

ネガティブフリクションに関する模型実験

山口大学工学部 正員 大原 賢生
 同 上 〇山 本 哲 朗
 (株) 工井 豆 組 工井 豆 勝 磨

1. まえがき フイに発生するネガティブフリクション(以下 NF と略記する)に関する理論的あるいは実験的研究成果によれば, NF を算定する場合の一つの問題点として, フイと地盤間のすべり係数をいかに評価するかということが挙げられよう。本文はまず, 図-1 に示す装置を用いて粘性土中の模型グイ(エンビ管, 中実木グイ)に生じる NF を測定した結果を示している。さらに一面せん断試験機を利用した実験によって, すべり係数を有効鉛直圧とせん断速度の関数として表わし, このすべり係数を用いて理論的に求めた NF は測定結果とほぼ一致することを示している。

2. 実験装置および実験方法 粘性土の圧密によってグイに発生する NF を測定するために, 実験には圧密試験機が利用された。図-1 は実験時の状況を示しているが, 粘性土はアクリル製円筒圧密容器(外径: 16.9 cm, 円厚: 0.9 cm, 高さ: 33.0 cm)内に詰められており, その中央には表-1 に示すエンビ管あるいは中実木グイが設置されている。粘性土としては宇部産粘性土を 0.42 mm のフルイでふるい, その通過分を用いた。この粘性土の諸性質は次のとおりである。Gs: 2.67, W_L : 59.7%, w_p : 25.9%, D_{50} : 0.01 mm。

粘性土層の排水条件は両面排水とするために, 厚さが 1 cm のエンビ製の載荷板および底板には放射線状に多くの小孔が開けられている。

なお, 今回の実験ではグイの頭部には載荷は行っておらず, またグイ先端は圧密試験機台上の NF を測定するロードセル(容量: 50 kg)上にある。したがって, グイは堅い地盤に支持されていると考えられる。

実験はまず, 圧密容器の中央にグイを設置した後, グイと容器間に含水比がほぼ 60% のスラリー状の粘性土を数層に分けて詰めた。この時の粘性土の間隙比は 1.60 ~ 1.70, また飽和度は 96 ~ 100% であった。

次に, 圧密試験法に基づいて, 粘性土層に圧密圧力 $p = 0.008, 0.017, 0.033$ および 0.05 kg/cm^2 の荷重を段階的にかけて, 粘性土層の沈下分布およびグイに生じる NF を測定した。

3. 粘性土の沈下と NF の関係 図-2 は $p = 0.033 \text{ kg/cm}^2$ で, エンビ管グイに生じたグイ先端反力 N_L と粘性土層表面および内部の 3ヶ所の位置での沈下量の関係を示す。図中, H は載荷前の粘性土層表面からの深さである。図から, N_L は粘性土の沈下の初期で発揮されているのが注目される。

エンビ管および木グイにおける N_L の発生の仕方は図-2 に見られるように, N_L が載荷後, 1 ~ 2 時間で最大となる場合と, N_L が測定時間内で漸増する場合の 2 つにわけられた。このような N_L の発生の仕方の違いの原因の一つとして, 粘性土層の作製のわずかな差が挙げられよう。

なお, 粘性土層の沈下分布は上部で沈下の大きい逆三角形であったが, これは粘性土層の排水が両面排水条件を満たし

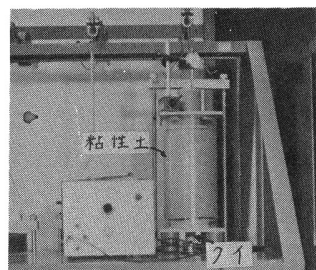


図-1 実験装置

表-1 実験に用いた模型グイ

グイ	大 き さ			曲げ剛度 ($\text{kg}\cdot\text{cm}^2$)
	長さ (cm)	外径 (cm)	内径 (cm)	
塩化ビニル管グイ	39.5	3.2	0.35	79,300
木グイ	39.5	3.2	—	762,000

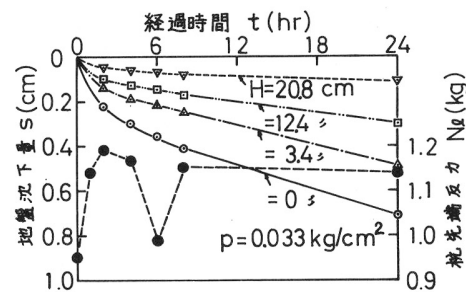


図-2 N_L および s の測定例

て行われたことを示す。

4. N_L の実験値と計算値の比較 図-3はエンビ管グイに対して、各圧密圧力 p と NF によって生じたフイ先端反力 N_L の関係を示す。ここでの N_L は圧密時間が24時間の時の値である。図中、 h , w はそれぞれ粘土層厚、含水比である。木グイの場合の $N_L \sim p$ 関係は図示していないが、それはエンビ管の場合のそれよりもバラツキが大きいものであった。さらに、木グイに生じた N_L はエンビ管グイに生じた N_L よりも大きいものであった。これは後述するように、木グイと粘土間のすべり係数がエンビ管グイと粘土間のそれよりも大きいためと考えられる。また、両グイの N_L すなわち NF は p とほぼ直線関係にあるようである。

