Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 107/108 (1936)

Heft: 3

Artikel: Verteilung des Bodendruckes unter Mauern mit Fundamentverbreiterung

Autor: Enyedi, Bela

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-48234

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: 12.07.2025

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

INHALT: Verteilung des Bodendruckes unter Mauern mit Fundamentverbreiterung. — Die Forster-Verzahnung und ihre Herstellung. — Moderne amerikanische Motor-Omnibusse für Stadtverkehr. — Schweizerische Landesausstellung Zürich 1938. — Mitteilungen: Eidg. Technische Hochschule. Die Wasserversorgung Reinach und Umgebung. Herstellungsgenauigkeit von Normdüsen. Basler Rheinhafenverkehr. Vom Waldmann-Denkmal. Der Luftverkehr Schweiz-England. Gleitschalung im Silobau. Eine Ausstellung für Stadtbau, Architektur und Wohnwesen in Algier. Das Naturhistorische Museum in Bern. — Nekrologe: Friedr. Haller. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Der heutigen Nummer ist «Weiterbauen» Nr. 5 beigeheftet.

Band 107 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Te ls seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 3

Verteilung des Bodendruckes unter Mauern mit Fundamentverbreiterung.

Von Ing. Dr. BELA ENYEDI, Budapest.

Vorbemerkung der Redaktion. Um einen Widerspruch zu den neuesten Erkenntnissen der Erdbaumechanik zu vermeiden, müssen zwei Voraussetzungen des Verfassers etwas näher erläutert werden.

1. Die Voraussetzung der Proportionalität zwischen Bodenpressung und Einsenkung ist im allgemeinen um so weniger erfüllt, je höher die Gründungsfläche liegt und je starrer die Fundamentplatte ist. Man denke sich z. B. eine vollkommen starre Platte auf der horizontalen Oberfläche eines lehmigen, homogenen und in plastischem Zustand befindlichen Untergrundes aufliegend. Nach der Voraussetzung des Verfassers müsste die Bodenpressung unter der Platte gleichmässig verteilt sein, weil die Einsenkung in allen Punkten die selbe ist. In Wirklichkeit ist jedoch die Bodenpressung sehr ungleichmässig verteilt. Sie ist verhältnismässig gross in Plattenmitte und nimmt nach den Rändern hin theoretisch auf 0 ab, weil dort der dem vertikalen Druck entsprechende minimale Seitendruck fehlt. Eine angenäherte Lösung für die Druckverteilung unter starren Platten wurde bereits von Dr. Pihera gegeben («Druckverteilung, Erddruck, Erdwiderstand, Tragfähigkeit», Verlag Jul. Springer, Wien) und durch amerikanische Versuche bestätigt. Trotzdem kann die Berechnung des Verfassers gute Anhaltspunkte geben, da in der Praxis nur relativ elastische Platten vorkommen, die nie unmittelbar an der Oberfläche liegen. Dabei ist zu beachten, dass mit Rücksicht auf die oben geschilderten Verhältnisse der Druckverteilung die Methode von Enyedi für die Plattenmitte etwas zu kleine und für die Randpartien zu grosse Bodenpressungen ergibt. Die durch diese Methode erhaltenen Biegungsmomente der Fundationsplatte sind somit als obere Grenzwerte zu betrachten und können als solche bei der Dimensionierung gute Dienste leisten.

2. Hinsichtlich der Bettungsziffer sei daran erinnert, daß diese für eine gegebene Bodenart keine konstante, sondern eine vom Lastflächendurchmesser abhängige Grösse ist. Daher ist bei der Ermittlung der Bettungsziffer, sei es auf Grund von Angaben in der Literatur, sei es auf Grund direkter Versuche, Vorsicht geboten. Es sollte stets die Lastfläche angegeben werden, auf die sich die empirische Ermittlung der Bettungsziffer bezieht (vgl. A. Scheidig: «Der Löss», S. 117). Die vorbehaltlose Uebertragung einer für eine gewisse Lastfläche bestimmten Bettungsziffer auf eine wesentlich grössere oder kleinere Fläche ohne Berücksichtigung des Lastflächengesetzes kann zu Fehlschlüssen führen.

