

## [21-6-3-01] 砂～中間土地盤に対する電気式コーン貫入試験結果の解釈(その1 調査結果)

### Interpretation of CPT results for sand to intermediate ground (Part 1 Outline of investigation)

\*塚田 佳人<sup>1</sup>、石川 恵司<sup>1</sup>、西原 聡<sup>2</sup>、栗原 朋之<sup>3</sup>、濱田 泰治<sup>4</sup>、小林 優起<sup>4</sup>、石川 修<sup>5</sup>、極檀 春彦<sup>6</sup>、北條 豊<sup>7</sup>、齋藤 邦夫<sup>8</sup> (1. 株式会社日さく、2. 日建商事株式会社、3. 中央開発株式会社、4. 川崎地質株式会社、5. 株式会社建設技術センター、6. 株式会社プラントツリース、7. 株式会社地盤試験所、8. 中央大学)

\*Keito Sakaida<sup>1</sup>, Keiji Ishikawa<sup>1</sup>, Satoshi Nishihara<sup>2</sup>, Tomoyuki Kurihara<sup>3</sup>, Taiji Hamada<sup>4</sup>, Yuki Kobayashi<sup>4</sup>, Osamu Ishikawa<sup>5</sup>, Haruhiko Gokudan<sup>6</sup>, Yutaka Hojo<sup>7</sup>, Kunio Saito<sup>8</sup> (1. Nissaku Co., Ltd., 2. Nikkenshoji Co.,Ltd., 3. Chuo Kaihatsu Co., Ltd., 4. Kawasaki Geological Engineering Co.,Ltd., 5. Kensetugijyutu Center Co.,Ltd., 6. Plant-Trees Co.,Ltd., 7. Jibanshikenjo Co., Ltd., 8. Chuo University)

キーワード：コーン貫入試験、土質分類、中間土

cone penetration test, soil classification, intermediate soil

地盤に関する設計は、対象土を砂質土か粘性土に区分して行われる。砂質土か粘性土かの判断が難しい土は、中間土と呼ばれる砂分含有率が50～80%の土である。本研究は、中間土地盤に対する電気式コーン貫入試験(CPTU)による土質分類の解釈および妥当性の検討を目的として、砂～中間土に遷移する霞ヶ浦付近の土を対象としてCPTU、標準貫入試験、各種室内試験を実施した。本稿(その1)では、CPTUにより得られたデータをRobertsonらが提案する土質分類法に基づいて整理し、標準貫入試験結果、室内土質試験結果と比較検討を行い、その特性を示すとともに解釈を試みた。

砂～中間土地盤に対する電気式コーン貫入試験結果の解釈 (その1 調査結果)

コーン貫入試験 土質分類 中間土 (株)日さく 正会員 ○堀田 佳人 (株)日さく 正会員 石川 恵司  
 (株)地盤試験所 正会員 北條 豊 (株)建設技術センター 正会員 石川 修  
 日建商事(株) 正会員 西原 聡 (株)プラントツリース 非会員 極檀 春彦  
 川崎地質(株) 正会員 濱田 泰治 中央開発(株) 正会員 栗原 朋之  
 中央大学 国際会員 齋藤 邦夫

1. はじめに

通常、地盤の設計は対象土を砂か粘土に区分して行われる。しかし、砂か粘土か判定に苦慮する場合も少なくない。このような土は中間土と呼ばれ、これまでの研究から砂分含有率 50～80%の土が該当する。そこで本稿では中間土地盤に対して電気式コーン貫入試験（以下、CPTUと記す）を実施し、得られたデータを Robertsonらが提案する土質分類法に基づいて整理し、その特性を示すとともにその解釈を試みた。

