

PBD 打設時の油圧を用いた夢洲2区浚渫粘土層の先端貫入抵抗の測定方法の検討

大阪公立大学大学院 ○学 辻 光平 正 大島昭彦 学 林口美木
 錦城護謨(株) 正 白神新一郎 榊原 司
 五洋建設(株) 正 大月一真 正 西口松男

1. まえがき

2025年4月に大阪・関西万博の用地として利用される夢洲2区は浚渫粘土の埋立処分地である。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。夢洲2区では圧密促進のために約175,000本のPBD(プラスチックボードドレーン)が打設された。PBD打設では、PBDを収めたケーシング圧入時の油圧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。前報にて文献2)の方法に準じてPBDの先端貫入抵抗 $q_{t,PBD}$ を算出し、夢洲2区全体の浚渫粘土層の不均質性を求めたが、その際に用いた校正係数 μ 、補正係数 α 、 β の設定にやや無理があった。

そこで本稿では、2022年度に夢洲2区南東部でのPBD打設現場において、改めて μ 、 α 、 β を測定する実験を行い、 $q_{t,PBD}$ の測定方法を検討した結果を報告する。

2. PBDの先端貫入抵抗 $q_{t,PBD}$ の算定式

図-1に示すPBD打設時のケーシングの力の釣合いから、ケーシング貫入力 F_K は、ケーシング先端抵抗力 F_C とケーシング周面摩擦力 F_S の和として次式で表すことができる。

$$F_K = F_C + F_S \quad (1)$$

F_K は測定油圧 P_M から、 F_C 、 F_S はCPTの q_t と関連させると、次式で表すことができる²⁾。

$$F_K = \mu \cdot P_M + W \quad (2)$$

$$F_C = \alpha \cdot A_K \cdot q_c \quad (3)$$

$$F_S = 0.05 \cdot \beta \cdot \bar{q}_c \cdot A_{KS} \quad (4)$$

ここに、 μ ：油圧と荷重の校正係数、 W ：ケーシングの自重、 α 、 β ：補正係数、 A_K ：ケーシングの断面積、 A_{KS} ：ケーシングの周面積、 q_c ：CPTの先端貫入抵抗、 $\bar{q}_c$ ：深度 z までのCPTの先端貫入抵抗の平均値である。式(1)に式(2)～(4)を代入すると次式となる。

$$\mu \cdot P_M + W = \alpha \cdot A_K \cdot q_c + 0.05 \cdot \beta \cdot \bar{q}_c \cdot A_{KS} \quad (5)$$

ここで、PBDのケーシングは常に間隙水圧の影響を受けるので、対応するCPTは間隙水圧の影響を補正した q_t となる。そこで先の q_c 、 $\bar{q}_c$ を q_t 、 $\bar{q}_t$ に置き換える。ただし、 $\bar{q}_t$ は未知数なので、まず $\bar{q}_t = q_t$ として繰返し計算を行えば、 $q_{t,PBD}$ は次式で求めることができる¹⁾。

$$q_{t,PBD} = \frac{\mu P_M + W}{\alpha A_K + 0.05 \beta A_{KS}} \quad (6)$$

3. 貫入力検定試験による校正係数 μ の測定

式(2)の校正係数 μ は、ケーシング押し込み時の P_M に対して敷鉄板上にロードセルを設置して貫入力 F_K を測定する検定試験を行い、 $\mu = (F_K - W) / P_M$ から求めた。夢洲2区南東部では6台の打設機で μ を測定したが、今回の対象となる1号機では0.0055、2号機では0.0050となった。ただし、文献1)とは異なる値となった。

