

斜め電気式コーン貫入試験と水上音波探査を併用した湖沼における軟弱層の調査事例

(株)地圏総合コンサルタント ○相澤 明宏 小野里 直也 徳留 亮 平井 眞樹
(株)地盤試験所 仲 優太郎

1. 概要

水域の地盤状況(軟弱層の分布や支持層)を確認するためには、通常は台船や水上足場上から調査を行うが、広域的に地盤状況を確認する場合は、多大な費用と時間が必要となる。本件では、軟弱層が厚く堆積し、水上足場が仮設できない現地状況であったため、護岸から張り出した足場を用いて電気式コーン貫入試験(CPTU)、標準貫入試験(SPT)および水上音波探査を併用し、300m×150m程度の水域における軟弱層の分布状況と盛土構造物の支持層出現深度を把握した事例を紹介する。

2. 調査内容

(1) 調査項目・数量

調査内容を表-1に示す。

表-1 調査内容一覧表

位置	調査内容	試験深度	
		CPT	CPT+SPT
地点1	鉛直 90°	15.7	23.0
	斜め 45°	21.2	-
地点2	鉛直 90°	20.8	28.0
	斜め 60°	21.9	-
	斜め 45°	25.0	-
項目		延長(m)	
水上音波探査		1410.0	

(2) 調査位置

CPTU、SPTの調査地点と水上音波探査の測線を図-1に示す。CPTUおよびSPTは、沖合に足場を張り出し、護岸から3m程度の位置で実施した。CPTUは現場での反力確保が難しいため、試験可能深度をせん断抵抗値10MPa程度までとした。

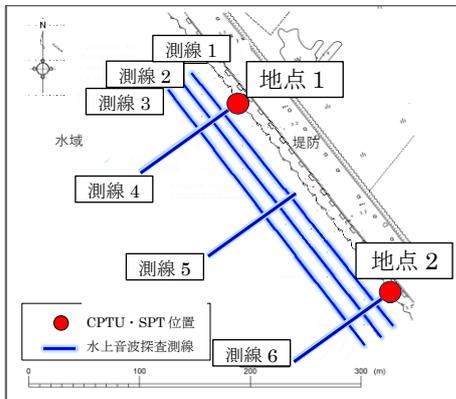


図-1 調査位置図

3. 調査結果

(1) CPTU・SPT 試験結果

地点1では、鉛直CPTUにより、深度約15mまで換算N値=0の軟弱な粘性土を確認した。コーンが貫入不能とな

る砂質土が15.7mで出現し、それ以深は近傍(別孔)でSPTを実施するダブルサウンディング工法に切り替えた。SPTにより、深度15mから層厚5m程度はN値4以上30未満の中間土層(沖積砂質土)と深度20mからN値30以上の地層(洪積砂質土)の支持層の分布を確認した。斜めCPTUは、限られた作業足場範囲の中から、周辺の軟弱層の分布を把握するために実施し、鉛直方向と同様に軟弱層の分布を確認した。CPTU試験結果から地質分布を推定する際は、SPT実施時のノンコアボーリング、周辺(陸地)での既往調査結果および「電気式コーン貫入試験方法」¹⁾を参考とした(図-2参照)。各地層の地盤定数(湿潤密度、粘着力、内部摩擦角)は、CPTUによって得られた3成分(先端抵抗値、周面摩擦、間隙水圧)より換算式を用いて推定した。また、CPTUが貫入不能となった深度以下の地層の地盤定数は、SPTのN値からの換算値を採用した。

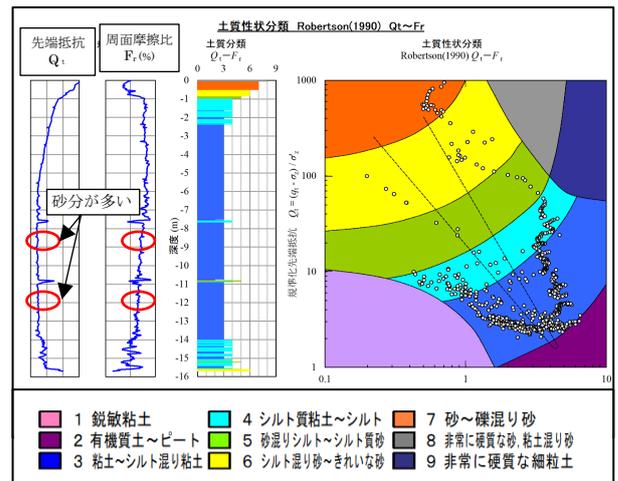


図-2 電気式コーン貫入試験結果(地点1 鉛直90°)

(2) 水上音波探査結果

水上音波探査では、軟弱な粘性土とN値 ≥ 30 の砂質土との地層境界を確認した。CPTUとSPTの結果に水上音波探査結果を統合したものを図-3に示す。

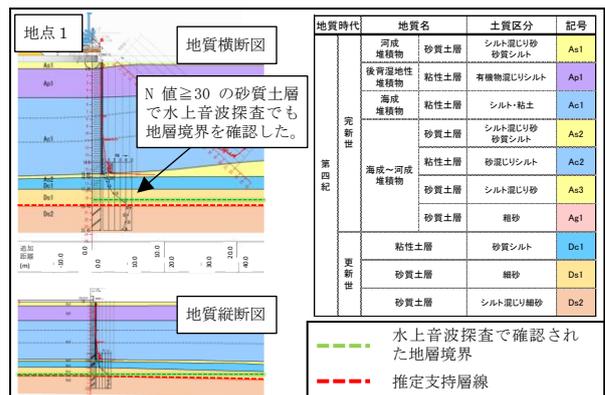


図-3 地質断面図

4. 調査結果の評価

(1) 鉛直 CPTU と斜め CPTU の比較

斜め(45°, 60°)CPTU 試験結果を鉛直深度に換算し、鉛直 CPTU と重ね合わせた結果を図-4に示す。試験深度12m程度までの先端抵抗値と間隙水圧は、各角度の CPTU で概ね類似した結果が得られた。周面摩擦も同様の傾向を示すため、同一の軟弱な粘性土が水平方向に厚く分布していると推定した。さらに、各角度の CPTU の結果には、粘性土と砂質土の地層境界で3成分の顕著な変化が現れている。

