

斜面をもった矢板根入れ部の受働土圧計算について

さわ だ げん べい
沢 田 源 平*

1. ま え が き

矢板根入れ部前面の海底地盤が斜面をもった場合の受働土圧計算は、スベリ面の決定について数多くの人々が実験式なり計算式を立てており、そのいかなるものも相当に複雑な計算式となっているので、これまでは斜面の適当なところを平タンな海底地盤とみなした概算によって、ともするとすませがちである。

しかし、従来のように斜面をもった海底地盤を、平タンなものともみなしてしまうには数多くの問題が含まれるので、もう少し簡単に、合理的に、はやく求めることができないものかと考え、斜面のわりあい一般的と思われるケースについて、簡便法的な計算式と計算図表を作成してみた。

計算図表には、受働土圧力のほか、この計算式によって求められる受働土圧力から、その受働土圧力の作用点の位置と土圧強さの分布もわかるようにしてみた。

2. 計 算 法

(1) 仮定および条件

(i) 斜面のわりあい一般的と思われる海底地盤を図-1 のとおりとすれば、矢板シタバと斜面のウワバ・シタバを結ぶ面によってできる区域に、計算の都合上分割する。そしてそれぞれの区域についてクルマン線をかき、その最小値を各区域についての受働土圧力とする。

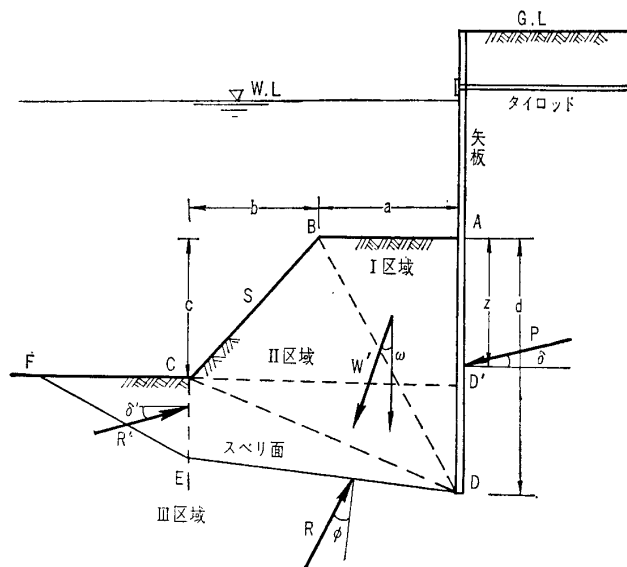


図-1 わりあい一般的と思われる斜面の形状

* 運輸省港湾技術研究所

(ii) 土圧力の計算には、クーロン土圧論を採用した。したがって、矢板シタバからのスベリ面は平面となる。図-1 によるⅢ区域については、スベリ面に折れた平面を仮定した。折れ線の位置は斜面シタバからの垂線上にあるものと仮定した。

一般にスベリ面は、単純な平面ではなく、複雑な曲面を形成しているが、当面の問題として計算を簡便化するためにこのような仮定を設けてみた。

(iii) 斜面シタバからの垂直な平面を仮定して、この面にクーロン土圧式にて求められる受働土圧力が働くものと仮定した。

これは、Ⅲ区域の受働土圧力の計算をするときに問題になることで、六角形 ABCFED の土ケイ(楔)が外力とつりあったときのことを考えればよいのであるが、土の反力に DE 面および EF 面の 2 個があり、その方向はわかるが力の大きさが不明なので、このままの形では計算ができない。そこで五角形 ABCED を考え、EF 面の反力の代わりに、CE 面にクーロン土圧式にて求められる受働土圧力を働かせることにした。

(iv) 仮定した CE 面での摩擦角を矢板壁の壁面摩擦角に等しいと仮定した。

ここに仮定した CE 面は、はっきりしたスベリ面ではなく、もしこの面に摩擦角が生ずるものとすれば $0 \sim \phi$ の範囲にあるものと判断される。また、四角形 ABCD' が無限に小さくなった場合には、CE 面は矢板壁に無限に近づくことになり、矢板壁の壁面摩擦角に対応するものは、CE 面での摩擦角でなければならないことからして、この計算法では $\delta = \delta'$ とした。

