

実大盛土実験と室内実験を用いた SWS 試験結果の力学的メカニズムの考察

前橋工科大学 学生会員 ○菊地 洋希 前橋工科大学 正会員 森 友宏

1. 研究背景と目的

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 (W_{sw} , N_{sw} , トルク値) と室内実験（先端スクリーポイントのエッジ貫入試験、一面せん断試験）を比較・分析することで、SWS 試験結果の物理的意味を明らかにしようとする。

2. 研究の流れ

(1) SWS 試験の貫入メカニズム

SWS 試験の過程を考えると、(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できる。紙面の都合上、本報告では(2)のエッジによる地盤の拡幅に関して、室内試験と実大盛土による SWS 試験を用いて検討した結果を示す。

(2) 室内試験によるエッジの貫入・地盤の拡幅機構の検討

土質、締固め度、上載圧がエッジの貫入量に及ぼす影響を調べるために試験を行う。スクリーポイントのエッジ部分は、ステンレス製のビットで模擬した。ビットの形状は、スクリーポイントの最大径部分のエッジの高さおよび形状(高さ 4.5mm, 頂角 90 度)とした。SWS 試験でスクリーポイントを回転させたとき、地盤に貫入したエッジが地盤を拡幅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。スクリーポイントのエッジ部

分が地盤に貫入・回転することを模擬しているため、せん断箱の下半分には試料を入れず、ステンレス製のペDESTAL と、スクリーポイントのエッジに相当するステンレス製ビットを取り付ける。地下水面以下を想定し、飽和状態した状態で試験を行う。試験は、表 1 の条件を組み合わせて行った。なお、使用する砂、砂質土の最大乾燥密度はそれぞれ 1.742g/cm^3 , 1.498g/cm^3 である。

(3) 実大盛土を用いた SWS 試験

締固め度を制御して築造された高さ 2m 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、トルク値を調べる。これらの値は、表 2 に示された条件下で実施される室内試験結果と比較を行い、理想的な条件下の実物大試験結果と、室内試験結果との整合関係を分析する。

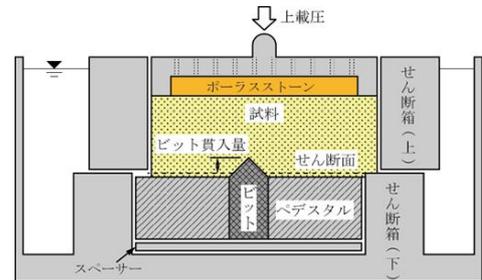


図 1 エッジ貫入一面せん断試験装置

表 1 一面せん断試験の実験条件

土質	拘束圧 (kN/m^2)	締固め度 (%)	飽和度 (%)
砂	5.91	85	100
砂質土	17.76	98	

表 2 SWS 試験の実験条件

土質	拘束圧 (kN/m^2)	締固め度 (%)	飽和度 (%)
砂	8(G.L.-0.5m)	85	大
	16(G.L.-1.0m)	92	中
	32(G.L.-2.0m)		小
砂質土	8(G.L.-0.5m)	78	大
	16(G.L.-1.0m)	86	中
	32(G.L.-2.0m)		小

キーワード スウェーデン式サウンディング試験, 一面せん断試験, 圧密試験

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 : 027-265-0111 E-mail : jim@maebashi-it.ac.jp

3. 実大盛土試験結果と室内試験結果

表3, 4にエッジ貫入一面せん断試験結果の一覧を示す。結果より, 上載圧と残留せん断強度は比例すること, 上載圧が大きくなるとせん断時の体積膨張量が小さくなることから分かる。また, 締め固め度が大きくなるとせん断時の膨張量は, 小さくなる。これは, 通常的一面せん断試験と同様の特徴を有しているといえる。

図2にSWS試験の深度における N_{sw} , トルクの分布を示す。全体の傾向として, N_{sw} とトルクの傾向は一致しており, N_{sw} が大きくなるとトルクも大きくなる。しかし, 深さ方向に N_{sw} , トルクが増加しているのは, 砂 ($D_c=85\%$, 92%)の方だけであり, 砂質土 ($D_c=78\%$, 86%)では深さ方向の変化は認められない。SWS試験におけるスクリーポイントの貫入・回転時の, トルクの増減は, 貫入したスクリーポイントのエッジ部分の回転により生じる地盤のせん断による地盤の体積変化に左右される。せん断時の体積変化は, せん断強度にも影響を及ぼす。再度, 表3を見直してみると, 砂質土 ($D_c=85\%$)はせん断時に体積収縮傾向を示していることから, スクリーポイントの貫入によるトルクの増加がない, もしくは小さかったものと考えられる。

