Diskussion

Autor(en): **Ellerbeck, L.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **1 (1932)**

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-672

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

beiden Ursachen sind deutlich in allen Versuchs- und Probebelastungsergebnissen zu erkennen; das wird im einzelnen dargelegt. Die Anteile dieser beiden Ursachen an der Gesamteinsenkung sind sehr verschieden, je nach der Grösse der Lastfläche und der Gründungstiefe, selbstverständlich auch je nach der Bodenart. Es wird versucht, die Anteile dieser beiden Ursachen voneinander zu trennen und zwar für die vorliegenden Laboratoriumsversuchsreihen, für die üblichen Probebelastungen mit lotrechter Last und für die Bodenuntersuchungen im Bohrloche mit dem Seitendruckapparat nach Kögler.

Résumé.

L'affaissement d'une construction est causé par :

a) la compression ou tassement des couches du sol en direction verticale et

b) par un déversement latéral de ce sol en direction horizontale.

Ces deux causes sont nettement mises en évidence dans tous les résultats fournis par les essais de charge sur échantillons et sur le terrain ; ces résultats sont indiqués dans leurs détails. La participation de ces deux causes à l'affaissement total est très différente, suivant l'importance de la surface de charge et la profondeur de fondation, naturellement aussi d'après la nature du terrain. L'auteur s'efforce de séparer ces deux causes l'une de l'autre, tant pour les séries d'essais qui ont été effectués au laboratoire que pour les essais courants, sur place, en charge verticale et pour les essais sur forage avec l'appareil de compression latérale de Kögler.

Summary.

The sinking of a structure is caused by :

a) Compression of the layers of soil in the vertical direction,

b) Lateral movements of the soil in a horizontal direction.

Both these causes can be clearly recognised in all results of research and test loading : this is shown in detail. The extent to which each of these two factors contributes to the total sinking differs greatly, depending on the size of loaded surface, on the depth of foundations, and of course also on the nature of the ground. An attempt is made here to show the separate influences of these two factors ; this is done for the available series of laboratory tests, for the usual test loadings with vertical load, and for investigations of the soil in boreholes by means of the Kögler lateral-pressure apparatus.

Dr. Ing. L. ELLERBECK,

Ministerialrat, Reichsverkehrs-Ministerium, Berlin.

Nach dem Bericht von Regierungs- und Baurat Ehrenberg, Berlin.

Die Erdbauabteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau zu Berlin hat sich mit Untersuchungen auf dem Gebiete der Tragfähigkeit des Baugrundes beschäftigt. Einige Ergebnisse mögen hier kurz mitgeteilt werden.

1. — Plattenbelastungen.

Fig. 1 zeigt die Anordnung eines Belastungsversuches, bei welchem von der Firma Fuess, Steglitz hergestellte elektromagnetische Druckdosen erprobt werden sollten. Diese Dosen sollten zum Messen der unter einer Last auftretenden lotrechten Erdspannungen dienen. Die Belastung wurde durch eine 1,0 m² grosse kreisrunde starre Eisenbetonplatte auf den Boden übertragen. Die Messdosen wurden am Grunde einer 0,50 m starken, sorgfältig eingeschlämmten und gestampften Sandschüttung symmetrisch zur Plattenachse angeordnet. Unter den Messdosen befand sich Sand von nicht erbohrter Mächtigkeit.

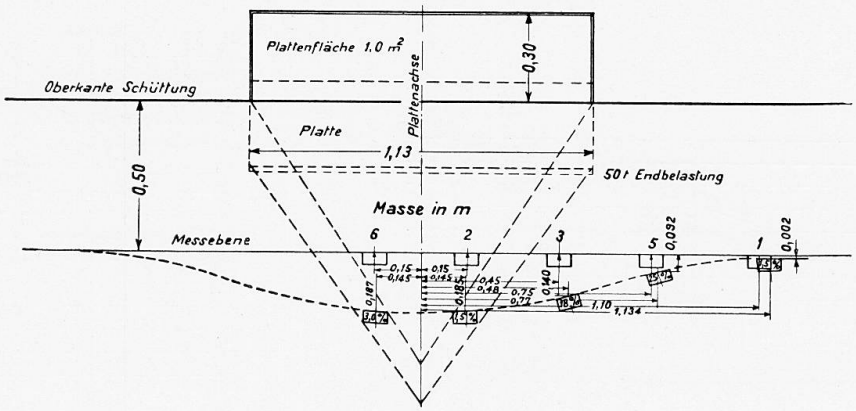

Fig. 1.

Bord supérieur du lit de sable. — Oberkante Schüttung. — Upper edge of filling.
Surface de la dalle. — Plattenfläche. — Plate surface 1 sp. m.
Dalle. — Platte. — Plate.
Axe de la dalle. — Plattenachse. — Plate axis.
Charge finale. — Endbelastung. — Final loading.
Plan de mesure. — Messebene. — Measurement plane.
Cotes en mètres. — Masse in m. — Dimensions in metres.

