

ラジオアイソトープコーン貫入試験による土の湿潤密度測定と細粒分含有率の推定

ソイルアントロップコングエンジニアリング(株) 正会員 ○後藤政昭

同上 正会員 品川英明 吉村 貢 小山博司

同上 石井正紀 重富正幸 松浦良信 吉留花江

1. はじめに

地盤の液状化を簡易判定する場合は、地盤の鉛直全応力 σ_{v0} や鉛直有効応力 σ'_{v0} を算出するために土の湿潤密度 ρ_t が必要である。さらに、細粒分含有率 F_c が 35%以上の粘性土は液状化判定から除外している。従って、現場調査だけで ρ_t や F_c が求まる調査手法は非常に有効である。ここで、ラジオアイソトープコーン貫入試験(以下 RI-CPT と称する)は RI 密度水分計と電気式コーンを組合せたサウンディングの一種であり、補正先端抵抗 q_t 、周面摩擦 f_s 、間隙水圧 u の 3 成分以外に物理定数である自然含水比 w_n と ρ_t (合計 5 成分) が現場で求まるのが特徴である。そこで、既往調査結果で RI-CPT と詳細なボーリング調査並びに室内土質試験が実施されている浦安市高洲³⁾、守山市今浜²⁾、香取市佐原³⁾の 3 地点について、RI 測定で得られた ρ_t と室内試験の ρ_t との対比を行って有効性を検証した。また、CPT 結果より Robertson が提案している土質分類結果と ρ_t 並びに F_c とを対比することにより、土質分類結果で F_c が 35%以上か否かを判定できるかを検討した。

2. RI-CPT の結果と室内試験結果の比較

RI 試験並びに室内試験結果から得られる ρ_t 、CPT 結果から得られる q_t 、 u 、室内物理試験結果から得られる F_c をまとめて図-1～図-3 に示す。

図-1～図-3 の ρ_t 深度分布に着目すると、守山市今浜では両データは良く整合しており、香取市佐原についてもほぼ一致している。次に、浦安市高洲 3 では RI 測定結果の方が若干 ($0 \sim 0.1 \text{ g/cm}^3$) 大きくなっているものの、両データの整合性はかなり良い。以上より、 σ_{v0} や σ'_{v0} を求める場合に RI 測定結果の ρ_t が適用できることが明らかである。

次に F_c の深度分布に着目すると、後述する CPT 結果から求まる Q_t - B_q の土質柱状図で粘性土となっているところでは F_c が 50%以上となっており、整合性は取れている。

3. Robertson の土質分類並びに土質柱状図の比較

CPT 結果から得られる q_t 、 u の結果に基づき、規準化先端抵抗 Q_t と規準化間隙水圧比 B_q を用いた Robertson による土質分類チャート⁴⁾を図-4 に示す。

キーワード サウンディング、コーン貫入試験、土質分類、細粒分含有率、湿潤密度、土質柱状図

連絡先 〒561-0834 大阪府豊中市庄内栄町 2-21-1 ソイルアントロップコングエンジニアリング(株) 第一事業本部 TEL 06-6331-6031

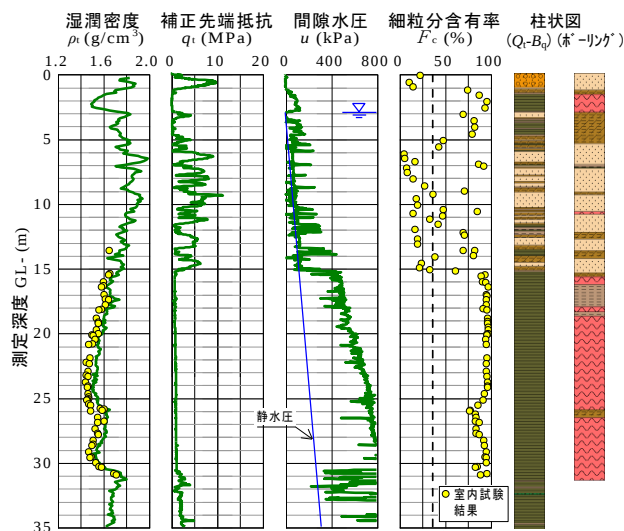


図-1 浦安市高洲 3 (両地点は 5.0m 離れ)

