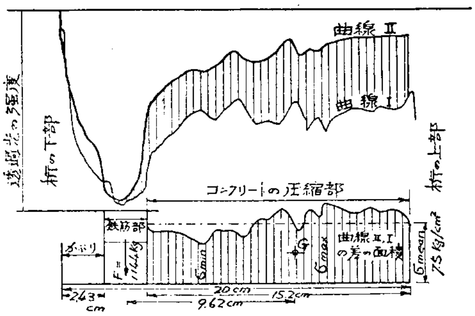
図—1



応力度は $\sigma_{c.\mathrm{mean}}=1\,144/15.2\times10=7.5\ \mathrm{kg/cm^2}$ となる。

いま，下の面積差をあらわす図の平均値を画くと，その縦座標は，すなわちこの 7.5 kg/cm² に当るから，再び，この scale によりもとの面積差の図の最大，最小を測定すれば，$\sigma_{\mathrm{max}}=9.8\ \mathrm{kg/cm^2}$，$\sigma_{\mathrm{min}}=4.9\ \mathrm{kg/cm^2}$ が読み取られる。

（図—1 にみられるように，桁の上端から鉄筋中心まですべて圧縮部分となつているのは，疑問があるが，そのまま訳した）

G. Rinaldi は，また同様のことを，断面を変えたり，PS コンクリートを用いたりして実験している。なお，最近筆者の手元に来た手紙では，実際構造物への応用もすでに二，三行つているようである。

以上が，これらの論文の要旨であるが，G. Rinaldi のとつた方法や測定などについては，いろいろな問題点が残されているように思われる。すぐ気づくことであるが，前にのべた鉄筋間の角度が，あれほど大きな変化を見せるはずがないことは，常識で判断しうる。

また，X線の吸収は，外側の電子に関係するから，少々のひずみでは，いかに microdensitometer を使用しても，図に示されているような光度差は出ないと考えられる。それにもかかわらず一応のデータが出ていることは理論的にも研究の余地があるように思われる。また，ひずみと応力とが一次関係にあると仮定している点や，ひずみと光度とが比例しているという考え方は，もう少し基礎的なデータが揃わないと誤差を大きくするおそれがあるように思う。

また，X-ray の強度は中央が一番大きいから，乾板の濃さも，それを考慮すべきであり，図—1 で見られるように，鉄筋部の凹みも，右側の方が少し戻つているが，これは Compton 散乱や photoelectric effect を考慮して補正すべきである。また，ハリの両端も同様の理由で scattered quanta が少いはずである。また，2つの状態の X-ray radiograph image をとる場合，同じ照射時間でも，X-ray の強度などに fluctuation があるから，それらは比較物質で補正せねばならない。これらの欠点を除くには，ベータートロンほどでなくても，100 万 V ぐらいの X-ray を通すか，または近時入手しやすくなつた放射性同位元素を用いて，それから出る γ-ray を用いればよいと思われる。また，W. Holtschmidt, Bauing. 15 (1935) S. 363 のように，配合比を調べるにも，γ-ray の方が好都合であると思われるが，流量が多いと危険であるのが欠点であろう。

とにかく，コンクリートを透明体として扱えるようになつたのは，コンクリートの非破壊試験に対して，新しい一つの方法を提供したものと云えよう。

矢板岸壁及びドルフィンと橋脚等の根入深さ算定公式

正員　工学博士　岡　部　三　郎*

1. 緒　言

矢板岸壁の安定は地質の良否に支配せられるもので特に根入部の地質いかんは，岸壁の安定に致命的の影響力を有するものであるから，良好な地盤を選定することが何より肝要である。もし上部地質が不良でも下の方に良質地盤があるときは経済的に許すかぎりそこまで矢板を打ち込むことが望ましい。

しかし必ずしも良好でない地盤にも矢板岸壁を築造する必要のある場合が相等多いものである。かかる際にも安心のできる根入の深さを算定することは絶対に必要なことである。

やや地盤が不良と思われる場合は地盤を改良するかまたは単純な矢板岸壁の代りに棚式岸壁のような裏面の土圧を軽減する工法を採用すると同時に矢板や杭の下の方で裏込土砂の重量によつて全体が滑り出さないように総体的の滑り面における安定計算をする必要のあることは重力岸壁の場合と同様である。

