法面のある盛土の土圧解析

ロック建設技術研究所　正会員　今井芳雄

§1.前言　法面のある盛土(Figure 1.1)の土圧Pをクーロン土圧として求めるのであるがすべり面の角υの色々の値の1つ1つについて図解的に即ちFigure 1.2の力の三角形においてψ,ϕを一定にしてυを変数としてPの最大値を求める方法が日本道路協会で採られているがかなり手数がかかる様である。そこですべり面上にのる土の重量と盛土面の載荷重との和Wとよう壁の反力(土圧P),それにすべり面上の上向き反力Rを考えるとこの3力は静力学的に釣合にある。従ってこの3力は1点に会さねばならぬ。W,R,Pの3つの力の力(Force)の三角形は閉じなければならぬ(Figure 1.2)

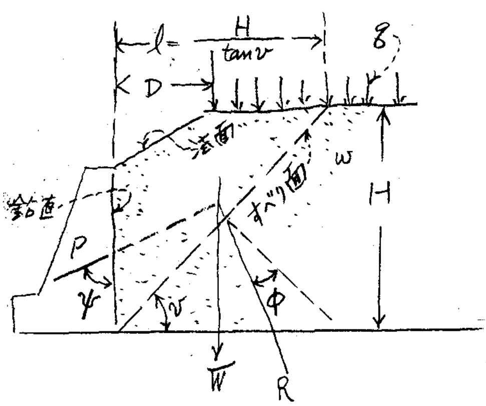
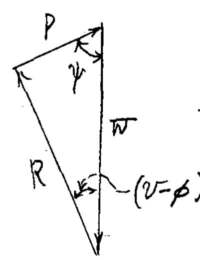


Figure 1.1



力の三角形

Figure 1.2

Pの鉛直となす角ψ,土の内部まさつ角ϕは一定としすべり面角υを変数にとるとWと共にPはυの関数となる。PとWの作用位置を定めるとRの作用位置も定まる。最大のPが求むる土圧と認定する それは微分 $\frac{dP}{d\upsilon}$ をzeroにするすべり面角υから再計算する。

§2. 解析式

$$W = \frac{H}{\tan\upsilon} \times H \times \frac{1}{2}\omega + \frac{H}{\tan\upsilon} \times q - (A\cdot\omega + D\cdot q)$$

$$= \left(\frac{H^2\omega}{2} + H\cdot q\right)\cdot\tan\upsilon - (A.\omega + D.q)\text{, } \omega = \text{土の単位体積重量} \quad \cdots\cdots(2.1)$$

$$\therefore P = W \times \frac{\sin(\upsilon-\phi)}{\sin(\upsilon-\phi+\psi)} = \left(\frac{H^2\omega}{2} + H\cdot q\right) \times \frac{\sin(\upsilon-\phi)}{\tan\upsilon\cdot\sin(\upsilon-\phi+\psi)} - \frac{(A\cdot\omega+D\cdot q)\sin(\upsilon-\phi)}{\sin(\upsilon-\phi+\psi)} \quad \cdots\cdots(2.2)$$

§3.微分式

$$\frac{dP}{d\upsilon} = \frac{d\left\{\left(\frac{H^2\omega}{2}+H\cdot q\right)\times\frac{\sin(\upsilon-\phi)}{\tan\upsilon\cdot\sin(\upsilon-\phi+\psi)}\right\}}{d\upsilon} - \frac{d\left\{(A\cdot\omega+D\cdot q)\times\frac{\sin(\upsilon-\phi)}{\sin(\upsilon-\phi+\psi)}\right\}}{d\upsilon}$$

$$= \left(\frac{H^2\omega}{2}+H\cdot q\right) \times \frac{\tan\upsilon\cdot\sin\psi + \frac{(-)\sin(\upsilon-\phi)\cdot\sin(\upsilon-\phi+\psi)}{\cos^2\upsilon}}{\{\tan\upsilon\cdot\sin(\upsilon-\phi+\psi)\}^2} - (A\cdot\omega+D\cdot q)\frac{\sin\psi\cdot\tan^2\upsilon}{\{\tan\upsilon\cdot\sin(\upsilon-\phi+\psi)\}^2} \quad \cdots(3.1)$$

ここで $\frac{dP}{d\upsilon}$ = (3.1)式 = 0 とおく　これを満足するυがPを最大にするすべり面の角である……(3.2)

(3.2)式が成立するためには (3.1)式の分母はzeroでないから その分子がzeroであればよい

$$\therefore \left(\frac{H^2\cdot w}{2}+H\cdot q\right)\left\{\tan v\cdot\sin\psi+\frac{(-)\sin(v-\phi)\cdot\sin(v-\phi+\psi)}{\cos^2 v}\right\}-(A\cdot w+D\cdot q)\sin\psi\cdot\tan^2 v=0\cdots(3.3)$$

$$\therefore \left(\frac{H^2\cdot w}{2}+H\cdot q\right)\left\{\frac{\cos^2 v\cdot\frac{\sin v}{\cos v}\sin\psi+(-)\sin(v-\phi)\cdot\sin(v-\phi+\psi)}{\cos^2 v}\right\}-\frac{(A\cdot w+D\cdot q)\sin\psi\cdot\sin^2 v}{\cos^2 v}=0\cdots(3.4)$$

