

III-241

砂質地盤の静止土圧係数の一推定法

竹中技術研究所 畑中宗憲 ○内田明彦

1. はじめに

静止土圧係数 K_0 は、地盤の挙動解析における初期応力の設定や強度変形特性を考える上で重要なパラメータとなっている。しかし、砂地盤の原位置水平方向応力を精度良く測定することは非常に難しく、実地盤についてのデータはほとんどない。著者は、原位置凍結サンプリング法で採取した高品質の不攪乱試料を用いた室内試験と凍結孔を利用した原位置試験で砂質地盤の水平方向応力を測定する方法を示してきた¹⁾。

本報告は、地盤の微小ひずみでのせん断剛性(G_0)に着目し、高品質の不攪乱試料を用いて、繰返し三軸試験で測定される G_0 (G_{0L})と原位置で測定されたS波速度から求められる G_0 (G_{0F})が等しいという関係から静止土圧係数 K_0 を推定する方法とその測定結果について述べたものである。

2. 静止土圧係数 K_0 の推定法

微小ひずみ(実務では $\gamma \leq 10^{-5}$ と考えている)でのせん断剛性(G_0)を測定する方法として、一般に以下の2つの方法がよく用いられている。

(1)原位置で実施する弾性波試験で求められるS波速度 V_s から①式を用いてせん断剛性 G_0 (G_{0F})を計算する。

$$G_0 = \frac{\gamma t}{g} V_s^2 \quad ①$$

ここで、 γt :土の単位体積重量、 g :重力加速度

(2)室内で繰返し三軸試験などによりせん断剛性(G_0)を求める。 G_0 は σ'_m の関数として一般に④式で表される。なお、 σ'_m は③式で表される。 K_0 は静止土圧係数、 σ'_v は有効上載圧、 a と n は実験定数。

$$G_0 = a \sigma'_m{}^n \quad ②、 \quad \sigma'_m = \frac{1+2K_0}{3} \sigma'_v \quad ③$$

方法(1)は、直接原位置での G_0 を求め、方法(2)は室内試験から G_0 を求める方法である。せん断剛性は本来地盤に固有の値なので、室内試験に用いる供試体が高品質の不攪乱試料であり、微小ひずみの測定精度が十分に高ければ、異なるこの2つの方法による測定値は同じ値を示すはずである。従って、①式と②式から④式が成り立つ。

$$G_{0F} = a \sigma'_m{}^n \quad ④$$

④式に③式を代入し、 K_0 について表すと⑤式になる。

$$K_0 = \left\{ \frac{3}{\sigma'_v} \left[\frac{G_{0F}}{a} \right]^{\frac{1}{n}} - 1 \right\} \times \frac{1}{2} \quad ⑤$$

従って、室内試験で②式についての実験定数 a 、 n を求めれば、原位置の G_{0F} と室内の G_{0L} が等しいという観点から⑤式より K_0 が求められる。

3. 実験方法及び実験結果

実験は繰返し三軸試験装置を用いて、洪積砂層から原位置凍結法によって採取された不攪乱試料(FS試料)と比較のためトリプルチューブサンプラーで採取した試料(TS試料)に対して行った。試料の物理特性を表1に示す。試料は直径5cm、高さ10cmに成形し、拘束圧0.3kgf/cm²のもとで2時間かけて解凍した後、CO₂、脱気水を循環させ、 $B > 0.95$ を確認した。その後、等方圧状態で拘束圧を増加させながら局所ひずみ測定装置(LDT)²⁾を用いてせん断ひずみ $5 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-5}$ 付近のせん断剛性を測定した。なお、各拘束圧では非排水状態で11回の繰返し载荷を行い、次の拘束圧に移る間は排水状態とした。また、せん断剛性は5波目の値をその拘束圧での値とした。

F S 試料および T S 試料の測定結果をそれぞれ図 1 及び図 2 に示す。 G_o と σ_m' は両対数グラフ上で直線関係にあり、その傾き n は F S 試料で 0.78、T S 試料で 0.73 となった。これらの値は、砂について Hardin and Richart³⁾ が示した $n = 0.5$ より大きく、今回用いた洪積砂は拘束圧依存性が大きいと考えられる。

