Dammsanierung mit Schmaldichtwänden: ein in der Schweiz unbekanntes Bauverfahren

Autor(en): **Scheifele, Jakob / Kolb, Roger**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **118 (2000)**

Heft 21

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-79927

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

Jakob Scheifele, Zürich, Roger Kolb, Uznach

Dammsanierung mit Schmaldichtwänden

Ein in der Schweiz unbekanntes Bauverfahren

Kilometerweise und in vielfältigsten Anwendungen versehen im Ausland Schmaldichtwände ihren Dienst. Insbesondere bieten sie sich als sehr wirtschaftliche Lösung der Dammsanierungen bei Wasserläufen an. In der Schweiz hat diese Baumethode nie richtig Fuss fassen können, obwohl gerade die aktuelle Situation mit den letztjährigen Überschwemmungen nach «neuen», wirtschaftlich optimierten und technisch angepassten Bauverfahren ruft.

Systematische Untersuchungen zeigten, dass die Dämme der Engelberger Aa bei extremen Hochwassern eine ungenügende Sicherheit aufweisen und die Gefahr bestand, dass bei länger andauerndem Hochwasser die Dammkörper durch die Sickerströmung gefährdet wären.

Nach einem gründlichen Variantenstudium wurde vor allem aus Platz- und Kostengründen eine Schmaldichtwand gewählt (eine luftseitige Dammfussverstärkung hätte zusätzliches Land beansprucht).

Die Schmaldichtwand wird im Verdrängungsprinzip mit einer Vibrationsramme hergestellt. Ein Stahlprofil, z.B. ein HEB 650, mit einem am Fuss angschweissten Verdrängungskörper wird in den Boden einvibriert. Beim anschliessenden Rückzug wird durch ein an der Bohle befestigtes Rohr eine Suspension aus Zement, Ton und Wasser eingepresst. Dieses Verfahren wurde vor etwa 30 Jahren in Frankreich entwickelt und hat sich seither in Westeuropa verbreitet. Aus uns unbekannten Gründen wird es in der Schweiz sehr selten angewendet.

Engelberger Aa

Das Baulos 123 der ersten Ausführungsetappe der Sanierung des Hochwasserschutzes der Engelberger Aa umfasst im Bereich Ennerberg-Wilbrücke folgende Massnahmen:

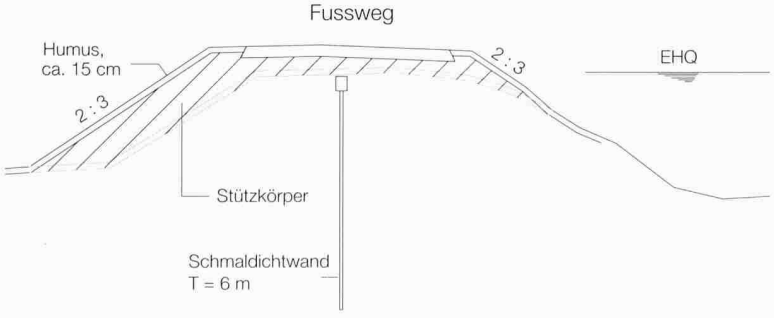
- Linker Damm: Erhöhung um 0,5 bis 1 m und Verstärkung auf eine Kronenbreite von mindestens 4 m
- Abstützung der flussabgewandten Böschung mit einer Trockenmauer im Bereich Kantonsgefängnis sowie mit einer Betonstützmauer beim kantonalen Werkhof
- Baulos 123B: Erstellen einer durchgehenden Schmaldichtwand im linken Damm.

Die im Folgenden beschriebene Schmaldichtwand bildet einen Teil des Bauloses 123 und wird parallel zu anderen Baumassnahmen ausgeführt.

Allgemeiner Beschrieb

Als Schmaldichtwand (oder Schmalwand) wird eine dünne Abdichtungsmembrane aus ausgehärteter Tonzement-Suspension bezeichnet, die durch fortlaufendes, nadelstichartiges Einrütteln einer Stahlbohle und durch anschliessendes Ziehen unter gleichzeitigem Einpressen der Dichtungsmasse entsteht. Mit diesem Verfahren können senkrechte Abdichtungen sehr wirtschaftlich erstellt werden.

