

## 電気式コーン貫入試験(CPTU)による海成粘土の圧密降伏応力の推定

CPTU 圧密降伏応力 海成粘土

ソイル&ロックエンジニアリング(株)	正会員	○石井正紀
同上	正会員	重富正幸
同上	正会員	松浦良信
同上	正会員	長澤 遼
同上	国際会員	後藤政昭
大阪市立大学大学院	国際会員	大島昭彦

### 1. はじめに

粘性土地盤上に構造物や盛土を構築する場合、粘性土層に作用する有効応力( $\sigma_v'$ )と圧密降伏応力( $p_c$ )の関係が  $\sigma_v' < p_c$  の場合は沈下による影響はあまり受けない。しかし、 $\sigma_v' \geq p_c$  となる場合は沈下による影響を受け易く、場合によっては構築した構造物や盛土に損傷が生じることなどがある。粘性土層の層厚や支持力は、ボーリング調査はもとより、スクリーウエイト貫入試験などの比較的容易に実施できるサウンディング試験で確認することができるが、一般に圧密特性を把握するためには乱れの少ない試料を現地よりサンプリングし、土の圧密試験を行う必要がある。土の圧密試験は10日程度の時間を要するため、広範囲にわたる調査や一次(概略)調査などの場合はコストと時間を考慮するとあまり得策ではない。

本報告は、主に海成粘土を対象とした大阪平野5地点で実施した電気式コーン貫入試験(CPTU)の結果と、その直近より採取した乱れの少ない試料による土の圧密試験から得られた  $p_c$  の関係を整理したものである。なお、本報告で示す地点①～⑤は、図-1に示すとおりである。



図-1 試験位置 (地理院地図 GSI Maps (こ一部加筆))

### 2. CPTU 結果

CPTU は、地盤に専用の貫入装置などで電気式コーンを静的貫入することにより、貫入時の(補正)コーン貫入抵抗( $q_t$ )、周面摩擦( $f_s$ )、間隙水圧( $u$ )を深度方向に連続的に得ることができる試験で、得られた三成分( $q_t, f_s, u$ )を用いて深度方向の土質の判別や様々な地盤定数の推定を行うことができる。

図-2は、5地点のCPTU結果( $q_t, u$ の深度分布図)である<sup>1)</sup>。地点①の深度分布図は、計3箇所実施した試験のうち、Ma13層で採取した試料にて土の圧密試験を実施した箇所の結果である<sup>2)</sup>。また、図-3はCPTUで得られたデータを用いてRobertsonらの土質分類チャート<sup>3)</sup>を基に作成した土質柱状図である。

