Die Statik im Stahlbetonbau

Beyer, Kurt

Berlin [u.a.], 1956

Lösung bei gerader Wand- und Erdlinie

urn:nbn:de:hbz:466:1-74292

Nach (6) und Abb. 2 ist für den aktiven Erddruck:

$$\frac{dE}{d\lambda} = G_0 \sin \psi + \frac{dG_0}{d\lambda} \sin(\lambda - \varphi) \sin(\lambda - \varphi + \psi) = 0;$$

$$G_0 = \frac{1}{2}\left(\gamma + \frac{2q}{h}\right) f n = \frac{1}{2} \gamma' f n \qquad \text{(Rebhannscher Satz).} \tag{9}$$

G_0 ist das Gewicht eines durch AC_0 abgetrennten Erdkeils mit allen darauf ruhenden Lasten. Es wird in der Regel auf 1 m Tiefe bezogen. γ in t/m³ bezeichnet das spezifische Gewicht der Erdmassen, q in t/m² die Auflast im Punkt C_0 der Geländelinie. Die Strecken f und n ergeben sich in Abb. 2 mit der Parallelen zur Stellungslinie in C_0, die Strecke h mit der Tangente zur Geländelinie in C_0. Nach (6) ist dann

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma' f n \frac{\sin(\lambda - \varphi)}{\sin(\lambda - \varphi + \psi)} = \frac{1}{2} \gamma' f e. \tag{10}$$

Die Brauchbarkeit der Coulombschen Annahme ebener Gleitflächen bei Erddruck auf Stützmauern ist durch Th. von Kármán nach der strengen Theorie (S. 5)

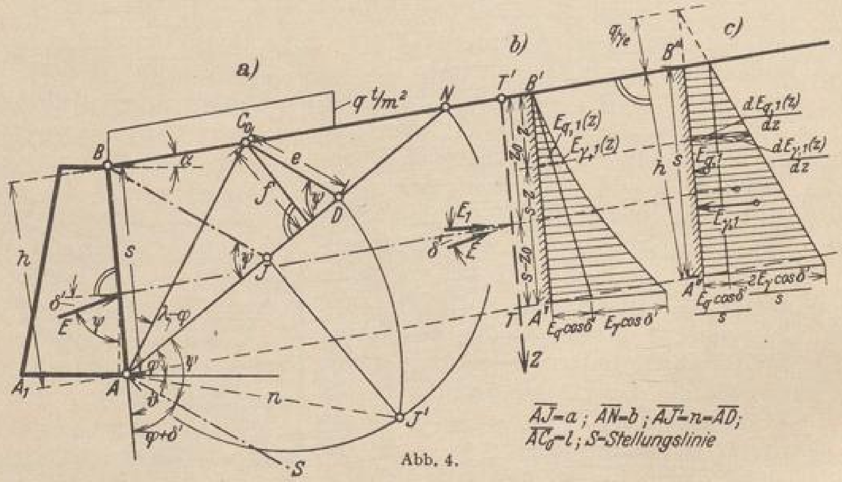

Abb. 4.

Beispiel:	$\alpha = 10°$,	$q = 3{,}0$ t/m²,	$h = 6{,}0$ m,	Kraft bezogen auf 1 m Tiefe:
	$\vartheta = 85°$,	$\gamma = 1{,}9$ t/m³,	$s = 6{,}21$ m,	$E_a = \frac{1}{2}\gamma' f e = 13{,}66$ t,
	$\varphi = 40°$,	$\gamma' = 2{,}9$ t/m³,	$e = 3{,}17$ m,	$E_\gamma = \frac{1}{2}\gamma f e = 8{,}95$ t,
	$\delta' = 15°$,	$q/\gamma = 1{,}58$ m,	$f = 2{,}97$ m,	$E_q = q f e/h = 4{,}71$ t.

geprüft worden. Das Gleitlinienfeld ist dabei zunächst für eine rauhe lotrechte Wand und waagerechtes oder abfallendes Gelände und für die Fließbedingung (S. 5) berechnet worden. Das Ergebnis rechtfertigt die Annahmen der elementaren Theorie.

Lösung bei gerader Wand- und Erdlinie. Die Gleitlinie AC_0 kann bei gerader Geländelinie und gleichförmig verteilter Nutzlast geometrisch bestimmt werden, da nach dem Rebhannschen Satze die Strecke $\overline{AD} = n = \sqrt{ab}$ und DC_0 zur Stellungslinie parallel ist. Die Aufgabe wird dann zeichnerisch folgendermaßen gelöst (Abb. 4).

Waagerechte Gerade durch den unteren Endpunkt A der Wandlinie AB, für welche der Erddruck angegeben werden soll. Auf dem freien Schenkel des Winkels φ, der Böschungslinie, wird die Strecke $b = \overline{AN}$ durch die Geländelinie abgeschnitten. Die Parallele durch B zur Stellungslinie, die mit der Wandlinie den Winkel $(\varphi + \delta')$ einschließt, schneidet AN im Punkte J $(\overline{AJ} = a)$. Die Strecke $\overline{AD} = n$ wird als mittlere Proportionale zu den Strecken a und b konstruiert, so daß auch die Strecken e und f bekannt sind und E_a nach (10) angegeben werden kann. Um den passiven Erddruck E_p zeichnerisch zu bestimmen, werden die Winkel φ, $(\varphi + \delta')$, δ' mit negativem Vorzeichen verwendet, also in Abb. 4 nach der anderen Seite von AA_1, AB und der Normalen zu AB angetragen.