Die Platte wurde zunächst mit 10,0 t und dann mit weiteren 5,0 t bis 50,0 t belastet und zwischendurch entlastet. Fig. 2 zeigt die Setzungen der Plattenmitte in Beziehung zur Belastung. Eine umhüllende parabolische Kurve ist gestrichelt eingetragen. Die Kurve zeigt ein sehr starkes Einsinken der Platte bis zu 0,22 m, das die vorgesehenen Feinmessungen der Bewegungen der Geländeoberfläche ausserhalb der Platte leider vereitelte. Fig. 3 zeigt die von den Messdosen angezeigten Spannungen für die Endbelastung von 50,0 t (ausgezogene Linie), die besonders am Rande erheblich von den Spannungen abweichen, die nach der Formel von Strohschneider errechnet wurden (punktierte Linie). Die Ursache dieser Abweichung liegt wahrscheinlich in der starken Verformung der Messebene am Ende des Versuches und der damit verbundenen Verkantung und Verschiebung der Messdosen. Fig. 1 zeigt das starke Absinken der Platte, eine verhältnismässig geringe Verdichtung der Sandschüttung oberhalb der Messebene von nur rd. 3 cm. (6,0 % ihrer Stärke) und eine erhebliche Seitenverschiebung und teilweises Verkanten der seitlichen Messdosen. Die Stärke der Sandschüttung war trotz der gegenüber der Plattenmitte erheblich geringeren lotrechten Erdspannungen um 10 cm. (20 % der

ursprünglichen Stärke) verringert. Es sind demnach in diesem Bereich starke Horizontalkräfte aufgetreten, die den Boden seitlich verschoben haben. Die nach aussen zunehmende horizontale Bewegung der Messdosen ist ein Beweis dafür. Sie wächst mit der Abnahme der lotrechten Spannungen und lotrechten Bewegungen. Wesentlich scheint mir die Beobachtung, dass die der Plattenachse am nächsten gelegenen Messdosen sich einander und damit der Plattenachse um 5 bis 7 mm genähert haben. Es scheint das die Annahme zu stützen, dass die Platte einen Kegel mit der Spitze nach unten vor sich her in den Boden treibt, der den übrigen Boden seitlich fortdrückt und dadurch starke Manteldrücke erhält, die ihn verdichten. Es mag noch darauf hingewiesen werden, dass die ursprünglich ebene Messfläche eine Krümmung erhalten hat,

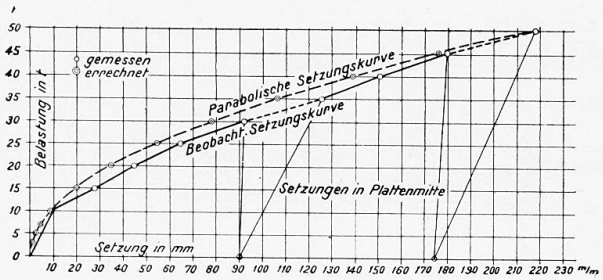

Fig. 2.

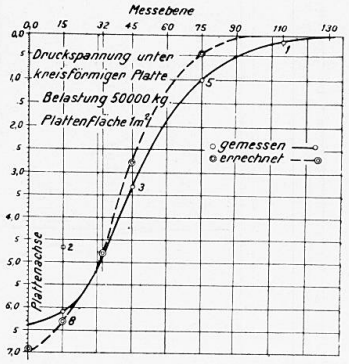

Fig. 3.

Fig. 2.

Mesuré. — Gemessen. — Measured.
Calculé. — Errechnet. — Calculated.
Courbe parabolique d'affaissement. — Parabolische Setzungskurve. — Parabolic settling curve.
Affaissement observé. — Beobacht. Setzungskurve. — Parabolic settling curve.
Affaissements au centre de la dalle. — Setzungen in Plattenmitte. — Settlings in the middle of the plate.
Affaissement en mm. — Setzungen in mm. — Settling in mm.
Charge en tonnes. — Belastung in t. — Load in tons.

Fig. 3.

Plan de mesure. — Messebene. — Measurement plane.
Contrainte de compression au-dessous de la dalle circulaire. — Druckspannung unter kreisförmiger Platte. — Compression stresses under circular plate.
Surface de la dalle. — Plattenfläche. — Plate surface 1 sq. m.
Mesuré. — Gemessen. — Measured.
Calculé. — Errechnet. — Calculated.
Axe de la dalle. — Plattenachse. — Plate axis.

deren durch die Lage der Messdosen angedeuteter Diagonalschnitt eine ähnliche Form zeigt, wie die Verteilungskurve der senkrechten Bodenspannungen. Es wird sich bei ähnlichen Bodenbelastungen empfehlen, die Bodenbewegungen durch eingelagerte Körper zu verfolgen.

