

○京都大学大学院 学生員 藤田宜久
京都大学工学部 正 員 畠昭治郎
京都大学大学院 学生員 西原 晃

1. はじめに

土の静止土圧係数 K_0 値は、数多くの土質工学的諸問題の設計あるいは解析において非常に重要なパラメーターである。にもかかわらず、実験によって直接合理的で信頼性のある K_0 値を決めるには高度の実験技術ときわめて長い時間を必要とする。したがって、実際の設計では、実験を行うことなく土の種類によってきわめて大雑に適当な K_0 値を仮定しているのが現状である。

そこで、本論文では簡便法としてベーンの寸法を種々に変えて試験を行うことにより K_0 値を推定する方法を提示し、その適用性を今回福井粘土と有明粘土に対して行った実験結果、および Bjerrum (1973) の実験結果を用いて検証した。

2. ベーンせん断強度

著者らはすでに次のようなベーンせん断強度を推定する式を提案している。(第 17 回土質工学研究発表会講演集, 1982)

(1) ベーン側面におけるせん断応力 τ_v

$$\left. \begin{aligned} \text{非排水条件: } & \frac{\lambda}{D(1+e_0)} \frac{\sigma'_m}{\sigma'_{m0}} \ln \frac{\sigma'_m}{\sigma'_{m0}} + \sqrt{3 \left(\frac{\tau_v}{\sigma'_{m0}} \right)^2 + \left\{ \left(1 - \frac{\sigma'_m}{\sigma'_{m0}} \right) \eta_0 \right\}^2} = 0 \\ \text{破壊条件: } & \frac{\lambda - K}{D(1+e_0)} \left(\frac{\sigma'_m}{\sigma'_{m0}} \right)^2 \eta^* - 3 \left(\frac{\tau_v}{\sigma'_{m0}} \right)^2 - \left(1 - \frac{\sigma'_m}{\sigma'_{m0}} \right) \eta_0^2 = 0 \end{aligned} \right\} \text{----- (1)}$$

ここに、 λ 、 K は $0.434 C_c$ 、 $0.434 C_s$ 、 e_0 、 σ'_{m0} は圧密終了時の間隙比と平均有効主応力であり、 D はダイレイタンシー係数である。また、

$$\sigma'_m = \frac{1}{3} \sigma'_{ij} \delta_{ij} \text{----- (2)}$$

$$S_{ij} = \sigma'_{ij} - \sigma'_m \delta_{ij} \text{----- (3)}$$

$$\eta^* = \sqrt{\frac{3}{2} \left(\frac{S_{ij}}{\sigma'_m} - \frac{S_{ij0}}{\sigma'_{m0}} \right) \left(\frac{S_{ij}}{\sigma'_m} - \frac{S_{ij}}{\sigma'_{m0}} \right)} \text{----- (4)}$$

$$\eta_0 = \frac{3(1-K_0)}{1+2K_0} \text{----- (5)}$$

式(1)は τ_v/σ'_{m0} と σ'_m/σ'_{m0} を未知数とする連立方程式であり、数値計算により τ_v/σ'_{m0} が容易に求まる。

(2) ベーン両端面におけるせん断応力 τ_H

$$\frac{\tau_H}{\sigma'_{m0}} = \frac{M}{\sqrt{3}} \exp(-\alpha) \text{----- (6)}$$

$$\text{ここに、} M = \frac{\lambda - K}{D(1+e_0)} \text{----- (7)}$$

$$\alpha = 1 - \frac{K}{\lambda} \text{----- (8)}$$

一方、ベーン側面におけるせん断応力とベーン両端面におけるせん断応力の比 τ_v/τ_H は、ベーンの寸法を種々に変えて試験を行うことにより、次のように求められる。(Aas, 1965)

ベーンで測定されるトルクの最大値 M は

$$M = \frac{\pi}{2} D^2 H \tau_v + \frac{\pi}{8} D^3 \tau_H \text{----- (9)}$$

で与えられる。ここに、 H と D はそれぞれベーンの高さと直径である。式(9)を変形して

$$\frac{2M}{\pi D^2 H} = \tau_v + \frac{1}{3} \tau_H \frac{D}{H} \text{----- (10)}$$

式(10)はベーンの D/H 比を種々に変えた測定結果を $2M/\pi D^2 H$ と D/H の関係にプロットすれば両者の間に直線関係が成立し、 τ_v/τ_H は $2M/\pi D^2 H = 0$ としたときの値からただちに

$$\frac{\tau_v}{\tau_H} = -\frac{1}{3} \left(\frac{D}{H} \right)_{2M/\pi D^2 H = 0} \text{----- (11)}$$