2. 地質概要

調査地点は、図-1 に示す霞ヶ浦の南東に位置する茨城県稲敷市浮島である。現地でも CPTU、標準貫入試験（以下、SPT と記す）を実施し、併せて採取試料について各種室内試験を行った。図-2 に示す既存データより、霞ヶ浦湖底は軟弱粘性土が厚く堆積するが、調査地付近の既往調査⑭は湖底から Y.P.-30m 付近まで砂質土が分布する。Y.P.-15m 以浅の N 値は N=20～40 であるのに対し、Y.P.-15m 以深は N=5～20 と小さくなっており、堆積環境が複雑に変化していたことが伺える。これに対し、次章の図-3 に示す本調査地の柱状図は、SPT から得た試料の粒度試験結果に基づくもので、GL-5.1m まで礫混り砂、GL-5.1m 以深はシルト質砂～砂質シルトの中間土で構成され、N 値は深度とともに漸減する地盤であった。

3. CPTU の測定結果

CPTU の測定結果を図-3 に示す。図中の補正先端抵抗  $q_t$  は地盤の強さを表す指標で、一般に  $q_t$  が大きくなると土の強さと粒径が大きくなり、逆に  $q_t$  が小さくなると土の強さと粒径が小さくなることが知られている。 $q_t$  と N 値を比較すると、GL-5.1m までの礫混り砂では礫の混り具合からデータの対応性は認め難いが、GL-5.1m 以深では、N 値と  $q_t$  は概ね整合した値が得られた。周面摩擦  $f_s$  は  $q_t$  と同様の性状を有するが、GL-12.5m～GL-17.0m の区間でバラツキが大きい。このようなバラツキは  $q_t$  にも若干ながら認められることから、地盤内の粒径と強度の変動に関連することが窺われ、砂～シルトの混在した細かな互層状態であることが考えられる。間隙水圧  $u$  に着目すると、GL-21.5m までほぼ静水圧分布を示す。しかし GL-22.0m 以深では静水圧のおよそ3倍もの過剰間隙水圧を発生させていることから、透水性の低い粘性土が堆積していると考えられる。さらに、GL-24.0m 以深では細粒分含有率  $F_c < 50\%$  となるが、過剰間隙水圧の発生が検出されている。これは同層が粒度分布からはシルト質砂層に分類されるが、その間隙水圧応答よ

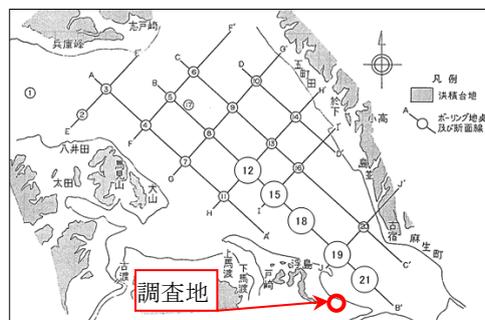


図-1 調査地と既存調査地点 3)

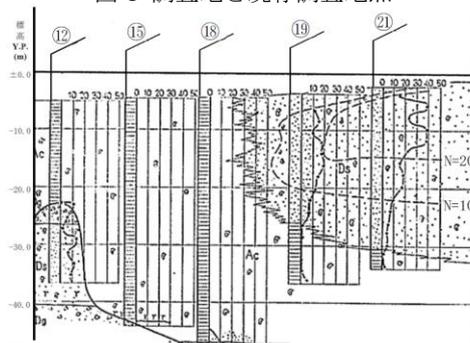


図-2 霞ヶ浦湖底想定断面図 3)

