

## 北海道新篠津村での地盤調査一斉試験（その5：RI-CPTの適用事例）

RI-CPT 泥炭地盤 含水比

ソイルアンドロックエンジニアリング(株)

正会員 ○野間拓也

同上

正会員 石井正紀

同上

正会員 重富正幸

同上

正会員 長澤 遼

大阪公立大学大学院 国際会員 大島昭彦

## 1. はじめに

北海道には泥炭性軟弱地盤（以後、泥炭地盤と記す）が広く分布しており、その面積は約 2,000 km<sup>2</sup> に及ぶといわれている<sup>1)</sup>。この泥炭地盤の非排水せん断強さなどを求める際には、通常、機械式コーン貫入試験が行われており、北海道では泥炭地盤における代表的なサウンデウィング試験として広く知られている<sup>2)</sup>。一方、泥炭地盤を対象とした電気式コーン貫入試験（以降、CPTUと記す）を含むRIコーン貫入試験（以後、RI-CPTと記す）の適用例は、筆者らが知る限り事例が少なく、知見に乏しいのが現状である。今回、北海道新篠津村の某ピートモス工場敷地内で実施したRI-CPTの計測データより泥炭地盤の諸物性値を得ることができた。なお、本試験位置ではボーリング調査をはじめ、様々なサウンデウィング試験が行われており<sup>3)</sup>、地表面～GL.-5.0 mが泥炭層、GL.-5.0 m～GL.-25.5 mが薄層の砂質土層が所々に挟在する沖積粘性土層であることが確認されている。なお、試験時の地下水位はGL.-1.30mであった。

本稿は、RI-CPTの計測結果から得られる泥炭地盤の諸物性値のうち、特に含水比 $w$ について報告するものである。また、RI-CPTにて計測する自然ガンマ線強度（バックグラウンド、以降BGと記す）の計測結果を用いて泥炭層（有機質土層）判定の可能性についても報告する。

2. RI-CPT 概要および $w$ の算出方法

RI-CPTは、CPTUにて計測されるコーン貫入抵抗 $q_c$ 、周面摩擦抵抗 $f_s$ 、間隙水圧 $u$ に加え、RI密度計コーンプローブおよびRI水分計コーンプローブによりそれぞれ湿潤密度 $\rho_t$ 、 $w$ （実際は等価含水量 $\hat{\rho}_m$ を計測する）を連続的に計測することができる。RI密度計コーンプローブによる $\rho_t$ の計測では、ガンマ線源を内蔵していないBGコーンを用いて、BG計測を行う必要がある。RI水分計コーンプローブによって計測される $\hat{\rho}_m$ は、土の含水比試験で求められる工学的水分量 $\rho_m$ だけでなく、土中に存在する吸着水や結晶水なども含めた全ての水分量である。これら $\rho_m$ 以外の水分が含まれる割合は土質毎に異なる。これを補正する係数を水分補正係数 $\alpha$ と呼び、計測した $\hat{\rho}_m$ はこの $\alpha$ を用いて $\rho_m$ に補正しなければならない。

今回の泥炭地盤の $w$ は、次に示す2通りの手法で求め、結果の比較を行った。1つ目の手法は、RI-CPTの計測結果を用いて寒地土木研究所（以降、寒地土研と記す）の提案する式にて $w$ を算出する手法である。寒地土研によると、泥炭地盤の自然含水比 $w_n$ は乾燥単位体積重量 $\gamma_d$ との間に $\gamma_d=94.1/(w_n+48.1)\times 10$  (kN/m<sup>3</sup>)の関係があるとしている<sup>1)</sup>。この関係とRI-CPTの計測結果である $\rho_t$ を用いて $w$ を算出する。本稿ではこの手法で算出した含水比を $w_{寒}$ と記す。

もう1つの手法は、RI-CPTにより計測した $\rho_t$ と $\rho_m$ （ $\hat{\rho}_m$ を $\alpha$ で補正した値、 $\rho_m=(\hat{\rho}_m-\alpha\rho_t)/(1-\alpha)$ ）から $w$ を算出する手法である。本稿ではこの手法で算出した含水比を $w_{RI}$ と記す。

因みに今回、泥炭地盤より下に存在する薄層の砂質土層を所々に挟在する沖積粘性土層は、地下水位以深であることから飽和度 $S_r=100\%$ となる。この条件下において沖積粘性土層の $w$ は、RI-CPTで計測した $\rho_t$ と土粒子の密度 $\rho_s$ （今回は、 $\rho_s=2.65$  g/cm<sup>3</sup>を用いた<sup>4)</sup>）を与えることにより算出している。

