Armierung von Erdreich: ein aktuelles Forschungsgebiet

Autor(en): **Milligan, George**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **108 (1990)**

Heft 20

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-77430

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Systemen Vorteile. Hier einige Beispiele:

- Vorfabrikation: Elementbau, Randbordsteine, Schächte, Kanäle
- Faser- und glasfaserbewehrte Betone (die Alterungsbeständigkeit solcher Produkte wird erhöht)
- Leichtbetone
- Injektionen, Verpressungen (Verarbeitbarkeit wird verbessert)
- Industrieböden usw.

Was ist bei der Verwendung von Microsilica zu beachten?

Materialien, die nicht ihren Eigenschaften entsprechend eingesetzt werden, bringen nicht die möglichen optimalen Resultate. Dies ist bei Microsilica nicht anders. So kann es vorkommen, dass bei unsachgemässer Verwendung nur geringfügige Verbesserungen von Beton und Mörtel erzielt werden. Richtiger Einsatz dagegen resultiert in der Regel in Qualitätsverbesserungen, die von erheblicher Wichtigkeit sind.

Bei der Verwendung von Microsilica muss auf die folgenden Punkte ein besonderes Augenmerk gerichtet werden:

- Die Dosierung muss auf das gewünschte Resultat abgestimmt sein.
- Eine ausreichende Untermischung in den Beton bzw. Mörtel muss gewährleistet sein. Oft muss die Mischzeit erhöht werden.
- Bei längeren Transportdistanzen sollen Fahrmischer verwendet werden. Da Microsilica meistens zusätzlich ein HLV erfordert, soll dieser idealerweise erst auf der Baustelle beidosiert werden.

	Rep. Gunit unvergütet	Rep. Gunit und Silica fume (Microsilica)	Rep. Gunit und Silica fume und Kunststoff	Kommentar der Ergebnisse
Druckfestigkeit 28 Tg N/mm^2	55 - 65	60 - 70	40 - 50	In allen Fällen mehr als genügend.
Biegezug 28 Tg N/mm^2	8 - 9	8.5 - 9.5	9 - 10	Vergütungen bringen Verbesserungen.
Gesamtporosität	19 - 21 %	15 - 17 %	14 - 15 %	Vergütungen haben auf Dichtheit einen positiven Einfluss
Frost Tausalz Beständigkeit	mittel/hoch	sehr hoch	sehr hoch	Vergütungen bringen Verbesserungen.
E - Modul statisch N/mm^2	30 - 35'000	33 - 36'000	23 - 26'000	Kunststoff reduziert E - Modul stark.
μ CO_2	apx. 150 - 200	apx. 700 - 800	60'000	CO_2 Widerstand wird bei Kunststoff überflüssig hoch.
μ H_2O	100 - 200	300 - 400	1'000	Die Diffusion ist bei einem Widerstand von 1'000 nicht mehr gewährleistet.
Haftzug N/mm^2	1 - 1.5 und mehr	1.5 und mehr	1.5 und mehr	Vergütungen bringen gewünschte Verbesserung.

Tabelle 6. Qualitätserwartungen eines vergüteten Reparatur-Gunites

Zusammenfassung

Schäden an jungen Betonbauteilen haben die Bauherren aufgeschreckt. Die zu erwartende Lebensdauer eines Objektes war bisher nie ein entscheidendes Planungskriterium. Unsere heutigen Baunormen tragen diesem Umstand noch ungenügend Rechnung. Hier muss in den nächsten Jahren ein Umdenken stattfinden. Hochwertige und dauerhafte Microsilica-Betone sind heute ein Novum, werden jedoch in nächster Zukunft eine Selbstverständlichkeit sein.

Adresse des Verfassers: *Josef Scherer*, Ing. HTL, Besa Baustoffe AG, 6440 Brunnen.

Armierung von Erdreich

Ein aktuelles Forschungsgebiet

Die Eigenschaften von Erdreich als Baustoff lassen sich in vielen Fällen durch Einschluss von Versteifungselementen verbessern, ähnlich wie man Beton mit Stahl armiert. Die Technik geht bis auf babylonische, wenn nicht noch frühere Zeiten zurück, als Grossbauten aus Lehm mit Stroh und gewebten Schilfmatten verstärkt wurden. In jüngerer Zeit erinnerte man sich wieder dieser Technik und verfestigte beispielsweise beim Bau von Böschungsmauern das Erdreich mit Metallstreifen.

VON GEORGE MILLIGAN, OXFORD

Inzwischen sind zahlreiche Varianten dieser Technik entwickelt worden, nicht nur für Böschungsmauern, sondern auch für Steilhänge, Dämme, Fundierungen und Strassen. Als Armierung verwendet werden Metallgitter, Polymergitter (Geogrids) und Geotextilien.

