

SWS 試験における回転貫入トルクの物理的分析

前橋工科大学 学生会員 ○遠藤 颯起
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の一つであるスクリーウェイトサウンディング試験（以下 SWS 試験）は、地盤の相対的な硬軟を表す指標を求めるための試験である。しかし昨今、液状化危険度や地盤沈下量を判定する材料として用いられようとしている。SWS 試験の試験値を液状化危険度や地盤沈下量の推定に用いようとするならば、試験値が示す物理・力学的意味を明確にする必要がある。

SWS 試験の先端スクリーポイント（以降 SP と表記）は、エッジ部分が土に食い込み、回転することで地盤を押し広げて貫入していく（図 1 参照）。そのため、SWS 試験値の N_{sw} 値は SP のエッジの貫入量に、トルク値は貫入したエッジが回転する時の地盤との間に生じるせん断力に関連するものであると考えられた。本研究では、SP のエッジ部分を模擬したエッジ貫入一面せん断試験装置を用いて、エッジの貫入量とせん断力との関係を整理し、得られたせん断力から SP が回転する時のトルク値を算出する。算出したトルク値は、模型地盤を用いた SWS 試験で実測されたトルク値と比較を行い、整合性を検証する。

2. 実験・計算手法

(1) 模擬地盤における SWS 試験

砂 ($D_c=90\%$, 85% , 80% , $\rho_{d,max}=1.742g/cm^3$ (JISA 1210, E-a 法)), 砂質土 ($D_c=86\%$, 82% , 78% , $\rho_{d,max}=1.498g/cm^3$ (JISA 1210, E-a 法)) の条件のもと、高さ 55cm, 幅 65cm, 奥行き 44cm の樹脂製大型コンテナに土を 4 層に分けて入れ、所定の密度まで締固めを行い、模擬地盤を作成した。また、模擬地盤の表面に合板を敷き、その上に盛土厚 25cm の拘束圧に相当するおもりを載せた。SWS 試験において、柔らかい地盤に対して 1.0kN の重錘を載荷すると自沈ばかりが生じてしまうため、本試験では重錘荷重を減じて 0.25kN で試験を行った。試験では N_{sw} 値とトルク

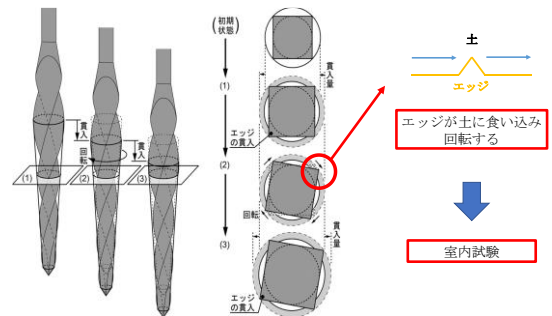


図 1 SWS 試験の SP の貫入機構

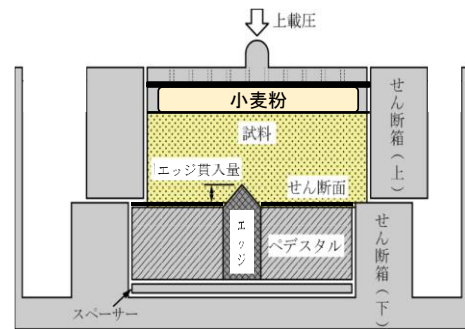


図 2 エッジ貫入一面せん断試験装置

値を計測した。トルク値は KTC 社製のハンディトルク系（製品名：トルクル 80N・m）を用いて計測を行った。

(2) エッジ貫入一面せん断試験

SWS 試験でスクリーポイントを回転させたとき、地盤に食い込んだ SP のエッジが、周辺地盤を拡張する現象を模擬したのが図 2 に示すエッジ貫入一面せん断試験装置である。試験の試料の密度（締固め度は、前述の模擬地盤における SWS 試験と同条件とした。実施する試験ケースを表 1 に示す。拘束圧は SP の表面が地盤と全面で接触している時に、SP から地盤に伝達される圧力を想定しており、SWS 試験で重錘 0.25 kN を載荷した時の拘束圧を 57.45 kN/m²、重錘 1.0 kN を載荷した時の拘束圧を 229.8kN/m²としている¹⁾。エッジ貫入量は、SP のエッジの地盤への食い込み量であり、SWS 試験の N_{sw} 値に関連する値である¹⁾。

キーワード スクリューウェイトサウンディング試験 トルク値 一面せん断試験

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460 番地 1 前橋工科大学 TEL : 027-265-7308 E-mail : mori@maebashi-it.ac.jp

表1 実施した試験ケース

項目	試験ケース
締固め度 D_c	砂 : 80, 85, 90%
	砂質土 : 78, 82, 86%
拘束圧 σ	57.5, 114.9, 229.8 kN/m ²
エッジ貫入量 x	0, 1, 3, 4.5mm