次に、F S 試料の測定から得られた定数「 a 」、 n および G_{or} と原位置の有効上載圧 σ_v' を⑤式に代入して求めた K_o の値は 0.84 となった。一方、T S 試料について測定した結果から求めた K_o の値は 1.44 であり、F S 試料の値より大きくなった。これは、既往の研究⁴⁾ で述べられているように、T S 試料は試料採取時の乱れの影響を受けている可能性が高いため、 G_o が F S 試料に比べて小さくなり、 G_{or} と同じ G_o を持つためには、より大きな σ_m' でなければならず、 σ_v' が同じであるから K_o は大きな値となる。

4. まとめ

微小ひずみでのせん断剛性を原位置の V_s と不攪乱試料についての繰返し三軸試験の 2 つの方法で測定し、この両方法による測定結果が本質的には同じであるという考えから、砂質地盤の原位置の静止土圧係数 K_o を求める方法を提案した。原位置凍結法により洪積層から採取した砂試料について測定した結果、 K_o 値は 0.84 であった。なお、今回の測定は等方圧状態で行ったが、異方圧状態では σ_m' が一定でも G_o が変化するという結果も示されている⁵⁾ ので、今後は異方圧状態での測定についても検討する予定である。

【参考文献】

- 1) 畑中、内田、鈴木、大原、萩澤(1993): 「不攪乱試料を用いた原位置地盤の水平方向応力測定」、第28回土質工学研究発表会, pp. 1505-1506.
- 2) Goto, S., Tatsuoka, f., Shibuya, S., Kim, Y.-S. and Sato, T. (1991): "A simple gauge for local small strain measurements in the laboratory", S&F, Vol. 31, No. 1, pp. 169-180.
- 3) Hardin, B. O. and Richart, F. E., Jr. (1963): "Elastic wave velocities in granular soils", Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division ASCE, Vol. 89, No. SM1, pp. 33-65.
- 4) Tokimatsu, K. and Hosaka, Y. (1986): "Effects of sample disturbance on dynamic properties of sand", S&F, Vol. 26, No. 1, pp. 53-64.
- 5) Tatsuoka, F., Iwasaki, T., Fukushima, S. and Sudo, H. (1979): "Stress conditions and stress histories affecting shear modulus and damping of sand under cyclic loading", S&F, Vol. 19, No. 2, pp. 29-43.

表 1 試料の物理特性

sample	D_{10} mm	D_{50} mm	U_c	F_c %	N value	σ_v' kgf/cm ²	N_1 value	V_s m/s	G_{or} kgf/cm ²
F S	0.26	0.60	2.5	1.4	35	1.9	25	230	1000
T S	0.32	0.73	2.4	1.0					

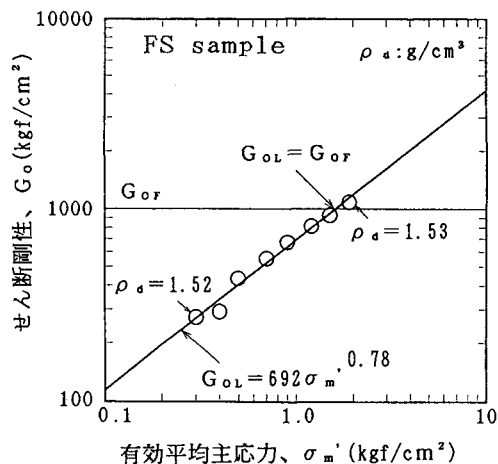


図1 FS試料のせん断剛性と有効平均主応力の関係

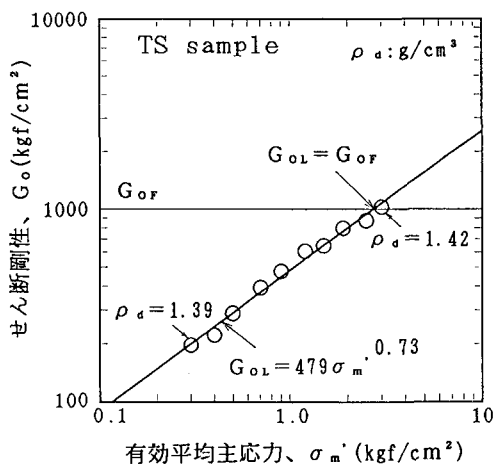


図2 TS試料のせん断剛性と有効平均主応力の関係