

SWS試験で判定ができない地盤を追加調査した事例

1. はじめに

一般に住宅の地盤調査は、スウェーデン式サウンディング試験（以下、SWS試験）で実施されることが多い。SWS試験は、簡便かつ経済的に地盤性状を把握できるが、スクリーンの貫入抵抗（ W_{sw} 、 N_{sw} ）のみで地盤定数

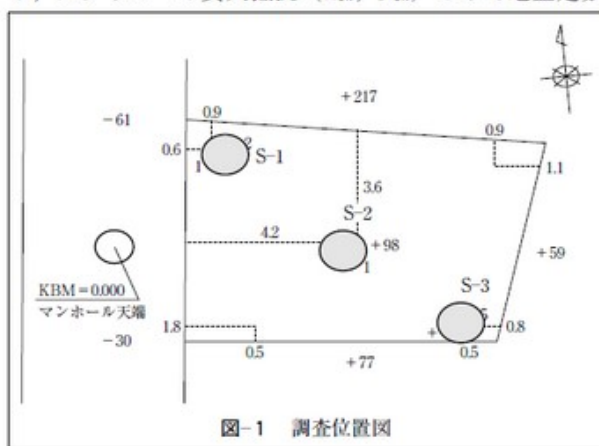


図-1 調査位置図

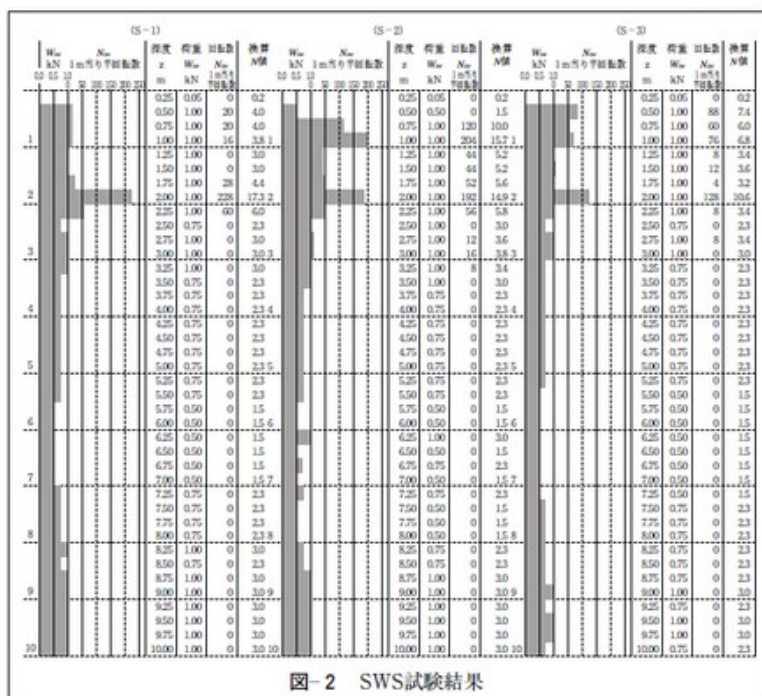


図-2 SWS試験結果

を推定するため、強度の推定（地盤支持力など）には比較的有効であるが、圧密特性については実際とのばらつきが大きくなる。これは圧密の層の大半が W_{sw} 自沈層の範囲にあり、指定精度が悪くなるためと思われる。これに対し、『小規模建築物基礎設計指針』¹⁾では、SWS試験で十分な地盤情報が得られないと判断された場合は、適切な原位置調査を追加して行なうことが推奨されている。

本稿ではSWS試験のみで設計して不同沈下が発生した現場で、その沈下要因を把握するために三成分コーン貫入試験（以下、CPT試験）および圧密試験を行ない、地盤性状を確認した事例を紹介する。また、追加調査として選択した過去の事例を紹介する。

2. SWS試験のみで設計し不同沈下が発生した事例

調査地域は、かつて数多くの湖沼が分布した河川下流部の低地を盛土造成した宅地である。図-1に調査位置、図-2にSWS試験結果を示す。3測点の結果、地盤の許容支持力は 30kN/m^2 以上あり、敷地内での地盤強度にば

