

スウェーデン式サウンディング試験と内部摩擦角との相関

岡山大学 非会員 ○金本拓也

岡山大学 正会員 柴田俊文

岡山大学 正会員 西村伸一

岡山大学 正会員 珠玖隆行

1. 目的

スウェーデン式サウンディング試験では、 N 値や一軸圧縮強さ、支持力との関係が示されており^{1,2)}、地層の境界を捉えることが可能である。しかし、試験結果から粘着力や内部摩擦角を直接得ることは困難である。本研究では、二種類の珪砂を対象にスウェーデン式サウンディング試験を行い、試験結果と内部摩擦角の相関を推定する。

2. 試料および方法

本研究では粒径の異なる2種類の珪砂を用いてそれぞれ三軸圧縮試験とスウェーデン式サウンディング試験を行う。図-1に実験に用いた試料の粒径加積曲線を示す。なお、珪砂1の曲率係数および均等係数は、0.952と2.143で、珪砂2が0.840と1.778である。また、最小/最大密度は、それぞれ1.270/1.570および1.343/1.606である。

図-2に示すように、高さ1m、内径60cmの筒状の試験装置に試料を入れ、スウェーデン式サウンディング試験を行う。この際に土圧を100kPa、200kPa、300kPaに設定し、それぞれの土圧で試験を行う。同時に単位体積重量との相関を見るために単位体積重量を3段階に調整し、試験を実施する。次に、三軸圧縮試験を実施する。本試験で使用した試料は珪砂であるため粘着力は0とした。また、本試験では単位体積重量が最大の時と最小の時それぞれ三軸圧縮試験を実施し、その関係を検証している。

これら二つの実験結果を比較検証して、スウェーデン式サウンディング試験の半回転数から内部摩擦角を推定できる式を導く。

3. 結果および考察

三軸圧縮試験において、2種類の珪砂は内部摩擦角が単位体積重量との間に比例の関係が見られ、図-3に示す関係式がそれぞれ得られた。珪砂2は珪砂1よりも粒径が大きいため内部摩擦角が大きくなった。一方、スウェーデン式サウンディング試験では、土圧や単位体積重量の上昇に伴い半回転数が増加することが分かった。図-4(a)、(b)にスウェーデン式サウンディング試験における単位体積重量と半回転数の関係を、各土圧においてそれぞれ示したものである。最小二乗法で求めた近似式は、珪砂1は式(1)、珪砂2は式(2)で表すことができる。

$$N_{sw} = (0.39\sigma - 0.328 \times 10^2) - (4.72\sigma + 0.407 \times 10^3) \quad (1)$$

$$N_{sw} = \left\{ (0.299 \times 10^{-1}) \sigma + 0.288 \times 10^2 \right\} \gamma - (0.190\sigma + 0.343 \times 10^3) \quad (2)$$