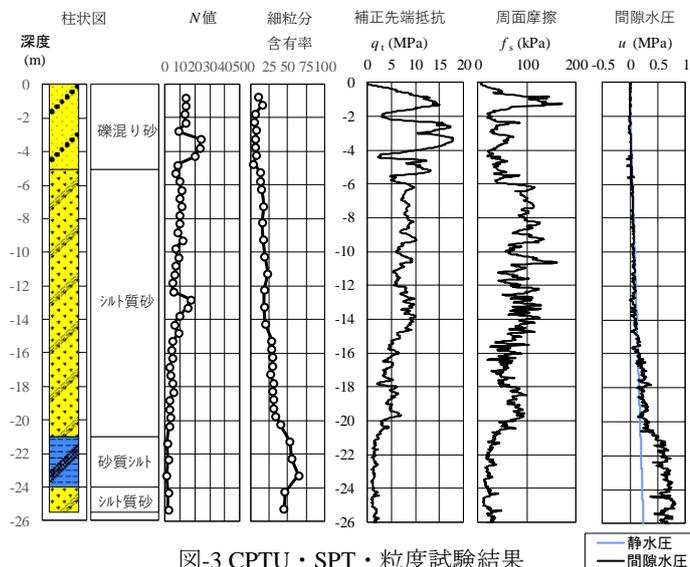


図-3 CPTU・SPT・粒度試験結果

Interpretation of CPT results for sand to intermediate ground (Part 1 Outline of investigation)

Keito Sakaida (Nissaku Co., Ltd.), Keiji Ishikawa (Nissaku Co., Ltd.), Yutaka Hojo (Jibanshikenjo Co., Ltd.), Osamu Ishikawa (Kensetsugijyutsu Center Co., Ltd.), Satoru Nishihara (Nikkenshoji Co., Ltd.), Haruhiko Gokudan (Plant-Trees Co., Ltd.), Taiji Hamada (Kawasaki Geological Engineering Co., Ltd.), Tomoyuki Kurihara (Chuo Kaihatsu Co., Ltd.), Kunio Saito (Chuo University)

り明らかに非排水層であることを示唆している。このことから、CPTUは間隙水圧測定により、地盤を砂か粘土かを判断する上で重要な情報を提供する。

4. 土質分類結果の解釈

土質性状分類の結果を図-4～図-5に示す。Robertson<sup>4)</sup>は、この分類図はCPTUのデータから土質性状を推定する手法として提案し、粒度試験との整合性は80%程度としている。図-4の土質分類図は、規準化先端抵抗 $Q_t$ が大きいと地盤が固く粒径が大きな砂質土と判定し、規準化周面摩擦比 $F_r$ が大きくなると土の粘性が大きな粘性土と判定することから、力学的挙動から土質を分類する手法である。また、図-5の土質分類図は、規準化間隙水圧比 $B_q$ が0の時は透水性の高い砂質土と判定し、 $B_q$ が大きくなると過剰間隙水圧が発生する粘性土と判定することから、透水性の挙動から土質を分類する手法である。

本調査地の土質性状について、Robertsonらが提案する2つの方法で評価した分類結果は概ね粒度試験に基づく柱状図と一致する結果となった。ただし、ここで留意すべきはGL-10.0m～GL-16.0mにおける土質区分である。すなわち $Q_t-F_r$ 関係と $Q_t-B_q$ 関係より判断される土質は、前者では5.砂混りシルト～シルト質砂であり、後者では6.シルト混り砂～きれいな砂となって異なる土質名称を与えることである。GL-10.0m～GL-16.0m区間の地盤は5と6の境界付近に分布しており、前述したようにCPTUによる土質判定と粒度試験のそれとの整合性が80%であることを考慮すれば、シルト混り砂～シルト質砂と判定して大きな誤りはないように思われる。

GL-24.0m以深は、SPT 試料による粒度試験から求めた柱状図では砂質シルト、Robertsonらが提案する土質性状分類では力学的・透水性分類ともに3.粘土～シルト混り粘土と判定され、3つの判定は上述したGL-10.0m～GL-16.0mにおける土質判定よりも違いが大きい。CPTUにおける間隙水圧測定が十分信頼性が高いものとするれば、このような相違をもたらす理由の一つは、同層中に含まれる細粒分、特に粘土分の混入量にあると考えられる。

5. まとめ

以上、砂～中間土に遷移する霞ヶ浦付近の地盤に対して実施したCPTU試験より、次のような成果を得た。

- (1) 粒度試験に基づく土質分類とCPTU試験の貫入特性から判断される土質分類は、概ね一致する。
- (2) 中間土地盤の場合、粒度の特性のみから土質を区分すると、透水性の挙動に関する判断を誤る可能性がある。地盤の力学的特性と透水性を考慮した土質分類が行えるRobertsonの土質性状分類法は有効と考える。
- (3) CPTUの間隙水圧測定は、地盤が排水層か非排水層かを判断する上で重要な情報を提供する。

【参考文献】

1) 地盤工学会, 中間土 砂か粘土か, ジオテクノート, 1994. 2) 地盤工学会, 地盤調査の方法と解説, pp.366-403, 2013. 3) 藤下利男, 松本一明, 堀江宏保, 小川富美子, 霞ヶ浦の土質調査および湖底土の土性について, 港湾技研資料 No.27, 1967. 4) P. K. Robertson, K.L. Cabal : Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 2015.