1
Querschnitt des erhöhten und sanierten Damms



Die geotechnischen Untersuchungen stellten im Bereich Ennerberg-Wilbrücke Sicherheitsdefizite in der geotechnischen Beschaffenheit des linken Damms fest. Bei grossen Hochwassern ist aufgrund der zu erwartenden starken Durch- und Untersickerung des Damms eine Dammbruchgefahr infolge innerer Erosion und/oder hydraulischen Grundbruchs gegeben. Zur geotechnischen Sanierung des Damms ist ein Einbau einer Schmaldichtwand vorgesehen, um die Dammdurchsickerung zu verhindern, die Dammuntersickerung zu reduzieren und die Gefahr eines hydraulischen Grundbruchs zu beseitigen. Da der Untergrund keine durchgehende dichtende Schicht aufweist, muss die Schmaldichtwand so weit in ihn abgetieft werden, dass auch unter ungünstigen Verhältnissen ein hydraulischer Grundbruch am landseitigen Böschungsfuss ausgeschlossen ist.

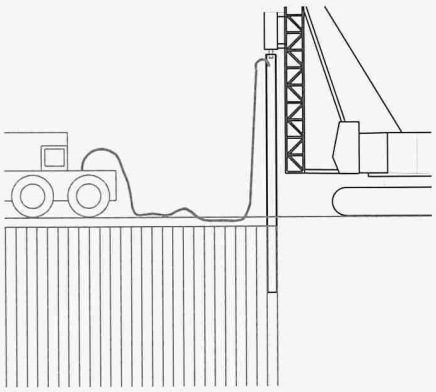
Die gesamte Wandlänge inklusive Einbindung der beiden Endabschnitte beträgt 850 m. Die notwendige Wandtiefe muss eine ausreichende Sicherheit vor hydraulischem Grundbruch gewährleisten; Sie wurde mit einem entsprechenden Sicherheitsnachweis ermittelt und beträgt zwischen 5,5 und 8,5 m.

Dammaufbau, Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

Der Dammkörper besteht im unteren Abschnitt aus sandigem Kies mit Steinen, im oberen Abschnitt (ca. km 4.000-4.294) aus sandigem Kies mit viel Silt und wenig Ton sowie mit Bauschutt. Er wurde im Zuge des Dammbaus mit dem anstehenden Material aus der Engelberger Aa geschüttet und gemäss den damaligen beschränkten Mitteln nur ungenügend verdichtet. Die Rammsondierungen zeigen eine weiche bis mittelharte Lagerung mit einzelnen dünnen, sehr harten Schichten.

Der Untergrund besteht aus den Flussablagerungen der Engelberger Aa mit stark wechselhaftem, horizontal geschichtetem Aufbau. Im oberen Bereich gleich unterhalb des Dammkörpers steht meist siltig-sandiges Material an. Diese Überschwemmungsablagerungen treten im oberen Abschnitt zwischen km 4.000 und 4.294 in grösserer Mächtigkeit auf. Unterhalb der Überschwemmungsablagerungen folgen die Flussschotter der Engelberger Aa. In den Sondierbohrungen wurden leicht siltige bis fast saubere Kiese mit viel Sand und einzelnen siltigen Zwischenschichten aufgeschlossen, die in horizontaler Richtung eine hohe Durchlässigkeit aufweisen.

Die zum Teil gut durchlässigen und wenig Kohäsion aufweisenden Schichten des Untergrunds sowie der schlecht ver-



2
Schemazeichnung des Vorgehens bei der Dichtwanderstellung

dichtete, durchlässige Dammkörper neigen infolge der Durchsickerung und des Strömungsdrucks zu Materialausschwemmungen und zu Instabilitäten am landseitigen Dammfuss, wo die auf den durchlässigen Flussschottern aufliegenden siltig-sandigen Überschwemmungssedimente auch durch einen hydraulischen Grundbruch angehoben werden können.

Grundwasser wurde bei keiner Sondierbohrung angetroffen. Es konnte davon ausgegangen werden, dass die Schmaldichtwand im ungesättigten Boden erstellt werden kann.

