Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe

Band: 55 (1977)

Heft: 7

Artikel: Verdichtungsprobleme beim Wiedereinfüllen von Leitungsgräben

Autor: Hochstrasser, Hans

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-874143

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

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

Verdichtungsprobleme beim Wiedereinfüllen von Leitungsgräben

Hans HOCHSTRASSER, Winterthur

621.315.23:624.138.046:625.731

Zusammenfassung. *Mangelhaft verdichtete Leitungsgräben führen zu schädlichen Deformationen, Setzungen, Bildung von Rillen und Belagsrissen. Der Plattendruckversuch ist ein geeignetes Mittel zur Bestimmung des M_E-Wertes, einem Mass für die Setzungsempfindlichkeit des Materials.*

Problèmes de compression lors du comblement des tranchées de câbles

Résumé. *Les tranchées de câbles mal comblées conduisent à des déformations nuisibles, à des tassements, à la formation de crevasses ou de fissures du revêtement. On décrit ici un essai de pression, au moyen d'une plaque, méthode qui permet de déterminer le coefficient M_E, qui traduit la réaction à la compression du matériau.*

Problemi di costipazione nei casi di riempimento delle trincee per linee sotterranee

Riassunto. *Le trincee per la posa di cavi telefonici, costipate insufficientemente, provocano deformazioni o abbassamenti del terreno, la formazione di solchi oppure fessure nello strato di rivestimento. Il dispositivo di pressione mediante placche è un mezzo adatto per la determinazione del valore M_E, cioè una misura per la sensibilità di costipazione del materiale.*

1 Einleitung

Fussgänger oder Automobilisten haben sicher schon beobachtet, dass wiedereingefüllte Gräben nach einer gewissen Zeit «einsenken». Den Ursachen dieser Erscheinung auf den Grund zu gehen, ist das Ziel dieses Beitrages.

2 Anforderungen an eine Strasse

Während früher Strassen und Wege angelegt werden mussten, die lediglich für Fussgänger, Reiter oder langsam fahrende Wagen als sichere Unterlagen zu dienen hatten, haben sich heute die Bedingungen wesentlich geändert. Mit dem Aufkommen der Motorfahrzeuge und der schweren Lastwagen stellen sich dem Strassenbau neue, veränderte Aufgaben. Sie können mit den herkömmlichen, auf Erfahrung und Handwerk gegründeten Methoden nicht mehr gelöst werden.

Die modernen Verkehrsmittel beanspruchen mit ihren hohen Radlasten und ihrer starken Frequenz den Strassenkörper und dessen Untergrund in einem bis vor kurzem unvorstellbaren Ausmass. Strassenkörper und Baugrund müssen in der Lage sein, diese Lasten ohne Schaden aufzunehmen. Dazu gilt es, die physikalischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften der vorkommenden Materialien zu untersuchen.

Eine neue Disziplin, die Bodenmechanik, widmet sich der Erforschung dieser Bodeneigenschaften. Die Erkenntnisse dieser jungen, angewandten Naturwissenschaft finden seit einiger Zeit im Strassenbau Anwendung. Die Kenntnis der Bodeneigenschaften sowie der Zusammenhänge zwischen diesen und dem Verhalten der Lockergesteine unter verschiedenster Beanspruchung fehlte früher fast vollständig. Erst die Veröffentlichung des Werkes «Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage» (1925) wurde dem Ruf nach besseren Grundlagen für die Beurteilung der Böden gerecht. Es ist daher nicht erstaunlich, dass noch viele Jahre später die systematische Verdichtung von schichtweise angelegtem Material wenig verbreitet war. Eine grundlegende Aenderung trat ein, als *R. Proctor* im Jahre 1933 seine Artikelserie über «fundamentale Prinzipien der Bodenverdichtung» veröffentlichte. Proctor hat mit seinen Versuchen die Zusammenhänge zwischen der Tragfähigkeit eines Bodens und den Beziehungen zwischen Trokkenraumgewicht und optimalem Wassergehalt nachgewiesen.

