

電気式コーン貫入試験の斜め下方貫入への試み(その 4:ラジオアイソトープコーン貫入試験結果)

RI-CPT 斜め下方貫入 含水比

ソリアント・ロックエンジニアリング(株)	国際会員	○後藤政昭
(株)日さく	正会員	石川恵司
(株)アサノ大成基礎エンジニアリング	正会員	大森将樹
(株)地圏総合コンサルタント	特別会員	野口浩承
北海道土質試験協同組合	特別会員	中川範彦
(株)地盤試験所	正会員	金道繁紀
川崎地質(株)	正会員	黛 廣志
中央大学	国際会員	齋藤邦夫

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を実施する上で有効な手段である。しかし、現時点での貫入方法、結果の解釈は、鉛直下方貫入が前提である。CPTU の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（例えば、供用中の道路盛土の法肩や盛土小段からの調査あるいは橋脚間地盤の状況調査など）。

本試験では、鉛直（90°）および斜め下方（75°、60°、45°）貫入の CPTU を実施し、実際に斜め下方に貫入する方法や試験に要する時間等の確認や問題点の抽出、鉛直貫入と斜め下方貫入における試験結果の比較検討や室内土質試験結果などとの比較検討を行った。

本稿（その 4）においては、上記 CPTU と同一孔で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）結果（湿潤密度、含水比）を近傍にて実施した標準貫入試験により得られた試料や、近傍の別孔にてサンプリングした乱れの少ない試料にて実施した室内土質試験結果を対比した結果について報告する。

なお、試験位置等の試験概要の詳細は、参考文献 1）を参照されたい。また、本稿（その 4）における RI-CPT 結果は、参考文献 1）の試験位置図に示されるボーリング調査近傍にて実施したものである。

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 ρ_v 、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}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と 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、その差分である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。

本試験においては、図-1 に示す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}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、今回は後述するが地下

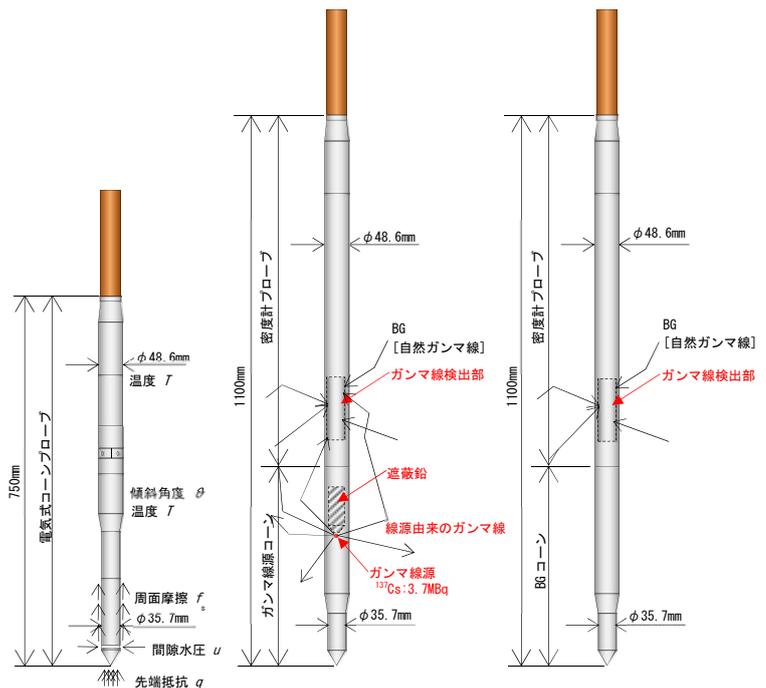


図-1 電気式コーンプローブおよび RI 密度計コーンプローブ概略図

An attempt to inclined downward penetration of electric cone penetration test (Part 4 : Result of Radio-Isotope Cone Penetration Test)

Masaaki Goto Soil and Rock Engineering Co.,Ltd. ,Keiji Ishikawa NISSAKU Co.,Ltd.
 Masaki Oomori ASANO TAISEIKISO ENGINEERING Co.,Ltd.
 Hirotsugu Noguchi Chi-ken Sogo Consultants Co., Ltd.
 Norihiko Nakagawa Hokkaido Soil Research Cooperative Association.
 Shigeki Kondo Jibanshikenjo Co.,Ltd.
 Hiroshi Mayuzumi Kawasaki Geological Eng. Co.,Ltd.
 Kunio Saito Chuo University

