

- 21) Hoc, Observations sur les dépôts de graviers. Gen. Civ., 1912.
 - 22) Winkel, Die Bühnenwirkung. Baut., 1928 H. 27.
 - 23) Riepe, Versuche über die Wirkung inklinanten Bühnen in einer konkaven Flusskrümmung. Baut., 1930 H. 25.
 - 24) 富永, 利根川下流部に於ける土砂堆積と水理の特異性. 土木學會, 昭 14-12.
- この中で 21) は實測, 22) と 23) は水制の間の沈澱に關するもので, 23) は實驗である。

割栗層を通して壓力が分布する状態の一考察

正會員 齋藤千代雄*

概要 防波堤, 護岸其他の諸構造物が自重と波力又は土壓の合力に依り基礎地盤に加はる壓力が基礎割栗層を通して分布する場合の壓力分布状態を研究せんとする。

1. 緒言

今一點に加はる集中壓力が d 厚の層を通過する時, 其の層が砂又は砂利の如き場合は Strohschneider 及び Kögler-Scheidig の實驗式に依り明かなる如く圖-1 の如くなるが, 割栗石の如き場合, 特に規則正しい同圓の物が正しく積重ねられたと假定せば圖-2 の如くなる。然し實際に於ては割栗石の間に目潰砂利及び泥土の爲充分填充せられ, 割栗石自身も大小種々様々の形體を有するを以て壓力の分布状態は圖-1 と圖-2 の兩者を組合せた形となり, 極めて小なる壓力に對しては等分布するものと假定するも大なる誤差なきものと思考せらる。以上の理に依り $2d \cot \theta$ に等分布するものとせば連續壓力については次式の如くなる。

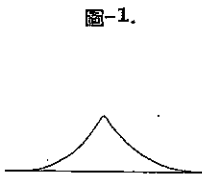


圖-1.

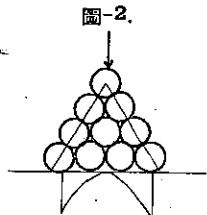


圖-2.

$$y_1 = \frac{1}{2d \cot \theta} \int_0^{x+d \cot \theta} y(x) dx \quad \text{但} \quad x < d \cot \theta$$

$$y_2 = \frac{1}{2d \cot \theta} \int_{x-d \cot \theta}^{x+d \cot \theta} y(x) dx \quad \text{但} \quad L-d \cot \theta > x > d \cot \theta$$

$$y_3 = \frac{1}{2d \cot \theta} \int_{x-d \cot \theta}^L y(x) dx \quad \text{但} \quad x > L-d \cot \theta$$

今 y の値を X, Y 軸座標に置き換へれば (圖-3 参照)

$$X = x + d \cot \theta \quad x = X - d \cot \theta$$

$$Y_1 = \frac{1}{2d \cot \theta} \int_0^X y(x) dx \quad \text{但} \quad X < 2d \cot \theta$$

$$Y_2 = \frac{1}{2d \cot \theta} \int_{X-2 \cot \theta}^X y(x) dx \quad \text{但} \quad L > X > 2d \cot \theta$$

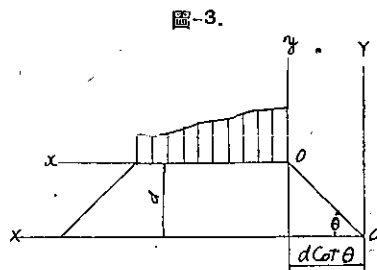


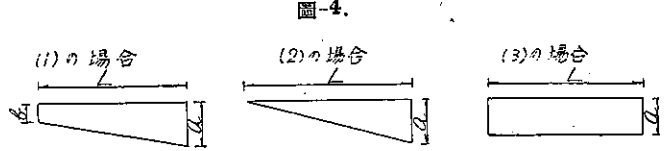
圖-3.