4. ケーシングの押し込み・引抜き試験による補正係数 α 、 β の測定

式(3)、(4)の補正係数 α 、 β は、ケーシングの押し込み(通常の打設)と引抜き試験を行うことで推定できる。 F_C は押し込み油圧 $P_{M|押}$ と引抜き油圧 $P_{M|引}$ を用いて次式で表すことができる²⁾。

$$F_C = \mu \cdot (P_{M|押} - P_{M|引}) + 2W \quad (7)$$

一方、 F_S は $P_{M|引}$ を用いて次式で表すことができる²⁾(引上げは周面摩擦力のみとなる)。

$$F_S = \mu \cdot P_{M|引} - W \quad (8)$$

よって、式(3)、(7)と式(4)、(8)の関係からそれぞれ α 、 β を求めることができる。

夢洲2区南東部では1号機で地点1(X066Y055)と地点2(X081Y033)、2号機で地点3(X150Y103)と地点4(X178

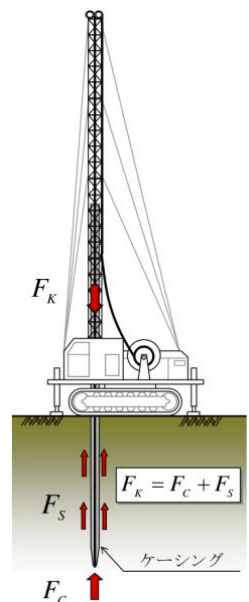


図-1 PBD 貫入時の力の釣合い

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, 貫入抵抗, 現場計測

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

Y119)で測定した。本来は押込み、引抜き及び CPT を同時期に行うべきであったが、押込みの通常施工を優先したため、CPT 及び引抜きは、それぞれ約 1 ヶ月、約 2 ヶ月後に行った (表-1 参照)。

図-2 に押込み、引抜き油圧の全データを示す。1 号機の地点 1, 2 では 1 回目の押込み(9/27, 10/11)から 2 回目(12/19)で油圧が大きく増加しているが、2 号機の地点 3, 4 では増加があまり見られない。油圧の増加は浚渫粘土の圧密進行によると考えられるが、地点によってそれが異なるようである。一方、引抜きは押込みよりも大きな油圧が発生している。ただし、地点 3, 4 での 1, 2 回目間の増加はほとんど見られない。

1 回目の押込みが CPT 実施日に近いので (表-1 参照), 引抜き油圧を 1 回目の押込み日に合わせる必要がある。そこで、押込みの 1, 2 回目間の油圧の増加率によって引抜き油圧を補正した。その結果を図-3 に示す。これによって、先の方法で求めた α , β を表-1 にまとめた。一部の異常値をカットして平均をとると $\alpha=1.55$, $\beta=0.120$ となった。この値は文献 2) での提案値 ($\alpha=1.0$, $\beta=0.05$) よりも大きな値となった。

5. $q_{t,PBD}$ の算出

この α , β を用いて式(6)によって算定した PBD の $q_{t,PBD}$ と CPT の q_t との比較を図-4 に示す。両者は概ね一致している。ただし、地点 4 の上部の $q_{t,PBD}$ がかなり大きいのは、図-2(4), 図-3(4)に示したように他地点に比べて押込み油圧が大きいことによると考えている。

ただし、今回は押込み試験に対して CPT 及び引抜き試験の実施日にそれぞれ約 1 ヶ月、約 2 ヶ月のずれがあり、その間に粘土の圧密進行による強度増加が生じているので、誤差が生じていると考えられる。今後は 3 つの試験をなるべく同時に実施することによって、より正確な補正係数 α , β を求めたいと考えている。

参考文献

1) 林口美木・大島昭彦・萩原侑大・大月一真・白神新一郎：夢洲 2 区(万博用地)の浚渫粘土層の PBD 打設時の先端貫入抵抗の面的な分布, Kansai Geo-Symposium 2022, 2022.
2) 平田昌史, 白神新一郎, 清水英樹, 福田淳, 川鍋修, 野村忠明：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手法の開発, 土木学会論文集 C(地圏工学), Vol 67, No.3, 358-371, 2011.