In den meisten Fällen wird die Armierung während der Plazierung von Erdreich als Schüttmaterial integriert, aber man kann auch Erdreich versteifen, um Baggerarbeiten zu erleichtern oder um (durch «Bodenvernagelung») einen rutschenden Hang zu sichern.

Forschungsprogramm der Universität Oxford

In den vergangenen sieben Jahren hat der Autor am Department of Engineering Science der Universität Oxford ein

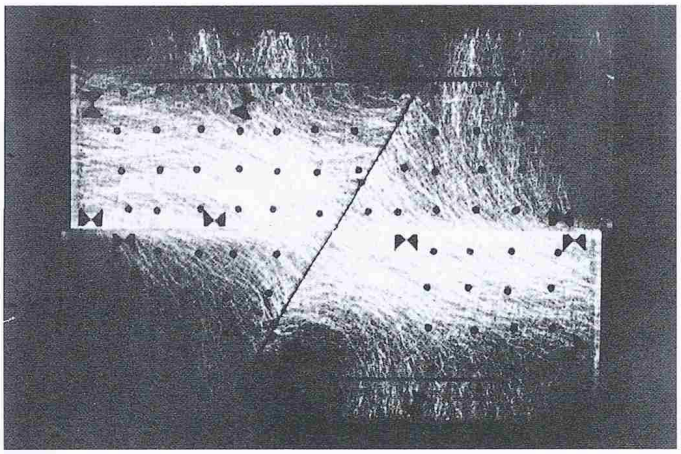


Bild 1. Spannungsbilder bei einem Scherbüchsentest mit einer granulathaltigen Armierung.

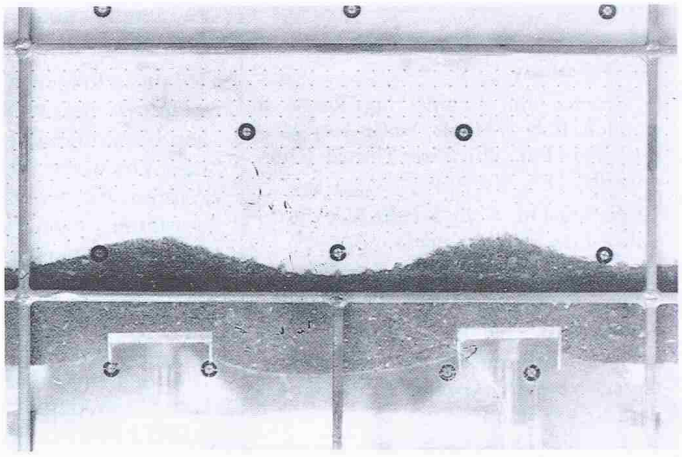


Bild 2. Deformationen einer armierten Granulatfüllschicht bei Modelltests mit unbefestigten Strassen.

Forschungsprogramm entwickelt, das Qualitätslabortests, numerische Analyse sowie Gross- oder Feldversuche vorsieht, deren Ergebnisse dem Ingenieur in der Praxis eine Hilfe sein sollen.

Die Arbeit wird unterstützt vom britischen Science and Engineering Research Council [1], der Netlon Ltd [2], dem Transport and Road Research Laboratory [3] und von Asset International (vormals Armco Ltd) [4].

Das Gros der Experimente wurde unter Anleitung des Autors von sechs Forschungsstudenten durchgeführt, doch wichtige Beiträge kamen von Experten wie Dr. Guy Houlsby und Dr. Harvey Burd (Analyse) und Dr. Richard Jewell (Design).

Bislang ging man bei der Forschung nach zwei Gesichtspunkten vor: Untersuchung der Grundmechanik von armiertem Erdreich und Tests zur Klärung der Wechselwirkung zwischen Boden und Armierung; sodann Suche nach einer Anwendung von besonderer praktischer Bedeutung, vor allem Verbesserung des Zustands nichtbefestigter Strassen wie auf Grossbaustellen, im Bergbau und in der Forstwirtschaft.

Erdreicharmierung bei flexiblen Stichkanalbauten

Innovativ sind Experimente mit ErdreichArmierung bei flexiblen Stichkanalbauten. Künftige Forschungen gelten nicht nur bereits laufenden Arbeiten, sondern auch Aspekten wie Bodenvernagelung und dem Verhalten armierter Steilhänge.

Zwei Ausrüstungen sind entwickelt worden, um die Grundmechanik von armierten Böden zu studieren. Beide können entweder für direkte Scherbüchsentests oder für Ausziehversuche benutzt werden, bei denen die Armierung aus dem Boden herausgelöst wird, um die Bindeeigenschaften festzustellen.

Das erste Gerät ermöglicht es, mittels eines fotoelastischen Verfahrens unter Verwendung von Glasscherben als Granulat das Spannungsverhalten des Bodens zu beobachten (Bild 1).

