

東海大学 正員 稲田 悠穂 東海大学 正員 赤石 晴
東海大学 正員 〇白子 博明 東海大学 学員 森 公一

1. まえがき

クイに働らく負の摩擦力を算定する場合、一般的に利用される方法として $\frac{3}{2}$ 法あるいは Bjerrum 法などがある。

一軸圧縮試験結果を利用する $\frac{3}{2}$ 法は簡便なため、多く利用されているが負の摩擦力を小さめに見積ると言われている、また、Bjerrum 法は地中の鉛直有効応力に、ある係数も乗じて負の摩擦力の大きさを算定しようとするものであるが、係数は土やクイの材質および地盤内の応力状態によって大きく変化し、その値を適確に把握することはきわめて難しいとされている。

本報告は、三軸室内で負の摩擦力の作用するクイの模型実験を行ない、模型グイに実際に生じる負の摩擦力の測定値と $\frac{3}{2}$ 法ならびに Bjerrum 法の予測値を比較し若干の考察を加えたものである。

2. 試料および実験方法

2.1 試料 実験に用いた試料は千葉県柏市で採取した沖積粘土でありその物理的性質は表～1に示すとおりである。

2.2 実験方法 液性限界以上の含水比で十分に練り返した試料をモールドに詰め自立する程度に圧密する。この試料を大型等方圧密試験機に移し 0.2 kg/cm^2 で等方圧密する。等方圧密を終了した試料から直径 11.2 cm 、高さ 5 cm の実験用粘土供試体を成形した。供試体の中心に直径 1.2 cm の孔を供試体上面、下面に対して直角に明け、その中に直径 1.1 cm 、長さ 5.5 cm の鋼棒(クイを想定)を挿入し、図～1に示すような状態で三軸室内にセットした。

クイ周面に働らく下向き摩擦力は、クイ下端に設置した土圧計によって測定した。クイの断面積と土圧計の受圧面の面積は等しくし、クイ周面に生じる摩擦力のみ測定できるようにした。クイ周面の単位面積当りの負の摩擦力 T_p は、式(1)より求める。

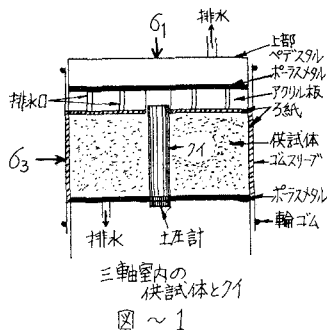
$$T_p = F/A \quad (1)$$

ここで A は、クイ周面と供試体とが接している面積、 F はクイ下端に生じる力(土圧計によって測定される)である。クイ上端には力が加わらないように、直径 1.4 cm の孔をアクリル板の中心に明け、供試体と上部ベDESTALとの間に設置した。圧密時間を短縮するために、供試体周面にはペーパードレーンを巻き、供試体上部および下部より排水を行なった。三軸室内にセットした後再び 0.2 kg/cm^2 で24時間等方圧密した後、等方圧密圧力を、(1) $\sigma'_m = 0.4, 0.8, 1.2 \text{ kg/cm}^2$ あるいは(2) $\sigma'_m = 0.6, 1.0, 1.6 \text{ kg/cm}^2$ と順次24時間間隔で載荷し等方圧密試験を行なった。また(3) $\sigma'_m = 0.2, 0.4, 0.6 \text{ kg/cm}^2$ の各等方圧密段階から側方圧密圧力 σ_3 を一定に保ち、鉛直方向の圧密圧力 σ_1 を所定の主応力比 K ($\sigma'_m = 0.2$ のときは $K = 1, 0.63, 0.44$ 、 $\sigma'_m = 0.4, 0.6$ のときは $K = 1, 0.8, 0.6, 0.44$)まで徐々に増加させ異方圧密試験を行ない、排水量、鉛直方向の圧縮量およびクイに働らく負の摩擦力を測定した。さらに(4)実験(2)における最終荷重段階($\sigma'_m = 1.6 \text{ kg/cm}^2$)から平均有効応力 σ'_m を一定に保ち主応力差を増加させる異方圧密試験を行なった。また、各実験で圧密を終了した粘土試料から一軸圧縮試験用供試体を採取し、一軸圧縮強度 σ_u を測定した。

表～1

試料の物理的性質

G_s	$W_L(\%)$	$W_p(\%)$	$L_g(\%)$	K_0
2.64	112.0	51.0	10.6	0.44



3. 実験結果および考察

図～2(a)(b)は実験(1)(2)の結果から、それぞれ体積ヒズミ ϵ_v とクイに働く負の摩擦力 T_p の経時変化を示したものである。 ϵ_v と T_p の経時変化はよく類似しており、圧密圧力の増加とともに T_p も増加することがわかる。また ϵ_v の経時変化から24時間ではほぼ一次圧密が終了していると考えられるので圧密終了時の鉛直方向の有効応力 σ'_v と供試体とクイの間の摩擦係数 μ の関係を図～3に示す。摩擦係数 μ が圧密時の応力状態(等方圧密か異方圧密か)や圧密圧力の大きさによらずほぼ一定であることが明らかである。

