

港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
PORT AND HARBOUR TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORTATION, JAPAN

No. 9

April, 1964

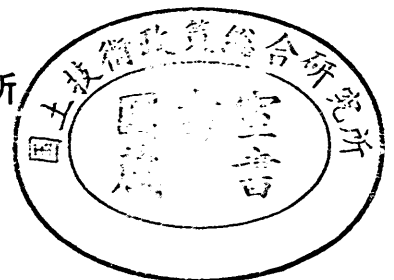
斜面をもつた矢板根入部の

受働土圧計算法……………沢田 源平

計 算 図 表 (その1) ……………梅原 靖文 佐々木光兼

昭和 39 年 4 月

運輸省港湾技術研究所



目 次

斜面をもつた矢板根入部の受働土圧計算法

§ 1 ま え が き	2
§ 2 計 算 法	2
1) 仮 定	
2) 計 算 式	
3) 計 算 順 序	
4) 図 式 計 算	
§ 3 計 算 例	6
§ 4 図表の使用法	7
§ 5 あ と が き	7
§ 6 計 算 図 表	8

計 算 図 表 (その1)

1. 杭の支持力	37
2. 杭の仮想固定点	59
3. セルの安定計算	67

斜面をもつた矢板根入部の受働土圧計算法

沢 田 源 平 *

§ 1 ま え が き

矢板壁の設計を行なう場合には、土圧力の計算はかかせぬものの一つである。そのうち矢板根入部前面の受働土圧の計算は、一般に海底地盤が平坦な場合のときには、港湾工事設計要覧などに載っている方法で計算ができるようになっており、現在のところ、一応満足されている。しかし海底地盤が斜面をもっている場合には、その計算方法がはつきりしていない。

この資料は、海底の土質が砂の場合で、しかも矢板根入部前面の海底地盤が斜面をもっている場合の受働土圧の計算方法を紹介したものであり、さらに設計計算を行なうときに、すぐに役に立たせることのできる計算図表の作成を行なったものである。

港湾工事設計要覧には、矢板に働く土圧力の計算方法として、矢板根入部前面の海底地盤が斜面をもっている場合については、187 ページの下 5 行目に

注 2) 横さん橋の背後に設けられた土留護岸用の矢板壁などの場合には、矢板前面の地盤の傾斜角に応じた受働土圧を計算しなければならない。

と書いてあるが、その具体的な計算方法までは明記していない。

実際の場合、既設の矢板岸壁で船形の大型化につれて、水深の増加が要求され、改良工事として岸壁前面を浚渫する場合が生じ、斜面をもつた海底地盤に案外身近なところでしばしば遭遇することがある。

この資料についている計算図表では、矢板前面海底地盤の形状別に、根入長さに対する受働土圧力の値と、この受働土圧が作用する位置を求めることができるようにしてあり、土圧強度分布もわかるようにしておいた。

なお今回は、壁面摩擦角 $\delta = -15^\circ$ の場合のみについて図表化を行なったが、 $\delta = 0^\circ$ の場合についてもいづれ機会をみて書き加えるつもりである。

作成した計算図表は、次記の条件のものである。

$a = 2.0\text{m}$	4.0m	6.0m	$c = 2.0\text{m}$	4.0m	6.0m	
$S = 1.5$	2.0	2.5	$\phi = 25^\circ$	30°	35°	40°
$k = 0$	0.1	0.2	$\delta = -15^\circ$			
$\gamma = 1.0\text{ t/m}^3$						

§ 2 計 算 法

1) 仮 定

海底地盤が、図-1 のような場合には、矢板根入部前面の海底地盤を、矢板下端と斜面上・下端を結ぶ面 (DB および DC 線) によつてできる 3 つの区域に分割し、それぞれの区域について受働土圧力を求め、3 者の最小値を、その根入長さに対する受働土圧力とする。

また、土圧力の計算には、クーロンの土圧論を採用した。したがつて、すべり面は平面となり (I 区域および II 区域)、特殊な場合には折れた平面を (III 区域) 仮定した。折れた平面は、図-1 で E 点が折れ線となり、E 点は斜面下端の C 点からの垂線上にあるものとした。

一般に、すべり面は単純な平面ではなく、複雑な曲面を形づくっていることは、文献などによつてわかっているが、当面の問題として、計算を簡便化するために、すべり面に平面とか、折平面を考へてみた。

* 設計基準部設計基準課

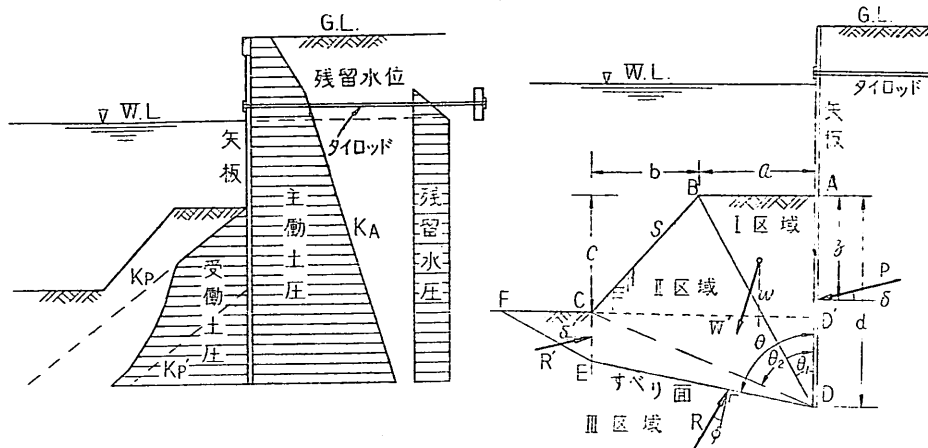


図-1

そこで、それぞれのすべり面について、土楔の重量が、土の反力および矢板の受働土圧力とつりあつた状態を考え、そのときの受働土圧力を求めればよいのであるが、Ⅲ区域については、DE・EF面の土の反力が2つあり、その方向はわかるが値の大きさをすることができず、このままの形では計算不可能であるから、五角形ABCEDの土楔を考え、すべり面EFに対する反力かわりに、CE面にクーロン土圧式でもとまる受働土圧力 R' を働かせることにした。

そして、 R' は仮定したCE面で δ' の摩擦角をもつものとした。このCE面は、はつきりとしたすべり面ではなく、この面で摩擦角があるものとすれば、 $0 \sim \phi$ 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を考えると、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 δ に対応するものは δ' でなければならぬことからして、この計算法では、 $\delta' = \delta$ とした。

2) 計 算 式

計算式にてでくる記号を説明すると、次記の通りである。

P_m : 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 : 常時の土楔の重量 (t/m³)

W' : 地震時の土楔の重量 (t/m³)

R : すべり面での土の反力 (t/m)

R' : CE面での受働土圧力 (t/m)

γ : 土の単位容積重量 (t/m³)

k : 空中での震度

K' : 水中での見掛けの震度

θ : 矢板とすべり面とのなす角度 (°)

θ_1 : 矢板とDB線とのなす角度 (°)

θ_2 : 矢板とDC線とのなす角度 (°)

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 : 矢板より斜面上端までの水平距離 (m)
- b : 斜面上端から下端までの水平距離 (m)
- c : 斜面上端から下端までの鉛直距離 (m)
- s : 斜面の傾度 b/c
- d : 海底地盤面から根入土長さ (m)
- z : 海底地盤面から受働圧作用点までの深さ (m)

上記の記号のうちでおたがいに関係のあるものを例記すれば、次記の通りである。

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{a}{d}$$

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

$$\omega = \tan^{-1} k'$$

$$k' = \frac{\gamma}{\gamma - 1} \cdot k$$

それぞれの区域についての計算式を例記すれば、次記の通りである。

I 区域について

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

但し $\theta_1 > \theta > \phi - \delta$

II 区域について

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

但し $\theta_2 > \theta \geq \theta_1$, $\theta > \phi - \delta$

III 区域について

$$P_{3-n} = \cos \delta \cdot \sqrt{R'_3{}^2 + W'_3{}^2} + 2 \cdot R'_3 W'_3 \cdot \sin(\delta' - \omega) \cdot \frac{\cos(\phi - \theta + \varepsilon' - \omega)}{\sin(\theta - \phi + \delta)} \dots \dots \dots (3)$$

$$W'_3 = \frac{\gamma}{2 \cdot \cos \omega} \left\{ \left[a(c+d) + bd \right] + (a+b) \frac{\sin(\theta - \theta_2) \cdot \cos\left(\tan^{-1} \frac{c}{b}\right) \left(d + a \frac{c}{b}\right)}{\sin \theta \cdot \cos\left(\tan^{-1} \frac{c}{b} - \theta_2\right)} \right\}$$

$$R'_3 = \frac{\gamma}{2} \cdot \left\{ \frac{\sin(\theta - \theta_2) \cdot \cos\left(\tan^{-1} \frac{c}{b}\right) \left(d + a \frac{c}{b}\right)}{\sin \theta \cdot \cos\left(\tan^{-1} \frac{c}{b} - \theta_2\right)} \right\}^2$$

$$\frac{\cos^2(\phi - \omega)}{\cos \omega \cdot \cos(\delta' - \omega) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta') \cdot \sin(\phi - \omega)}{\cos(\delta' - \omega)}} \right]^2}$$

$$\varepsilon' = \sin^{-1} \frac{R'_3 \cdot \cos(\delta' - \omega)}{\sqrt{R'_3{}^2 + W'_3{}^2} + 2 R'_3 W'_3 \sin(\delta' - \omega)}$$

但し $180 > \theta \geq \theta_2$, $\theta > \phi - \delta$

3) 計算順序

数値計算を行なうには、次記の順序にしたがつて計算を行なえばよい。

- 海底地盤が、図-1のような場合には、3つの区域に分割し、それぞれの区域について受働土圧力（水平分）を求める。
- 前記の3者を比較し、最小受働土圧力を見つけ、その根入長に対する受働土圧力（水平分）とする。
- 根入長と受働土圧力との関係から、受働土圧強度を求める。これには、微小根入長の増加に対する受働土圧力の増加分を求め、受働土圧強度とする。
- 根入長と受働土圧強度との関係から、海底地盤面から受働土圧力の作用点までの深さ z を求める。

4) 図式計算

受働土圧力を求める方法として、数値計算のほかに図式で求める方法がある。図-2～4はその方法を図示したものである。

図-2

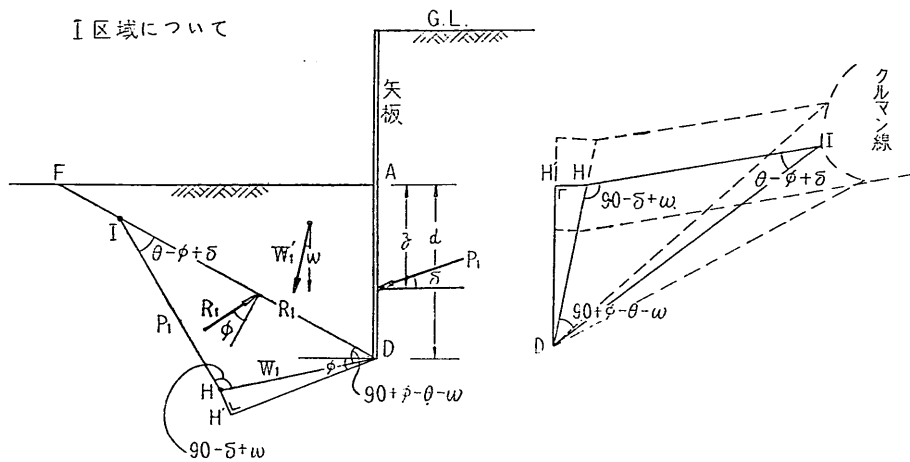
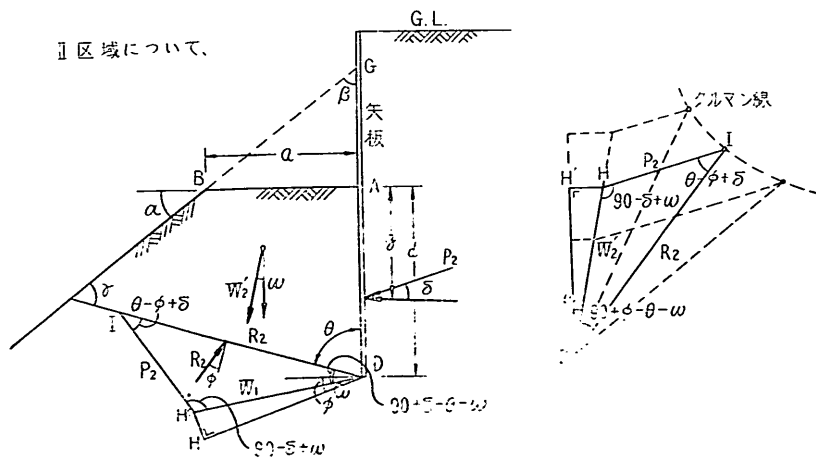


図-3



ができる。当港湾技術研究所には、TOSBAC-3100型があり、プログラムがくんであるからいつでも使用できるようになっており、計算結果に受働土圧力（水平分）、海底面から受働土圧力作用点までの深さ、および θ の値と、どの区域の計算式を使用したかわかるようになってきている。

計算例-2

第三港湾建設局管内の神戸港の摩耶ふ頭の岸壁比較設計をおこなったときに矢板構造のところで、矢板根入部前面地盤に斜面をもつ場合についての受働土圧計算を、この種の計算方法によつて行なっている。（神調62-5設計計算業務資料 No. 14 を参照）

§ 4 図表の使用法

使用例をあげて説明することにする。

下図は、ある矢板岸壁の改良工事で、水深を-8.0mから-10mまでに増進した場合、矢板根入部の受働土圧力がどれ位になるかを検討したものである。

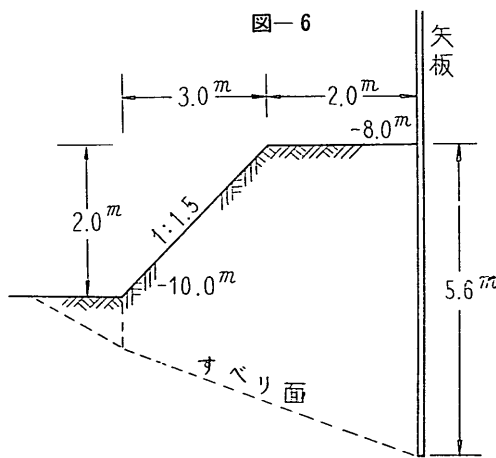


図-6

斜面の形状および設計条件は、次記の通りである。

$a = 2.0\text{m}$	$c = 2.0\text{m}$
$s = 1.5$	$\phi = 35^\circ$
$\delta = -15^\circ$	$\gamma = 1.0\text{ t/m}^3$
$k = 0.1$	$d = 5.6\text{m}$

とする。

与えられた条件から、まず斜面の諸元、 a 、 c 、 s 、および k の値によつて、計算図表から該当する図表（9ページ中段）をみつけだす。

次に、 d の値（縦軸）の5.6mのところを横にたどつて $\phi = 35^\circ$ の線と交わる点を、横軸上の受働土圧力の値 P と、

海底地盤面から受働土圧力作用点までの深さ z の値をよみとれば

$$P \doteq 44.7\text{ t/m}$$

$$z \doteq 4.0\text{ m}$$

と容易に求まる。

計算図表の右端には、土圧強度分布を画いてあるから、根入長さの値の変化にとまらぬ土圧強度の変化が、すぐわかるようにしておいた。

§ 5 あとがき

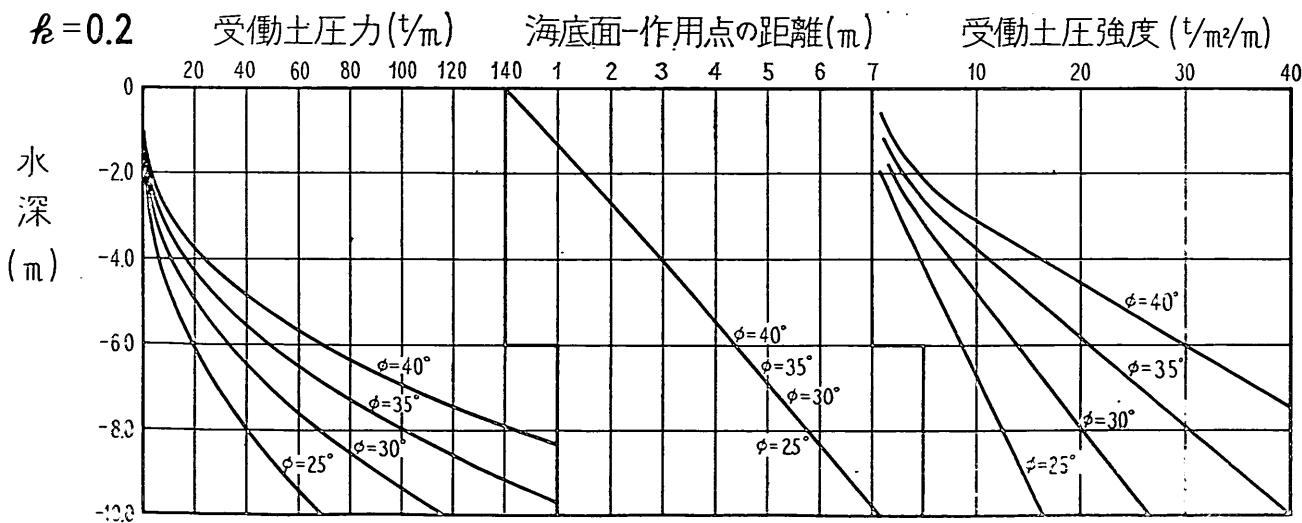
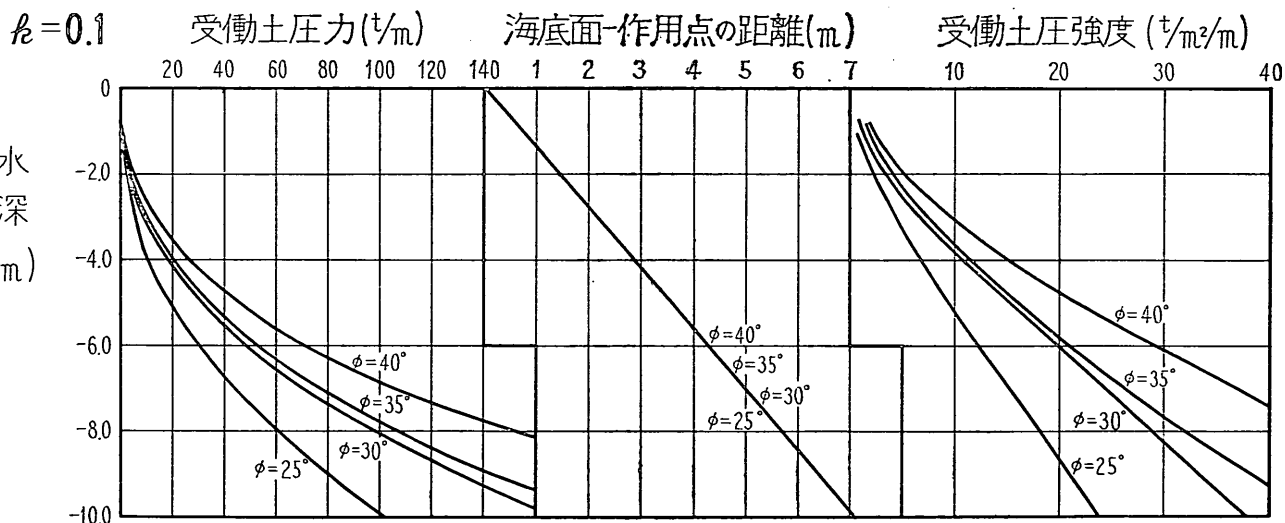
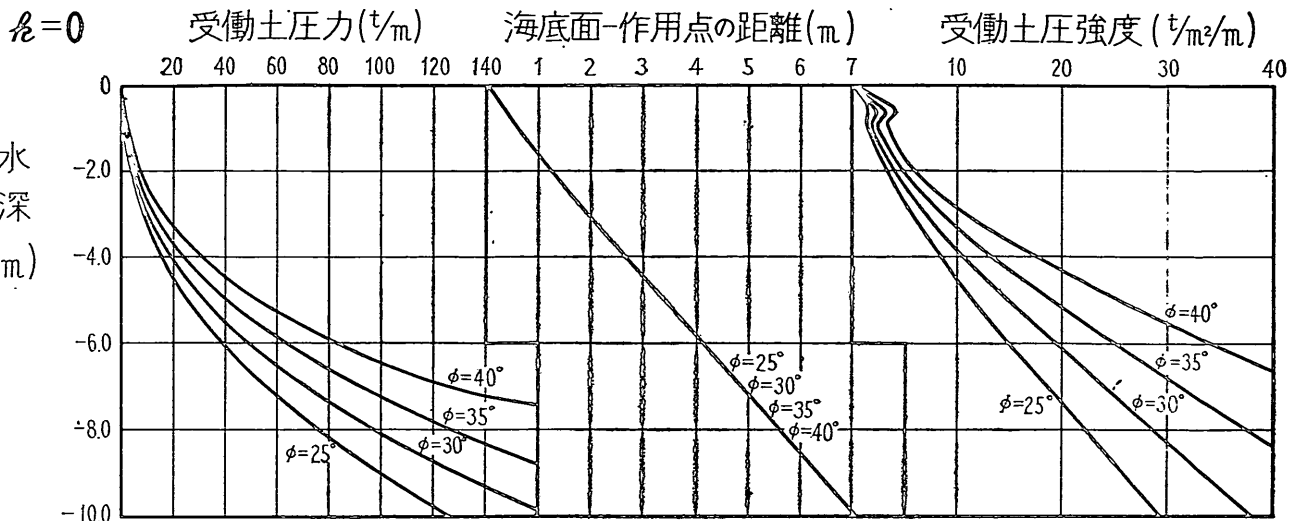
この計算法によれば、一応もつともらしい受働土圧の値が求められるが、求められた受働土圧の値と、本当の受働土圧の値との間にどれ位の差があるのか、また、すべり面を曲面と考えるいろいろな計算法があるが、これらを使用して求めた受働土圧の値と比較した場合にどうなるのか、などについてはまだ検討していない。したがって、安全率のとり方なども不明であり、安心して使用することができないので、今後もこれらの研究を続ける予定である。

目下のところ、なんらの裏付のない単なる簡便計算法に過ぎないが、海底地盤を平坦なものと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、そのような意味では役に立つ計算法であるといえると思われる。

