

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

Band: 2 (1936)

Artikel: Bruchlasten des durch Fundamente belasteten Bodens

Autor: Buisson, M.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-2887>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

VIII 8

Bruchlasten des durch Fundamente belasteten Bodens. Charges de rupture du sol sous les fondations. Breaking Loads on Subsoil Below Foundations.

M. Buisson,

Chef du Service de Contrôle des Constructions immobilières
au Bureau Veritas, Paris.

Im folgenden handelt es sich um Brüche des Bodens, die die Standfestigkeit des ganzen Baues gefährden.

In diesen wichtigen Sonderfällen hat man in einfacher Weise die Hauptspannungen im Innern des Bodens ausdrücken können. Der Boden wird als isothrop, elastisch und durch die Horizontalebene begrenzt, vorausgesetzt. Als Grundlage dient die Theorie von *Boussinesq*, die der Druckverteilung $n=3$ nach *Fröhlich* entspricht. Dies ist der Fall für den Streifen mit bestimmter Breite und unendlicher Länge, gleichmäßig verteilt belastet, der als Grenzfall der gleichmäßig belasteten Halbebene entspricht. Die Hauptspannungstrajektorien sind wohlbekannt. Es sind im ersten Falle orthogonale Hyperbeln und Ellipsen und im zweiten Falle orthogonale Parabeln. Im ersten Falle sind die Enden des Belastungsstreifens die Brennpunkte, im zweiten Falle ist die Grenze der Belastung der Brennpunkt der Parabeln.

Die Grenze der plastischen Zone ist bestimmt durch die bekannte Bruchbedingung

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \sin \varphi$$

wo σ_1 und σ_3 die äußersten Hauptspannungen sind; φ ist der Reibungswinkel. Die Gleitflächen sind die Isoklinen dieser Hyperbeln und Parabeln und schneiden diese Kurven unter dem Winkel $\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$. Für den Fall der Hyperbeln handelt es sich um spiralförmige Kurven, deren analytische Bestimmung schwierig ist. Für den Fall der Parabeln ist es jedoch leicht einzusehen, daß die Isoklinen ebenfalls Parabeln sind, deren Brennpunkt in der Grenze des Belastungsstreifens liegt und deren Achse gegen die Vertikale unter dem Winkel φ geneigt ist (Fig. 1).

Dieses Resultat ist von Bedeutung, weil es die Bestimmung der Bruchbedingungen eines sandigen oder bindigen Bodens unter einer Quaimauer oder

Stützmauer gestattet. Es ist in der Tat leicht möglich, den Schnittpunkt der plastischen Zone mit der Horizontalen zu bestimmen¹:

$$x = \frac{q}{\pi\gamma} \cdot \frac{(1 - \sin \varphi)}{\sin \varphi} \quad (1)$$

q ist die Einheitslast und γ das Raumgewicht des Bodens.

Setzt man voraus, daß die Mauer in einem unstablen Gleichgewichtszustande sei, wenn die Gleitfläche durch Mitte Sohle hindurchgeht, und setzt man

