Tragfähigkeit des Baugrundes

Autor(en): **Caquot, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht**

Band (Jahr): **2 (1936)**

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-2888

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

VIII 9

Tragfähigkeit des Baugrundes.

Résistance des terrains.

Resistance of the Ground.

A. Caquot,
Professeur à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.

Das Studium der Tragfähigkeit des Baugrundes hat in den letzten Jahren sehr große Fortschritte gemacht, und dieses Studium ermöglicht jetzt mit großer Sicherheit Arbeiten auszuführen, die früher nur nach zahlreichen tastenden Versuchen oder nach langen, kostspieligen Vorbereitungen hätten durchgeführt werden können.

Wir haben einfache, sehr tiefe Probegründungen vorgenommen und so mit wenig Kosten außerordentlich nachteilige Rutschungen von geologischen Schichten, die wir im Laufe der Ausschachtungsarbeiten angetroffen hätten, verhindert. Dabei haben wir genau die durch die Rechnung sich ergebenden Forderungen eingehalten.

In allen Fällen haben wir zuerst unter Berücksichtigung der Bodeneigenschaften mit großer Sorgfalt die Spannungen in allen Richtungen und für jeden Punkt der Erdmasse, deren Gleichgewicht für die Bauausführung erforderlich war, untersucht.

Es genügt nicht, den Gleichgewichtszustand einer von vornherein bestimmten Gleitfläche festzustellen, sondern man muß sich darüber klar sein, daß überall ein allgemeiner Spannungszustand herrscht, der mit der Stabilität verträglich ist.

Um die Gleichgewichtsbedingungen zu bestimmen, verfügen wir über experimentell ermittelte physikalische Gesetze, denen die Gleitungen im Innern der Böden gehorchen.

Diese Grundgesetze sind im 18. Jahrhundert von dem Physiker *Coulomb* aufgestellt worden und sind noch gegenwärtig von einer Reihe von Forschern in allen Ländern geprüft worden. Wir können heute für alle Böden den Wert der zwei veränderlichen Größen der Coulombschen Gesetze, — der Reibung und der Kohäsion, — feststellen.

Diese beiden Größen sind für eine bestimmte Bodenart nicht unveränderlich, sondern hängen im Wesentlichen von der Größe und Dauer der auf den Boden einwirkenden Belastung ab.

Wir verdanken *Terzaghi* und seinen Schülern die experimentellen Methoden, die uns die ersten hinreichend genauen Aufschlüsse gegeben haben, um mit Sicherheit die Grenzgleichgewichtszustände zu berechnen.

Wir fassen heute alle Bögen mit geringer Tragfähigkeit als einen von zwei Grundstoffen, nämlich den festen Körnern und dem Porenwasser, gebildeten Körper auf.

Dieser Körper verhält sich wahrscheinlich isotrop, hat aber trotzdem sehr verschiedene Eigenschaften, die von der Belastungsdauer abhängig sind und dadurch weiterhin abhängig von der Geschwindigkeitsentwicklung des Spannungsfeldes, die ihrerseits von der Änderung des Porenwassers in der Volumeneinheit des Bodens abhängt.

Die Ähnlichkeitsgesetze sind annähernd genau, da die veränderliche „Zeit" bei gleichen Bedingungen der 3. Potenz des Durchmessers der Körner umgekehrt proportional ist. So ist das *Poiseulle-Darcy*'sche Gesetz anwendbar auf die Bewegung des Porenwassers. Wenn die Temperatur sich ändert, findet man hier die Ähnlichkeit mit der variablen „Zeit" ziemlich genau wieder, indem man im *Poiseulle-Darcy*'schen Gesetz auch den Begriff der Viskosität ausdrückt. Da sich die Größe der Körner bei Tonböden gegenüber Sand mindestens wie 1 : 1000 verhält und dabei die Durchflußzeit sich wie 1000000000 : 1 verhält, so ergibt sich, daß diese Größen manchmal sehr gut vergleichbar sind, indem man als Zeiteinheit in dem Tonboden 100 Jahre und in gewissen Sanden 1 Sekunde nimmt.

Allerdings spielt die Form der Körner und ihre Lage auch eine wesentliche Rolle, sodaß der Ingenieur sehr vorsichtig bei diesen Vergleichen sein muß, aber man muß sich die Größe dieser Zahlen immer vor Augen halten, wenn man diese Erscheinungen verstehen will, da die Größe der in Wirklichkeit vorhandenen Bodenkörner sich mindestens in dem obengenannten Verhältnis ändert.