* 工學士 東京府京濱運河建設事務所

$$Y_3 = \frac{1}{2d \cot \theta} \int_0^L y(x) dx \quad \text{但 } X > L$$

2. 應用

今一點の壓力は 45° の角度を以て分布するものと假定し一般に起り得る壓力状態に就き計算を行へば次の如し。但壓力の状態は圖-4 の如し。



(1) の如き壓力状態の場合は

$$Y_1 = \frac{1}{2d} \int_0^X \left\{ a - \frac{(a-b)x}{L} \right\} dx = -\frac{(a-b)}{4dL} X^2 + \frac{a}{2d} X \quad \text{但 } X < 2d$$

$$Y_2 = \frac{1}{2d} \int_{X-2d}^X \left\{ a - \frac{(a-b)x}{L} \right\} dx = -\frac{(a-b)}{L} X + \frac{\{d(a-b) + aL\}}{L} \quad \text{但 } L > X > 2d$$

$$Y_3 = \frac{1}{2d} \int_{X-2d}^L \left\{ a - \frac{(a-b)}{L} x \right\} dx = \frac{a-b}{4dL} X^2 - \frac{2d(a-b) + aL}{2dL} X + \frac{4d^2(a-b) + L^2(a+b) + 4adL}{4dL}$$

但 $X > L$

而して $L > x > 2d$ の區間、即ち Y_1 に於ては最大値は

$$\frac{dY_1}{dx} = \frac{(b-a)}{2dL} X + \frac{a}{2d} = 0$$

$$X = \frac{aL}{a-b}$$

$X < 2d$ の條件を代入する時は

$$2d > \frac{aL}{a-b} \quad d > \frac{aL}{2(a-b)} \quad \text{なる場合に最大値が起る。}$$

又 $X > L$ の區間即ち Y_2 に於ては

$$\frac{dY_2}{dX} = \frac{a-b}{2dL} X + \frac{2d(b-a) - aL}{2dL}$$

$$\frac{d^2Y_2}{d^2X} = \frac{a-b}{2dL} > 0 \quad \text{正なるを以て最小値のみ存在す。}$$

今 a, b, L, d の各々に實數値を代入して $L=2d, L < 2d, L > 2d$ の場合に就き壓力曲線を畫けば、圖-5、圖-6、圖-7 の如し。

圖-5.

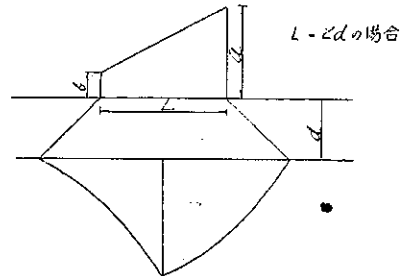


圖-6.

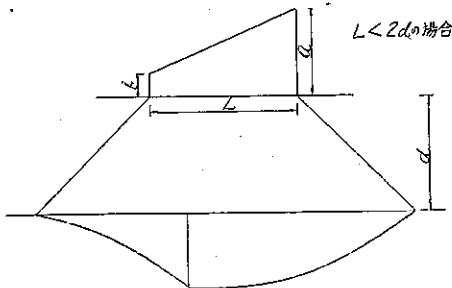
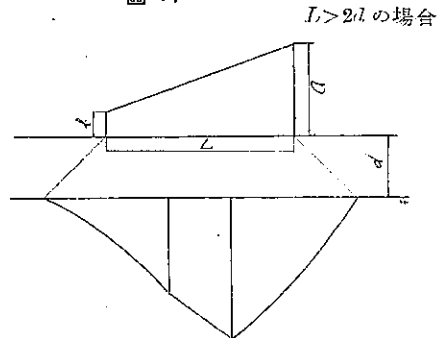


圖-7.



(2) の如き壓力状態の場合、即ち $b=0$ の時は

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= -\frac{a}{4dL}X^2 + \frac{a}{2d}X && \text{但 } X < 2d \\
 Y_1 &= -\frac{a}{L}X + \frac{a(d+L)}{L} && \text{但 } L > X > 2d \\
 Y_1 &= \frac{a}{4dL}X^2 - \frac{a(L+2d)}{2dL}X + \frac{a(L+2d)^2}{4dL} && \text{但 } X > L
 \end{aligned}$$

Y_1 曲線間の最大値は

$$\frac{dY_1}{dX} = -\frac{a}{2dL}X + \frac{a}{2d} = 0$$

$X=L$ の時は $Y_1 = -\frac{aL}{4d} + \frac{aL}{2d} = \frac{aL}{4d}$

$X < 2d$ の条件を代入せば $X < 2d, L < 2d, d > \frac{L}{2}$ の場合に起る。

Y_2 曲線間の最大値は

$$\frac{dY_2}{dX} = \frac{a}{2dL}X - \frac{a(L+2d)}{2dL}$$

$$\frac{d^2Y_2}{d^2X} = \frac{a}{2dL} > 0 \quad \text{正なるを以て最小値のみ存在する。}$$

圖-8.