らつきは少ないことがわかる。深度 $3\text{m} \sim 10\text{m}$ に $W_{sw}=0.5\text{kN} \sim 1.0\text{kN}$ の自沈層が連続していたが、社内基準を上回っていたため詳細な検討を行わず、接地圧 30kN/m^2 の直接基礎を採用した。しかし、約1年後に扉が開かないなどの障害が生じた。そこで、現状の地盤状況を知るためCPT試験およびボーリング調査を行なった。

CPT試験は、別名「電気式静的コーン貫入試験」と呼ばれ、貫入抵抗（ q_c ）、周面摩擦（ f_s ）、間隙水圧（ u ）が測定可能なコーンを静的貫入することで電気的に測定値が得られるもので、地盤の強さだけでなく土質分類、液状化判断、圧密特性など、様々な地盤評価が可能である。室内土質試験が長さ 1m 弱の不攪乱試料で対象層の土質特性を代表するのに対し、CPT試験は深度 1cm ごとの連続データが得られる特徴がある。試験の詳細やデータの評価手法については、参考文献2）、3）、4）を参照されたい。

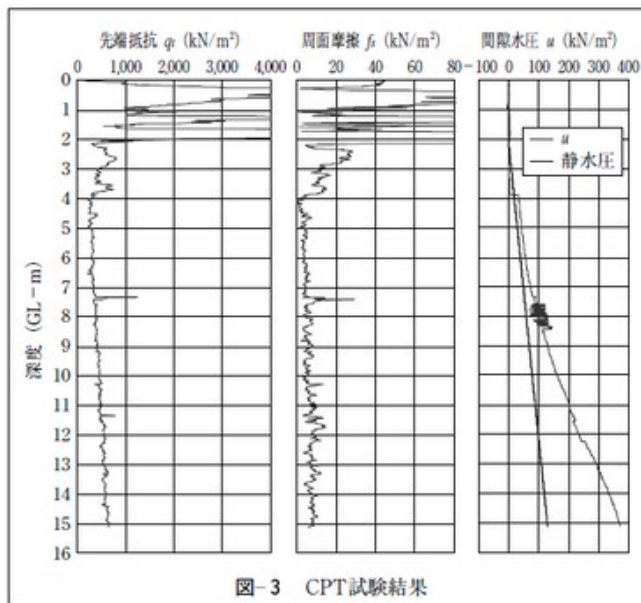


図-3 CPT試験結果

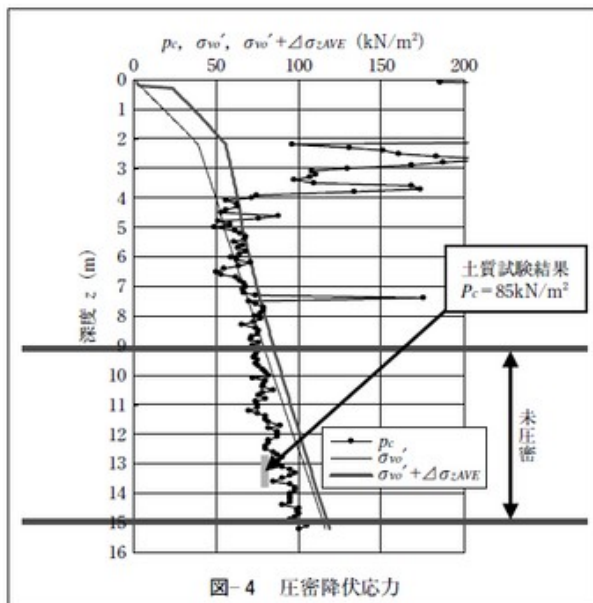


図-4 圧密降伏応力

図-3にCPT試験結果を、図-4に式(1)⁵⁾より推定した圧密降伏応力(換算)と建物荷重を付加した場合の有効鉛直応力をプロットしたものを示す。図-4の両者の数値の大小により、その地層が圧密するかどうか判断できる。深度6m以深の軟弱層は、建物に有害な不同沈下を今後も与える可能性がある判断できた。なお、圧密降伏応力は室内土質試験結果ともほぼ一致した。

この結果より、GL-9m～-15mの範囲において未圧密の層が確認できた。建物は新築するに当たり2m程度の盛土が行なわれており、十分な放置期間を確保することができずに施工されたことが不同沈下へとつながったと考えられ、自沈層をSWS試験だけで評価することが非常に困難であることがわかる。

$$P_c = (q_t - \sigma_{vo}) / 3.44 \quad \text{.....(1)}$$

q_t : 先端抵抗 (kN/m²)

