

## 北海道の泥炭に対する CPT の適用 — 動向と今後に向けて —

Application of Electric Cone Penetration Test in soft peat ground of Hokkaido

高橋 秀彰 (たかはし ひであき)  
㈱ドーコン 地質部 主任技師左近 利秋 (さこん としあき)  
㈱ドーコン 地質部 担当次長

## 1. はじめに

北海道の泥炭地盤において非排水せん断強さを求める際には、古くから機械式コーン貫入試験 (CPTM) が用いられている。これは、盛土の破壊事例と原位置ペーセン断試験によって求められたせん断強さとの関係から、 $c_u = 1/20q_c$  の関係が確立されていることが背景にある (ここに  $c_u$  は泥炭地盤の非排水せん断強さ、 $q_c$  は CPTM によるコーン先端抵抗)<sup>1)</sup>。また、湿地のような軟弱な場所にも簡易な装置で試験が可能であることや、一軸圧縮試験では泥炭は粘性土と異なり試験中に排水が生じ非排水条件を担保できず信頼性が低いことなども理由となり、CPTM が広く普及したものと推察される。

一方、電気式コーン貫入試験 (CPT) に関しては、ロードセルの容量に対して測定する泥炭層の強度が極めて小さく、温度誤差等の影響を大きく受けてしまうこと等から、これまであまり普及していないのが現状である。

近年、泥炭地盤上の盛土工事における施工管理の際に、簡易に土層判別と強度確認ができる手法として CPT が注目されつつあり、その動向と今後の展望を紹介する。

## 2. 近年の泥炭地盤上の盛土工事の問題点

北海道では代表的な泥炭分布域である石狩低地帯において、遊水地堤防の整備等の大規模な盛土工事が実施されている。これらの堤防盛土の整備においては、盛土材料に河道掘削や遊水地内掘削による現地発生土を使用している。主な発生材は軟弱粘性土であり、曝気乾燥や砂混合による土質改良を行い盛土材料として使用されるが、1 層目から難透水性の盛土材料を施工することで、基盤表層からの排水性を確保することが課題となっている。

排水性確保にはサンドマット等の表層処理が有効であるが、泥炭地盤上の堤防盛土では、平成15年の十勝沖地震等において、圧密沈下により地下水位面以下にめり込んだ盛土材料が液状化し大きな被害を受けたことから、「河川構造物の耐震性能照査指針・解説」<sup>2)</sup>において、めり込み部分の液状化検討が必要との改定がなされており、地下水位が高く、大きな沈下が想定される泥炭地盤ではサンドマット等の砂質材料は用いられていない。

実際の施工においても、設計時に地表面排水を想定していた泥炭層の過剰間隙水圧の消散の遅れや、基盤の過剰間隙水圧上昇に伴う盛土内水位の上昇が問題となっており、施工管理に際して盛土や基盤の強度を簡易に確認

できる CPT が期待されている。

## 3. CPT の泥炭地盤への適用性

泥炭の非排水せん断強さ  $c_u$  を室内試験等から直接測定することは現時点では困難であり、CPT においても CPTM により得られた非排水せん断強さ  $c_u$  ( $c_u = 1/20q_c$ ) を基準としている。「泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル」<sup>3)</sup>においては、CPTM による  $q_c$  と、CPT による  $q_c$  を水圧補正した補正コーン先端抵抗  $q_t$  はほぼ一致することから、CPT においても  $c_u = 1/20q_t$  の相関式を用いてよいとされている。しかし、これは泥炭の単位体積重量が小さいため、通常泥炭が分布する表層付近にて土被りによる全応力  $\sigma_{v0}$  は無視できる場合に限られるものであり、盛土直下等で土被りによる全応力  $\sigma_{v0}$  が無視できない場合では、応力補正を実施した実効コーン貫入抵抗  $q_n$  ( $q_n = q_t - \sigma_{v0}$ ) による検討が必要となるであろう (式(1))。

$$c_u = (q_t - \sigma_{v0}) / N_{kt} = q_n / N_{kt} \dots \dots \dots (1)$$

CPT から得られたコーン先端抵抗と周面摩擦から土質区分を判別する方法としてロバートソンの土質分類図がある。既往の研究では粘性土、砂層地盤等を対象とした調査ではその有効性が数多く報告されているが、泥炭地盤における事例は極めて少ない。澤井ら<sup>4)</sup>は北海道の3地点の泥炭地盤における土層判定結果から、泥炭が粘土やシルト質粘土と判定されることがあり、その精度は低いことを報告している。

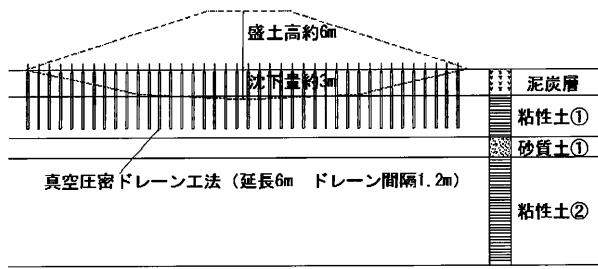
## 4. 泥炭地盤における CPT 適用例

泥炭地盤上で真空圧密ドレーン工法を併用した堤防盛土工事を実施中の現場で CPT を実施した。実施個所の地盤の物性のうち、泥炭層の含水比は最大1000%以上で概ね500~700%程度である (表—1, 口絵写真—3 (<http://urx.nu/bmG4>))。下位の粘性土は有機物をほとんど含まず、その境界は比較的明瞭である。

