

地盤の体積圧縮特性と SWS 試験結果との関係性

前橋工科大学 学生会員 ○石川 健太
前橋工科大学 正会員 森 友宏

1. 目的

宅地地盤の原位置試験の中でスウェーデン式サウンディング試験（以下 SWS 試験）がある。SWS 試験は地盤の相対的な硬軟を表す指標である。近年、SWS 試験が液状化危険度や地盤沈下量を推測する材料として用いられようとしているが、本来 SWS 試験はそのようなものを推測する試験ではない。そのため、上記のような判断に用いようとするならば SWS 試験はどのような物理量、力学量を表すのか明らかにする必要がある。本研究では、実大盛土における SWS 試験結果 (N_{sw}) と室内実験（圧密試験）を比較・分析することで SWS 試験結果が表す物理的な意味を明らかにしようとする。

2. 研究の流れ

(1) SWS 試験結果と地盤の体積圧縮量との関係

SWS 試験におけるスクリーポイントの貫入の過程を考えると、①「おもり载荷による先端スクリーポイントのエッジ部分の地盤への貫入」と、②「貫入したエッジの回転による地盤の拡幅」の 2 段階に分けることが出来る。①の現象によりスクリーポイントのエッジが地盤に食い込み、その場所にあった土は行き場を失い周辺に押しのけられる。次に、②の現象によるスクリーポイントの回転では、地盤に食い込んだエッジが土を掻き広げていく。SWS 試験における N_{sw} 値は地盤へのスクリーポイントのエッジの貫入量に依存し、またそのエッジの貫入量は地盤の締固めの程度と、その時の体積圧縮量に関連する量である。このことより、土の体積圧縮特性（土の圧密特性）は SWS 試験結果と関連付けられるのではないかと考えた。

(2) 実大盛土を用いた SWS 試験

単一の材料を用いて締固め度を制御して築造された高さ 1m の実大盛土を用いて SWS 試験を行い、盛土地盤の N_{sw} 値、 W_{sw} 値、SWS 試験の影響範囲を調べた。表 1 に SWS 試験結果を示す。この結果と圧密

表 1 SWS 試験の実験条件

土質	締固め度(%)	地表面からの深さ(m)	N_{sw}
砂	84.4% $\rho_{dmax}=1.742g/cm^3$	0.16~0.25	17
		0.25~0.50	34
		0.50~0.71	143
砂質土	82.4% $\rho_{dmax}=1.498g/cm^3$	0.115~0.25	30
		0.25~0.50	39
		0.50~0.75	57

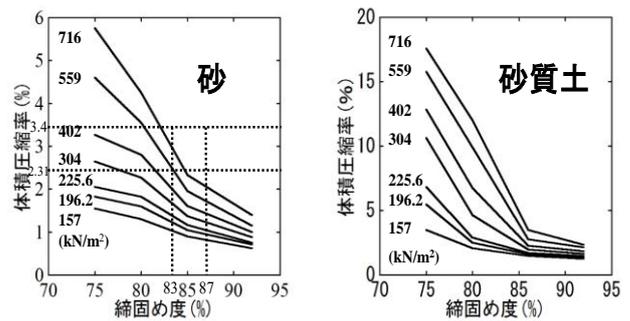


図 1 圧密応力ごとの締固め度と体積圧縮率

試験結果との比較を行い、理想的な条件下の实物大試験結果と、室内試験との関係を分析する。

(3) 圧密試験による土の体積圧縮特性の把握

供試体作製手順を以下に示す。まず最適含水比かつ所定の締固め度（実大盛土と同じ締固め度）にするために圧密リングの体積 $56.55cm^3$ を用いて土と水の配合を計算し混合させて試料を作る。圧密リングとガイドリングをつけた状態の圧密試験機に試料を少しずつ入れて締め固め、全体に一様に締め固める。

圧密試験機を用いて圧密応力を 9.8, 19.6, 39.2, 78.4, 157, 196.2, 225.6, 304, 402, 559, 716kN/m² と増加させていく。おもりを載せた後、変位計が止まったら次のおもりを載せる。157kN/m² による圧密が終了した後、おもりを 1 つずつ徐荷する。0kN/m² まで徐荷しそこまでの変位計の読みを読み取る。おもりをはずしてから変位計が止まったら次のおもりをはずす。これを 196.2, 225.6, 304, 402, 559, 716kN/m² でも同様に行う。供試体については土質が砂、砂質土の 2 種類、締固め度は 75, 80, 86, 92% の 4 種類の 8 ケース全て最適含水比で作製した。使用する砂、砂

