

## 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5:斜め下方 RI-CPT 結果の評価)

RI-CPT 斜め下方貫入 湿潤密度

ソリアント・ロックエンジニアリング(株)	正 会 員	○長澤 遼
同上	正 会 員	重富正幸
同上	正 会 員	松浦良信
日本物理探査(株)	正 会 員	岡嶋眞一
日揮(株)	国際会員	深沢 健
大和探査技術(株)		糸井理樹

## 1. はじめに

電気式コーン貫入試験(以降, CPTU と記す)は, ボーリング調査に比べ, 迅速かつ原位置にて力学, 物理特性を把握することができ, 地盤調査, 土構造物およびその下位の地盤などの現状調査において有効な手段である。しかし, 現時点で CPTU は鉛直下方貫入が前提である。斜め下方貫入が可能となれば, その活用範囲は格段に広がるものと考えられる。

本研究は, CPTU の新たな可能性を見出すことを目的とし, 鉛直(90°)貫入が前提である CPTU を斜め下方(75°, 60°, 45°)に貫入し, 斜め下方へ貫入するための方法や所要時間, 鉛直貫入や室内土質試験結果等との比較などを行った。

本稿(その5)では, CPTU とともに実施したラジオアイソトープコーン貫入試験(以降, RI-CPT と記す)の概要を詳述するとともに, 鉛直貫入と斜め下方貫入における結果(湿潤密度, 含水比)の対比や標準貫入試験より得られた試料や乱れの少ない試料にて実施した室内土質試験結果と対比した結果について報告する。

今回実験を行った地盤の層序は, 近傍でのボーリング調査結果と CPTU 計測結果<sup>1)</sup>より地表から GL.-3.90m まで盛土, その下部に層厚 0.35m の有機質土が存在し, GL.-4.25m~GL.-6.00m は砂質土層で, GL.-6.00m 以深は非常に軟らかい粘性土であった(図-2 に示す柱状図参照)。なお, 試験実施時の地下水位は GL.-1.99m であった。地盤の層序を含め実験場所等の実験概要の詳細は, 参考文献2)を参照されたい。

## 2. RI-CPT 概要

RI-CPT は, CPTU で計測する先端抵抗  $q_c$ , 周面摩擦  $f_s$ , 間隙水圧  $u$  に加えて, ガンマ線源を利用した後方散乱型 RI 密度計コーンプローブにより湿潤密度  $\rho_w$ , 中性子線源を利用した散乱型 RI 水分計コーンプローブにより含水比  $w$ (含水量)を連続的に計測することが出来る。

後方散乱型 RI 密度計コーンプローブは, ガンマ線源コーンに内蔵したセシウム 137(<sup>137</sup>Cs)から放出されたガンマ線のうち, 地中を通過して検出部に到達したガンマ線の強度と湿潤密度の関係から, 地盤の湿潤密度の深度分布を計測する。図-1 に示すガンマ線源コーン+密度計プローブで線源由来のガンマ線強度+BG(バックグラウンド: 自然放射線強度)計測を行い, 別途密度計プローブ+BG コーン(ガンマ線源を内蔵していないコーン)で BG を計測し, その差分の線源由来のガンマ線強度から湿潤密度を求めるものである。