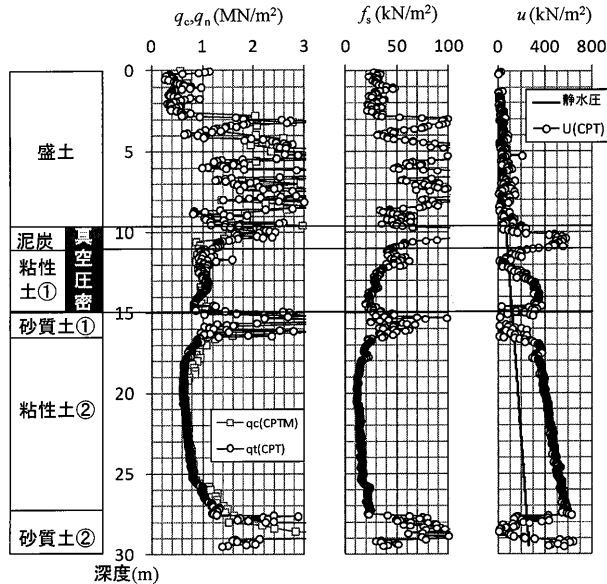
CPT は素地部と真空圧密を併用した盛土天端部 (真

表—1 調査地点の地盤の物性値

|                              | 泥炭        | 粘性土①      | 粘性土②      |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 含水比 $w_n(\%)$                | 300~1040  | 40~75     | 45~70     |
| 湿潤密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$ | 0.91~1.06 | 1.60~1.76 | 1.58~1.73 |
| 強熱減量 $L_d(\%)$               | 50 ~ 93   | 5 ~ 10    | —         |



図一 1 施工断面図

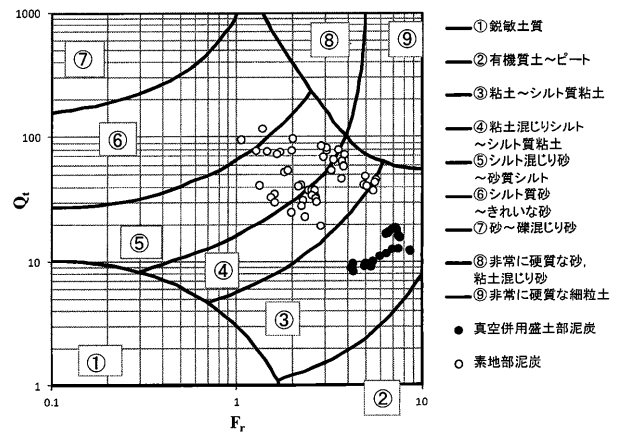


図一 2 真空圧密併用盛土天端部における CPT と CPTM の比較

空稼働中)で実施した。盛土は高さ約 6 m, 天端幅 9.1 m, のり勾配 4 割の形状で, 沈下量約 3 m を含めた盛土厚は 9 m 程度であった。真空圧密は改良深度 6.0 m, ドレイン間隔 1.2 m の正方形配置で泥炭層及び粘性土層①を対象に実施している(図一 1)。

真空圧密併用盛土の天端で実施した CPT 結果をみると, 真空圧密区間の中心深度付近(粘性土の改良区間)で間隙水圧  $u$  が大きく低下している部分がみられた(図一 2)。これは, 真空圧密工法による地盤内の間隙水圧低下が影響している可能性がある。一方, 泥炭層の改良域は間隙水圧が大きくなっており, 全く異なる傾向を示している。

土層判定については, 直近でピートサンプリングを実施し, 泥炭層を確認できた深度のデータをロバートソンの土質分類図にプロットした(図一 3)。その結果, 素地部, 盛土天端部ともにほとんどのデータは有機質土と判定されず粘土〜シルト質粘土として誤判定された。従来報告されていた結果と類似しており, 今後泥炭層の土



$$Q_t = \frac{(q_t - \sigma_{v0})}{\sigma_{v0}}, \quad F_r = \frac{f_s}{(q_t - \sigma_{v0})} \times 100 (\%) \quad (1)$$

ここに,  $Q_t$ : 基準化した先端抵抗

$F_r$ : 周面摩擦比

$f_s$ : 周面摩擦抵抗

図一 3 泥炭層のロバートソンの土質分類図<sup>5)</sup>による判定結果

質判定に向けた分類境界線の改善が必要である。

## 5. 泥炭地盤における CPT の今後の展望

CPT により盛土下の泥炭層や粘土層を確実に区分し, 強度を評価するためにはまだ課題が多いのが現状である。しかし, 真空圧密工法では, CPT は負圧による強度増加挙動やポンプ停止に伴う間隙水圧の変化による強度の変遷を推定できる可能性があり, CPTM 以上に有効な手法となりうる。また, 掘削調査を要せず, 簡易に短時間で盛土下の泥炭層の強度確認ができれば, 泥炭地盤上の盛土施工管理を大きく進歩させる可能性がある。

今後は, 盛土下や真空圧密時における実効コーン貫入抵抗  $q_n$  に対応したコーン係数  $N_{kt}$  の検討や泥炭の土質分類手法の確立を進めていきたい。

## 参 考 文 献

- 1) 地盤工学会: 地盤調査の方法と解説, p. 361, 2011.
- 2) 河川構造物の耐震性能照査指針・解説 II. 堤防編, 国土交通省水管理・国土保全局治水課, pp. 5~7, 2012.
- 3) 土木研究所寒地土木研究所: 泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル, pp. 21~53, 2011.
- 4) 澤井健吾・西本 聡・林 宏親: 泥炭性軟弱地盤における電気式静的コーン貫入試験の適用, 第50回地盤工学シンポジウム, pp. 7~12, 2005.
- 5) 地盤工学会: 地盤調査の方法と解説, pp. 391~392, 2011.

(原稿受理 2015.11.16)