Strassen wurden bis dahin aufgrund der Erfahrungen der Strassenbauingenieure empirisch dimensioniert und aufgebaut. Normen gab es keine.

3 AASHO-Strassentest

Die American Association of State Highway Officials (Amerikanische Vereinigung staatlicher Strassenämter), aufgeschreckt durch die hohen Unterhaltskosten des Strassennetzes, machte sich 1952 an die Lösung der Probleme heran. Das Ziel des Versuches wurde so formuliert: Es sind die signifikanten Beziehungen zu finden zwischen der Anzahl Wiederbelastungen mit bestimmten Achslasten (von verschiedenen Gewichten, verschiedener Anordnung) und dem Verhalten von gleichmässig dimensionierten und gebauten Decken aus Asphaltbeton und bewährtem Portlandzementbeton verschiedener Dicken auf verschieden dicken Trag- und Fundationsschichten, wenn der Untergrund aus einem Boden mit bekannten Eigenschaften besteht.

Mit den Bauarbeiten auf dem Versuchsareal bei Ottawa Ill. wurde 1956 begonnen. Der Testverkehr dauerte 25 ½ Monate bis gegen Ende 1960. Die Decken und Brükken, die den Test überstanden, hatten in dieser Zeit 1 114 000 Lastwechseln standgehalten.

Als der AASHO-Bericht in der Schweiz bekannt wurde (1963), erfolgten zuerst umfangreiche Untersuchungen durch acht kantonale und zwei städtische Strassenbauverwaltungen. Die Messungen wurden der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau, der EMPA und dem Laboratoire de Lausanne zur Auswertung zugestellt. Der neuzeitliche Strassenbau hatte begonnen.

Normen für Aushubsarbeiten bestehen nur für Strassenentwässerungen (Schweizerischer Normen-Verband, SNV 40 535, Ziffer 11 . . .18). Die PTT-Betriebe zum Beispiel haben die Grabeneindeckung in Ziffer 9 ihrer Baubestimmungen festgehalten. Bezeichnenderweise gilt immer noch der Passus «*Normalerweise gilt als Regel, dass bei Handarbeit für das Einstampfen gleich viel Arbeiter eingesetzt werden müssen wie für das Einfüllen*».

4 Verdichten

Ziel der Verdichtung ist, dem Bauteil Tragfähigkeitseigenschaften zu verleihen, die Setzungen, Deformationen, Risse usw. ausschliessen. Man erreicht dies durch

- Vermindern des Hohlraumgehaltes, das heisst durch «Schliessen» der Makroporen bei bindigen Böden

- Erhöhen der Lagerungsdichte, das heisst Kornumlagerungen bei nichtbindigen Böden

Dadurch wird die Setzempfindlichkeit vermindert, die Durchlässigkeit verringert, die Scherfestigkeit erhöht und damit verbunden eine grössere Tragfähigkeit erreicht.

Nichtbindige Böden – Kies, Sand, Silt und deren Gemenge – haben vorwiegend eine körnige Struktur. Das in den Poren vorhandene Wasser lagert sich an den Berührungspunkten der Einzelkörner meniskusförmig ab. Diese Menisken wirken wie Schmierstellen und erleichtern dadurch die Umlagerung der Bodenkörner.

Das Verhalten der bindigen Böden wird durch den Tonanteil bestimmt. Dieser hat im Gegensatz zu den gröberen Fraktionen eine stenglige oder plättchenartige Struktur. Die Tonteilchen treten dabei immer in grösseren Ansammlungen auf.

Praktisch geht es bei der Verdichtung plastischer Böden darum, diese Zusammenballung derart ineinanderzudrükken, dass die dazwischenliegenden Makroporen verschwinden. Diese Verdichtung stellt für das Zusammenspiel von Wassergehalt, Verdichtungsarbeit und dazu verwendetem Gerätetyp komplizierte Probleme.