* 東亜港湾工業ＫＫ社長

しかし特に不良な地盤のところに重力岸壁を設けることが間違いであると同様にかかる場合は矢板岸壁の計画を立案しないのが賢明である。

従来矢板岸壁の根入の計算方法として種々な仮定のもとにいろいろ発表されていたが，いずれも計算が複雑で難解の図式解法とをともなつて，実用にすこぶる不便であるのを遺憾として，筆者がここに地質の良否にそれぞれ適応する矢板岸壁の根入を簡単に算出する公式を案出し，さらにドルフィンや水平荷重を受ける橋脚の根入を求める公式を追加した。

従来難解とされていた地震時の根入の深さも矢板等の前面が法面となつている場合の根入もこの方程式で計算することができる。

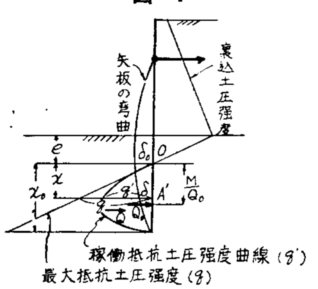
筆者 30 余年の経験からこれらの公式の実際に適ししかも不安のないという事実を発見した。

2．根入算定公式を誘導する基本条件

矢板前面に働らく抵抗土圧強度は矢板が完全なる剛性ならば深さに比例して増加する三角形の圧力線を考えらるが事実は矢板は弾性で彎曲するからその彎位 (defrection) の量に比例して実際に稼働すると考えるのが合理的である。

よつて彎位をパラボラと考えれば深さに応じての最大抵抗土圧強度と稼働抵抗土圧強度との関係は次の式で表わされる。

図—1



O点における矢板の彎位を δ_0 とする。

A′点においては δ とし彎曲線をパラボラと仮定すれば

$$\delta=\delta_0-\left(\frac{x}{x_0}\right)^2\delta_0$$

$$\frac{\delta}{\delta_0}=1-\left(\frac{x}{x_0}\right)^2$$

$$q'=\frac{\delta}{\delta_0}q=\left[1-\left(\frac{x}{x_0}\right)^2\right]q$$

$K=\omega_0(C_0-C)$　次章にて説明する。

$q=Kx$　であるから

$$q_0=x_0K \qquad q'=K\left[1-\left(\frac{x}{x_0}\right)^2\right]x$$

最大抵抗土圧　$Q=\frac{1}{2}q_0\,x_0=\frac{1}{2}Kx_0^{\,2}$

稼働抵抗土圧

$$Q_0=\int_0^{x_0}q'dx=\left|\frac{K}{2}x^2-\frac{Kx^4}{4\,x_0^{\,2}}\right|_0^{x_0}=\frac{1}{4}Kx_0^{\,2} \qquad \cdots\cdots(1)$$

O点の廻りのモーメント

$$M=\int_0^{x_0}q'xdx=\left|\frac{K}{3}x^3-\frac{K}{5}\,\frac{x^5}{x_0^{\,2}}\right|_0^{x_0}=\frac{2}{15}x_0^{\,3}$$

土圧重心の位置

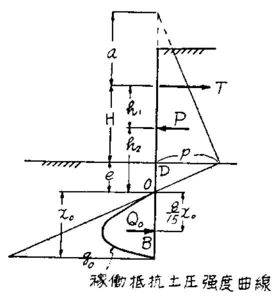
$\frac{M}{Q_0}=\frac{8}{15}x_0$（O点より）

ゆえに

$Q_0=\frac{1}{2}Q$　であるから安全率は 2 である。

3．地質良好の場合の矢板根入公式

図—2



この場合は根入が浅いから抵抗土圧は前面だけから働らくものと考える。

$$\boxed{\varphi=35°\sim45°}$$

ω_0：根入部の土の単位重量$=2\ \mathrm{t/m^3}$

C_0：抵抗土圧係数

ランキン式 $C_0=\frac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi}$

C：土圧係数，ランキン式 $C=\frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}$

K：$\omega_0(C_0-C)=2\,(C_0-C)\ \mathrm{t/m^3}$

e：$\frac{p}{K}$　p：D 点における最大裏込土圧強度

P：裏込土圧の合成力（水圧も含む）

Q_0：$\frac{1}{4}Kx_0^{\,2}$

P：Q_0+T

Bの廻りにモーメントを取れば

$$T=\frac{P\left(h_2+\frac{8}{15}x_0\right)}{\left(H+e+\frac{8}{15}x_0\right)}\quad \text{であるから}$$

$$P=\frac{1}{4}Kx_0^{\,2}+\frac{P\left(h_2+\frac{8}{15}x_0\right)}{\left(H+e+\frac{8}{15}x_0\right)}$$

$$\therefore\ 4P\left(H+e+\frac{8}{15}x_0\right)=K\left(H+e+\frac{8}{15}x_0\right)x_0^{\,2}+4P\left(h_2+\frac{8}{15}x_0\right)$$