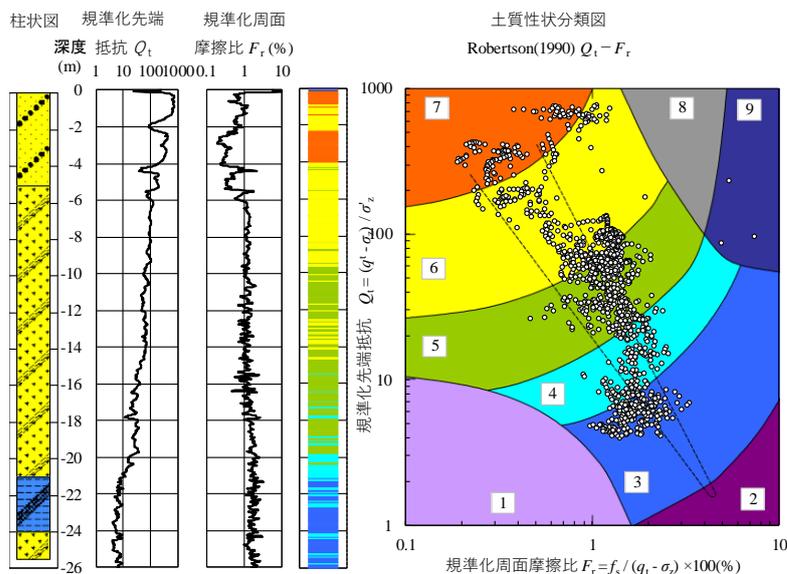


図-4 土質性状分類結果 ( $Q_t-F_r$  関係)

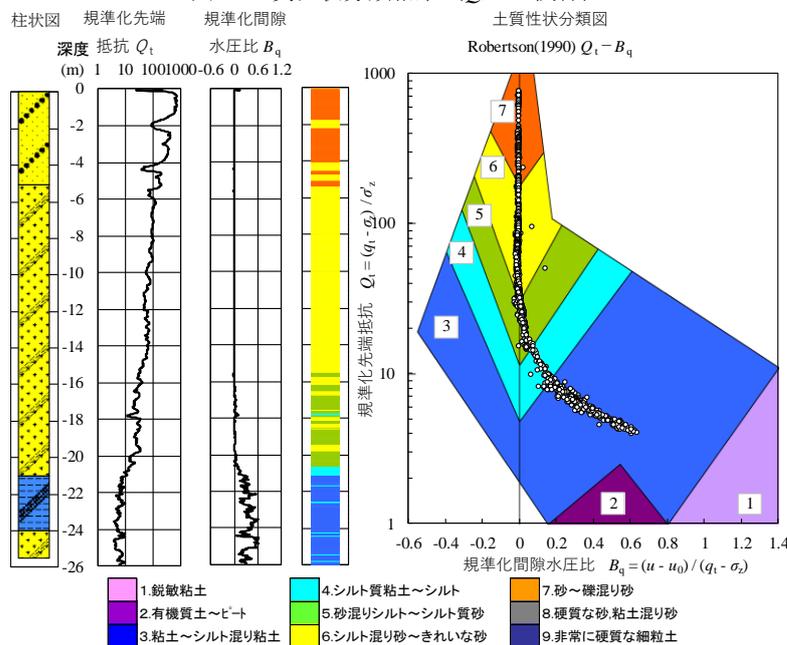


図-5 土質性状分類結果 ( $Q_t-B_q$  関係)