σ_{vo} : 有効鉛直応力 (kN/m²)

3. 追加調査法の選定事例

小規模建築物基礎設計指針では図-5の調査選定フローが示されており、SWS試験で基礎の設計が困難な場合は適切な地盤調査を追加して行なうことが推奨されている。ここでは、追加調査により対応した過去の事例をあげる。

3.1 基礎直下の支持力を確認する場合

3.1.1 事例-1

事例-1は基礎直下に軟弱な自沈層があり、それ以深は硬質層に当たり調査を終了した地盤である(図-6)。深部は近隣のボーリングデータから硬質層が連続することを確認した。これより基礎直下の支持力があるか否かを平板载荷試験で確認し、直接基礎で対応できることがわかった。

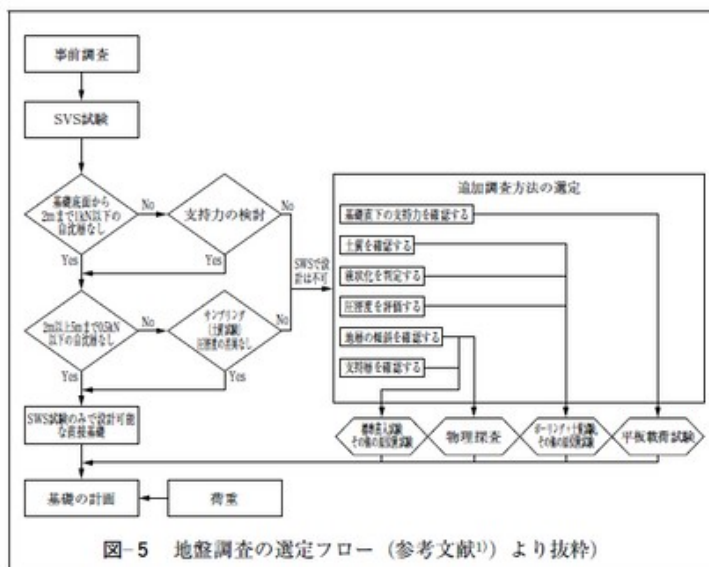


図-5 地盤調査の選定フロー(参考文献¹⁾)より抜粋

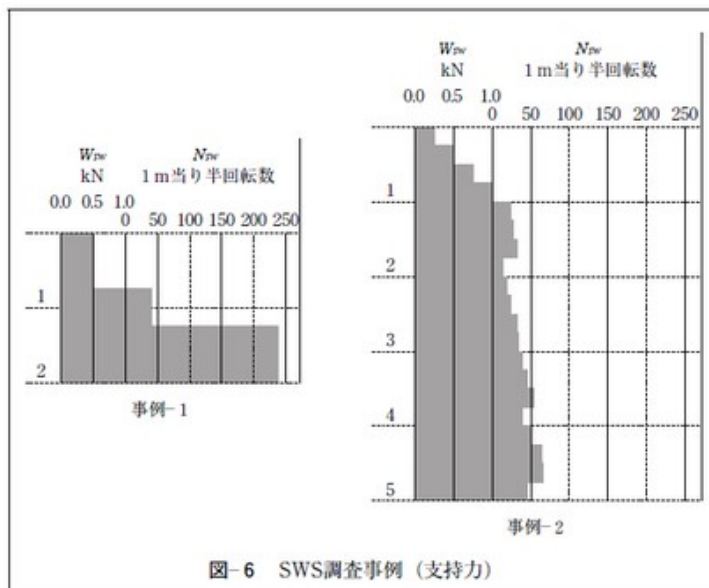


図-6 SWS調査事例(支持力)