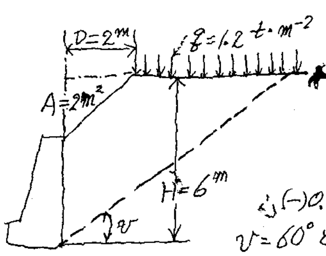
(3.4)式についても $\cos^2 v$ がzeroでないから分子がzeroであればよい

$$\therefore \left(\frac{H^2\cdot w}{2}+H\cdot q\right)\left\{\cos^2 v\cdot\frac{\sin v}{\cos v}\sin\psi+(-)\sin(v-\phi)\cdot\sin(v-\phi+\psi)\right\}-(A\cdot w+D\cdot q)\sin\psi\cdot\sin^2 v=0\cdots(3.5)$$

$$\therefore (-)\frac{(A\cdot w+D\cdot q)}{\frac{H^2\cdot w}{2}+H\cdot q}\sin\psi\cdot\sin^2 v+\sin\psi\cdot\frac{1}{2}\sin 2v+(-)\sin(v-\phi)\sin(v-\phi+\psi)=0\cdots(3.6)$$

(3.6)式の右辺zeroを y とおき成る可く近い2つの v で y をpositiveとnegativeで挟みおちにて v の確値をうるものとする

§4. 計算例　　$\psi=70°,\ \phi=30°,\ D=2^m\ H=6^m\ w=1.6^{t\cdot m^{-3}}\ q=1.2^{t\cdot m^{-2}}$ とする



$$\overbrace{\frac{\overbrace{A\cdot w+D\cdot q}^{5.6}}{\underbrace{\frac{H^2\cdot w}{2}+H\cdot q}_{36}}}\ \overbrace{\sin\psi}^{0.94}\cdot\sin^2 v+\overbrace{\frac{1}{2}\sin\psi}^{0.47}\cdot\sin 2v-\sin(v-\overbrace{\phi}^{30°})\sin(v-\phi+\psi)=0$$

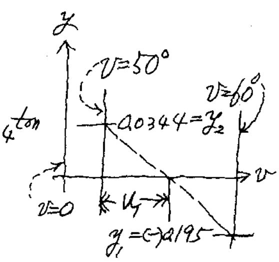
$$\therefore (-)0.146\sin^2 v+0.47\sin 2v-\sin(v-30°)\cdot\sin(v+40°)=y$$

$v=60°$ とおく

$$y_1=(-)\underbrace{0.146\times\sin^2 60°}_{0.11}+\underbrace{0.47\sin 2v}_{0.407}-\sin\underbrace{(v-30°)}_{0.5}\sin\underbrace{(v+40°)}_{0.985}=(-)0.195$$

$v=50°$ とおく

$$y_2=(-)\underbrace{0.146\cdot\sin^2 50°}_{0.086}+\underbrace{0.47\sin 2v}_{0.462}-\underbrace{\sin(50°-30°)}_{0.342}\cdot\underbrace{\sin(50°+40°)}_{1.0}=0.0344$$



$$u_1=(60°-50°)\frac{0.0344}{0.0344+0.195}=1.5°\quad\therefore y=0\text{ ならしめる }v=50°+1.5°=51.5°$$

$$W=\underbrace{\left\{\frac{(6^m)^2\times1.6}{2}+6^m\times1.2\right\}}_{28.64t}\frac{1}{\tan 51.5°}-\underbrace{(2m^2\times1.6+2^m\times1.2^{t\cdot m^{-2}})}_{5.6t}=23.04^{ton}$$

$$\therefore P=23.04^t\times\frac{\sin(51.5°-\phi)}{\sin(51.5°-\phi+\psi)}=23.04\times0.3667=8.45^{ton}\ (答)$$

§5. 結言

微分式(3.1)式の誘導は自主であるが紙幅の関係で割愛となったが可なりの長い式となるものであった 式変形に細心の検算をした　　(補記)(3.6)式は次の様にも変形される

$$\left[(-)\frac{(A\cdot w+D\cdot q)\sin\psi}{\frac{H^2\cdot w}{2}+H\cdot q}+(-)\cos\phi\cdot\cos(-\phi+\psi)\right]\tan^2 v+\left\{\sin\psi+\sin(2\phi-\psi)\right\}\tan v+\sin\phi\cdot\sin(-\phi+\psi)=0\cdots(5.1)$$

(5.1)式 $=\frac{dP}{dv}=0$ ならしめる v は右辺を y とおき y のpostiveとnegativeの挟みおちで求める (1991-11-14)