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. 試験結果

近傍でのボーリング調査結果と CPTU 結果から試験地盤の層序は、地表から G.L.-3.90m まで盛土、その下部に層厚 0.35m の有機質土が存在する。G.L.-4.25m~G.L.-6.00m は砂質土層で、G.L.-6.00m 以深は非常に軟らかい粘性土であることを確認している。なお、試験実施時の地下水位は G.L.-1.99m であった²⁾。

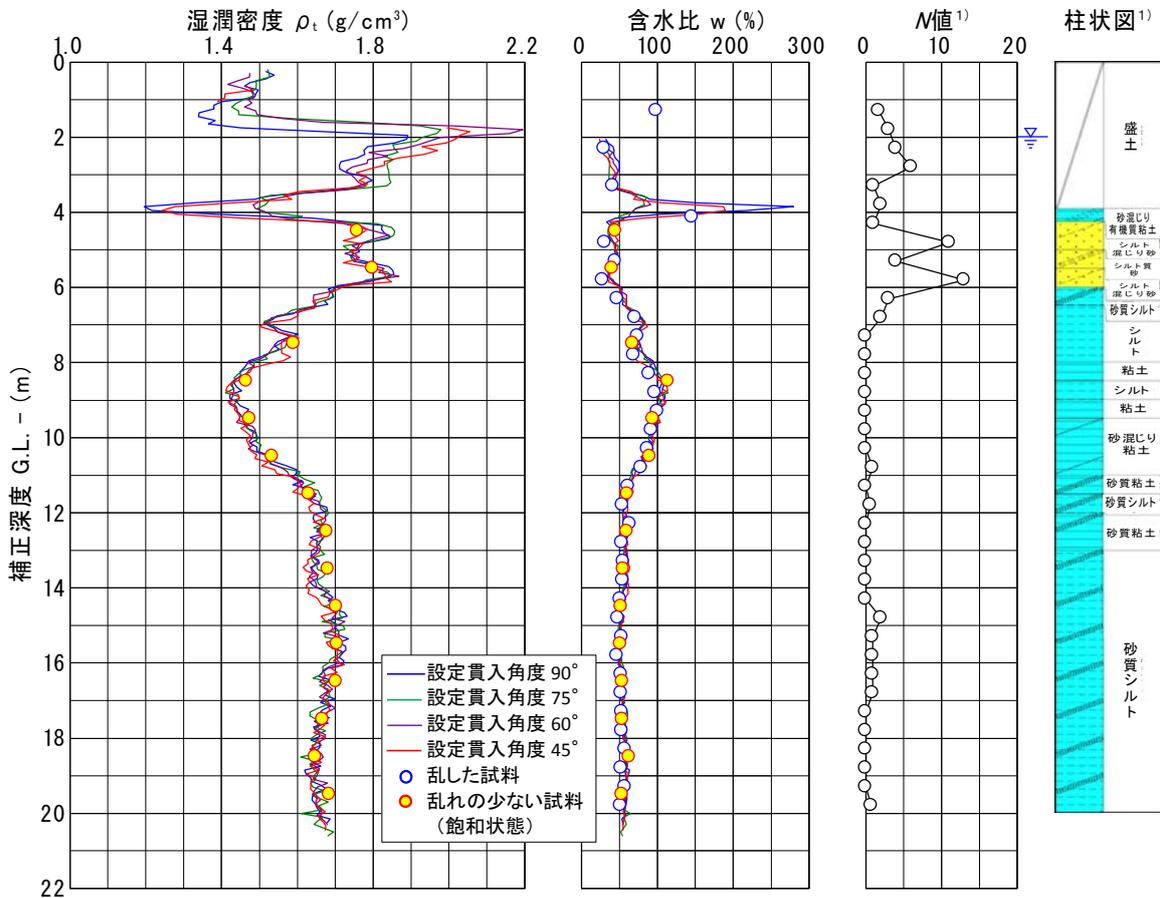


図-2 RI-CPT 計測結果

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。図中の深度補正は、CPTU の貫入時の傾斜角度にて補正した深度である。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トしている。ただし、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、G.L.-3.90m~G.L.-4.25m の有機質土層を 2.300g/cm^3 とし、それ以外は 2.650g/cm^3 とした（室内土質試験結果より）。