Wenn das Betonfundament einer Mauer stärkere Abmessungen hat, oder unten bewehrt wird, setzt man voraus, dass der Bodendruck sich gleichmässig verteilt. Falls daher das Gewicht einer Mauer samt Fundament Q kg für 1 m Mauerlänge beträgt, und die Breite des Fundamentes b cm ist, so ist die gleichmässig verteilte Bodenbeanspruchung (Abb. 1):

$$\sigma = \frac{Q}{100\,b}$$

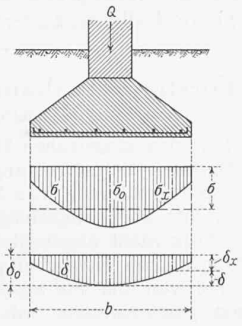

Abb. 1

Die tatsächliche Verteilung des Bodendruckes ist aber nicht so einfach. Im mittlern Teil des Fundamentes wird der Boden den grössten Druck σ_0 erleiden, wo dementsprechend auch die Einsenkung δ_0 am grössten wird; unter den Kragteilen des Fundamentes sind Bodenbeanspruchung σ_x und Einsenkung δ_x kleiner, an den Rändern des Fundamentes am kleinsten. Dies folgt daraus, dass das Fundament unter der Wirkung des Bodendruckes elastische Formänderungen, d. h. Durchbiegungen aufweisen muss. Die Einsenkung δ_x steht mit der Durchbiegung des Fundamentes δ in unmittelbarem Zusammenhang, da einerseits die Einsenkung vom Bodendruck abhängt:

$$\sigma_x = B\,\delta_x \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

anderseits aber der Unterschied der Einsenkungen:

$$\delta = \delta_0 - \delta_x \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

nichts anderes ist, als die Durchbiegung der als Kragträger aufgefassten Fundamentplatte, hervorgerufen durch den Bodendruck. B bedeutet in Gleichung 1 eine Konstante, die sog. *Bettungsziffer,* die in der Hauptsache von der Bodengattung abhängig ist, und den Bodendruck in kg/cm² darstellt, der eine Einsenkung von 1 cm hervorruft.

Es ist ohne weiteres klar, dass die Linie des Bodendruckes (σ) und der Einsenkung (δ) ähnlich sind, weil laut Gl. 1 $\sigma_x : \sigma_0 = \delta_x : \delta_0$. Ferner folgt aus Gl. 1 und 2:

$$\delta = \frac{1}{B}(\sigma_0 - \sigma_x) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Diese Beziehung ist als Grundgleichung des Problems zu betrachten, dessen Lösung die Linie des Bodendruckes ergeben wird.

Falls die Höhe des Fundamentes im mittleren Teil h_0, an den Rändern h, und in einer Entfernung x' von der Mauerflucht linie h_x' beträgt (Abb. 2a), ferner die Breite der Kragplatte b_1 ist, so wird:

$$h_x' = h + \frac{h_0 - h}{b_1}(b_1 - x') = h_0 - \frac{h_0 - h}{b_1}\,x'$$

demzufolge das Trägheitsmoment: $J_x' = \frac{l\,h_x'^3}{12}$

vorausgesetzt, dass die in Betracht gezogene Mauer eine Länge l hat.

Das Biegemoment (Abb. 2b und 2c) in der Entfernung von x' besitzt den Wert

$$M_x' = \int_{x=b_1}^{x'} \sigma_x\,dx\,l\,(x - x') = l\int_{x=b_1}^{x'} \sigma_x\,(x - x')\,dx$$

Da aber die Durchbiegung δ (Abb. 2d) als das Drehmoment der Momentenfläche zu berechnen ist, nämlich

$$\delta = \int_{x'=0}^{x} \frac{1}{E\,J_x'}\,M_x'\,dx'\,(x - x') = \frac{1}{B}(\sigma_0 - \sigma_x)$$

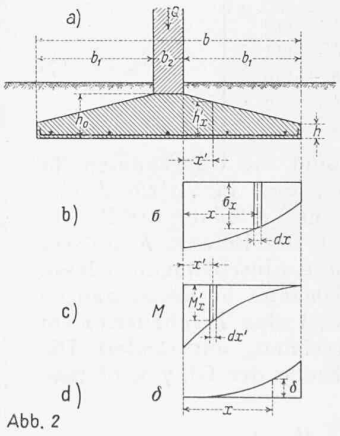

Abb. 2

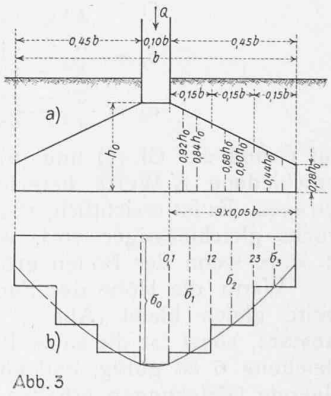

Abb. 3

wobei auch die Aenderung des Querschnittes berücksichtigt wurde, so lautet die Grundgleichung:

$$\int_{x'=0}^{x} \frac{l}{J_x'}\left[\int_{x=b_1}^{x'} \sigma_x\,(x - x')\,dx\right](x - x')\,dx' = \frac{E}{B}(\sigma_0 - \sigma_x) \qquad (4)$$

Die genaue Lösung dieser Gleichung ist undurchführbar; mit einer Art Differenzengleichungen finden wir Resultate, deren Genauigkeit beliebig gesteigert werden kann.

