

夢洲2区(万博用地)の浚渫粘土層のPBD打設時の貫入抵抗と強度・圧密特性の分布

大阪市立大学大学院 ○学 林口美木 正 大島昭彦
 同上 正 萩原侑大 学 中野将吾
 五洋建設(株) 正 大月一真 正 西口松男
 錦城護謨(株) 正 白神新一郎 榊原 司

1. まえがき

2025年4月の大阪・関西万博の用地として利用される夢洲2区は、元々は浚渫粘土の処分地であった。浚渫粘土は高含水比で排砂管から投入されるため、材料分離して不均質な状態になることが多い。また、超軟弱で層厚が大きいので、長期間にわたって大きな圧密沈下が生じる。そこで夢洲2区では圧密促進のために2020年10月から2021年4月までに約175,000本のPBD(プラスチックボードドレーン)が打設され、最終的な盛土施工が行われた。万博構造物に不同沈下が生じないようにするためには、浚渫粘土層の場所によって異なる不均質性を事前に把握することが必要である。PBD打設では、PBDを収めたケーシング圧入時の油圧抵抗と圧入深さを計測している。この仕様は電気式コーン貫入試験(CPT)と類似しており、一種のサウンディングと見なすことができる。CPTの先端貫入抵抗と油圧抵抗を関連付けて地盤強度を推定する技術が既に開発されている¹⁾。

本稿では、前報^{2),3)}で示した方法を基にして求めた夢洲2区全体の浚渫粘土層のPBD打設時の貫入抵抗 $q_{t,PBD}$ およびそれから推定した非排水せん断強さと圧密特性(p_c , OCR)の分布を報告する。

2. PBD打設時の貫入抵抗 $q_{t,PBD}$ の求め方と強度・圧密特性の推定方法

PBDの貫入抵抗 $q_{t,PBD}$ は、式(1)で求められる^{2),3)}。

$$q_{t,PBD} = \frac{\mu \cdot P_M + W}{\alpha \cdot A_K + 0.05 \cdot \beta \cdot A_{KS}} \quad (1)$$

ここに、 P_M はPBD打設時の油圧抵抗、 W はケーシング自重、 A_K はケーシング断面積、 A_{KS} はケーシング周面積である。 α 、 β はそれぞれ先端貫入抵抗、周面摩擦力の補正係数で、文献1)で $\alpha=1.0$ 、 $\beta=0.05$ と決められている。 μ は P_M とケーシング貫入力の校正係数であるが、前報³⁾で夢洲2区の施工で用いられた12台の打設機ごとの値を独自に決めている。

次に、 $q_{t,PBD}$ をCPTの q_t と同等とすれば、式(2)で全応力 σ_{v0} とコーン係数 N_{kt} から非排水せん断強さ s_u が求められる。

$$s_u = \frac{q_{t,PBD} - \sigma_{v0}}{N_{kt}} \quad (2)$$

ここで、 σ_{v0} は夢洲2区で地盤調査を行った①、②、③地点の測定値の平均から図-1のように求めた。 N_{kt} は同じく①、②、③地点でサンプリングした試料の一面定体積せん断試験によって求めた s_{ub} 値に対して式(2)で最も合う値に選んだ。その結果を図-2~4に示す。

①地点では砂が混入して不均質となったため $q_{t,PBD}$ による推定 s_u 値の振れ幅が大きい。DL-3m以深では s_{ub} 値と推定 s_u 値が比較的整合している。②地点では全体によく整合しているが、DL-10m以深の推定 s_u 値は過小(不均質性?)となっている。③地点のDL+5~0m付近までの推定 s_u 値が0となっているのは、油圧抵抗が0で計測された(初期値のずれと推測)²⁾ためと考えられる。 N_{kt} は一般に8~16の値を取ると言われているが、夢洲2区では8~10となった。

