

ジオテキスタイルの水平排水性能を考慮した粘性土盛土のせん断強度予測

佐賀大学 理工学部 学生員 ○松本 将吾  
同 低平地研究センター 正会員 柴 綿春  
同 理工学部 正会員 三浦 哲彦

1. まえがき 粘性土盛土を建設するために排水性能を持つジオテキスタイル (以下 DG) を水平に敷設する方法がある。その場合、DG からの排水によって粘土の圧密促進効果が期待できる。本研究では、DG 間の粘性土の非排水せん断強度( $S_u$ )を予測する簡易法を提案した。また、 $S_u$ の予測に必要な DG の通水能力を試験的に測定し、施工速度と DG の排水能力が粘性土の  $S_u$  に及ぼす影響を解析的に検討した。

2. DG 間の粘土の  $S_u$  の予測法

(1) 平均圧密度  $U$  の予測 Hansbo(1981)がバーチカルドレーンの圧密解を提案した<sup>1)</sup>。その後、Hird ら(1992)はその解を平面ひずみ状態に拡張した<sup>2)</sup>。本研究では Hird らの解を用いて粘性土の非排水せん断強度予測を行った。そのモデルを図-1 に示す。平均圧密度( $U$ )は次式の通りである。

$$U = 1 - \exp\left(-\frac{8T}{\mu}\right) \quad (1)$$

$$T = \frac{C \cdot t}{4B^2} \quad (2)$$

$$\mu = \left[ \frac{2}{3} + \frac{2k}{B \cdot Q_w} (2 \cdot l \cdot x - x^2) \right] \quad (3)$$

$C$ : 粘性土の圧密係数  
 $t$ : 時間  $T$ : 時間係数  
 $B$ : 平面ひずみモデル幅の半分  
 $k$ : 粘性土の透水係数  
 $Q_w$ : 平面ひずみドレーン単位幅の排水能力  
 $l$ : ドレーンの排水距離  
 $x$ : 排水境界面からの距離

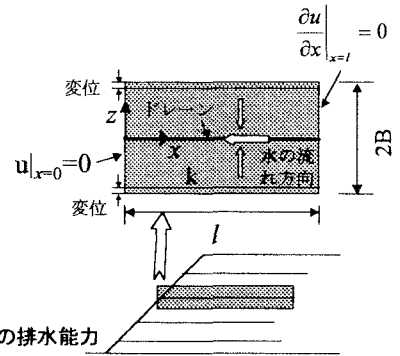


図-1 平面ひずみ水平ドレーン

盛土の施工段階での粘土中の平均圧密度 ( $U$ ) を予測するために以下の近似法を提案した。荷重が図-2 に示すようにステップ的に作用すると仮定する。有効応力の連続性を考慮して増分荷重  $\Delta p_j$  をかけた後、 $p_i = p_i + \Delta p_j$  に対する圧密度( $U_{j0}$ )および  $U_{j0}$  に相当する時間  $t_{j0}$  は次のように定義する。

$$U_{j0} = \frac{U_i \cdot p_i}{p_i + \Delta p_j} \quad (4)$$

$$t_{j0} = -\frac{B^2}{2 \cdot C} \mu \cdot \ln(1 - U_{j0}) \quad (5)$$

$p_i$ :  $i$  ステップの全荷重  
 $U_i$ :  $t_i$  時間での圧密度  
 $\Delta p_j$ :  $j$  ステップの荷重増分

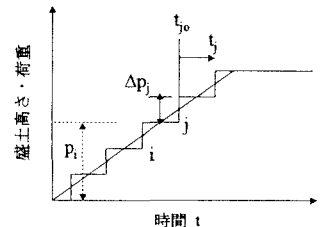


図-2 ステップ的载荷パターン

簡易法の誤差について、その予測値と有限要素法の解析結果とを比較した。その結果、簡易法で予測した間隙水圧は FEM 解析値より高いことがわかった<sup>3)</sup>。その原因は二つある。一つは簡易法が等ひずみ条件で導いた近似圧密解であるのに対して、FEM 計算では Boit 圧密理論<sup>4)</sup>を使用していることである。もう一つは、図-3 に示した間隙水圧分布の仮定に起因するものである。しかし、その誤差は載荷荷重の 5% 程度であり、簡易法は粘性土盛土中の間隙水圧と有効応力の予測に適用できると考えた。

(2) 粘性土の非排水強度  $S_u$  の予測 粘性土の非排水強度( $S_u$ )を予測するのに、弾塑性理論による方法と経験式がある。粘性土盛土を建設する場合弾塑性理論に必要なパラメータが得られ難いので Ladd が提案した次の経験式<sup>5)</sup>を用いた。

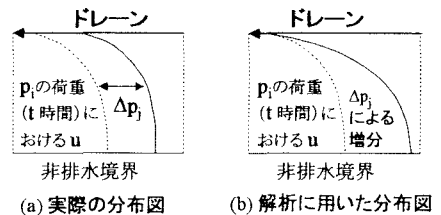


図-3 間隙水圧分布の仮定

$$S_u = S \sigma'_v (\text{OCR})^m \quad (6) \quad \sigma'_v: \text{垂直有効応力} \quad \text{OCR}: \text{過圧密度}(=1.0) \\ \text{係数 } S=0.162 \sim 0.25 \quad \text{指数 } m=0.75 \sim 1.0$$