Tabelle I für veränderliches J.

Spannungen	Beiwert K								
	0	50	100	200	500	1000	2000	5000	10,000
σ_0	10,000	1,816	1,549	1,351	1,153	1,087	1,042	1,018	1,009
σ_1	—	1,578	1,402	1,248	1,118	1.062	1,032	1,013	1,005
σ_2	—	1,000	1,015	1,012	1,009	1,003	1,002	1,000	1,000
σ_3	—	0,150	0,400	0.623	0,822	0,906	0,952	0,981	0,992
Multiplikator					$\times\,\sigma$				

Tabelle II für konstantes J.

Spannungen	Beiwert K								
	0	50	100	200	500	1000	2000	5000	10,000
σ_0	10,000	1,603	1,366	1,207	1,090	1,045	1,027	1,009	1,006
σ_1	—	1,442	1,275	1,155	1,068	1,035	1,017	1,007	1,003
σ_2	—	0,991	0,997	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
σ_3	—	0,366	0,606	0,777	0,902	0,950	0,974	0,990	0,995
Multiplikator					$\times\,\sigma$				

Wenn die Kragplatten des Fundamentes in je drei Teile aufgelöst werden, wird man ein Gleichungssystem mit drei Unbekannten erhalten. In Abb. 3a sind die Abmessungen des Fundamentes eingezeichnet. Die Breite des Fundamentes beträgt b; da die Mauerstärke 0,1 b ist, haben die Kragplatten eine Breite von 0,45 b und die einzelnen Lamellen eine solche von 0,15 b. Die Durchführung der Rechnung ergibt die drei Unbekannten σ_1, σ_2 und σ_3 (Abb. 3b), deren Werte nach Lösung der Gleichungen sind:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{K^2 + 135\,K + 358}{K^3 + 69\,K^2 + 140\,K + 9}\,K\sigma \\ \sigma_2 &= \frac{K^2 + 74\,K - 111}{K^3 + 69\,K^2 + 140\,K + 9}\,K\sigma \\ \sigma_3 &= \frac{K^2 - 32\,K + 17}{K^3 + 69\,K^2 + 140\,K + 9}\,K\sigma \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; . \quad (5)$$

worin $\sigma = \frac{Q}{b\,l}$, $K = \frac{2000\,E}{B}\,\frac{h_0^3}{b^4}$

Da ferner die Gleichung

$$\sigma_0 = 10\,\sigma - 3\,\sigma_1 - 3\,\sigma_2 - 3\,\sigma_3 \quad . \; . \; . \quad (6)$$

die Unbekannte σ_0 ergibt, sind sämtliche Bodendrücke bekannt, und das Bild der Bodendrücke kann aufgezeichnet werden.

Falls $K = 0$, d. h. $B = \infty$, ist der Grundboden so fest, dass selbst ein unendlich grosser Bodendruck keine Einsenkung hervorrufen kann; in diesem Fall werden σ_1, σ_2 und σ_3 verschwinden, und $\sigma_0 = 10\,\sigma$. Dies ist aber ganz natürlich, weil unter den Kragplatten gar kein Bodendruck vorkommen kann, wenn der Boden keine Einsenkung erleidet; die Kragplatten werden daher in diesem Grenzfall gar keine Belastung übernehmen. Es ist natürlich, dass dieser Grenzfall in der Praxis niemals vorkommt.

Da das letzte Glied, die Zahl 9 im Nenner der Gl. (5) die Endresultate praktisch genommen nicht beeinflussen kann, wird es vernachlässigt; die Unbekannten sind dann:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{K^2 + 135\,K + 358}{K^2 + 69\,K + 140}\,\sigma \\ \sigma_2 &= \frac{K^2 + 74\,K - 111}{K^2 + 69\,K + 140}\,\sigma \\ \sigma_3 &= \frac{K^2 - 32\,K + 17}{K^2 + 69\,K + 140}\,\sigma \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; . \; . \quad (7)$$

Auf Grund der Gl. (7) und (6) sind die Unbekannten für verschiedene K-Werte berechnet, und in *Tabelle I* eingetragen. Es ist ersichtlich, dass die Verteilung des Bodendrucks gleichmässiger wird, wenn der Beiwert K grösser ist, d. h. wenn der Boden grössere Einsenkungen zulässt.