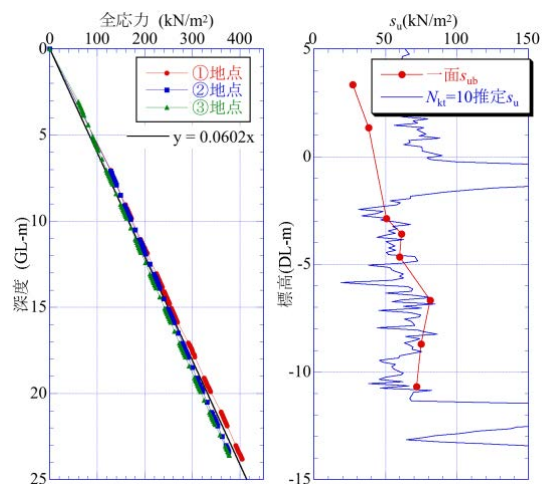


図-1 全応力分布

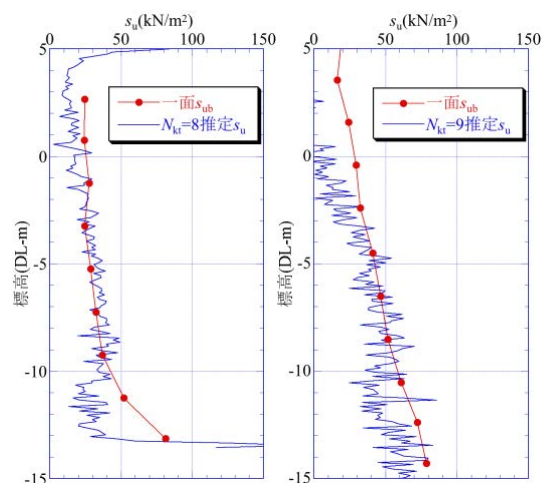


図-2 ①地点の N_{kt}

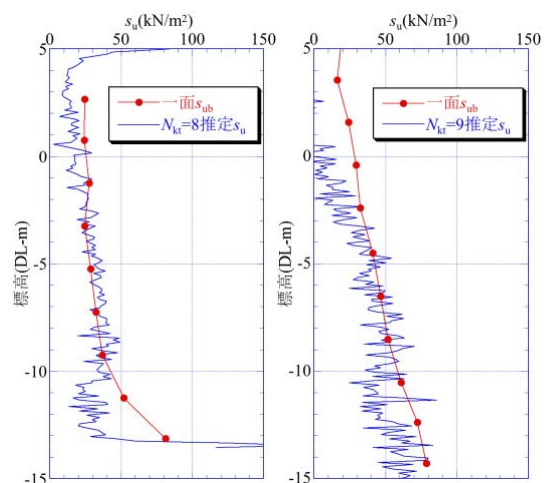


図-3 ②地点の N_{kt}

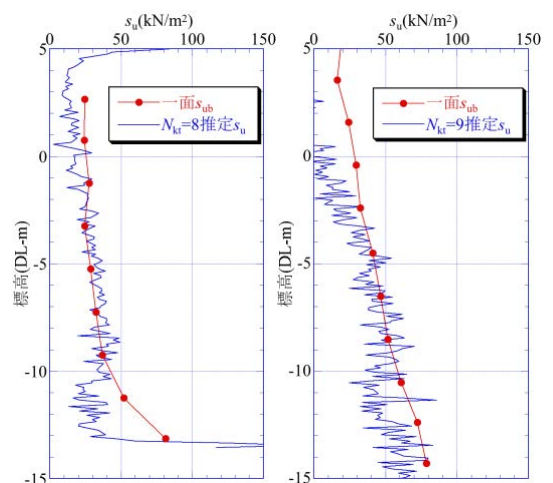


図-4 ③地点の N_{kt}

Key Words: 浚渫粘土, プラスチックボードドレーン, サウンディング, 現場計測, 非排水せん断強さ, 圧密特性

〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 TEL 06-6605-2996 FAX 06-6605-2726

①, ②, ③地点はそれぞれ第1, 第2, 第3工区内であるので, 工区ごとの $q_{t,PBD}$ に対して先の N_{kt} を用いた。続いて, 強度増加率 $s_u/p=1/3$ とすると, 式(3)によって s_u から圧密降伏応力 p_c が求められる。

$$p_c = 3s_u \quad (3)$$

さらに, p_c と有効土被り圧 p_0 (①, ②, ③地点の平均) との比から, 式(4)によって過圧密比 OCR が求められる。

$$OCR = p_c/p_0 \quad (4)$$

3. 夢洲2区での $q_{t,PBD}$, s_u , p_c , OCR の分布

図-5 に夢洲2区のPBD打設時の貫入抵抗 $q_{t,PBD}$ の東西断面の深度分布を南北方向に約25mピッチで並べたものを示す(以下の図も同様な表記で示す)。北部と南部で $q_{t,PBD}$ が小さい(青色)状態にあることがわかる。また, 中央付近の西側, 東側において赤色で示す2MPaを超えている箇所は粘土ではなく(浚渫粘土の $q_{t,PBD}$ は0.1~1MPa程度), 明らかに砂質土であることを表しており, 敷地全体で砂混入による不均質な状態が見て取れる。これは, 文献2)で示したPBD打設深度の分布に対応しており, 排砂管位置の影響が現れていると考えられる。

図-6 に夢洲2区の実排水せん断強さ s_u の分布を示す。当然ながら s_u には $q_{t,PBD}$ の分布が反映されるが, 場所による浚渫粘土層の s_u の分布の違いを見ることができる。やはり北部と南部で s_u が小さい傾向にある。

図-7 に夢洲2区の圧密降伏応力 p_c の分布を示す。当然ながら p_c には s_u の分布が反映されるが, やはり北西部や中央付近で p_c が大きく, 北部と南部で p_c が小さい傾向にあり, 特に南東部の p_c が小さい。

図-8 に夢洲2区の過圧密比 OCR の分布を示す。当然ながら OCR には p_c の分布が反映されるが, 北西部や中央付近で過圧密, 北部と南部が未圧密の傾向が見られる。この結果から, 過圧密の箇所は沈下量が小さく, 未圧密の箇所は沈下量が大きくなると予想でき, それが沈下量の実測値⁴⁾と整合していることを確認している。