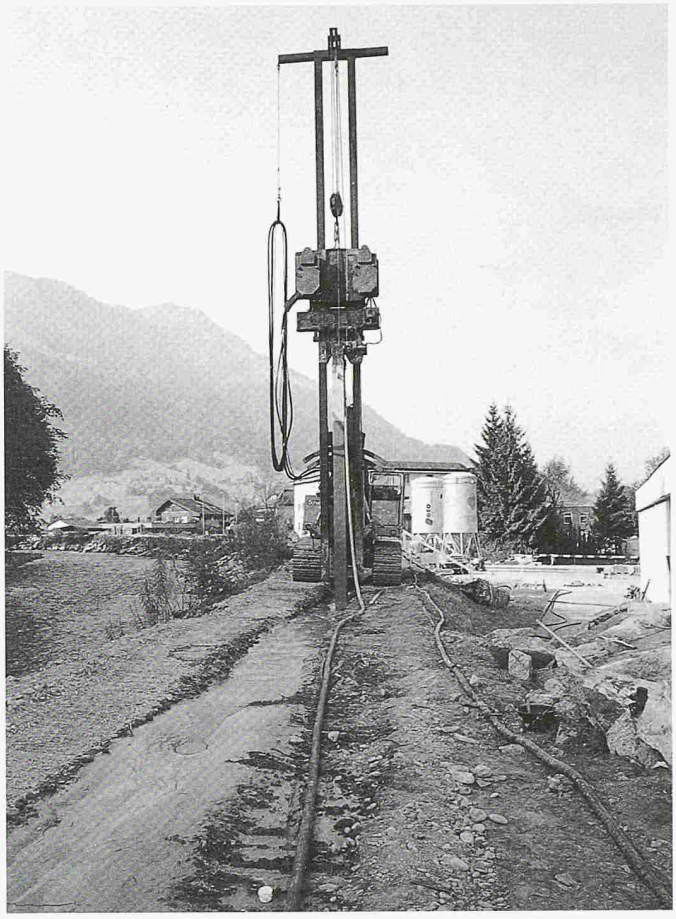
Es bestanden zwei offene Fragen bezüglich des Baugrunds:

- Ist in den sandig-siltigen Schichten eine ausreichende Wanddicke ohne Fehlstellen möglich?
- Es wurden einzelne Steinblöcke bis 25 cm Grösse sowie Holz und Wurzeln aufgeschlossen. Kann die Rüttelbohle diese Schichten mit genügender Präzision durchstossen?

Beide Fragen konnten positiv beurteilt werden. Der Untergrund weist eine weiche bis mittelharte Lagerung auf und erschien somit als gut rammbar.

Bauausführung

Zu Beginn der Arbeiten wurde eine rund 50 m lange Versuchsstrecke zwischen km 4.294 und km 4.250 ausgeführt. Sie sollte aufzeigen, ob das Verfahren die Qualitätsanforderungen erfüllt und ob es noch optimiert werden kann. Im Vordergrund stand dabei die Frage, ob in den feinkörnigen Bodenschichten eine ausreichende Wandstärke ohne Fehlstellen möglich sei. Nach Aushärten der Dichtmasse wurde die Schmalwand an zwei Stellen auf der ganzen Tiefe aufgegraben, visuell auf Fehlstellen kontrolliert, und es wurden Proben für die Laboruntersuchungen entnommen. Die Kontrollen zeigten, dass eine



3
Die Dichtwand wird kontinuierlich erstellt. Im Vordergrund ist die eingebrachte Suspension sichtbar



4
Das einvibrierte Profil wird gezogen und die Suspension injiziert



5
Ausgrabung der Versuchsstrecke. Man erkennt sehr schön die Vollflächigkeit und die Rippen, die durch die Form der Rammbohle gebildet wurden



6
Im Mai 1992 in Regensdorf erstellte und mit Eisenoxid eingefärbte Schmaldichtwand, die zur Kontrolle freigelegt wurde

Baugeräte

Rammgerät
Hydraulikbagger mit Mäkler und PTC-Vibrationsramme, Einsatzgewicht 40 t
Misch- und Injektionsanlage
Bindemittelsilo, Dosierschnecke, Mischer, Druckkessel. Die Anlage ist sehr kompakt und eignet sich auch für kleinere Bauvorhaben

Am Bau Beteilgte

Bauträger
Baudirektion Nidwalden
Projektverfasser
Niederer + Pozzi AG, Uznach
Geologe
Rüttimann, Luzern, Mengis + Lorenz, Luzern
Bauleitung
CES Bauingenieure AG, Erni+Walker, Hergiswil
Unternehmer
Jak. Scheifele AG, Zürich
Suspensionslieferant
Georoc AG, Zürich

vollflächige dichte Membrane erstellt werden kann.