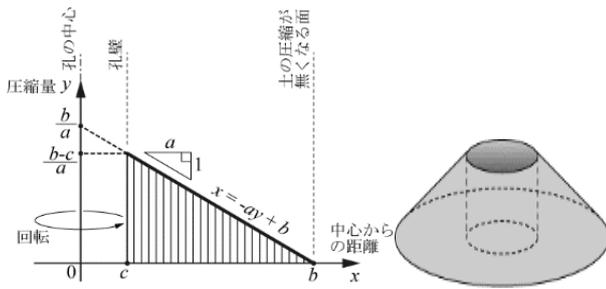


図2 土の押しわけによる周辺地盤への体積圧縮の影響範囲（左）と押しわけの体積（右）

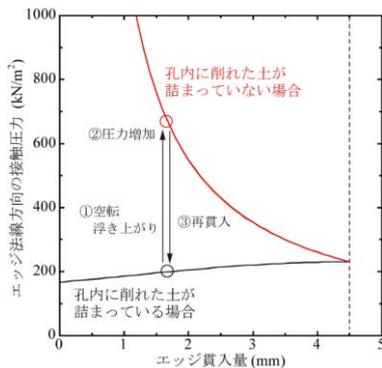


図3 エッジ法線方向の接触圧力とエッジ貫入量

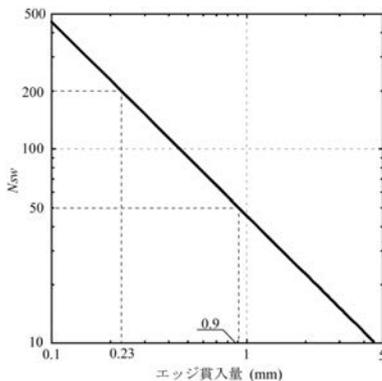


図4 エッジ貫入量と幾何的形状による推定 N_{sw}

質土の最大乾燥密度はそれぞれ 1.742g/cm^3 , 1.498g/cm^3 で最適含水比はそれぞれ 13.00%, 20.80% である。圧密試験により得られた圧密応力に応じた締固め度と体積圧縮率との関係を図1に示す。

3. 土の体積圧縮量と N_{sw} 値との関係

スクリーポイントが貫入して周辺の土を押しわけた時、周辺地盤への体積変化の影響範囲を実大盛土を用いて計測したところ、影響範囲は約 $8\sim 10r$ (r : スクリューポイントの半径) であった。押しわけられた土は弾性的に周辺地盤に影響を及ぼすとした時、その影響範囲を図2および式(1)で求めた。

$$a = \frac{\pi}{3V} \cdot (b^3 - 3bc^2 + 2c^3) \quad \text{式(1)}$$

ここで、 c は孔壁の半径、 b は SWS の影響範囲、 V はスクリーポイントが 1cm 貫入する時に押しわけられる土の体積 8.553cm^3 (図2右側のハッチ部分の y 軸回りの回転体) である。式(1)を用いて、砂 $D_c=80\%$ で影響範囲を $10r$ とし、 $b=16.5\text{cm}$, $c=1.65\text{cm}$, $V=8.553\text{cm}^3$ とした時の a の値を求めると 715.0 となり、スクリーポイントのエッジに接触する部分の土の圧縮量 $(b-c)/a$ は 0.0231cm となる。この部分の体積圧縮率は $(0.0231\text{cm} / 1.0\text{cm}) \times 100 = 2.31\%$ となる。図1の圧密試験結果より砂 $D_c=80\%$ で体積圧縮率 2.31% の時、圧密応力は約 300kN/m^2 となる。この時のエッジ貫入量は図3より 3.4mm (孔内に削れた土が詰まっていない場合) となる。そして、図4よりエッジの貫入量が 3.4mm の時の N_{sw} は 13 と推定される。

4. N_{sw} 値から地盤の締固め度を推定

ここでは逆に、 N_{sw} 値から地盤の締固め度を推定する。砂の実大盛土 $D_c=84.4\%$ の SWS 試験の $N_{sw}=34$ (表1参照) を使って実際に計算してみる。図4より $N_{sw}=34$ の時、エッジ貫入量は約 1.3mm となる。さらに図3からエッジ貫入量は約 1.3mm の時のエッジ法線方向の接触応力は約 800kN/m^2 となる。SWS 試験の影響範囲を $8r\sim 10r$ とした時、図2と式(1)より $a=387.2\sim 715.0$ となる。スクリーポイントのエッジに接触する部分の土の圧縮量 $(b-c)/a$ は $0.034\text{cm}\sim 0.0231\text{cm}$ となる。これより、体積圧縮率は $3.4\%\sim 2.31\%$ と求められる。さらに、図1よりエッジ法線方向の接触応力と体積圧縮率から締固め度を探索すると $83\%\sim 87\%$ の推定値が得られる。これは、実大盛土の締固め度 $D_c=84.4\%$ に近い値を示している。

5. まとめ

スクリーポイントの貫入による周辺地盤への影響範囲を考慮する必要はあるものの、地盤の体積圧縮特性と SWS 試験の N_{sw} 値を関連付けることができ、SWS 試験に物理的根拠を与えることができた。

謝辞: 本研究は 2020 年度土科学センター財団研究助成事業、前橋工科大学 2020 年度重点課題対応研究費の支援を受けました。ここに記して謝意を記します。