

SWS 試験における貫入孔周辺地盤の応力・変形状態

前橋工科大学 学生会員 ○凌 路寧 前橋工科大学 正会員 森 友宏
前橋工科大学 学生会員 町田 隼哉

1. 研究背景と目的

スクリーウエイト貫入試験（SWS 試験）は、日本の小規模建築物の基礎地盤に対する地盤調査法として広く用いられている。近年、住宅地盤の品質保証に関わる要請により、SWS 試験を用いた地盤の沈下量予測や液状化危険度判定が求められているものの、そのためには SWS 試験結果の持つ物理的意義を明確にしなくてはならない。

本研究では、SWS 試験時のスクリーポイント（以下 SP）の回転による貫入孔周辺地盤の水平応力の変化、圧縮率、及び地盤変形の影響範囲を測定し、SWS 試験の測定値の物理意味を検討する。

2. 研究の手順

SWS 試験は、正四角錐を 1 回転回した形状の SP をロッド先端に取り付け、0～1.0kN の重錘を載荷しながら SP を地盤に回転・貫入させ、一定深さだけ貫入するときの回転数や回転トルクから地盤の硬軟を判別する試験である。これまでの研究により、SP の回転・貫入は、SP が土を掻き取るのではなく、SP が地盤を押し広げながら貫入していくことがわかっている。すなわち、SWS 試験では SP の貫入によって、地盤に加わる応力と圧縮性との関係性を計測しようとしていることとなる。森らの研究 1)により、SP のエッジの地盤への貫入量と重錘質量に応じて地盤に加わる応力の理論値が求められているが、模型地盤などを用いた実測は行われていない。

そこで本研究では、模型地盤を用いて SWS 試験を行い、以下の点に着目して考察を行う。

表 1 模型地盤の作製条件

土質	締固め度 (%)	最適含水比 (%)	重錘の重さ (kN)
砂	80	13	0.25
	85		
	90		
砂質土	78	20.8	
	82		
	86		

- (1) SP 貫入孔周辺地盤の応力分布：周辺地盤にどの位の応力が、どの位の範囲まで伝達されるか。
- (2) 応力により生じる地盤の体積変化、および変形が生じる範囲：(1)の伝達応力に応じて地盤が圧縮されるが、模型地盤での実測量と、圧密試験からの推定量は整合するか。また、地盤変形の範囲はどのくらいか。

3. 実験の手法

SWS 試験は、高さ 55cm、幅 65cm、奥行 44cm の模擬地盤を用いて実施した。地盤の締固め度（密度）および作成条件は表 1 に示す通り。模型地盤は 4 層で構成し、第 1 層（最下層）の厚さは 10cm、第 2 層～第 4 層（最表層）の厚さは 15cm とし、所定の密度となるよう締め固めた。第 3 層の上面（G.L.-15cm）には、水平圧力を計測する圧力センサーを、SP 貫入中心点から半径方向に距離 5cm、10cm、15cm、20cm に設置した（図 1）。第 2 層の上面（G.L.-30cm）には、SP 貫入による試験前後の地盤の半径方向の圧縮量を計測するための色砂線を 1.65cm 間隔で設置した。SP を貫入させる時に、貫入孔の周囲が盛り上がり応力が散逸するのを防ぐために、貫入孔の周囲には合板を敷き、盛土厚 25cm 分の上載圧を載荷した。また、密度の小さい模型地盤に大きな重錘荷重をかけると SP の自沈が卓越して目的とするデータが採取できないため、重錘質量は 0.25kN とした。

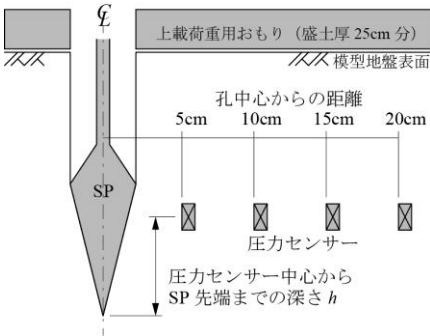


図 1 水平圧力センサーの設置位置

4. 試験の結果及び考察

4.1 SP 貫入孔周辺の応力分布

SP を貫入させた時の貫入孔周辺地盤の応力分布の例（砂質土， $D_c=82\%$ ）を図 2 に示す。地盤の水平応力は，SP の先端が圧力センサー深度に到達すると増加し始め，SP 最大径部（SP 先端から 15cm）が通過するとき最大水平応力を示す。また，水平応力は SP 貫入孔中心から 15cm より外側にはほとんど伝達されていない。次に，土質，締固め度ごとの最大水平応力分布を図 3 に示す。図 3 に示す結果により，圧力センサーと貫入中心の距離を増加し伴う，最大水平応力の値が減少する。相同土質の試験結果にとって，締固め度が増加しながら，最大水平応力も増加する。