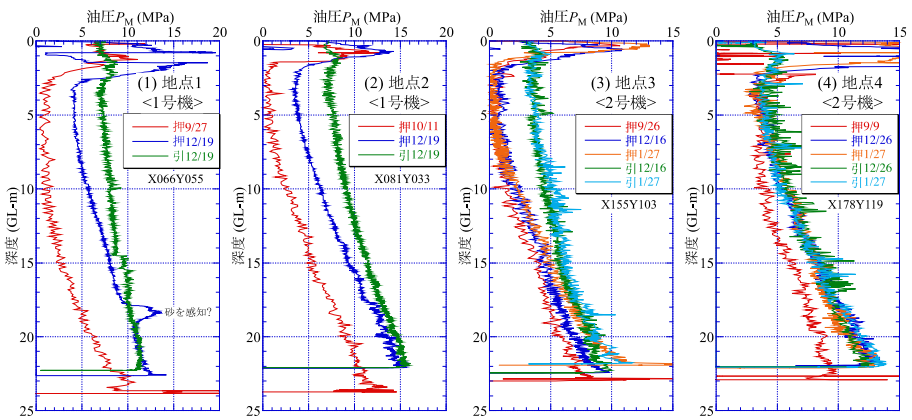


図-2 押込み、引抜き油圧の全データ

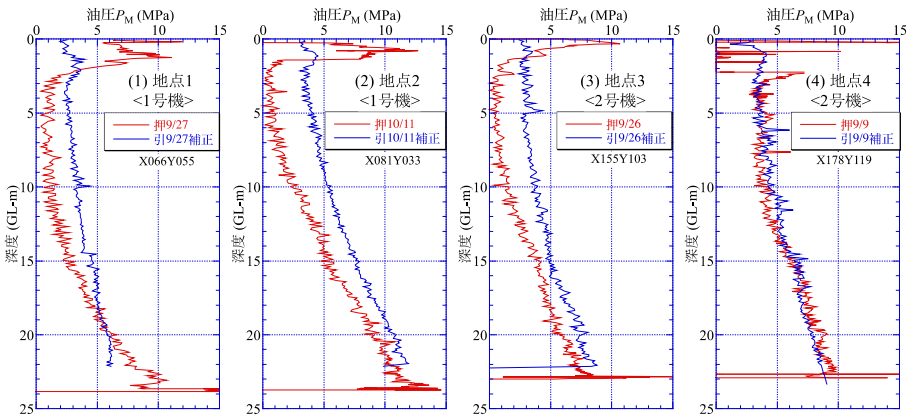


図-3 α , β を求めるための押込み油圧と引抜き補正油圧

表-1 試験実施日と算定した α , β

地点	施工機	押 1	CPT	押 2 引 1	押 3 引 2	α		β	
						No.1	No.2	No.1	No.2
1 (X066Y055)	1 号機	9/27	10/25	12/19	－	1.54	2.16	0.090	0.106
2 (X081Y033)		10/11	10/25	12/19	－	1.21	3.66	0.177	0.125
3 (X155Y103)	2 号機	9/26	10/26	12/16	1/27	1.50	1.89	0.135	0.088
4 (X178Y119)		9/9	10/26	12/26	1/27	1.42	1.46	0.120	0.122
※引抜き 1 は 2 回実施 ⇒ α, β も 2 値あり					平均	1.55		0.120	

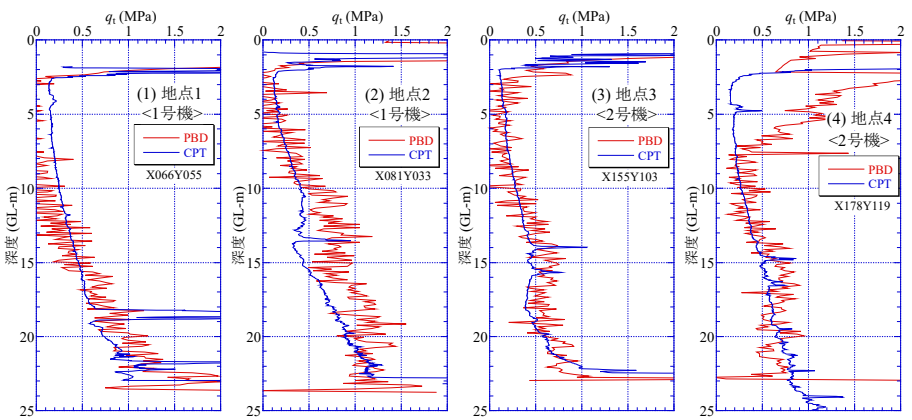


図-4 PBD の $q_{t,PBD}$ と CPT の q_t の比較