



**Bergische Universität Wuppertal**

**Fachbereich D**

**Abteilung Bauingenieurwesen**

**Bodenmechanik und Grundbau**

---

**Bericht - Nr. 27**

**April 2004**

---

Karsten Dörendahl

**Das Tragverhalten von Einphasen-Dichtwandmassen als  
Ausfachung von Baugrubenwänden**

---

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. B. Walz  
und Prof. Dr.-Ing. M. Pulsfort

**Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Wuppertal, Univ., Diss., 2004

Copyright Shaker Verlag 2004

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-2694-X

ISSN 1438-809X

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen  
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9  
Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## **Zusammenfassung**

Das Bauverfahren *Schlitzdichtwand mit eingestellten Trägern* stellt eine preiswerte Variante für einen wassersperrenden Baugrubenverbau dar. Die Dichtwandmasse wird hierbei erstmals als eines der Hauptelemente zur Lastabtragung angesetzt. Zur Gewährleistung der Wirtschaftlichkeit dieses Bauverfahrens ist jedoch ein Bemessungskonzept erforderlich, das zu einem sicheren, aber auch nicht zu geringen Trägerabstand führt. Das bisherige Konzept der Lastabtragung innerhalb der Dichtwandmasse basiert auf dem Nachweis der Druckspannungen in einem horizontal gespannten Gewölbe zwischen den Trägern. Die Spannungsverteilung innerhalb des Druckgewölbes wird dabei entweder rechteckförmig (WEIßENBACH, 1977) oder dreieckförmig (BALDAUF/TIMM, 1988) angenommen.

Im Rahmen der Forschungsarbeiten wurden zunächst umfangreiche Laborversuche an zwei verschiedenen Fertigmischungen für Dichtwandmassen durchgeführt. Anschließend wurde in Modellversuchen im Maßstab 1 : 8,6 mit balkenförmigen Probekörpern die Dichtwandmasse als Ausfachung simuliert. Diese haben gezeigt, dass das im Bemessungskonzept angesetzte Gewölbedruckversagen nur für größere Schlankheiten (z. B.  $\lambda = 4,57$ ) zu beobachten ist. Bei kleinen Schlankheiten (z. B.  $\lambda = 1,86$ ) fand stattdessen ein Scherversagen im Bereich des Auflagers statt. Die Bruchlasten stimmten im Bereich  $\lambda = 4,57$  fast mit den nach dem bisherigen Bemessungskonzept zurückgerechneten Werten überein. Im Bereich  $\lambda = 1,86$  lagen sie jedoch deutlich darunter. Hier stellte sich also der Gewölbedruck nicht als maßgebendes Versagenskriterium heraus, die Proben versagten vielmehr infolge einer Überschreitung der Schubtragfähigkeit am Auflager.

Berechnungen mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente (FEM) bestätigten diese Beobachtungen. Hierbei wurden Balken im Schlankheitsbereich von  $\lambda = 1,0$  bis 6,0 simuliert und deren Versagensmechanismen analysiert. Es konnten Näherungsfunktionen gefunden werden, die die Hebelarme der horizontalen Gewölbedruckresultierenden (am Auflager und in Balkenmitte) und die Auflast im Grenzzustand der Tragfähigkeit dimensionslos beschreiben. Trajektorienbilder lieferten zusätzlich Aussagen über die Spannungsverteilung in den Balken und bildeten damit die Grundlage für die Herleitung einer neuen, einfachen Modellvorstellung zum Tragverhalten der Dichtwandmasse.

Diese Modellvorstellung wurde mit Hilfe eines Stabwerkmodells entwickelt. Der lastabtragende Bereich wurde hierbei in die Auflagerknoten und ein anschließendes Druckspannungsfeld unterteilt. Die genaue Knotengeometrie ergibt sich jeweils in Abhängigkeit von der Schlankheit. Die Tragfähigkeit des Systems kann dann über den Ansatz von Grenzbedingungen bestimmt werden, sowohl im Druckspannungsfeld, als auch an den Knotenrändern. An einem konkreten Bemessungsbeispiel wird die Anwendung des gewählten Stabwerkmodells erläutert und mit dem bisherigen Bemessungskonzept verglichen.

## **Abstract**

A “*slurry wall with vertical steel girders*“ is an economical type of watertight building pit wall. In this special building method the slurry wall material is regarded as an important part in the load transfer inside the wall. To ensure the economic viability, it is necessary that the design approach leads to a certain distance between the steel girders, which is safe but not too small. The present design approach is based on a proof of the stresses inside a horizontal arch connecting the steel girders. The distribution of the stresses in the arch may be assumed as rectangular (WEIßENBACH, 1977) or as triangular (BALDAUF/TIMM, 1988).

In this research work first of all extensive laboratory tests with two types of commercial ready mixed products were carried out. Afterwards the load-bearing capacity of the slurry wall material was simulated in 1g-model tests using prismatic beams with a scale factor of 1 : 8,6. Different types of failure modes are observed for beams with different ratios of slenderness. The tests indicated that a failure in arch pressure can only be observed for large ratios of slenderness (e.g.  $\lambda = 4,57$ ). Small ratios of slenderness led to a shear failure in the area of the supports (e.g.  $\lambda = 1,86$ ). Back-calculation of the maximum loads in the ultimate limit state indicate that the present design approach leads to unreliable results for beams with small ratios of slenderness, whereas slender geometries can be modelled very well by the former approaches.

A numerical simulation of the tests by means of the finite-element method (FEM) confirmed this observation. The computations were implemented with a variation of the ratio of slenderness from  $\lambda = 1,0$  to  $\lambda = 6,0$ . Approximate functions were found to describe the lever arms of the horizontal arch force (at the support and in the middle of the beam) and the amount of surcharge in the ultimate limit state. Further information on the stress distribution inside the beam have been achieved by studying the trajectories of stress. These pictures had also the function to help deriving a new and simple idea of the bearing capacity of the slurry wall material.

This idea is based on the strut-and-tie method. For this the beam was divided into the support nodes and the pressure field between these nodes. The precise geometries of the support nodes depend on the ratio of slenderness. The assumptions of limit state conditions led to the bearing capacity of the struts and nodes. A specific example shows how to use the new strut-and-tie model. Finally these results were compared to the present design approach.