



Doctoral Thesis

Untersuchung der Wirkungsweise einer mehrfach verankerten Wand in kohäsionslosem Erdmaterial

Author(s):

Schindler, Johannes

Publication Date:

1970

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000090068> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. Nr. 4475

Untersuchung der Wirkungsweise einer mehrfach verankerten Wand in kohäsionslosem Erdmaterial

Abhandlung
zur Erlangung der Würde eines
Doktors der technischen Wissenschaften

der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von
Johannes Schindler
dipl. Bauing. ETH
geboren am 4. August 1941
von Mollis, Kanton Glarus

Angenommen auf Antrag von
Herrn Prof. G. Schnitter, Referent
Herrn Dr. J. Huder, Korreferent

1970 Zürich
Offsetdruck P. Schmidberger

SUMMARY

The present work investigates the mode of action of a wall repeatedly anchored in earth material without cohesion.

The second chapter states the usual methods of calculation. All calculations are based on the consideration of failure conditions usual in soil mechanics, i. e. sliding faces going out from the wall footing are being looked for, which guarantee sliding stability and up to which the anchorages have to lead. This naturally results in considerably longer anchors in the upper parts than in the lower parts near the wall footing. Thus a sliding body going out from the wall footing is being mobilized with the anchors, which must be built in such a way as to give the wall with the anchorage sufficient safety.

In the actual main chapter 4 the problem is approached from another angle and a new calculating method is being formulated.

The essential point of this solution can be summed up as follows:

The behaviour of all active forces is being followed up, starting with the weight of the earth material and the earth pressure depending on it, across the anchor load resulting from it, the reanchoring of it in the ground, the behaviour of this force lead into the ground, up to its being taken up underneath the wall footing.

It is being shown that the force placed back into the ground by the anchors must not spread out from the place where it originates in its positive direction against the anchored wall, but that it must be deviated by the covering earth weight. This deviation has to take place so far underneath the wall footing until the originated horizontal force is again taken up by the material extended in front of it. Out of the force of anchorage and the covering weight, so-called *pressure supporting lines* can be constructed. Contrary to the usual calculating methods, not the mobilization of the sliding body is being examined here, but the one of a supporting body.

The sliding off of the whole supporting body has to be examined all the same, but it is not necessary to anchor all the anchors up to the possible sliding face, as long as the *balance* of all the acting forces is guaranteed.

The calculation of an anchored wall by means of the "theory of lines of pressure" is being explained step by step and illustrated by examples. For simple normal cases dimensioning diagrams have been prepared.

This work only treats the finished wall. In analogous form the stages during construction work have to be studied.

In chapter 5 the worked out theory of lines of pressure is backed up with model tests which have been realized at the VAWE and in a mineral-grinding plant. No doubt was left that an anchored wall with very short anchors in the top parts of the wall is absolutely stable and that the balance is stable also during a movement of the wall. Main tests have not been made with a rigid wall, but with one divided in horizontal sectors. This permitted the measuring of each wall sector independent of the rest of the wall. Thus many results have been gained regarding soil pressure distribution, pre-tension of the anchors and wall movements, which have been utilized in the corresponding places of the work.

Due to the very extensive measuring out of the model test wall it has been possible to give in the last chapter many practical indications for the construction of anchored and strutted structural walls.

1. KAPITEL

Einleitung, Problemstellung und Zusammenfassung

1.1 Einleitung

Seit Mitte der 60-er Jahre verbreitet sich, dank den grossen Fortschritten der Ankertechnik im Lockergestein die steifenfreie Baugrube immer mehr. Es werden heute neben provisorisch verankerten Baugrubenabschlüssen immer häufiger recht umfangreiche Baugrubenwände verankert, die später auch den Abschluss des fertigen Bauwerkes bilden. 20 m tiefe und noch tiefere Baugruben mit mehreren Lagen von Erdankern sind heute keine Seltenheit mehr, sei es zu vorübergehenden oder definitiven Zwecken.

Aber wie oft in solchen Fällen, eilte die Praxis der Theorie voraus und zu Beginn der Entwicklung der neuen Bautechnik wurden Bauwände verankert, ohne dass genaue Vorstellungen über die Wirkungsweise mehrfacher Verankerungen vorhanden waren. Später entwickelten sich besonders in Deutschland, aufbauend auf der wegweisenden Arbeit von Kranz [10], genauere Berechnungsmethoden, die aber erst einen Anfang zur Lösung des Problems bilden. Diese Tatsache gab den Anstoss zur vorliegenden Arbeit, die das Problem von einer neuen Seite beleuchtet.

1.2 Problemstellung

Wird an die Projektierung einer mehrfach verankerten Wand gegangen, so müssen folgende Fragenkomplexe beantwortet werden:

- a) Welche Kräfte wirken auf eine verankerte Baugrubenwand? Insbesondere welche Erddruckkräfte sind durch die Anker aufzunehmen?
- b) Wie verteilt sich der Erddruck auf die Wandhöhe?
- c) Wie lange müssen die Anker sein und welches ist ihre günstigste Anordnung?
- d) Sollen die Anker vorgespannt werden und wenn ja, auf welche Werte?
- e) Wie gross ist die Tragfähigkeit eines Ankers und mit welcher Kraft darf er belastet werden? Wie ist die Tragfähigkeit von ganzen Ankergruppen?
- f) Wie verhalten sich die Ankerkräfte und die Wandbewegungen im Laufe der Zeit?

Die Punkte a bis d (insbesondere c) sind Gegenstand dieser Arbeit. Sie sind zum Teil, wie später gezeigt wird, stark voneinander abhängig.