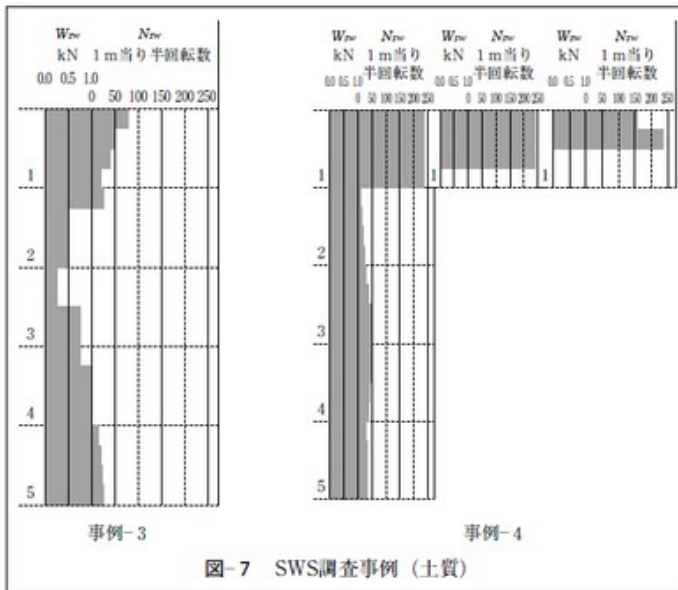


図-7 SWS調査事例（土質）

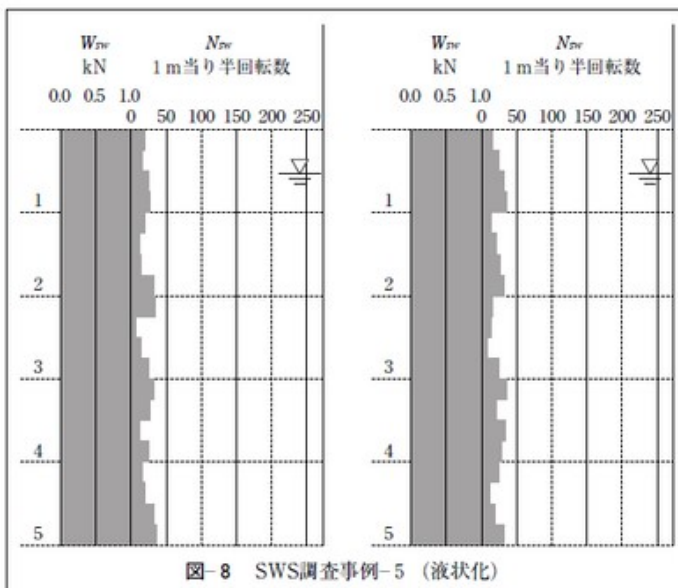


図-8 SWS調査事例-5（液状化）

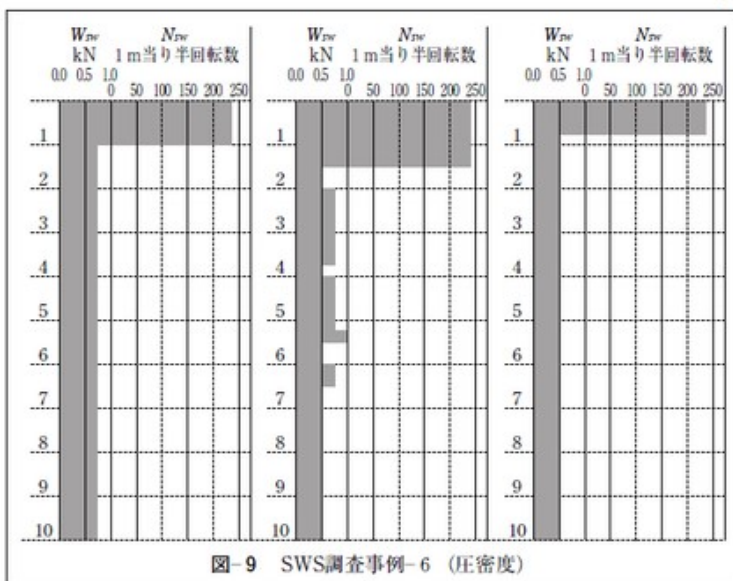


図-9 SWS調査事例-6（圧密度）

3.1.2 事例-2

事例-2は基礎直下に自沈層があるが、以深は比較的良好な地盤である（図-6）。建物の四隅・中央のSWS試験結果もほぼ同様なデータが確認された。当物件は、建替物件であることから既存建物解体時の地盤の緩みと推定できるが、平板載荷試験により地盤の支持力を確認した。その結果、所定の地盤支持力が確認できなかったため、表層改良を行なった。