Das hat sich als sehr wertvoll erwiesen bei der Demonstration der spezifischen Wechselwirkung von Erdreich und verschiedenartiger Armierung in diversen Designkonstellationen. Beispielsweise hat man festgestellt, dass der übliche Direktscherversuch dazu geeignet ist, genau die Gleitreibungsstelle zwischen Erdreich und einem Geotextil anzuzeigen, dass jedoch nur ein Ausziehversuch die Bindung zwischen Erdreich und Gitterarmierung messen kann, da die Bindekraft in erster Linie von den Auflagerspannungen zwischen den Querteilen des Gitters und dem Boden, jedoch kaum durch Gleitreibung erzeugt wird.

Die zweite Ausrüstung, die vermutlich grösste Scherbüchse der Welt, kann 1 m

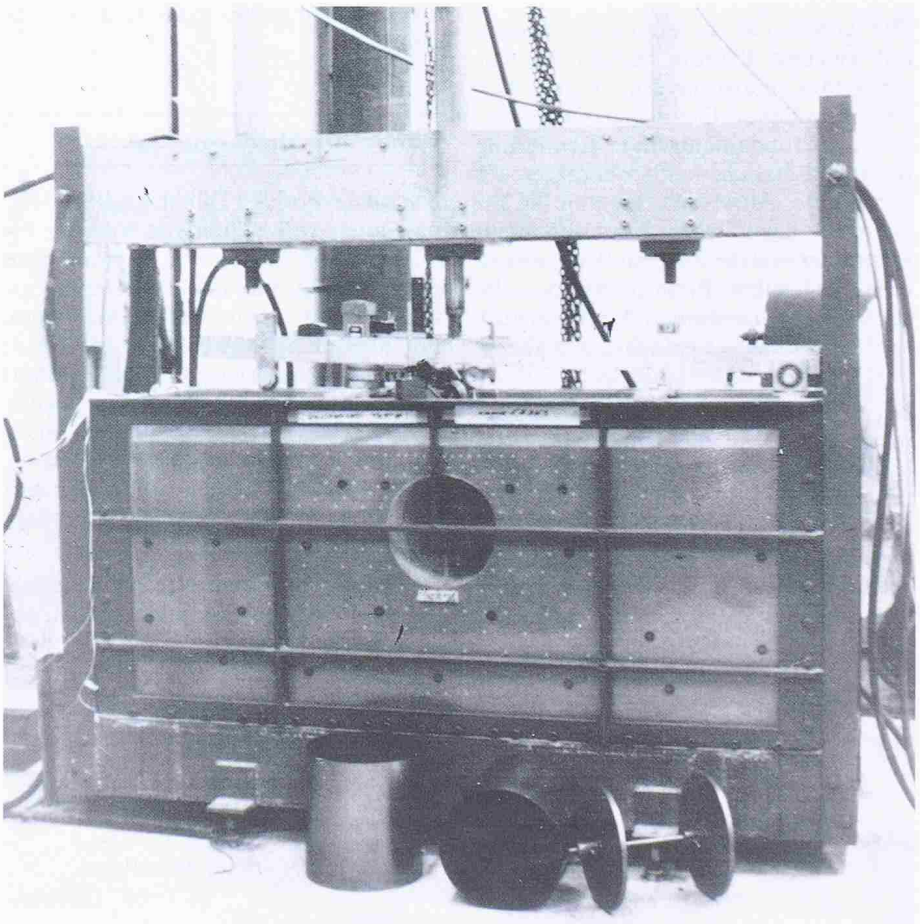


Bild 3. Testapparat für flexible Dükerstrukturen in Kombination mit armiertem Erdreich. (BN)

Anschriften der Firmen und Institutionen

[1] Science and Engineering Research Council, Polaris Home, North Star Avenue, Swindon, Wiltshire, United Kingdom SN2 1ET.

[2] Netlon Ltd, Kelly Street, Blackburn, Lancashire, United Kingdom BB2 4JP.

[3] Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, United Kingdom RG11 6AU.

[4] Asset International, Stephenson Street, Newport, Gwent, United Kingdom NPT OXH.

Bodenproben aufnehmen. Es wurden damit bereits Tests mit vollarmiertem Erdreich durchgeführt und sehr viel genauere Beobachtungen von Deformationen und Spannungen bei Böden und Versteifungselementen angestellt, als es mit kleineren Apparaturen möglich ist.

Bislang konzentrierten sich die Arbeiten überwiegend auf die Bestimmung der relativen Nutzleistung der verschiedenen Metall- und Polymergitter bzw. Geotextilien als Versteifungsmaterial. Derzeit laufende Studien betreffen die langfristige Leistung von Polymerarmierungen und den Effekt der Biegesteifigkeit auf die Wirksamkeit von Bodennägeln.

