion sich keine korrosiven Elemente befinden, die im Laufe der Zeit die Sensorfunktion beeinträchtigen und dementsprechend eine längere Lebensdauer der Glasfasermethode zu erwarten ist. Die Sensitivität des Polymers auf Feuchtigkeit konnte in ersten Versuchen gezeigt und ein erster Prototyp eines Feuchtigkeitssensors realisiert werden.

Grobdetektion ^{3,4}

Neben detaillierten Untersuchungen zur Erkennung korrodierter Zug- und Bewehrungselemente, wurde außerdem daran geforscht, wie unter den vielen Bestandsbauwerken im Straßen- und Schienennetz, die

Schadhaften effizient detektiert werden können. Die grundlegende Idee war es, Neigungen und Deformationen von Stützbauwerken mit einer mobilen Messplattform zu bestimmen. Mit einem angemieteten System eines Industriepartners (siehe Abb. 3) wurden dazu in mehrfachen Messkampagnen hochqualitative Laserscan- und Bilddaten von ausgewählten Stützmauern mit Geschwindigkeiten bis zu 100 km/h aufgenommen.



Abb. 3: Mobile Mapping System

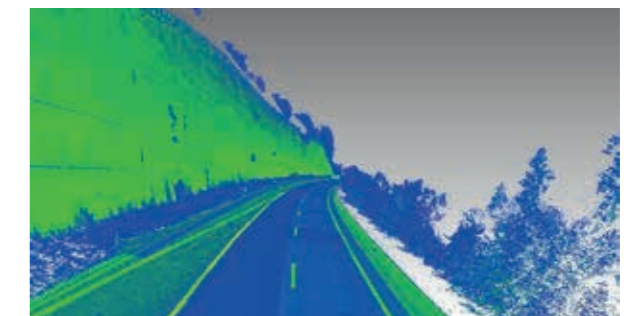


Abb. 4: Erzeugte 3D Punktwolke

Die schnelle Datenaufnahme mit derartigen Systemen erfordert allerdings auch, diese Fülle an Daten (vgl. Punktwolke Abb. 4) in effizienter Weise auszuwerten. Da keine am Markt verfügbaren Softwareprodukte hierfür geeignet sind, wurden zwei Auswertelgorithmen eigens für diese Aufgabe entwickelt. Der profilbasierte Ansatz berechnet Neigungen in Profilschnitten (siehe Abb. 5). Analysen haben gezeigt, dass die berechneten Bauwerksneigungen für glatte Stützbauwerke eine Präzision von besser als 0,05° aufweisen.

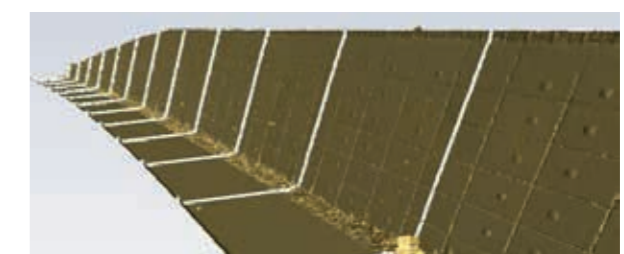


Abb. 5: Extraktion der Profile

Für hohe geankerte Konstruktionen kommt der 3D-basierte Ansatz zum Einsatz, welcher die geankerten Elemente automatisch detektiert. Anschließend werden laterale Verschiebungen mit einer Präzision von besser als 1 mm berechnet.

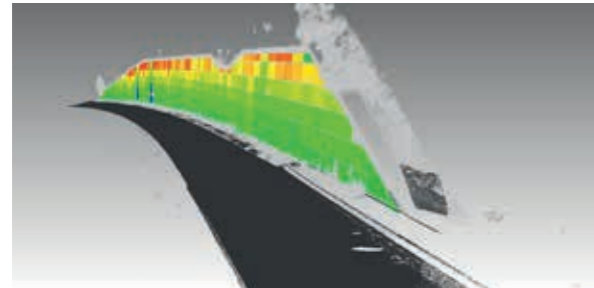


Abb. 6: Punktwolke farblich kodiert mit lateraler Verschiebung der geankerten Elemente zwischen zwei Messepochen

Weiterführende Untersuchungen laufen, um die Zuverlässigkeit der Grobdetektion weiter zu verbessern. Neben der Detektion von Schadstellen (freiliegende Bewehrung, Feuchtstellen, etc.) in den Bild- und Scan-daten ist auch die Erweiterung auf Steinschichtungen und Raumgitterkonstruktionen geplant.

