

Diss. ETH Nr. 13915

Titel der Dissertation

**Untersuchungen zum mechanischen Verhalten von ton-  
zementgebundenem Dichtwandmaterial für das  
Zweiphasenverfahren**

Abhandlung  
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFT

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von Andreas Brinkmann

Dipl.-Ing. TH Darmstadt

geboren am 4.Juni.1966

von Deutschland

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr.-Ing. P. Amann      Referent

Prof. Dr.-Ing. W. Rodatz      Korreferent

2000

---

# **Untersuchungen zum mechanischen Verhalten von tonzementgebundenem Dichtwandmaterial für das Zweiphasenverfahren**

## **Kurzfassung**

Dichtwände in Schlitzwandbauweise sind eine vielfach angewendete und bewährte Möglichkeit Deponien oder Industriestandorte einzukapseln. So kann verhindert werden, dass sich Schadstoffe, aufgrund nicht oder nur unzureichend vorhandener Basisabdichtungen, im Grundwasser ausbreiten. Bei der Entwicklung geeigneter Mischungen für die Herstellung derartiger Wände wurde das Hauptaugenmerk auf die Dichtwirkung der Wand gegenüber kontaminierten Sickerwässern und die Verarbeitbarkeit gelegt. Für den Fall, dass nach der Herstellung und dem Erhärten der Wand äussere Belastungen einwirken, ist die Kenntnis des mechanischen Verhaltens des abgebundenen Wandmaterials notwendig. Nur so kann beurteilt werden, ob die Dichtwirkung der Wand durch die Beanspruchung beeinträchtigt wird.

In der vorliegenden Arbeit wurde das Spannungs- Verformungsverhalten und das Bruchverhalten einer im Jahr 1993 am Institut für Geotechnik der ETH Zürich entwickelten Mischung für das Zweiphasenverfahren untersucht. Zu diesem Zweck wurden kleinmassstäbliche Laborversuche durchgeführt. Anhand der Ergebnisse dieser Versuche konnte abgeschätzt werden, dass die grösste Gefährdung der Funktionstüchtigkeit einer Dichtwand beim Auftreten von Zugspannungen liegt. Weitere Probleme können durch die geringe Duktilität der abgebundenen Mischung auftreten. Mit Hilfe von FE-Berechnungen wurden die auf eine Dichtwand einwirkenden Beanspruchungen, die aus einer seitlichen Bodenauflast resultieren, abgeschätzt. Bei den untersuchten Fällen traten Zugspannungen vor allem in Bereichen mit Biegebeanspruchung auf.

Die Zwischenergebnisse dieser Arbeit führten zur Entwicklung einer Grossversuchseinrichtung mit einem geeigneten statischen System zur Durchführung von Modellversuchen im Massstab 1:1. Mit dieser Versuchseinrichtung wurden zwei Grossversuche durchgeführt, bei denen ein Wandelement unter einer Biegebeanspruchung untersucht wurde. Die simulierte Tiefe des Wandelements wurde in den Versuchen variiert. Es hat sich gezeigt, dass die Steifigkeit des untersuchten Materials im Grossversuch um ein Mehrfaches grösser war, als aus den Laborversuchen zu erwarten gewesen war. Der Bruch trat spröde in Form eines horizontalen Risses auf. Das Verformungsverhalten der Wandmodelle konnte anschliessend durch FE-Berechnungen bestätigt werden.

Anhand der Feldmessungen an drei ausgeführten Versuchsdichtwänden konnte das Verhalten von Dichtwänden nach der Herstellung beschrieben werden. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass die Randbedingungen, unter denen die grossmassstäblichen Modellversuche durchgeführt wurden, ähnlich zu denen in situ waren.

Um die Zugfestigkeit und die Duktilität der untersuchten Mischung zu verbessern, wurden erste Laborversuche mit bewehrten Mischungen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Versuche lassen erkennen, dass durch die gewählte Bewehrung aus Kunststofffasern die mechanischen Eigenschaften verbessert werden können und das Auftreten einer klaffenden Fuge über den gesamten Wandquerschnitt verhindert werden kann.

Schliesslich werden baupraktische Hinweise gegeben, die im Anwendungsfall helfen sollen, die Funktionstüchtigkeit einer Dichtwand unter äusserer Belastung zu gewährleisten.

---

## **Research work on the mechanical behaviour of a clay-cement-stabilized slurry wall material for the two phase procedure**

### **Summary**

Slurry walls are often put into practice to encapsulate waste disposals or old industrial facilities. In this way it is possible to prevent the spreading of contaminated groundwater which occurs if basic liners are not present or do not have a sufficient quality. During the development of suitable mixtures the main aim was to achieve a low permeability and a composition resistant against contaminated water. In addition to this, it is important to have an optimal workability of the suspension. The prediction of the mechanical behaviour of the hardened material and the estimation of a critical load of failure are important due to the presence of active loads on the wall.

In the presented research work the stress-strain-behaviour and the failure of a slurry wall material were analysed. This mixture was developed at the Institute of Geotechnical Engineering, ETH Zürich in 1993. This mixture was developed for producing slurry walls by the two phase procedure. To achieve this, small scale laboratory tests have been done. As a result of these tests it was possible to conclude that the main risks for failure are tensile stresses and the brittleness of the hardened material. With the results of FE-calculations, the effects of surface loads beside the wall have been estimated. Tension occurs mainly as a result of bending.

Because of these provisional results it was possible to develop a setting and the statics for large scale tests. The chosen scale was 1:1. Two tests have been carried out in which a part of a slurry wall was tested under bending loads. It was decided to vary the simulated depth of the wall elements in the two tests. The stiffness of the tested models was more than three times higher than expected from the results of the laboratory tests. The failure of the model occurred with a nearly horizontal crack. FE-calculations carried out after the tests were able to verify the measured deformations.

As a result of in situ measurements at three test walls it was possible to describe the behaviour of a slurry wall after construction. It could be shown that the conditions in the large scale tests were similar to those in situ.

First tests with a fibre reinforcement for the mixture were carried out with the aim to improve the tensile strength and the ductility of the mixture. The results of these tests with plastic fibres show that it should be possible to improve the mechanical behaviour of the mixture and to prevent the appearance of a gapping crack through the full cross-section of the wall.

Finally recommendations are given to minimize the danger of loss of serviceability of a slurry wall when there are acting external loads.