Das Einvibrieren der Bohle wurde durch eine verkittete und dicht gelagerte Schicht behindert. Durch eine Modifikation des Bohlenfusses und Einspülen des Injektionsguts mit erhöhtem Druck während des Einbringens der Bohle konnte diese Schicht durchstossen werden.

Ein Vorlaufgraben von 0,4 mal 0,4 m sorgt dafür, dass die Tonzementsuspension nicht oberflächlich über die Böschungen fliesst. Über den Füllungsgrad des Vorlaufgrabens kann ein unterirdischer Verlust der Suspension kontrolliert werden.

Qualitätsanforderungen und -kontrolle

Die einzubringende Suspension, die im Boden zur Dichtungsmembrane erhärtet, besteht aus einer Mischung aus Tonmehl oder Bentonit, Zement, allenfalls Steinmehl und aus Wasser. Zur späteren Wiederauffindung wurde sie im Bereich der Versuchsstrecke mit einem umweltverträglichen Farbstoff eingefärbt. Anstelle der einzelnen Bindemittelkomponenten kam eine spezielle Fertigmischung mit folgenden Eigenschaften zur Anwendung.

- Dichte der frischen Suspension: $\rho > 1500$ kg/m^3
- Durchlässigkeit nach einer Aushärtezeit von 28 Tagen: $k < 1 \cdot 10^{-8}$ m/s
- einaxiale Druckfestigkeit nach einer Aushärtezeit von 28 Tagen: $q > 0{,}3$ N/mm^2

Die Anforderungen, die die Schmaldichtwand zu erfüllen hat, sind Vollflächigkeit (ohne Fehlstellen), eine ausreichende Wanddicke sowie eine ausreichend geringe Durchlässigkeit. Die Wanddicke soll, auch in den feinkörnigen Schichten, nicht weniger als 6 cm betragen. Proben aus der fertig erstellten, erhärteten Schmaldichtwand müssen eine Durchlässigkeit von $k < 1 \cdot 10^{-7}$ m/s aufweisen. Dadurch, dass Vibrationsramme und Rammbohle mit einem Rammmäkler an einem schweren Rammbagger geführt und mit einem Laser eingemessen wurden, liessen sich die Anforderungen an das Bauwerk erfüllen.

Die laufenden Bauarbeiten unterlagen den folgenden Qualitätsprüfungen:

- Dichtebestimmung der frischen Suspension durch Wägen eines 1-l-Messzylinders: Eine Messung pro 20 m^3 Suspensionsverbrauch bzw. 20 m Wandlänge
- Auslaufzeit aus dem Marsh-Trichter für 1000 cl: Eine Messung pro 50 m^3 Suspensionsverbrauch.

Im Rammprotokoll wurden folgende Parameter festgehalten:

- Tiefe des Rüttelbohlenfusses und Rüttelzeit
- Suspensionsverbrauch und Einpressdruck.

Erfahrungen, Schlussfolgerungen

Trotz des inhomogenen Aufbaus des Hochwasserschutzdamms der Engelberger Aa - das Baumaterial besteht teilweise aus Bauschutt - konnten der Damm unter wirtschaftlich günstigen Bedingungen saniert und die Sicherheit nach dem heutigen Stand der Technik wieder hergestellt werden. Es zeigte sich auch, dass eine kompakte Misch- und Injektionszentrale die Aufgabe sehr erleichterte.

Adresse der Verfasser:
Jakob Scheifele, dipl. Bauing. ETH/SIA, Scheifele Jak. AG, Regensbergstrasse 248, 8050 Zürich,
Roger Kolb, dipl. Kult.-Ing. ETH, Niederer + Pozzi AG, Zürcherstrasse 25, 8730 Uznach