(2) 計 算 式

この計算法にでてくる記号の内容は、下記のとおりとする。

P_n ; n 区域での受働土圧力	(t/m)
P_{n-h} ; n 区域での水平分受働土圧力	(t/m)
W ; 常時の土ケイ(楔)の重量	(t/m ³)
W' ; 地震時の土ケイ(楔)の重量	(t/m ³)
R ; スベリ面での土の反力	(t/m)
R' ; CE 面での受働土圧力	(t/m)
r ; 土の単位容積重量	(t/m ³)
k ; 空中での震度	
k' ; 水中での見かけの震度	
θ ; 矢板とスベリ面とのなす角度	(°)
θ_1 ; 矢板と DB 面とのなす角度	(°)
θ_2 ; 矢板と DC 面とのなす角度	(°)

資料-79

- ϕ ; 土の内部摩擦角 (°)
 δ ; 矢板壁の壁面摩擦角 (°)
 δ' ; CE 面での仮定した摩擦角 (°)
 ω ; 地震合成角 (°)
 a ; 矢板から斜面ウワバまでの水平距離 (m)
 b ; 斜面ウワバからシタバまでの水平距離 (m)
 c ; 斜面ウワバからシタバまでの鉛直距離 (m)
 S ; 斜面の傾度 b/c
 d ; 海底地盤面からの根入長さ (m)
 z ; 海底地盤面から受働土圧作用点までの深さ (m)

れば、次のとおりである。

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{a}{d} \quad \theta_2 = \tan^{-1} \frac{a+b}{d-c}$$

$$\omega = \tan^{-1} k' \quad k' = \frac{r}{r-1} \cdot k$$

(i) I 区域での計算式

$$P_{1-h} = \cos \delta \cdot \frac{r \cdot d^2 \tan \theta}{2 \cdot \cos \omega} \cdot \frac{\cos(\phi - \theta - \omega)}{\sin(\theta - \phi + \delta)} \dots \dots \dots (1)$$

ただし $\theta_1 > \theta > \phi - \delta$

上記の記号のうちで、たがいに関係のあるものを上げ

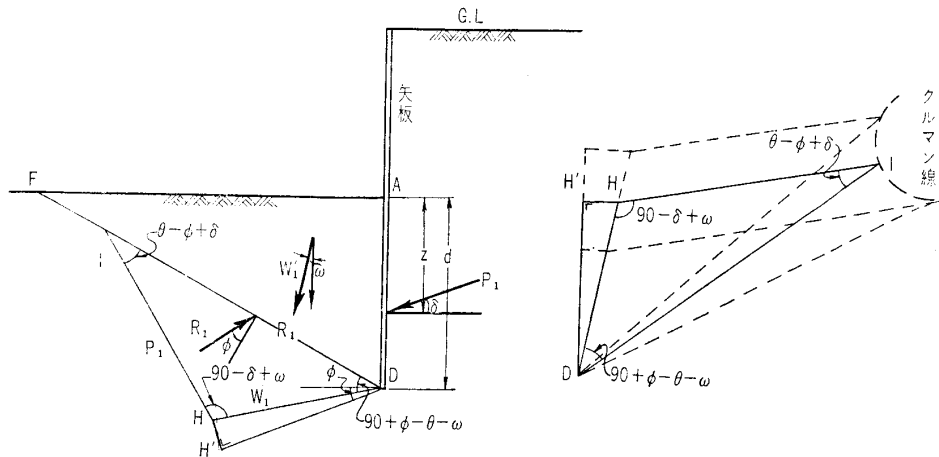


図-2 I 区域における図式解法

(ii) II 区域での計算式

$$P_{2-h} = \cos \delta \cdot \frac{r}{2 \cos \omega} \cdot \left\{ \frac{\cos\left(\tan^{-1} \frac{c}{b}\right) \left(d + a \frac{c}{b}\right)^2 \sin \theta}{\cos\left(\tan^{-1} \frac{c}{b} - \theta\right)} - a^2 \frac{c}{b} \right\} \cdot \frac{\cos(\phi - \theta - \omega)}{\sin(\theta - \phi + \delta)} \dots \dots \dots (2)$$

