

PBD 打設機の油圧抵抗を用いた地盤強度推定法の検討 (その1) ~強度推定式の誘導

前田建設工業株式会社 正会員 ○ 平田 昌史 清水 英樹
 福田 淳
 錦城護謨株式会社 正会員 白神 新一郎 川鍋 修
 野村 忠明

1. はじめに

プラスチックボードドレーン (PBD) 工法は、軟弱地盤内に PBD を多数打設することで水平方向の排水距離を短縮し、圧密を促進させる工法である。PBD 工法を実施する場合、圧密対象となる軟弱層 (粘性土) の層厚や分布位置が改良効果に大きく影響を及ぼすため、地質分布を把握し適切なドレーン配置や圧密放置期間を設定することが重要となる。しかしながら、堆積環境が複雑な地盤では、わずか数箇所の事前調査結果から地質分布を推定することには限界があるため、期待した改良効果が得られない場合もある。本研究では、PBD 工法と静的コーン貫入試験の相関性^{1),2)}に着目し、油圧抵抗 (オシロデータ) からコーン貫入抵抗を推定する手法について検討を行った。

2. ケーシング打設力とコーン貫入抵抗の関係式の誘導

PBD 施工時のケーシング打設力 F_k は、図-1 に示すように先端抵抗 F_c と周面摩擦抵抗 F_s の和であると考え、ここでは力の釣合い式を次のように定義する。

$$F_k = F_c + F_s \tag{1}$$

この式(1)中の先端抵抗 F_c は、ケーシング先端の貫入抵抗 \hat{q}_c とケーシングの断面積 A_k より、

$$F_c = A_k \cdot \hat{q}_c \tag{2}$$

と表される。ここで、PBD 工法におけるケーシング打設と静的コーン貫入試験の間に相関性が見られることから、ケーシング先端の貫入抵抗 \hat{q}_c とコーン貫入抵抗 q_c の間にも相関性があると考え、

$$\hat{q}_c = \alpha \cdot q_c \tag{3}$$

と定義する。 α は、ケーシングの貫入速度や先端形状等の影響を考慮した補正係数である。一方、周面摩擦抵抗 F_s は、ケーシングに作用する局部周面摩擦 \hat{f}_s の累積であるとして、

$$F_s = \int_0^z \hat{f}_s \cdot D_k \cdot dz \tag{5}$$

と表す。 D_k はケーシングの周長、 z はケーシングの打設深度である。ここで、ケーシングに作用する局部周面摩擦 \hat{f}_s は、先端抵抗と同様に三成分コーン貫入試験等で計測される局部周面摩擦 f_s と相関があると考え、

$$\hat{f}_s = \beta \cdot f_s \tag{6}$$

と定義する。 β は、ケーシングと地盤の摩擦や周辺地盤のリモールドの影響等を考慮した補正係数である。三成分コーン貫入試験等で計測される局部周面摩擦 f_s は、Schmertmann³⁾ による周面摩擦係数 $FR (= f_s/q_c)$ を用いることで、コーン貫入抵抗 q_c で表すことができる。PBD が施工される地盤は圧密促進を必要とする軟弱地盤であるため、周面摩擦係数 FR は粘性土の代表的な値である 0.05 の一定値とした。以上のことから、式(5)に示した周面摩擦抵抗 F_s は、