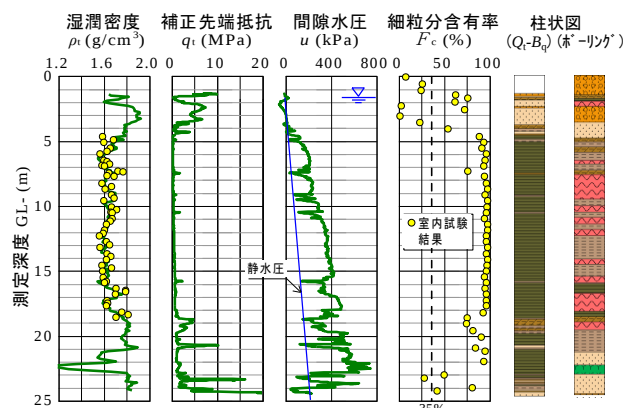


図-2 守山市今浜 (両地点は 1.5m 離れ)

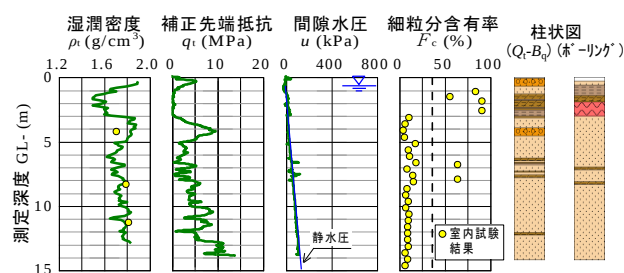
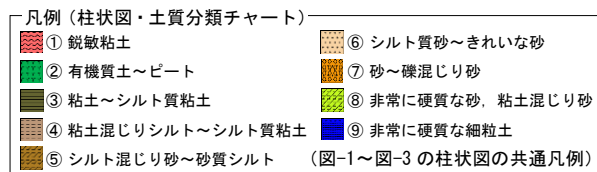


図-3 香取市佐原 (両地点は 2.0m 離れ)



ここで、 $Q_t = (q_t - \sigma_{v0}) / \sigma_{v0}'$ 、 $B_q = (u - u_0) / (q_t - \sigma_{v0})$ ここに、 σ_{v0} ：鉛直全応力 (kPa)、 σ_{v0}' ：鉛直有効応力 (kPa)、 u_0 ：静水圧 (kPa) なお、 σ_{v0} と σ_{v0}' は図-1～図-3 に示す RI-CPT で求めた ρ_t と地下水位を用いて計算している。

図-1～図-3 には図-4 の土質分類チャートで作成した土質柱状図とボーリング結果に基づいて作成した土質柱状図の区分を併記して示した。砂質土、粘性土等の区分については対応は良いが、CPT 調査地点とボーリング地点が 1.5m～5.0m 離れていることから、薄層の分布深度で両地点で数 10cm の差があることが明らかである。なお、鋭敏粘土に関する考察については別途発表論文を参照されたい⁵⁾。

Robertson の土質分類結果と RI 測定結果の ρ_t 並びに室内試験結果の F_c との関係を図-5 並びに図-6 に示す。図-5 より、 ρ_t の平均値は 3 地点それぞれに砂質土ほど大きくなって、ほぼ右肩上がりの傾向となっている。また、土質分類⑥ (砂質土) ～⑦ (砂礫) では $\rho_t = 1.7 \sim 1.9 \text{ g/cm}^3$ に分布するものが多いが、土質分類③～④ (粘性土) では $\rho_t = 1.5 \sim 1.9 \text{ g/cm}^3$ とばらつきが大きい。次に、図-6 より土質分類③はすべて $F_c = 35\%$ 以上、④と⑤ (砂質シルト) では平均値は $F_c = 35\%$ 以上となっているが、データの範囲としては $F_c = 35\%$ 以下のものもある。土質分類⑥ (砂質土) はデータのばらつきが大きく、⑦ (砂礫) ではデータは少ないもののすべて $F_c = 35\%$ 以下となっている。

4. まとめと今後の課題

RI-CPT の利点である原位置で ρ_t の情報が得られることの検証を行ったが、3 地点ともに室内試験結果とほぼ一致しており、RI 測定の有効性が実証できた。なお、砂質土については乱れの少ない試料のサンプリングが難しかったこともあり、対比できる室内試験の ρ_t のデータが少なかったが、最近では砂質土のサンプリング技術も向上しているため、今後もデータを集積して整合性の精度を高めていきたい。