4.2 応力による生じる地盤の体積変化と変形範囲

模型地盤内に設置した色砂線による，SP 貫入後の地盤の体積圧縮率の分布の例（砂質土， $D_c=82\%$ ）を図 4 に示す。半径方向の線状圧縮率は左縦軸，色砂線間の各要素における体積変化率は右縦軸を参照されたい。貫入孔の近傍で極めて大きな体積圧縮が生じるが，半径方向距離が離れるにつれて体積圧縮率は急減し，半径方向に 10cm までで体積圧縮は収束した。この分布は，土質，初期締固め度に関係なく，いずれのケースでも同様の値，分布を示した。貫入孔のすぐ外側の体積は約 8% 圧縮されている。これは，圧密試験結果（図 5）に対して，SWS 試験における N_{sw} 値および SP エッジの地盤への貫入量から算出された「SP から地盤へ伝達される接触応力 1）」を参照した時の体積圧縮率，約 8% と整合する。図 4 の右縦軸で示す体積圧縮量を半径方向に積分すると，半径 10cm までの体積圧縮率は 2.78% と算出される。これは，SP 貫入孔（ $r=1.65\text{cm}$ ）と地盤の変形の影響範囲（ $r=10\text{cm}$ ）の面積比 2.72% にほぼ等しい。これより，SWS 試験は「半径 10cm の範囲の地盤に 2.72%（約 3%）の体積圧縮を生じせしめる応力」を計測する試験であると言い換えることができる。

5. 結論

(1) SP 貫入によって，半径約 15cm の範囲の地盤に応力が伝達される。(2) SP 貫入による周辺地盤の体積変化量は，圧密試験による体積変化量と整合する。(3) SP 貫入による周辺地盤の変形範囲は半径約

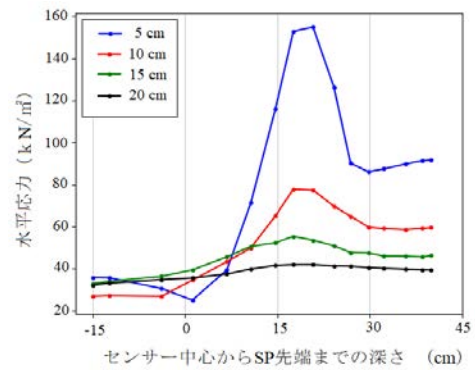


図 2 SP 貫入による水平応力分布

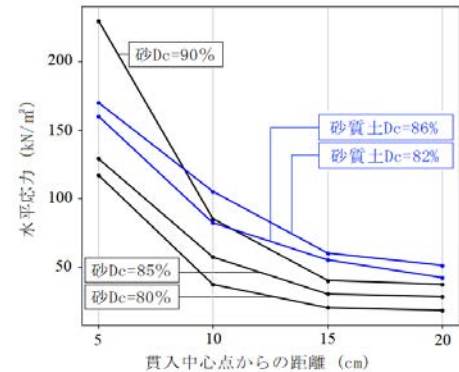


図 3 土質，締固め度ごとの最大水平応力

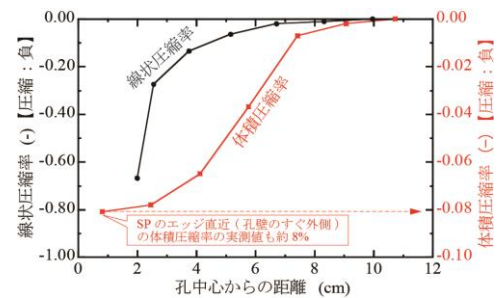


図 4 貫入孔周辺地盤の線状・体積圧縮率

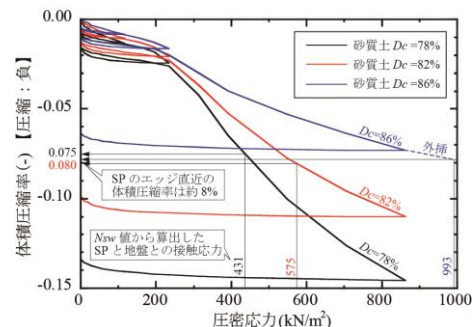


図 5 圧密試験結果と体積圧縮率

10cm であり，半径 10cm の範囲で 2.78% の体積変化を吸収している。

参考文献

- 1) 森友宏，土倉泰，関崇夫，SWS 試験の測定値が示す地盤工学上の意味，前橋工科大学研究紀要，Vol.24，pp.9-24，2021.