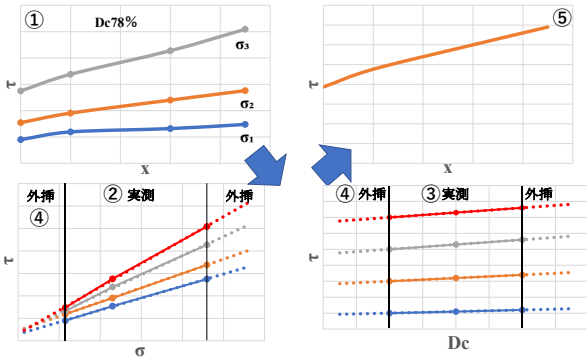


図3 トルク計算に用いるせん断応力の算出手順

本試験で得られるせん断応力の値は、十分にせん断が進行しており、かつ土のダイレーションによる影響が過大にならない、せん断変位 8mm の時のせん断応力を用いて、トルク値の計算をして比較を行う。

3. トルク値の算出方法

エッジ貫入一面せん断試験の結果から、トルク値を算出する手順の概要を以下に示す。ここで x はエッジ貫入量、 D_c は締固め度、 σ は拘束圧である。

- ① x, D_c, σ を制御したエッジ貫入一面せん断から、「 $\tau \sim x$ 」関係を求める (図3の①)。
- ② ①の結果から「 $\tau \sim \sigma$ 」関係のグラフをプロットし、線形近似式を求める (図3の②)。
- ③ ①の結果から「 $\tau \sim D_c$ 」関係のグラフをプロットし、線形近似式を求める (図3の③)。
- ④ 試験を行った D_c, σ の範囲外の D_c, σ における τ を線形近似の外挿により求める (図3の④)。
- ⑤ SWS 試験の N_{sw} 値から、SP のエッジ貫入量を推定し、SP と地盤の接触圧力とエッジ周辺の土の締固め度の変化を圧密試験結果より求める¹⁾。任意の D_c, σ における τ を求め (図3の⑤)、 $x=0$ mm の時 (ペDESTALの摩擦力) の値を減じて、トルク算出に用いるせん断応力 τ' を求める。
- ⑥ ⑤で求めた τ' を単位長さあたりの力に変換する。
- ⑦ SP の半径を乗算しトルク値を求める。
- ⑧ ⑦で求めたトルク値を積分することによってエ

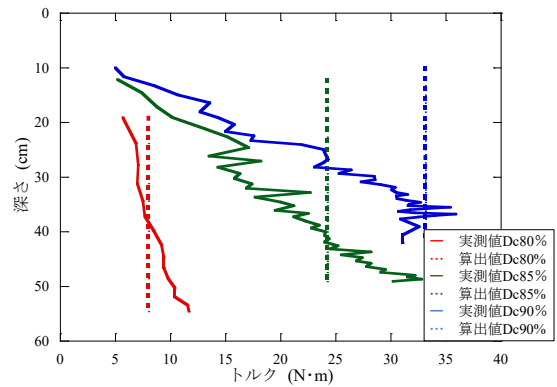


図4 砂のトルクの実測値と算出値の比較

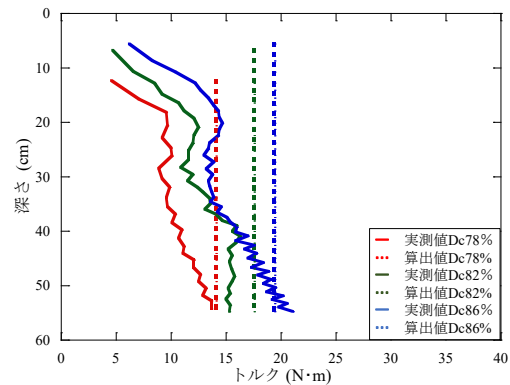


図5 砂質土のトルクの実測値と算出値の比較

ッジ1本分のトルク値を求める

- ⑨ ⑧で求めたトルク値を4倍することでSP全体に働くトルク値を求める。

4. 実験の結果・考察・まとめ

従来からの改善点は、図3の①における「 $\tau \sim x$ 」関係、および圧密試験結果を精緻に求めた点である。図4, 5は模擬地盤におけるSWS試験から得られたトルク値(実線)とエッジ貫入一面せん断試験から得られたトルク値(点線)を比較したものである。算出したトルク値は、砂ではほぼ一致、砂質土では算出トルクの方がやや大きくなるものの、概ね近いトルク値を算出できた。

本研究により、SWS試験におけるトルク値は、SWS試験から推定されるエッジ貫入量 x 、締固め度 D_c 、拘束圧 σ を用いて理論的に導けることが示された。

参考文献

1) 森友宏, 土倉泰, 関崇夫, 加村晃良, 風間基樹: SWS試験におけるスクリーポイント周辺の圧力分布, 地盤工学ジャーナル, Vol.17, No.3, pp.451-466, 2022