

埋立地における PDC 試験を用いた調査事例

基礎地盤コンサルタンツ株式会社 ○武石 将和, 田村 和嗣, 栃尾 健

1. はじめに

土質調査における土の分類は重要な調査項目であり、分類結果がその後の力学試験計画や設計、施工、さらには構造物等の安全性に多大な影響を与える。分類方法としては、標準貫入試験で得られた N 値と土質試料を用いて地質調査技術者が分類する方法、もしくは、粒度試験結果を用いて分類する方法が一般的である。

近年開発されたサウンディング方法のひとつにピエゾドライブコーン試験（以下、PDC 試験と称す）がある。PDC 試験は、63.5kg の重錘を 50cm の高さから自由落下させ、1 打撃ごとの貫入量から N_d 値（ N 値に相当）を推定でき、また、1 打撃ごとに地盤中に発生する過剰間隙水圧を測定することで細粒分含有率 F_c （以下、推定 F_c 値と称す）を推定することができる調査方法である。今回実施した業務では PDC 試験を実施し、併せて行ったボーリング調査および土質試験で得られた N 値と細粒分含有率 F_c を用いて、PDC 試験結果の精度について検討を行った。

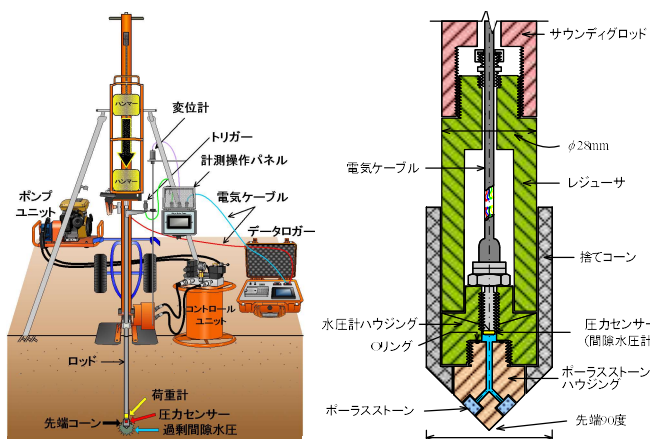


図-1 PDC 試験装置概要¹⁾



写真-1 PDC 試験機材および試験状況

2. 対象地点

対象は九州某所の港湾地域に位置する埋立地である。この埋立地は、昭和 40 年代に遠浅の海を埋立てて造成されたものである。地層状況を図-2 に示す。

当地区の PDC 試験適用範囲内（GL-20m 程度まで）の地層は、上位から埋土層（Bs）、その下位に沖積砂質土層（As1-1、As1-2）、沖積粘性土層（Ac1）が分布する。

Bs 層は砂質土を主体とし、As1-1 層は全体的に砂分 80% 以上の地層であり、As1-2 層は互層状にシルトを挟む。Ac1 層は粘性土を主体とするが、上部の As1 層との境界付近では砂分を不規則に混入しており、部分的に砂分が卓越する箇所もある。今回の調査では、沖積層の分布層厚を詳細に把握するために、ボーリング間を補間する形で PDC 試験を実施した。