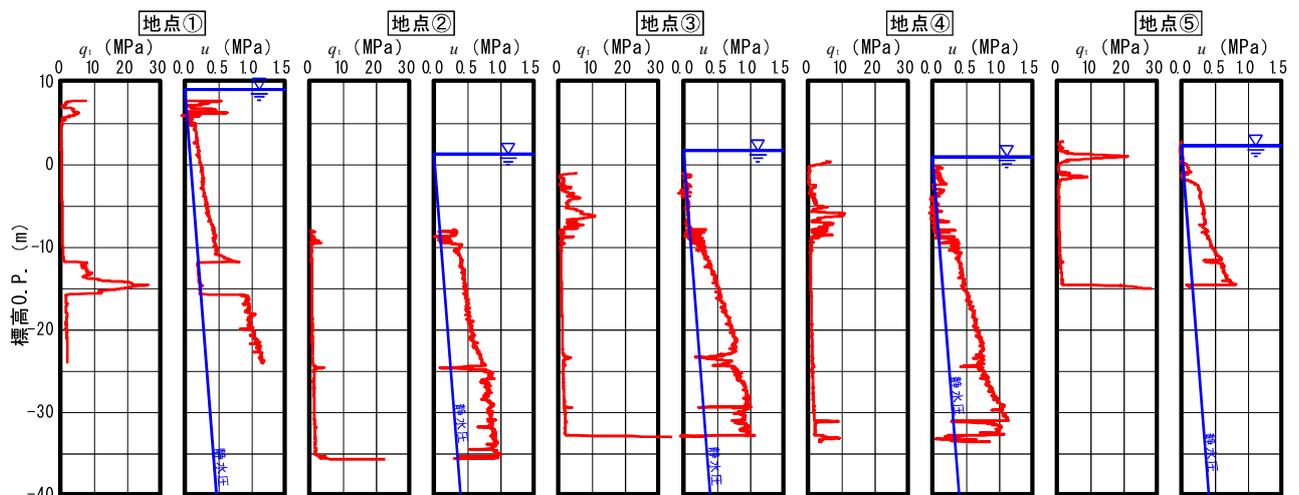


図-2 各地点のCPTU結果 ( $q_t, u$ の深度分布)

Estimation of consolidation yield stress of marine clay by electric cone penetration test (CPTU)

Masanori Ishii, Masayuki Shigetomi, Yohshinobu Matsuura, Ryo Nagasawa,  
Masaaki Goto Soil and Rock Engineering Co.,Ltd.  
Akihiko Oshima Osaka City University

全地点において、圧密沈下のリスクが懸念される沖積粘土層 (Ma13層, 正規圧密～やや過圧密状態) が存在し、地点⑤の Ma13層については室内土質試験結果などから鋭敏粘土であることが既往調査で判明している<sup>4)</sup>。図-3からもわかるように、Ma13層は上町台地の西側(海側)が水平かつ厚く、東側(陸側)が薄くなっており、CPTU結果からもその傾向は窺うことができる。地点①の Ma13層の上部には敷砂層を挟んで浚渫粘土が存在し(埋立地)、その浚渫粘土は未圧密状態であることが確認されている<sup>2)</sup>。

### 3. CPTU 結果と $p_c$ の関係

CPTU 結果を用いて  $p_c$  を求める関係式は数多く提案されており、① $q_t$ を用いた関係式、② $u$ を用いた関係式、③ $u$ と $q_t$ の比を用いた関係式などがある<sup>5)</sup>。本報告では①の $q_t$ と②の $u$ を用いた関係式に着目する。

なお、以降に順次示す図-4, 5には地点①にて試験を実施した計3箇所分のデータを全てプロットしている。

#### ① $q_t$ を用いた関係式

既往の研究によると、 $q_t$ と $p_c$ には相関関係があり、特に $q_t$ から全応力( $\sigma_{vo}$ )を減じた実効コーン貫入抵抗( $q_n = q_t - \sigma_{vo}$ )と $p_c$ には高い相関関係があり、 $q_n/p_c$ が3程度であることが報告されている<sup>5)</sup>。

図-4に示すように $q_n/p_c = 3.10$ の相関関係が得られており、これは既往研究とほぼ同等である。

#### ② $u$ を用いた関係式

既往の研究によると、 $u$ から静水圧( $u_0$ )を差し引いた過剰間隙水圧( $\Delta u = u - u_0$ )と $p_c$ にも相関関係があり、 $\Delta u/p_c = 1.8 \sim 2$ であることが報告されている<sup>5)</sup>。

図-5に示すように $\Delta u/p_c = 1.78$ の相関関係が得られており、こちらも既往研究とほぼ同等の関係である。

地点①の浚渫粘土は、自然堆積にて形成された粘土と異なり、形成される浚渫土砂や埋立方法(排砂管からの距離)などの差違により土質性状が不均質である。未圧密状態の浚渫粘土の乱れの少ない試料のサンプリングは、埋立完了からの経過時間や形成される土質によっては困難で、場合によっては室内での力学試験の供試体として用いることができない場合がある。また、サンプリングされた試料は応力解放や現地から試験室への運搬時に大きく乱れるケースがある。このことから、現場試験のみで圧密特性が把握できる CPTU は埋立地盤での調査において非常に有用であると考えられる。

### 4. まとめと今後の課題

以上の結果より、CPTUより得られる結果( $q_n$ ,  $\Delta u$ )と $p_c$ には既往の研究結果と同等の関係が得られることがわかった。しかし、この関係が普遍的な関係であるか否かは現時点では不明である。今後更なるデータの収集に努め、この関係の信頼性の向上並びに普遍的な関係であるかの判断を行う必要があるものと考えられる。