5 Einfluss des Wassergehaltes

Die Tragfähigkeit eines Materials hängt weitgehend von seinem Wassergehalt während der Verdichtungsphase ab. Dies wirkt sich auf die Bestimmung des M_E-Wertes aus, einem Mass für die Setzungsempfindlichkeit des Materials. Als gute Faustregel gilt, dass der *optimale Wassergehalt* W_{opt} für Wandkies ungefähr dem Feinanteil $< 0{,}2$ mm entsprechen soll. W_{opt} ist der Wassergehalt, den man benötigt, um eine Bodenart bei Anwendung der geringsten Verdichtungsenergie auf die grösstmögliche Dichte zu bringen.

Mit dem *Proctor-Versuch* werden das Trockenraumgewicht γ_d und der optimale Wassergehalt W_{opt} bestimmt. Beide Grössen sind voneinander abhängig und für den Boden ein Charakteristikum.

Mit Hilfe des Proctor-Versuches wird festgestellt, ob der Wassergehalt des Bodens in einem Bereich liegt, bei dem eine genügende Verdichtung ohne weiteres möglich ist oder ob besondere Massnahmen zu treffen sind. Die *Proctor-Dichte* ist die Grundlage für die Nachprüfung der Verdichtung auf der Baustelle *(Fig. 1)*. Die dabei bekannten Verfahren (Sandersatzmethode, Ballonmethode, Isotopengerät) eignen sich für bindige Böden.

6 Verdichtungsversuch

Der *Plattendruckversuch* gibt eine Möglichkeit der Verdichtungsnachprüfung. Auf die zu prüfende Materialschicht wird eine Stahlplatte von 700 cm² Fläche satt aufgelegt. Diese Platte wird mit Hilfe einer hydraulischen Presse belastet, wobei die Last stufenweise gesteigert wird. Die Setzung der Platte unter den einzelnen Druckstufen wird gemessen. Aus ihnen kann der sogenannte M_E-Wert, ein Mass für die Setzungsempfindlichkeit des Materials, berechnet werden.

Der Elastizitätsmodul (M_E-Wert) ist, ganz allgemein ausgedrückt, ein Werkstoffwert, der die Widerstandsfähigkeit gegenüber Verformungen kennzeichnet.

Der Plattenversuch dient im Strassenbau

- der Ermittlung der Tragfähigkeit des Untergrundes und
- der Kontrolle der Verdichtung des Unterbaus, der Fundations- und Tragschicht, sofern diese weder bituminös noch zementgebunden ist.

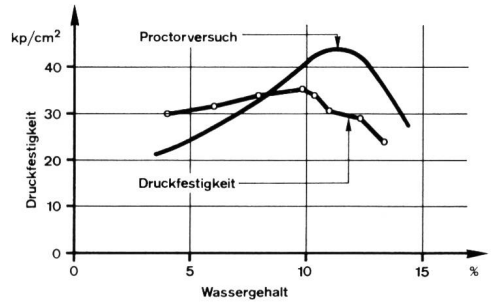
61 Durchführung des Versuches

- Um ein sicheres Aufliegen der Bodenplatte zu gewährleisten, wird diese zunächst mit 0,2 kg/cm² vorbelastet, wobei das Eigengewicht von Platte und Presse mitzurechnen ist.
- Dann werden die Messuhren auf 0 eingestellt.
- Durch stossfreies Bedienen der Presse wird die Platte nun auf die erste Stufe, das heisst auf 0,5 kg/cm² Last gebracht.
- Sobald diese Laststufe erreicht ist, werden die Messuhren bei bindigen Böden nach 3, 6, 9 Minuten usw. beziehungsweise bei nichtbindigen Böden nach 2, 4, 6 Minuten usw. abgelesen und die Ergebnisse im Protokoll eingetragen.
- Die Steigerung zur nächsten Laststufe wird vorgenommen, sobald die Setzung nach 3 beziehungsweise 2 Minuten weniger als 0,05 mm beträgt. Die bei der ersten Laststufe ermittelte Belastungszeit muss bei den folgenden Laststufen ebenfalls eingehalten werden.
- Nach Beginn der Messung darf die Messeinrichtung nicht mehr berührt werden. Erschütterungen sind zu vermeiden.