Numerische Untersuchungen Bewehrungskorrosion und Versuchsstände^{1,4}

Um den Einfluss einer Korrosionsschädigung auf das Tragverhalten und die Versagensmechanismen von Betonbauteilen zu untersuchen wurden zum einen numerische Untersuchungen, aber auch versuchs-technische Nachbildungen derartiger Schadensbilder durchgeführt.

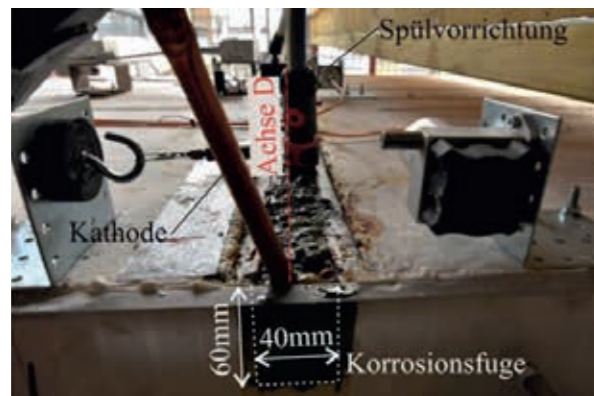


Abb. 7: Korrosionsfuge SIBS_V3

In den Versuchen (siehe Abb. 7 und Abb. 8) wurde die künstliche Nachbildung einer Korrosionsschädigung bei Betonbauteilen dazu verwendet, den Einfluss dieser auf das Ankündungsverhalten zu erfassen und somit mögliche Messparameter für ein Monitoring des

Bauteiles zu identifizieren. Dabei wurden zum einen die Neigungsänderungen des Prüfkörpers zum anderen aber auch die Änderungen der Betonstauchungen an verschiedenen Positionen erfasst.

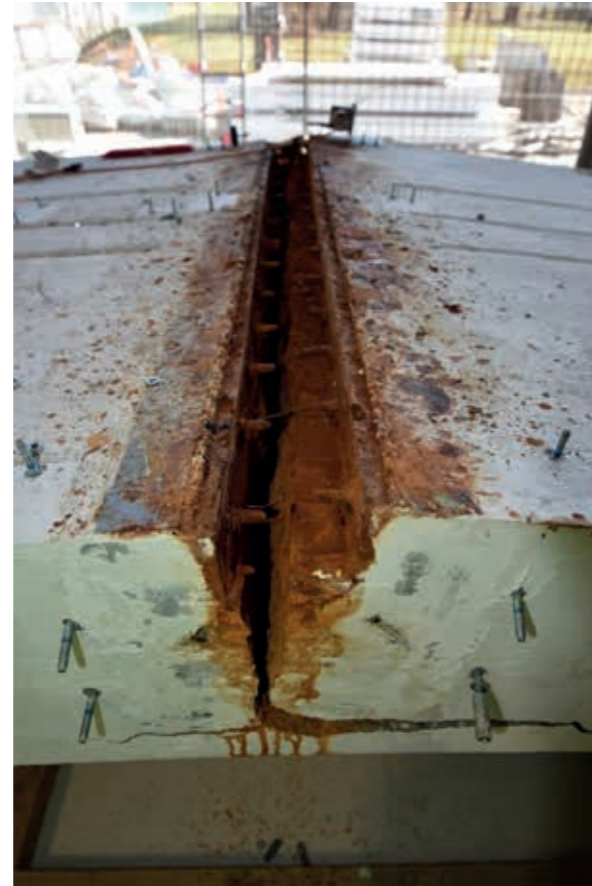


Abb. 8: Bauteilversagen SIBS_V3

Neben der versuchs-technischen Nachbildung wurden weiters numerische Untersuchungen (siehe Abb. 9) zum Tragverhalten bei Winkelstützmauern durchgeführt. Neben der Schadensmodellierung zum Verhalten der aufgehenden Betonwand wurde auch der Einfluss einer Bauwerksverformung auf den dahinter wirkenden Erddruck durchgeführt.