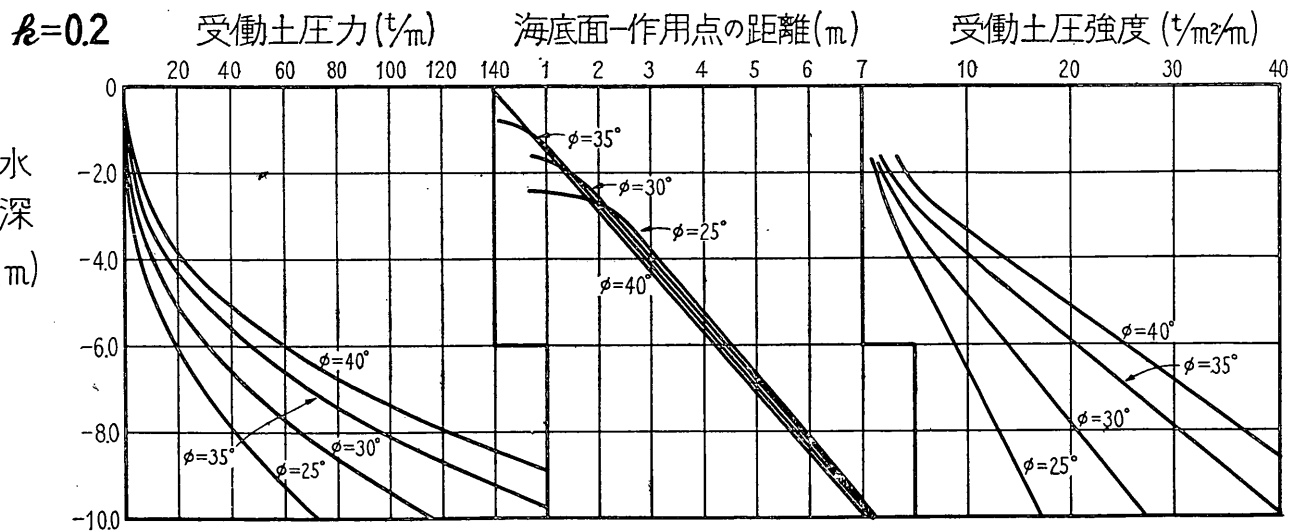
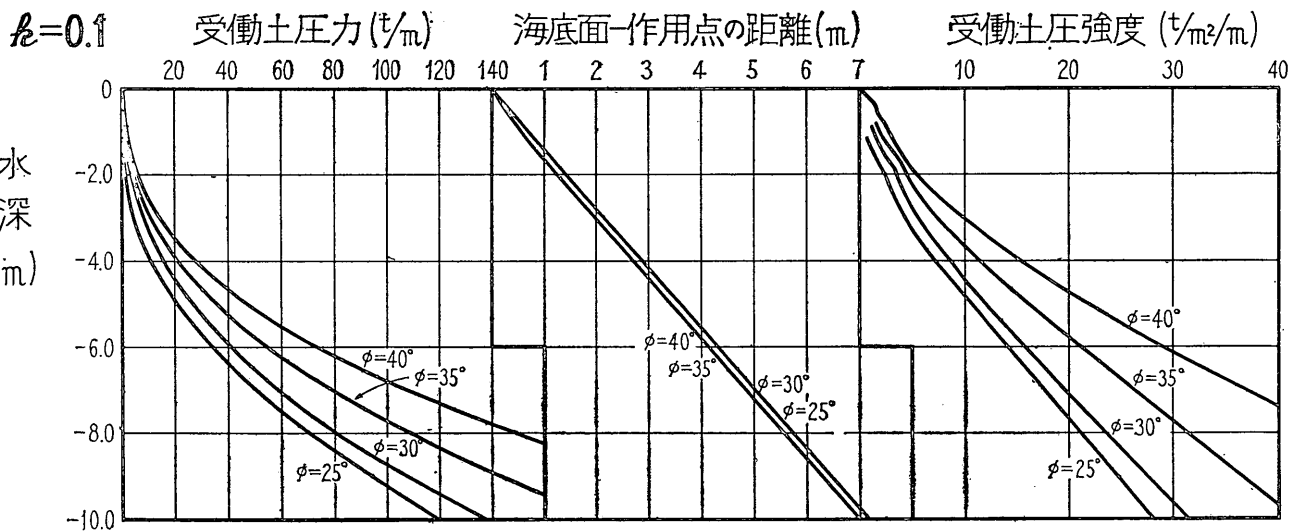
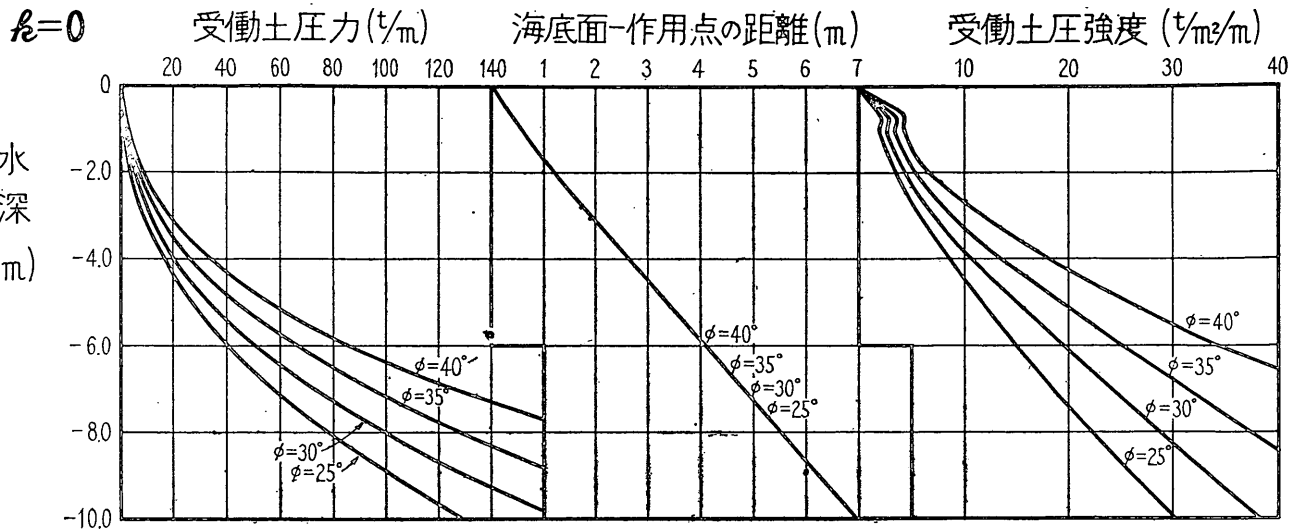
§ 6 計 算 図 表

$a = 2.0\text{m}$	4.0m	6.0m	
$c = 2.0\text{m}$	4.0m	6.0m	
$s = 1.5$	2.0	2.5	
$\phi = 25^\circ$	30°	35°	40°
$k = 0$	0.1	0.2	
$\delta = -15^\circ$			
$\gamma = 1.0 \text{ t/m}^3$			

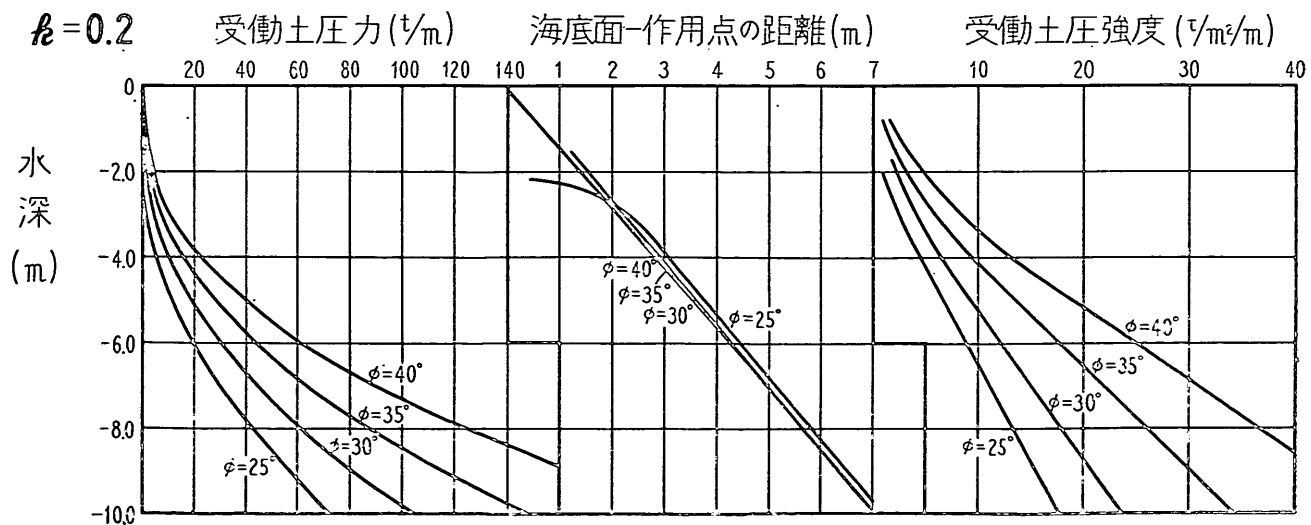
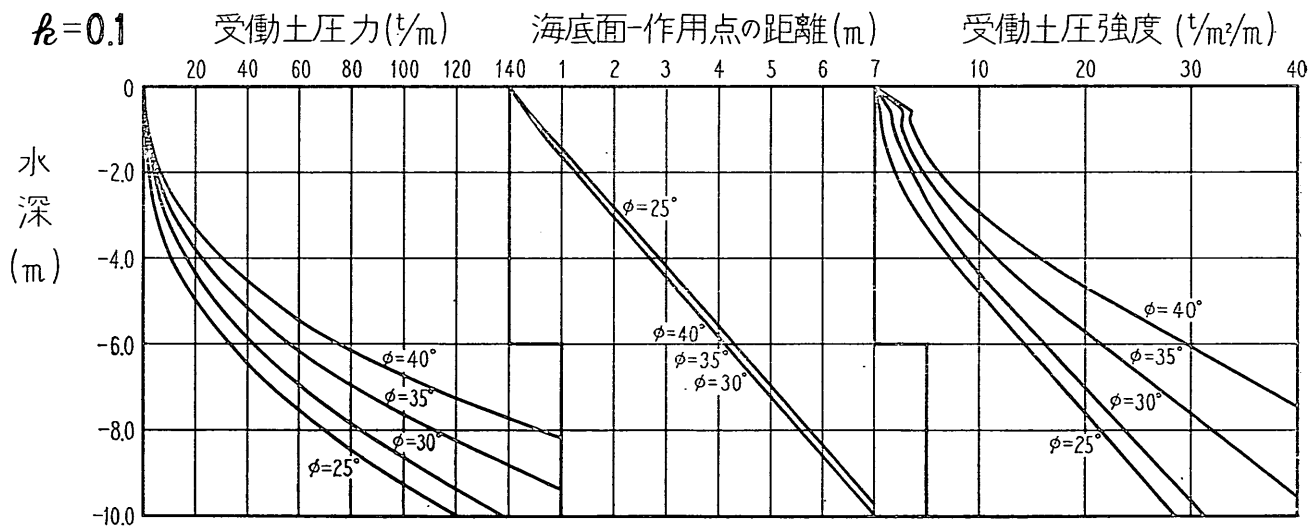
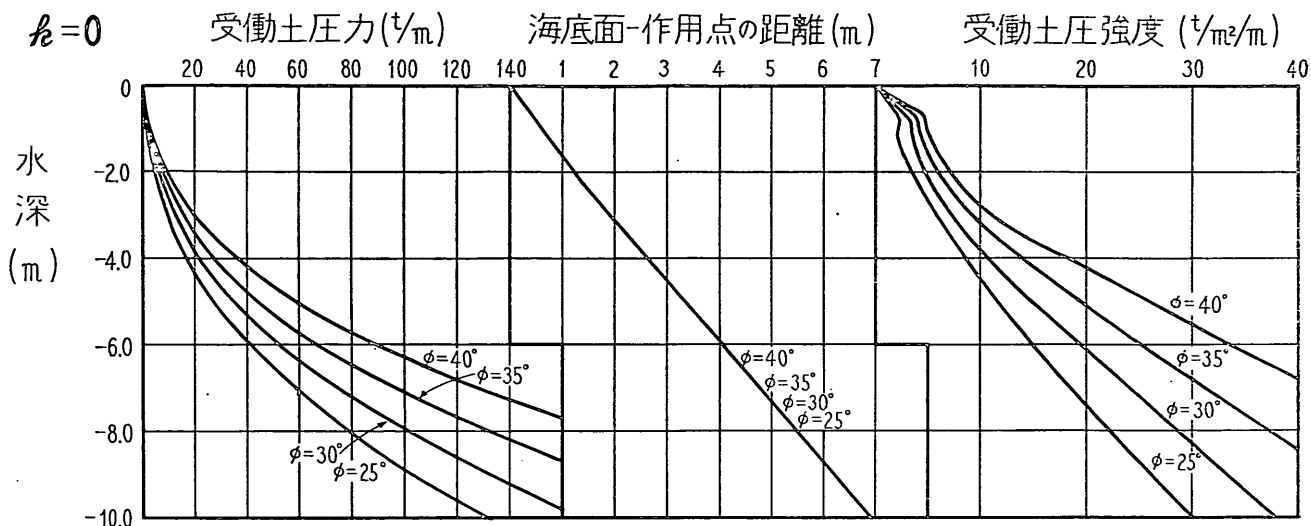
$$a = 2.0^m \quad c = 2.0^m \quad S = 1.5$$



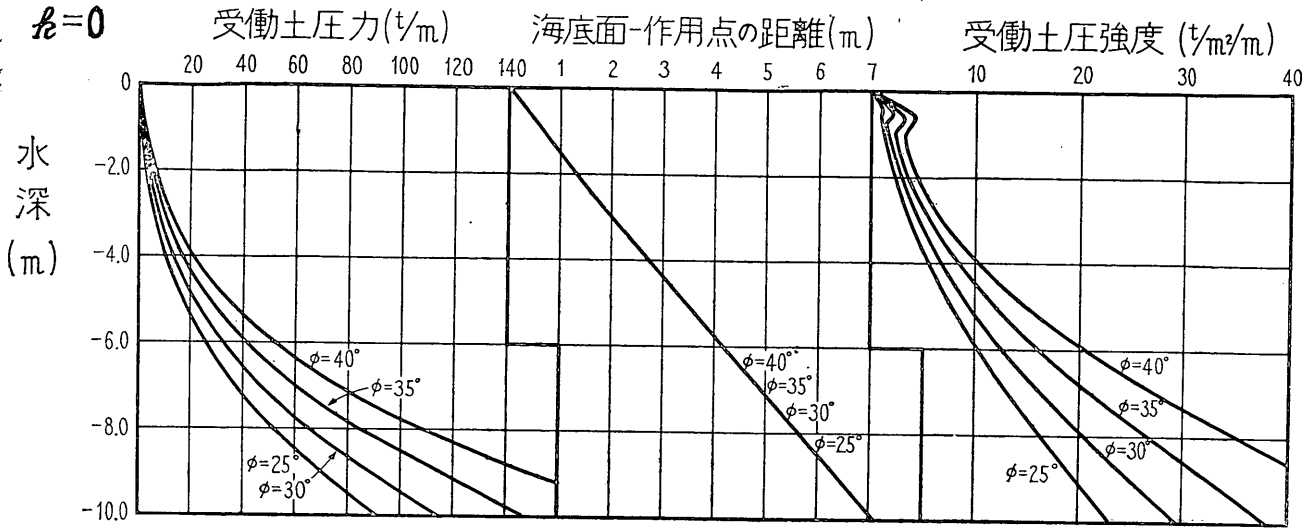
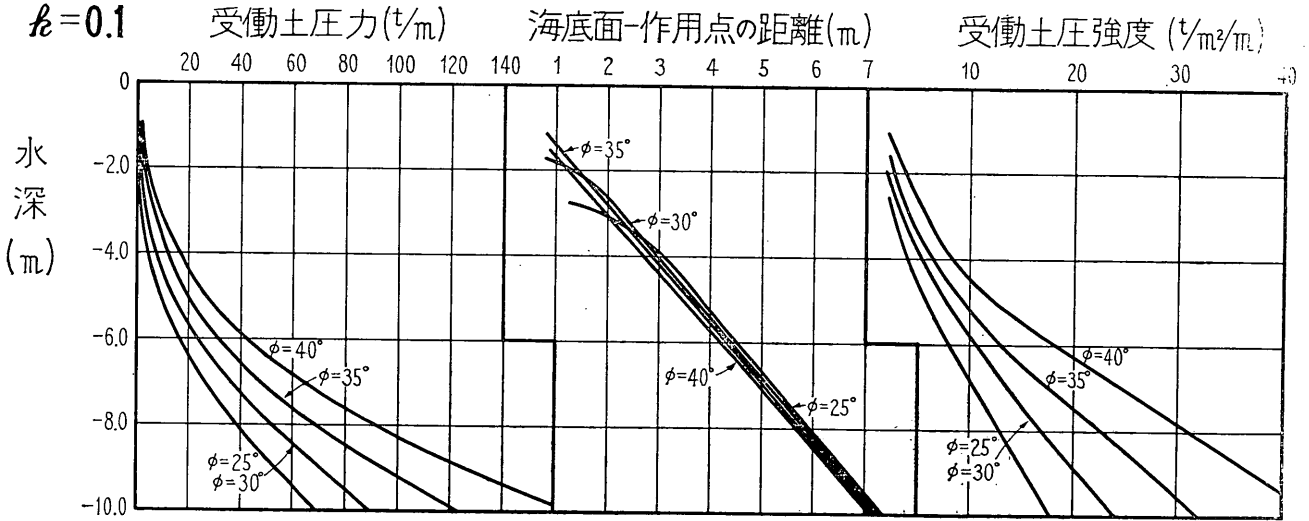
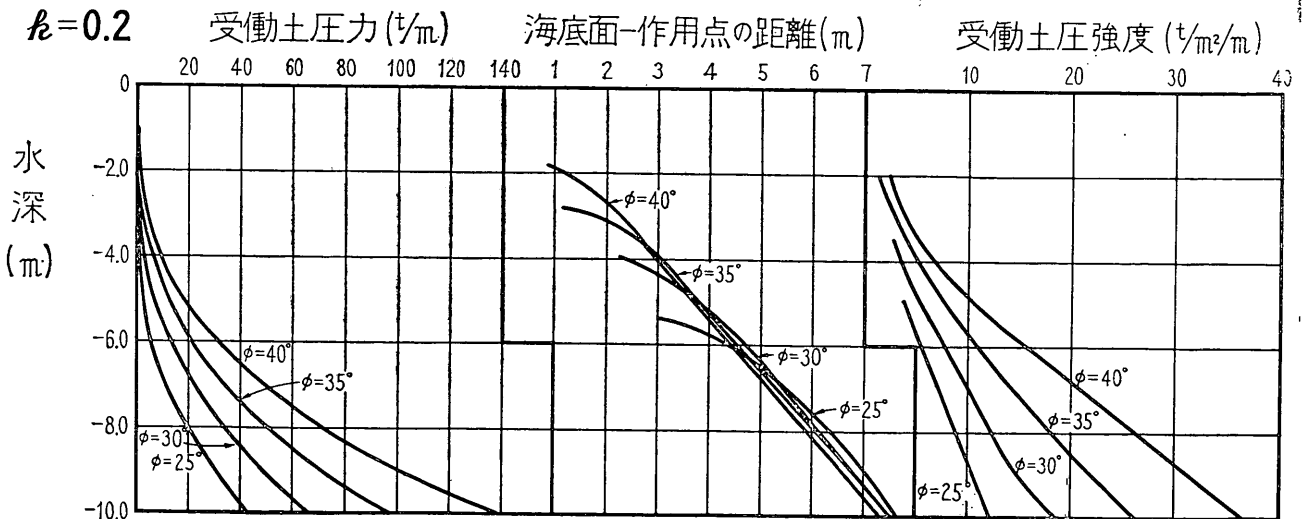
$$a=2.0^m \quad c=2.0^m \quad s=2.0$$



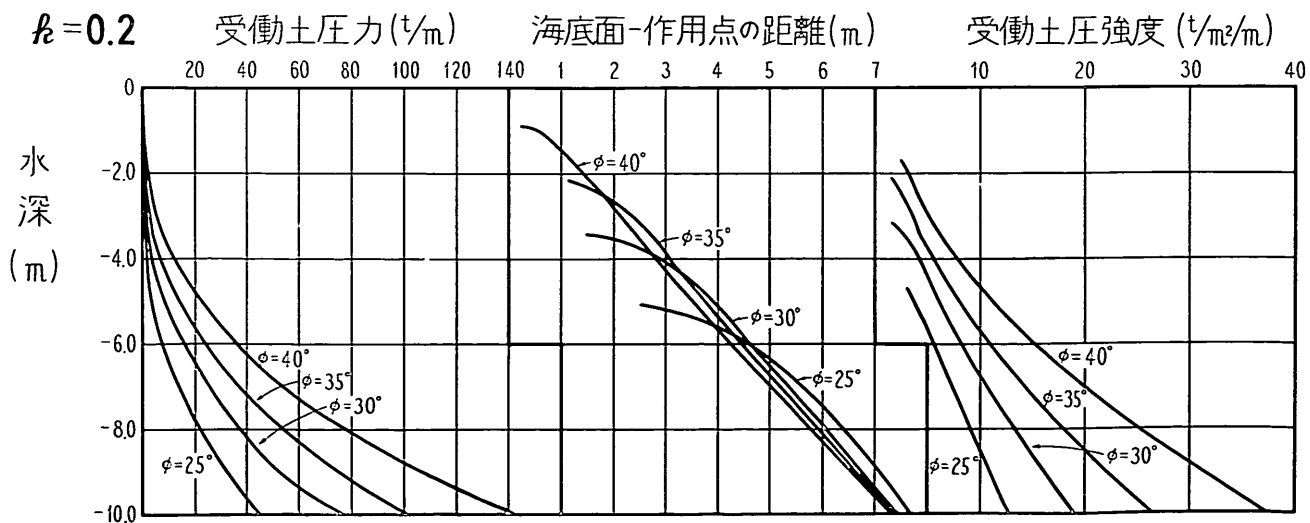
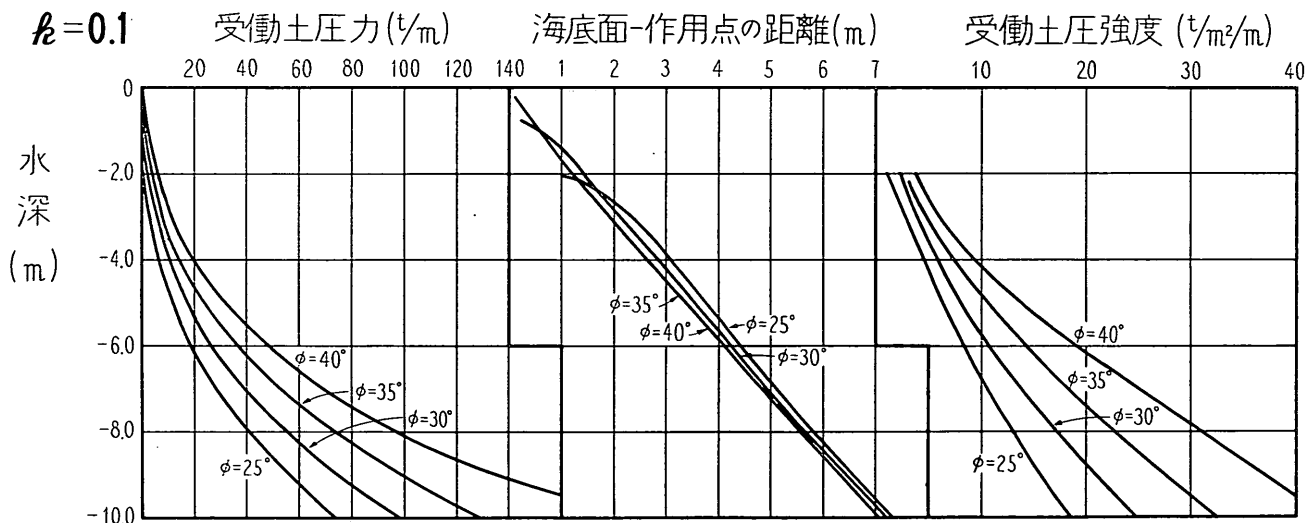
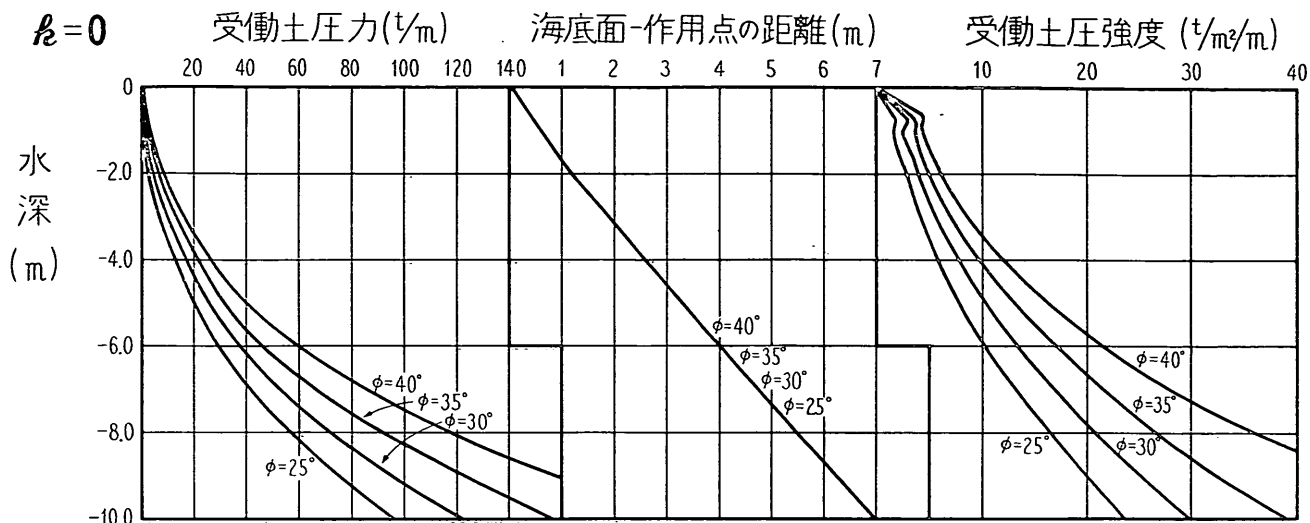
$$a = 2.0^m \quad c = 2.0^m \quad S = 2.5$$