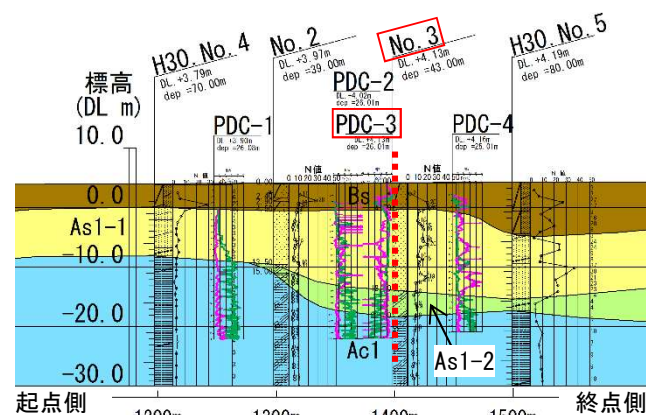


図-2 調査地の地層状況

3. N_d 値の算出方法

以下 (1)～(3) に N_d 値の算出時に用いる式を示した。計測した 1 打撃当たりの貫入量 d (cm) より 20cm 貫入するのに要する打撃回数 N_{dm} を求め、先端コーン部の打撃貫入時のエネルギー E_c (J) と、ハンマーの落下エネルギー Mgh (J) の関係から、先端コーン部のエネルギー効率 e_{iPDC} を式 (2) より算出する。(1) (2) で得られた N_{dm} 、 e_{iPDC} および e_{SPT} (標準貫入試験のレイモンドサンプラー部のエネルギー効率=0.59) より、 N_d 値を算出する。

$$N_{dm} = 20/d \quad (1)$$

$$e_{iPDC} = E_c / Mgh \quad (2)$$

$$N_d = N_{dm} \cdot e_{iPDC} / e_{SPT} \quad (3)$$

4. 推定 F_c 値の算出方法

PDC 試験では、打撃時に発生する過剰間隙水圧を測定し、打撃回数ごとの累積する残留間隙水圧 u_R の累積値と図-3 に示すグラフから細粒分含有率 F_c の推定を行っている。また、図-4 に累積する残留間隙水圧 u_R の概念図を示した。

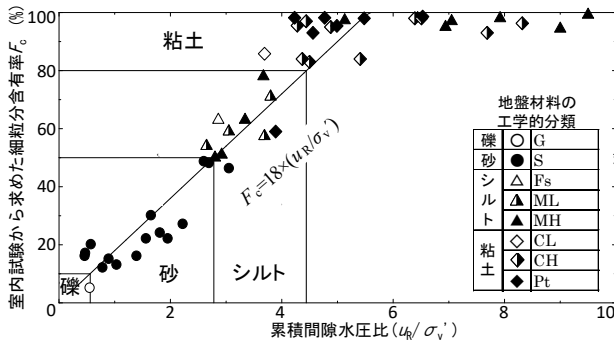


図-3 累積間隙水圧比(u_R / σ_v')と F_c の関係図¹⁾

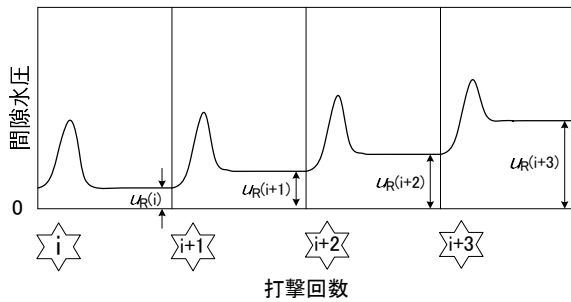


図-4 累積する残留間隙水圧 u_R の概念図¹⁾

図-5 には過剰間隙水圧の測定例を示す。砂層である As1-1 層での測定例と粘性土である Ac1 層の測定結果を比較した。As1-1 層は打撃時に過剰間隙水圧が上昇した後に下降していることが確認できる。一方、Ac1 層では打撃後に同様に過剰間隙水圧が上昇するが、その後水圧が消散せずに残留する傾向がみられ、細粒分含有率 F_c の含有量による透水係数の差による影響と考えられる。

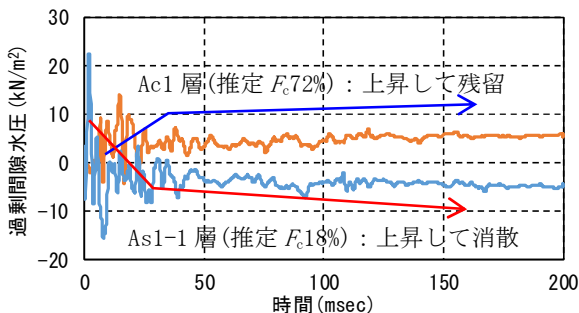


図-5 過剰間隙水圧比の測定例

5. PDC 試験とボーリング調査の結果比較

図-6 にボーリング調査結果 (No. 3) と、その近傍で実施した PDC 試験結果 (PDC-3) の比較図を示す。PDC-3 孔は GL-26m 付近まで実施した。