ただし $\theta_2 > \theta \geq \theta_1$ $\theta > \phi - \delta$

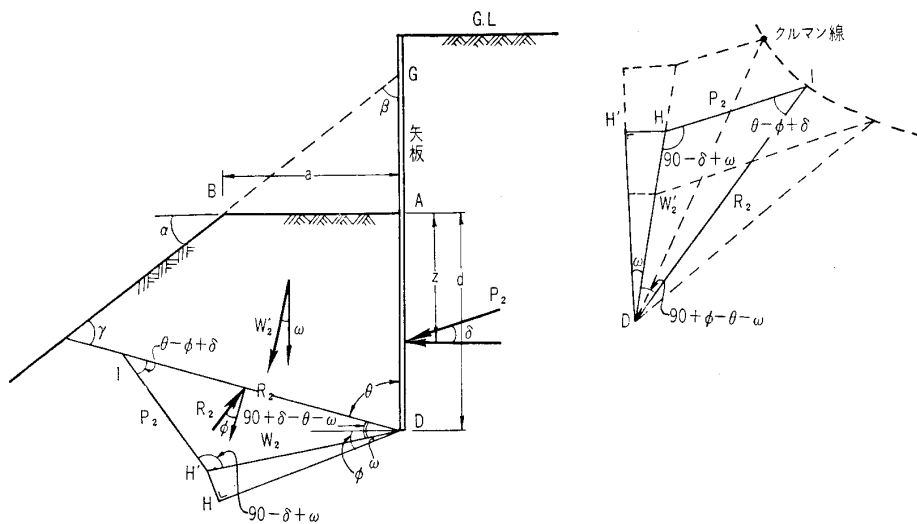


図-3 II 区域における図式解法

(iii) III 区域での計算式

$$P_{3-h} = \cos \delta \cdot \sqrt{R_3'^2 + W_3'^2 + 2 R_3' \cdot W_3' \cdot \sin(\delta' - \omega)} \cdot \frac{\cos(\phi - \theta + \delta' - \omega)}{\sin(\theta - \phi + \delta)} \dots \dots \dots (3)$$

$$W_3' = \frac{r}{2 \cdot \cos \omega} \left\{ a(c+d) + bd \right\} + (a+b) \frac{\sin(\theta - \theta_2) \cos\left(\tan^{-1} \frac{c}{b}\right) \left(d + a \frac{c}{b}\right)}{\sin \theta \cdot \cos\left(\tan^{-1} \frac{c}{b} - \theta_2\right)}$$

$$R_3' = \frac{\gamma}{2} \cdot \left\{ \frac{\sin(\theta - \theta_2) \cos \left(\tan^{-1} \frac{c}{b} \right) \left(d + a \frac{c}{b} \right)^2}{\sin \theta \cdot \cos \left(\tan^{-1} \frac{c}{b} - \theta_2 \right)} \right\} \cdot \frac{\cos^2(\phi - \omega)}{\cos \omega \cdot \cos(\delta' - \omega) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta') \sin(\phi - \omega)}{\cos(\delta' - \omega)}} \right]^2}$$

$$\varepsilon' = \sin^{-1} \frac{R_3' \cdot \cos(\delta' - \omega)}{\sqrt{R_3'^2 + W_3'^2 + 2 R_3' W_3' \sin(\delta' - \omega)}}$$

