

地盤のせん断強度特性と SWS 試験結果との関係性

前橋工科大学 学生会員 ○中田 健太郎 前橋工科大学 正会員 森 友宏

1. 研究の背景と目的

宅地地盤の原位置試験に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を求めることができるが、現在は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。しかし、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、SWS 試験がどのような物理量、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（特にトルク値）と室内試験（定体積一面せん断試験）を比較・分析することで、地盤のせん断強度特性と SWS 試験のトルク値との関係性を明らかにする。

2. 研究の流れ

(1) 実大盛土を用いた SWS 試験

砂 ($D_c=92, 85, 80\%$, $\rho_{dmax}=1.742\text{g/cm}^3$), 砂質土 ($D_c=86, 82, 78\%$, $\rho_{dmax}=1.498\text{g/cm}^3$) の 2 つの実大盛土において SWS 試験を行い、 W_{sw} 値、 N_{sw} 値、トルク値を調べた。試験後、トルク値をメインにデータ整理・分析を行った。

(2) 室内試験（エッジ貫入定体積一面せん断試験）

SWS 試験でスクリーポイント回転させたとき、地盤に食い込んだスクリーポイントのエッジが、周辺地盤を拡張する現象を模擬したのが図 1 に示すエッジ貫入一面せん断試験装置である。定体積せん断時のエッジの貫入量に応じたせん断力、すなわち SWS 試験時のトルク値に関連した計測値を得る。

3. 実験手法

(1) 実大盛土を用いた SWS 試験

①予備実験として、砂 ($D_c=85, 92\%$), 砂質土 ($D_c=78, 86\%$) が得られるようなタンパーの重量、落下高さ・回数を調べた。②予備実験から得られた実験条件をもとに SWS 試験を行った。③KTC 社製のハンディトルク計（製品名：トルクル 80N・m）を用いて、SWS 試験時のトルク値を調べた。④求めたトルク値を整理・分析し、室内試験のトルク値と比較を行った。

(2) 室内試験（エッジ貫入定体積一面せん断試験）

砂、砂質土において定体積一面せん断試験を行った。SWS 試験との比較を行うため、SWS 試験と同様の試験条件（各締固め度ごとに 3 種のビット貫入量、表 1 参照）を進めた。この試験からは、直接トルク値を求めることができないため、次の手順でトルク値を求めた。

①定体積一面せん断試験でエッジ 4.5mm と 1.0mm のせん断力を求める。②求めたせん断力を単位長さ当たりの力に変換し、スクリーポイントの半径を乗算することで、4.5mm・1.0mm それぞれのトルク値

表 1 定体積一面せん断試験の試験条件

土質	締固め度 (%)	ビット貫入量
砂	92	4.5mm
	85	1.0mm
	80	0.0mm
砂質土	86	4.5mm
	82	1.0mm
	78	0.0mm

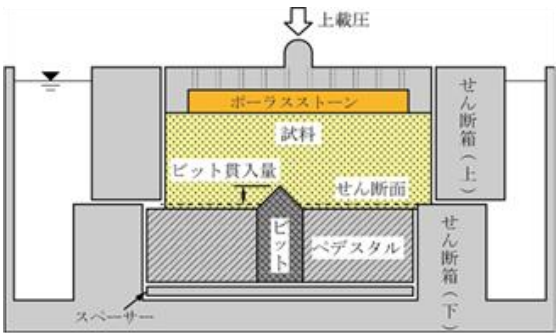


図 1 エッジ貫入一面せん断試験装置

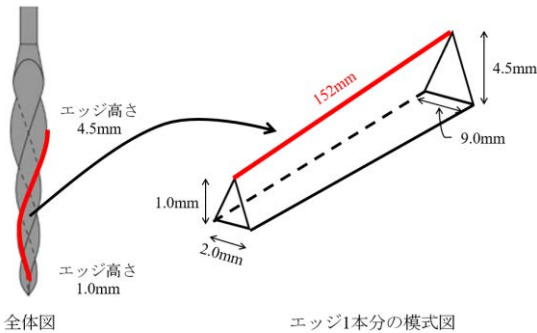


図 2 スクリューポイントのエッジの模式図

を求める。③求めたトルク値(②で求めたもの)を用いて積分を行う。この積分からは、スクリーポイントのエッジ1本分に相当するトルク値を求めることができる。④スクリーポイントのエッジは、4本捻じれて形成されている為(図2参照)、③で求めたトルク値を4倍し、スクリーポイント全体に働くトルク値を求める。一面せん断試験結果から計算したトルク値と、SWS試験から直接求まるトルク値を比較して、関係性を検討する。

