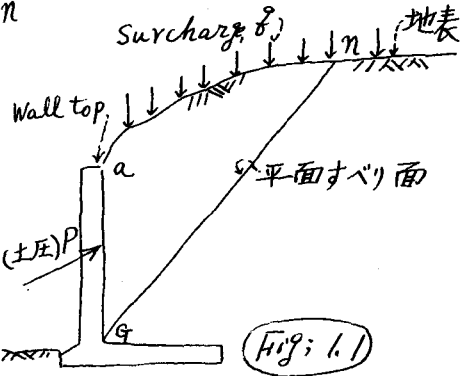


# クローン土圧論を2つ折り平面盛土に適用する新しい解析

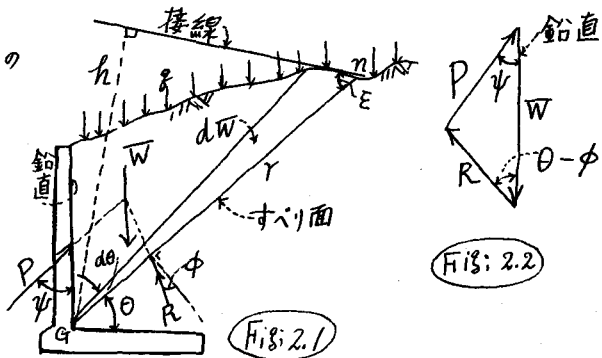
道都短期大学 正会員 今井芳雄

§1. 前言. クローンの土圧論は平面すべり面  $GN$  (Fig. 1.1) 上に集る土と Surcharge,  $q$  の合計重量が土圧  $P$  をもたらすとして解析され有用な解析式があるが地表の形が Wall top から①水平面で続く, ②1つ傾斜の平面でどこまでも続くの2形式に限定されている。そうでない場合は試算による図式を適用すれば解決に至るが試算回数が必要である。筆者は法面と水平面からなる2つ折り平面盛土について1回で土圧を求める計算式を解析したので発表するわけでありす



## §2. クローン土圧の一般式

Surcharge,  $q$  とすべり面  $GN$  上の土重量の和を  $W$ , 土圧を  $P$ ,  $P$  が鉛直となす角を  $\psi$  すべり面反力を  $R$  (Fig. 2.1), クローン土圧論はこの三力が釣合うものとするから, 力の三角形は図2.2, 従って



$$P = W \cdot \frac{\sin(\theta - \phi)}{\sin(\theta + \psi - \phi)} \quad (2.1)$$

$\phi$  は土の内部摩擦角, この(2.1)式の  $P$  の大きさはすべり面の  $\theta$  によって変り,  $P$  を最大にする  $\theta$  を見出し, この時の  $P$  を求める土圧とする。(2.1)式から  $\frac{dP}{d\theta} = \frac{dW}{d\theta} \cdot \frac{\sin(\theta - \phi)}{\sin(\theta + \psi - \phi)} + \frac{d}{d\theta} \left\{ \frac{\sin(\theta - \phi)}{\sin(\theta + \psi - \phi)} \right\} W = 0 \quad (2.2)$  とおき(2.2)を満たす  $W$  を  $W_u$ ,  $\theta$  を  $\theta_u$  とすれば  $W_u = -\frac{dW}{d\theta} \cdot \frac{\sin(\theta_u - \phi) \sin(\theta_u + \psi - \phi)}{\sin^2 \psi} \quad (2.3)$  が得られる。  $d\theta$  にはさ

$$\begin{aligned} \text{まれた } dW \text{ は Fig. 2.1 から } \theta \text{ の増加時(+)であるから } dW &= -\left(\frac{1}{2} r^2 d\theta\right) w - \frac{r d\theta}{\sin^2 \epsilon} \cdot q \cdot \frac{r}{r} \quad (2.4) \\ &= -\frac{1}{2} r^2 d\theta \left( w + \frac{2q}{h} \right) \quad (2.5) \quad \therefore \frac{dW_u}{d\theta} = -\frac{1}{2} r^2 \left( w + \frac{2q}{h} \right) \quad (2.6) \end{aligned}$$

