

物理試験結果を利用した粘土の e - log p 曲線の推定

秋田県 由利建設事務所 清水 陽子
 (株)キタック 仙台支店 正会員 堀内 宏信
 (株)キタック 仙台支店 正会員 小澤 直宏

1. はじめに

軟弱地盤上の盛土を計画するにあたり、地盤の変形や安全性を検討する上で、圧密試験に代表される力学試験の実施は不可欠である。しかし力学試験は時間的、費用的な制約などから、実務においては限られた点数しか実施できない場合も多い。また日本海側の沖積地盤は、その成因から組成や粒径などが不均質であることが多く、限られた試験結果が地盤全体を代表しているといえるのか判断が難しい。

このため、力学試験の妥当性を評価し、自重圧密による深度方向への物性の変化を考慮した総合的な地盤モデルを作成することを目的に、物理試験結果を基に e - log p 曲線を推定し、標準圧密試験結果との比較検討を行った。

2. 検討内容

2.1 地盤概要

検討対象地域は、秋田県本庄市内の国道 107 号と JR 羽越本線が立体交差している付近である。本地域は、新第三紀鮮新世の笹岡層を基盤として、その上に砂を挟在する軟弱な沖積の粘性土が約 20m の厚さで堆積している。

この粘性土は、シルト質粘土を主体とし、地表付近の N = 1 から GL = -20m 付近の N = 10 まで深度方向へ比較的一様な強度増加傾向を示すものの、深度によっては細砂あるいは有機質が混じり、全体としては不均質な地盤を構成している。

物理試験結果においても、土粒子密度 $s = 2.492 \sim 2.751 \text{ g/cm}^3$ 、自然含水比 $w_n = 41.8 \sim 129.1\%$ と広い範囲へのばらつきを示している。

また、正確な地下水位は測定していないが、ボーリング調査時の最低孔内水位は GL=-0.94m であることから、地下水位はほぼ地表付近にあるものと推定される。

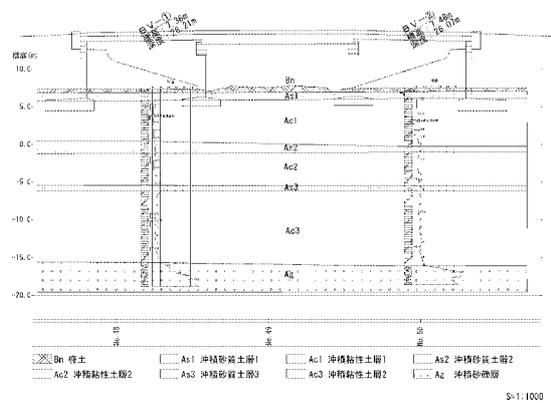


図 - 1 地質想定断面図

2.2 物理試験および力学試験結果

別孔にて採取した不攪乱試料を用いて、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、標準圧密試験を実施した結果を表 - 1 にまとめる。この結果から、一軸圧縮強度および圧密降伏応力は自重圧密による深度方向への強度増加を明瞭に示しているが、同時に沖積地盤としては比較的大きな過圧密比を示している。

表 - 1 力学試験結果

試料番号	採取深度 深さ z m	一般		分類記号	一軸圧縮		三軸圧縮				圧密	
		土粒子密度 s g/cm ³	自然含水比 w _n %		一軸圧縮強度 qu kN/m ²	変形係数 E _{s0} MN/m ²	全応力		有効応力		圧縮指数 Cc	圧密降伏応力 pc kN/m ²
							c	deg	c'	deg		
T1-1	2.23	2.559	89.1	(MH)	25	1.23	11	15.3	11	23.9	0.89	60.7
	2.86											
T1-2	9.19	2.625	94.6	(MH)	73	2.9	21	16.0	18	29.5	0.93	104.0
	9.73											
T1-3	16.68	2.615	69.1	(CH)	120	6.47	21	18.5	16	30.8	0.76	189.1
	17.13											
T1-3'	17.87	2.580	54.8		139	4.89					0.59	256.6
	18.14											
T2-1	5.55	2.608	98.8	(OH)	52	1.54	17	17.8	17	32.6	0.63	121.0
	6.09											
T2-2	12.13	2.594	68.5	(MH)	103	6.84	14	19.3	21	28.8	0.55	181.6
	12.85											
T2-3	21.10	2.526	67.5	(CH)	150	8.32	34	17.3	29	27.8	0.84	221.3
	21.55											

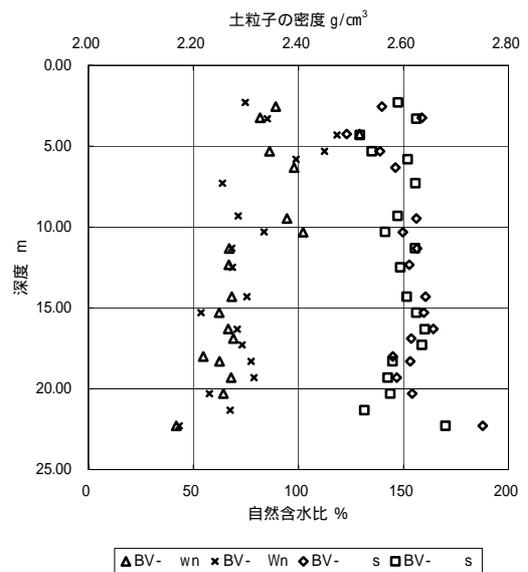


図 - 2 s, w_n の深度分布

Estimating of e-logp curve using result of physical tests ;
 Y.Shimizu (Akita pref.)
 N.Ozawa and H.Horiuchi (Kitac corp.)