すなわち

$$x_0^{\,3}+\frac{15}{8}(H+e)x_0^{\,2}=\frac{15}{2K}Ph_1$$

$$x_0^{\,2}\left\{x_0+\frac{15}{8}(H+e)\right\}=\frac{15}{2K}Ph_1 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

この式を解いて（スライドルールにてただちに解ける）x_0 を求め根入 (x_0+e) が決定する。

なお　$Q_0=\frac{1}{4}Kx_0^2$　$T=\frac{P\left(h_2+\frac{8}{15}x_0\right)}{\left(H+e+\frac{8}{15}x_0\right)}$ によつて Q_0 と T が算定される。

例　題

$\varphi=35°$　クーロム式を用いれば $C_0=3.75$

$C=0.25$　$K=2\,(3.75-0.25)=7$

$$\left.\begin{aligned}&H=8\ \mathrm{m}\\&h_1=3.8\ \mathrm{m}\\&h_2=4.79\ \mathrm{m}\\&e=\frac{p}{K}=\frac{4.15}{7}=0.594\ \mathrm{m}\\&P=31\ \mathrm{t}\end{aligned}\right\}\ \text{(2) 式によつて}$$

$$x_0^2\left\{x_0+\frac{15}{8}(8+0.594)\right\}=\frac{15}{2\times 7}\times 31\times 3.8$$

$$x_0^2(x_0+16.1)=126.5$$

$$x_0=2.6\ \mathrm{m}$$

$$Q_0=\frac{1}{4}\times 7\times 2.6^2=11.9\ \mathrm{t}$$

$$T=\frac{31\left(4.79+\frac{8}{15}\times 2.6\right)}{8+0.594+\frac{8}{15}\times 2.6}=19.1\ \mathrm{t}$$

験算　$Q_0+T=31\ \mathrm{t}=P$

所要根入　$e+x_0=0.594+2.6=3.194\ \mathrm{m}$

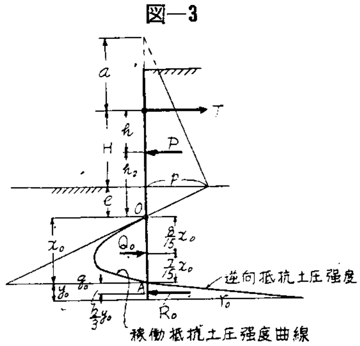
$\fallingdotseq 3.2\ \mathrm{m}$

4.　地質軟弱の場合の矢板根入公式

$\boxed{\varphi=15°\sim 30°}$

この場合は根入が深いので基礎上層の抵抗土圧は前面から働らき下層は逆に裏面から働らき矢板の最下部にカウンター ベンディング モーメントが起るものと考える。

図—3



$$Q_0=\frac{1}{4}Kx_0^2$$

$$r_0=K\,(a+H+e+x_0+y_0)$$

$$R=\frac{1}{2}y_0r_0=\frac{1}{2}K(a+H+e+x_0+y_0)y_0$$

土圧方向の変更点 O において B.M.＝O と仮定するすなわちO点にヒンヂを有するものと考えても実際に支障ないので各国でもこの方法を取つている。

$$T\,(H+e)=Ph_2=P\,(H+e-h_1)$$

ゆえに

$$T=\frac{P\,(H+e-h_1)}{(H+e)}\ \text{または}\ \frac{Ph_2}{(H+e)}$$

$$P+R=Q_0+T$$

$$\therefore\ P+\frac{1}{2}Ky_0(a+H+e+x_0+y_0)=\frac{1}{4}Kx_0^2+\frac{Ph_2}{H+e}$$

$y_0=\frac{x_0}{n}$ と置けば

$$P+\frac{1}{2n}Kx_0\left(a+H+e+x_0+\frac{x_0}{n}\right)$$
$$=\frac{1}{4}Kx_0^2+\frac{Ph_2}{H+e}$$