3.2 土質を確認する場合

3.2.1 事例-3

事例-3は、深度2m付近に非常に軟弱な地盤が確認できた地盤である（図-7）。過去の土地利用を調査したところ住宅地であったが、現在は駐車場として利用されていた。このSWS試験結果より、柱状改良の地盤補強が検討されていた。しかし、近隣ボーリングデータより腐植土を有する地域であり、腐植土が柱状改良に悪影響を及ぼすことが懸念されたため、ハンドオーガーにて土質の確認を行なった。その結果、腐植土混りの粘性土であることが確認されたため、腐植土に対応した材料を用いて柱状改良を行なった。

3.2.2 事例-4

事例-4は、表層部の硬質層で調査が終了しているポイントが数カ所あり、以深のデータが不明確な地盤である（図-7）。調査地は、工場の跡地を整地し分譲している一画であった。そこで地盤状況を確認するため試掘調査を行なったところ、コンクリートガラが多く埋まっていることがわかった。これより表層1m程度の地盤を良質土に置換した後、SWS試験を実施した。表層部および以深も問題ないことが確認できたので直接基礎を採用した。

3.3 液状化を判定する場合（事例-5）

図-8に示されるように、深度1m以浅に地下水位が確認され、表層から小さな回転層が連続する場合良好地盤と判断できるが、緩い砂質土の可能性

もあり液状化の有無を確認する必要がある。当該地は、過去の液状化履歴図より非液状化地盤であることが確認できた。また、近隣のボーリング柱状図より砂質シルトの地盤であったため、液状化対策を行わず直接基礎を採用した。

3.4 圧密度を評価する場合（事例-6）

当事例は、表層部以深に自沈層が続く軟弱地盤である（図-9参照）。過去の地盤履歴より、造成地で1m～1.5m程度の盛土が行なわれていることがわかった。近隣ボーリングデータからは支持層が深度25m程度の深さにあり、小口径杭を採用するにはコスト高となった。そこで、盛土による自沈層の圧密度を評価するためにCPT試験を実施した。CPT試験結果より、盛土荷重による圧密はほぼ終息域にあり、正規圧密状態であることが確認された。これより、新規建物荷重による圧密沈下の低減を図るために

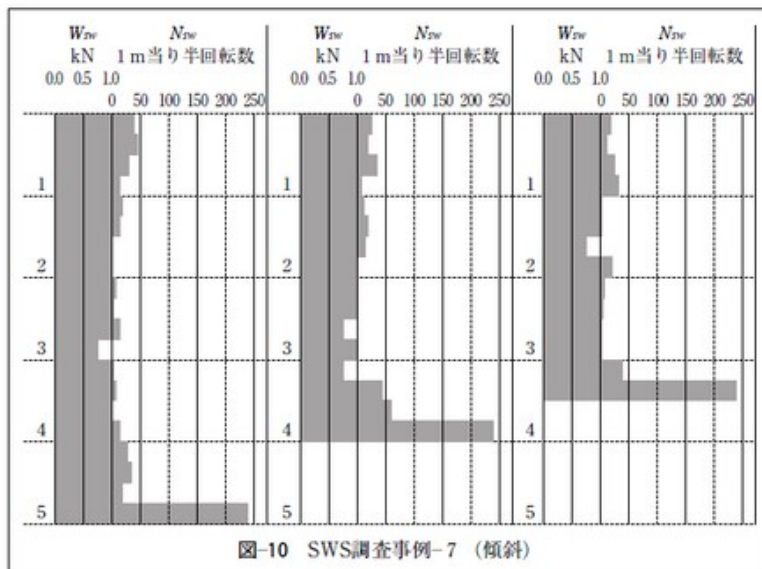


図-10 SWS調査事例-7 (傾斜)