Bei Berechnung der lotrechten Bodenspannungen in kohäsionslosen Böden, (Fig. 3) nach der Formel von Strohschneider

$$\sigma_z = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi} \frac{(\cos \varphi - \operatorname{ctg} \varphi_0 \sin \varphi) \cos^4 \varphi}{(1 - \cos \varphi_0) \cdot Z^2}$$

bereitet die Wahl von φ_0 besonders bei grösseren Fundamentflächen Schwierigkeiten. Wir haben daher versucht, aus den bisher veröffentlichten Versuchen

über die Messungen von Bodenspannungen unter Platten Schlüsse auf die Grösse von φ_0 zu ziehen. Angenommen wurde : Parabolische Verteilung des Sohlendruckes in achsen-symmetrischen Schnitten, kreisförmige starre Platte, senkrechte Belastung, Addition der von einzelnen Kräften in einem Punkte hervorgerufenen senkrechten Spannungen. Legt man die Bezeichnungen von

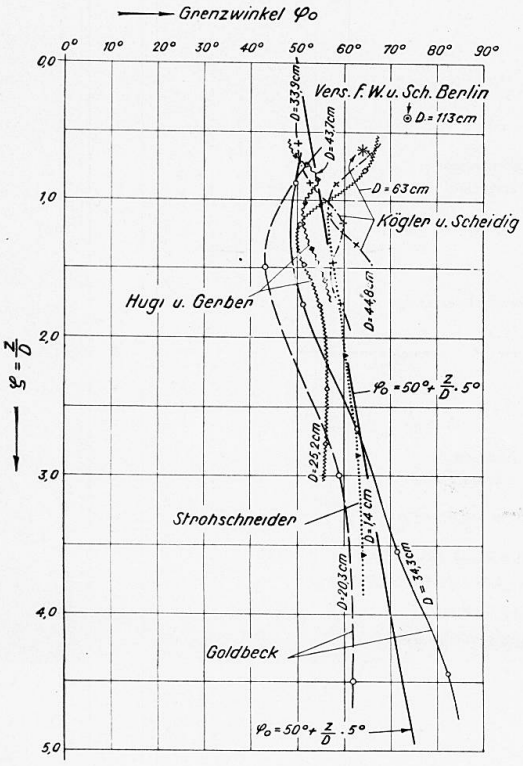

Fig. 4.

Angle limite. — Grenzwinkel. — Limiting angle. — Laboratoire d'Essais de Constructions Hydrauliques et Navales de Berlin. — Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau Berlin. — Institute for Research in Hydraulics and Ship-building.

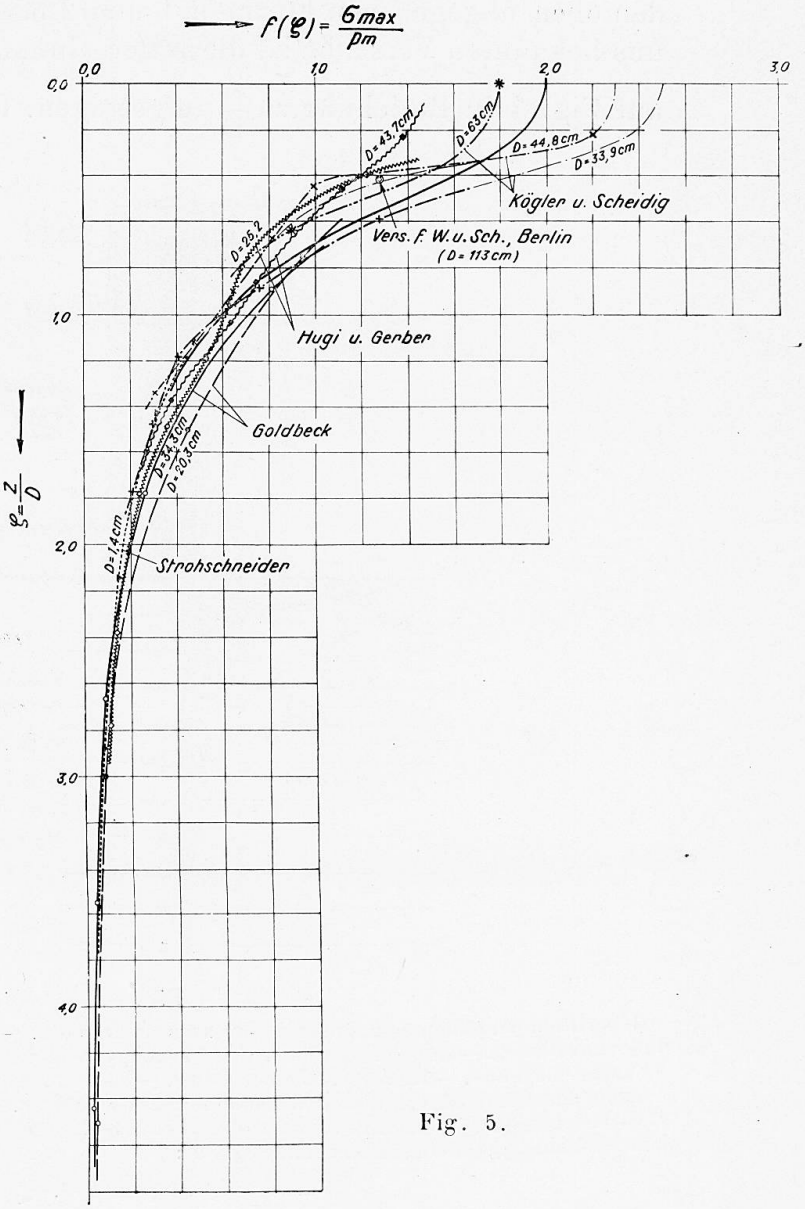

Fig. 5.

Fig. 5 zugrunde, so lässt sich die lotrechte Spannung σ_{max} in der Plattenmitte durch folgende Formeln ausdrücken.