Die Punkte e und f sind sehr von einem konkreten Projekt, vom gewählten Ankertyp und Erdmaterial abhängig. Für die Berechnung der Tragfähigkeit von Injektionsankern sei auf die theoretischen Lösungen von Dr. Bendel [3] hingewiesen. Die Untersuchung der Tragfähigkeit und des zeitlichen Verhaltens der Ankerkräfte sollte vor allem Sache der ausführenden Firmen sein. Es wäre zu begrüssen, wenn vermehrt Tragfähigkeitsversuche und langfristige Beobachtungen an ausgeführten Bauwerken durchgeführt und allgemein zugänglich gemacht würden. Dies vor allem, damit die Ankerfirmen dem projektierenden Ingenieur die sichere Aufnahme der durch ihn berechneten Kräfte auf lange Dauer garantieren können.

Für diesen steht, nachdem er sich für ein Ankersystem entschieden hat, sei es aus theoretischen, ausführungstechnischen oder finanziellen Gründen, die Berechnung der Ankerkräfte und der Ankerlängen im Vordergrund. Besonders eine neue Überprüfung der notwendigen Ankerlängen scheint angebracht, da die üblichen Berechnungsweisen vor allem in den oberen Wandpartien sehr lange Anker ergeben. Neben der Frage der Wirtschaftlichkeit ist vor allem aus ausführungstechnischen Schwierigkeiten im städtischen Tiefbau wünschbar, diese Längen zu verringern. Die Beeinträchtigung von Nachbargrundstücken, Kellern, Leitungen etc. in den Städten wird mit den langen Injektionsankern zu immer grösseren Schwierigkeiten führen [11].

Die vorliegende Arbeit befasst sich deshalb in erster Linie mit der Frage der notwendigen Ankerlängen.

1.3 Zusammenfassung

Es wird in der vorliegenden Arbeit die Wirkungsweise einer mehrfach verankerten Wand in kohäsionslosem Erdmaterial untersucht.

- Im 2. Kapitel werden die üblichen Berechnungsmethoden dargelegt. Sämtliche Berechnungen basieren auf der in der Bodenmechanik üblichen Betrachtung der Bruchzustände, d.h. es werden vom Wandfuss ausgehende Gleitflächen

gesucht, welche die Gleitstabilität gewährleisten und bis zu welchen die Verankerungen zu führen sind. Dies ergibt naturgemäß in den oberen Partien der Wand bedeutend längere Anker, als in ihren unteren Teilen in der Nähe des Wandfusses. Es wird also mit den Ankern ein vom Wandfuss ausgehender Gleitkörper mobilisiert, der so ausgebildet sein muss, dass er der Wand mit der Verankerung eine genügende Sicherheit bietet.

- Im eigentlichen Hauptkapitel 4 wird das Problem von einem andern Standpunkt aus angegangen und eine entsprechend neue Berechnungsweise formuliert.

Das Wesentliche dieser Lösung kann folgendermassen zusammengefasst werden:

Es wird der Verlauf aller wirksamen Kräfte verfolgt, angefangen beim Gewicht des Erdmaterials und dem von diesem abhängigen Erddruck über die daraus resultierende Ankerbelastung, die Rückverankerung derselben ins Terrain, den Verlauf dieser ins Terrain eingeleiteten Kraft bis zu ihrer Aufnahme unterhalb des Wandfusses.

Es wird gezeigt, dass die durch die Anker ins Terrain zurückverlegte Kraft von ihrer Einleitungsstelle an sich nicht in ihrer Wirkungsrichtung gegen die verankerte Wand hin ausbreiten darf, sondern dass sie durch das überlagernde Erdgewicht abgelenkt werden muss. Diese Ablenkung hat soweit unter den Wandfuss zu erfolgen bis die eingeleitete Horizontalkraft durch das vorgelagerte Material wieder aufgenommen wird. Aus der Verankerungskraft und dem Überlagerungsgewicht können sogenannte *Druckstützlinien* konstruiert werden. Im Gegensatz zu den üblichen Berechnungsmethoden wird hier nicht die Mobilisierung eines Gleitkörpers, sondern diejenige eines Stützkörpers betrachtet.

Das Abgleiten des ganzen Stützkörpers ist dennoch zu untersuchen, es ist aber nicht notwendig, sämtliche Anker bis zu der möglichen Gleitfläche zu verankern, solange das *Gleichgewicht* aller wirkenden Kräfte gewährleistet ist. Die Berechnung einer verankerten Wand mittels der "Stützlinientheorie" wird Schritt für Schritt erläutert und mit Beispielen verdeutlicht. Für einfache Normalfälle wurden Bemessungsdiagramme ausgearbeitet.

Die Arbeit behandelt nur die fertig erstellte Wand. In analoger Weise sind die Bauzustände zu untersuchen.

- In Kapitel 5 wird die erarbeitete Stützlinientheorie mit Modellversuchen, die an der VAWE und in einem Mineralmahlwerk durchgeführt wurden, untermauert. Es zeigte sich eindeutig, dass eine verankerte Wand mit sehr kurzen Ankern in den oberen Wandpartien durchaus standfest ist und dass das Gleichgewicht auch während einer Wandbewegung stabil ist. Die Hauptversuche wurden nicht mit einer starren, sondern mit einer in horizontale Streifen unterteilten Wand durchgeführt. Dies erlaubte ein Ausmessen jedes Wandstreifens unabhängig von der restlichen Wand. Dadurch wurden sehr viele Resultate betreffend Erddruckverteilung, Vorspannung der Anker und Wandbewegungen gewonnen, die an den entsprechenden Stellen der Arbeit verwertet wurden.
- Durch das sehr umfangreiche Ausmessen der Modellversuchswand war es möglich, im letzten Kapitel viele praktische Hinweise für die Ausführung verankerter und abgesperrter Bauwände zu geben.