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

図-2, 3 より、地表から G.L.-3.90m までの盛土層と G.L.-3.90m~G.L.-4.25m の有機質土層で試験結果に貫入角度による差異が窺える。これは、貫入角度の影響ではなく、試験位置（貫入箇所）の性状（土質材料、締固め状態など）の差異が原因と考える。同様に有機質土層の差異も試験位置（貫入箇所）の性状の差異によるものと考え。G.L.-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考え。

図-4 は、図-2 に示す柱状図のうち、砂質土層 (G.L.-4.25m~G.L.-6.00m) の RI-CPT 計測結果（採取深度に相当する値）、乱した試料および乱れの少ない試料の含水比の関係を示すものである。乱れの少ない試料の含水比と計測

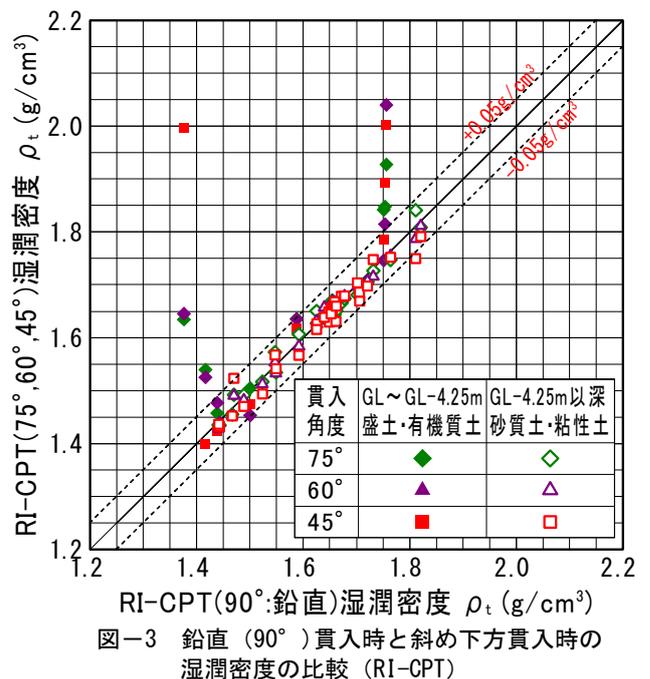


図-3 鉛直 (90°) 貫入時と斜め下方貫入時の湿潤密度の比較 (RI-CPT)

結果は非常に良く一致しているが、乱した試料の含水比は、乱れの少ない試料の含水比および RI-CPT 計測結果より低い値となっている。これは、標準貫入試験でレイモンドサンプラーを動的貫入した際の試料圧縮による脱水や、レイモンドサンプラーを地上に引き上げる際にサンプラー内の試料からの逸水が原因であると考えられる³⁾。

図-5~図-7 に RI-CPT 計測値（採取深度に相当する値）と乱した試料，ならびに乱れの少ない試料の試験結果の関係を示す。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測定結果の差異は見られなかった。