$$F_s = 0.05 \cdot \beta \cdot \bar{q}_c \cdot A_{ks} \tag{7}$$

となる。 \bar{q}_c はコーン貫入抵抗の平均値、 $A_{ks} (= D_k \cdot z)$ は地盤内に

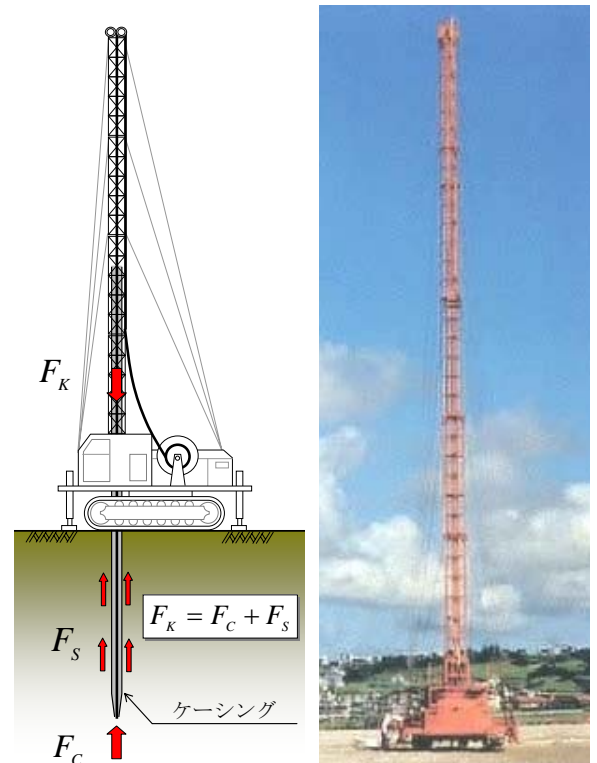


図-1 力の釣合い 写真-1 PBD 打設機

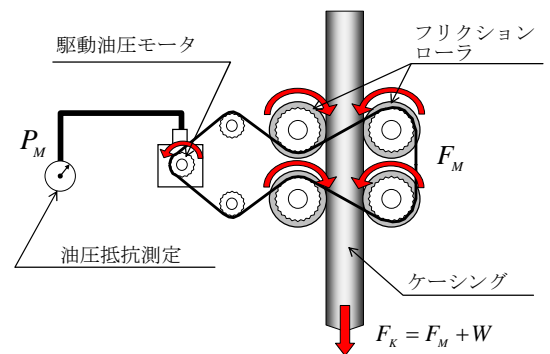


図-2 ケーシング貫入機構の模式図

キーワード 軟弱地盤, プラスチックボードドレーン, コーン貫入抵抗

連絡先 〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16 前田建設工業(株)技術研究所 Tel 03-3977-2453 Fax 03-3977-2251

貫入したケーシングの周面積である。式(1)に示した力の釣合式に、式(2)、式(3)および式(7)を代入すると、ケーシング打設力 F_k はコーン貫入抵抗 q_c を用いた以下の式となる。

$$F_k = A_k \cdot \alpha \cdot q_c + 0.05 \cdot \beta \cdot \bar{q}_c \cdot A_{ks} \quad (8)$$

この式(8)は、Meyerhoff⁴⁾による杭の極限支持力算定式に、補正係数 α 、 β を考慮した式となっていることがわかる。

3. ケーシング打設力と油圧抵抗の関係式

PBD 打設機は、油圧モータが発揮するトルクがギアを通してフリクションローラに伝達され、ケーシングを押込む機構となっている(図-2参照)。施工管理で計測するオシロデータとは、PBD 打設機の油圧モータに作用する油圧抵抗を記録したものであり、ケーシング打設力を直接計測したものではない。このため、油圧抵抗 P_M とケーシング打設力 F_k の関係を求める必要がある。ケーシング打設力 F_k は、油圧モータによる押込み力 F_M とケーシングの自重 W から、

$$F_k = F_M + W \quad (9)$$

と表される。また、油圧モータによる押込み力 F_M は、PBD 打設機のギア比等の影響によって決まるため、油圧抵抗 P_M とケーシング打設力 F_k の関係を係数 μ を用いて、

$$F_M = \mu \cdot P_M \quad (10)$$

と定義する。ケーシング打設力 F_k と油圧抵抗(オシロデータ) P_M の関係式は、式(9)に式(10)を代入することで、

$$F_k = \mu \cdot P_M + W \quad (11)$$

と求められる。

4. 打設力検定試験

式(11)に示したケーシング打設力 F_k と油圧抵抗 P_M の関係を求めるため、実際の PBD 打設機(写真-1参照)を用いて打設力検定試験を実施した。打設力検定試験では、図-3に示すように敷鉄板の上にロードセルを設置し、ケーシングを押込む際の油圧抵抗 P_M を計測すると同時に、ケーシング打設力 F_k をロードセルにて測定した(写真-2参照)。表-1に、実施した打設力検定試験の一覧を示す。

