

$$C = \frac{\gamma h^2}{2} \operatorname{ctg} \varphi$$

to dwie te wielkości różnią się więc od siebie jedynie stałym współczynnikiem przy $\operatorname{ctg} \varphi$, a, co za tem idzie, i przy funkcji U . Kąt φ będzie się tu równał:

$$\varphi = 45^\circ + \frac{\psi}{2}$$

a parcie ziemi na mur w tym wypadku wyniesie:

$$Z = \frac{\gamma h}{2} (h + 2h_1) \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\psi}{2} \right) \quad (850)$$

3. Wykreślne sposoby obliczenia parcia ziemi.

Liczne sposoby wykreślnego obliczenia parcia ziemi dają się rozdzielić na dwie grupy, znacznie różniące się od siebie, co do konstrukcji geometrycznej. Poniżej omówimy sposób Poncelet'a, jako charakterystyczny dla jednej grupy, oraz sposób Pillet'a charakterystyczny dla drugiej.

Należy zauważyć, że wykreślne sposoby obliczenia parcia ziemi mają tę zaletę, że mogą być stosowane przy dowolnym kształcie naziomu.

Obliczenie parcia ziemi sposobem Poncelet'a dotyczy wypadku, gdy naziom może być sprowadzony do kształtu linii załamanej. Obliczenie odbywa się tu w sposób następujący (rys. 421):

1° Część pola klina odłamu $HJFA$ zamieniamy przez trójkąt równoważny, AKF , mający wierzchołek K na prostej OM .

2° Z punktu K przeprowadzamy równoległą KK' do płaszczyzny stoku naturalnego AM .

3° Z punktu A przeprowadzamy prostą AO , przecinającą prostą MO w punkcie O i nachyloną do tylnej powierzchni muru pod kątem $\psi_s + \psi_m$.

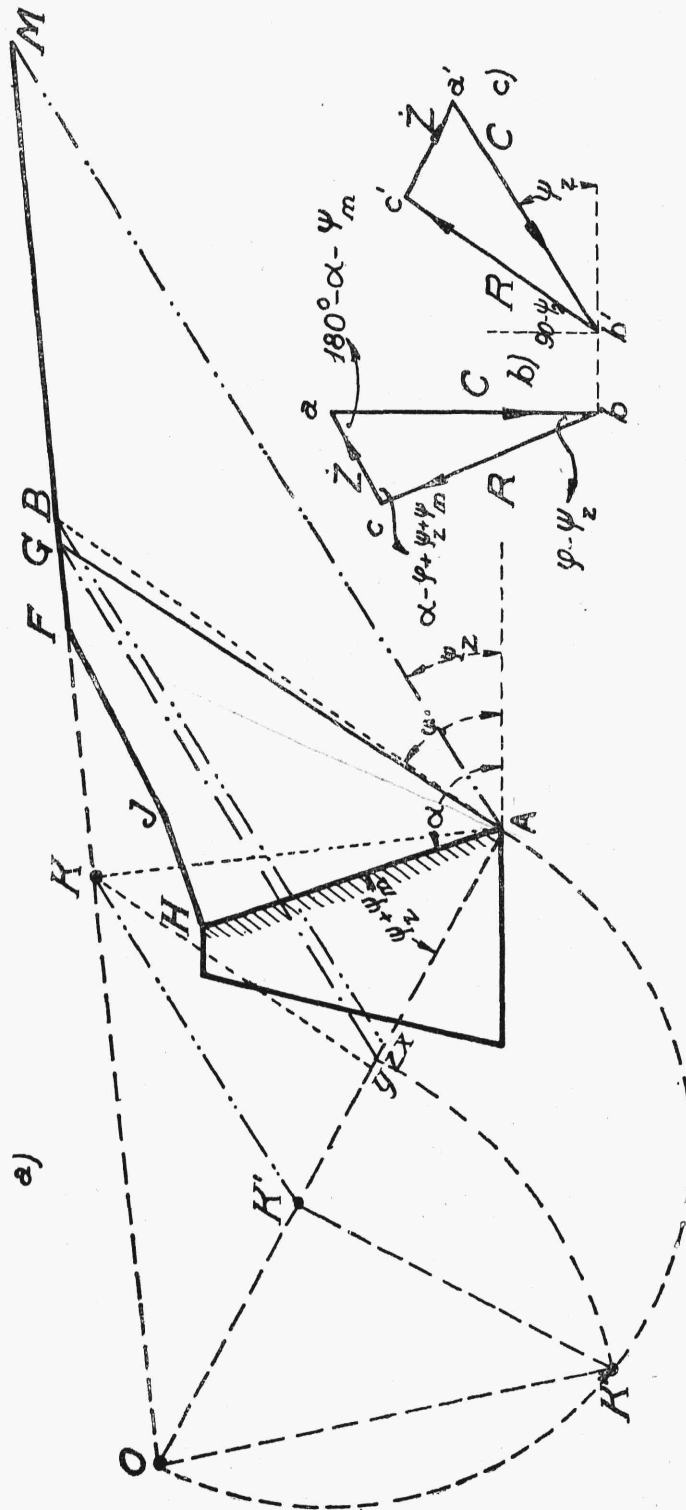
4° Z punktu K' przecięcia się KK' i OA przeprowadzamy prostą $K'K''$, prostopadłą do OA .