に代入すると土圧  $P$  を最大にする  $\theta_u$  の条件は

$$\begin{aligned} W_u &= -(-)\frac{1}{2} r^2 \left( w + \frac{2q}{h} \right) \cdot \frac{\sin(\theta_u - \phi) \sin(\theta_u + \psi - \phi)}{\sin^2 \psi} \quad (2.7) \quad (2.7) \text{式を(2.1)に代入す} \\ \text{ると, 最大土圧 } P \text{ は, } P &= W_u \cdot \frac{\sin(\theta_u - \phi)}{\sin(\theta_u - \phi + \psi)} \quad (2.1) = \frac{1}{2} r^2 \left( w + \frac{2q}{h} \right) \cdot \frac{\sin^2(\theta_u - \phi)}{\sin^2 \psi} \quad (2.8) \\ \text{となる。(2.8)式は特別な } \theta_u \text{ によって成り立つものであることに留意する。} \end{aligned}$$

## §3. 2つ折り平面盛土の土圧解析

盛土面が Wall top から, 法面, 法肩から水平面へと続く, 2つ折り平面である場合について考える (Fig. 3.1), 然るとき任意すべり面  $GN$  の長さを  $r$  とすると,  $r^2 = \left(\frac{h}{\sin \theta}\right)^2 = \frac{h^2 (1 + \tan^2 \theta)}{\tan^2 \theta} \quad (3.1)$

$$\frac{dw}{d\theta} = -\frac{1}{2} \gamma^2 \left( w + \frac{2g}{h} \right) \dots (2.6)$$

$$= -\frac{1}{2} \frac{h^2 (1 + \tan^2 \theta)}{\tan^2 \theta} \left( w + \frac{2g}{h} \right) \dots (3.2)$$

Surcharge,  $g$  の分布長を  $v$  とすると,  $v = \frac{h}{\tan \theta} - B \dots (3.3)$

ここで三角形  $Gab$  の面積を  $A$  とすると, すべり面  $Gn$  上の総重量  $W$  は, 土の単位体積重量  $w$  として

$$W = A \cdot w + \frac{1}{2} v h w + v g \dots (3.5)$$

$$= A \cdot w + \frac{1}{2} \left( \frac{h}{\tan \theta} - B \right) h w + \left( \frac{h}{\tan \theta} - B \right) g \dots (3.6)$$

すべり面  $Gn$  が最大土圧を与える位置であるためには (3.6) 式の  $W$  は (2.3) 式の  $W_u$  であるべきである。

(2.3) 式右辺の  $\sin$  を  $\tan$  に改め (3.6) 式 = (2.3) とおけば

$$A \cdot w + \frac{1}{2} \left( \frac{h}{\tan \theta_u} - B \right) h w + \left( \frac{h}{\tan \theta_u} - B \right) g = -(-) \frac{1}{2} \frac{h^2 (1 + \tan^2 \theta_u)}{\tan^2 \theta_u} \left( w + \frac{2g}{h} \right) \times \left\{ \cos \phi \cos (\psi - \phi) \tan^2 \theta_u + \sin (\psi - 2\phi) \tan \theta_u - \sin \phi \sin (\psi - \phi) \right\} \div \left\{ (1 + \tan^2 \theta_u) \sin \psi \right\} \dots (3.7)$$

(3.7) を  $\tan \theta_u$  で整理し両辺を  $\frac{1}{2} h (h w + 2g)$  で割ると  $\left\{ \frac{A}{\frac{1}{2} h + g/w} - B \right\} \sin \psi - \cos \phi \cos (\psi - \phi) \left\{ \tan^2 \theta_u + \sin \psi - \sin (\psi - 2\phi) \right\} \tan \theta_u + \sin \phi \sin (\psi - \phi) = 0 \dots (3.8)$  これは  $(\tan \theta_u)$  の 2 次方程式

である。そこで (3.8) 式を original とし て出発, 直接に土圧  $P$  を誘導するのが今回の発表です。

最大土圧  $P$  を与える (2.8) 式から 最大土圧  $P = \frac{1}{2} \frac{h^2 (1 + \tan^2 \theta_u)}{\tan^2 \theta_u} \left( w + \frac{2g}{h} \right) \frac{(\tan \theta_u \cos \phi - \sin \phi)^2}{\sin \psi (1 + \tan^2 \theta_u)}$

$$= \frac{1}{2} \frac{h^2 (w + \frac{2g}{h})}{\sin \psi \tan^2 \theta_u} \frac{(\tan \theta_u \cos \phi - \sin \phi)^2}{1} \dots (3.12)$$