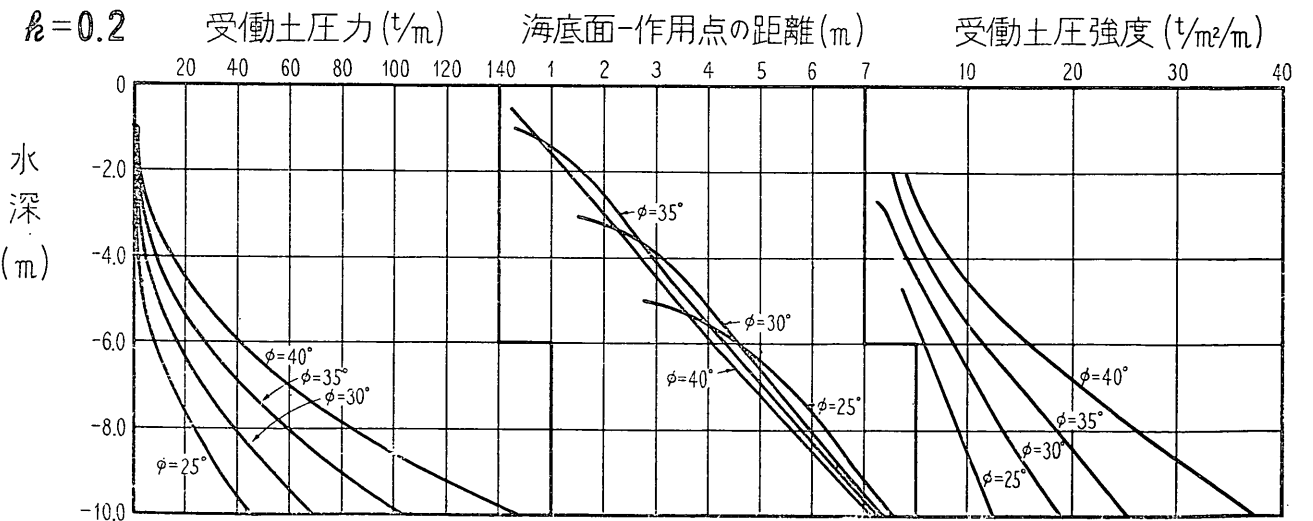
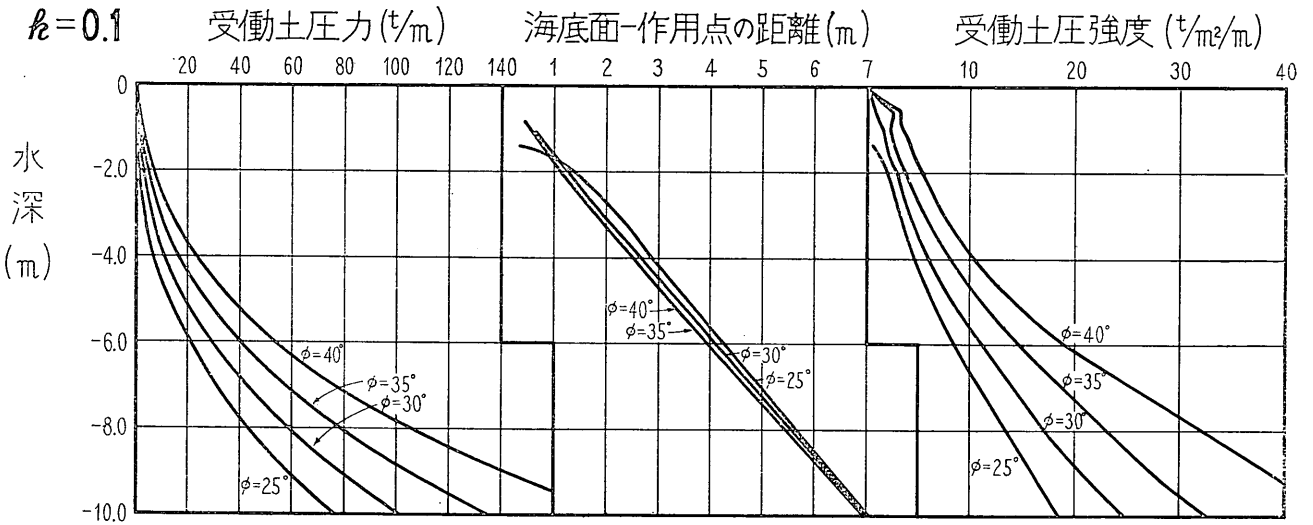
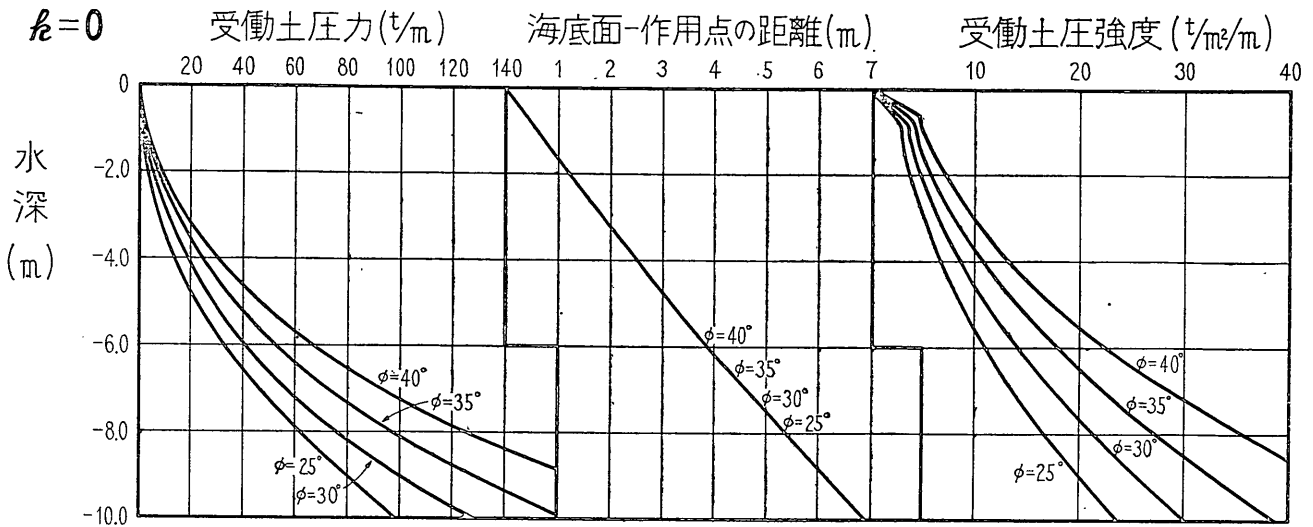
$$a = 2.0^m \quad C = 4.0^m \quad S = 1.5$$

 $h = 0$

 $h = 0.1$

 $h = 0.2$


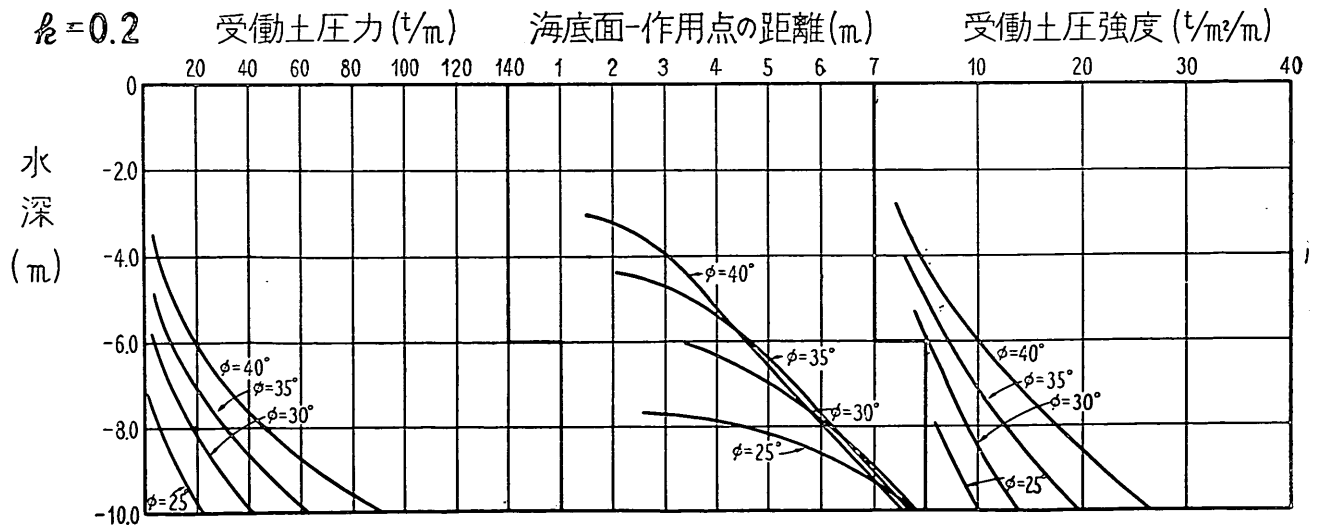
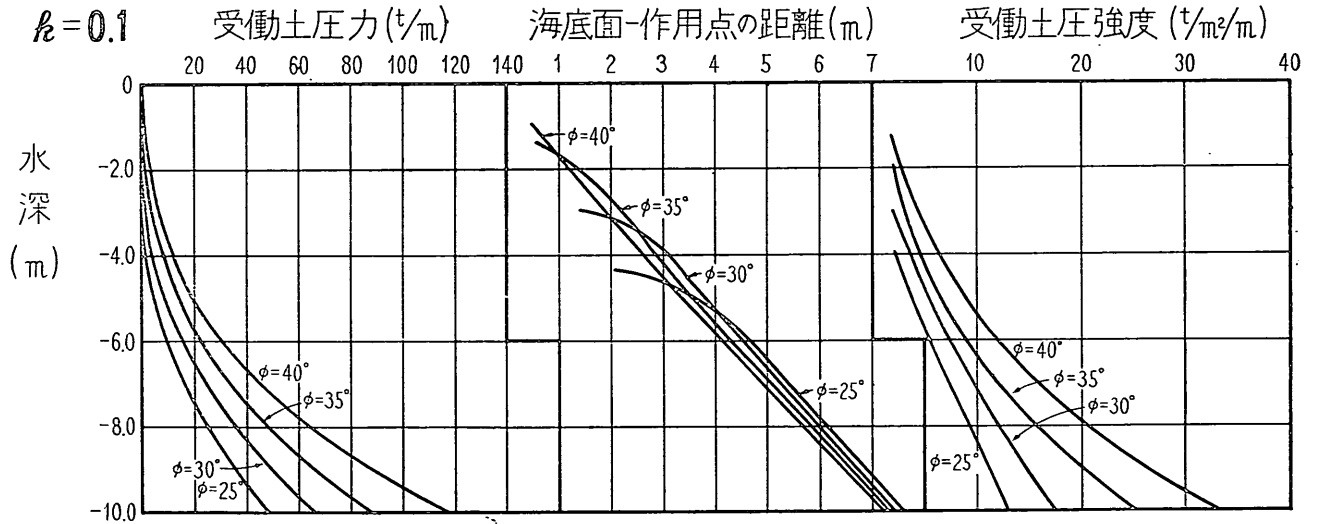
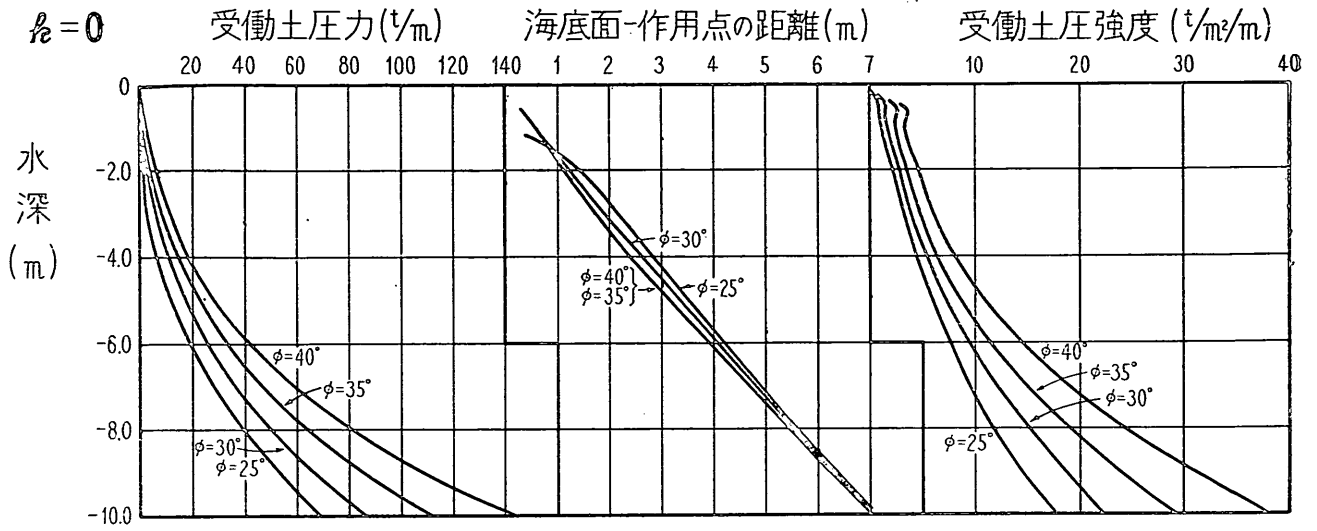
$$a = 2.0^m \quad c = 4.0^m \quad s = 2.0$$



$$a = 2.0^m \quad c = 4.0^m \quad s = 2.5$$



$$a = 2.0^m \quad c = 6.0^m \quad S = 1.5$$



$$a = 2.0^m \quad c = 6.0^m \quad s = 2.0$$

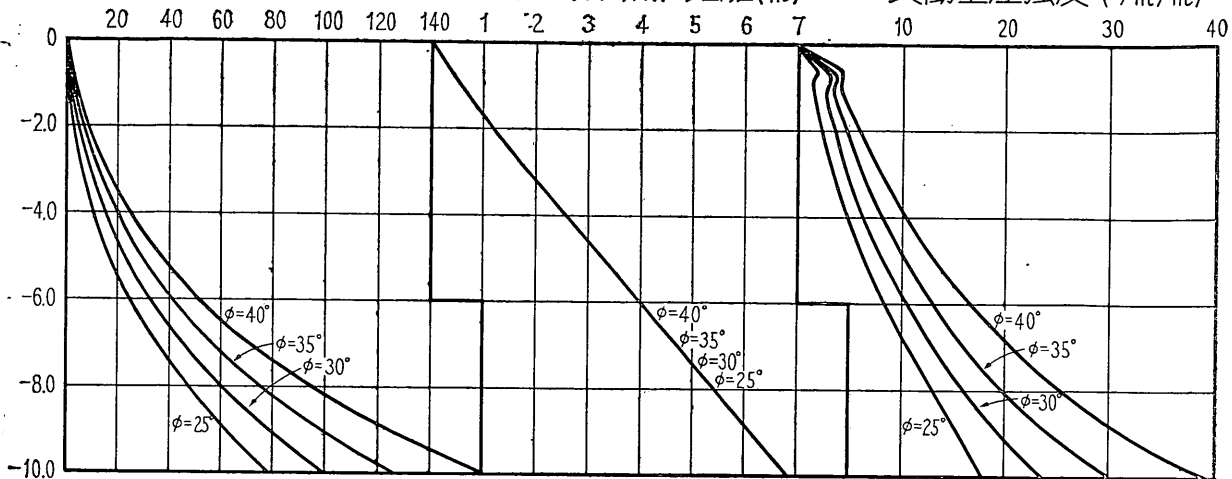
 $h = 0$

受働土圧力 (t/m)

海底面-作用点の距離 (m)

 受働土圧強度 (t/m²/m)

水深 (m)

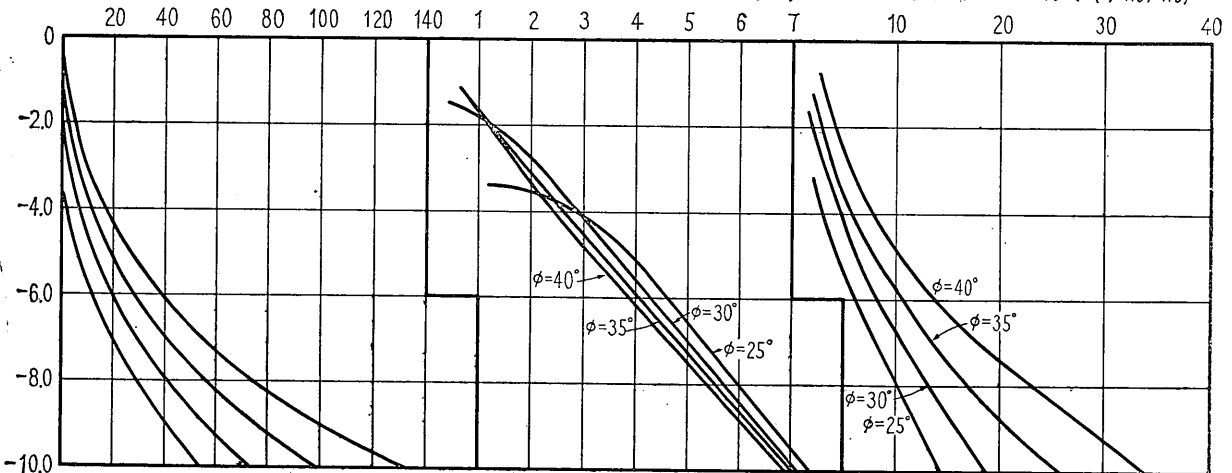

 $h = 0.1$

受働土圧力 (t/m)

海底面-作用点の距離 (m)

 受働土圧強度 (t/m²/m)

水深 (m)

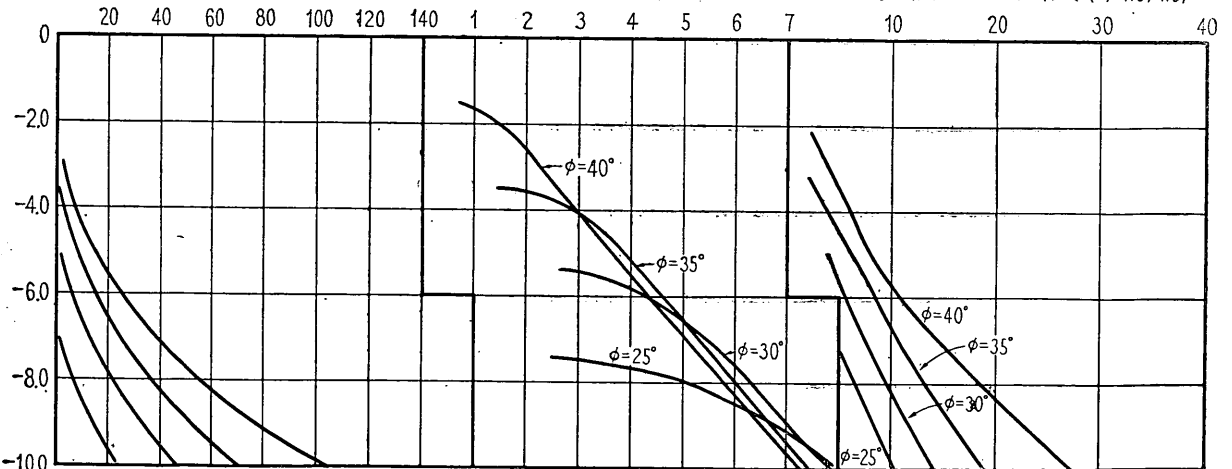

 $h = 0.2$

受働土圧力 (t/m)

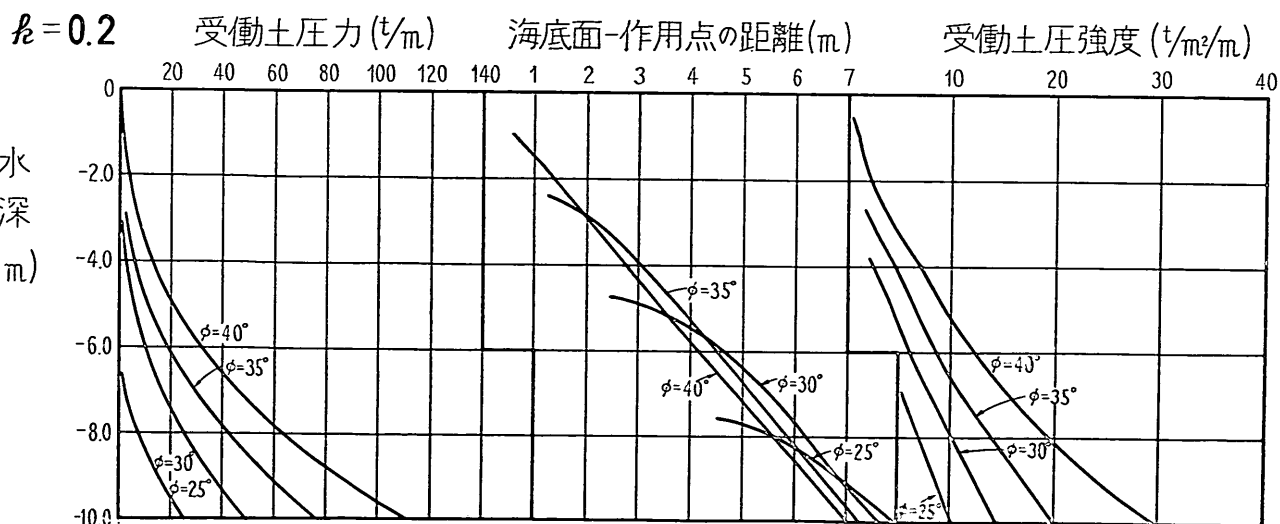
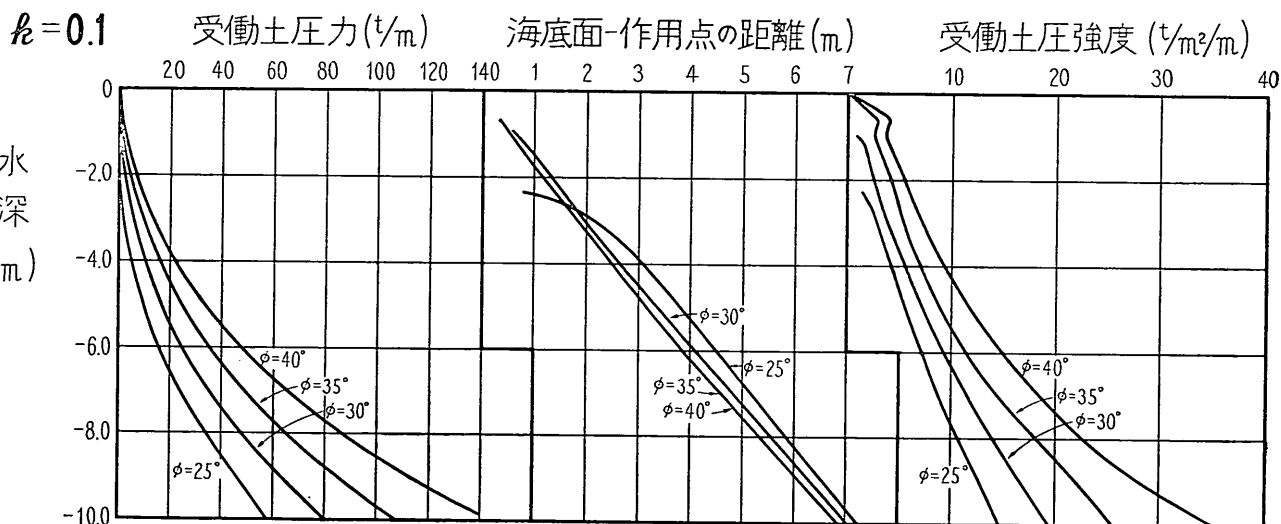
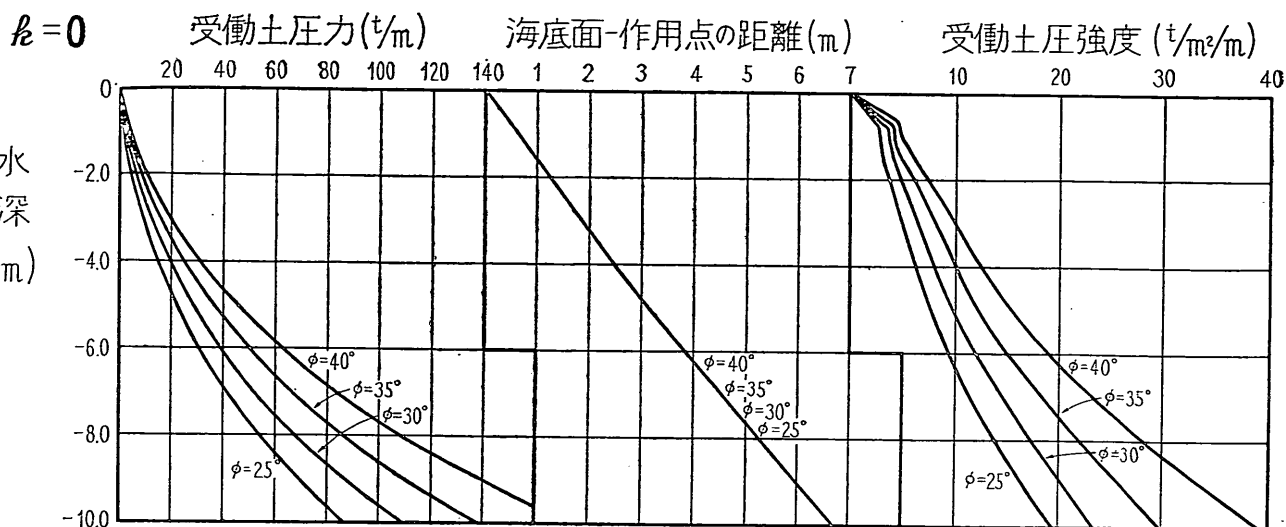
海底面-作用点の距離 (m)