## 3. 結果および考察

図-1に今回実施したRI-CPTの計測結果を示す。同図には、近傍で実施したボーリング調査により得られた柱状図を併記している。RI-CPT（CPTU）の計測結果からRobertsonの土質分類チャート（以降、SBTチャートと記す）<sup>5)</sup>を基に作成した柱状図は、泥炭層を除けばボーリング調査により得られた柱状図と遜色なく、むしろ詳細に把握できていることがわかる（両者の泥炭層の差異については後述する）。泥炭層および沖積粘性土層のRI-CPTにより計測された $\rho_t$ とサンプリングした乱れの少ない試料の $\rho_t$ は、非常によく一致している。

図-2は、炉乾燥含水比 $w_{炉}$ と前章にて示した2通りの手法で算出した $w_{寒}$ 、 $w_{RI}$ の相関図である。同図には前章に示した手法で算出した沖積粘性土層の $w$ についても併記している。

沖積粘性土層については、RI-CPT計測結果と $w_{炉}$ とほぼ一致しており、採用した手法が適切であったと考える。泥炭層の $w_{炉}$ と $w_{寒}$ 、 $w_{RI}$ は、 $w_{炉}\geq w_{寒}>w_{RI}$ の関係が窺える。 $w_{RI}$ を算出するために必要な $\alpha$ は、泥炭地盤の場合、通常の土質に比べ性状にばらつきが大きいため（強熱減量や $\rho_s$ など）、 $\alpha$ の設定が非常に困難となる。これらを考慮すると、RI-

Site Investigations at Shinshinotsu Village,  
Hokkaido (Part 5: Apply of RI-CPT)

Takuya Noma, Masanori Ishii, Masayuki Shigetomi, Ryo  
Nagasawa, Soil and Rock Engineering Co.,Ltd.  
Akihiko Oshima, Osaka Metropolitan University

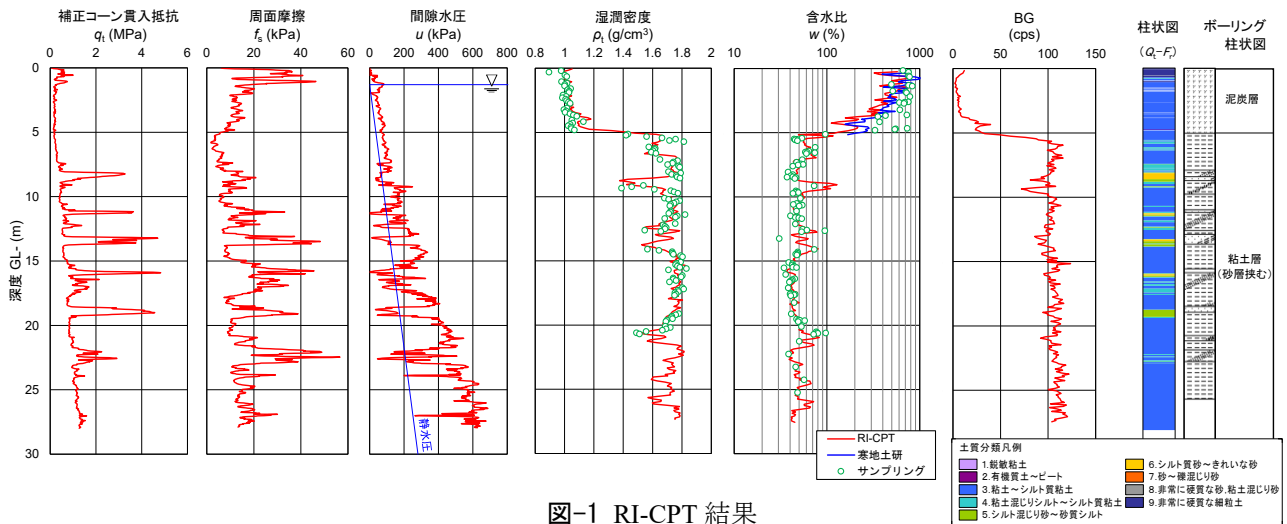


図-1 RI-CPT結果

CPTにおいて $\rho_t$ を計測できれば、 $w$ はこの $\rho_t$ と寒地土研が提案する式を組み合わせる手法が妥当ではないかと考える。また、この手法を用いれば、RI水分計コーンプローブの貫入を省略することができるため、現場作業の効率化、迅速化にも繋がるという利点がある。