ただし $180 > \theta \geq \theta_2$ $\theta > \phi - \delta$

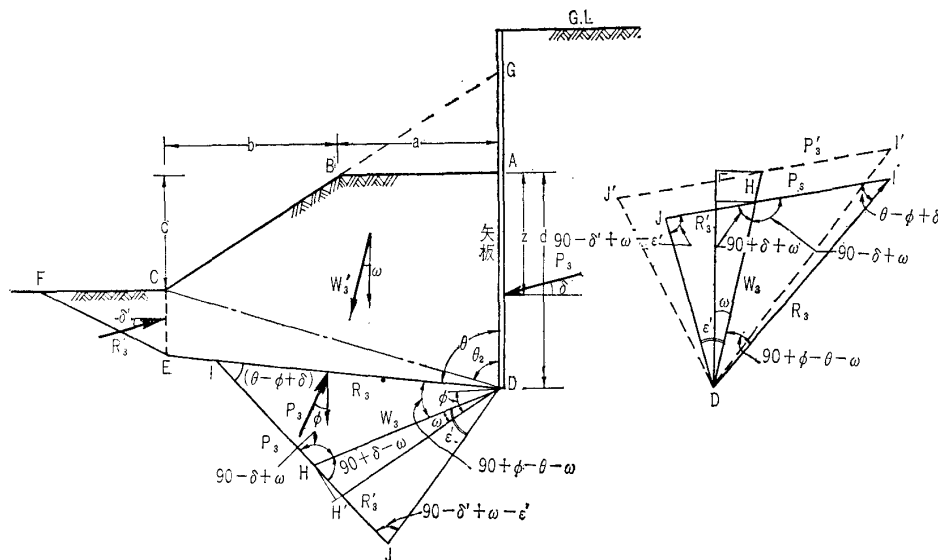


図-4 III区域における図式解法

(3) 計算順序

数値計算を行なうには、下記の順序にしたがって計算すればよい。

(i) さきに説明した受働土圧計算式について、それぞれの区域での受働土圧力を求める。

(ii) 前記の計算で求められた受働土圧力の値を比較し、その最小値をその根入長に対する受働土圧力とする。

(iii) 前記の計算を矢板根入長の微小増加ごとに求めようとする矢板根入長まで行なう。そして、矢板根入長と受働土圧力との関係から、受働土圧強さを求める。

これには、微小矢板根入長の増加に対する受働土圧力の増加分を求めて受働土圧強さとした。

(iv) 矢板根入長と受働土圧強さとの関係から、受働土圧力の作用点の位置を求める。

作用点の位置標示は、海底地盤面をゼロとしてその深さで表わすことにした。

この計算法はトライアルな方法なので、受働土圧力を求めるのに数値計算をするにしても、また図式計算で求めるにしてもかなり繁雑で、手間のかかるものである。しかし実際にこの計算法を使用する場合、電子計算機で処理すれば容易に求められるもので、1ケースにつき約10分で求められる。

また、この計算結果の図表化したものを最後に載せておいたので、概算値を求めたいときはこれを利用すれば

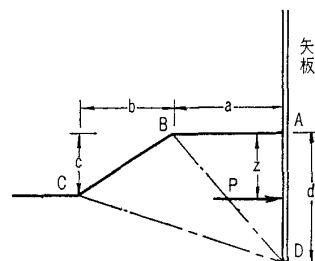
便利である。

3. 計算例

運輸省第一港湾建設局管内の伏木港右岸3号棚式矢板岸壁の改良工事で、水深

を-8mから-10mまでに増深した場合の、矢板根入部の受働土圧を計算したときにこの計算法を使用した。

図-5は、この計算法による計算結果を図表にしたものである。



$a=2.7\text{m}$ $c=2.0\text{m}$
 $S=1.5$ $\phi=35^\circ$
 $\delta=0^\circ$ $\gamma=1.0\text{t/m}^3$

受働土圧力 P (t) 受働土圧強さ p (t/m²) 作用点までの深さ Z (m)

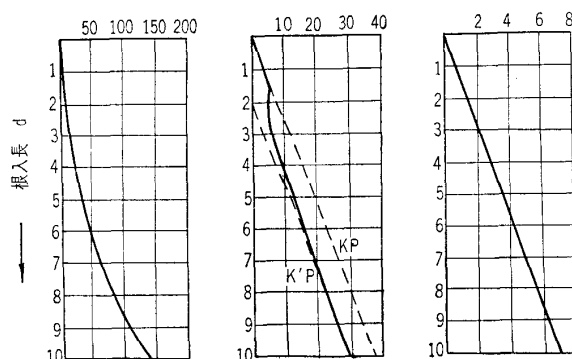


図-5 計算例

資 料-79

この計算結果からして、矢板根入長 $d=5.6\text{ m}$ の場合の受働土圧力および海底地盤面から作用点までの深さは
 $P=37.01\text{ t/m}$ $z=3.68\text{ m}$

であることがわかる。

その他この種の計算法によって計算しているものに、運輸省第三港湾建設局管内の、神戸港の摩耶フ頭の岸壁比較設計の矢板構造のところで行なっている。

4. あとがき

この計算法によれば、一応もっともらしい受働土圧の値が求められるが、求められた受働土圧の値と、実際の受働土圧の値との間にどれだけの差があるのか、また、スベリ面を曲面と考えるいろいろな計算法があるが、これらを使用して計算した受働土圧の値と比較した場合にどうなるのか、などについてはまだ検討していない。したがって、安全率のとり方なども不明であり、安心して使用することができないので、今後もこれらの研究を続ける予定である。