1) Für den Fall $\bar{\varphi} < \varphi_0$

$$\frac{\sigma_{max}}{p_{max}} (1 - \cos \varphi_0) = 1 - 2 (1 - \cos \bar{\varphi}) \operatorname{ctg}^2 \bar{\varphi}$$

$$- \operatorname{ctg} \varphi_0 . \left[\sin \bar{\varphi} + 3 \operatorname{ctg}^2 \bar{\varphi} - ln \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\bar{\varphi}}{2}\right) \right]$$

2) Für den Fall $\bar{\varphi} > \varphi_0$

$$\frac{\sigma_{max}}{p_{max}} = 1 - \frac{\operatorname{ctg}^2 \bar{\varphi}}{1 - \cos \varphi_0} \left[2 + \cos \varphi_0 - 3 \operatorname{ctg} \varphi_0 \, ln \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2} \right) \right]$$

Man kennt aus den Versuchen σ_{max}, p_m und damit p_{max}, $r = \frac{1}{2D}$ und Z. Aus den oben angegebenen Formeln 1 und 2 lässt sich dann φ_0 berechnen. Für die uns bekannten Versuche ist diese Berechnung durchgeführt. Die Werte φ_0 sind auf Fig. 4 in Beziehung zu $\frac{Z}{D}$ aufgetragen. Den gleichmässigsten Verlauf zeigt

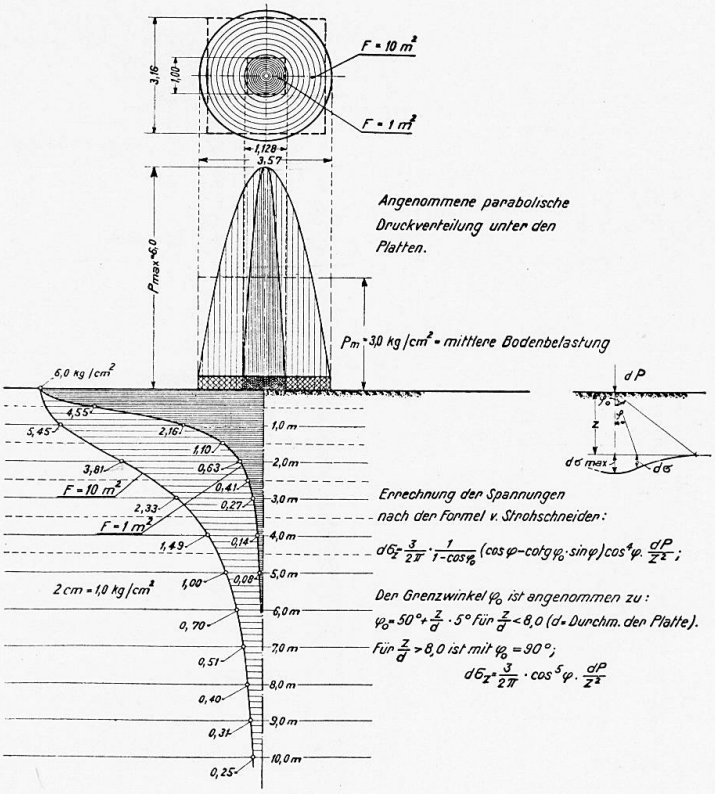

Fig. 6.

Répartition parabolique supposée au-dessous de la dalle. — Angenommene parabolische Druckverteilung unter den Platten. — Assumed parabolic distribution of pressure under the plates.
Charge moyenne. — Mittlere Bodenbelastung. — Mean load on ground.
Calcul des contraintes suivant la formule de Strohschneider. — Errechnung der Spannungen nach der Formel v. Strohschneider. — Calculation of the stresses according to Strohschneider's formula.
L'angle limite φ_0 est considéré comme égal à :

$$\varphi_0 = 50^\circ + Z/d.\ 5^\circ \text{ pour } Z/d. < 8 \text{ (d = diam. dalle)}$$

Pour $Z/d > 8$ avec $\varphi_0 = 90^\circ$:

$$d\sigma_z = \frac{3}{2\pi} \cdot \cos^5 \varphi \cdot \frac{dP}{Z^2}$$

Der Grenzwinkel φ_0 ist angenommen zu.

$$\varphi_0 = 50^\circ + Z/d.\ 5^\circ \text{ für } Z/d < 8{,}0 \text{ (d = Durchm. der Platte)}$$

Für $Z/d > 8{,}0$ ist mit $\varphi_0 = 90^\circ$;

$$d\sigma_z = \frac{3}{2\pi} \cdot \cos^5 \varphi \cdot \frac{dP}{Z^2}$$

The limiting angle φ_0 is assumed to be :

$$\varphi^\circ = 50^\circ + Z/d.\ 5^\circ \text{ for } Z/d < 8{,}0 \text{ (d = diam. of the plate)}$$

For $Z/d > 8{,}0$ with $\varphi_0 = 90^\circ$;

$$d\sigma_z = \frac{3}{2\pi} \cdot \cos^5 \varphi \cdot \frac{dP}{Z^2}$$

die Kurve der Strohschneider-Versuche. Wir möchten vorschlagen, für Rechnungen nach der Strohschneider Formel den Winkel φ_0 nach der Beziehung $\varphi_0 = 50^\circ + \frac{Z}{D} \cdot 5^\circ$ zu ermitteln. Diese φ_0 Linie ist auf Fig. 4 stark ausgezogen dargestellt.