Die Arbeiten an unbefestigten Strassen auf weichem Planum begann mit vereinfachten, massstabverkleinerten Modellen im Labor. Diese Ergebnisse zeigten, dass fundamentseitige Armierung die grundsätzliche Fehlercharakteristik veränderte. Ausserdem dienten die Ergebnisse dazu, eine Finite-Element-Computeranalyse zu erstellen anhand eines speziellen Programms, das die starken Deformationen berücksichtigte, die bei unbefestigten Strassen akzeptiert werden müssen (Bild 2).

Dieses Programm wurde dann dazu genutzt, im Detail die Unterschiede im Verhalten von armierten und nicht armierten Strassen zu studieren. Ein drittes Projekt befasste sich mit der experimentellen Klärung der Folgen wiederholter Belastung und beinhaltete Grosstests zur Feststellung der Korrelation zwischen Labor und Normaluntersuchungen.

All diese Projekte haben ein neues Verständnis für die Rolle von Armierungen bei unbefestigten Strassen geschaffen. Vor allem haben sie gezeigt, dass Armierung bei bereits kleinen Deformationen ihre Funktion erfüllt und dass es nicht erst zu grossen Radeinbrüchen und Riefen kommen muss, ehe die Membranwirkung in Aktion tritt.

Sie haben auch eine rationale Erklärung der empirischen Methoden geliefert, nach denen man bis dato abzuschätzen wusste, in welchem Masse sich die Tragfähigkeit mit der Armierung verbesserte. Ein Grossteil dieser Methoden wurde für adäquat befunden, in manchen Fällen hielt man sie jedoch für gefährlich optimistisch. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass Armierung der Tendenz des Füllmaterials, sich unter konzentrierter Radlast nach den Seiten hin zu verteilen, entgegenwirkt und daher eine Minderung der Tragfähigkeit des Planums verhindert, die anderenfalls durch Scherung sowie die normalen, durch das Füllmaterial übertragenen Drücke entstünde.

Eine neue Designmethode ist entwikkelt worden, die gestattet, die Vorteile einer Armierung in jedem speziellen Fall zu beurteilen. Man hofft, in absehbarer Zeit diese neue Methode in Praxisversuchen weiter auswerten zu können.

Düker und Stichkanalbauten

Das neue Projekt Düker und Stichkanalbauten will potentielle Vorteile ermitteln, die sich durch Kombination dieser Bauten mit Bodenarmierung erzielen lassen. Insbesondere bei Bögen mit grosser Spannweite könnten Versteifungen zweierlei Funktion erfüllen: sowohl die korrekte Form des Bogens während des Bau zu sichern wie auch die Einwirkungen konzentrierter Nutzlasten abzuschwächen, wenn der Bogenscheitel nur eine niedrige Überdekkungshöhe hat.

Diese Möglichkeiten werden zunächst anhand von Modelltests untersucht, denen dann die numerische Analyse und Grossmassstabtests folgen, wenn sich die Technik zu lohnen verspricht (Bild 3).

Anwendung

Erdreicharmierung ist keineswegs eine Antwort auf alle geotechnischen Probleme, aber sie hat sich bereits in vielen Situationen als durchführbare und wirtschaftliche Lösung erwiesen. Rasche Entwicklungen, insbesondere bezüglich Bodenvernagelung vor Ort, dürfte das kommende Jahrzehnt bringen.

In vielen Entwicklungsländern wird man preisgünstige einheimische Materialien wie beispielsweise Bambus als Versteifungsmaterial benutzen können. Selbst wo geeignetes Material importiert werden muss, können relativ kleine Mengen ausreichen, um im Verbund mit örtlichen Füllstoffen technisch qualitive Konstruktionen zu erstellen.

Verbessertes Know-how im Zuge von Qualitätsforschung dürfte mit sich bringen, dass der richtige Typ von Armierung optimal eingesetzt wird, um sichere und leistungsfähige Bauten zu schaffen. Die Forschungsgruppe in Oxford hat es sich zum Ziel gemacht, sicherzustellen, dass die Ergebnisse ihrer Arbeit der Industrie durch direkte Beratung wie durch Publikation unverzüglich verfügbar wird.

Darüber hinaus ist eine erfolgreiche Serie von Schnellkursen über Mechanik und Planung von Erdreicharmierung gestartet worden in Oxford und andernorts in Europa sowie in Nordamerika und Hongkong. Diese Kurse gewährleisten, dass Forschungsergebnisse und Designentwicklungen direkt an interessierte Kunden der Industrie weitergereicht werden und dass die Arbeit in Oxford ebenso direkt von einem Feedback profitiert.

Adresse des Verfassers: Dr. *George Milligan*, Department of Engineering Science, University of Oxford, England.