図-4は、打設力検定試験結果である。図中には、同型の異なる PBD 打設機の試験結果もすべてプロットしている。油圧抵抗 P_M と油圧モータの押込み力 F_M の間にはほぼ比例関係が成り立ち、変換係数 $\mu = 0.0050$ と求めることができる。

5. まとめ

本研究では、PBD 工法の施工管理で記録する油圧抵抗(オシロデータ)から、コーン貫入抵抗を求める推定式を誘導した。この推定式を用いることで、現場で使用する PBD 打設機の仕様がわかれば、油圧抵抗から地盤強度(コーン貫入抵抗)を求めることが可能である。

【参考文献】

- 1) 渡部要一, 鈴木和実, 新舎博, 宮本健児: PBD 打設時のマンドレル貫入抵抗による土質判定, 第64回土木学会年次学術講演会, III-181, pp.361-362, 2009.
- 2) 久保大輔, 平田昌史, 中山泰起, 福田淳, 山田耕一, 川井田実: オシログラフを利用した軟弱地盤における砂層位置の推定, 第65回土木学会年次学術講演会, III-393, pp.785-786, 2010.
- 3) Begemann, H.K.S.Ph.: The Friction Jacket Cone as an Aid in Determining the Soil Profile, Proc.of the 6th ICSMFE, Vol.I, p.17-20, 1965.
- 4) Meyerhof G.G.: Penetration Test and Bearing Capacity of Cohesionless Soils, Proc. of the ASCE, Journal of the Soil Mech. and Found. Div., Vol.82, No. SM1, p.866, 1956.

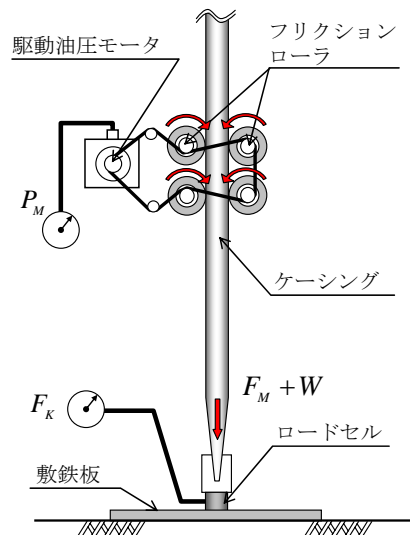


図-3 打設力検定試験の模式図

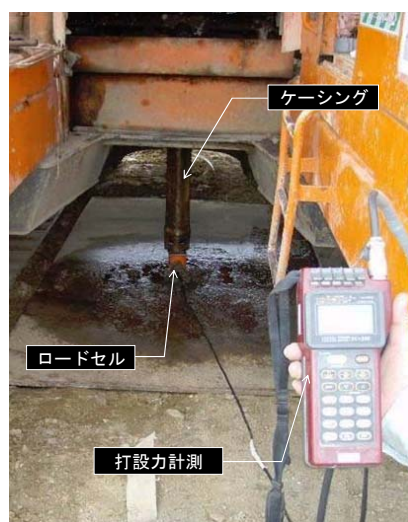


写真-2 打設力検定試験状況

表-1 実施した打設力検定試験一覧

試験番号	PBD打設機		ケーシング重量
	機体番号	型番	W (MN)
D-01	302号機	PDC-300	0.0098
D-02	314号機		0.0098
D-03	302号機		0.0176
D-04	312号機		0.0176
D-05	310号機		0.0078

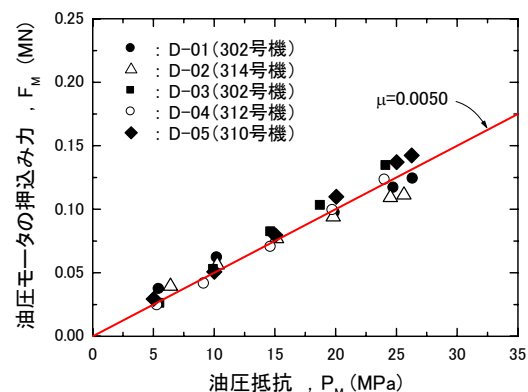


図-4 打設力検定試験結果