5° Na OA , jako na średnicy, zataczamy półkole i znajdujemy punkt K'' przecięcia się koła z prostą $K'K''$.

6° Odcinek OK'' przenosimy na prostą OA od punktu O ($OK'' = Oz$).

7° Przez punkt z przeprowadzamy prostą zG równoległą do płaszczyzny stoku naturalnego AM .

8° Punkt G przecięcia się prostej zG z MO łączymy z punktem A , a prosta AG będzie przedstawiała wówczas płaszczyznę odłamu.



Rys. 421.

Parcie ziemi wyraża się tu wzorem:

$$Z = \frac{\gamma}{2} \cdot \overline{Az}^2 \cdot \sin OAM \quad (851)$$

lub też ze względu na to, że $\sphericalangle OAM = \psi_s + \psi_m + \alpha - \psi_s = \alpha + \psi_m$, wzorem następującym:

$$Z = \frac{\gamma}{2} \cdot \overline{Az}^2 \cdot \sin(\alpha + \psi_m) \quad (852)$$

Aby uzasadnić przytoczoną konstrukcję geometryczną, wykreślamy trójkąt sił Z, R, C , czyli trójkąt abc (rys. 421b) i obracamy go na prawo o kąt $90^\circ - \psi_s$. Przy tym obrocie prosta C zostanie skierowana równoległe do płaszczyzny stoku naturalnego, prosta R równoległe do płaszczyzny odłamu, a cały trójkąt zajmie położenie, przedstawione na rys. 421c.

Przeprowadzamy proste KK' i xB (linja — kreska i dwa punkty) równoległe do AM i $b'a'$ oraz Ky równoległe do AB i $b'e'$, przyczem AB oznacza przypuszczalną płaszczyznę odłamu (linja punktowana).

Prosta AO jest równoległą do $e'a'$, gdyż kąt $a'c'b' = \alpha - \varphi + \psi_s + \psi_m$, t.j. równa się kątowi OAB .

Z podobieństwa trójkątów $a'b'e'$ i xBA wynika stosunek:

$$\frac{Z}{C} = \frac{Ax}{Bx}$$

Ciężar C jest proporcjonalny do pola trójkąta AKB , a więc

$$C = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot KB \cdot h$$

gdzie h oznacza wysokość trójkąta AKB .

Dalej mamy, że

$$Z = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h \cdot Ax \cdot \frac{KB}{Bx} \quad (853)$$

Znajdujemy stosunek $\frac{KB}{Bx}$, korzystając z podobieństwa trójkątów OKy i OBA oraz trójkątów OBx i OMA :

$$\begin{aligned} \frac{KB}{Ay} &= \frac{OB}{OA} & \frac{Bx}{MA} &= \frac{OB}{OM} \\ \frac{KB}{Bx} &= \frac{Ay \cdot OM}{OA \cdot AM} \end{aligned}$$

Z równania (853) otrzymujemy, że:

$$\begin{aligned} Z &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot Ax \cdot Ay \cdot \frac{OM \cdot h}{OA \cdot AM} = \\ &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot Ax \cdot Ay \cdot \frac{OA \cdot AM \sin OAM}{OA \cdot AM} = \frac{\gamma}{2} Ax \cdot Ay \cdot \sin OAM \end{aligned} \quad (854)$$

Aby wyznaczyć $Z = \max \dot{Z}$, obliczamy $\max(Ax \cdot Ay)$.