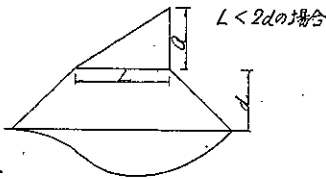
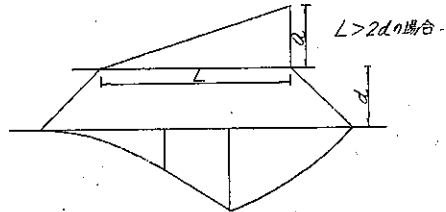


圖-9.



今 a, b, L, d の各々に實數値を代入して $L < 2d, L > 2d$ の場合に就き壓力曲線を畫けば圖-8, 圖-9 の如し。

(3) の場合、即ち $a=b$ の場合

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= \frac{a}{2d}X && \text{但 } X < 2d \\
 Y_2 &= a && \text{但 } L > X > 2d \\
 Y_3 &= -\frac{a}{2d}X + \frac{2L+2ad}{2d} && \text{但 } X > L
 \end{aligned}$$

圖-10.

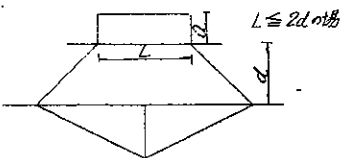
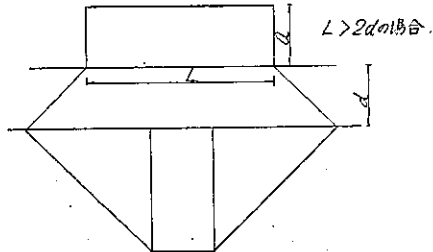


圖-11.



今 a, b, L, d の各々に實數値を代入して $L \leq 2d, L > 2d$ の場合に就き壓力曲線を畫けば圖-10, 圖-11 の如し。

圖-12.

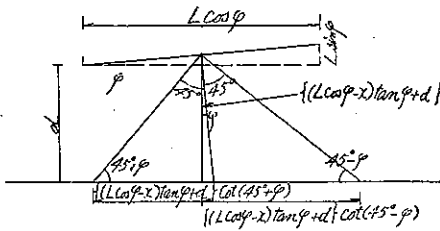
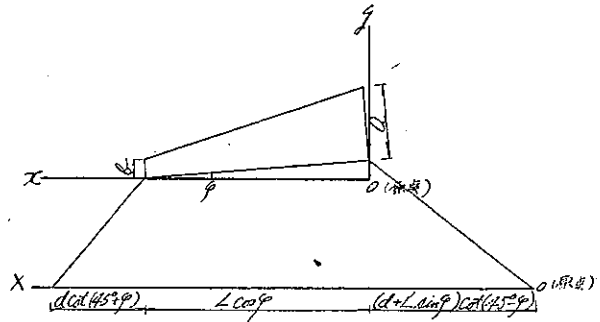


圖-13.



今構造物の底面が水平面と φ なる角度をなす場合にして壓力が前項 (1) の場合の如く梯形をなす時は圖-12 及び 圖-13 の如く一點に加はる壓力は $\{L \cos \varphi - x\} \tan \varphi + d\} \{ \cot(45^\circ + \varphi) + \cot(45^\circ - \varphi) \}$ に分布するものとせば、

$$y_1 = \int_0^{x + \frac{p \{ (L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d \}}{\sin 45^\circ}} \frac{a - \frac{(a-b) \sec \varphi}{L} x}{m \{ (L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d \}} dx \quad \text{但} \quad x < (L \sin \varphi + d) \cot(45^\circ + \varphi)$$

$$y_2 = \int_{x - \frac{p \{ (L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d \}}{\sin 45^\circ}}^{x + \frac{p \{ (L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d \}}{\sin 45^\circ}} \frac{a - \frac{(a-b) \sec \varphi}{L} x}{m \{ L \cos \varphi - x \} \tan \varphi + d} dx \quad \text{但} \quad L \cos \varphi - d \cot(45^\circ - \varphi) > x > (L \sin \varphi + d) \cot(45^\circ + \varphi)$$

$$y_3 = \int_{x - \frac{p \{ (L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d \}}{\sin 45^\circ}}^{L \cos \varphi} \frac{a - \frac{(a-b) \sec \varphi}{L} x}{m \{ (L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d \}} dx \quad \text{但} \quad x > L \cos \varphi - d \cot(45^\circ - \varphi)$$