3. の場合は $\frac{x_0}{n}$ の項ははなはだしく小さいから $\left(\frac{x_0}{n}\right)^2$ の項を省略する。

$$P+\frac{1}{2n}Kx_0(a+H+e+x_0)=\frac{1}{4}Kx_0^2+\frac{Ph_2}{H+e}$$

これを解いて　$H+e-h_2=h_1$　であるから

$$n=\frac{2K\,(H+e)(a+H+e+x_0)x_0}{K\,(H+e)x_0^2-4Ph_1}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

次に R の廻りにモーメントを取ると

$$Q_0\left(\frac{7}{15}x_0+\frac{2}{3}y_0\right)+T\left(H+e+x_0+\frac{2}{3}y_0\right)$$
$$=P\left(h_2+x_0+\frac{2}{3}y_0\right)$$

$$\frac{1}{4}Kx_0^2\left(\frac{7}{15}x_0+\frac{2}{3}y_0\right)$$
$$+\frac{Ph_2}{H+e}\left(H+e+x_0+\frac{2}{3}y_0\right)=P\left(h_2+x_0+\frac{2}{3}y_0\right)$$

$$y_0=x_0\frac{60\,Ph_1-7Kx_0^2(H+e)}{10(H+e)Kx_0^2-40Ph_1}$$

$y=\frac{x_0}{n}$ であるから

$$n=\frac{10\,(H+e)\,Kx_0^2-40\,h_1}{60\,Ph_1-7\,Kx_0^2\,(H+e)}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

(3) 式と (4) 式から

$$\frac{2K\,(H+e)(a+H+e+x_0)\,x_0}{K\,(H+e)\,x_0^2-4\,Ph_1}$$
$$=\frac{10\,(H+e)\,Kx_0^2-40\,Ph_1}{60\,Ph_1-7\,Kx_0^2(H+e)}$$

$$\therefore\ [2K\,(H+e)(a+H+ex_0)\,x_0]$$
$$\times[60\,Ph_1-7\,Kx_0^2\,(H+e)]$$
$$=[K(H+e)\,x_0^2-4\,Ph_1]$$
$$\times[10\,(H+e)\,Kx_0^2-40\,Ph_1]$$

簡単にして

$$12K^2(H+e)^2x_0^4+7K^2(H+e)^2\times(a+H+e)x_0^3-84K(H+e)Ph_1x_0^2-60K(H+e)(a+H+e)x_0Ph_1+80P^2h_1^2=0$$

すなわち

$$x_0^4+\frac{7}{12}(a+H+e)x_0^3-\frac{7Ph_1x_0^2}{K(H+e)}-\frac{5Ph_1(a+H+e)}{K(H+e)}x_0+\frac{20}{3}\left\{\frac{Ph_1}{K(H+e)}\right\}^2=0 \quad \cdots\cdots(5)$$

この式を解いて（数回の検算により容易に解ける）x_0 を求めれば次の式によつて n, y_0, R_0, Q_0 等が求められ根入（$e+x_0+y_0$）が定まる。

$$n=\frac{2K(H+e)(a+H+e+x_0)x_0}{K(H+e)x_0^2-4Ph_1}$$

$$y_0=\frac{x_0}{n}$$

$$R_0=\frac{K}{2}y_0(a+H+e+x_0+y_0)$$

$$Q_0=\frac{1}{4}Kx_0^2$$

$$T=\frac{Ph_2}{H+e}=\frac{P(H+e-h_1)}{H+e}$$

例題（1）

$\varphi=30°$ $p=5.35\ \mathrm{t/m^2}$

$$K=2\left(\frac{1+\sin 30}{1-\sin 30}-\frac{1-\sin 30}{1+\sin 30}\right)=5.35\ \mathrm{t/m^3}$$

$$e=\frac{p}{K}=1.0\ \mathrm{m}$$

$P=54\ \mathrm{t}$

$H=9.5\ \mathrm{m}$ $H+e=10.5\ \mathrm{m}$

$a=6.6\ \mathrm{m}$

$h_1=5\ \mathrm{m}$

(5) 式により

$$x_0^4+\frac{7\times17.1}{12}x_0^3-\frac{7\times54\times5}{5.35\times10.5}x_0^2-\frac{5\times54\times5\times17.1}{5.35\times10.5}x_0+\frac{20\times54^2\times5^2}{3\times5.35^2\times10.5^2}=0$$