 受働土圧強度 (t/m²/m)

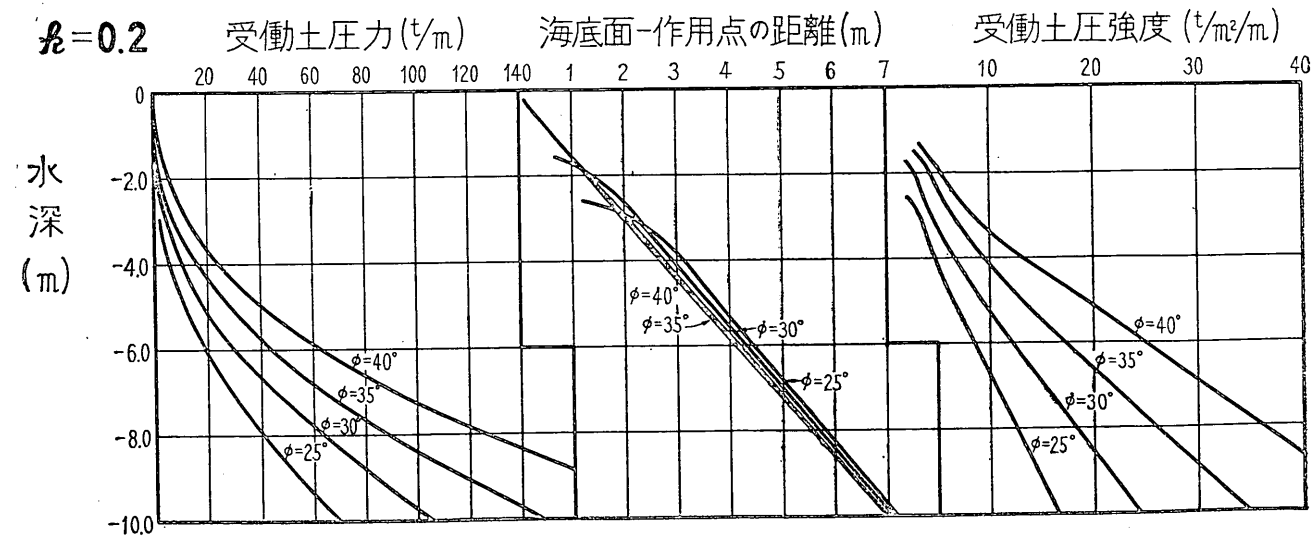
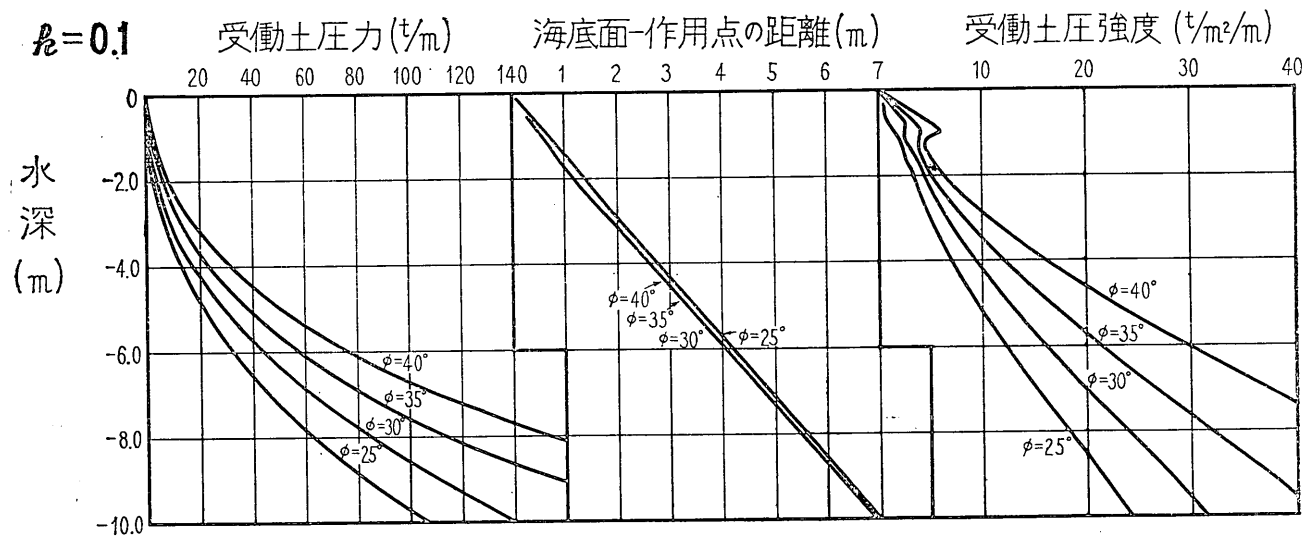
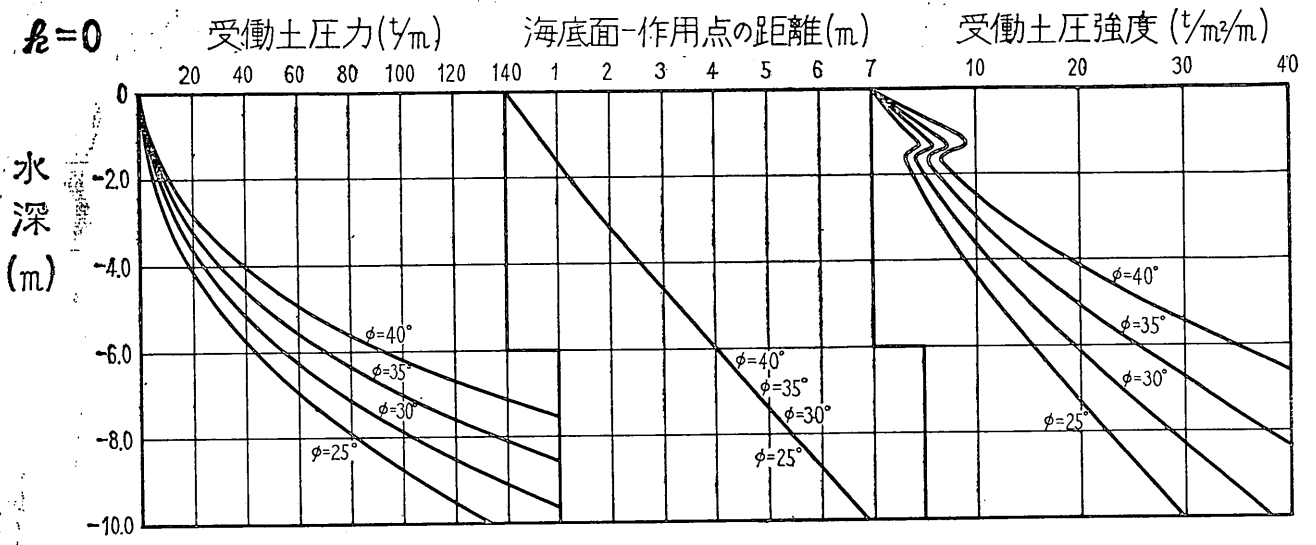
水深 (m)



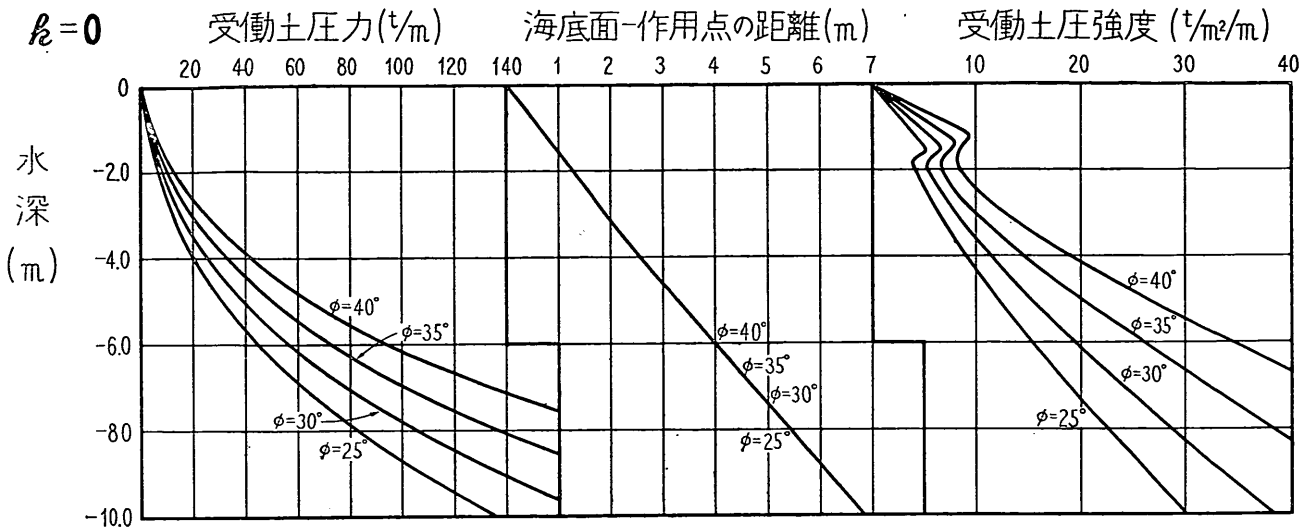
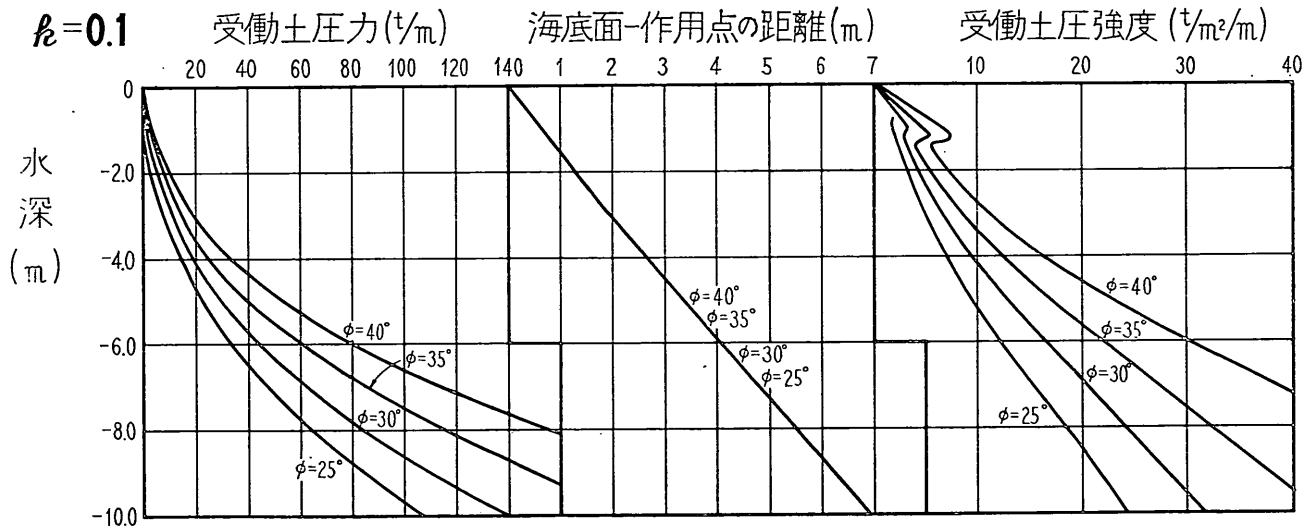
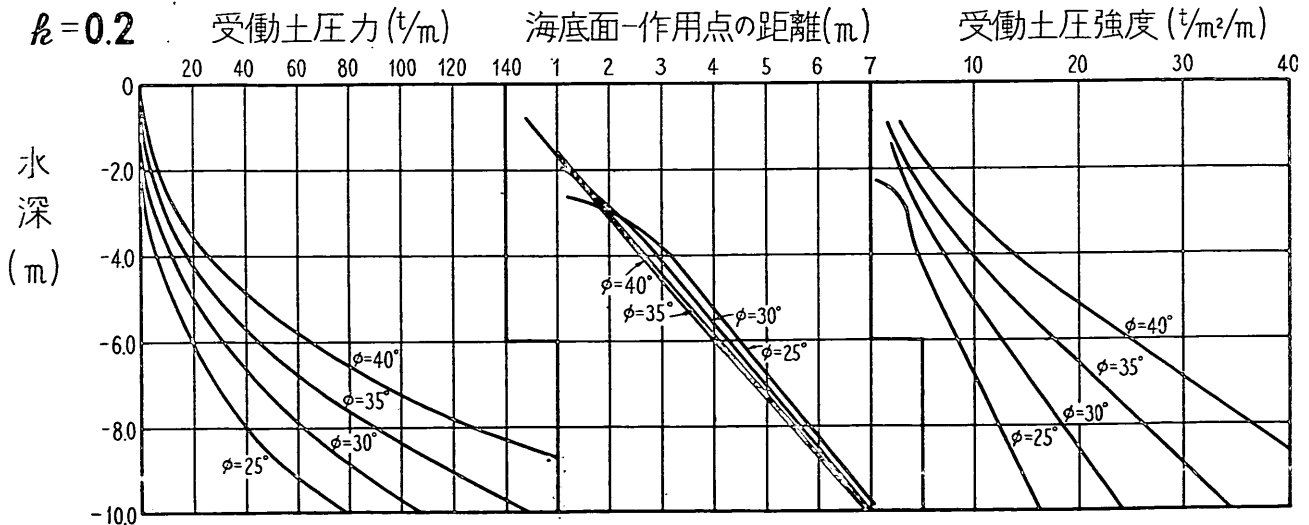
$$a = 20^m \quad c = 6.0^m \quad S = 2.5$$



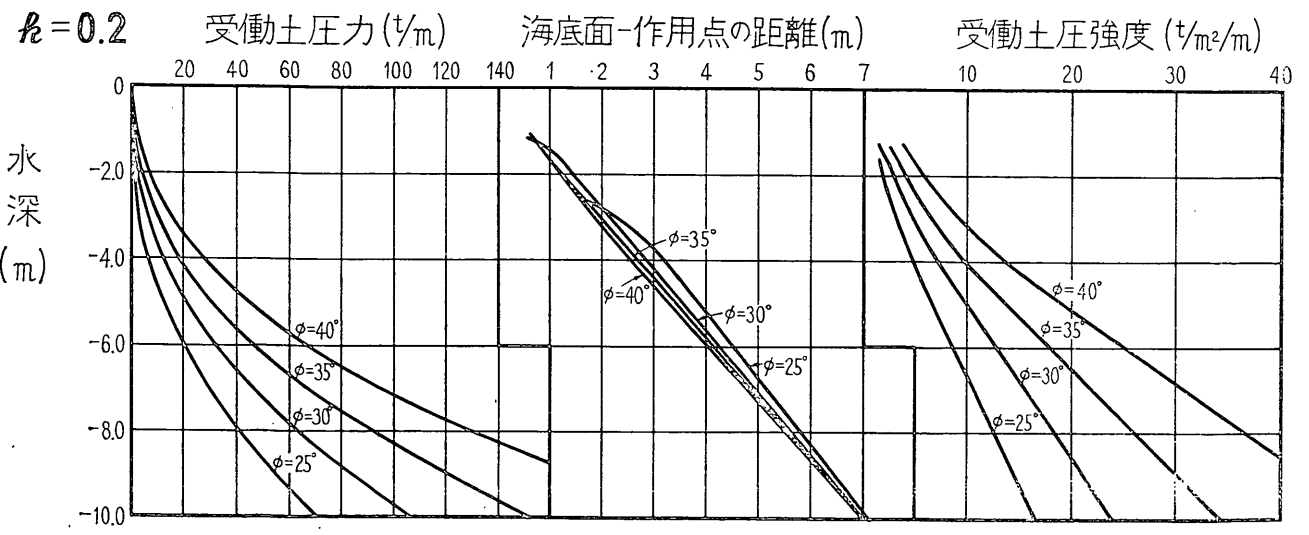
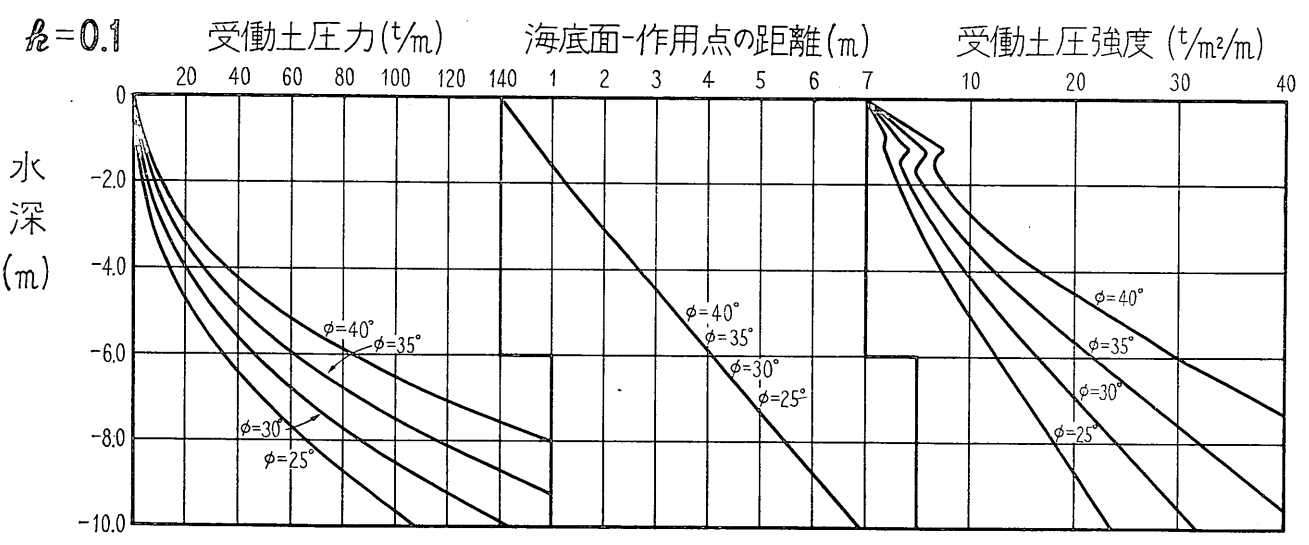
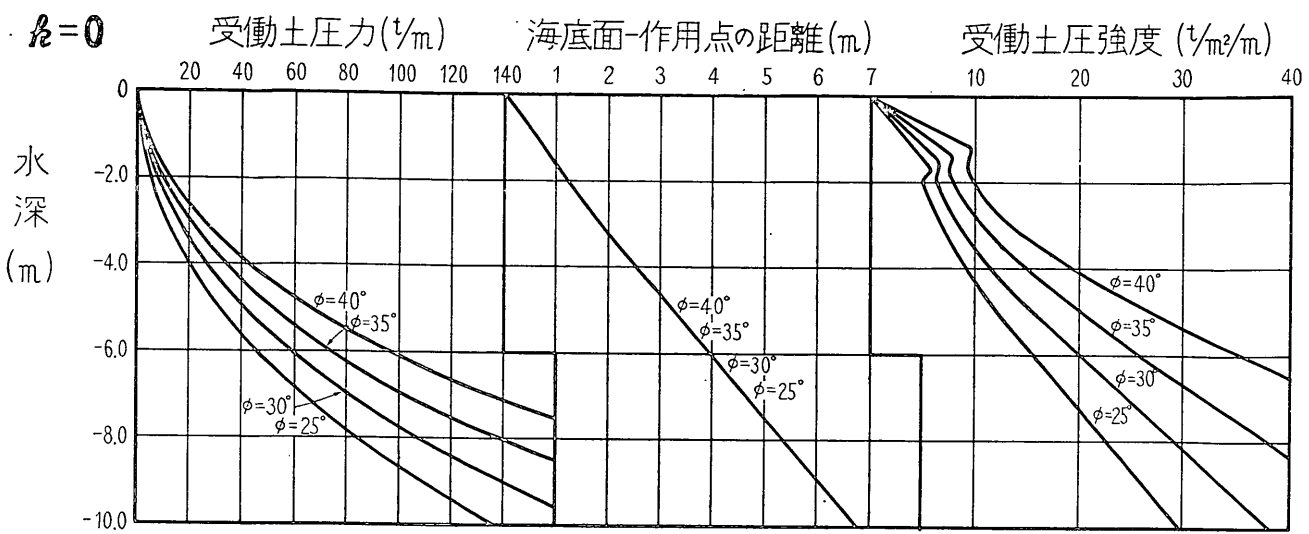
$$a = 4.0^m \quad c = 2.0^m \quad s = 1.5$$