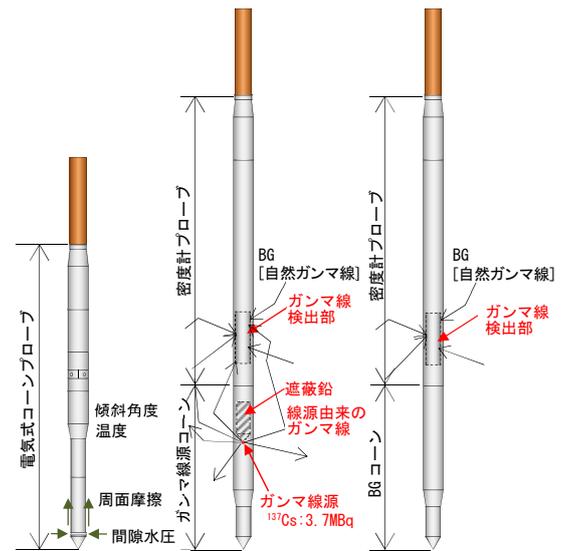


図-1 CPTU および RI-CPT 概略図

本実験においては, 電気式コーンプローブによる CPTU を実施後, 同一孔にてガンマ線源コーン+密度計プローブによるガンマ線密度検層, BG コーン+密度計プローブによる BG 検層を実施した。また, 含水比(含水量)の計測は, 通常カリホルニウム 252(<sup>252</sup>Cf)の中性子線源を用いた散乱型 RI 水分計コーンプローブにて行う。ただし, 今回は地下水位が比較的高いことから, 後方散乱型 RI 密度計コーンプローブの貫入により得られた湿潤密度に土粒子の密度を設定し, 飽和条件(通常, 飽和度  $S_r=100\%$ )から含水比を算出した。

## 3. 鉛直貫入と斜め下方貫入の比較

図-2 は, RI-CPT で計測した鉛直(90°)貫入および斜め下方貫入(75°, 60°, 45°)の湿潤密度, 含水比の深度分布である。図中の補正深度は, CPTU の貫入時の傾斜角度にて補正した鉛直深度である。この図には, 標準貫入試験により得られた乱した試料の炉乾燥含水比, 別孔にてサンプリングした乱れの少ない試料の湿潤密度, 炉乾燥含水比をプロッ

Studies on inclined downward penetration of CPT (Part 5 : Evaluation of radioisotope cone Penetration test results) Ryo Nagasawa, Masayuki Shigetomi, Yoshinobu Matsuura Soil and Rock Engineering Co.,Ltd. Shinichi Okajima Nippon Geophysical Prospecting Co.,Ltd. Takeshi Fukasawa JGC Corporation. Yoshiki Itoi Daiwa Exploration & Consulting Co.,Ltd.

トしている。ただし、ボーリング柱状図に示す砂質土層の乱れの少ない試料の湿潤密度、含水比は、室内試験より得られた乾燥密度と土粒子の密度を基に算出した飽和密度、飽和含水比である。RI-CPT で計測した湿潤密度から含水比を算出する際に使用した土粒子の密度は、有機質土層を  $2.30\text{g/cm}^3$ 、それ以外を  $2.65\text{g/cm}^3$  とした(室内土質試験結果より)。

図-3 は、RI-CPT で計測した鉛直(90°)貫入と斜め下方貫入(75°, 60°, 45°)の湿潤密度と含水比(深度0.5m 毎の平均値)の比較図である。

図-2, 3 より、湿潤密度、含水比とも地表から GL.-3.90m までの盛土層と GL.-3.90m~GL.-4.25m の有機質土層で貫入角度による差異が窺えるが、これは、貫入角度の影響ではなく、試験位置(貫入箇所)の土質材料などの差異が原因と考える。GL.-4.25m 以深は、貫入角度に関係なく良く一致しており、貫入角度による計測値への影響はほとんどないものとする。

#### 4. 室内土質試験結果との比較

図-4 上段は、図-2 に示すボーリング柱状図のうち、GL.-4.25m 以深の砂質土層と粘性土~シルト層より採取した乱れの少ない試料の(飽和)密度と RI-CPT で計測した各貫入角度の湿潤密度の比較図である。図-4 下段は、乱れの少ない試料および乱した試料の(飽和)含水比と RI-CPT で計測した各貫入角度の含水比の比較図である。

密度については、貫入角度および土質に関係なくほぼ  $\pm 0.05\text{g/cm}^3$  の範囲内に分布している。即ち、RI-CPT で計測した湿潤密度は貫入角度、土質に関わらず、乱れの少ない試料の(飽和)密度と同等であると言える。含水比についても、乱した試料の有機質土層と砂質土層に相当する結果に差異が見られることを除けば、貫入角度の違いによる差異は見られなかった。有機質土層の差異は、試験位置と試料採取位置の性状の差異によるものとする。砂質土層については、先に示すように乱した試料の含水比が RI-CPT により計測した含水比より約 10% 低くなっているものの、乱れの少ない試料の含水比とは非常に良く一致している。このことから乱した試料の採取を行うための標準貫入試験では、SPT サンプラーを動的貫入した際の試料圧縮による脱水や、SPT サンプラーを地上に引き上げる際のサンプラー内の試料からの逸水があり<sup>3)</sup>、これが原因となり乱した試料の両試験(RI-CPT、室内試験)から得られる含水比に差異が生じているものとする。

