

電気式コーン貫入試験の斜め下方貫入に関する研究  
(その4: 斜め下方 CPTU 結果の評価)

電気式コーン貫入試験  
斜め下方貫入  
土質分類

(株)地盤試験所 正会員 ○山本伊作  
(株)地盤試験所 正会員 岡信太郎  
(株)相愛 岸孝司  
東邦地下工機(株) 正会員 片山浩明  
ソイルソルト・ロックエンジニアリング(株) 正会員 石井正紀  
中央大学 国際会員 齋藤邦夫

1. 概要

本実験では、鉛直 (90°) および斜め下方 (75°, 60°, 45°) の電気式コーン貫入試験 (以降, CPTU と記す) を実施し, CPTU と標準貫入試験 (以降, SPT と記す), および鉛直 CPTU と斜め下方 CPTU の結果を比較検証した。本稿 (その4) では, CPTU (鉛直) と SPT の試験結果の比較および CPTU の鉛直貫入と斜め下方貫入の結果を対比し, 斜め下方貫入における CPTU の有効性の確認を行った。なお, 本実験の調査概要および斜め下方調査の調査角度結果は参考文献 1),2)を参照されたい。

2. 鉛直 CPTU と SPT の比較

本実験の地盤調査結果 (鉛直 90°) を図-1 に示す。

SPT の結果から GL-3.90m まで砂質土主体の埋土, その下部に層厚 0.35m の有機質シルト, GL-4.25m~GL-6.00m まで砂質土, GL-6.00m~GL-11.80m まで粘性土となり, GL-11.80m 以深はシルト質細砂で構成されている。しかし, GL-11.80m 以深の砂質土は CPTU の間隙水圧に着目すると, 過剰間隙水圧が発生しており CPTU では粘性土の性状を示している。粒度試験結果を考慮した柱状図では, GL-11.80m 以深は砂質粘土~砂質シルトであった。このことから, 目視による中間土の土層判定は土質試験結果と誤差を生じる可能性があるのに対し, CPTU では土質の性状をより正確に判定できることが明らかである。

GL-4.25m~GL-6.50m の砂質土層では, 補正先端抵抗  $q_c=5.5\sim7.1\text{MPa}$ , 周面摩擦  $f_s=56\sim80\text{kPa}$  をピークとし, 概ね高い値を示している。但し, 中間には  $q_c, f_s$  の低下と間隙水圧  $u$  の上昇が見られるため, 薄い粘性土が挟在していることが明確に示されている。GL-14.50m~GL-16.50m では  $q_c$  の増加と  $u$  の低下により, 砂分の割合が増加傾向にあるといえる。CPTU から求める土質分類結果<sup>3)</sup>では, GL-3.90m 以浅の盛土を除き,  $Q_t-F_r$  関係,  $Q_t-B_q$  関係ともに粒度分布を考慮した柱状図と合致する結果が得られた。

3. 鉛直 CPTU と斜め CPTU の粘性土の比較

図-2 に示す深度分布図は, 計測した貫入角度を用いて鉛直深度に補正し, 5cm 毎の区間平均値をプロットしたものである。ただし, 地表面から GL-3.7m までの埋土は, 土質材料や締固め程度の差があるため今回の比較検証より除外した。また, GL-4.25m~GL-6.00m まで砂質土層においても薄層等の理由により除外した。

図-2 の先端抵抗( $q_c$ ), 周面摩擦( $f_s$ ), 間隙水圧( $u$ )の深度分布では, 45° のデータのみ若干低い値となる傾向が見られるが, いずれの貫入角度もほぼ同等な結果が得られた。

鉛直比の深度分布では GL-4.25m~GL-6.50m の砂質土層を除き,  $q_c, f_s, u$  ともに 0.8~1.2 に分布した。測定値同様, 45°/90°のみ 0.1 程度低い傾向がある。GL-6.50m~GL-11.00m の粘性土層では比較的安定した鉛直比で推移しているが, GL-4.25m~GL-6.50m の砂質土層と GL-11.0m 以深の中間土層では鉛直比のばらつきが大きくなる傾向が見られた。特に GL-4.25m~GL-6.50m の砂質土層は, CPTU の土質分類から粘性土と砂質土の互層状であり均一な土層ではない。このことから, 表-1 に示す斜め調査/鉛直調査の統計値では, 砂質土層を除外し粘性土のみで対比を行った。