Fig. 5 zeigt für die verschiedenen Versuche die Werte $\frac{\sigma_{max}}{p_m}$ in Beziehung zu $\frac{Z}{D}$ (p_m = mittl. Bausohlenpressung, σ_{max} = lotrechte Bodenspannung in der

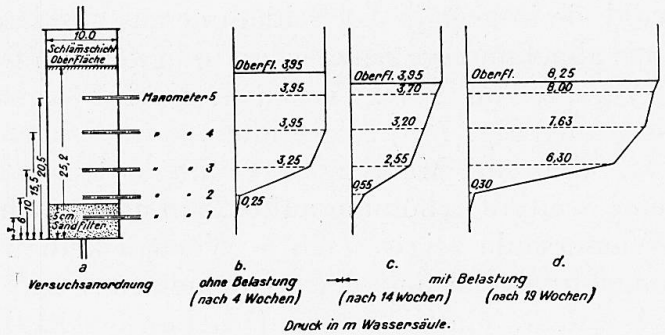

Fig. 7.

Surface de la couche de limon. — Schlammschicht Oberfläche. — Surface of cleansing layer.
Filtre à sable. — Sandfilter. — Sandfilter.
Dispositif d'essai. — Versuchsanordnung. — Test arrangement.
Surface. — Oberfläche. — Surface.
Sans charge (au bout de 4 semaines). — Ohne Belastung (nach 4 Wochen). — Without loading (after 4 weeks).
En charge (au bout de 14 semaines) (au bout de 19 semaines). — Mit Belastung (nach 14 Wochen) (nach 19 Wochen). — With loading (after 14 weeks) (after 19 weeks).
Pression en mm. d'eau. — Druck in mm Wassersäule. — Pressure in mm water column.
Manomètre. — Manometer. — Pressure gauge.

Plattenmitte in der Tiefe z. Die Kurven weichen besonders bei kleinen $\frac{Z}{D}$ Werten sehr von einander ab. Die für $\varphi_0 = 50^\circ + \frac{Z}{D} \cdot 5^\circ$ errechnete Kurve ist stark ausgezogen dargestellt.

Fig. 6 zeigt für 2 verschieden grosse Platten von 1,0 m² und 10,0 m² Grundfläche die nach Strohschneider errechnete Bodenpressung unter der Plattenmitte in verschiedener Tiefe Z. Die Druckverteilung unter den starren, kreisförmigen Platten ist parabolisch angenommen. Beide Platten haben die gleiche mittlere Bodenpressung $p_m = 3{,}0$ kg/cm². Man sieht, dass der Druck der grossen Platte in viel grössere Tiefen reicht als der der kleinen Platte. Sie kann somit Bodenschichten erfassen und verdichten, die ausserhalb des wirksamen Druckbereiches der kleinen Platte liegen. Man muss daher bei den Schlussfolgerungen aus Probebelastungen besonders bei Boden wechselnder Zusammensetzung sehr vorsichtig sein.

2. — Wasserdruck in bindigen Böden.

Fig. 7 zeigt einen Apparat, der den Wasserdruck in verschiedener Höhe einer Bodenschlämme mit Hilfe von Manometern von äusserst geringem Wasserverbrauch anzeigt. Es handelt sich bei dem Boden um einen lössartigen Lehm, der in rd. 20 cm Höhe in einzelnen Schichten unter 1,65 m Was-

serdruck eingeschlämmt wurde auf ein unten im Apparat befindliches Kiesfilter.

Durch den Versuch war festzustellen, ob die Schlämme nur im unteren direkt auf dem Kies liegenden Teil gegen Wasserdurchzug dichtete, oder ob der ganze Schlämmkörper an der Drucküberträgung der Wassersäule teilnimmt. Sofort nach Einschlämmen der ersten, etwas über das 2. Manometer reichenden Schicht trat eine erhebliche Verminderung der Durchflussmenge ein. Manometer 2 zeigte 1,65 m Wasserhöhe. Beim weiteren Einschlämmen sank der Druck in Manometer 2 und erreichte 0,2 m Wassersäule als die Schlämme 0,17 m hoch war. Die Manometer 3 bis 5 zeigten den vollen Wasserdruck von 1,65 m, obwohl sie innerhalb der Schlämme ausmündeten. Die Schlämme verdichtete sich mit abnehmender Setzgeschwindigkeit um 6 % ihrer ursprünglichen Höhe im Verlauf von 2 1/2 Wochen. Nach Steigerung des Druckes auf 3,95 m Wassersäule (Fig. 7 b) zeigte Manometer 3 einen geringen Druckabfall auf 3,25 m, während Manometer 4 und 5 den vollen Wasserdruck behielten. Auch eine weitere Erhöhung auf 8,25 m und anschliessendes Absenken auf 1,65 m Wassersäule zeigte nach 6 Wochen keinen Druckabfall zwischen der Dichtungsoberfläche und den Manometern 4 und 5, einen geringen Abfall zwischen 4 und 3, einen starken Druckunterschied zwischen 3 und 2 und einen schwachen Abfall zwischen 2 und 1 (Fig. 7 b).