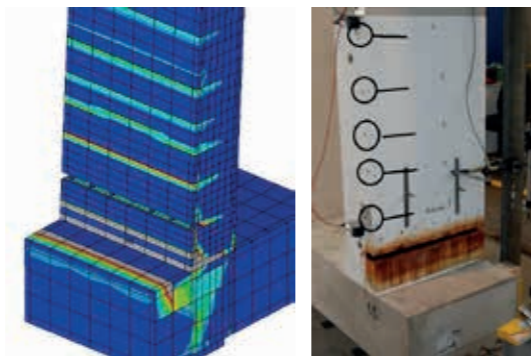


Abb. 9: Numerische und versuchs-technische Nachbildung korrodierter Bewehrungsstäbe

Die Ergebnisse der numerischen Untersuchungen und auch der versuchs-technischen Nachbildung zeigten, dass prinzipiell die Erkennung eines korrosionsbedingten Bauwerksversagens durch die Erfassung der Neigungsänderungen möglich ist. Unter praktischen Gesichtspunkten sei hier jedoch angemerkt, dass es generell zu einer Überlagerung unterschiedlicher (periodischer) Effekte kommt. So können sich beispielsweise zusätzliche horizontale Lasten (Verkehrslasten, Wasserdruck) an der Rückseite ausbilden oder eine Temperaturbeanspruchung zufolge Sonneneinstrahlung kann ebenfalls eine Änderung der Bauwerksverformungen hervorrufen.

Aus diesem Grund wurde im Forschungsprojekt SIBS vor allem der Fokus auf die kombinierte Anwendung von Neigungs- und Dehnungsaufnehmern untersucht, um durch die Überbestimmung der Messergebnisse die Detektionschancen für Korrosion zu erhöhen.

Forschungsergebnisse und Erkenntnisse

Die Veranlassung wie auch die Ergebnisse des Forschungsprojektes SIBS zeigen, dass im Bereich von Stützbauwerken neben den Randbedingungen eines Neubaus auch beim Umgang mit Bestandsbauwerken eine Vielzahl an Frage- und Problemstellungen vorliegen können. Diese benötigen im Allgemeinen eine interdisziplinäre und übergreifende Herangehens- und Betrachtungsweise. Mit der Erarbeitung der Projekthinhalte konnte gezeigt werden, dass vor allem die Anwendung neuer Untersuchungs-, Prüf- und Monitoringmethoden bei Stützbauwerken einen erheblichen Mehrwert in Bezug auf die Erfassung des Erhaltungszustandes bringen kann. Zudem bieten die im Zuge des Projektes vorgestellten Ansätze das Potential, einen vertieften Einblick in das Verhalten von Stützbauwerken und generell geotechnischen Konstruktionen zu erhalten.

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes sind im Abschlussbericht des Forschungsprojektes SIBS zu finden.

Projektunterstützer

Die Durchführung dieses Forschungsprojektes wäre niemals ohne unsere Projektunterstützer möglich gewesen. DANKE!



Weiterführende Forschungsprojekte

Aufbauend auf den Ergebnissen und Erkenntnissen von SIBS finden aktuell gerade zwei weitere Forschungsprojekte statt.

NAT – Neuerungen in der Ankertechnik:

- Entwicklung und Erprobung neuer Methoden und Gerätetechniken zu Durchführung von Ankerprüfungen
- Untersuchung maschinenbautechnischer Ansätze zur Sanierung und Instandsetzung schadhafter bzw. unwirksam gewordener Zugelemente

DAT – Dauerhaftigkeit in der Ankertechnik:

- Korrosionsschäden bei Mikropfählen und anderen Stabankersystemen
- Künstliche Nachbildung von Korrosionsschäden und Validierung der Versagensmechanismen und Schadensbilder
- Verwendung von Kunststoffen im Bereich der Ankertechnik

Zudem ist geplant, mit 2020 ein aufbauendes Forschungsprojekt zu etablieren, welches sich mit der Schadenserfassung ähnlicher Konstruktionen, sowie dem Monitoring, dem Versagensrisiko und der Risikobewertung befasst.

Bei Fragen bzw. Interesse an der Mitwirkung hierzu steht Ihnen der Projektleiter gerne unter rebhan@tugraz.at zur Verfügung.