Résistance des terrains

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

Objekttyp: **Article**

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

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

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-3127

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

Résistance des terrains.

Tragfähigkeit des Baugrundes.

Resistance of the Ground.

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

L'étude de la résistance des terrains a fait dans ces dernières années de très grands progrès, et cette étude permet dès à présent de concevoir et de réaliser avec toute sécurité des travaux qui n'auraient pu être terminés auparavant qu'avec des tâtonnements nombreux ou avec des dispositions lentes et coûteuses.

C'est ainsi que nous avons pu construire rapidement des fondations sommaires très profondes, et arrêter à peu de frais des glissements extrêmement importants de couches géologiques qui se produisaient à la suite de travaux de terrassements. Il nous a suffi de réaliser fidèlement les conditions mécaniques auxquelles le calcul nous avait conduits.

Dans tous les cas, nous avons préalablement, en partant des caractéristiques expérimentales du sol, analysé avec grand soin les contraintes en toutes directions et pour chaque point du massif de terrain dont l'équilibre était essentiel à la construction.

Il n'est pas suffisant, en effet d'étudier l'équilibre d'une surface de glissement fixée à priori, mais il faut s'assurer qu'il existe partout un système général de contraintes compatible avec la stabilité.

Pour déterminer les conditions de l'équilibre nous disposons tout d'abord des lois physiques expérimentales auxquelles obéissent les glissement dans l'intérieur des terrains.

Ces lois élémentaires sont celles qui ont été formulées au dix-huitième siècle par le physicien *Coulomb,* et qui ont encore été vérifiées très récemment par un grand nombre d'expérimentateurs en tous pays.

Nous pouvons connaître aujourd'hui pour tous terrains la valeur des deux variables des lois de *Coulomb,* le frottement d'une part, la cohésion d'autre part.

Ces deux valeurs ne sont pas des invariants relatifs à une nature de terrain donné, mais dépendent essentiellement de la grandeur et de la durée des contraintes agissant sur ce terrain.

C'est à *Terzaghi* et à ses élèves que nous devons les méthodes expérimentales qui nous ont donné les premiers renseignements suffisamment exacts pour calculer avec sécurité l'ensemble des équilibres limites.

Nous concevons aujourd'hui tous les terrains de faible résistance comme un complexe formé de deux éléments, de grains solides d'une part, et d'eau interstitielle d'autre part.

Ce complexe du terrain, par la loi des grands nombres joue sensiblement comme un corps isotrope, mais qui aurait des propriétés très différentes, suivant la durée d'application des charges et par conséquent suivant la vitesse d'évolution du champ des contraintes et ceci par suite de la variation de masse de l'eau interstitielle dans l'unité de volume de terrain.

Les lois de similitude sont approximativement exactes, la variable temps, étant, toutes choses égales d'ailleurs, sensiblement proportionnelle à l'inverse du cube de la dimension linéaire des grains. C'est qu'en effet la loi de *Poiseulle-Darcy* se trouve applicable à l'écoulement de l'eau interstitielle. On retrouve même avec assez d'exactitude la similitude de la variable temps, quand la température varie, en explicitant la viscosité dans l'expression de la loi de *Poiseulle-Darcy*.

Comme la grosseur des grains varie des argiles aux sables au moins de un à mille le temps varie de un milliard à un, il en résulte que les phénomènes peuvent être parfois comparables en prenant pour unité de temps dans l'argile le siècle, dans certains sables la seconde.

A vrai dire la forme des grains et leur disposition joue aussi un rôle essentiel, de telle sorte que le constructeur doit être très prudent dans ces comparaisons, mais la grandeur de ces nombres doit être présente à l'esprit quand on veut comprendre ces phénomènes, la grosseur des grains de terrains pratiquement rencontrés variant au moins dans la proportion indiquée ci-dessus.

L'eau interstitielle peut avoir des mouvements très lents, et les phénomènes obéissent alors aux lois des équilibres statiques. Mais elle peut aussi avoir une vitesse non négligeable, et réagir sur les grains par les pertes de charge, conséquence de la viscosité. Il en est ainsi en particulier lorsque des conditions extérieures de pression hydraulique déterminent des courants d'eau entre les grains. Ceux-ci pouvant être suivant les cas continus, périodiques ou irrégulièrement variables. Les terrains de fondation soumis à ces influences accidentelles peuvent être très stables pendant de longues années; puis obéir brusquement à des mouvements de glissement qui ruinent les ouvrages.

Ces dernières années viennent de nous faire connaître de nombreux accidents dus d'une part à une saison particulièrement humide pour des ouvrages terrestres, ou d'autre part à des vagues à longue période et grande amplitude pour des travaux maritimes.

Même dans le cas d'équilibre considéré pratiquement comme si l'écoulement très lent de l'eau interstitielle n'a d'autre cause que le système des contraintes, le terrain se comportera très différemment suivant la durée d'application des charges.

Une charge permanente considérée comme appliquée avec une vitesse nulle, ne met guère en jeu dans le complexe que les forces de frottement des grains les uns sur les autres. En effet le plus souvent les données expérimentales montrent que le terrain même d'argile se conduit alors comme un simple milieu pulvérulent.

Au contraire pour ce même terrain une charge brusque ne mettra en jeu que les forces de cohésion dues à l'eau interstitielle, et le terrain se conduira comme

un milieu à frottement nul et à résistance de cisaillement fixe, milieu auquel j'ai donné le nom de semi-liquides et dont les prototypes sont les métaux chimiquement murs, fer, cuivre, aluminium par exemple.

C'est pourquoi, dans un mur de soutènement, dans une culée de pont et dans bien d'autres ouvrages, les champs de contraintes relatifs aux charges permanentes et aux surcharges agissent d'une façon si différente, au point de vue de la stabilité générale.

Tous ces faits sont aujourd'hui accessibles au calcul, grâce aux données expérimentales qui leur servent de base, et qu'il faut fidèlement suivre quelle que soit leur complexité, si on veut faire oeuvre économique et durable.

Les progrès dans ce domaine sont déterminés essentiellement en premier lieu par la connaissance intime de la matière qui évolue physiquement et chimiquement, puis en second lieu à partir des lois expérimentales ainsi définies par la détermination mathématique fidèle des équilibres mécaniquement possibles dans l'ensemble de tels milieux.

Les résultats pratiques vraiment surprenants obtenus immédiatement en technique par l'étude physique et mathématique de ces questions nous permettent d'envisager dans un proche avenir des progrès encore plus considérables. Il faut seulement partir des données expérimentales certaines, définies avec tous leurs éléments vrais de complication, et ne pas simplifier artificiellement les lois naturelles pour les enfermer dans un cadre plus simple, facile à définir mathématiquement, mais qui n'enferme pas les faits avec une suffisante fidélité.

C'est pourquoi l'étude des fondations dépend si complètement des laboratoires pour définir toutes les fonctions expérimentales qui relient les multiples variables agissant essentiellement sur l'équilibre des sols de fondation et c'est pourquoi également cette étude dépend des moyens de sondage qui permettent de transmettre fidèlement aux laboratoires les échantillons des couches géologiques dans l'état physique réellement rencontré.