Z rysunku 421a widocznem jest, że:

$$\overline{Ax} \cdot \overline{Ay} = (OA - Ox)(OA - Oy) = OA^2 - OA(Ox + Oy) + Ox \cdot Oy \quad (855)$$

W danym wypadku $Ox \cdot Oy = \text{const}$. Wynika to z podobieństwa trójkątów $OK'K$ i OxB oraz trójkątów OKy i OBA . Na podstawie tego podobieństwa mamy, mianowicie, stosunki:

$$\frac{Ox}{OK'} = \frac{OB}{OK} \quad \text{i} \quad \frac{Oy}{OA} = \frac{OK}{OB}$$

Mnożąc te stosunki przez siebie, otrzymujemy, że

$$\overline{Ox} \cdot \overline{Oy} = OK' \cdot OA = \text{const}$$

czyli to, co było do dowiedzenia.

Przy $\overline{Ox} \cdot \overline{Oy} = \text{const}$, maximum iloczynu $\overline{Ax} \cdot \overline{Ay}$ będzie miało miejsce przy minimum sumy $\overline{Ox} + \overline{Oy}$.

Wobec $\overline{Ox} \cdot \overline{Oy} = \text{const}$, $\min(\overline{Ox} + \overline{Oy})$ a zarazem i $\max \overline{Ax} \cdot \overline{Ay}$ otrzymujemy przy $\overline{Ox} = \overline{Oy} = \overline{Oz}$.

Wynika stąd, że

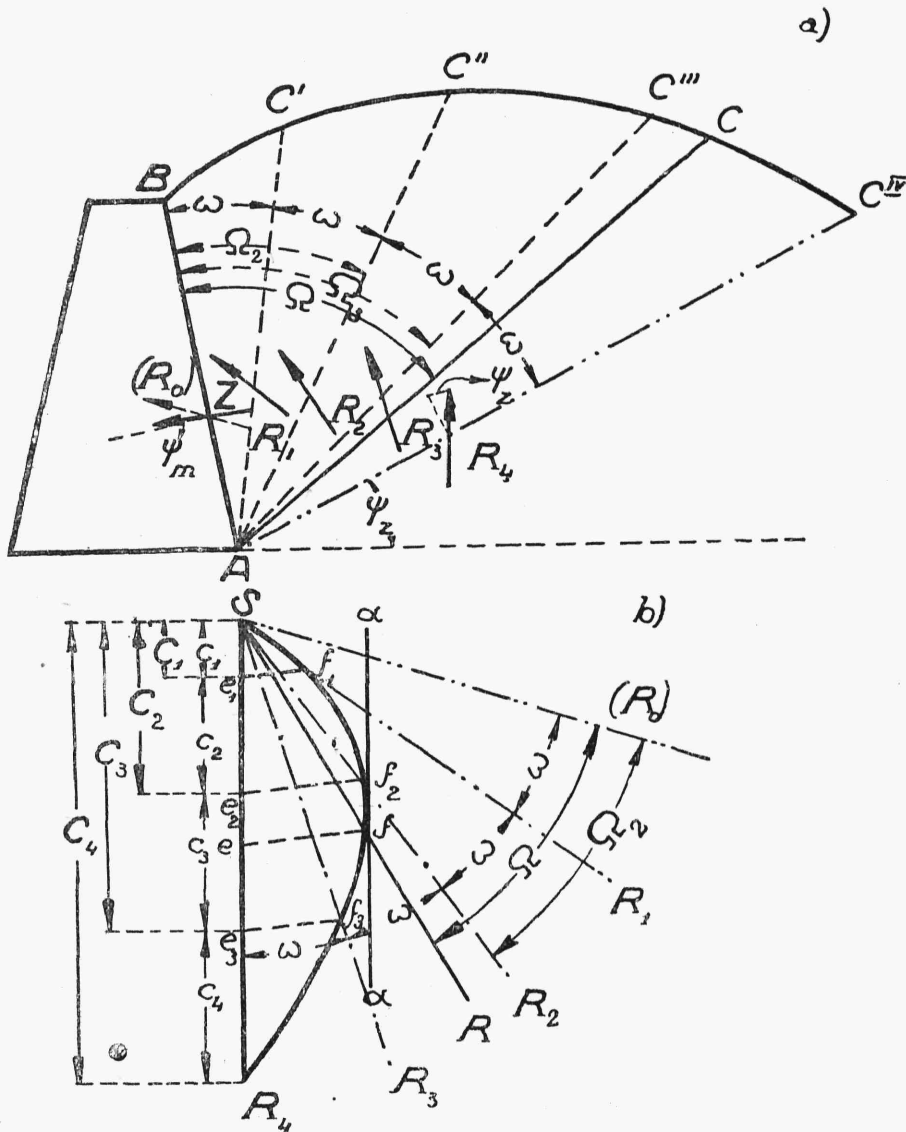
$$Z = \max \dot{Z} = \frac{\gamma}{2} \overline{Az}^2 \sin OAM \quad (856)$$