Wenn die Höhe des Fundamentes in seiner ganzen Breite gleich bleibt (Abb. 5) wird das Trägheitsmoment konstant, sonst ist die ganze Berechnung unverändert. Die Gleichung 6 ist gültig, und an Stelle der Gl. 7 wird man folgende Gleichungen erhalten:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{K^2 + 68\,K + 44}{K^2 + 32\,K + 18}\,\sigma \\ \sigma_2 &= \frac{K^2 + 32\,K - 21}{K^2 + 32\,K + 18}\,\sigma \\ \sigma_3 &= \frac{K^2 - 20\,K + 5}{K^2 + 32\,K + 18}\,\sigma \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (8)$$

Auf Grund der Gleichungen 8 und 6 sind die Unbekannten für verschiedene K-Werte berechnet und in *Tabelle II* eingetragen worden.

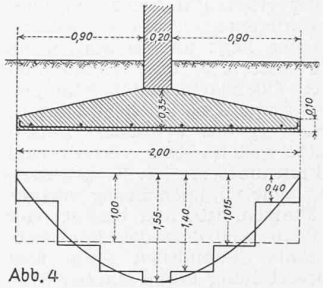

Abb. 4

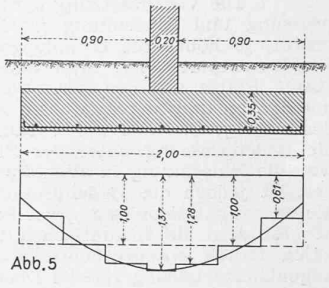

Abb. 5

Wenn eine grössere Genauigkeit erforderlich ist, muss man eine grössere Anzahl Lamellen annehmen, und mit einer grösseren Anzahl von Unbekannten rechnen.

Zahlenbeispiel. Die Belastung eines Fundamentes gemäss Abb. 4 betrage 20 000 kg/m, es ist die Verteilung des Bodendruckes zu bestimmen, unter der Voraussetzung, dass die Bettungsziffer B den Wert 65 kg/cm³ habe. Da in diesem Falle $E = 140\,000$ kg/cm², wird

$$K = \frac{2000 \times 140\,000 \times 35^3}{65 \times 200^4} = 99 \simeq 100$$

Mit Rücksicht darauf, dass $\sigma = \frac{20\,000}{100 \times 200} = 1{,}00$ kg/cm², liefert Tabelle I die folgenden Resultate:

$\sigma_0 = 1{,}55$ kg/cm² $\sigma_1 = 1{,}40$ kg/cm² $\sigma_2 = 1{,}015$ kg/cm²
$\sigma_3 = 0{,}40$ kg/cm²

Diese Werte, wie auch die angenäherte Kurve sind in Abb. 4 aufgetragen.

Falls das Fundament gemäss Abb. 5 ausgebildet wäre, müssten die Bodendrücke der Tabelle II entnommen werden:

$\sigma_0 = 1{,}37$ kg/cm² $\sigma_1 = 1{,}28$ kg/cm² $\sigma_2 = 1{,}00$ kg/cm²
$\sigma_3 = 0{,}61$ kg/cm²

Man sieht, dass die Druckverteilung gleichmässiger ist, wenn das Fundament konstante Höhe hat, das Biegemoment der Kragplatte wird aber grössere Werte annehmen als im Falle veränderlicher Höhe der Fundamentplatte.

Die Forster-Verzahnung und ihre Herstellung.

Von Ing. Alb. Forster, Mailand.

Seit den klassischen Untersuchungen, die Ole Römer 1674 über die beste Zahnform angestellt hat, ist bis zur korrigierten Evolventenverzahnung von Maag ein weiter Weg zurückgelegt worden, der aber angesichts der immer höhern Anforderungen der Technik nicht abgeschlossen ist. Haben doch die Laufflächen der Zahnflanken eines Autogetriebes kurzzeitig spezifischen Belastungen von bis 140 kg/mm² standzuhalten, wobei sich diese Flächen gegeneinander mit einer Relativgeschwindigkeit von 5 bis 8 m/s verschieben. Man denke nur an die Aufrechterhaltung eines Oelfilms unter dieser Belastung! Beizufügen ist, dass die Laufflächen zementiert sind und eine Rockwellhärte von etwa C 60 besitzen. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Motoren wird weiter erhöht. So fordert man für Antriebe von Kompressoren für Höhenflugmotoren Drehzahlen von über 20 000 U/min! Ein anderes Beispiel: Die Schnittgeschwindigkeit der Werkzeuge wird ständig erhöht. Sollen infolgedessen nicht die Vibrationen grösser und dadurch die Standzeit des Werkzeuges kleiner werden, so ist die Verzahnung so zu verbessern, dass sie eine ebenso «weiche» Kraftübertragung bewirkt wie ein Riementrieb. Ein Zahnrad kann zwar einen recht «weichen» Gang haben und dennoch bei höheren Umdrehungszahlen ein beträchtliches Ge-