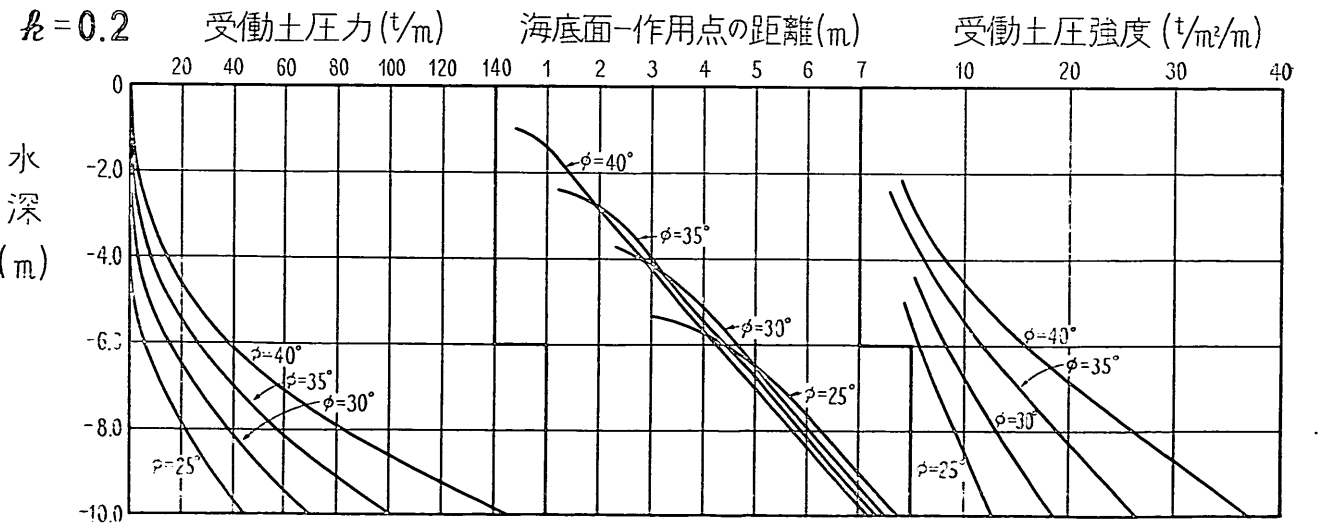
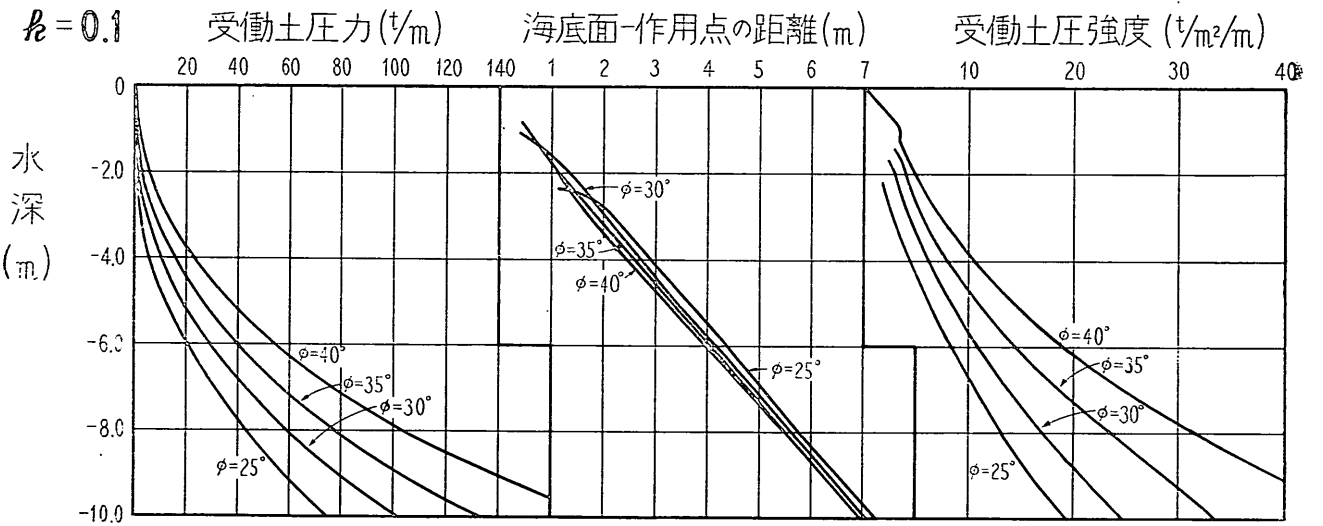
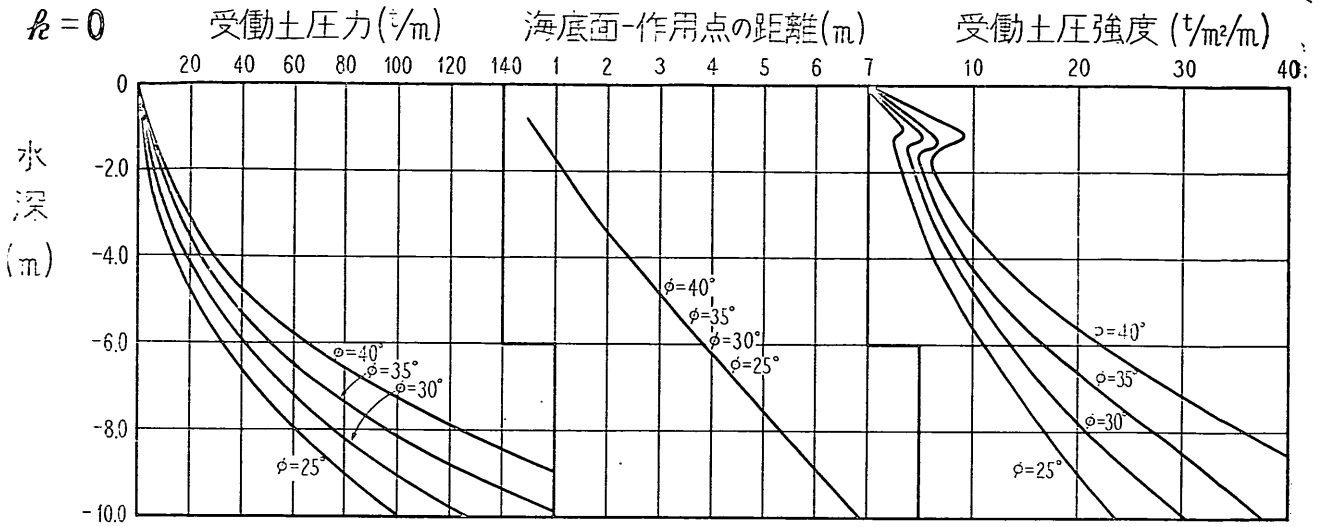
$$a = 4.0^m \quad c = 2.0^m \quad s = 2.0$$

 $k = 0$

 $k = 0.1$

 $k = 0.2$


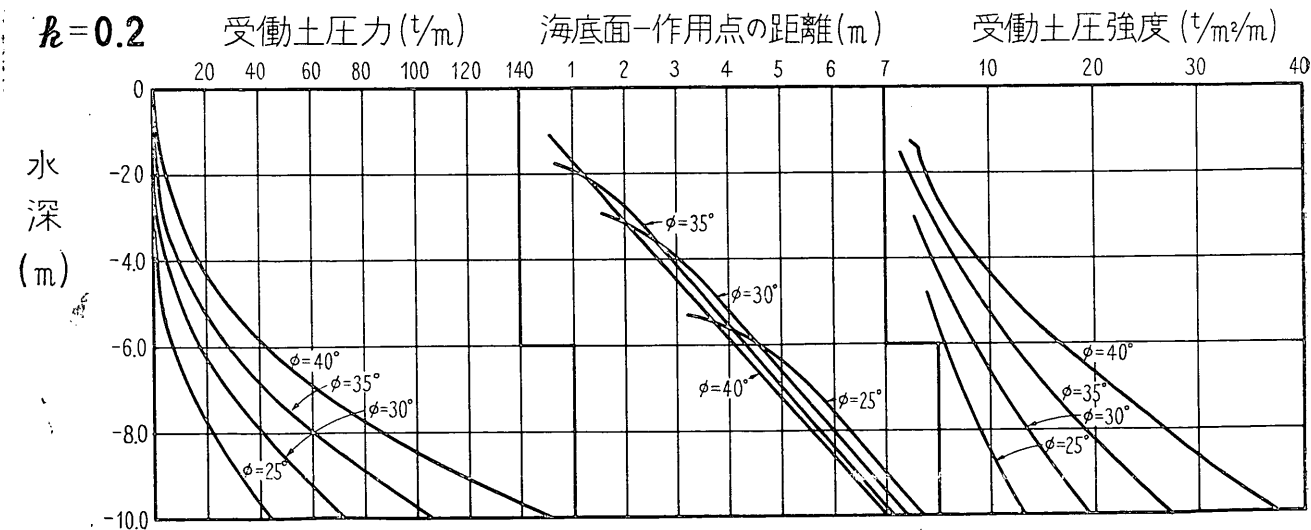
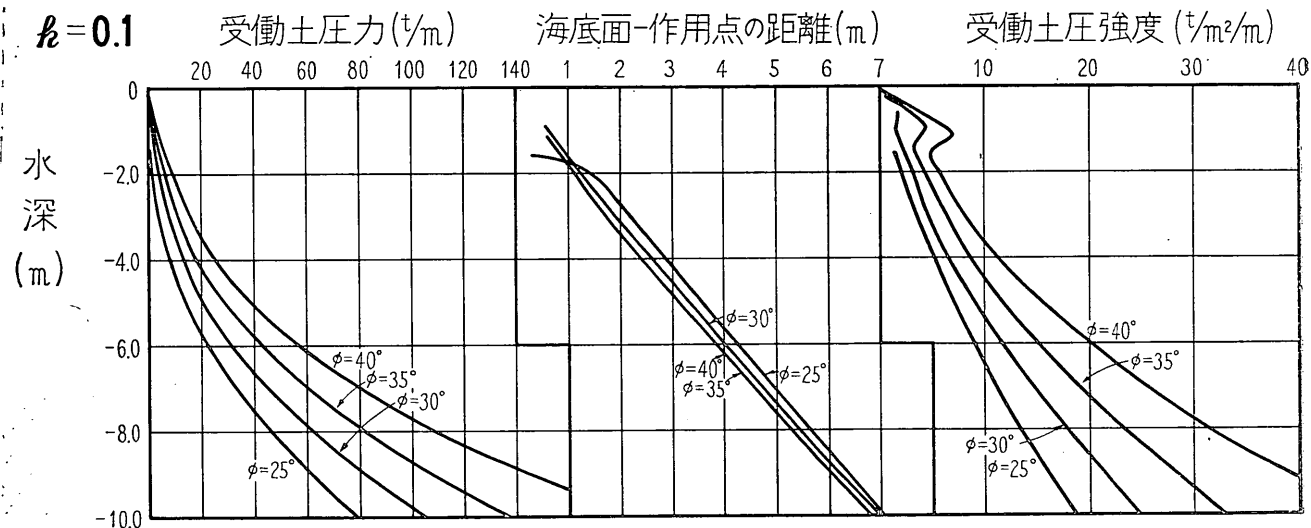
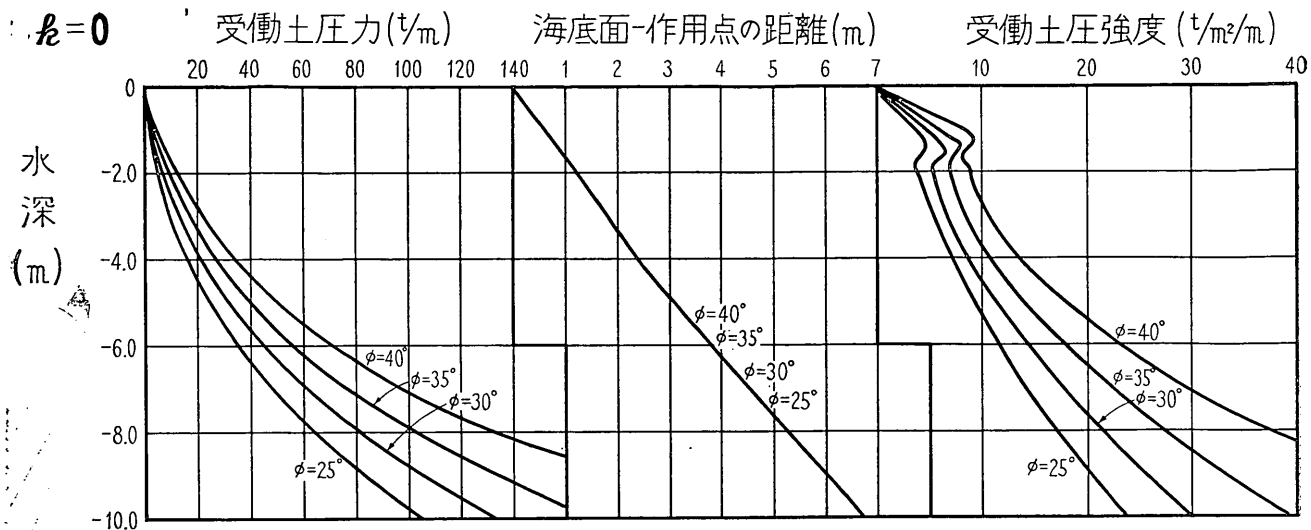
$$a = 4.0^m \quad c = 2.0^m \quad s = 2.5$$



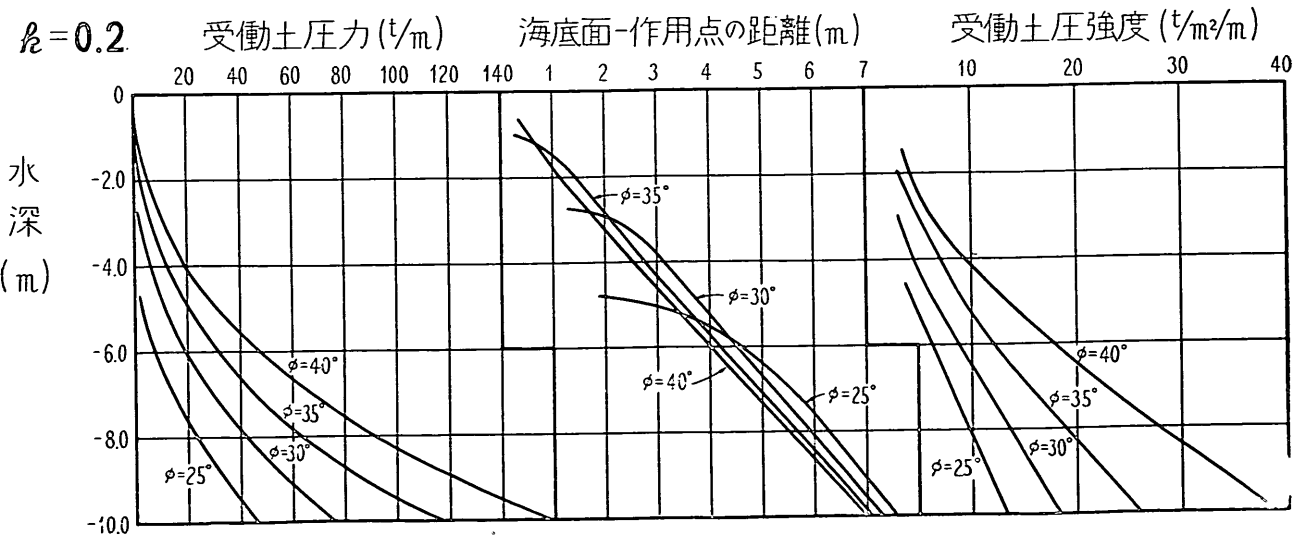
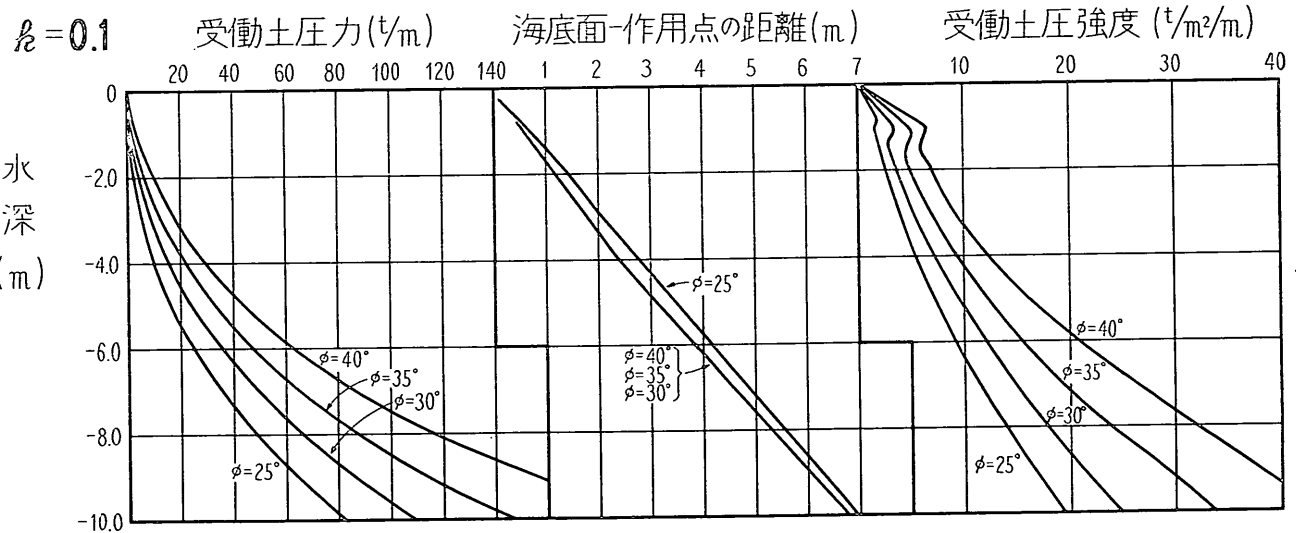
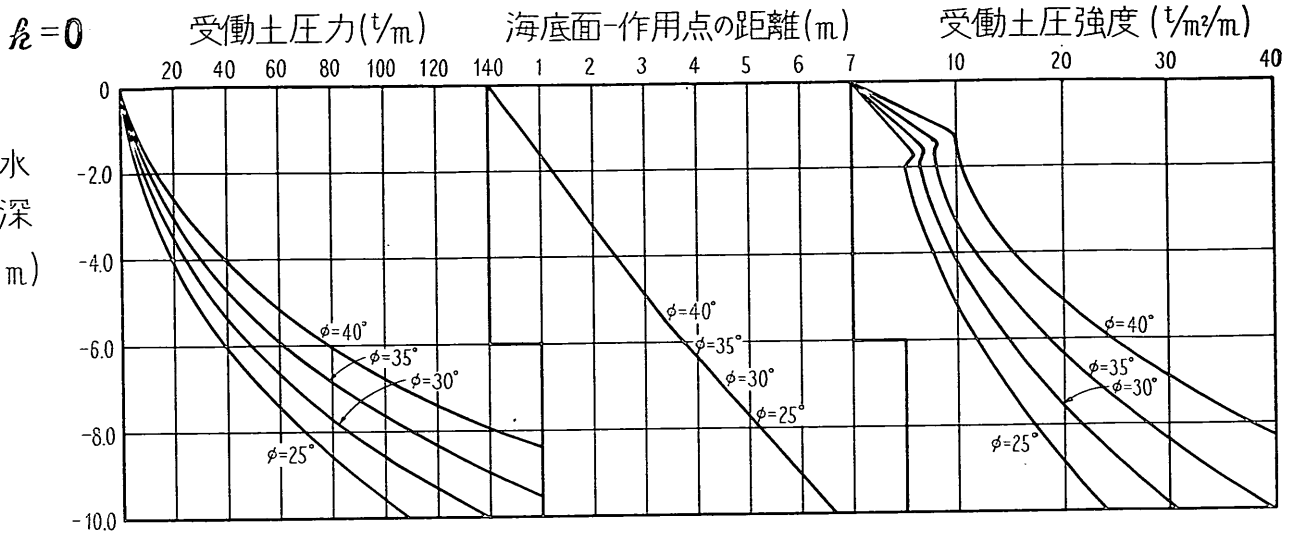
$$a = 4.0^m \quad c = 4.0^m \quad S = 1.5$$



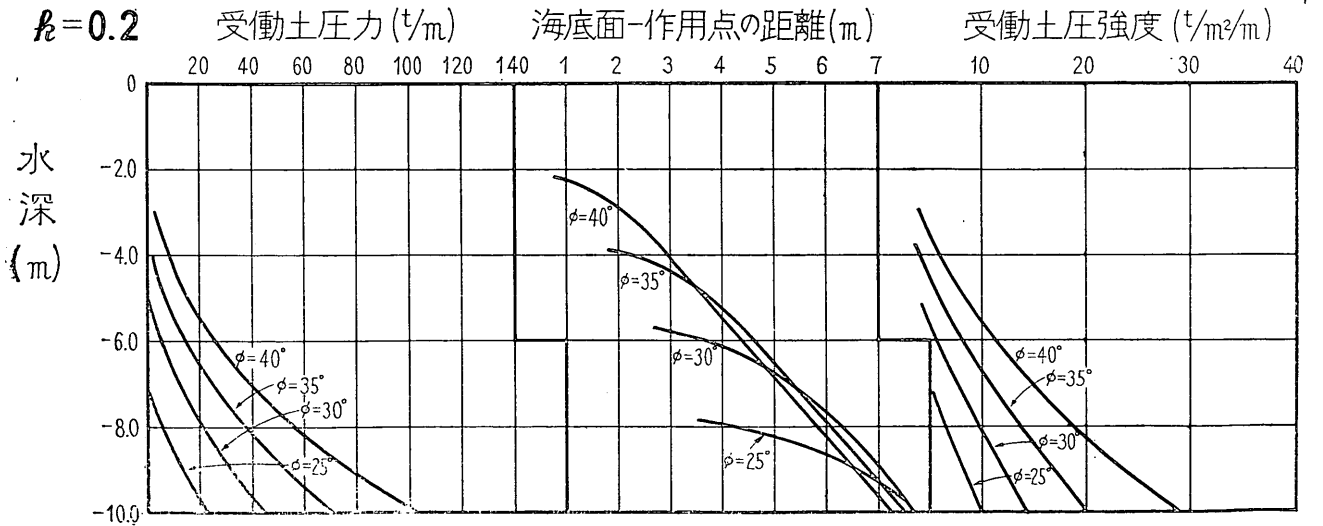
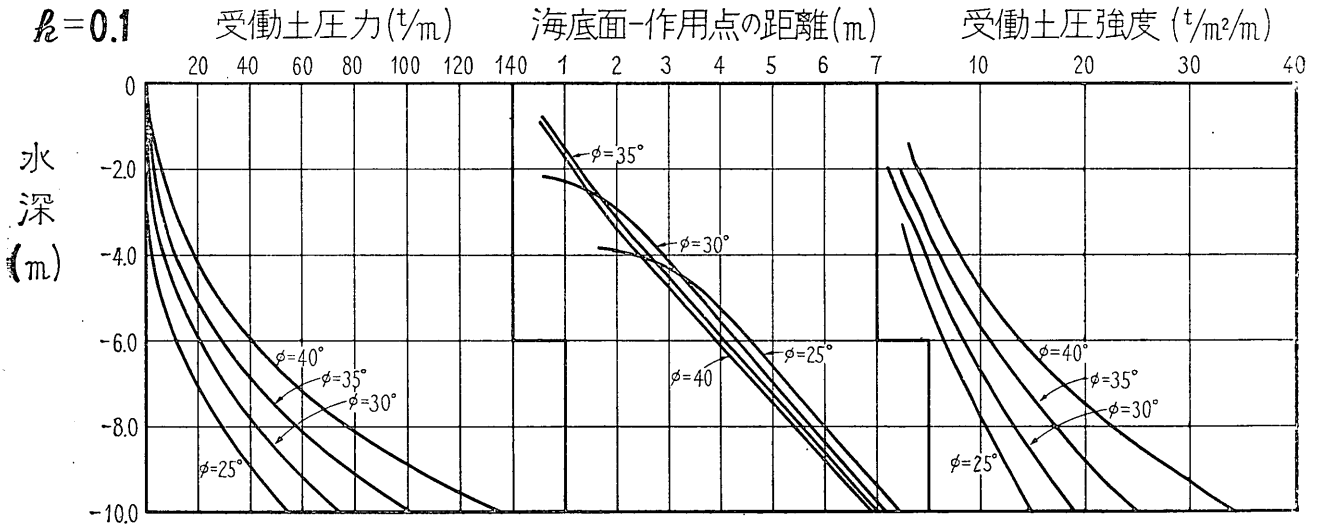
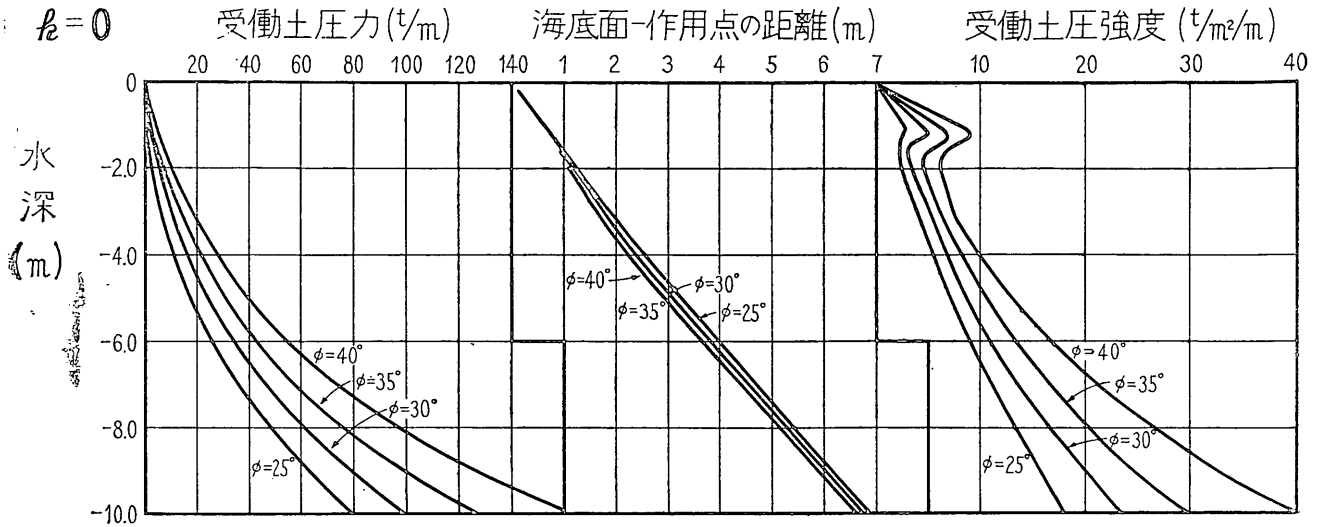
$$a = 4.0^m \quad c = 4.0^m \quad s = 2.0$$