目下のところ、なんらの裏付けのない単なる簡便法にすぎないが、海底地盤を平タンなものとは仮定してしまうような計算法よりは合理的であると思われるので、このような意味では役に立つ計算法であるといえると思う。

5. 計算 図 表

計算図表は、紙面の都合上下記の条件のものについて載せておいた。その他の条件に対しては、港湾技研資料 No. 9 を参照されたい。

斜面形状

$$a=2\text{ m}\cdot 4\text{ m}$$

$$c=4\text{ m}\cdot 6\text{ m}$$

$$s=1.5\cdot 2.0\cdot 2.5$$

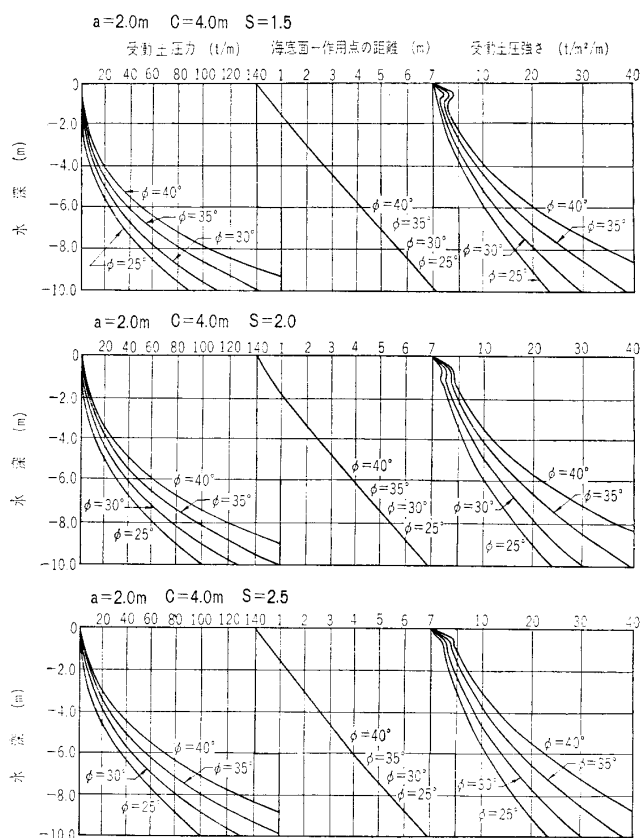
その他

$$\phi=25^\circ\cdot 30^\circ\cdot 35^\circ\cdot 40^\circ$$

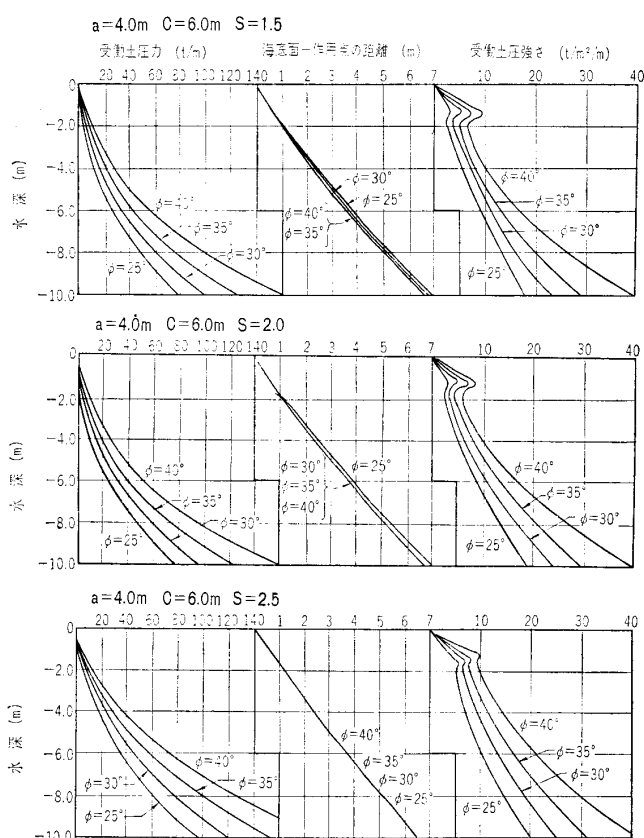
$$k=0$$

$$\delta=-15^\circ$$

$$\gamma=1.0\text{ t/m}^3$$



グラフー1



グラフー2

※

※

※