ここで (3.12) 式の両辺を平方根開いて整理して

$$\left\{ \sqrt{P} - h \sqrt{\frac{w + \frac{2g}{h}}{2 \sin \psi}} \cos \phi \right\} \tan \theta_u = -h \sqrt{\frac{w + \frac{2g}{h}}{2 \sin \psi}} \sin \phi \dots (3.13)$$

$\therefore \tan \theta_u = \left\{ -h \sqrt{\frac{w + \frac{2g}{h}}{2 \sin \psi}} \sin \phi \div \left\{ \sqrt{P} - h \sqrt{\frac{w + \frac{2g}{h}}{2 \sin \psi}} \cos \phi \right\} \dots (3.14)$

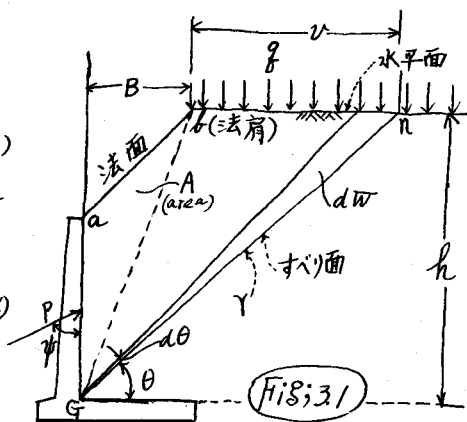
この  $\tan \theta_u$  を (3.9) 式に代入し整理すると  $\left\{ \sqrt{P} - h \sqrt{\frac{w + \frac{2g}{h}}{2 \sin \psi}} \cos \phi \right\} = \left( h \sqrt{\frac{w + \frac{2g}{h}}{2 \sin \psi}} \sin \phi \right) \times$

$$\left[ \left\{ \sin \psi - \sin (\psi - 2\phi) \right\} + \sqrt{\left\{ \sin \psi - \sin (\psi - 2\phi) \right\}^2 - 4 \sin \phi \sin (\psi - \phi) \left\{ \frac{1}{h} \left( \frac{A}{\frac{1}{2} h + g/w} - B \right) \sin \psi - \cos \phi \cos (\psi - \phi) \right\}} \right] \div \left\{ 2 \sin \phi \sin (\psi - \phi) \right\} \dots (3.17)$$

(3.17) 式は 2 次方程式平面盛土の土圧を直接与える式で根の 1 つが有効解にある。内部摩擦角  $\phi$ , 土圧  $P$  の方向  $\psi$  を含むから土の条件を充分に含む

#### §4. 計算例題

土の内部摩擦角  $\phi = 30^\circ$ , 土圧の鉛直となす方向  $= \psi = 70^\circ$  (これは wall 背面  $Ga$  に対するもの),  $\psi = 60^\circ$  (土中の鉛直面  $em$  面についてのもの),  $w = 2 \text{ ton/m}^3$ ,  $g = 1 \text{ ton/m}^2$  のとき Retaining wall,  $Ga$  面及び  $em$  面に及ぶ土圧 (wall の安定計算) を求めること。

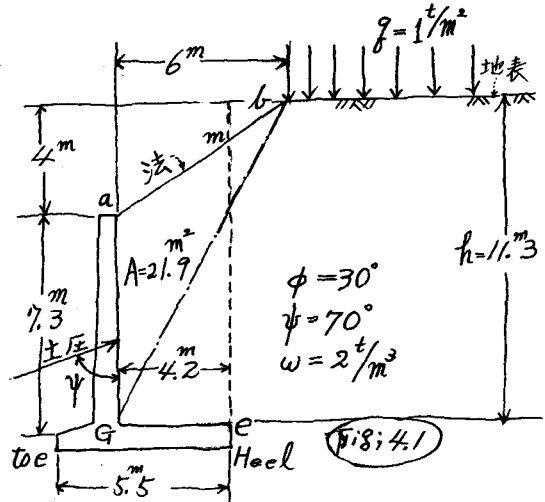


解 (3.17)式に直接代入して P を求める

$$h \sqrt{\frac{w + \frac{2\gamma}{h}}{2 \sin \psi}} = 11.3 \times \sqrt{\frac{2 \times 1}{2 \times 0.9397}} = 12.1617$$