CPTUにおいて、任意の深度にて貫入を止め、コーン貫入時に発生する過剰間隙水圧の経時変化を断続的に測定する、いわゆる消散試験は試験時間が長時間となることや結果の解釈が複雑であるなどのデメリットがあるものの、圧密係数や圧密度を現地にて比較的容易かつ室内試験に比べ迅速に得ることができる。このことも考慮すると、広範囲にわたる調査や一次(概略)調査などの調査において、現場試験のみで圧密特性を把握できる CPTU は非常に有用な手段の1つではないかと考える。

#### 参考文献

- 1) 坂口ほか: 大阪市港区弁天6での地盤調査一斉試験(その1: 調査概要とボーリング調査), 第57回地盤工学研究発表会(投稿中), 2022.7
- 2) 大島ほか: 夢洲2区(万博用地)の浚渫粘土層の土質特性, 第57回地盤工学研究発表会(投稿中), 2022.7
- 3) 公益社団法人 地盤工学会: 地盤調査の方法と解説, pp.391-392, 2013.3
- 4) 重富ほか: 東大阪市西岩田地区での地盤調査結果(その3: CPTUによる鋭敏粘土の検出), 第55回地盤工学研究発表会, 2020.7
- 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 地盤環境研究室論文集 別冊 第1集, 東亜建設工業(株) 技術研究所, pp.51-54, 2004.3

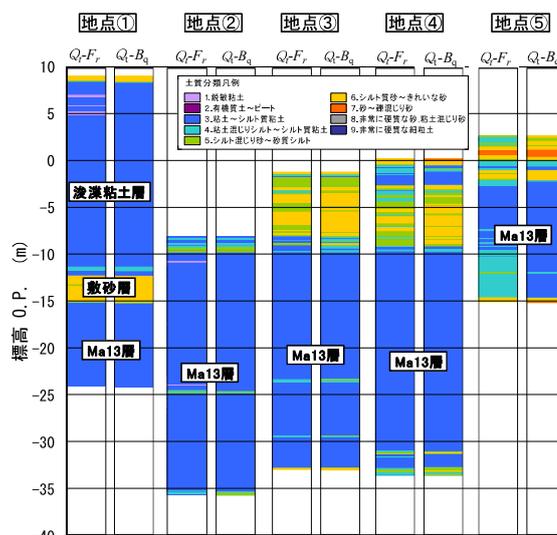


図-3 CPTU 結果による土質柱状

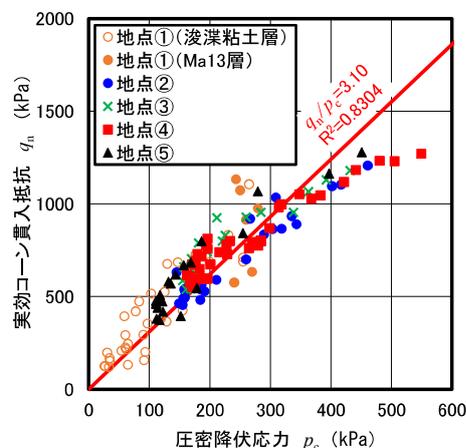


図-4  $q_n$  と  $p_c$  の関係

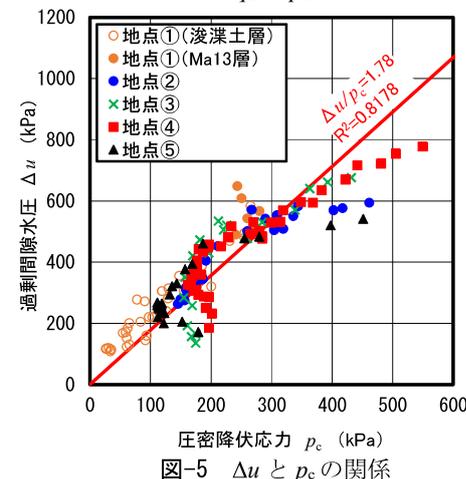


図-5  $\Delta u$  と  $p_c$  の関係