2.3 物理試験結果による e - log p 曲線の推定

以下の手順により、物理試験結果を基に現況地盤の e - log p 曲線の推定を行った。

- (1) 各深度における s, wn を物理試験により測定する。
- (2) 不攪乱試料を用いた力学試験結果から、粘性土層の平均飽和度 \bar{S}_r を求める。 ($\bar{S}_r = 98\%$)
- (3) s, wn, \bar{S}_r から、次式により間隙比 e を求める。

$$e = s \cdot wn / \bar{S}_r$$

- (4) e から、次式により湿潤密度 ρ_t を求める。

$$\rho_t = s \cdot (1 + wn / 100) / (1 + e)$$

- (5) ρ_t より、各深度の e に対応した土被り圧 $p_{o'}$ を求める。

$$p_{o'} = (\rho_t \cdot Z) - U$$

- (6) 以上の手順により求めた e と $p_{o'}$ の関係を e - log p 曲線として整理する。

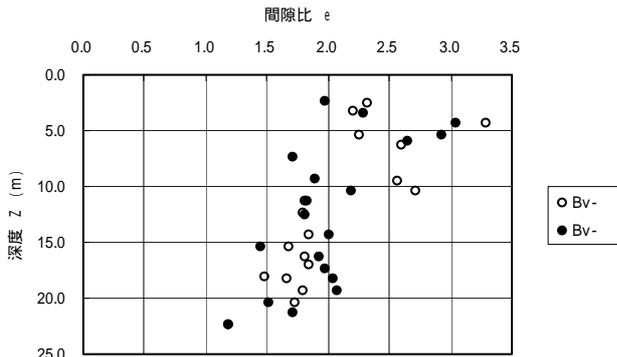


図 - 3 e の深度分布

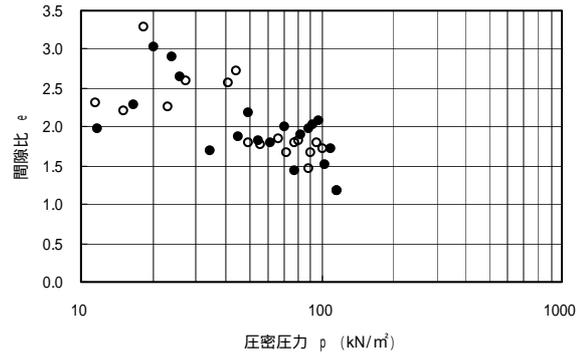


図 - 4 e と $p_{o'}$ の関係

3. 検討結果

物理試験結果から推定した e - log p 曲線と、標準圧密試験結果による e - log p 曲線群の比較検討を行った。

正規圧密領域における e - log p 曲線の勾配である圧縮指数 C_c は両者でほぼ一致したが、物理試験結果からの推定曲線は、標準圧密試験の曲線群と比較して、 $e = 0.3$ 程度下にずれた位置に描かれている。

これは、物理試験結果からの推定曲線は、現況の土被り圧に対して正規圧密であると仮定しているが、力学試験の結果から本地域は $OCR = 2.57$ の過圧密地盤であることが主な原因であると考えられる。このため、推定曲線を $e - \log(OCR \cdot p_{o'})$ として整理すると、物理試験に基づく曲線と標準圧密試験の曲線群はほぼ一致した。

この検討により、粘性土層全体の基準となる e - log p 曲線が得られたので、個々の圧密試験結果の妥当性を評価し、任意の深度における e - log p 曲線モデルを容易に作成することが可能となった。現在これらの関係を利用して、深度補正を考慮したモデル地盤を作成し、盛土施工時における地盤の変形予測と対策工法について検討を行っている。

4. おわりに

Skempton が示した $C_c = a (w_L - b)$ に代表される、コンシステンシー特性と圧密特性との間の相関性は広く知られている。しかし、この関係を本地域のような不均質な地盤に適用すると、相関式の誤差に平均による誤差を積み重ねる結果となってしまふ。

これに対し本手法は、土の基本的な物性である s, wn および \bar{S}_r から、土質力学の教科書の最初のページに載っているような簡単な関係式を利用して、直接 e および $p_{o'}$ を求めている。このため、不均質な地盤においても地盤全体の圧密特性を示す概略の e - log p 曲線を推定することが可能であると考えられる。

ただし検討の結果、地盤の過圧密が無視できない大きさであることが判明した。過圧密の原因として、シルト分を多く含む粘性土は見掛け上過大な圧密降伏応力を示す傾向があること、地下水位の変動、二次圧密による年代効果などが考えられるが詳細は不明であり、今後の検討課題である。

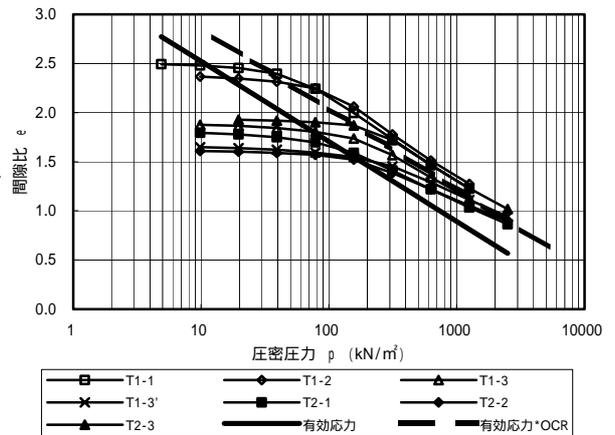


図 - 5 標準圧密試験との比較