Das Porenwasser kann sehr langsame Bewegungen haben und die Vorgänge im Boden gehorchen alsdann den Gesetzen des statischen Gleichgewichtes, aber es kann auch eine nicht zu vernachlässigende Geschwindigkeit haben und durch die Druckverluste, die eine Folge der Viskosität sind, auf die Körner einwirken. So werden durch äußere Bedingungen des hydraulischen Druckes die Wasserströmungen zwischen den Körnern bestimmt. Diese können kontinuierlich, periodisch oder unregelmäßig veränderlich sein. Der Baugrund, der diesen zufälligen Einflüssen unterworfen ist, kann für lange Jahre unveränderlich sein, und trotzdem können später plötzlich Gleitbewegungen auftreten, die das Bauwerk zerstören.

In den letzten Jahren hat man zahlreiche Zwischenfälle kennengelernt, die ihre Ursache einesteils bei den Erdarbeiten in der besonders feuchten Jahreszeit hatten und andernteils bei den Meeresbauten durch Wellen mit großer Länge und großer Amplitude.

Selbst für einen Gleichgewichtszustand, der in praktischer Hinsicht so vorausgesetzt wird, daß der Fließvorgang des Porenwassers keine andere Ursache als den Spannungszustand hat, wird sich der Boden je nach der Belastungsdauer sehr verschieden verhalten. Eine ständige Last, die mit einer Geschwindigkeit von sozusagen Null aufgebracht wird, ruft lediglich nur Reibungskräfte unter den Körnern hervor. In Wirklichkeit zeigen die Versuche, daß der Baugrund, selbst der Tonboden, sich wie eine pulverförmige Masse verhält.

Im Gegensatz hierzu verursacht eine plötzlich aufgebrachte Last bei demselben Boden nur Kohäsionskräfte infolge des Porenwassers und der Boden verhält sich

wie eine Masse ohne Reibung mit bestimmtem Widerstand gegen Zusammendrückungen, ein Zustand, dem ich den Namen „halbflüssig" gegeben habe, wofür das Verhalten der chemischreinen Metalle, wie Kupfer, Eisen, Aluminium als Beispiel dienen kann.

Deshalb herrschen in einer Stützmauer, in Brückenwiderlagern, und in sehr vielen anderen Bauwerken mit Bezug auf Eigengewicht und Nutzlasten Spannungsfelder, die vom Gesichtspunkt der allgemeinen Stabilität aus sehr verschieden zu beurteilen sind.

Alle diese Vorgänge sind heute durch Rechnung erfaßbar, dank der Versuche, die ihnen als Unterlage dienen, und man muß sie nur genau anwenden, um wirtschaftlich und dauerhaft zu bauen, wie groß auch die Schwierigkeit sein mag.

Die Fortschritte auf diesem Gebiete werden in erster Linie durch die eingehende Kenntnis des Bodens, der physikalisch und chemisch ändert ermöglicht, und in zweiter Linie durch die experimentellen Gesetze, die sich durch genaue mathematische Bestimmung des mechanisch möglichen Gleichgewichtes der ganzen Masse ergeben.

Die in der Praxis erreichten wirklich überraschenden Ergebnisse, die durch das physikalisch-mathematische Studium dieser Fragen möglich waren, erlauben uns, bald noch bedeutendere Fortschritte anzukündigen. Man muß nur von sicheren Versuchsergebnissen unter Berücksichtigung aller wahren Schwierigkeiten ausgehen, und man darf die Naturgesetze nicht künstlich vereinfachen, um sich ein einfacheres Bild zu machen, das mathematisch leicht auszudrücken ist, aber die wirklichen Verhältnisse nicht mit genügender Genauigkeit darstellt.

Deshalb hängt das Studium des Baugrundes so sehr von den Versuchen in den Laboratorien ab, um alle experimentellen Funktionen auszudrücken, die die zahlreichen Veränderlichen verbinden, die für den Gleichgewichtszustand des Baugrundes bestimmend sind. Auch hängt gleicherweise dieses Studium von der Art der Probebohrungen ab, die es ermöglichen, von den geologischen Schichten ungestörte Bodenproben im wirklich angetroffenen physikalischen Zustande den Laboratorien zu übergeben.