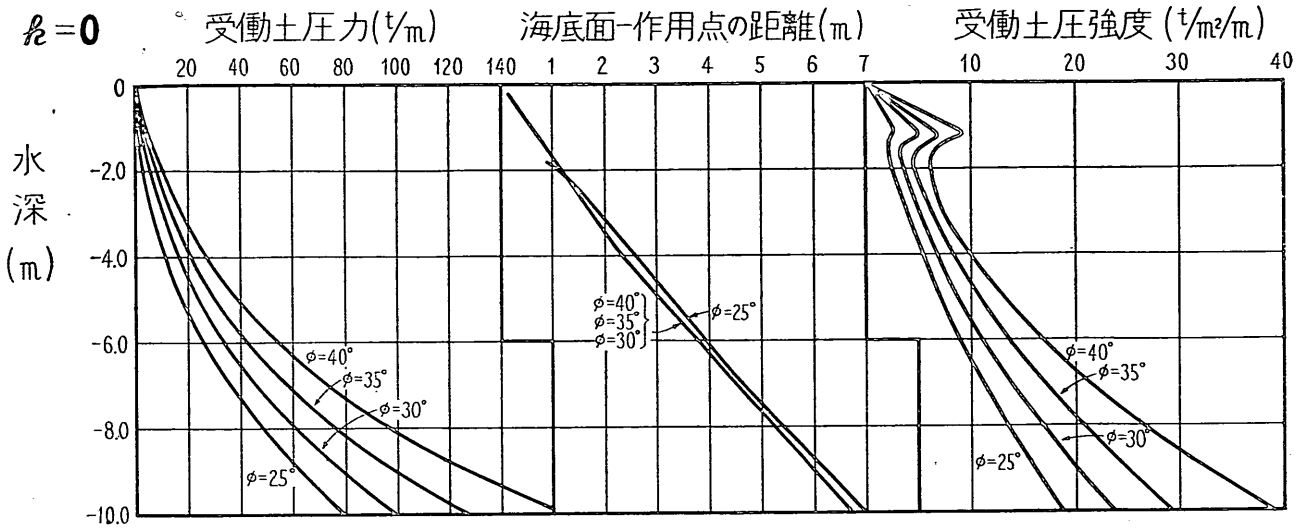
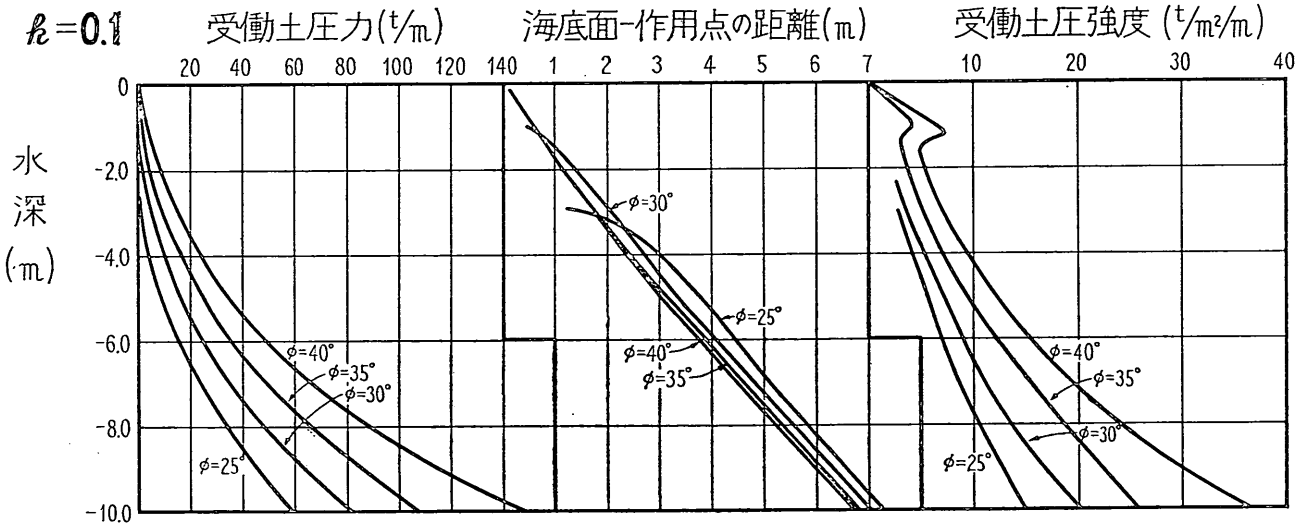
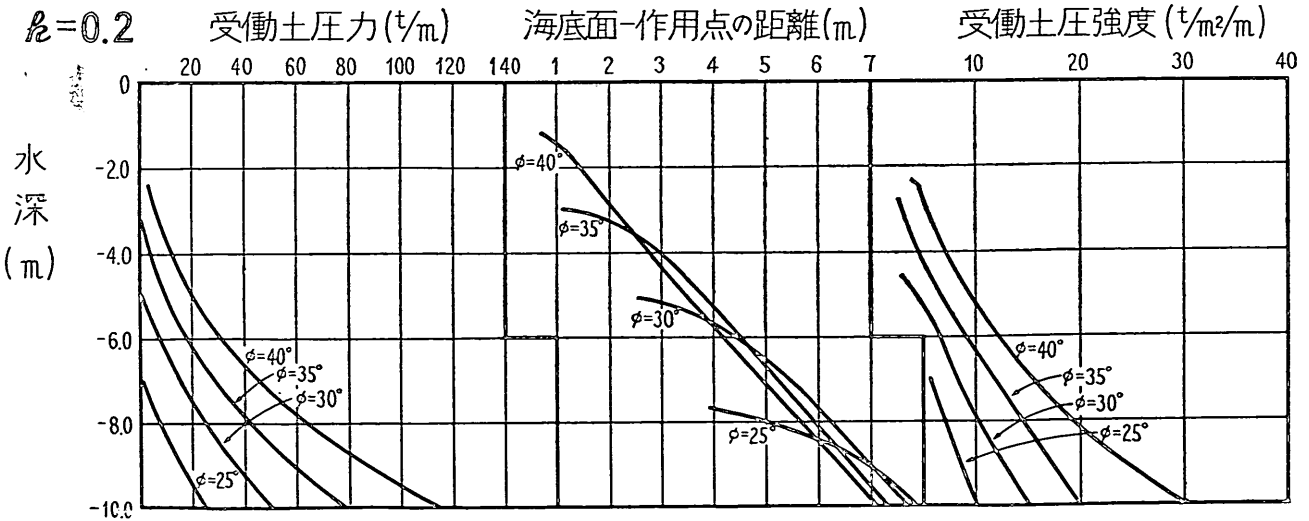
$$a = 4.0^m \quad C = 4.0^m \quad S = 2.5$$



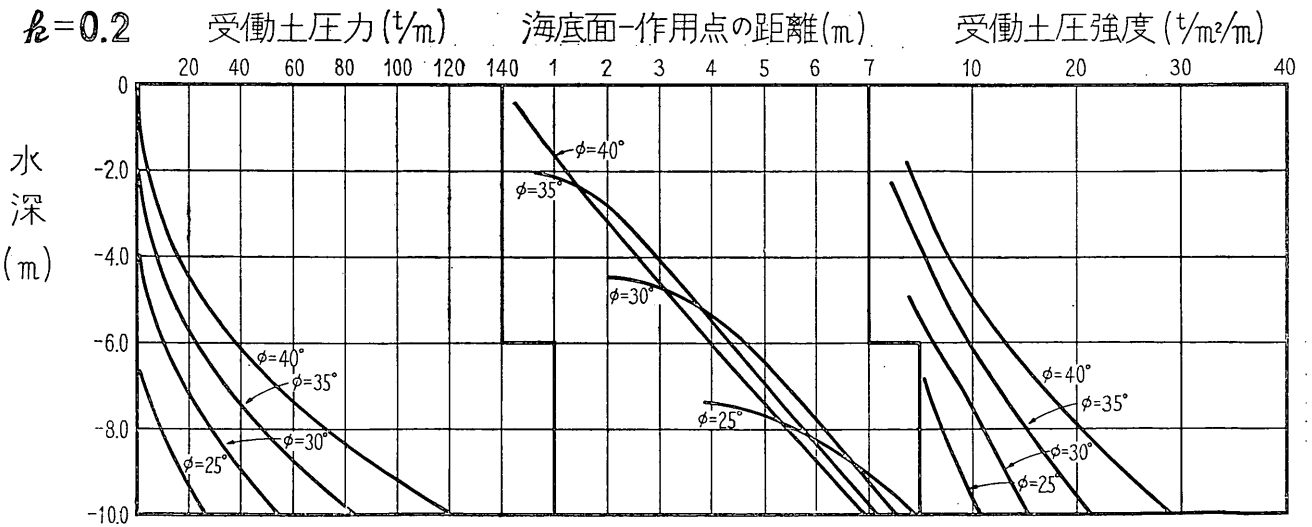
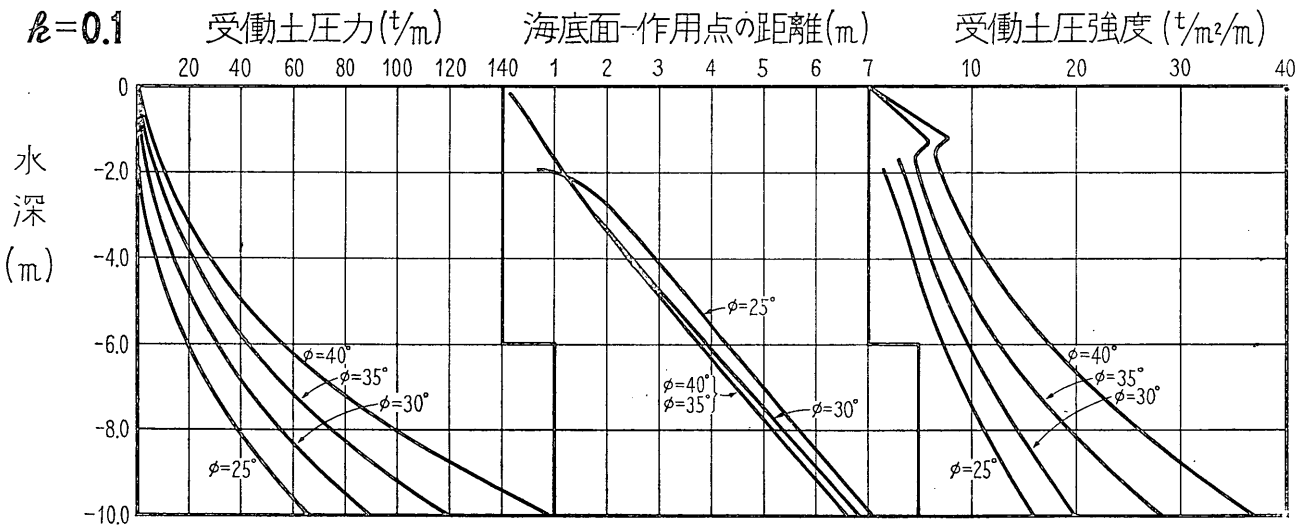
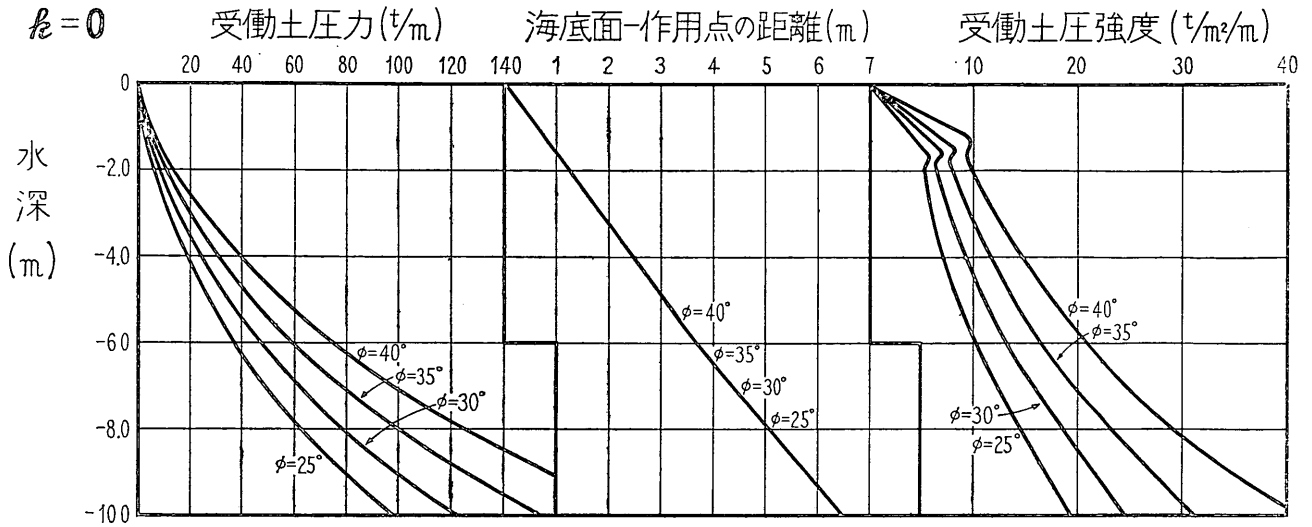
$$a = 4.0^m \quad c = 6.0^m \quad S = 1.5$$



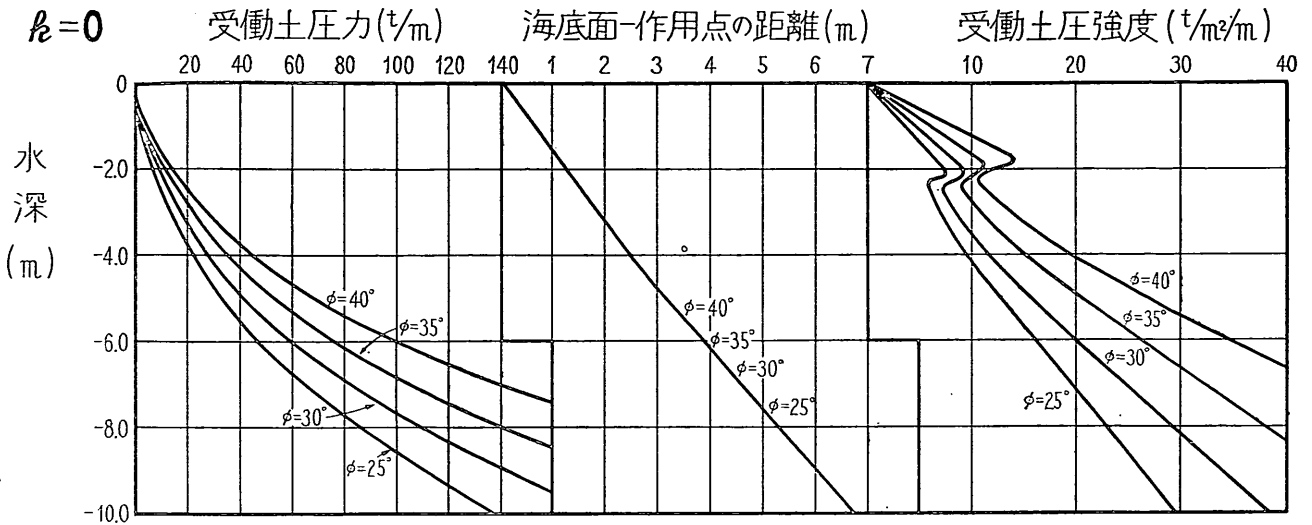
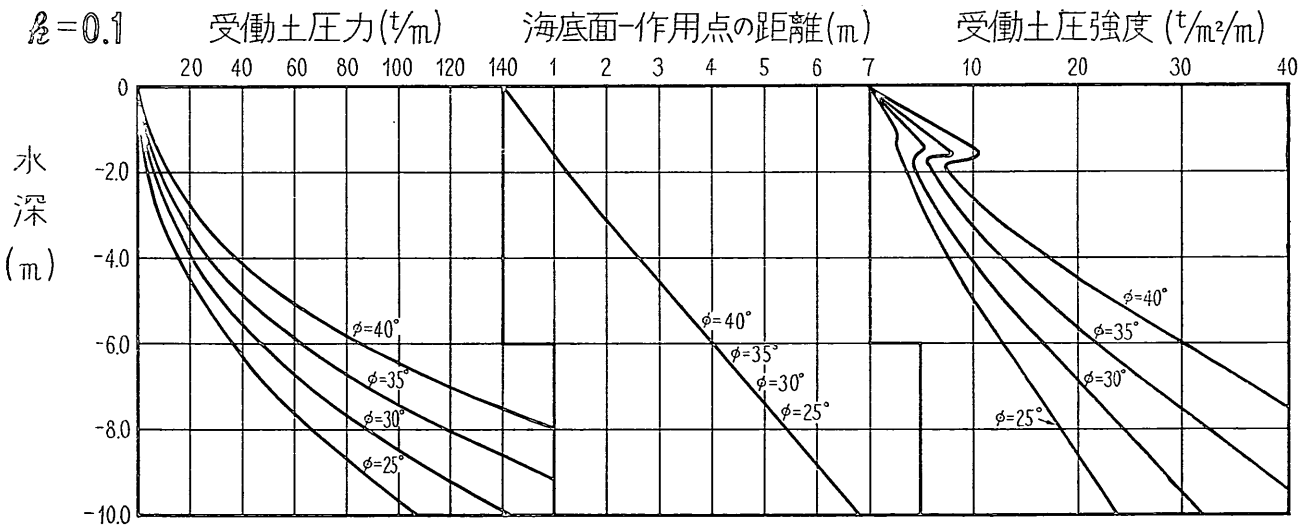
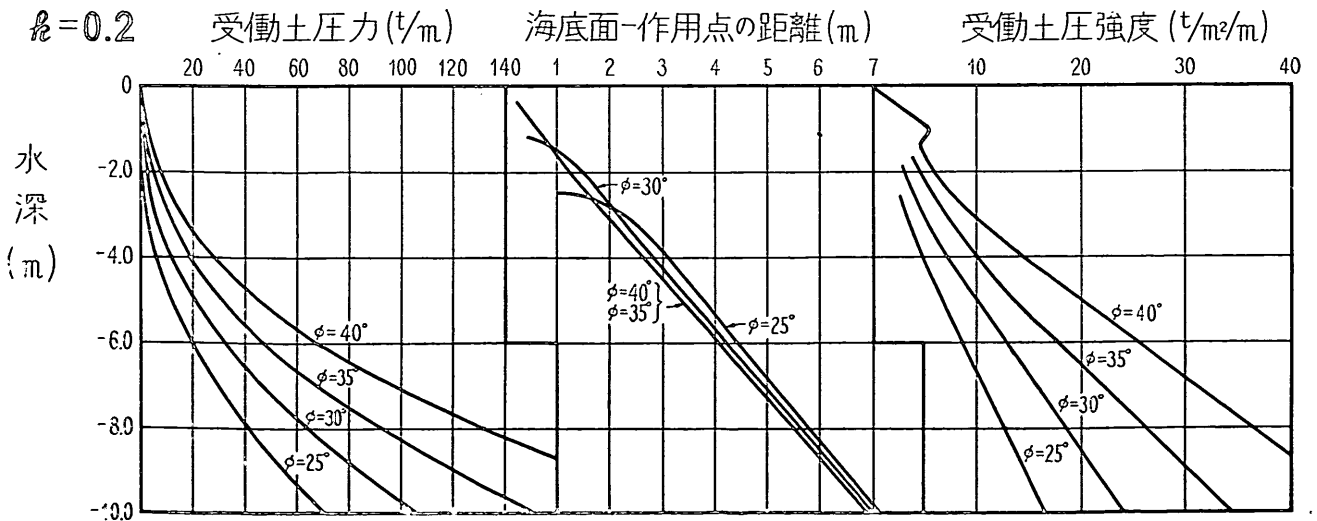
$$a = 4.0^m \quad c = 6.0^m \quad S = 2.0$$