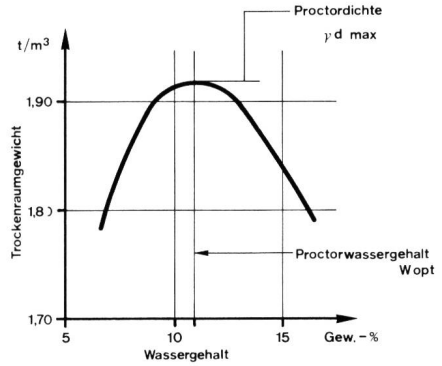
Es sind folgende *Laststufen* anzuwenden:

- Für den Untergrund und den Unterbau von 0,5 bis zur Endbelastung von 2,5 kg/cm² in Stufen zu 0,5 kg/cm²
- Für die Fundationsschicht von 0,5 an bis zur Endbelastung von 4,5 kg/cm² in Stufen zu 1 kg/cm²

Abgesehen vom Nachweis eines bestimmten M_E-Wertes kann als sicheres zusätzliches Kriterium für eine setzungs-



a



b

Fig. 1a
Druckfestigkeit und Proctor-Dichte eines Bodens

Fig. 1b
Proctor-Kurve

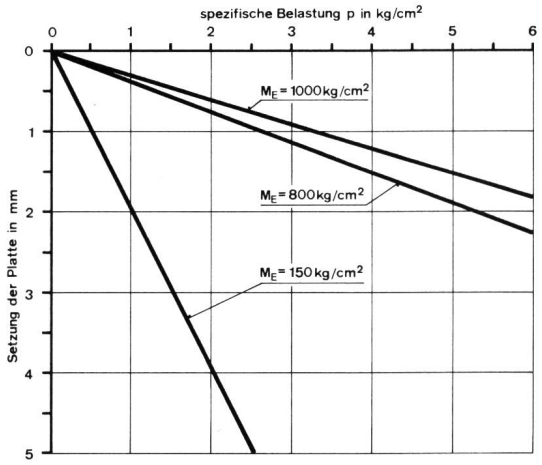


Fig. 2
Elastizitätsmodulkurve

$$M_E = f_0 \cdot \frac{\triangle p}{\triangle s} \cdot D \text{ in kg/cm}^2$$

f_0 Formfaktor der Spannungsverteilung, für runde Platten = 1
p Von der Platte auf den Boden übertragene spezifische Belastung in kg/cm²
$\triangle p$ Differenz zweier Laststufen in kg/cm²
D Plattendurchmesser in cm
$\triangle s$ Differenz der Setzungen in cm der kreisförmigen, starren Lastplatte bei Änderung der spezifischen Belastung um $\triangle p$

freie Planie der Verhältniswert $M_E' : M_E$ (Verformungsmodul aus Zweit- durch Erstbelastung) angesehen werden. Dieser Wert sollte in allen Fällen kleiner als 2,2 sein. Ist er grösser, so werden unweigerlich Setzungen auftreten *(Fig. 2* und *3)*.