Um den Betrag der Kraft E_a analytisch zu berechnen, werden die Strecken f und e durch h und die Funktionen der bekannten Winkel ϑ, α, φ und δ' ausgedrückt. Das Ergebnis wird entweder auf γ' bezogen oder in die Anteile E_γ und E_q, dem Erddruck aus der Hinterfüllung (γ) und der Auflast (q), zerlegt.

$$E_a = \tfrac{1}{2}\gamma' h^2 k_1 = E_\gamma + E_q = \tfrac{1}{2}\gamma h^2 k_1 + q\,h\,k_1; \tag{11}$$

$$\gamma' = \gamma + \frac{2q}{h}; \quad k_1 = \frac{fe}{h^2}. \tag{12}$$

Schräge Wandlinie (ϑ), geneigtes Gelände ($\pm\alpha$) Abb. 4:

$$k_1 = \frac{\sin^2(\varphi+\vartheta)}{\sin^2(\vartheta+\alpha)\cdot\sin(\vartheta-\delta')\left[1+\sqrt{\dfrac{\sin(\varphi+\delta')\cdot\sin(\varphi-\alpha)}{\sin(\vartheta-\delta')\cdot\sin(\vartheta+\alpha)}}\right]^2}. \tag{13}$$

Lotrechte Wandlinie ($\vartheta = 90^0$) und geneigtes Gelände ($\pm\alpha$):

$$k_1 = \frac{\cos^2\varphi}{\cos^2\alpha\cdot\cos\delta'\left[1+\sqrt{\dfrac{\sin(\varphi+\delta')\sin(\varphi-\alpha)}{\cos\delta'\cos\alpha}}\right]^2}. \tag{14}$$

Lotrechte Wandlinie ($\vartheta = 90^0$), waagerechtes Gelände ($\alpha = 0$) und $\delta' \neq 0$:

$$k_1 = \frac{\cos^2\varphi}{\cos\delta'\left[1+\sqrt{\dfrac{\sin(\varphi+\delta')\sin\varphi}{\cos\delta'}}\right]^2}. \tag{15}$$

Lotrechte Wandlinie ($\vartheta = 90^0$), waagerechtes Gelände ($\alpha = 0$) und $\delta' = 0$:

$$k_1 = \mathrm{tg}^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right). \tag{16}$$

Bei Auswertung des passiven Erddrucks E_p werden φ, δ' und die Wurzel mit dem negativen Vorzeichen verwendet.

Während das Gewicht des Erdbodens nach den Angaben auf S. 12 durch kapillar gebundenes Porenwasser erhöht wird, ergibt sich in einem zusammenhängenden Grundwasserkörper durch den Druckunterschied an der Oberfläche der undurchlässigen Bestandteile eine Gewichtsverminderung (Auftrieb). Dafür wird der Druck auf die stützende Wand um den Wasserdruck vermehrt, der sich in durchlässigen Bodenarten allseitig ausbreitet. Die äußeren Kräfte setzen sich daher aus dem Erddruck auf die Wand ohne die Mitwirkung des Grundwassers, aus dem Wasserdruck und aus der Abminderung des Erddrucks durch Auftrieb zusammen. Dieser ist als Massenkraft γ_a auf das Kornvolumen $\varepsilon = (1 - \bar{\varepsilon})$ des Erdbodens beschränkt. $\bar{\varepsilon}$ bezeichnet den leicht meßbaren Porengehalt, der bei Sanden je nach der Lagerung mit 40% (locker), 30% (dicht), 25% (sehr dicht), bei locker gelagerten Kiesen mit 28%, bei dicht gelagerten Kiesen mit 20% eingeschätzt werden kann. Der Porengehalt eines sandigen Lehms beträgt im Durchschnitt 30%. Nach Abb. 5 ist daher bei gerader Wandlinie (s, s_w)

Tabelle 1 (vgl. auch S. 12).

$k_1 = \mathrm{tg}^2(45^0 - \varphi/2)$
$k_2 = \mathrm{tg}^2(45^0 + \varphi/2)$

φ^0	$\mu = \mathrm{tg}\,\varphi$	k_1	k_2
45^0	1,000	0,172	5,828
40^0	0,839	0,217	4,599
35^0	0,700	0,271	3,690
30^0	0,577	0,333	3,000
$27,5^0$	0,521	0,368	2,716
25^0	0,466	0,406	2,464
$22,5^0$	0,414	0,446	2,240
20^0	0,364	0,490	2,040

$$E \mathbin{\hat{+}} W \doteq E_q \mathbin{\hat{+}} E_\gamma \mathbin{\hat{+}} \gamma_w \frac{s_w t_w}{2} \mathbin{\hat{-}} E_\gamma \frac{\gamma_w}{\gamma_e}\frac{s_w^2}{s^2}(1-\bar{\varepsilon}). \tag{17}$$

Lösung bei gerader Wand- und gebrochener Geländelinie. Da Ableitung und Ergebnis nach (9) auch gültig bleiben, solange $G(\lambda)$ im Bereiche von C_0 stetig ist,