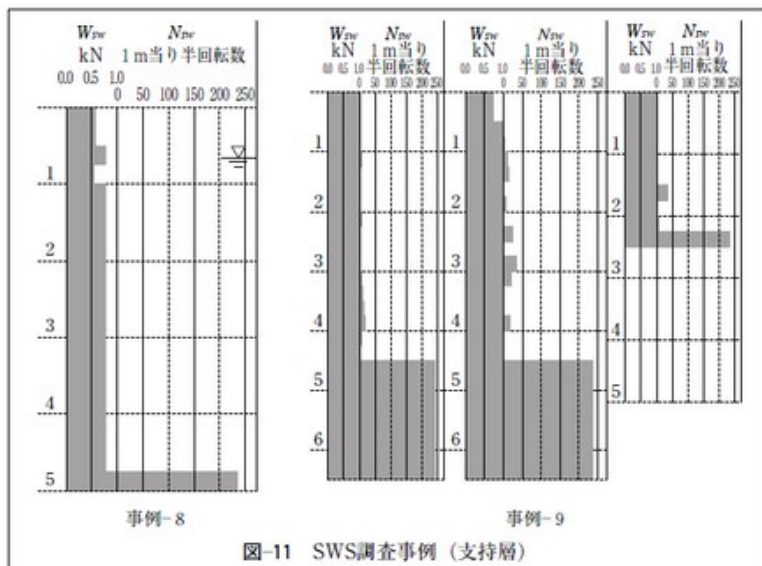


図-11 SWS調査事例 (支持層)

パイルドラフト基礎を採用した。

3.5 地層の傾斜を確認する場合 (事例-7)

図-10は、表層部から自沈層や回転層が混在しながら続き、測点位置により硬質層の深度が違う地盤である。まず、周囲の状況を確認すると平坦で傾斜が見られるような地盤ではなかった。そこで、土地条件図を確認したところ、昔は傾斜地で切盛土により整地された地盤であることがわかった。近隣SWSデータからも硬質層が傾斜していることが確認できた。戸建て住宅程度の重さであれば補強不要とも考えられるが、規模の大きい建物も計画していたため、支持力が不足していた。そこで支持層厚さ・土質の確認を行なうため、標準貫入試験を実施した。層厚・土質ともに問題ないことが確認されたので、柱状改良を採用した。

3.6 支持層を確認する場合

3.6.1 事例-8

事例-8は、表層部から自沈層が続き硬質層で高止まりしたデータで (図-11)、他の測点も同様なデータが確

認されている。調査結果からも明らかに支持力が不足している地盤であるため、追加調査により自沈層を評価するか、深度5.0m付近にある硬質層の厚さを確認して杭補強とするかの2通りの方法が考えられる。まず比較的浅いところで硬質層が確認されていたので、近隣ボーリングデータを調べた。その結果、データがいくつかあり、深さには若干の相違はあるが様に硬質層であることを確認できた。本来であれば、原位置にて標準貫入試験等により支持層厚さを確認することが望まれるが、近隣データが豊富にあり、同様な評価をすることができたので、追加調査を行わず小口径杭を採用した。

3.6.2 事例-9

事例-9は、表層部から自沈層や回転層が混在しながら続き、GL-4.75m付近から支持層が確認できるが、1測点のみGL-2.5m付近で貫入が終了している地盤である (図-11)。高止まりしている原因を確認するため、周辺状況や近隣データを確認したが、このようなデータが確認できる地域ではなかった。そこで、特異点をラムサウンディング試験により硬質層の厚さの確認を行なった。調査結果より、特異点は40cm程度の薄い中間硬質層であることが判明された。また、以深には他点と同様な位置に硬質層があることも確認できた。そのため、特異点である中間硬質層を貫通する小口径杭を採用した。

4. おわりに

本稿ではSWS試験のほか、追加調査を行なった調査事例をいくつか紹介した。一般にSWS試験は、住宅地盤調査を除けば、本調

査 (例えばボーリング調査) の補間調査として利用されることが多く、SWS試験だけで設計することはまずない。逆に住宅の場合は、SWS試験を本調査として行っているが、ここで示したようにSWS試験だけでは地盤の判定が難しい場合も多い。このような場合は、速やかに適切な地盤調査法を行ない、併用して基礎検討を行なうことが望まれる。

参考文献

- 1) 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，2008。
- 2) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004。
- 3) 高田，佐藤，田村：小型三成分コーン貫入試験機の開発と住宅地盤調査への適用性の検証 (その1，2)，第41回地盤工学研究発表会，2006。
- 4) 若命，高田，藤井：戸建住宅向け三成分コーン貫入試験機の開発と適用例，基礎工，Vol. 34，No. 9，pp. 69-72，2006。
- 5) 深沢健：粘性土地盤におけるコーン貫入試験の適用性に関する実証的研究，東京工業大学学位論文，2004。