さて、フイに発生する NF によって生じる N_L は次式で与えられるものとする。

$$N_L = \int_0^L U \cdot \tau_x dx \quad (1)$$

ここで、 $\tau_x = C_s \cdot \delta r_x$, τ_x : フイ周面摩擦力, C_s : すべり係数, δr_x : フイと地盤間の相対変位, U : フイ周長, L : 地盤内のフイ長。

C_s を算定する方法の一つとして、フイと地盤間の周面摩擦係数～変位曲線の弾性域での勾配として求める方法が報告されている⁹⁾。この方法ではフイと地盤間に生じる相対すべり速度は全く考慮されていないが、地盤とフイ間の相対すべり速度が大きくなると、地盤の粘性抵抗がフイに大きく影響すると考えられた。そこで、本研究では一面セン断試験機を用いて、セン断速度すなわちすべり速度 v , 有効鉛直応力 σ'_v を3通りに変えた実験を行い、 C_s を v および σ'_v の関数として表わすことにした。

エンビと粘性土間の C_s と v , σ'_v の関係は図-4のとおりである。図から、エンビと粘性土間の C_s は次式で与えられる。

$$C_s = (7.2 + 17.5 \sigma'_v) \cdot v \quad (2)$$

一方、木と粘性土間の C_s は次式で示された。

$$C_s = (14.0 + 32.0 \sigma'_v) \cdot v \quad (3)$$

ところで、 NF 測定時において、フイに作用する有効水平応力 σ'_h と有効鉛直応力 σ'_v との関係は(4)式で与えられるものとする。

$$\sigma'_h = K_0 \sigma'_v \div (0.95 - \sin \phi') \cdot \sigma'_v \quad (4)$$

ここに、 K_0 : 静止土圧係数, ϕ' : 有効内部摩擦角。

図-2からわかるように、24時間の圧密時間では粘性土の沈下は止まっておらず、したがって、粘土層内には過剰間ゲキ水圧は発生していると考えられるが、ここでは、その点は無視して、圧密圧力 p を有効鉛直応力 σ'_v と見なした。また、実験で用いた粘性土の中は 19° であり、これらの値を(4)式に代入して、 σ'_h が求まる。

以上の方法で求めた σ'_h と粘性土の沈下速度 v を(2)式あるいは(3)式に代入して C_s を定め、さらにそれを(1)式に代入すれば N_L が計算される。図-5はエンビ管および木グイに対して、計算によって求めた N_L と実験から得られた N_L を比較したものであるが、計算値 N_L は実験値 N_L とほぼ一致すると言ってもよさそう。

参考文献 1) 吉田・青木: ネガティブフリクションの近似計算法, 土木技術, 32巻, 9号, 1977

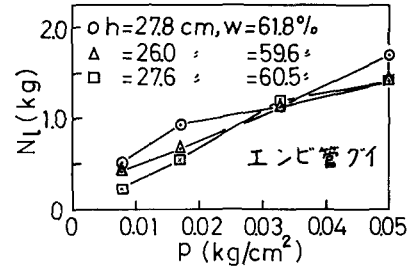


図-3 $N_L \sim p$ 関係

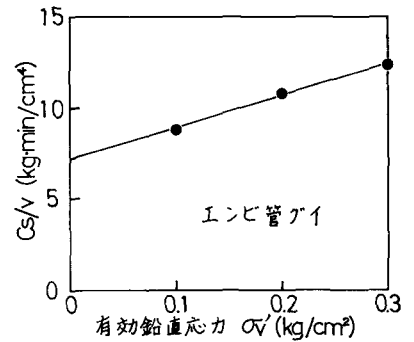


図-4 C_s の測定結果

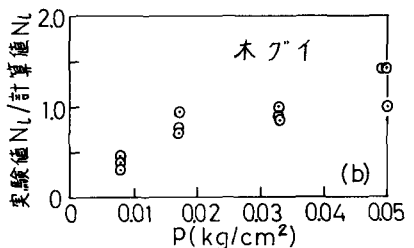
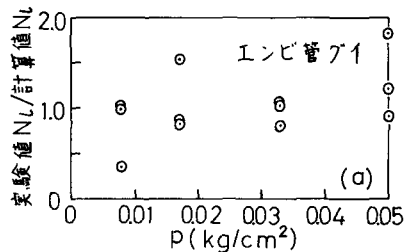


図-5 実験および計算で得た N_L の比較