$$x_0^4+10x_0^3-33.6x_0^2-410x_0+156=0$$

$\therefore$ $x_0=6.05\ \mathrm{m}$

$$n=\frac{2\times5.35\times10.5\times23.15\times6.05}{5.35\times10{,}5\times6.05^2-4\times54\times5}=\frac{15\,800}{2\,070-1\,080}=16$$

$$y_0=\frac{6.05}{16.0}=0.377$$

$$R_0=\frac{5.35}{2}\times23.53\times0.377=23.3\ \mathrm{t}$$

$$Q_0=\frac{1}{4}\times5.35\times6.05^2=48.8\ \mathrm{t}$$

$$T=\frac{5\times(10.5-5)}{10.5}=28.3\ \mathrm{t}$$

根入 $e+x_0+y_0=7.427\ \mathrm{m}$

験算 $R_0+P=23.1+54=77.1\ \mathrm{t}$

$Q_0+T=48.8+28.3=77.1\ \mathrm{t}$

例題（2）

$\varphi=25°$ $p=3.36\ \mathrm{t/m^2}$

$K=2(C_0-C)=2(2.5-0.36)=4.28$ （クーロム式による）

$$e=\frac{p}{K}=0.79\ \mathrm{m} \quad a=3.22$$

$P=16.8\ \mathrm{t}$ $H=6.0$

$h_1=3.65\ \mathrm{m}$

$$T=\frac{P(H+e-h_1)}{H+e}=\frac{16.8\times3.14}{6.79}=7.82\ \mathrm{t}$$

(5) 式により

$$x^4+\frac{7}{12}\times10x_0^3-\frac{7\times16.8\times3.65}{4.28\times6.79}x_0^2-\frac{5\times16.8\times3.65\times10}{4.28\times6.79}x_0+\frac{20}{3}\left(\frac{16.8\times3.65}{4.28\times6.79}\right)^2=0$$

$$x^4+5.37x_0^3-14.7x_0^2-106x_0+30=0$$

$\therefore$ $x_0=4.1\ \mathrm{m}$

$$n=\frac{2\times4.28\times6.79\times14.11\times4.1}{4.28\times6.79\times4.1^2-4\times16.8\times3.65}=13.8$$

$$y_0=\frac{4.1}{13.8}=0.295$$

$$R_0=\frac{4.28}{2}\times14.4\times0.295=9.02\ \mathrm{t}$$

$$Q_0=\frac{1}{4}4.28\times4.1^2=18\ \mathrm{t}$$

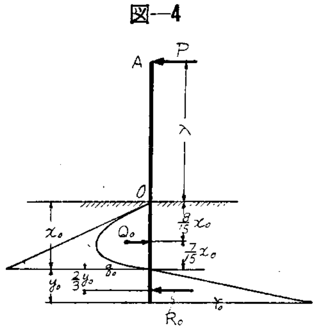
$T=7.82\ \mathrm{t}$

検算 $R_0+T=25.82=Q_0+T$

所要根入 $e+x_0+y_0=5.19\ \mathrm{m}$

5. ドルフィン及び水平荷重を受ける橋脚の根入公式

図—4



この公式は土質の良否に関係なく応用できる。

$$Q_0=\frac{1}{4}Kx_0^2$$

$$R=\frac{1}{2}Ky_0\times(x_0+y_0)$$

A点の廻りにモーメントを取れば

$$Q_0\left(\lambda+\frac{8}{15}x_0\right)=R\left(\lambda+x_0+\frac{2}{3}\right)y_0$$

すなわち

$$\frac{1}{4}Kx_0^2\left(\lambda+\frac{8}{15}x_0\right)=\frac{1}{2}Ky_0(x_0+y_0)\left(\lambda+x_0+\frac{2}{3}y_0\right)$$

$y_0=\frac{x_0}{n}$　と置く，

$$\frac{1}{4}Kx_0^2\left(\lambda+\frac{8}{15}x_0\right)=\frac{1}{2}K\frac{x_0}{n}\left(x_0+\frac{x_0}{n}\right)\left(\lambda+x_0+\frac{2x_0}{3n}\right)$$