そこで、実験(3)の結果から負の摩擦力 T_p と最大有効主応力 σ'_1 の関係を示したのが図～4である。図～4から、 σ'_1 が増加しても T_p が変化しなければ T_p もほぼ一定であることが認められる。クイに作用する負の摩擦力の算定法には、一軸圧縮試験結果を用いる、 $\frac{1}{2}\epsilon_v$ 法とBjerrum法がある。Bjerrumの T_p 算定

式は、

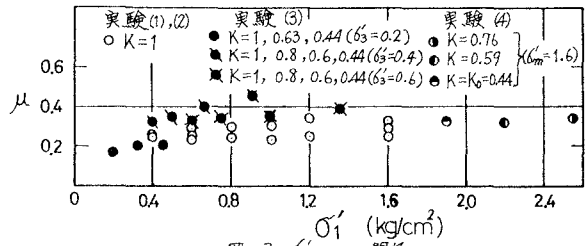
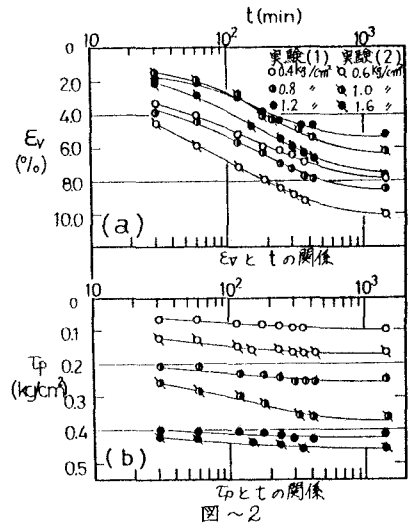
$$T_p = \sigma'_h \cdot \tan \phi'_a = K \cdot \tan \phi' \cdot \sigma'_v \quad (2)$$

である。ここで、 σ'_h は水平方向の有効応力、 σ'_v は鉛直方向の有効応力、 $\tan \phi'_a$ はクイと土の間の摩擦係数、 ϕ' は有効応力による土のせん断抵抗角、 $K = \sigma'_h / \sigma'_v$ である。

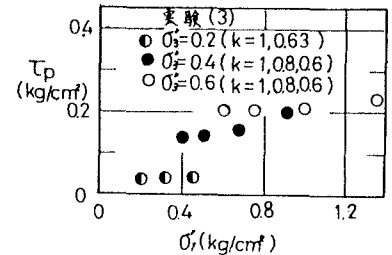
Bjerrumはクイと土の間の摩擦係数 $\tan \phi'_a$ と土相互間の摩擦係数 $\tan \phi'$ とが近似的に等しいとしている。今回実験に用いた試料は、 $\phi = 40.3^\circ$ であり、これを用いて(2)式より T_p を求め $\sigma'_s = \sigma'_h$ ならびに、 $\frac{1}{2}\epsilon_v$ 法で T_p と $\sigma'_s = \sigma'_h$ の関係を計算し実験値と比較したのが図～5である。図～5によれば $\frac{1}{2}\epsilon_v$ 法、Bjerrum法とも実験値よりも大きめの T_p を与えていることがわかる。また、 $\tan \phi'_a$ と $\tan \phi'$ の値には大きな違いがあるものと思われる。 $\frac{1}{2}\epsilon_v$ 法は過小な摩擦力を与えると言われているが図～5の結果は逆である。粘性土の σ'_v と T_p 関係は土によって大きく変化すると考えられる。今回の実験はその一例である、各算定法には土による適用限界があると思われるのでその点を重点に今後さらに検討を加える必要があろう。

4. まとめ

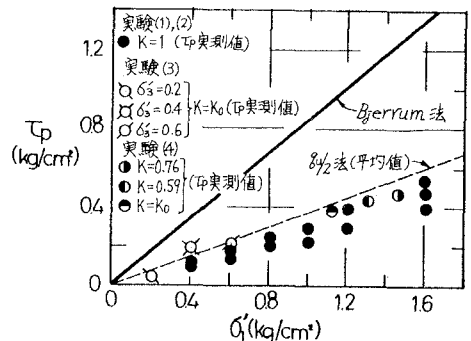
今回の実験で得られた結果を要約するとつぎのとおりである。(1)クイに働く負の摩擦力は、クイ体に垂直に働く有効応力の関数として予測することが可能である。(2) $\frac{1}{2}\epsilon_v$ 法ならびにBjerrum法でクイに働く負の摩擦力を算出すると実験値よりも大きめの値を見積もることになる。などである、今回は実験数も少なく、実験方法にも改良すべき点があると思われる。今後試料の数を増加し、実験条件も原地盤に対応したもので行なうつもりである。



図～3 σ'_1 と μ の関係



図～4 T_p と σ'_1 の関係



図～5 T_p と σ'_1 の関係