図から、標準貫入試験で得られた N 値と PDC 試験で得られた N_0 値を比較すると、相対的な硬軟は良く似た傾向を示す。一方、GL-10m 以深では、既往文献²⁾でも指摘されているように N_0 値はボーリング調査の N 値よりやや高い値を示す傾向がみられた。また、GL-8~9m では標準貫入試験では確認されていない N 値 6~7 前後の N 値が低い箇所が確認されており、詳細に地盤の連続的、局所的な弱部を知る方法としては有効であると考えられる。

また、細粒分含有率 F_c を室内土質試験の値と PDC 試験の結果と比較すると、砂分と細粒分 (粘土、シルト) が不規則に互層状に分布する As1-2 層および Ac1 層については、土質試験値と PDC 試験値は比較的良く対応している。一方、細粒分の混入が少なく、比較的均一な砂層である As1-1 層では、PDC 試験の推定 F_c の方がやや高めの値を示している。図-3 のグラフ内の「砂」の範囲でみると PDC 試験による推定値は土質試験値よりやや大きめの値になっており、今回の測定においても同様の傾向になったのではないかと考えられる。

地層毎に比較してみると、細粒分の混入が少ない As1-1 層と細粒分が多くなる As1-2、Ac1 層との違いは N_0 値と推定 F_c 値から PDC 試験で区分出来そうである。

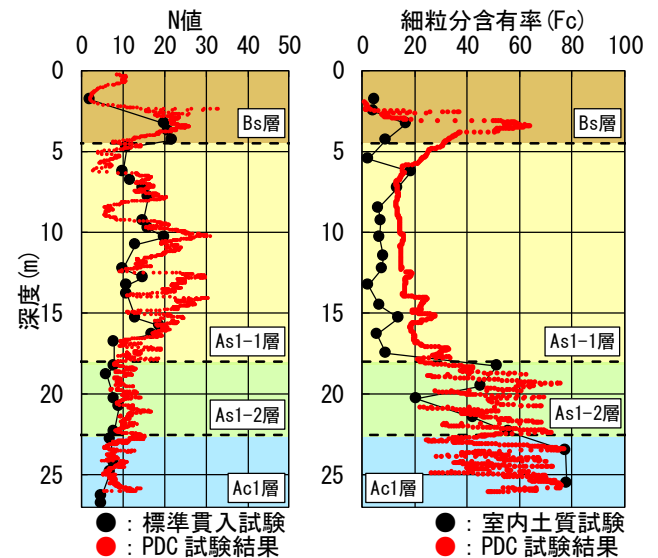


図-6 ボーリング調査結果と PDC 試験結果の比較

6. まとめと今後の課題

今回、地層の分布状況を把握するために PDC 試験を実施し、ボーリングおよび室内土質試験結果と比較して以下の結果が得られた。

- ・深度分布図で比較した結果、 N 値および F_c の分布傾向は概ね整合する結果が得られた。
- ・細粒分の少ない砂質土と粘性土の境界は、比較的明瞭に推定できると思われる。

以上から、PDC 試験は N_0 値や推定 F_c 値の深度分布図の傾向から地層状況を把握する上で有用と考えられるが、現時点ではボーリングと併用して、土質を確認しながら用いることで精度が向上すると考えられる。また、細粒分が少ない砂質土の F_c の推定については、今後、更なるデータの蓄積により改良されると考えられる。

《引用・参考文献》

- 1) PDC 調査方法: PDC コンソーシアムオフィシャルサイト (<https://www.pdc-cons.jp/documents/index.html>, (2019. 4. 2 確認))
- 2) 「浦安市における各種動的サウンディング試験の比較 (その 6 : PDC)」, 吉澤他, 2012. 10