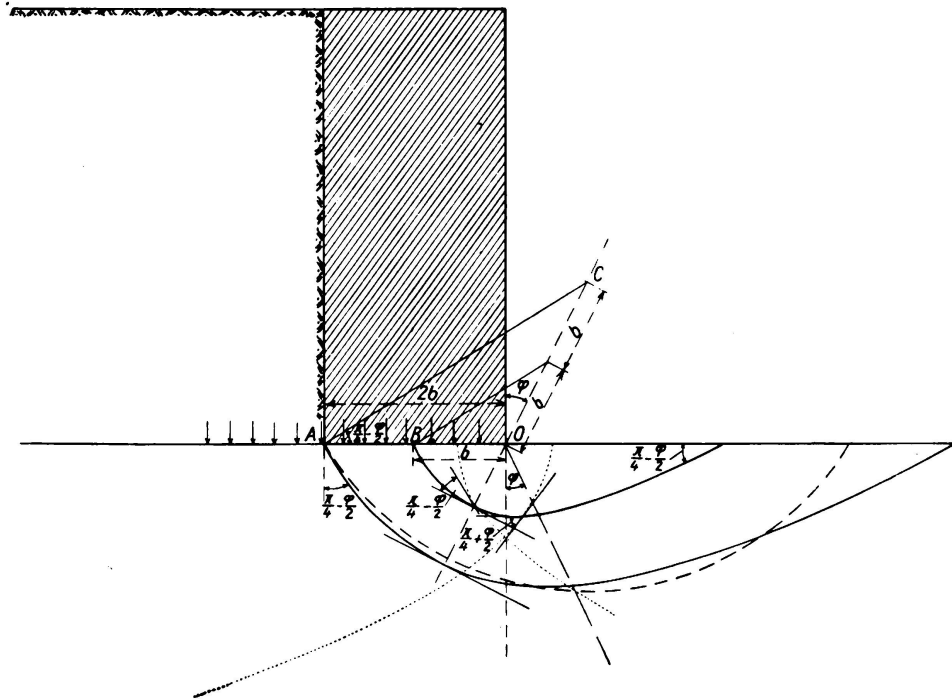


Fig. 1.

weiter voraus, daß das Raumgewicht der Mauer gleich sei dem Raumgewicht des Bodens, so folgt der Wert der als gleichmäßig verteilt vorausgesetzten Bruchlast aus

$$q = \frac{\pi\gamma b (1 + \sin \varphi) \sin \varphi}{(1 - \sin \varphi)^2} \quad (2)$$

wo b die halbe Breite der Mauer bezeichnet.

Mit der gleichen Methode kann auch die minimale Länge der Spundwände einer Ufermauer oder einer geschlossenen Baugrube bestimmt werden.

Für den Fall eines tonigen Bodens, der eine Scherfestigkeit τ_0 besitzt, ist die Grenzbelastung des halbbelasteten Halbraumes

$$q_c = \frac{16 \tau_0}{3} \cdot \frac{1 + \sin \varphi}{\cos \varphi} \cdot \left(1 + \frac{\operatorname{tg}^3 \varphi}{\sqrt{2}}\right) \quad (3)$$

während die Bedingung zur Bildung einer plastischen Zone gegeben ist durch

$$q = \frac{\pi \tau_0}{\cos \varphi}$$

¹ Fröhlich: Druckverteilung im Baugrunde, Wien 1934, J. Springer.

Diese Resultate können erweitert werden, indem man sich auf die folgende experimentelle Beobachtung stützt: Die Gleitflächen sind mehr oder weniger kreisförmig, wie aus Versuchen, hauptsächlich von *Krey*² für Belastungen an der Oberfläche hervorgeht. Der Kreismittelpunkt ist leicht bestimmbar. Er ist der Schnittpunkt folgender Geraden: 1. Durch den Fußpunkt der Mauer unter φ zur Vertikalen geneigt, und 2. durch den Schnittpunkt der entferntesten Gleitfläche mit der Sohle unter $\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$ zur Waagrechten geneigt (Fig. 1 und 2). Diese Gerade steht senkrecht zur Tangente an die Gleitfläche, die mit der Vertikalen den Winkel $\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$ bildet, denn in diesem Punkte steht die Hauptspannung lotrecht, wenn von der Reibung auf der Sohlenfläche abgesehen wird. Man erkennt, daß diese Konstruktion eine Folge des für die Parabel soeben

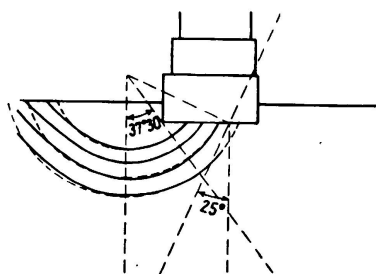


Fig. 2.

gefundenen Resultates ist, was als selbstverständlich erscheint, denn in der Umgebung der Sohle ist der Einfluß der benachbarten Punkte nur merklich für Punkte, die vom betrachteten Punkte aus unter dem Winkel von weniger als 50° mit der Lotrechten gesehen werden. Die Konstruktion läßt sich zurückführen auf den Ersatz der Parabel durch einen Kreis, der im Schnittpunkt mit der Horizontalen die Parabel tangiert.