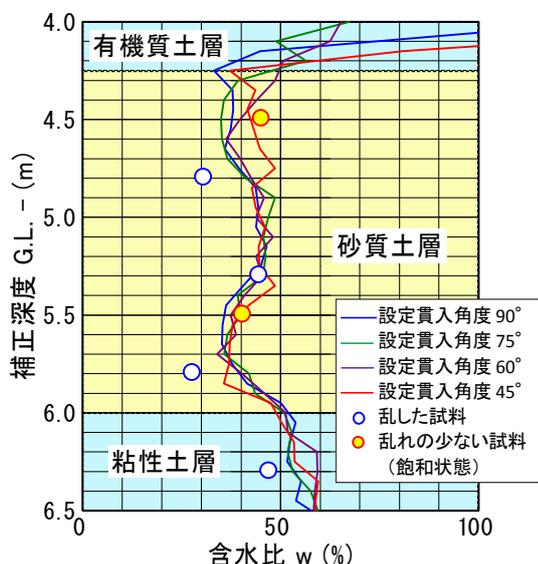


図-4 砂質土層の計測結果

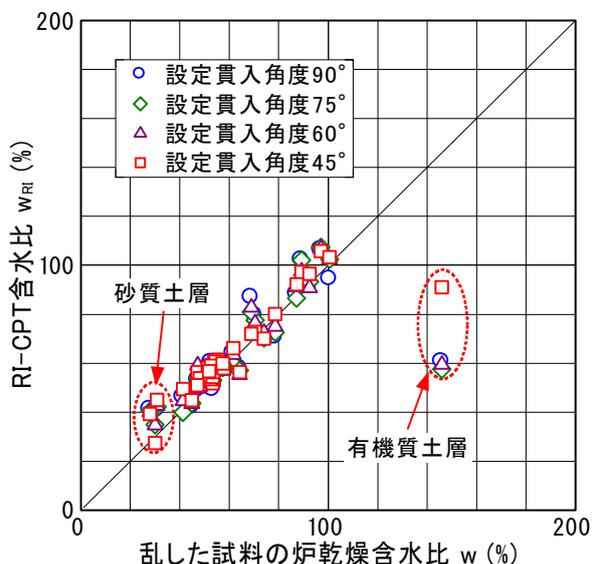


図-5 RI-CPT と乱した試料の含水比の関係

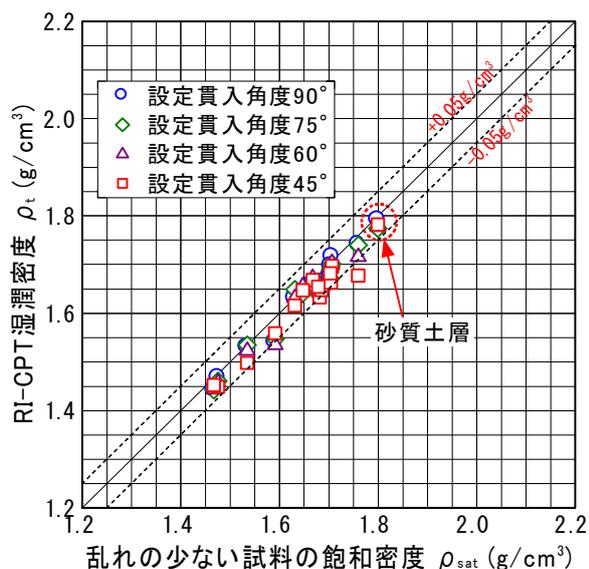


図-6 RI-CPT と乱れの少ない試料の飽和密度の関係

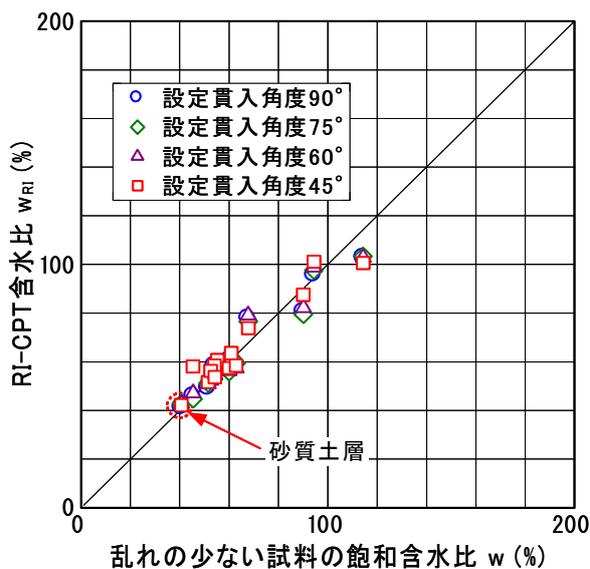


図-7 RI-CPT と乱れの少ない試料の含水比の関係

4. まとめと今後の課題

RI-CPT による結果は、地点間の土層性状の差異を除けば、貫入角度による影響がほとんどなく、有機質土層、砂質土層を除く乱した試料、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。

なお、今回試験を実施した地盤は、軟弱な粘性土層が大半を占め、レイモンドサンプラーを地上に引き上げる際になどに含水比が低下し易い砂質土層が薄層であった。今後は、今回試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) 北條豊・松浦良信・脇中康太・糸井理樹・原彰男・岡嶋眞一・片山浩明・西原聡：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（投稿中），2017.11
- 2) 山本伊作・重富正幸・栗原朋之・久下信明・橘久生・佐渡耕一郎・大塚潤・深沢健：電気式コーン貫入試験の斜め下方貫入への試み（その3：電気式コーン貫入試験結果の評価），第14回地盤工学会関東支部発表会（投稿中），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.