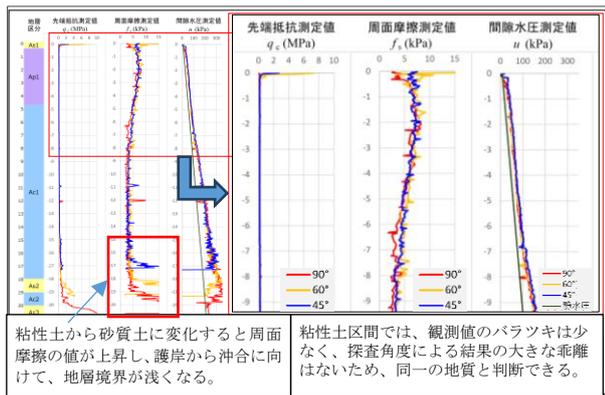


図-4 鉛直/斜め CPTU の N 値分布状況

(2) CPTU・SPT の比較

深度14.0~15.5mの CPTU の換算 N 値と SPT の N 値の比較結果を図-5に示す。深度14~15mまでの Ac1層は、SPT ではロッド自重の影響を受けてN値=0の自沈粘土であるが、CPTU による換算 N 値は N≒1 が得られており、深度15.5mの試験値についても同様の傾向である。

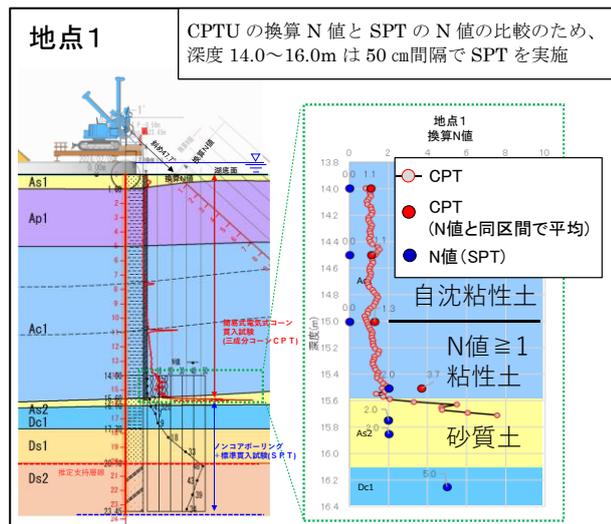


図-5 SPT と CPTU の N 値分布状況

(3) 地層境界の推定

CPTU により軟弱な粘性土層とその下位に分布する砂質土層との地層境界を確認し、ダブルサンディング法により N 値≧30 の支持層出現深度を確認した。SPT で N 値≧30 を示す深度において、水上音波探査でも不明瞭な

がらも反射面が確認できたことから、探査範囲の支持層出現深度を面的に推定することができた。

5. まとめ

本件で得た知見を以下に示す。

- ①水上足場の仮設が困難な現場でも、複数の調査手法(CPTU, SPT, 水上音波探査)を組み合わせることで、水域の地層分布と支持層出現深度を推定することができた。
- ②斜め CPTU の 3 成分(先端抵抗、周面摩擦、間隙水圧)は、鉛直 CPTU の測定値と概ね類似した結果が得られたため、試験角度による影響は小さいと考える。
- ③貫入能力に劣る鉛直 CPTU に SPT を組み合わせたダブルサンディングを行うことで、N 値の信頼性が低い軟弱地盤には CPTU を適用し、締まり具合の良い地層には SPT を適用することで、1 箇所ボーリングでより多くの地盤情報を得ることができた。
- ④時間的・費用的な制約から、室内土質試験が実施できない現場であったが、CPTU による換算値から、地盤定数を提案することができた。
- ⑤水上音波探査にて反射面が現れた深度は、SPT により N 値≧30 の砂質土層が出現した深度と概ね一致する。これは、上位に堆積する軟弱粘性土と比べて、締まり具合の違いが極端に違うことにより得られた結果であり、締まり具合が複雑に変化する場合や、漸移的に増減する場合には、水上音波探査の適用性は低いものとする。

6. 今後の課題

本件より挙げられる今後の課題を以下に示す。

- ①角度が異なる CPTU の特徴をより多く把握するため、複雑な地層分布が想定される条件下においても CPTU を積極的に活用し、斜め CPTU の適用実績を増やすことが望まれる。
- ②鉛直 CPTU から推定される各種試験値について検証するためにも、ボーリングによるサンプリングと室内土質試験を行い、推定値と試験値の比較検討を行うことが望ましい。

7. 謝辞

本調査にあたり、調査関係者の皆様、地元漁業協同組合の皆様、多大なご助言を頂いたこの場を借りて、感謝申し上げます。

《引用・参考文献》

- 1) JGS1435-2012「電気式コーン貫入試験方法」：公益社団法人地盤工学会，地盤調査の方法と解説(2013) pp. 366-403