を (3.17) 式に代入すると

$$\begin{aligned} \left\{ \sqrt{P} - h \sqrt{\frac{w + \frac{2\gamma}{h}}{2 \sin \psi}} \cos \phi \right\} &= (6.0809) \times \left[ \right. \\ &\left. \left\{ 0.7661 \right\} \pm \sqrt{\left[ \frac{1.70055}{(6.0809) \times \left[ \frac{2.07013}{0.6428} \right]} \right]} \right] \div 0.6428 \\ &= \frac{(6.0809) \times \left[ (-0.5380) \right]}{0.6428} = (-) 5.0890 \end{aligned}$$



$$\therefore \left\{ \sqrt{P} - 10.5321 \right\} = (-) 5.0890 \quad \therefore \sqrt{P} = 10.5321 - 5.089 = 5.4431 \quad \therefore P = (\sqrt{P})^2 = 29.627$$

検算: この  $P = 29.6272 \text{ ton}$  に相当する  $\theta_u$  の  $\tan \theta_u$  は (3.14) 式により

$$\tan \theta_u = \frac{-h \sqrt{\frac{w + \frac{2\gamma}{h}}{2 \sin \psi}} \sin \phi}{\left\{ \sqrt{P} - h \sqrt{\frac{w + \frac{2\gamma}{h}}{2 \sin \psi}} \cos \phi \right\}} = \frac{(-) 6.0809}{(-) 5.089} = 1.19491 \quad \therefore \theta_u = \tan^{-1} 1.19491$$

$= 50.075^\circ$  即ちこの時果して最大土圧になっているか否かを試算で check する

$$\text{すべり面の位置, } \theta = 48^\circ \text{ のとき (2.1) 式から } P = (W) \times \frac{\sin(\theta - \phi)}{\sin(\psi + \theta - \phi)} = (W) \times \left\{ \tan \theta \cos \phi - \sin \phi \right\} \div \left\{ \tan \theta \cos(\psi - \phi) + \sin(\psi - \phi) \right\} = (95.147) \times 0.3092 = 29.420^t$$

$$\theta = 50.1^\circ \text{ のとき } P = (86.214^t) \times 0.344 = 29.628 \div 29.627^t \text{ (最大土圧として求めた答)}$$

$\theta = 51.0^\circ$  のとき  $P = (82.552^t) \times 0.3584 = 29.588^t$ . 即ち得られた (3.17) 式からの土圧  $P = 29.627^t$  は最大を満たすものであることが検証された。次に Retaining wall の Heel を通る鉛直面  $e-m$  面に及ぶ土圧を求める。この場合土圧の鉛直となす角  $\psi$  を  $60^\circ$  とおくことにより

$$\begin{aligned} \left\{ \sqrt{P} - h \sqrt{\frac{w + \frac{2\gamma}{h}}{2 \sin \psi}} \cos \phi \right\} &= \frac{(6.7107) \left[ 0.86603 \pm 1.23513 \right]}{0.5} \\ &= \frac{14.1002}{0.5} = 28.2 \\ &= \frac{(-) 2.4692}{0.5} = (-) 4.934 \quad \therefore \sqrt{P} = 11.6233 - 4.954^t = 6.6695 \quad \therefore P = (\sqrt{P})^2 = \end{aligned}$$

$= 44.4816$  ... この土圧は Back Fill を含めた L 字型 wall の滑動および転倒の安全度設計のため使用される可き土圧である。

### §5. 結言

\* 的にかなう 答 2" あり (1979.1.4)

今回誘導解析した (3.17) 式は式の姿は長たらいが充分実用に耐えるものと考えられます。土圧はやはり retaining wall 背面の粗度と Back Fill 土のまつ係り合いを示す  $\psi$  即ち土圧方向、土の内部まつ角  $\phi$  を自由にえらぶ算式の方が多様な目