$\left(\frac{x_0}{n}\right)^2$ は小さくはあるが **4.** の場合よりは相当大であるから **5.** の場合は $\left(\frac{x_0}{n}\right)^2$ の項を省略するわけにはゆかない。それで近似値を取り $\left(\frac{x_0}{n}\right)^2=\frac{x_0^2}{4n}$ と置く。このようにしても従来の実例上あまり誤差がない。

ゆえに

$$\frac{1}{4}Kx_0^2\left(\lambda+\frac{8}{15}x_0\right)=\frac{1}{2}K\frac{x_0}{n}\left(x_0+\frac{x_0}{4}\right)\left(\lambda+x_0+\frac{x_0}{6}\right)$$

$$=\frac{1}{2}K\frac{x_0}{n}\times\frac{5}{4}x_0\left(\lambda+\frac{7}{6}x_0\right)$$

$$\therefore\ \lambda+\frac{8}{15}x_0=\frac{5}{2n}\left(\lambda+\frac{7}{6}x_0\right)$$

$$\therefore\ n=\frac{5\lambda+35/6\,x_0}{2(\lambda+8/15\,x_0)}=\frac{5(30\lambda+35x_0)}{4(15\lambda+8x_0)}\ \cdots\cdots\cdots(6)$$

次に　$P+R_0=Q_0$ であるから

$$P+\frac{K}{2}y_0(x_0+y_0)=\frac{1}{4}Kx_0^2$$

前と同様　y_0^2 の項を　$\frac{x^2}{4n}$　と置く。

$$P+\frac{K}{2}\frac{x_0}{n}\left(x_0+\frac{x_0}{4}\right)=\frac{Kx_0^2}{4}$$

$$4nP+2Kx_0\left(x_0+\frac{x_0}{4}\right)=Kx_0^2n$$

$$\therefore\ n=\frac{5Kx_0^2}{2(Kx_0^2-4P)}\ \cdots\cdots\cdots(7)$$

(6) 式と (7) 式から

$$n=\frac{5(30\lambda+35x_0)}{4(15\lambda+8x_0)}=\frac{5Kx_0^2}{2(Kx_0^2-4P)}$$

$$\therefore\ (30\lambda+35x_0)(Kx_0^2-4P)=2Kx_0^2(15\lambda+8x_0)$$

簡単にして

$$x_0^3-\frac{140P}{19K}x_0=\frac{120\lambda P}{19K}$$

$$x_0\left[x_0^2-\frac{140P}{19K}\right]=\frac{120\lambda P}{19K}\ \cdots\cdots\cdots(8)$$

この式を解いて（スライドルールにて容易に解ける）x_0 を求め，ついで

$$\left.\begin{aligned}n&=\frac{5(30\lambda+35x_0)}{4(15\lambda+8x_0)}\\y_0&=\frac{x_0}{n}\\R&=\frac{1}{2}Ky_0(x_0+y_0)\\Q&=\frac{1}{4}Kx_0^2\end{aligned}\right\}$$

等がただちに求められ根入 (x_0+y_0) も決定する。

例題　(1)　$\varphi=15°$

$$\left.\begin{aligned}C&=0.475\\C_0&=1.70\end{aligned}\right\}\ \text{クーロム式による}$$

$K=2(1.70-0.475)=2.45$

$\lambda=12$ m

$P=25$ t

(8) 式により

$$x^3-\frac{140\times25}{19\times2.45}x_0=\frac{120\times12\times25}{19\times2.45}$$

すなわち　$x_0[x_0^2-75.5]=775$

(2)　$\varphi=30°$

ランキン式によると

$K=5.35$

その他 (1) のとおり

(8) 式により

$$x_0^3-\frac{140\times25}{19\times5.35}x_0=\frac{120\times12\times25}{19\times5.35}$$

すなわち　$x_0[x_0^2-34.6]=356$

(1)

これを解いて　$x_0=11.87$ m

$$n=\frac{5(30\times12+35\times11.87)}{4(15\times12+8\times11.87)}=3.52$$

$$y_0=\frac{11.87}{3.52}=3.36$$

$$R_0=\frac{1}{2}\times2.45\times3.36\times15.23=63\text{ t}$$

$$Q_0=\frac{1}{4}\times2.45\times11.87^2=87\text{ t}$$

$P=25$ t

(2)