Um die Wirkung einer schützenden Kiesschicht auf die Schlämme festzustellen, wurde sie durch eine durchlässige Platte mit 0,017 kg/cm² belastet. Es trat dadurch eine weitere Verdichtung der Schlämme um 10 % ihrer ursprünglichen Höhe ein. Auch die oberen Manometer zeigten jetzt einen geringen Druckabfall. Fig. 7 *c* und *d* zeigen die Druckverteilung bei 3,95 m und 8,25 m Wassersäule nach 14 bezw. 19 Wochen Durchsickerung. Die Hauptdichtung und damit der grösste Druckabfall liegt zwischen Manometer 2 und 3. Es müssen sich hier beim Einschlämmen besonders feine Teile abgelagert haben. Die Durchlässigkeitsziffer nach der Formel von Darcy wurde für diese Schicht zu $k = 0{,}9 \times 10^{-4}$ cm/Min. bestimmt.

Wurde der Abfluss des Apparates gesperrt, so stieg in kurzer Zeit der Druck in sämtlichen Manometerrohren auf den vollen oberhalb der Schlämme herrschenden Wasserdruck. Die Oberfläche des Kiesfilters hatte dann nur das Gewicht der festen Schlämmteilchen zu tragen, vermindert um ihren Auftrieb. Sobald der Abfluss des Apparates soweit geöffnet wurde, dass im Filter kein Wasserdruck herrschte, hatte die Filteroberfläche ausser dem bereits angegebenen Gewicht das Gewicht der Wassersäule zu tragen, das durch die Reibung des durchziehenden Wassers auf die Schlämmteilchen übertragen wurde.

3. — Verdichtungsversuche mit bindigem Boden.

Die Versuche unterscheiden sich von denen ähnlicher Art dadurch, dass grössere Bodenproben (Bodenzylinder von rd. 17 cm Höhe) genommen wurden. Bei den verwendeten hohen Drücken (bis 10,0 kg/cm²) und der geringen Durchlässigkeit der Tonprobe zogen sich die Versuche über 1 1/2 Jahre hin. Sie wurden im thermostatischen Raum ausgeführt, um den Einfluss von Temperaturänderungen auszuschalten. Die Art der verwendeten Apparate gestattete gleichzeitig, den bei senkrechter Belastung in der Probe auftretenden Seitendruck zu messen.

Fig. 8 zeigt die verwendete Apparatur. Ein starkwandiger Glaszylinder ist durch eine metallene Bodenplatte und durch einen Deckel abgeschlossen, in dem sich ein Zylinder mit Kolben befindet. Der Kolben dient zur Belastung der Bodenprobe, welche sich in dem mit Wasser gefüllten Glaszylinder befindet. Die Bodenprobe ist gegen ihren Wassermantel durch eine dünne Gummihaut abgeschlossen. Sie wird bei der Belastung seitlich durch den

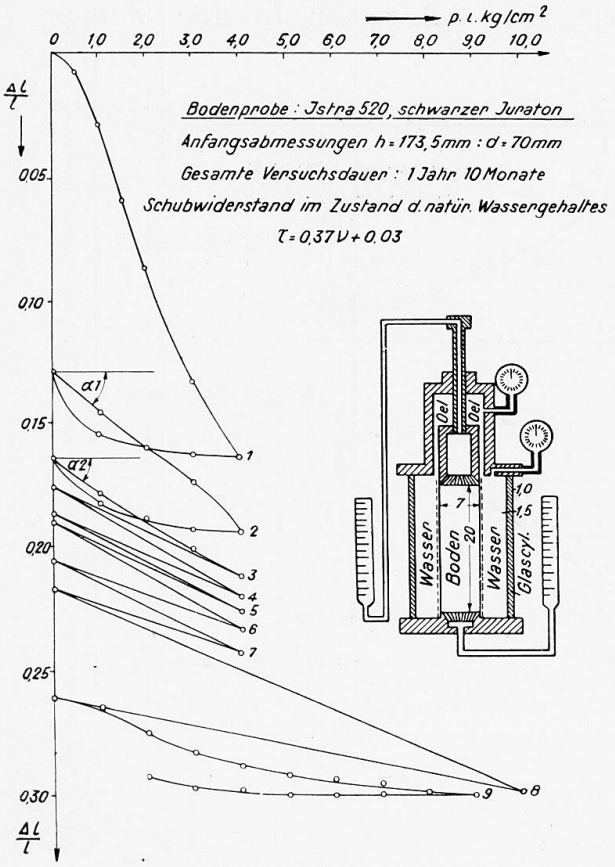

Fig. 8.