3. DGの通水能力 予測に必要なDGの通水能力について大型、小型試験装置を用いて粘土拘束における長期通水試験を行った。大型試験に用いたDGの試料寸法は長さ1.0m、幅0.2m、小型は長さ0.26m、幅0.088mであった。試験方法については既に報告している<sup>3)</sup>ので省略する。拘束圧 $\sigma=10\text{kPa}$ 、動水勾配 $i=0.4$ の条件の場合、図-4に示したように2ヵ月時点の通水量は初期値の約0.5%にまで低下した。 $\sigma=49\text{kPa}$ 、 $i=0.1$ の場合、図-5のように通水能力は更に著しく減少し、30日目で初期値の0.4%であった。その原因として一番大きいのはRDの“目詰まり”と考えられる。

4. 提案法による計算例 提案した簡易法で、施工速度と排水能力低下の影響を検討した。また、仮定した地盤条件は以下に示す。

〔初期有効応力 $\sigma'_0=10\text{kPa}$ 、 $E=1000\text{kPa}$ 、 $\nu=0.3$ 、 $k=10^{-9}\text{m/s}$ 、幅 $B=0.4\text{m}$ 、長さ $l=8\text{m}$ 、荷重増分は $10\text{kPa}$ で $50\text{kPa}$ まで増加〕

考慮した他の変量は下記の通りである。

- (a) 荷重増分の間隔 $\Delta t$ : 5日と10日
- (b) DGの排水能力 $Q_w$ は二つの条件を仮定: (i)試験結果の近似値(図-5)と、(ii) $Q_w=5\text{m}^3/\text{year} \cdot \text{m}$

予測した $S_u$ と荷重との関係を図-6(a)、(b)に示す。計算において式(6)の係数 $S$ 値は0.25と仮定した。図-6(a)より、盛土を5日間隔で載荷した場合の $S_u$ は10日間隔の場合より約20%低いことがわかった。また時間経過に伴って、 $Q_w$ の低下により $S_u$ の増加率は小さくなった(図-6(b)の点線)。そして、設計上粘土拘束で長期的な試験値を利用すべきことがわかった。

5. 結論 粘性土盛土を建設するにおいて、排水ジオテキスタイル(DG)間の粘性土の非排水強度( $S_u$ )を予測する簡易法を提案した。また予測に必要なパラメータの一つ、DGの通水能力( $Q_w$ )を粘土拘束下での長期通水試験によって測定し、時間経過に伴い $Q_w$ が大きく減少することがわかった。提案法によって盛土中の粘性土のせん断強度における施工速度とDGの排水能力低下の影響を定量的に検討し、提案法はDGを用いた粘性土盛土の設計に役に立つことを示した。

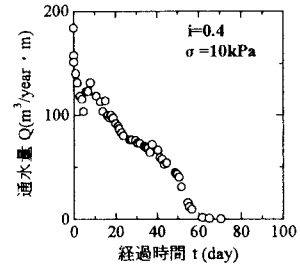


図-4 通水量の時間的変化 (大型)

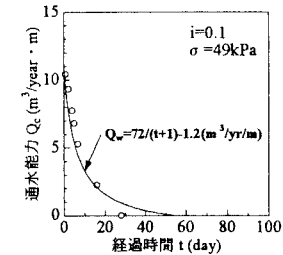


図-5 通水能力の時間的変化 (小型)

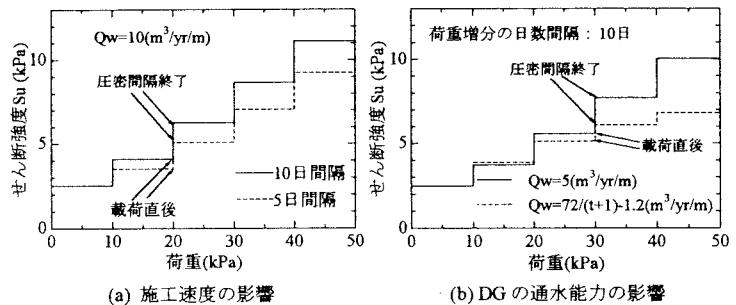


図-6 予測したせん断強度の比較

- 〔参考文献〕 1) Hansbo, S. (1981). "Consolidation of fine-grained soils by prefabricated drains", Proc. 10th Int. Conf. Soil Mech. and Found. Engrg., Stockholm, Vol.3, pp. 677-682. 2) Hird, C. C., Pyrah, I. C. and Russell, D. (1922). "Finite element modeling of vertical drains beneath embankments on soft ground." Geotechnique, 42(3), pp. 499-511. 3) 柴綿春・三浦哲彦. "RD ジオテキスタイルで補強された粘性土盛土の非排水強度の予測" ジオシンセティックス論文集, Vol.16, pp. 169-174 4) Boit, M. A. (1941). "General theory of three dimensional consolidation." J. Applied Physics, 12, pp. 155-164 5) Ladd, C. C. (1991). "Stability evaluation during stage construction." Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 117 (4), pp. 541-615.