として求められることを表わしている。

3. K_0 値推定方法

式(1)、(6)よりわかるように、ベーン側面におけるせん断応力 τ_v は K_0 値の影響を強く受け、一方ベーン両端面におけるせん断力 τ_H は式上 K_0 値の影響を受けないので両者の比 τ_v/τ_H を用いて K_0 値を推定することができる。図-1 はベーン側面におけるせん断応力とベーン両端におけるせん断応力の比 τ_v/τ_H を式(1)、(6)を用い、 K_0 値を変えて計算したものである。計算にあたっては

$$M = 6 \sin \phi' / (3 - \sin \phi') \text{----- (12)}$$

と、軽部(1975)の式

$$\alpha = M / 1.75 \text{----- (13)}$$

を用いた。 ϕ' がわかっているとき、ベーンの寸法を種々に変えて試験を行うことにより式(11)より τ_v/τ_H が求められ、したがって図-1より K_0 値も求められるのである。

4. 実験による検証

図-2、図-3は今回福井粘土、有明粘土に対して行ったベーンせん断試験の結果である。式(11)を用いることにより図-2より $\tau_v/\tau_H = 0.67$ 、図-3より $\tau_v/\tau_H = 0.70$ と求まり、図-1にプロットすると●と▲のようになる。これよりそれぞれ $K_0 = 0.47$ 、 $K_0 = 0.48$ と読み取れ、これは実際に K_0 圧密試験を行って得た値 $K_0 = 0.49$ 、 $K_0 = 0.46$ とよい一致を示した。なお図-1には Bjerrum (1973) の実験結果もあわせてプロットしてある。ただし、Bjerrum の報告には I_p しか与えられていなかったため Bjerrum・Simmons (ASCE 粘性土のせん断強度に関する会議、1960) が示している I_p と ϕ の関係を用いて ϕ を求めた。以上の結果をまとめて表-1に示したが、今回提案した方法によりおおむね妥当な K_0 値が推定できることが確認された。

参考文献

- 1) 畠・太田・西原・藤田(1982): 第17回土質工学研究発表会講演集
- 2) Aas, G (1965): Proc. 6th ICSMFE, Vol. 1, pp.141-145
- 3) 軽部(1967): 第20回土質工学シンポジウム, pp.39-48
- 4) Bjerrum, L (1973): Proc. 8th ICSMFE, Vol. 3, pp.111-159

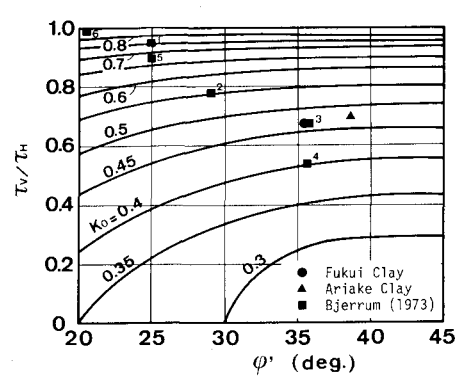


図-1 K_0 値を求める計算図表

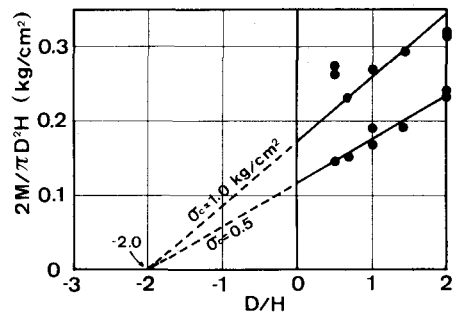


図-2 福井粘土のベーン試験結果

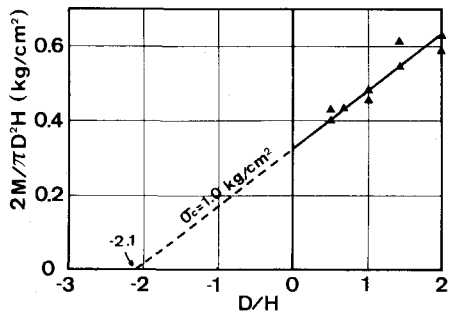


図-3 有明粘土のベーン試験結果

表-1 K_0 値の比較

REFERENCE	SOIL	I_p	ϕ'	τ_v/τ_H	K_0 (実験)	K_0 (計算)
Authors	Fukui Clay	46	35.3	0.67	0.49	0.47
	Ariake Clay	53	38.6	0.79	0.46	0.48
Bjerrum 1973	1. Ska-Edeby Clay	48	(24.8)	0.95	0.75	0.75
	2. Drammen Plastic Clay	29	(28.7)	0.78	0.60	0.55
	3. Drammen Lean Clay	11	(35.5)	0.67	0.55	0.47
	4. Low Plastic Clay	10	(35.5)	0.54	0.50	0.40
	5. Medium Plastic Clay	50	(24.8)	0.90	0.65	0.68
	6. High Plastic Clay	100	(20.5)	0.99	0.80	0.90