これを解いて　$x_0=8.66$

$$n=\frac{5(30\times12+35\times8.66)}{4(15\times12+8\times8.66)}=3.32\text{ m}$$

$$y_0=\frac{8.66}{3.32}=2.61$$

$$R_0=\frac{1}{2}\times5.35\times2.61\times11.27=78\text{ t}$$

$$Q_0=\frac{1}{4}8.66^2\times5.35=101\text{ t}$$

$Q_0\doteqdot P+R_0$

Q_0 は大体 $P+R_0$ に等しい。

多少の誤差のあるのは $\left(\frac{x_0}{n}\right)^2$ の項を $\frac{x_0^2}{4n}$ と置いたためであるがこの差わずか 2% くらいは実際の設計上，なんら支障ない。

6.　結論

(a)　$\boxed{\text{地質　}\varphi=35°\sim45°}$ の場合の矢板岸壁根入 (x_0+e) の x_0 は公式

$$x_0^2\left[x_0+\frac{15}{8}(H+e)\right]=\frac{15}{2K}Ph_1$$

によつて求める。

（b）$\boxed{\text{地質}\quad \varphi=15°\sim30°}$ の場合の矢板岸壁の根入（$e+x_0+y_0$）は次の公式で求める。

$$y_0=\frac{x_0}{n}\quad n=\frac{2K(H+e)(a+H+e+x_0)\,x_0}{K(H+e)\,x_0^2-4\,Ph}$$

$$x^4+\frac{7}{12}(a+H+e)\,x_0^3-\frac{7\,Ph_1}{K(H+e)}x_0^2$$

$$-\frac{5\,Ph_1(a+H+e)}{K(H+e)}x_0$$

$$+\frac{20\,P^2h_1^2}{3\,K^2(H+e)^2}=0$$

（c）地質に関係なくドルフィン及び水平荷重を受ける橋脚の根入は

$$y_0=\frac{x_0}{n}\quad n=\frac{5(30\,\lambda+35\,x_0)}{4(15\,\lambda+8\,x_0)}$$

公式　$x_0\left[x_0^2-\frac{140\,P}{19\,K}\right]=\frac{120\,\lambda P}{19\,K}$

によつて求めらる。

註：(a) と (b) の方程式は基本の仮定が異なるために (b) による x_0 は (a) によるより 40～50% 大きく出るが (b) は軟質の場合だから安心して応用できる。$\varphi=30°\sim35°$ に対しては計算簡易なる (a) 式を用い $x°$ を 25% 内外増加すれば安全である。

付：土圧及び根入計算を容易にするため土圧係数及び K の値を表示する。

（土木工学ポケットブック p. 1386～1402 参照）

（地中の震度は地表より小さいが水中の震度は見掛大となるからそのまま用いた）

土圧係数 C

	φ	45°	40°	35°	30°	25°	20°	15°
平常土圧係数 C		0.165	0.20	0.25	0.30	0.37	0.425	0.475
地震時土圧 C	震度 0.15	0.23	0.28	0.34	0.40	0.49	0.62	
	震度 0.25	0.29	0.35	0.42	0.49	0.62		

抵抗土圧係数 C_0

平常土圧係数 C_0		5.85	4.60	3.75	3.00	2.50	2.10	1.70
地震時土圧	震度 0.15	5.40	4.25	3.30	2.70	2.15	1.90	
	震度 0.25	5.00	3.95	3.00	2.45	1.90		

根入部に対し一般に水面下なるゆえ地表の震度をそのまま用いた

抵抗土圧係数 C_0

（前面 20° の勾配を有する法面の場合）

平常土圧係数 C_0		2.60	2.20	1.80	1.50	1.25	1.05	0.60
地震時土圧	震度 0.15	2.25	1.80	1.50	1.15	0.85		
	震度 0.25	1.95	1.55	1.25	0.90			

根入算定公式の K の値　$K=2(C_0-C)$

	φ	45°	40°	35°	30°	25°	20°	15°
平常時		12.37	8.80	7.00	5.40	4.28	3.35	2.45
地震時	震度 0.15	10.34	7.94	5.92	4.60	3.32	2.56	
	震度 0.25	9.42	7.20	5.16	3.92	2.62		

根入算定公式の K の値　（前面勾配の場合）

平常時		4.27	4.00	3.10	2.40	1.76	1.25	0.35
地震時	震度 0.15	4.04	3.04	2.32	1.50	0.72		
	震度 0.25	3.32	2.40	1.66	0.82			