#### 5. まとめと今後の課題

斜め下方貫入による RI-CPT 計測結果は、地点間の土層性状の差異を除けば、鉛直貫入による RI-CPT 計測結果と差異がないことが確認できた。また、盛土層、有機質土層を除く乱れの少ない試料の室内土質試験結果と非常によく一致していることが確認できた。今回実験を実施した地盤は、軟弱な粘性土層が大半を占め、SPT サンプラーを地上に引き上げる際に含水比が低下し易い砂質土層が薄層であった。今後は、今回実験を行った地盤よりも強固な地盤(N 値が比較的高く、多少の礫分を含むような地盤)や砂質土層が主体の地盤を対象に斜め下方貫入による試験を実施し、今回確認した事象を改めて検証していく必要がある。

#### 参考文献

- 1) 山本伊作, 岡信太郎ほか: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 CPT 結果の評価), 第 53 回地盤工学研究発表会(投稿中), 2018.7
- 2) 北條豊, 松浦良信ほか: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, pp.416-419, 2017.11
- 3) 越山賢一:砂質土の標準貫入試験試料の含水比に対する検討, 全地連「技術 e-フォーラム 2006」名古屋, 論文 No.76, 2006.

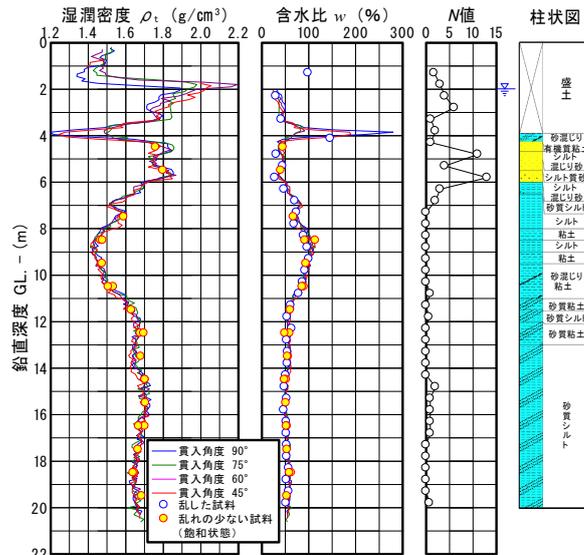


図-2 RI-CPT 計測結果とボーリング調査結果

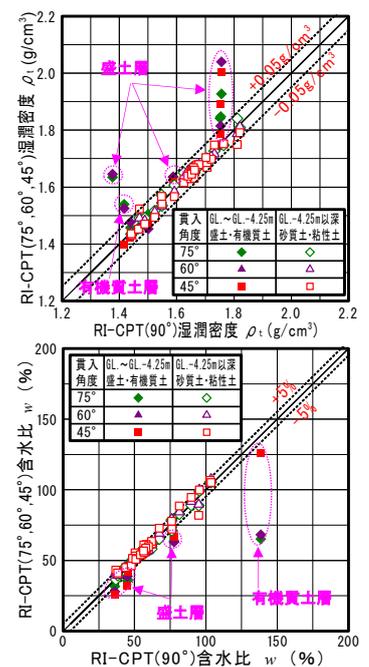


図-3 鉛直貫入と斜め下方貫入との比較

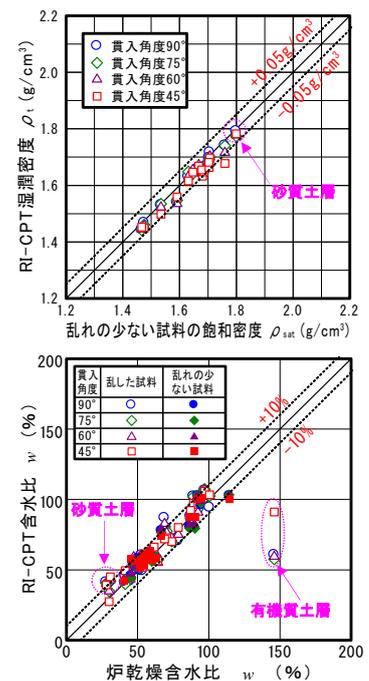


図-4 RI-CPT と室内土質試験結果との比較