一方, 砂 ($D_c=85\%$, 98%)ではせん断時に体積膨張傾向を示していることから, トルクの増加が生じたものと考えられる。一方, N_{sw} はスクリーポイントが1m貫入するのに要する半回転数であり, 回転に伴う貫入量(掘進長)は1kNの重錘を載せた時の, 地盤へのスクリーポイントのエッジの食い込み量に関連する値であると考えられる。このことを示すために, 圧密による体積圧縮率(密度変化)の一例を図3に示す。1kNの重錘を載せた時のスクリーポイント表面の法線方向に加わる圧力は約200kN/m²前後と算出される(詳細割愛)が, 圧密圧力200kN/m²における体積収縮量は, 砂 ($D_c=85\%$)の1.4%に対し, 砂 ($D_c=92\%$)では0.8%である。同じ圧力に対して, エッジの食い込み量に差が出ることから, N_{sw} にも違いが生じるものと考えられる。

4. まとめ

SWS試験と各種室内力学試験結果を比較したところ, SWS試験結果は地盤の密度, 粘着力, 内部摩擦

角と関連を示すものの, SWS試験の貫入・回転メカニズムを考慮すると, 最も関連の深い特性は, 地盤の体積変化量であると示された。SWS試験におけるトルクはせん断時の体積変化特性を, N_{sw} は圧密による体積変化特性を強く反映している。

謝辞: 本研究は, 前橋工科大学2019年度重点課題対応研究費の助成を受けました。

表3 上載圧と残留鉛直変位の関係

上載圧 (kN/m ²)	土質	砂質土		砂	
	締め固め度	85%	85%	98%	
	貫入量	4.5mm	4.5mm	2mm	4.5mm
5.91		0.03mm (膨張)	0.17	1.25	1.17
17.76		-0.14mm (収縮)	0.16	1.05	0.91

表4 上載圧と残留せん断強度・ピークせん断強度

種別	上載圧 (kN/m ²)	土質	砂質土		砂	
		締め固め度	85%	85%	98%	
		貫入量	4.5mm	4.5mm	2mm	4.5mm
残留せん断強度	5.91		7.5	13	10.5	19.5
	17.76		19	30	30.5	33
ピークせん断強度	5.91		8	13	40	38.5
	17.76		19	30	58	59

(単位: kN/m²)

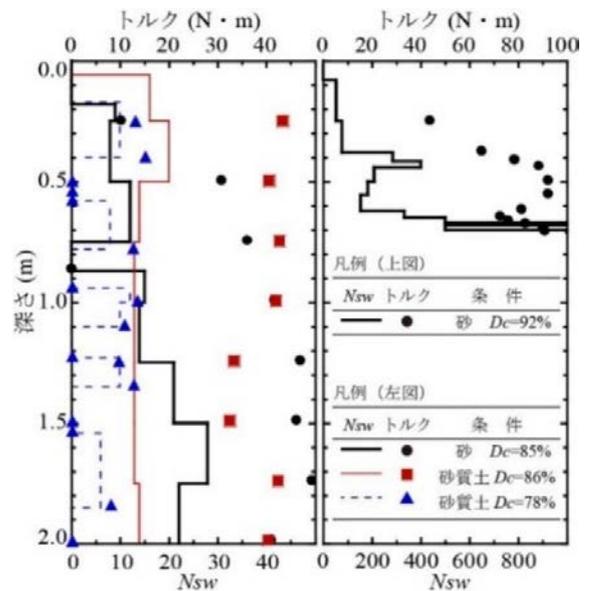


図2 深さ方向の N_{sw} , トルクの関係

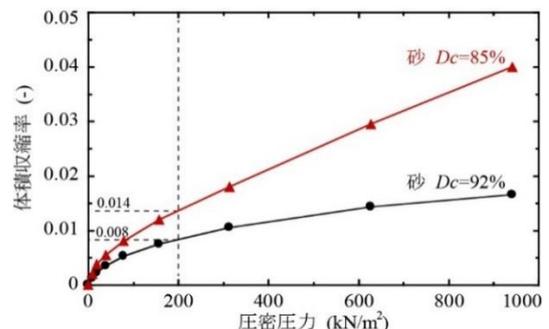


図3 圧密圧力と体積圧縮率の関係