Die gleiche Konstruktion wurde vom Autor geprüft; sie bietet eine gute Annäherung im Falle des Modelles einer auf einen Damm gebauten Ufermauer im reduzierten Maßstab (Fig. 3).

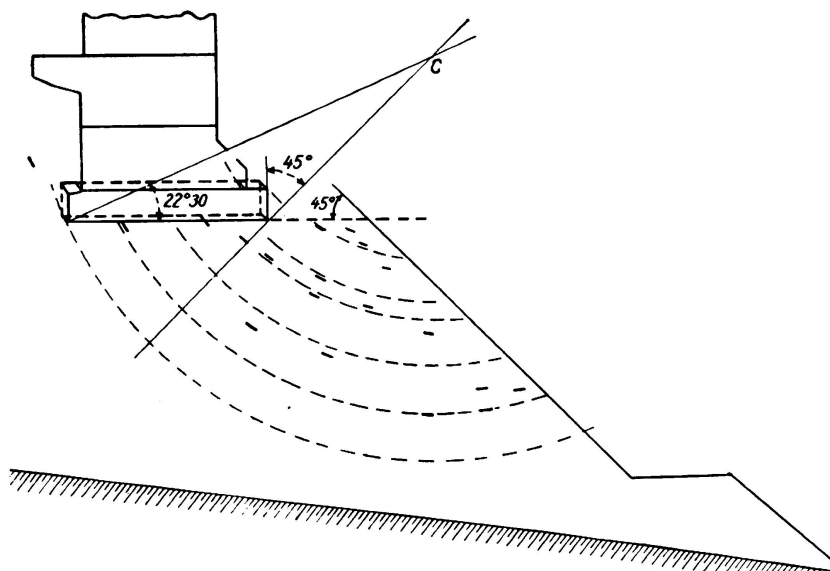


Fig. 3.

In Wirklichkeit entfernt sich die Kurve in seinem äußeren Teil ein wenig vom Kreise und nähert sich mehr seiner Tangente für den Fall einer endlichen Ober-

² *Krey*: Erddruck, Erdwiderstand, 4. Auflage, S. 269 und ff.

flächenbelastung. Man beobachtet in der Praxis, daß die Neigung der Kurve gegen die Waagrechte größer ist, als $\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$, die sie theoretisch haben müßte. Weil in theoretischer und praktischer Hinsicht die längsten Gleitflächen von den beiden Enden der plastischen Zone ausgehen, kann man ohne großen Fehler (und dieser kann bezüglich der Sicherheit nur günstig sein) zu begehnen annehmen, daß der Schnitt des vorerwähnten Gleitkreises und der Horizontalen übereinstimmt mit dem Schnitt der Grenze der plastischen Zone und der Horizontalen. Dieser Schnitt liegt für den Fall eines unendlich langen Streifens in

$$x = \sqrt{b^2 + \frac{2bq}{\pi\gamma} \cdot \frac{1 - \sin \varphi}{\sin \varphi}}.$$

Unter diesen Bedingungen ist man sicher, daß die Bruchbedingungen längs der ganzen Kurve erfüllt sind. Nimmt man an, daß der Bruch erreicht ist, wenn die Kreistrajektorie von der Mitte des Laststreifens ausgeht, so ist die Abszisse des Schnittpunktes dieses Kreises mit der Horizontalen $x = 2b (1 + \sin \varphi)$ (Fig. 1).

Setzt man die beiden Werte für x einander gleich, so erhält man für den Fall des unendlich langen Streifens und eines sandigen Bodens, der an der Oberfläche belastet ist,

$$q_1 = \frac{\pi\gamma b \sin \varphi (1 + 2 \sin \varphi) (3 + 2 \sin \varphi)}{2 (1 - \sin \varphi)}. \quad (4)$$

Setzt man voraus, daß die äußerste Gleitfläche vom Rande aus geht, so hat man

$$q'_1 = \frac{2 \pi\gamma b \sin \varphi (1 + 2 \sin \varphi) (3 + 2 \sin \varphi)}{1 - \sin \varphi} \quad (4')$$

für den Fall eines belasteten bindigen Bodens mit einer Scherfestigkeit τ_0 vor der Belastung, beträgt die rasch aufgebraachte Bruchlast

$$q_e = \frac{4 \left(\frac{\pi}{2} + \varphi \right) (1 + \sin \varphi)}{1 + 2 \sin \varphi} \tau_0 \quad (5)$$

sowohl für die erste wie für die zweite Annahme hängt diese Bruchlast nicht von b ab.