i że

$$\overline{Oz}^2 = \overline{OK'} \cdot \overline{OA}$$

co uzasadnia podaną na rys. 421 konstrukcję geometryczną, gdyż Oz jest tu średnią geometryczną między OK' i OA .

Sposób Pillet'a polega na następującej konstrukcji geometrycznej (rys. 422a):



Rys. 422.

Dzielimy kąt BAC^{IV} między murem a płaszczyzną stoku naturalnego na równe części ω i obliczamy parcie, jakoby poszczególne kliny ABC' , ABC'' , ABC''' i ABC^{IV} mogły wywierać na mur, gdyby były klinami odłamu.

W tym celu z punktu S przeprowadzamy proste mające kierunek sił R , reakcyj na dany klin ziemi pozostałej, przyczem reakcja R_4 będzie miała tu kierunek pionowy, gdyż jest nachylona o kąt $90^\circ - \psi_s$ względem prostej AC^{IV} nachylonej pod kątem ψ_s względem poziomu (rys. 422a).

Siły R tworzą między sobą kąty ω . Wzdłuż prostej pionowej SR_4 odkładamy odcinki e przedstawiające kolejno ciężary klinów ABC' , $C'BC''$ i t.d., na które klin BAC^{IV} został podzielony. Zamykając trójkąty $e_1 Sf_1$, $e_2 Sf_2$ i t.d. prostymi, równoległymi do kierunku Z nachylonego pod kątem ψ_m względem normali do powierzchni muru AB (rys. 422b), otrzymamy dla różnych klinów odłamu wielkości \dot{Z} , jako odcinki $e_1 f_1$, $e_2 f_2$ i t.d.

Łączymy wreszcie krzywą wszystkie punkty f , a do otrzymanej krzywej przeprowadzamy styczną równoległą do SR_4 . Prosta $\alpha\alpha$ (rys. 422a) równoległa do SR_4 i przechodząca przez punkt styczności da nam

$$ef = Z = \max \dot{Z}$$

Aby znaleźć odpowiednie położenie płaszczyzny odłamu, odkładamy przedewszystkiem na rys. 422b od prostej SR_4 kąt $R_4 S (R_0)$ równy kątowi BAC^{IV} i zauważamy, iż kąty Ω_1, Ω_2 i t.d., określające na rys. 422a możliwe położenia płaszczyzny odłamu będą równe kątom Ω_1, Ω_2 i t.d. odkładanym od prostej $S(R_0)$ na rys. 422b i określającym kierunki R_1, R_2 i t.d. reakcyj na możliwe kliny odłamu pozostającej masy ziemnej.

Znalazłszy punkt f i kierunek reakcji R , odpowiadający największemu parciu ziemi Z , znajdujemy kąt Ω określający położenie tej reakcji a zarazem położenie płaszczyzny odłamu (vid. rys. 422a).

4. Parcie jednostkowe i punkt zaczepienia siły Z .

Podstawowe założenia teorii Coulomb'a nie są wystarczające do wyznaczenia punktu zaczepienia parcia ziemi na mur. Aby to wyznaczenie umożliwić, robi się zwykle założenie dodatkowe, że masa ziemna za murem podporowym znajduje się w stanie równowagi granicznej na całej wysokości muru. Założenie to należy rozumieć w ten sposób, że nie tylko klin odłamu, odpowiadający całkowitej wysokości muru, znajduje się w stanie równowagi granicznej (rys. 423), lecz również i każdy klin, odpowiadający pewnej części muru o wysokości x . Mając to na uwadze, możemy ustalić potrzebne w danym razie pojęcie różniczki parcia ziemi.

Przypuśćmy, że klin ABC (rys. 423) wywołuje na mur parcie Z a klin $A'BC'$ parcie Z_1 . Przyrost parcia ziemi $dZ = Z_1 - Z$, wywołany przejściem od przekroju muru oddalonego od górnej krawędzi o x do przekroju