上式中

$$m = \{ \cot(45^\circ + \varphi) + \cot(45^\circ - \varphi) \} \quad p = \cos \varphi \sin(45^\circ + \varphi) \quad q = \cos \varphi \sin(45^\circ - \varphi)$$

x 軸を X 軸に置き換へるには

$$X = x + (d + L \sin \varphi) \cot(45^\circ - \varphi) \quad x = X - (d + L \sin \varphi) \cot(45^\circ - \varphi)$$

と置き換へる。

今計算簡略の爲實數値を代入して計算せば

$$a = 10, \quad b = 2, \quad \varphi = 10^\circ, \quad L = 6, \quad d = 2 \quad \text{とす}$$

$$y_1 = \int_0^{x + \frac{p(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d}{\sin 45^\circ} = \xi} \frac{a - \frac{(a-b) \sec \varphi}{L} x}{m \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\}} dx \quad \text{但 } x < (L \sin \varphi + d) \cot(45^\circ + \varphi)$$

而して $m=2.1284, p=0.8067, \xi=0.7989x+3.4703$

$$y_1 = \int_0^\xi \frac{10 - 1.3537x}{6.474 - 0.3752x} dx = [3.6079]_0^\xi + 35.6018 \{ \log_e(6.474 - 0.3752x) \}_0^\xi$$

$$= 2.8824x + 12.5205 + 35.6018 \{ \log_e(5.1719 - 0.2998x) - \log_e 6.474 \}$$

$$y_2 = \int_{x - \frac{q(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d}{\sin 45^\circ} = \nu}^{x + \frac{p(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d}{\sin 45^\circ} = \xi} \frac{a - \frac{(a-b) \sec \varphi}{L} x}{m \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\}} dx \quad \text{但 } L \cos \varphi - d \cot(45^\circ - \varphi) > x > (L \sin \varphi + d) \cot(45^\circ + \varphi)$$

而して $\nu = 1.1409x - 2.4300$

$$y_2 = [3.6079x]_\nu^\xi + 35.6018 \{ \log_e(6.474 - 0.3752x) \}_\nu^\xi$$

$$= 21.2877 - 1.2339x + 35.6018 \{ \log_e(5.1719 - 0.2997x) - \log_e(7.3857 - 0.4281x) \}$$

$$y_3 = \int_{x - \frac{q(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d}{\sin 45^\circ} = \nu}^{L \cos \varphi - \lambda} \frac{a - \frac{(a-b) \sec \varphi}{L} x}{m \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\}} dx$$

圖-14.

但 $x > L \cos \varphi - d \cot(45^\circ - \varphi)$

而して

$$\lambda = 5.9088$$

$$y_3 = [3.6079x]_\nu^\lambda + 35.6018 \{ \log_e(6.474 - 0.3752x) \}_\nu^\lambda$$

$$= 30.0856 - 4.1173x + 35.6018 \{ \log_e(4.2570) - \log_e(7.3857 - 0.4281x) \}$$

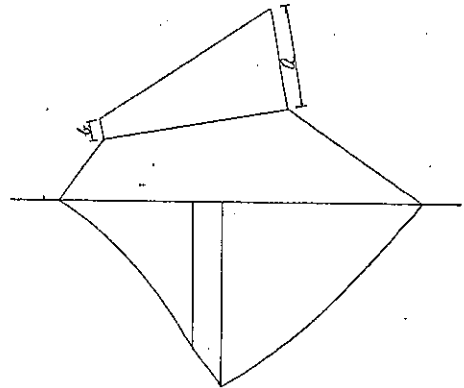
而して $x = X - 4.3355$ として壓力曲線を畫けば圖-14 の如き形状となる。