この $q_{t,PBD}$ と体積圧縮係数 m_v を対応させて夢洲2区の沈下量を予測した結果は文献5)で報告している。

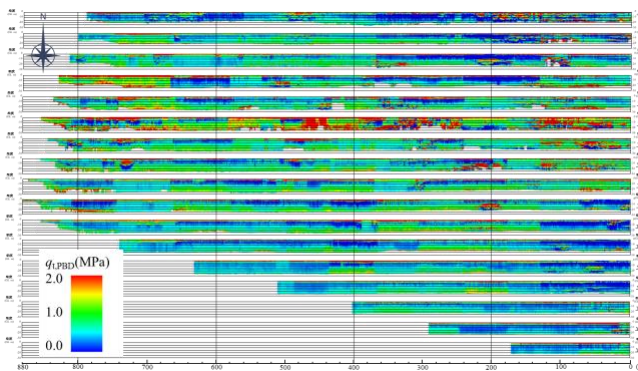


図-5 夢洲2区の貫入抵抗 $q_{t,PBD}$ の分布

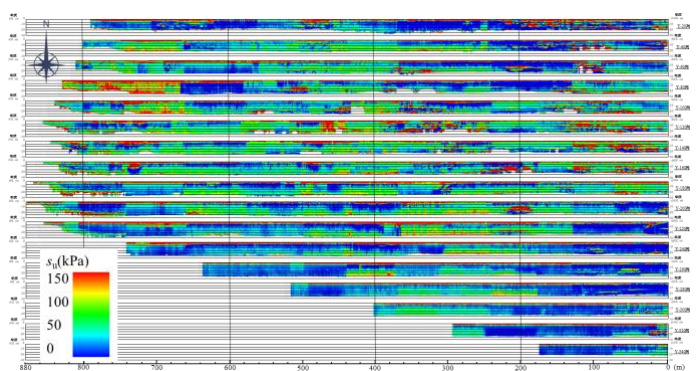


図-6 夢洲2区の実排水せん断強さ s_u の分布

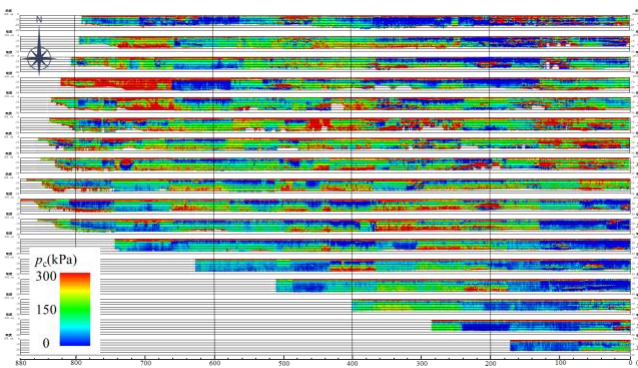


図-7 夢洲2区の圧密降伏応力 p_c の分布

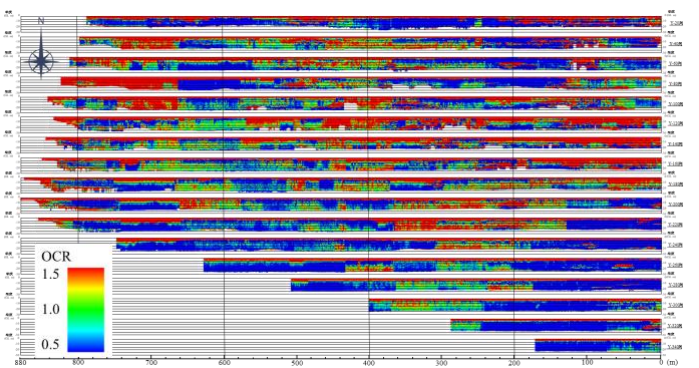


図-8 夢洲2区の過圧密比 OCR の分布

参考文献

- 1) 平田・他：プラスチックボードドレーン打設機の油圧抵抗を利用した地質推定方法の開発, 土木学会論文集 C, Vol.67, No.3, pp.358-371, 2011.
- 2) 林口・他：夢洲2区(万博用地)の浚渫粘土層のPBD打設時の油圧抵抗とCPTとの対応, 第57回地盤工学研究発表会(投稿中), 2022.
- 3) 萩原・他：夢洲2区(万博用地)の浚渫粘土層のPBD打設時の貫入抵抗の推定, 第57回地盤工学研究発表会(投稿中), 2022.
- 4) 一谷・他：夢洲2区(万博用地)の浚渫粘土層の圧密沈下予測と実測値との比較, 土木学会第77回年次学術講演会(投稿中), 2022.
- 5) 萩原・他：夢洲2区(万博用地)の浚渫粘土層のPBD打設時の貫入抵抗に基づく沈下予測, 土木学会第77回年次学術講演会(投稿中), 2022.