ここに、 N_{sw} は半回転数(回/m)、 γ は単位体積重量(kN/m³)、

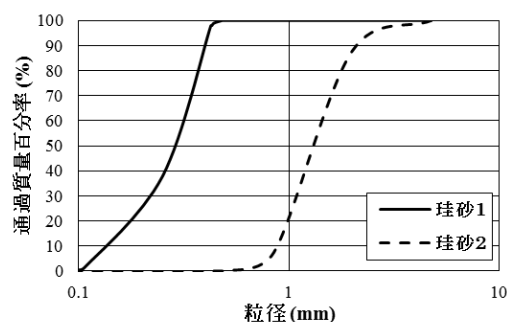


図-1 試料の粒径加積曲線

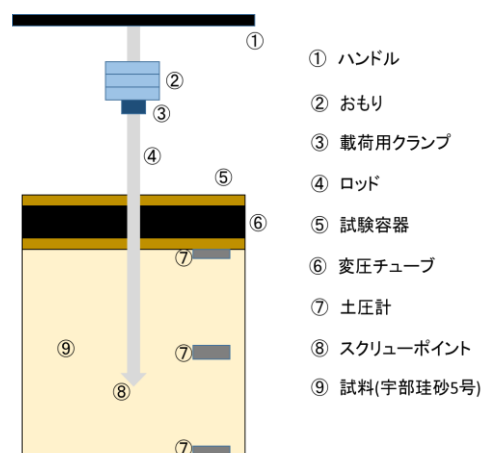


図-2 実験装置模式図

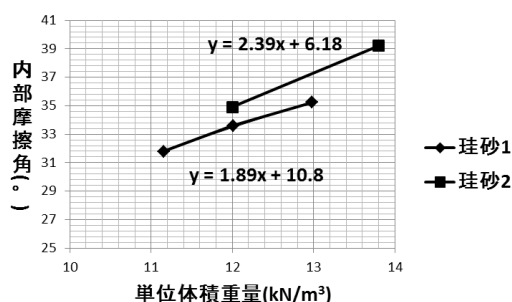
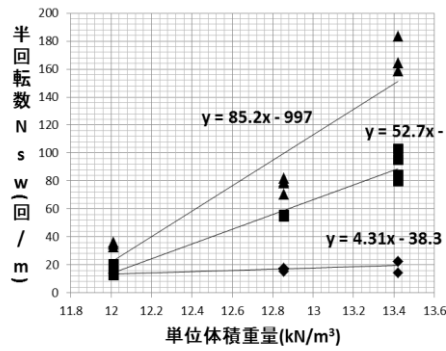
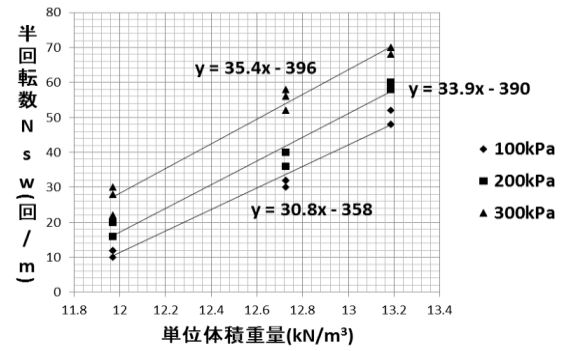


図-3 単位体積重量と内部摩擦角の関係



(a) 珪砂 1



(b) 珪砂 2

図-4 単位体積重量と半回転数の関係

σ は土圧（有効上載圧）（kPa）を表す．式(1)および式(2)と，図-3 で示した内部摩擦角との関係式より，以下の半回転数と内部摩擦角の関係式を求めることができる．式(3)および式(4)は珪砂 1 と珪砂 2 の関係を示す．

$$\phi = \frac{N_{sw} + 7.00\sigma + 0.596 \times 10^3}{0.210\sigma + 17.4} \quad (3)$$

$$\phi = \frac{N_{sw} + 0.268\sigma + 0.417 \times 10^3}{(0.125 \times 10^{-1})\sigma + 120} \quad (4)$$

ここに， ϕ は内部摩擦角（°）， N_{sw} は半回転数（回/m）， σ は土圧（有効上載圧）（kPa）である．

これらの式を用いることでスウェーデン式サウンディング試験の結果から簡略的に地盤の内部摩擦角を求めることができる．

4. 各機関の内部摩擦角の推定方法との比較

実務では，綿密な土質調査や，非線形解析に必要な室内試験を実施するには手間や費用を要する．そのため，試料の採取が難しい砂質土などは標準貫入試験による N 値から物性値を推定することが多い．そこで，各機関の基準で採用されている推定方法を抜粋し，本試験の結果との比較を行う．本研究で取り扱った珪砂 1 および珪砂 2 の内部摩擦角は，おおよそ 34°～40°の範囲であった．一方，本章で検証する日本道路協会³⁾，鉄道総合研究所⁴⁾，日本港湾協会⁵⁾および日本建築学会⁶⁾の 4 つの機関の推定式では表-1 に示すように 21°～31°の範囲で示されており，内部摩擦角をやや過小評価していることがわかる．これは，これらの式が異なる地盤のデータから導かれたものであり，本研究で用いた珪砂と適合しない可能性があることが考えられる．

5. おわりに

粒径の異なる珪砂 1 および珪砂 2 を対象に，スウェーデン式サウンディング試験で得られる半回転数から内部摩擦角を推定する式を提案した．この式を用いることによってスウェーデン式サウンディング試験の半回転数から簡略的に地盤の内部摩擦角を求められると考えられる．

参考文献

- 1) 公益社団法人地盤工学会，地盤調査の方法と解説，pp.325-336，2014.
- 2) 稲田倍穂，スウェーデン式サウンディング試験結果の使用について，土と基礎，Vol.8，No.1，pp.13-18，1960.
- 3) 日本道路協会，道路橋示方書・同解説，IV 下部構造編，2012.
- 4) 国土交通省鉄道局監修，鉄道総合技術研究所編，鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物，2013.
- 5) 日本港湾協会，港湾の施設の技術上の基準・同解説，2007.
- 6) 日本建築学会，建築基礎構造設計指針，2001.

表-1 各機関の推定式で求めた内部摩擦角の比較

	N値	土圧		
		100kN/m ³	200kN/m ³	300kN/m ³
珪砂1	3	35.7°	34.4°	34.1°
	5	34.9°	34.9°	34.5°
珪砂2	3	36.9°	35.5°	34.4°
	5	39.1°	37.6°	36.3°
日本道路協会の式	3	23.3°	22.3°	21.7°
	5	24.4°	23.4°	22.7°
鉄道総合技術研究所の式	3	28.6°	28.0°	27.6°
	5	29.5°	28.7°	28.2°
日本港湾協会の式	3	29.3°	28.4°	27.9°
	5	30.5°	29.4°	28.7°
日本建築学会の式	3	30.1°	28.0°	27.8°
	5			