次に $b=0$ の場合

$m, p, q, \xi, \nu, \lambda$ の値は前項の場合と同じとせば

$$y_1 = \int_0^\xi \frac{a - \frac{a}{L} \sec \varphi x}{m \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\}} dx \quad \text{但 } x < (L \sin \varphi + d) \cot(45^\circ + \varphi)$$

$$= \frac{1}{m} \int_0^\xi \frac{a}{L} \operatorname{cosec} \varphi dx + \frac{1}{m} \int_0^\xi \frac{a - \operatorname{cosec} \varphi (L \sin \varphi + d) \frac{a}{L}}{(L \sin \varphi + d) - x \tan \varphi} dx$$



$$\begin{aligned}
&= \frac{a \operatorname{cosec} \varphi [x \sin 45^\circ + p \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\}]}{mL \sin 45^\circ} \\
&= \frac{a \left\{ 1 - \frac{\operatorname{cosec} \varphi}{L} (L \sin \varphi + d) \right\}}{m \tan \varphi} \log_e \left[\frac{(L \sin \varphi + d) - \tan \varphi \left(x + \frac{p \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\}}{\sin 45^\circ} \right)}{L \sin \varphi + d} \right] \\
y_1 &= \int_{\nu}^{\xi} \frac{a - x \frac{a}{L} \sec \varphi}{m \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\}} dx \quad \text{但 } L \cos \varphi - d \cot(45^\circ - \varphi) > x > \\
& \quad (L \sin \varphi + d) \cot(45^\circ + \varphi) \\
&= \frac{1}{m} \int_{\nu}^{\xi} \frac{a}{L} \operatorname{cosec} \varphi dx + \frac{1}{m} \int_{\nu}^{\xi} \frac{a - \operatorname{cosec} \varphi (L \sin \varphi + d) \frac{a}{L}}{(L \sin \varphi + d) - x \tan \varphi} dx \\
&= \frac{a \operatorname{cosec} \varphi (p + q)}{mL \sin 45^\circ} \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\} \\
&= \frac{a \left\{ 1 - \frac{\operatorname{cosec} \varphi}{L} (L \sin \varphi + d) \right\}}{m \tan \varphi} \log_e \left[\frac{(L \sin \varphi + d) - \tan \varphi \left(x + \frac{p \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\}}{\sin 45^\circ} \right)}{(L \sin \varphi + d) - \tan \varphi \left(x - \frac{q \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\}}{\sin 45^\circ} \right)} \right] \\
y_2 &= \int_{\nu}^{\lambda} \frac{a - x \frac{a}{L} \sec \varphi}{m \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\}} dx \quad \text{但 } x > L \cos \varphi - d \cot(45^\circ - \varphi) \\
&= \frac{1}{m} \int_0^{\lambda} \frac{a}{L} \operatorname{cosec} \varphi dx + \frac{1}{m} \int_{\nu}^{\lambda} \frac{a - \operatorname{cosec} \varphi (L \sin \varphi + d) \frac{a}{L}}{(L \sin \varphi + d) - x \tan \varphi} dx \\
&= \frac{a \operatorname{cosec} \varphi}{mL} \left(L \cos \varphi - x + \frac{q \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\}}{\sin 45^\circ} \right) \\
&= \frac{a \left\{ 1 - \frac{\operatorname{cosec} \varphi}{L} (L \sin \varphi + d) \right\}}{m \tan \varphi} \log_e \left[\frac{(L \sin \varphi + d) - L \sin \varphi}{(L \sin \varphi + d) - \tan \varphi \left(x - \frac{q \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\}}{\sin 45^\circ} \right)} \right]
\end{aligned}$$

X 軸に置き換へるには前項同様 $x = X - (d + L \sin \varphi) \cot(45^\circ - \varphi)$ とする。

$a = b$ の場合

$m, p, q, \xi, \nu, \lambda$ の値は前項の値と同じとし、 y_1, y_2, y_3 の値を記載せば次の如し。

$$\begin{aligned}
y_1 &= \frac{a}{m} \cot \varphi \log_e \left[\frac{L \sin \varphi + d}{(L \sin \varphi + d) - \tan \varphi \left(x + \frac{p \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\}}{\sin 45^\circ} \right)} \right] \\
y_2 &= \frac{a}{m} \cot \varphi \log_e \left[\frac{(L \sin \varphi + d) - \tan \varphi \left(x - \frac{q \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\}}{\sin 45^\circ} \right)}{(L \sin \varphi + d) - \tan \varphi \left(x + \frac{p \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\}}{\sin 45^\circ} \right)} \right] \\
y_3 &= \frac{a}{m} \cot \varphi \log_e \left[\frac{(L \sin \varphi + d) - \tan \varphi \left(x - \frac{q \{(L \cos \varphi - x) \tan \varphi + d\}}{\sin 45^\circ} \right)}{d} \right]
\end{aligned}$$

以上により壓力の種々なる状態に於ける分布状態を計算したのであるが實驗が伴はないので實際には如何なる状態となるかは疑問である。