次に、Robertson の土質分類チャートの粘性土 (土質分類チャートでは③～④) と砂質土や砂礫 (土質分類チャートでは⑥～⑦) で F_c の分布傾向に差があり、 $F_c = 35\%$ 以上か否かを判定できる可能性が示唆される。また、 ρ_t にもわずかな差が認められた。

以上より、現場調査だけで液状化の判定を除外できる層を求められる可能性があることが明らかとなった。今後は RI による ρ_t 測定データの集積を行って整合性を高めるとともに、中間土 (砂質シルト) 等が分布する場所での Robertson の土質分類チャートと $F_c = 35\%$ ラインとの関係について更なる検証を試みたい。

参考文献

- 1) 浦安地盤調査一斉試験報告会論文集：研究代表者 大島昭彦, pp.1-4, pp.31-34, pp.51-54, 2012.10. 2) 後藤政昭他：RI-CPT による Robertson の土質分類の検証, 土木学会第 69 回年次学術講演会, pp.263-264, 2014. 3) 三村衛, 後藤政昭他：千葉県香取市佐原における RI-CPT による土質判定と液状化判定, 第 49 回地盤工学研究発表会, pp.83-84, 2014. 4) Robertson, P.K.: Soil classification using the cone penetration test, Canadian Geotechnical Journal, Vol.27, No.1, pp.151-158, 1990. 5) 後藤政昭他：ラジオアイソトープコーン貫入試験 (RI-CPT) による鋭敏粘土の検出, 第 50 回地盤工学研究発表会, 2015.

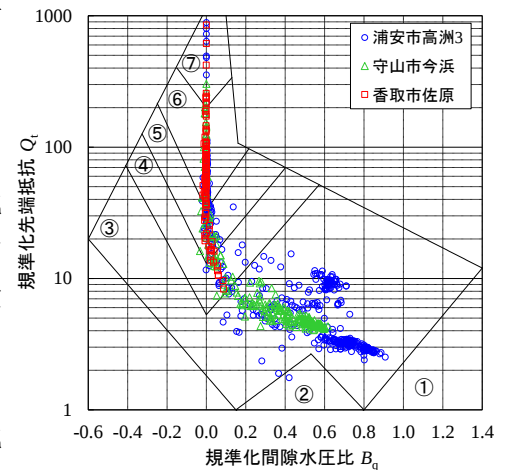


図-4 Robertson の土質分類チャート

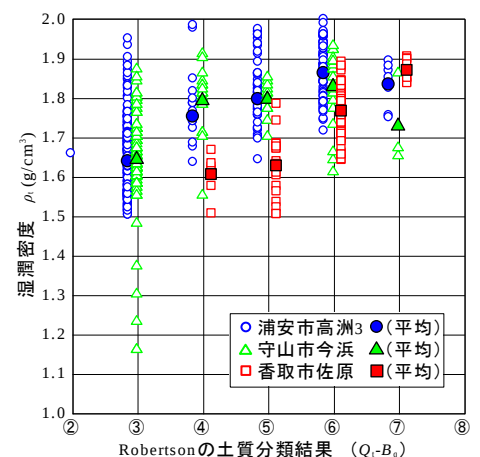


図-5 Robertson の土質分類結果と ρ_t の関係

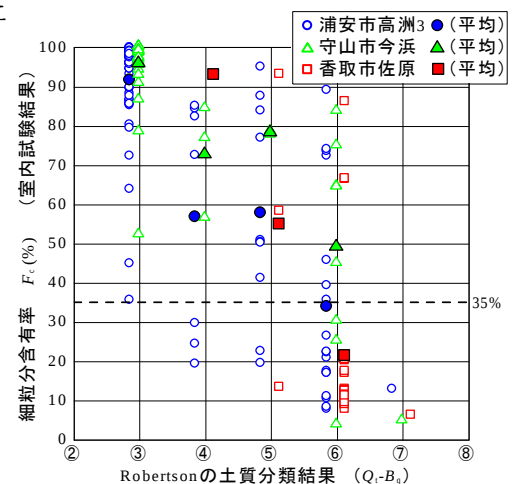


図-6 Robertson の土質分類結果と F_c の関係