 $h = 0$

 $h = 0.1$

 $h = 0.2$


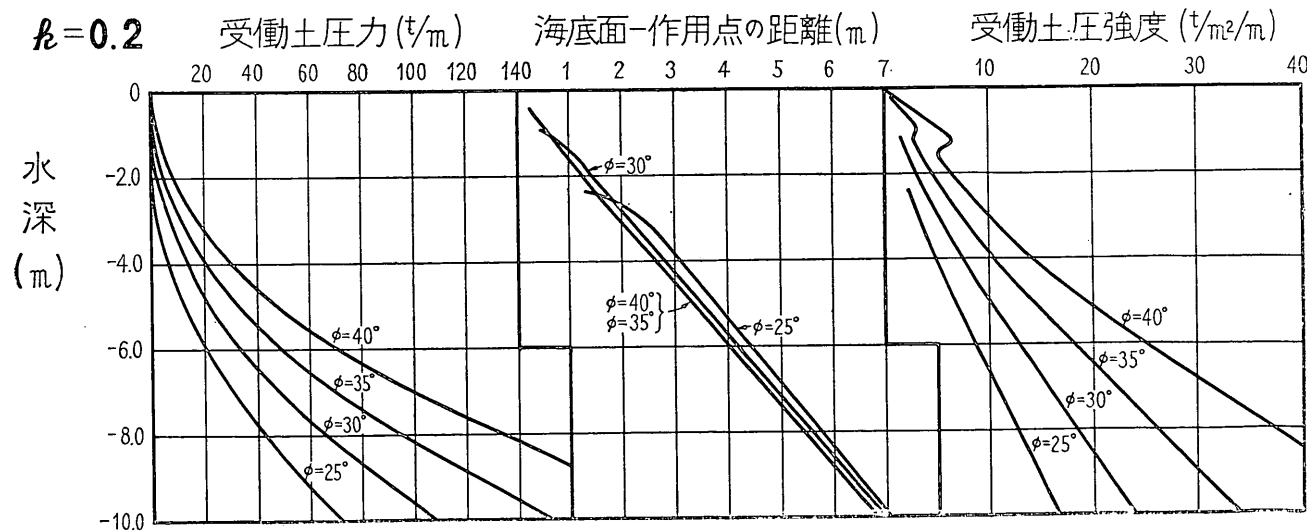
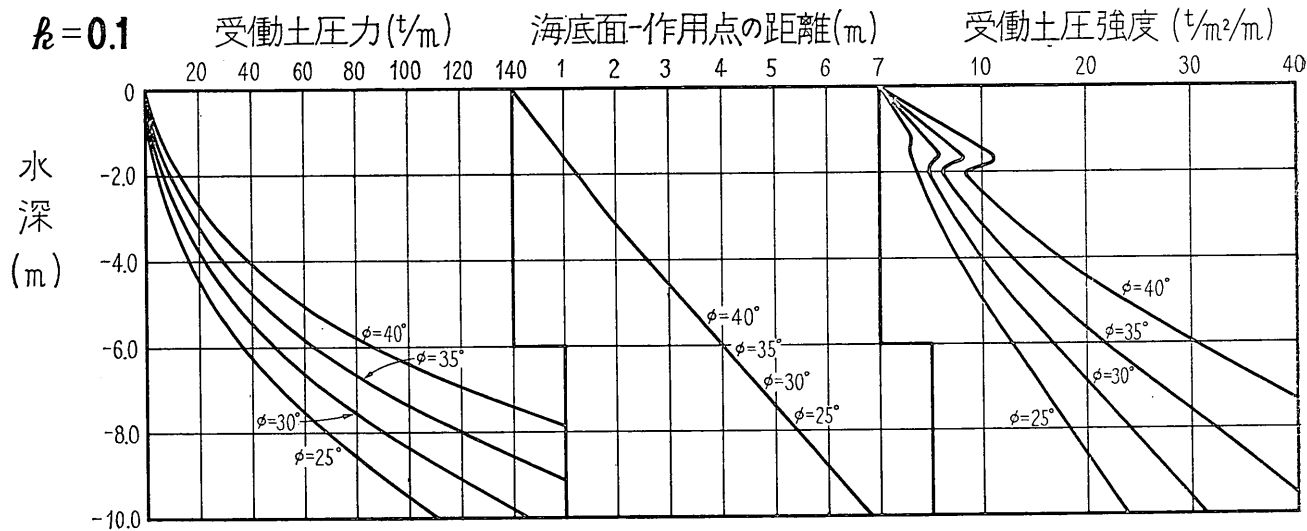
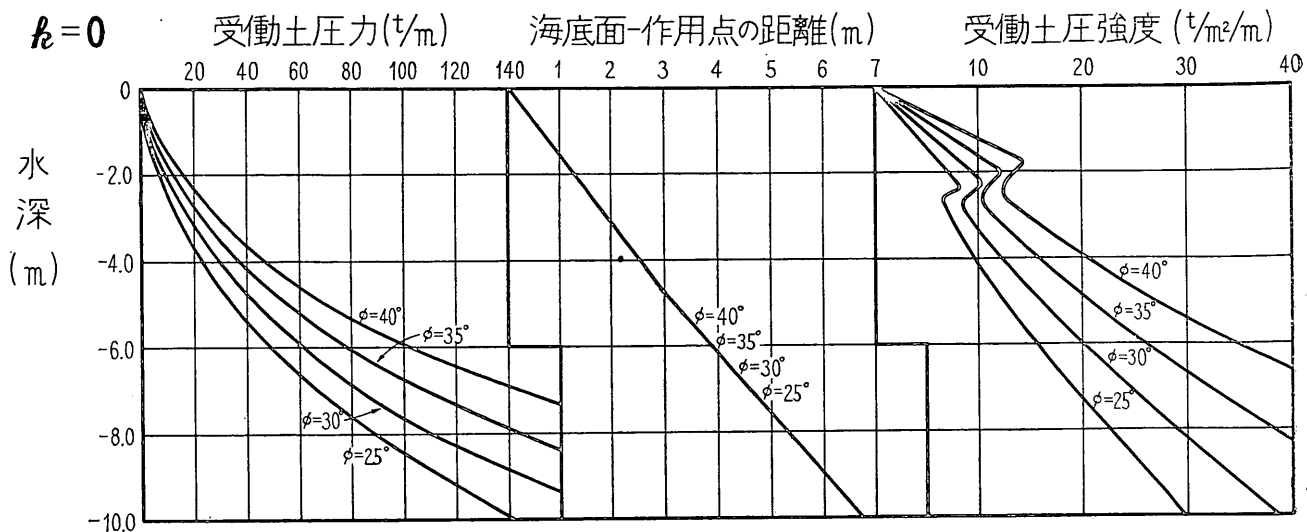
$$a = 4.0^m \quad c = 6.0^m \quad s = 2.5$$



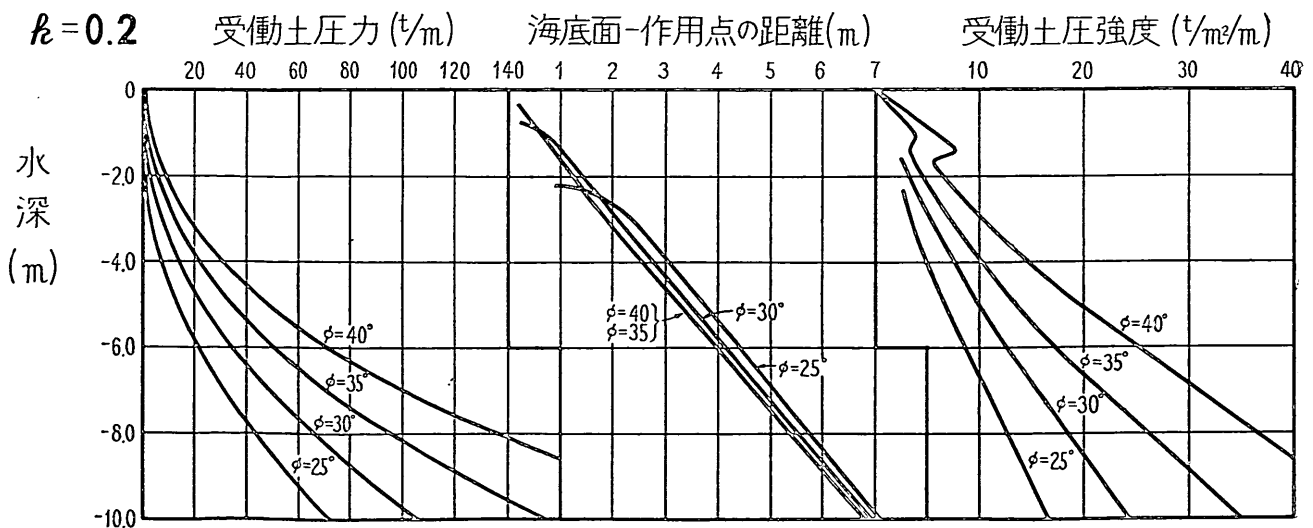
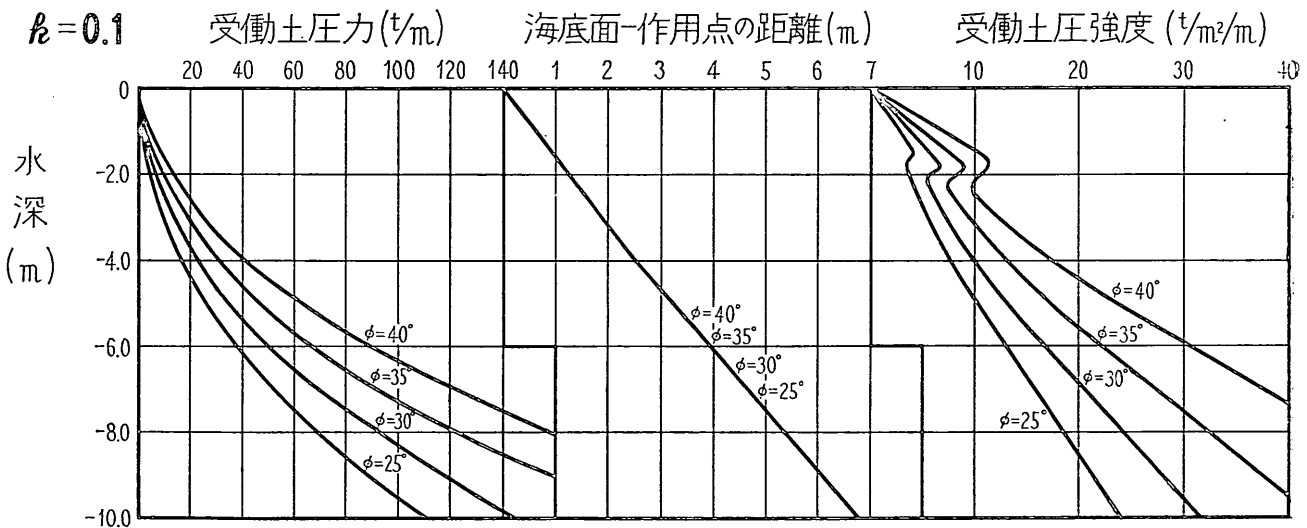
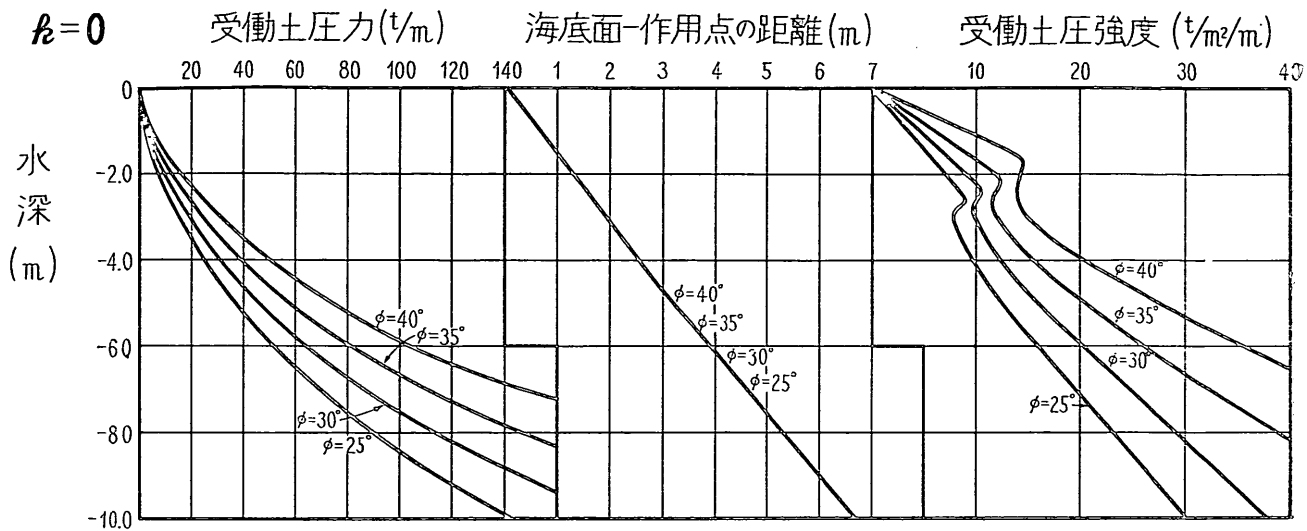
$$a = 6.0^m \quad c = 2.0^m \quad s = 1.5$$

 $k = 0$

 $k = 0.1$

 $k = 0.2$


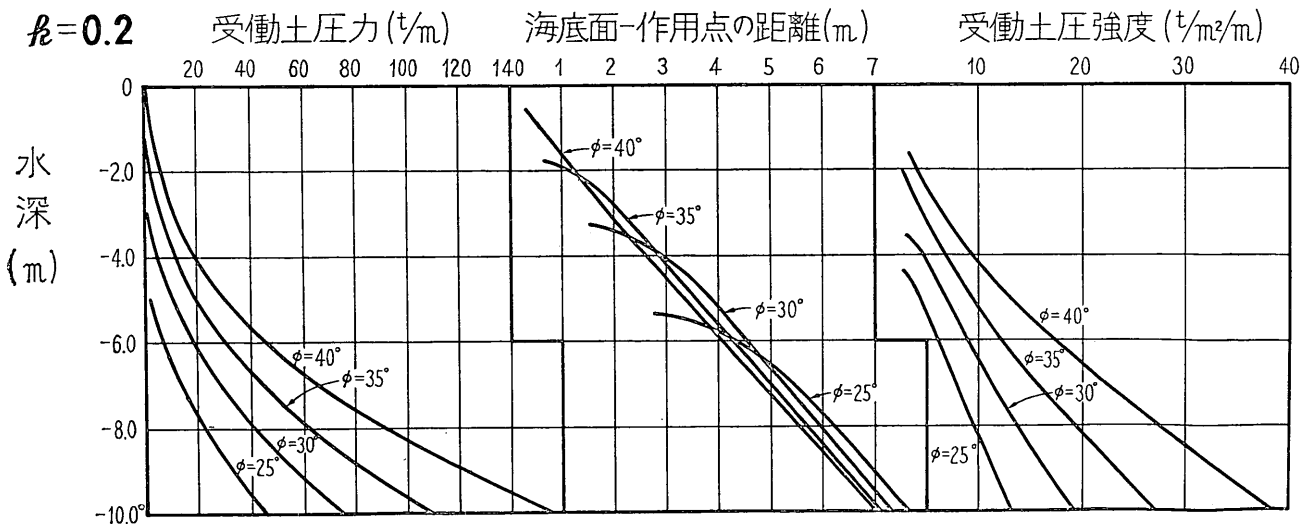
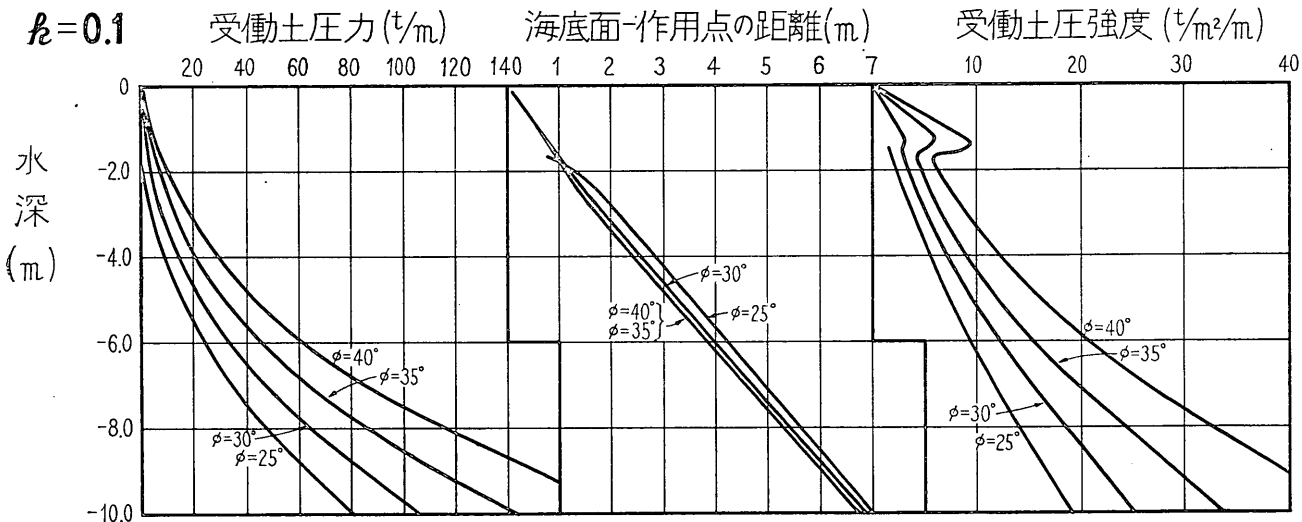
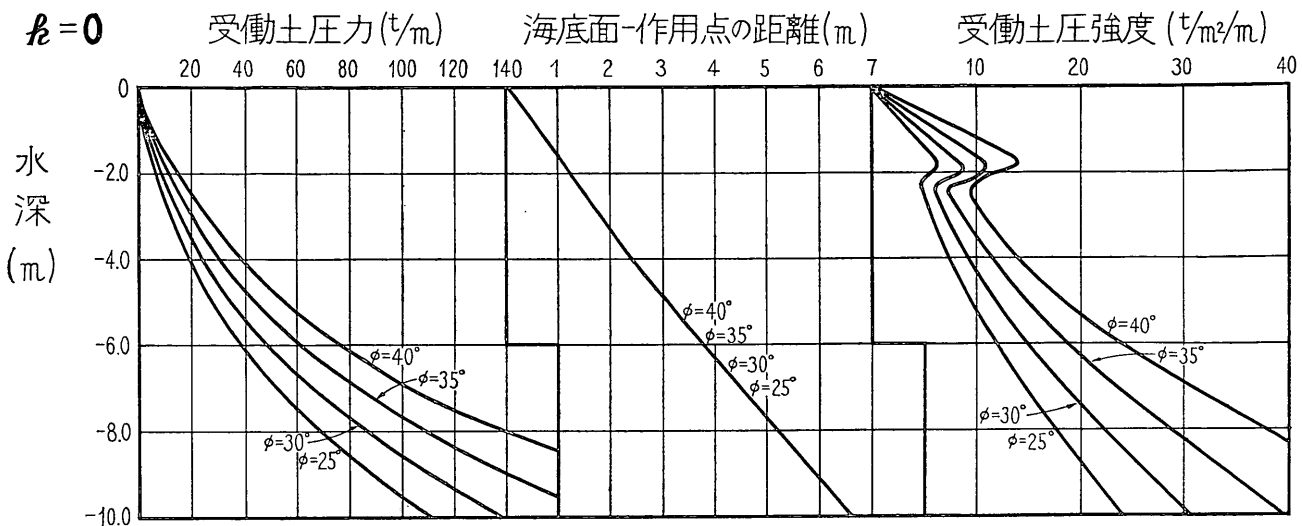
$$a = 6.0^m \quad c = 2.0^m \quad s = 2.0$$



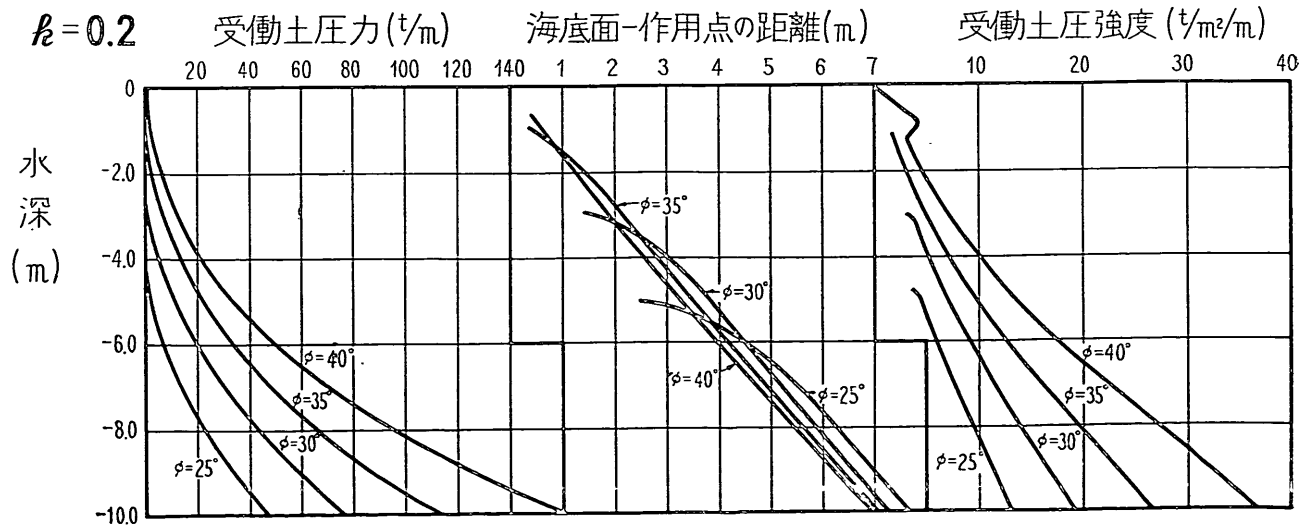
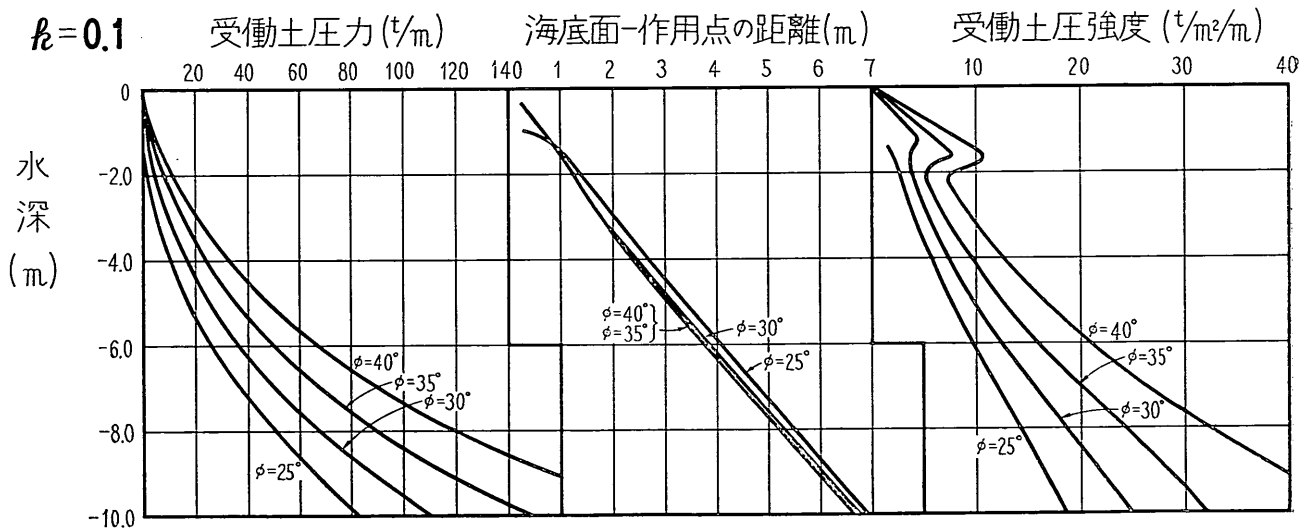
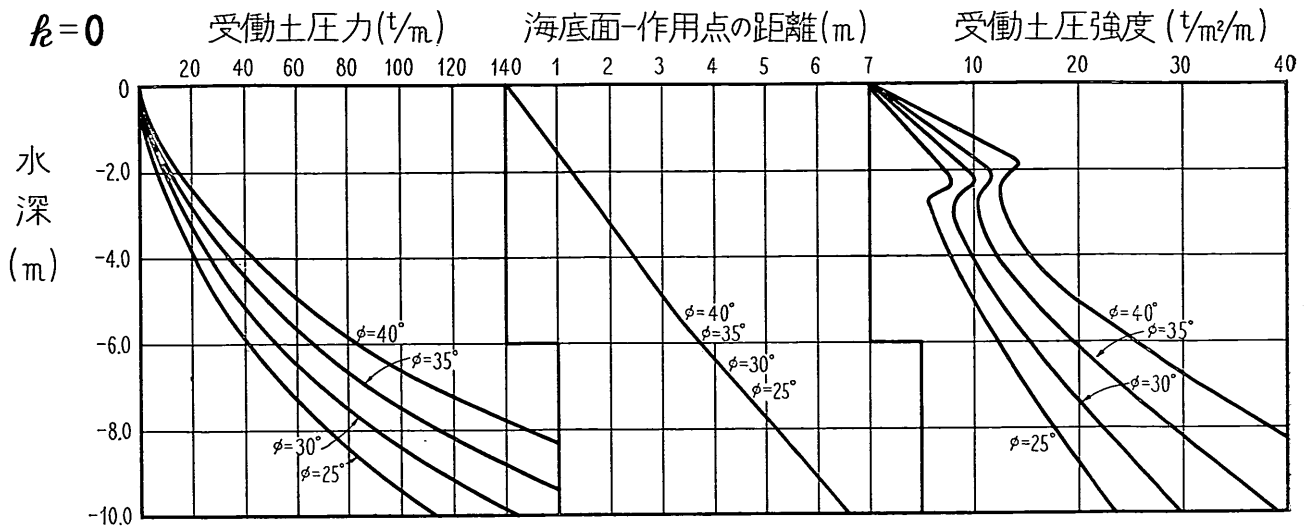
$$a = 6.0^m \quad c = 2.0^m \quad s = 2.5$$



$$\alpha = 6.0^m \quad C = 4.0^m \quad S = 1.5$$



$$a = 6.0^m \quad c = 4.0^m \quad s = 2.0$$



$$a = 6.0^m \quad c = 4.0^m \quad S = 2.5$$

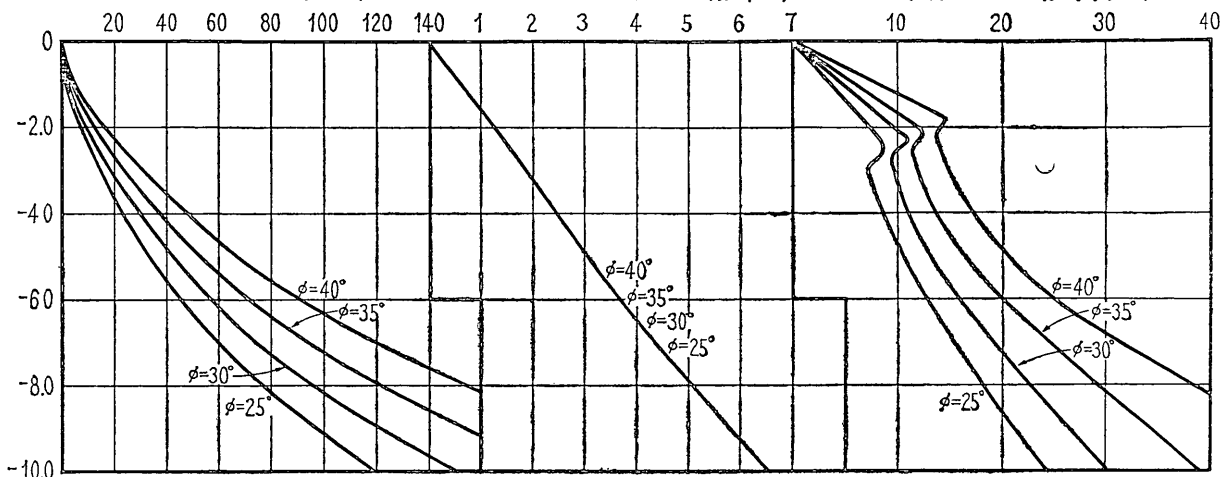
 $k = 0$

受働土圧力 (t/m)