4. 実験結果の例および考察

紙面の都合上、トルク関連の結果のみを記述する。

(1) 実大盛土を用いた SWS 試験

砂質土 ($D_c=86\%$) の SWS 試験において、0.25kN のおもりを載荷した際の、トルクと深さの関係グラフを図3に示す。実験に使用した盛土は、約30cm毎で7層に締固めて造られている為、地表面を除く6つのピークが存在していることが図3から分かる。このトルク値のピークは約 $22\text{N}\cdot\text{m}$ ~ $33\text{N}\cdot\text{m}$ の間で推移していることが分かった。

(2) 室内試験 (エッジ貫入定体積一面せん断試験)

砂質土 $D_c=86\%$ (拘束圧 $55.19\text{kN/m}^2 \div \text{SWS 試験の重錘 } 0.25\text{kN}$) のエッジ 4.5mm と 1.0mm のせん断力とひずみの関係を図4に示す。室内試験における拘束圧 55.19kN/m^2 は、SWS試験において0.25kNの重りを載荷した際の圧力とほぼ同等であるため、この状況を室内試験で模擬している。図4では、拘束圧 55.19kN/m^2 の重りを載荷したところまでのグラフとなっている。この試験は定体積で試験を行っている為、所々プロットが離れている図になっている。

前述の実験方法において記した方法で、トルク値を求めていく。拘束圧 55.19kN/m^2 におけるエッジ 4.5mm と 1.0mm の単位長さ当たりのせん断力を求めると、それぞれ 5.51N と 3.82N となる。この値にその箇所のスクリーポイントの半径 12mm と 3mm を乗算することでエッジ 4.5mm : $66.17\text{N}\cdot\text{mm}$ とエッジ 1.0mm : $11.46\text{N}\cdot\text{mm}$ を得る。求めたそれぞれのトルク値を用いて、図5中の式のように積分を行うと $23.6\text{N}\cdot\text{m}$ となった。室内試験から求めたトルク値 ($23.6\text{N}\cdot\text{m}$) は、SWS試験から求めたトルク値 (約 $22\text{N}\cdot\text{m}$ ~ $33\text{N}\cdot\text{m}$) と近い値になることが確かめられた。

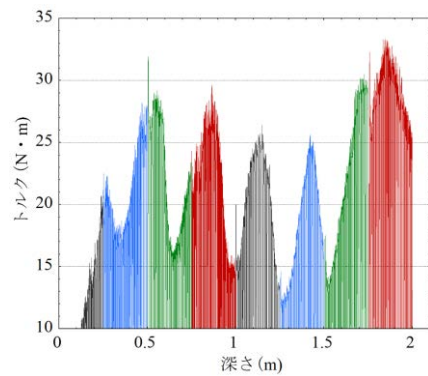


図3 SWS試験(重錘0.25kN)トルク-深さ関係

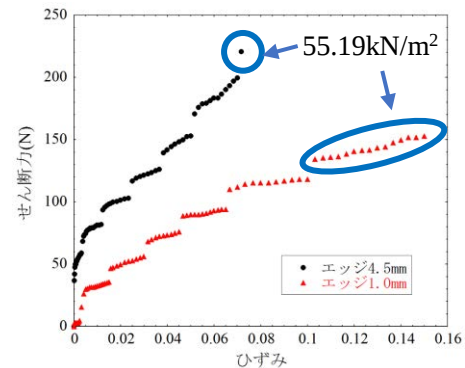


図4 $D_c=86\%$ (SWS試験, 重錘0.25kN相当)
せん断力-ひずみ曲線

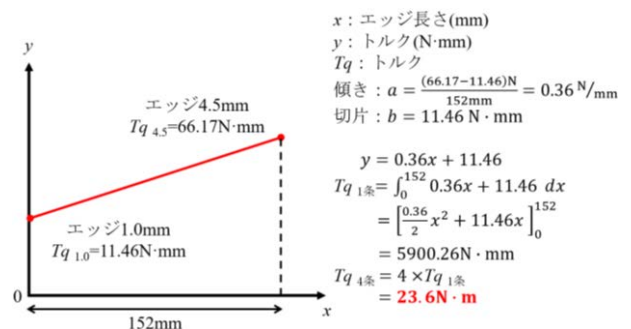


図5 トルク値の求め方の例

5. 結論

実験を通して、室内試験から計算したトルク値と、密度を制御した実大盛土で行う SWS 試験のトルク値がほぼ一致することが確認できた。つまり、密度を制御したエッジ貫入一面せん断試験結果を用いることで、SWS試験のトルク値と土の密度(締固め度)を関連付けることが可能になった。これまでは、地盤の硬軟の相対的指標としかされていなかった SWS 試験の値に、明確な物理的根拠が与えられた。

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表します。