因みに、泥炭層の $w$ を沖積粘性土層の $w$ と同様の手法( $S_r=100\%$ とし、 $\rho_s$ を設定して計測した $\rho_t$ から算出する方法)を適用して算出しても泥炭地盤では $\alpha$ 同様、 $\rho_s$ のばらつきが大きく、 $w$ もこのばらつきを反映する結果となり、正しく評価することは困難である。

前述したように、ボーリング調査結果で泥炭層(有機質土層)と判断した区間において、SBTチャートでは概ね「粘土～シルト質粘土」に分類され差異が生じている。そもそもSBTチャートは、欧米の飽和した地盤を対象として実施したCPTUの結果を基に作成、提案されたものである。今回計測した泥炭地盤(有機質土)と欧米の有機質土では繊維質の分解程度に差異があり(泥炭を含む国内の有機質土は未分解の繊維質を多く含み、これが $q_c$ に影響を与えていると考える)、現行のSBTチャートを国内の土層に適応すれば土質分類に何らかの差異(ズレ)が生じる可能性は否めないのではないかと考える。

ここで、図-1のBGの深度分布に着目すると、泥炭層区間のカウント数は沖積粘性土層区間のカウント数に比べ明らかに低い値を示している。BG計測において計測される主なガンマ線は、土中のカリウム40から放出されているものである。泥炭層のBGカウント数が沖積粘性土層のそれに比べ低いのは、泥炭地盤の主成分が有機物であること、すなわち土に含まれるカリウム40の賦存量が極端に少ないことに起因しているものとする。このことから、CPTUの計測結果からでは土質分類が困難な泥炭層(有機質土)については、RI-CPTにおけるBG計測結果が土質分類方法の1つとなり得るのではないかと考える。

4. まとめ

RI-CPTにおいて $\rho_t$ を計測できれば、寒地土研が提案する式により泥炭地盤の $w$ を比較的正確に算出できる可能性が示された。また、CPTUの計測結果からでは土質分類が困難な泥炭層(有機質土)についても、RI-CPTにて計測するBGで分類できる可能性が示された。これらのことから、高品質なサンプリングが難しい泥炭地盤において、現場試験のみで物理特性を把握できるRI-CPTは、泥炭地盤の地盤調査において有用な試験の1つであるとする。今後は、泥炭地盤(有機質土)での更なるデータ収集に努め、日本国内の土層(有機質土)に見合うよう、現行のSBTチャートの一部修正も検討していく所存である。

参考文献

- 1) 国立研究開発法人 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, 2017.
- 2) 林 宏親: 機械式コーン貫入試験のJIS改正における留意点と電気式コーン貫入試験について, 寒地土木研究所月報 No.734, pp.24-27, 2014.
- 3) 中野ほか: 北海道新篠津村での地盤調査一斉試験(その1: 調査概要とボーリング結果), 第58回地盤工学研究発表会(投稿中), 2023.
- 4) 田村ほか: 北海道新篠津村での地盤調査一斉試験(その2: 泥炭・粘土層の土質特性), 第58回地盤工学研究発表会(投稿中), 2023.
- 5) P. K. Robertson: Soil classification using the cone penetration test, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol.27, No.1, pp.151-158, 1990.

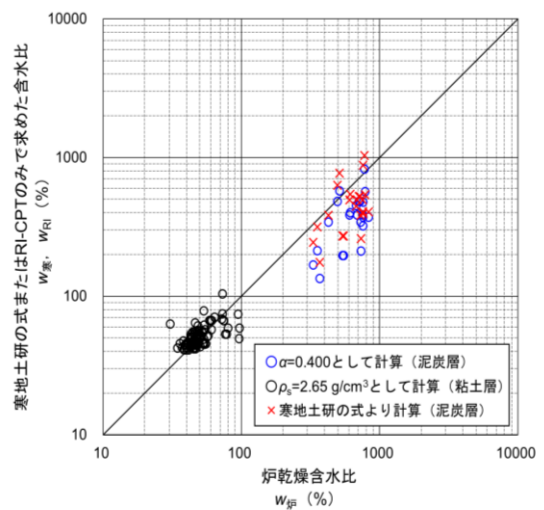


図-2  $w_{RI}$ と $w_{寒}$ ,  $w_{RI}$ の相関図