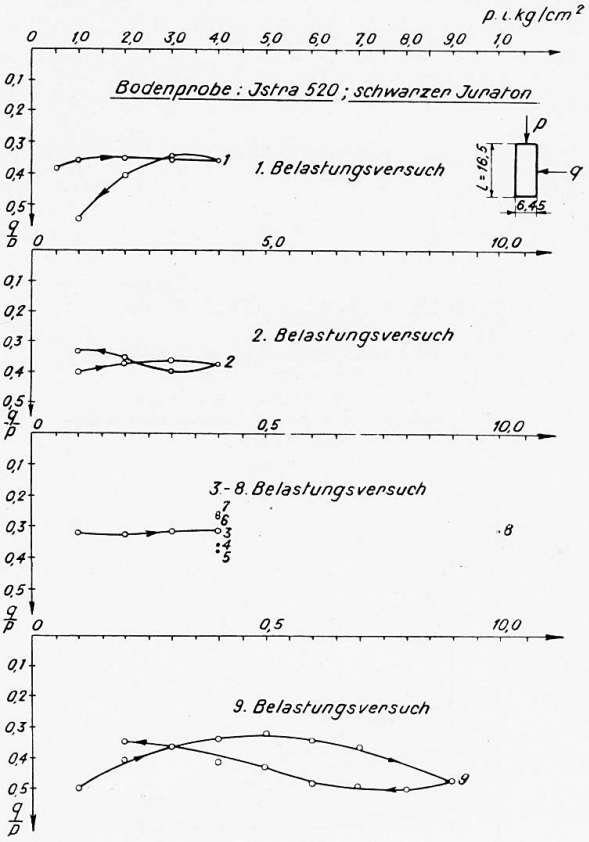

Fig. 9.

Fig. 8. — Essai de sol Istra 520, argile jurassique noire. — Bodenprobe : Istra 520, schwarzer Juraton. — Soil test . Istra 520, black Jura clay.

Dimensions au début de l'essai h = 173,5 mm — d = 70 mm. — Anfangsabmessungen... —Initial measurements.....

Durée totale de l'essai 1 an et 10 mois. — Gesamte Versuchsdauer : 1 Jahr 10 Monate. — Total duration of test : 1 year 10 months.

Résistance à l'état naturel d'humidité. — Schubwiderstand im Zustand d. natür. Wassergehaltes... — Shear resistance in state with natural water content...

Huile. — Oel. — Oil.

Eau. — Wasser. — Water.

Sol à étudier. — Boden. — Soil.

Cylindre de verre. — Glaszylinder. — Glass cylinder.

Fig. 9. — Essai de sol Istra 520, argile jurassique noire. — Bodenprobe : Istra 520, schwarzer Juraton. — Soil test : Istra 520, black Jura clay.

Essai de charge ... — Belastungsversuch. — ... loading test.

Wassermantel gehalten und ist dadurch in ihrer Seitenausdehnung ausserordentlich beschränkt. Andererseits tritt beim Setzen der Probe während der Belastung keine Reibung an den Seitenwandungen auf. Die seitliche Führung der Probe durch eine Wasserhülle und ihre Sicherung gegen das Eindringen

des Wassers durch eine Gummihaut wurde bei diesem Apparat zum erstenmal durchgeführt. Die Belastung des Kolbens geschieht durch Druckluft unter Zwischenschaltung von Oel als Drucküberträger. Das Porenwasser, welches dem Boden während der Belastung ausgepresst wird, kann an den Stirnenden der Probe durch feine Bohrungen ausfliessen und wird in besonderen Messgläsern gemessen. Die Bewegung des Kolbens und damit das Setzen der Probe wird durch eine Messuhr mit 1/100 mm Genauigkeit gemessen.

Fig. 8 zeigt die Verdichtungskurve für einen schwarzen Juraton, dessen

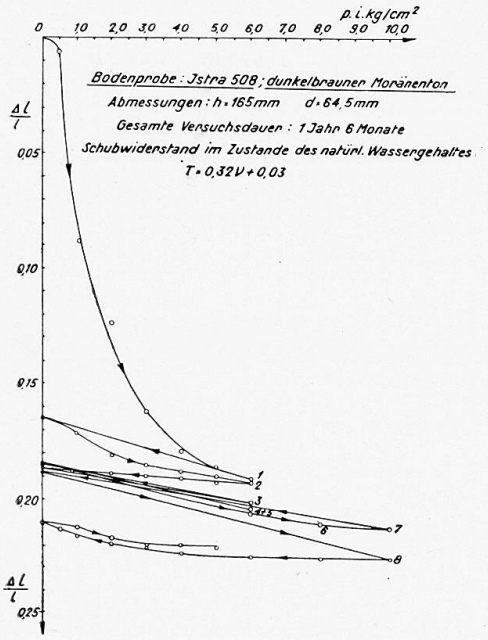

Fig. 10.

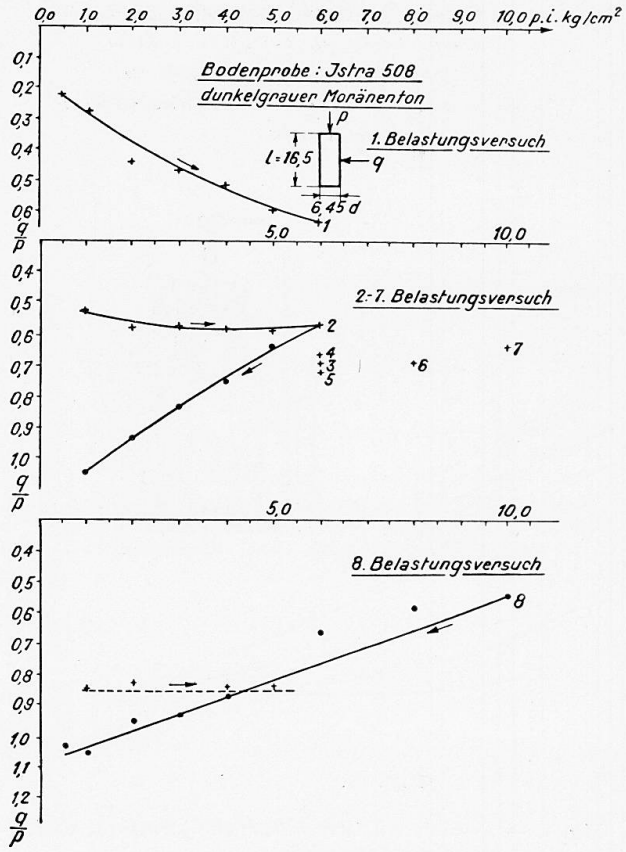

Fig. 11.