Da man die Bruchlast unter den unendlich langen Streifen kennt, kann näherungsweise die Bruchlast unter einer quadratischen oder kreisförmigen Belastungsfläche ermittelt werden, weil die Spannungen unter dem Mittelpunkt der Belastungsfläche ungefähr die Hälfte der Spannungen unter der Achse des gleich breiten unendlich langen Streifens betragen. Sehr angenähert genügt es somit, $b/2$ durch r zu ersetzen, und man erhält unter den oben genannten Annahmen die Bruchlast zu

$$q_2 = \frac{\pi\gamma r (1 + 2 \sin \varphi) (3 + 2 \sin \varphi) \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \quad (6)$$

$$q'_2 = \frac{4 \pi\gamma r (1 + 2 \sin \varphi) (3 + 2 \sin \varphi) \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \quad (6')$$

Der Autor hat aber auf anderem Wege für den Fall der quadratischen Belastungsfläche gezeigt, daß die Bruchlast in Funktion von a , der halben Seitenlänge des Quadrates, dargestellt werden kann

$$q_3 = \frac{2 \pi \gamma a \sin \varphi (1 + \sin \varphi) (1 + 2 \sin \varphi) (3 + 2 \sin \varphi)}{3 (1 - \sin \varphi)} \quad (7)$$

oder

$$q'_3 = \frac{8 \pi \gamma a \sin \varphi (1 + \sin \varphi) (1 + 2 \sin \varphi) (3 + 2 \sin \varphi)}{3 (1 - \sin \varphi)} \quad (7')$$

um zu diesem Ergebnis zu gelangen, muß ein Näherungswert für die Abszisse des Schnittes der plastischen Zone mit der Horizontalebene gesucht werden für den Fall einer mehr oder weniger quadratisch belasteten Fläche und man setzt diesen gleich $2b (1 + \sin \varphi)$, welcher Wert der Abszisse des Schnittes der Horizontalebene mit dem Bruchkreise durch die Streifenmitte entspricht.

Man sieht, daß $\frac{q_3}{q_1} = \frac{4 (1 + \sin \varphi)}{3}$ gilt. Für $\varphi = 30^\circ$ hat man $\frac{q_3}{q_1} = 2$.

Für verschiedene Werte von φ ändert dieses Verhältnis wenig, so daß die oben eingeführte Näherung berechtigt ist.

Das Verfahren des Autors gestaltet die Bestimmung der Bruchbedingungen besonders einfach für Fälle, wo die bisherigen Methoden fehlerhaft sind oder zu umfangreichen Berechnungen führen. Es unterscheidet sich von den Methoden, welche als Ergebnis Exponentialfunktionen enthalten, denn alle diese Bruchformeln sind aufgebaut auf Grund von Gleitflächen, die die Form der logarithmischen Spiralen haben, deren Mittelpunkt sich am Rande der Belastungsfläche befindet. Dies scheint mit dem Versuch nicht in Übereinstimmung zu stehen, denn es konnte im Falle der Versuche von *Krey* schon gezeigt werden, daß die Gleitflächen genau genug als konzentrische Kreise, deren Mittelpunkt die oben beschriebene Lage hat, angesprochen werden können.

Versuche und Überprüfungen sind im Gange. Die Ergebnisse dieser Arbeiten werden später veröffentlicht.

Der Verfasser wird die hier kurz behandelten Fragen nächstens in der Zeitschrift „Travaux“ veröffentlichen.³

³ Inzwischen erschienen in Nr. 46, Oktober 1936, Nr. 48, Dezember 1936, Nr. 51, März 1937.