海底面-作用点の距離 (m)

 受働土圧強度 (t/m²/m)

水深 (m)

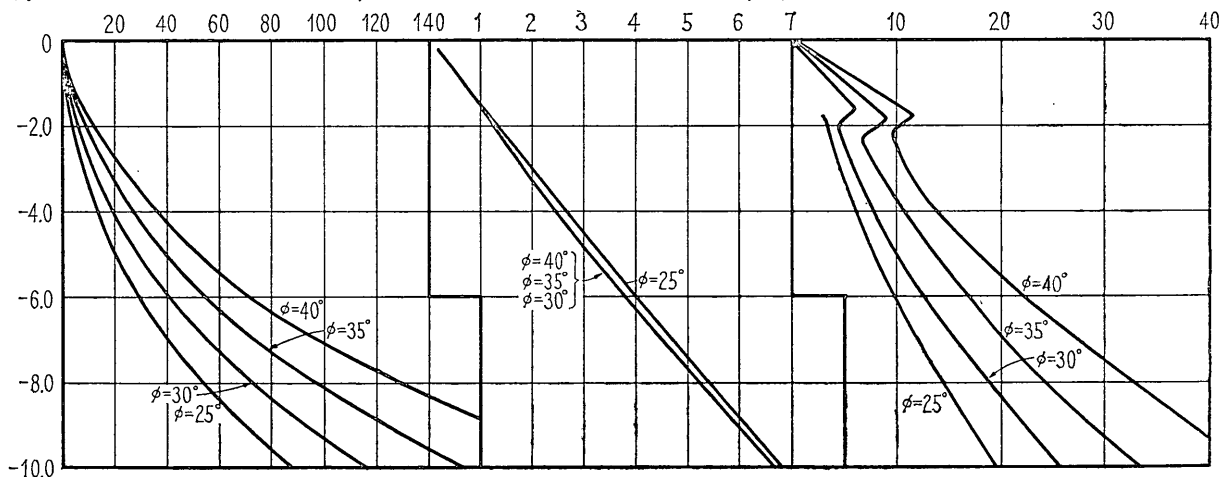

 $k = 0.1$

受働土圧力 (t/m)

海底面-作用点の距離 (m)

 受働土圧強度 (t/m²/m)

水深 (m)

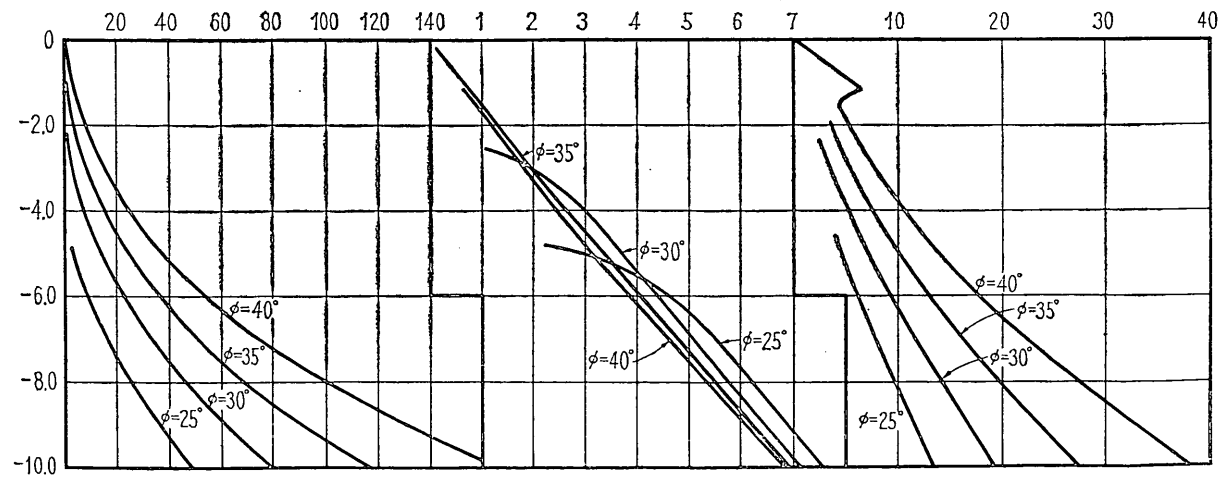

 $k = 0.2$

受働土圧力 (t/m)

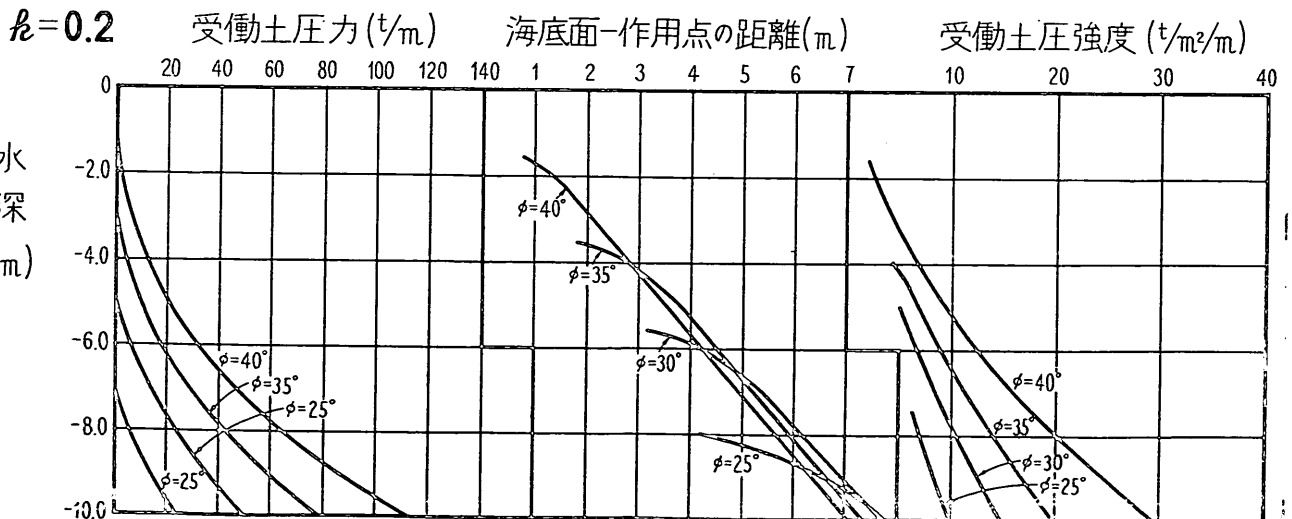
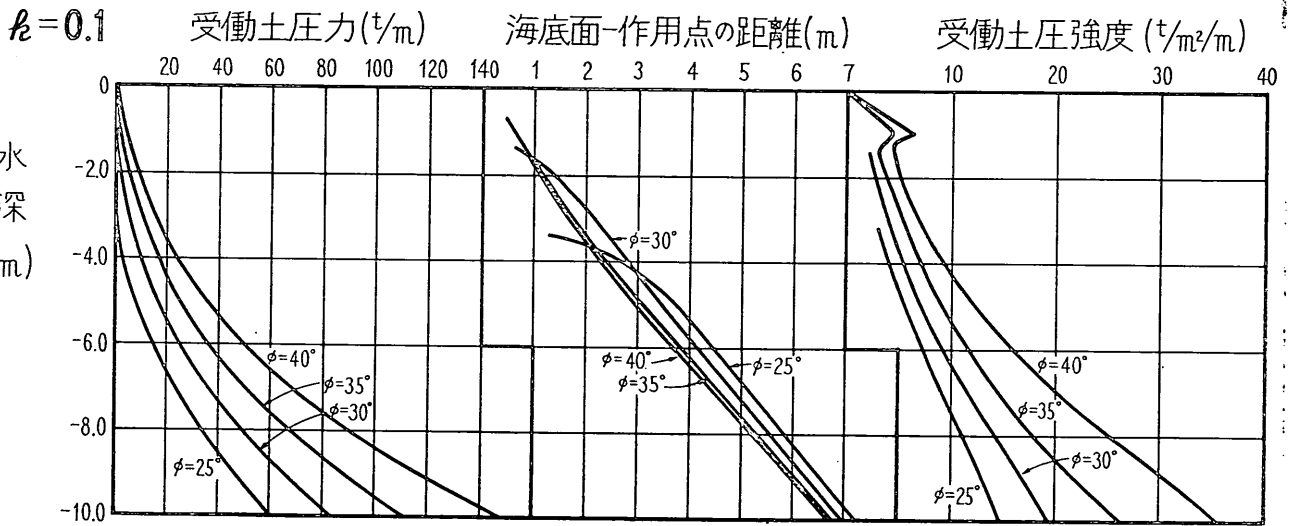
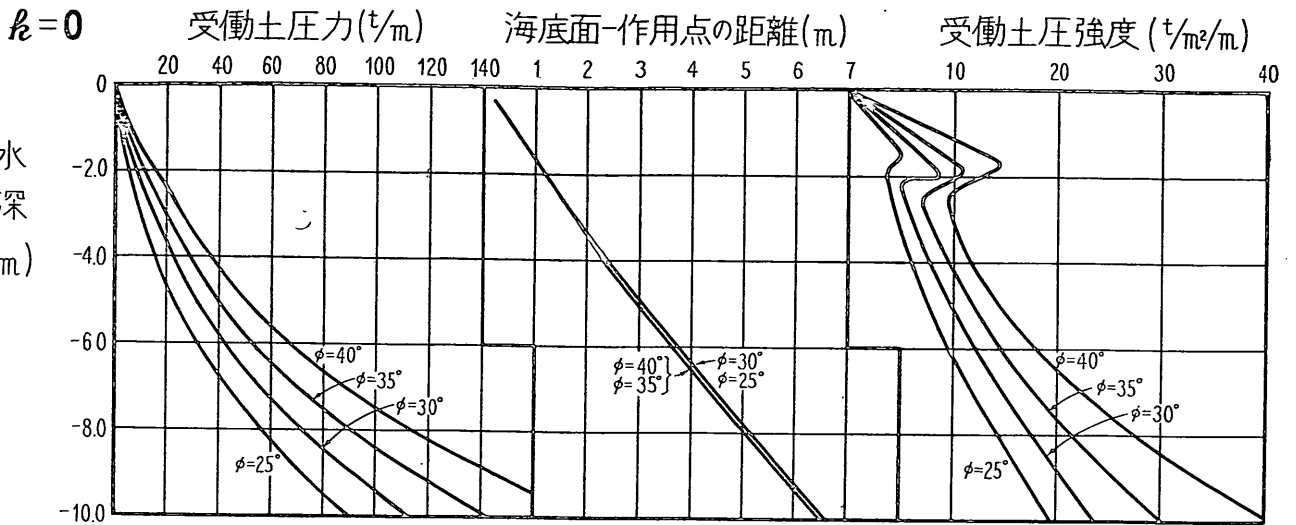
海底面-作用点の距離 (m)

 受働土圧強度 (t/m²/m)

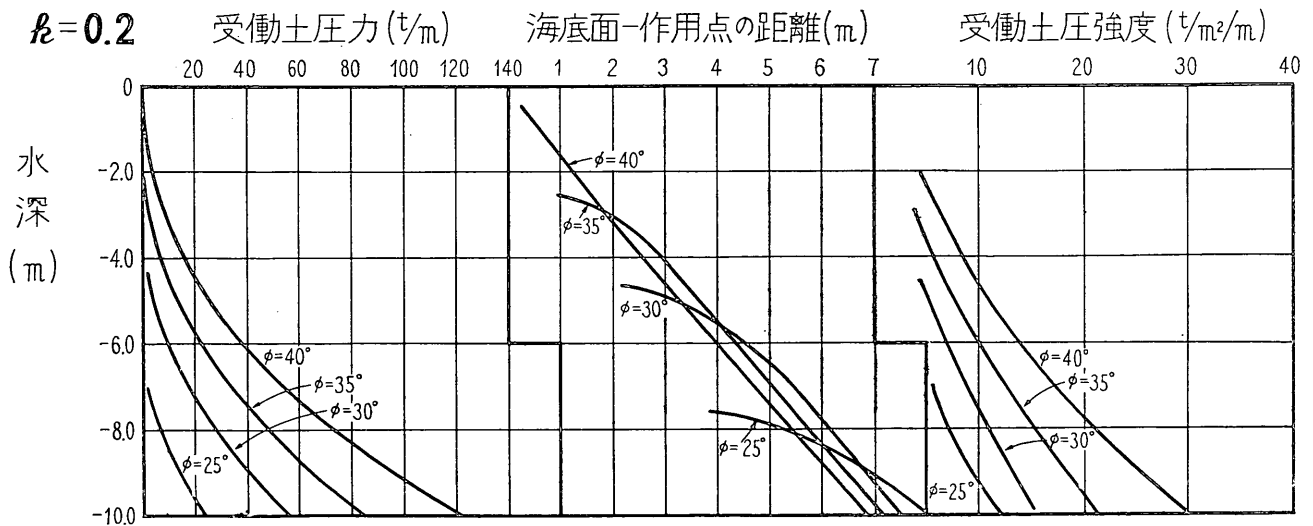
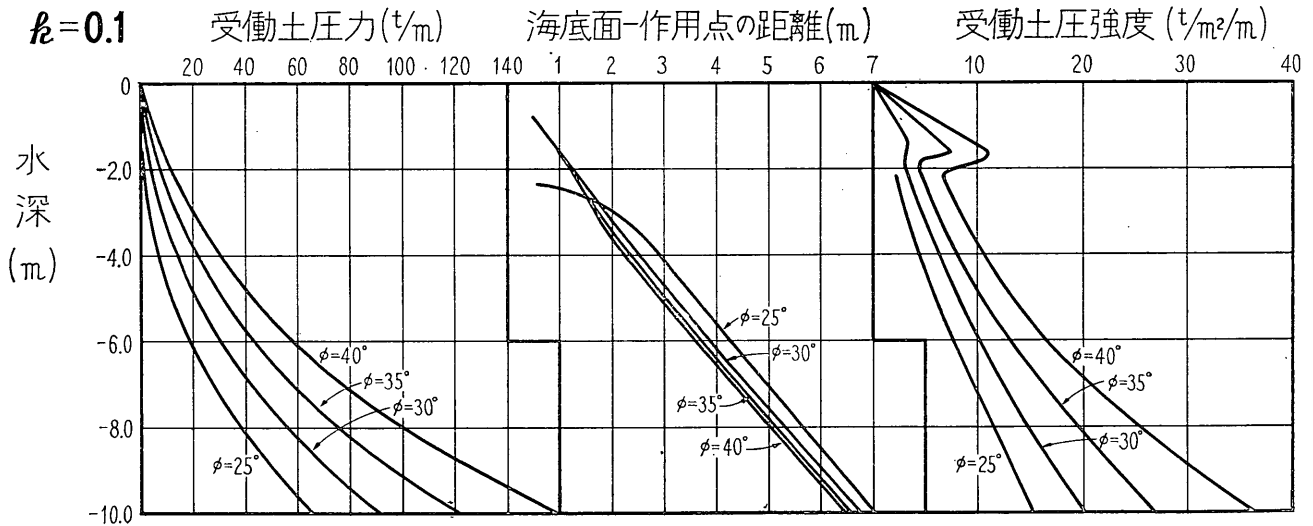
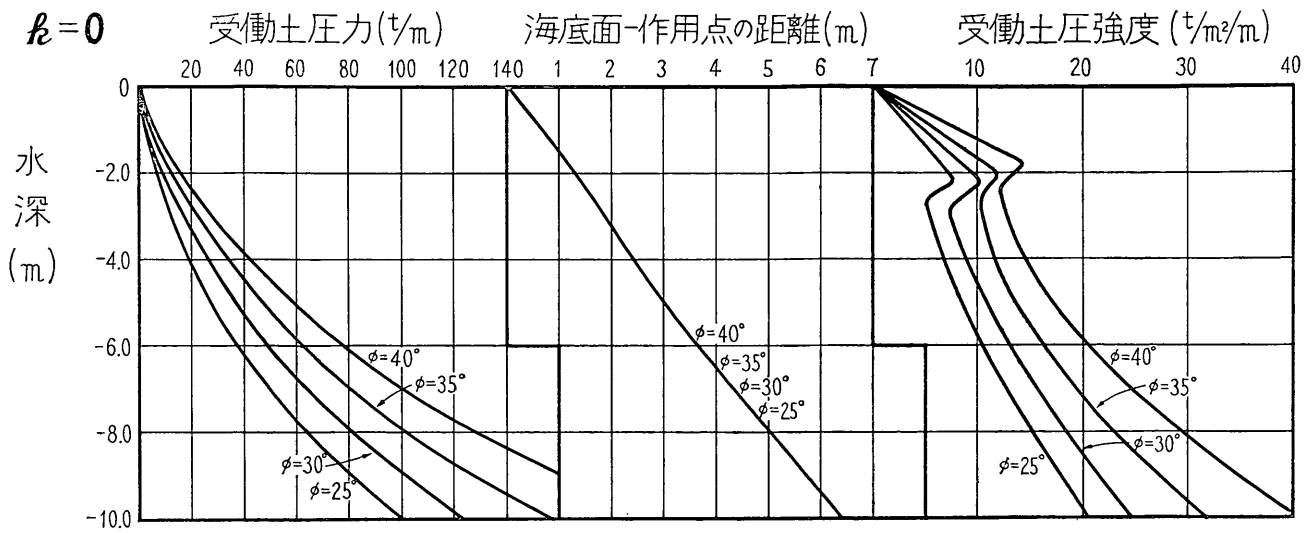
水深 (m)



$$a = 6.0^m \quad c = 6.0^m \quad S = 1.5$$



$$a = 6.0^m \quad c = 6.0^m \quad S = 2.0$$

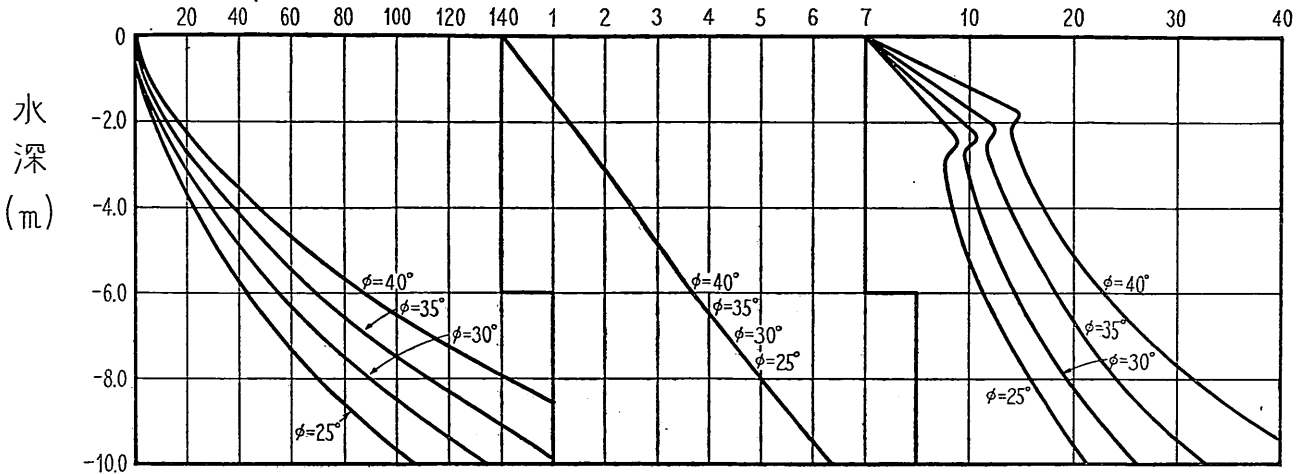


$$a = 6.0^m \quad c = 6.0^m \quad S = 2.5$$

 $h = 0$

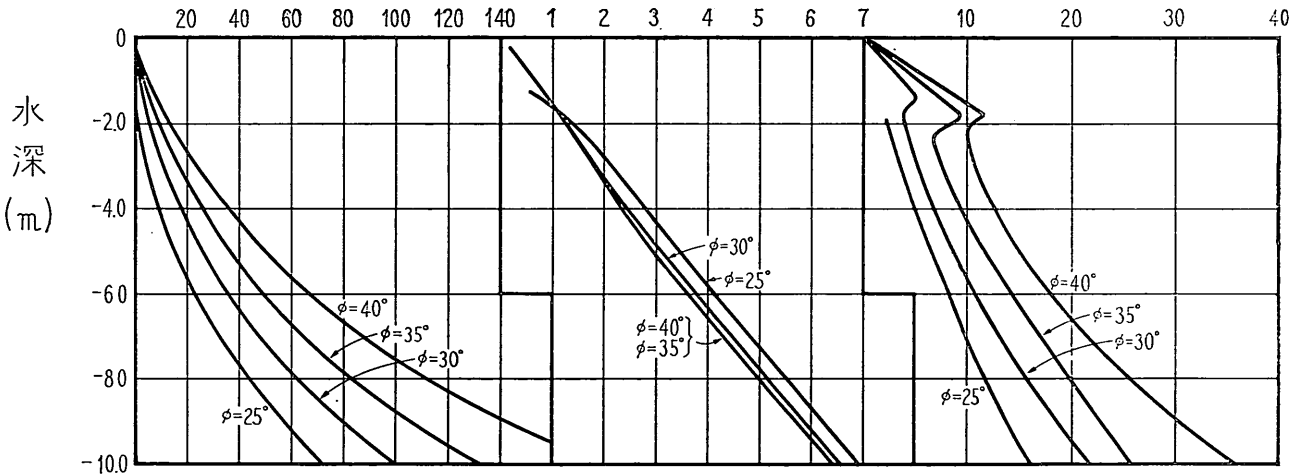
受働土圧力(t/m)

海底面-作用点の距離(m)

 受働土圧強度(t/m²/m)

 $h = 0.1$

受働土圧力(t/m)

海底面-作用点の距離(m)

 受働土圧強度(t/m²/m)

 $h = 0.2$

受働土圧力(t/m)

海底面-作用点の距離(m)

 受働土圧強度(t/m²/m)