Fig. 10. — Essai de sol Istra 508, argile morainique brun-foncé. — Bodenprobe : Istra 508, dunkelbrauner Moränenton. — Soil test : Istra 508, dark-brown Moraine clay.
Dimensions. — Abmessungen . — Measurements.
Durée totale de l'essai : 1 an 6 mois. — Gesamte Versuchsdauer: 1 Jahr 6 Monate. — Total duration of test : 1 year 10 months.
Résistance à l'état naturel d'humidité. — Schubwiderstand im Zustande des natürl. Wassergehaltes. — Shear resistance in state with natural water content.

Fig. 11. — Essai de sol Istra 508, argile morainique gris-foncé. — Bodenprobe : Istra 508, dunkelgrauer Moränenton. — Soil test : Istra 508, dark-gray Moraine clay.
Essai de charge. — Belastungsversuch. — Loading test.

Schubwiderstand im Zustande des natürlichen Wassergehaltes zu

$$\tau = 0{,}37\ \nu + 0{,}03$$

bestimmt wurde. Der Boden wurde mehrfach ent- und belastet. Der Elastizitätsmodul des verdichteten Bodens ergab sich nach erstmaliger Ent-

und Belastung zu $E_1 = \text{ctg}\ \alpha_1 = 63$ kg/cm². Bei der nächsten Ent- und Belastung ergab sich $E_2 = \text{ctg}\ \alpha_2 = 80$ kg/cm². Die Federung des Bodens war also geringer geworden. Mehrfache Ent- und Belastungen des Bodens bis 10 kg/cm² bewirkten ein ständiges weiteres Verdichten des Bodens. Der Versuch wird noch fortgesetzt und zwar mit Drücken bis 10 kg/cm², um die Aenderung von E zu verfolgen.

Fig. 9 zeigt das Verhältnis des Seitendruckes q zum Belastungsdrucke p des Bodens bei den verschiedenen Be- und Entlastungen. Es schwankt zwischen 0,3 und 0,5 und zeigt Hysteresisschleifen. Man wird für den mittleren Teil der Probe p und q als Hauptspannungen ansehen können. Für $\text{tg}\ \rho = 0{,}37$ ist für den Fall des Auftretens von Gleitbewegungen in dem Probekörper $\frac{q}{p} = 0{,}48$. Dieser Wert stellt den Kleinstwert dar. Da die gemessenen Werte $\frac{q}{p}$ fast alle $< 0{,}48$ sind, muss die Kohäsien der Bodenprobe durch die erheblichen Verdichtungen gegenüber dem Schubwiderstandsversuche vermehrt worden sein.

Fig. 10 zeigt die Verdichtungskurven für einen dunkelbraunen Moränenton, dessen Schubwiderstand im Zustande des natürlichen Wassergehaltes

$$\tau = 0{,}32\ \nu + 0{,}03$$

beträgt. Bei Belastungen bis 6,0 kg/cm² wurde der Elastizitätsmodul nach mehrfachen Ent- und Belastungen für $p = 2{,}0$ kg/cm² zu $E = 320$ kg/cm² ermittelt.

Fig. 11 zeigt, dass das Verhältnis $\frac{q}{p}$ wesentlich höher liegt als bei der vorher erwähnten Probe (Fig. 9). Nach dem Reibungswiderstande des Bodens muss für $\text{tg}\ \rho = 0{,}32$ das Verhältnis $\frac{q}{p} = 0{,}52$ sein, so lange Verschiebungen der Bodenteilchen innerhalb der Probe stattfinden, die den vollen Reibungswiderstand auslösen. Die gemessenen Werte liegen besonders am Ende des Versuches wesentlich höher. Es wird das daran liegen, dass der stark verdichtete Boden nur noch wenig Bewegungen ausführte, sodass auch die grösste auftretende Spannungsabweichung von der Flächennormalen nur gering war, das Spannungsellipsoid sich also der Kugel näherte.

Die mitgeteilten Untersuchungsergebnisse stellen nur kleine Beiträge zu den verschiedenen Fragen dar, die sich aus dem Gebiete des Erdbaues und besonders aus dem der Flachgründungen ergeben und die nur durch zahlreiche und sorgfältige Bodenuntersuchungen in Verbindung mit der Beobachtung des Verhaltens des Bodens unter fertigen Bauwerken ihre Beantwortung finden werden.

Traduction.

La section d'étude des terrains de la station d'Essai des Constructions Hydrauliques et Navales de Berlin s'est occupée de recherches dans le domaine de la capacité de charge des terrains de fondation. Quelques-uns des résultats obtenus sont indiqués ci-après.