表-1 に示す三成分データの斜め下方貫入/鉛直貫入の統計値より, 補正先端抵抗, 周面摩擦及び間隙水圧のいずれも非常に良い相関関係にあることが示された。また, 近似式傾きについても  $q_c, f_s, u$  いずれも 0.90 を超えており強い相関があるといえる。

補正先端抵抗の平均値は, 鉛直から傾きが大きくなると  $q_c$  は僅かに小さくなる傾向が示された。平均値と近似式の傾きはほぼ同じ値となり, 調査角 45° の  $q_c$  は調査角 90° の 7%低い測定値であるが, ほぼ同程度であるといえる。

周面摩擦の平均値は 1.00 以上となったが, 近似曲線に着目すると近似曲線の傾きは 1.00 以下となる。調査角 45° の  $f_s$  は調査角 90° の平均値より 10%低い測定値となるものの, 総合的にみるとほぼ同程度であるといえる。

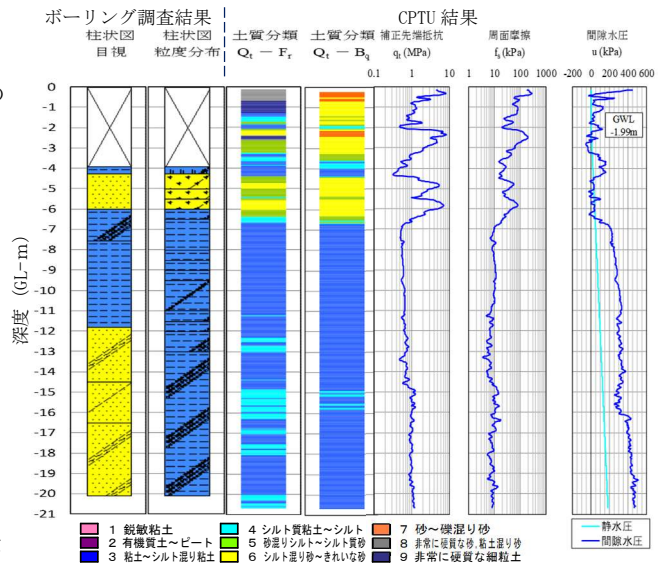


図-1 CPTU と SPT の結果

間隙水圧の平均値は鉛直から傾きが大きくなると  $u$  は小さくなる傾向が示されている。調査角  $60^\circ$  は調査角  $90^\circ$  より  $u$  は  $3\sim 5\%$  低く測定され、調査角  $45^\circ$  では  $6\sim 8\%$  低い測定値であるが、ほぼ同程度であるといえる。