7 Anforderungen beim Wiedereinfüllen von Werkleitungsgräben

Für die Verdichtung von Grabenfüllmaterial gelten im Prinzip dieselben Gesichtspunkte wie für normale Schüttungen. Für das Auffüllen von Leitungsgräben ergibt sich als Konsequenz, dass im Idealfall hinsichtlich Verdichtung und Material die ursprünglichen Verhältnisse wiederhergestellt werden sollen. Die Setzungseigenschaften des Grabenfüllmaterials müssen unter Umständen jenen des umgebenden Materials entsprechen. Anzustreben ist, dass die bei Grabenauffüllungen in Strassengebiet bisher häufige Usanz, das Aushubmaterial durch Kiessand (Wandkies) zu ersetzen, in allen Fällen, in denen das zur Verfügung stehende Aushubmaterial es zulässt, verlassen wird.

Die immer noch beobachtete Unsitte, ganze Wagenladungen Wandkies als loses und unverdichtetes Füllmaterial in die Leitungsgräben zu kippen, sollte der Vergangenheit angehören. Der Strasseneigentümer, der Autofahrer und auch der Fussgänger kennt die Folgen.

Die SNV 40 535 «Strassenentwässerung» enthält Vorschriften für den Aushub und das Wiedereinfüllen von Gräben inner- und ausserhalb des Strassenbereiches. Als Strassenbereich ist jenes Gebiet zu verstehen, in dem Setzungen während oder nach den Grabarbeiten vermieden werden müssen.

8 Schlussbetrachtungen

Das Verhindern von Schäden an Strassen als Folge von Leitungsbauten beschäftigt sowohl die Strassen- als auch die Werkeigentümer von Leitungsanlagen. Die Erfahrungen der letzten Jahre, vor allem im Autobahnbau und die statistische Auswertung von Grossversuchen in den USA, haben Erkenntnisse erbracht, die auch im Leitungsbau von Bedeutung sind.

Für die Prüfung der Verdichtung stehen heute verschiedene Methoden zur Verfügung, wobei in der Schweiz für die Messung der Tragfähigkeit von Fundationsschichten die Messung des M_E-Wertes im Vordergrund steht.

Die Durchführung solcher Messungen beim Bau von Werkleitungen hat gezeigt, dass auch beim Auffüllen von wenig breiten Leitungsgräben die verlangten Verdichtungswerte erreicht werden, wenn folgende Regeln strikte beachtet werden:

- Im Strassengebiet ist nur schwere Verdichtung zulässig.
- Die Fundationsschicht hat einer Mindestqualität zu entsprechen.
- In gewissen Fällen ist für eine einwandfreie Verdichtung die Beigabe von Wasser notwendig.
- Die Gerätewahl für die Verdichtung ist sorgfältig vorzunehmen und muss unbedingt der Bodenart angepasst werden.
- Die einzubringende Schichtstärke ergibt sich aus der Wahl des Verdichtungsgerätes.
- Die Anzahl der Passen richtet sich nach dem geforderten M_E-Wert.

Wenn diese Voraussetzungen beachtet werden, ist es möglich, negative Auswirkungen des Wiedereinfüllens von Gräben zu vermeiden.

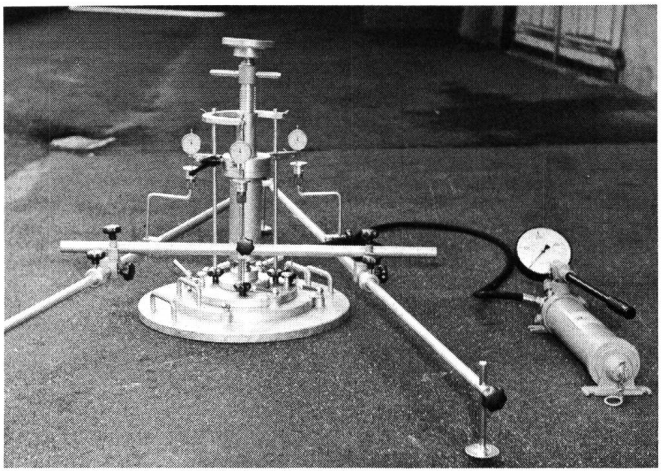


Fig. 3
Darstellung eines Plattendruckversuches