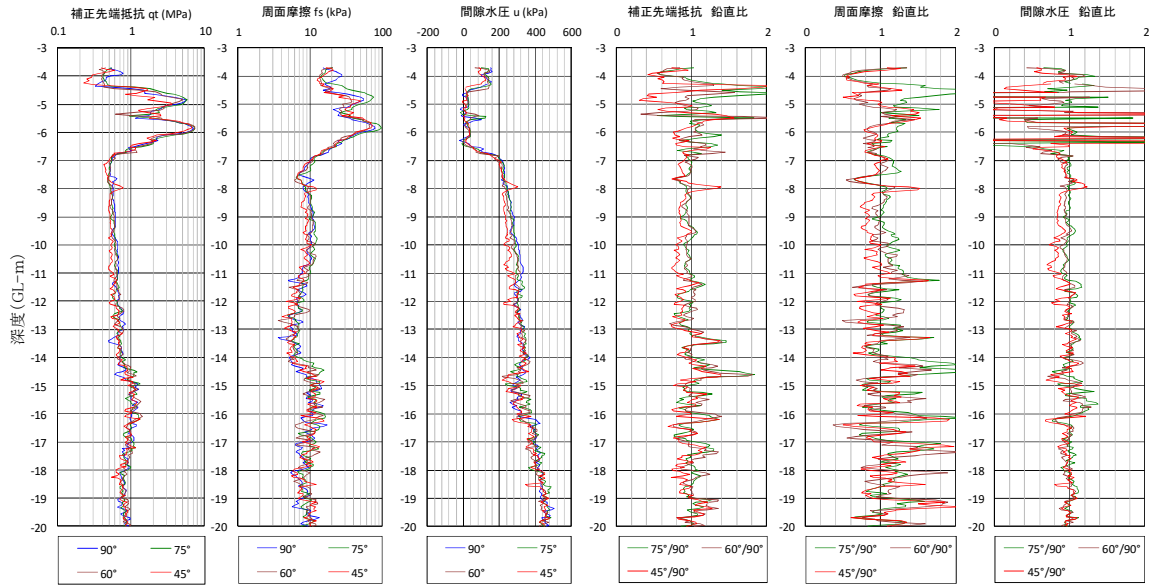


図-2 三成分データと鉛直比

表-1 斜め調査/鉛直調査の統計値

測定データ	調査角度	対象数	平均値	中央値	近似式傾き	標準偏差	変動係数	相関係数
補正先端抵抗	75°	282	1.00	0.97	0.99	0.15	0.15	0.83
	60°	282	1.01	0.98	1.01	0.15	0.15	0.84
	45°	282	0.93	0.89	0.93	0.15	0.17	0.83
周面摩擦	75°	282	1.12	1.09	0.99	0.27	0.24	0.69
	60°	282	1.06	1.03	0.93	0.28	0.26	0.63
	45°	282	1.00	0.93	0.90	0.27	0.27	0.70
間隙水圧	75°	282	1.01	1.00	1.01	0.10	0.10	0.95
	60°	282	0.97	0.96	0.97	0.10	0.10	0.95
	45°	282	0.92	0.94	0.94	0.12	0.13	0.94

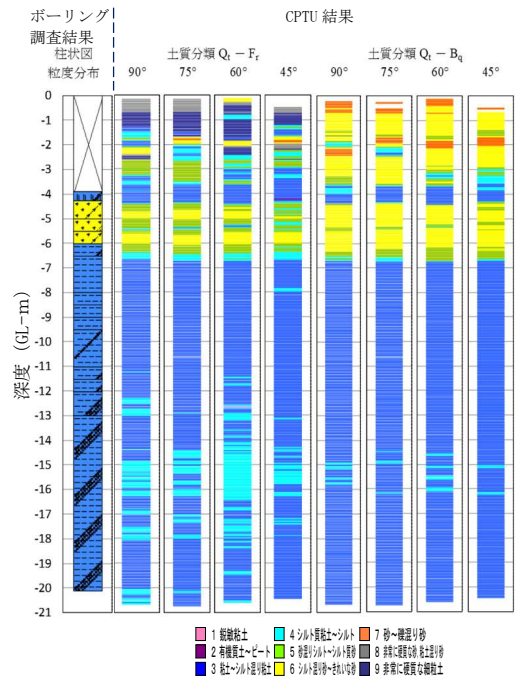


図-3 柱状図と土質分類の対比

#### 4. 鉛直 CPTU と斜め CPTU の土質分類の比較

鉛直 CPTU と斜め CPTU から得られた土質分類を図-3 に示す。

この結果、調査角  $90^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $45^\circ$  の土質分類は、 $Q_t-F_r$  関係、 $Q_t-B_q$  関係のいずれの土質分類方法によっても同等な結果を得ることができた。

#### 5. まとめ

本実験で得た知見を以下に示す。

- ・ CPTU により中間土の土質をより正確に判定することができる。
- ・ 鉛直 CPTU と斜め CPTU 結果より、補正先端抵抗、周面摩擦及び間隙水圧のいずれにおいても、調査角度が鉛直より傾きが大きくなるに従って僅かに値が小さくなる傾向がみられたが、ほぼ同等な結果を得ることができた。

本実験地盤は、一部に薄い砂質土が存在するが粘性土を主体とする地盤である。したがって、本報告では各貫入角度の比較検討からこの砂質土を除外した。今後は、層厚のある砂質土層を対象とした斜め下方 CPTU を実施し、今回の知見を含めて再検討を行う所存である。なお、本実験では各種室内試験を実施しており、さらに詳細な検討を加えていく予定である。

#### 参考文献：

- 1) 北條豊・松浦良信・脇中康太・糸井理樹・原彰男・岡嶋眞一・片山浩明・西原聡：電気式コーン貫入試験の斜め下方貫入への試み（その1：実証実験概要），第14回地盤工学会関東支部発表会，2017.11.
- 2) 石井正紀・高橋千代丸・若月洋朗・小林優起・武政学・太田雅之・岸孝司・日下部祐基，電気式コーン貫入試験の斜め下方貫入への試み（その2：貫入方法や所要時間等について），第14回地盤工学会関東支部発表会，2017.11.
- 3) 地盤調査の方法と解説（2013）公益財団法人地盤工学会.
- 4) 鈴木康嗣，時松孝次，賓松俊明，コーン貫入試験結果と標準貫入試験から得られた地盤特性との関係，日本建築学会構造系論文集，第566号，73-80，2003.