排水・補強ジオコンポジットを用いた粘性土盛土の建設に関する研究

佐賀大学 理工学部 学生員 〇浦家 喜央

同 理工学部 正会員 柴 錦春

1. はじめに

建設発生粘性土や浚渫土の有効利用は地盤環境問題のひとつになっている。粘性土を建設材料として利用する 方法のひとつとして、排水・補強性能をもつジオコンポジット(以下 GC)と組み合わせ、粘性土盛土を構築するこ とが考えられる。GC の排水効果で粘性土の圧密を促進し、その補強効果を加えて盛土の強度増加・安定を図る。 本研究では、粘性土拘束の条件で GC の長期通水性能を室内試験によって調べ、その結果を用いて粘性土盛土を建 設する場合に、盛土中の非排水せん断強度(S_u)の変化、盛土の安定性について解析・検討した。

2. GC の通水性能

試験の方法は谷口ら¹⁾が報告された。通水能力に拘束する粘性土の性質の影響を調べるために、本研究では有明粘土と 1.2mm のふるいに通過したまさ土を 重量比 1:2 に混ぜ合わせた混合土を用いた。混合土の液性限界は w_L =61.6%、 塑性限界は w_P =33.7%であった。GC 試料の寸法は幅 0.1m、長さ 0.27m で、動 水勾配 i は 0.1、拘束圧は 10~100kPa で試験を行った。今回の実験では 3 種類 の GC(A、B、C)を用いた。i=0.1 の条件で、3 種の GC の 1 ヶ月以内の通水量は 0.1~300m³/year/m、i を 1.0 に換算すると、通水能力 Q_w は 1~3000 m³/year/m に



なる。例として、図-1 に GC-B、拘束圧 50kPa の試験結果を示す。有明粘土拘束の試験値は谷口ら¹⁾が報告したものである。拘束圧の増加、経過時間に伴って通水量が減少する。また、粘性土の性質の影響について、図-1 に混合土の場合で10日以降、通水量が小さくなっているが、他の条件で大きい場合がある。全体として、通水量における土の性質の明確な影響はなかった。以下の解析・検討では Q_w=5~30 m³/year/m の範囲で行う。

3. 粘性土盛土の非排水せん断強度(Su)の予測

Chai ら²⁾は粘性土盛土の施工過程にGCの排水性能によって、盛土のSu値の変化を予測する方法を提案された。 まず、盛土荷重による圧密度Uについて、平面ひずみでのドレーンの圧密理論³⁾で以下のように計算する。

$$U = 1 - \exp\left(\frac{-8T}{\mu}\right) \quad \dots(1) \qquad T = \frac{C_v \cdot t}{4B^2} \quad \dots(2) \qquad \mu = \frac{2}{3} + \frac{2k}{B \cdot Q_w} (2l \cdot x - x^2) \quad \dots(3)$$

ただし、C_vは粘性土の圧密係数、t は時間、B は GC 間隔の半分、k は粘性土の透水係数、Q_wは GC の通水性能、 *l* は排水長さ、x は排水面からの距離である。次に、盛土を段階的に施工すると仮定し(図-2)、盛土施工過程に荷重 が変化するので、各層の圧密度の計算において、以下の方法を利用する。すでに施工した荷重 p_i 、圧密度 U_i の層 に新たに Δp_j の荷重を加えた瞬間、荷重 $p_i + \Delta p_j$ に対する圧密度 U_{j0} 、それに相応する仮想的な圧密時間 t_{j0} はそれ ぞれ式-(4)と(5)で計算する。

$$U_{j0} = \frac{U_{i} \cdot p_{i}}{p_{i} + \Delta p_{i}} \quad \cdots (4) \qquad t_{j0} = -\frac{B^{2}}{2C} \mu \cdot (1 - U_{j0}) \quad \cdots (5)$$

計算した各層のU値から、その層中の平均垂直有効応力(σ_v)を求め、粘性土の Su値はLadd⁴⁾の式で計算する。

$$S_{\mu} = S \cdot \sigma_{\nu}' \cdot (OCR)^m \cdots (6)$$

ただし、OCR は過圧密比、S と m は定数、本研究では OCR=1.0、S=0.25 を用いた 盛土高さ 5m、法面の勾配(V:H)を1:1.8、天端 20m と仮定し、表-1 のパラメータを用いて盛土中の S_uの変化



図-2 盛土の施工過程の仮定

を予測した。粘性土の圧密係数と透水係数の設定に有明粘土の試験値を参考 にした。また、計算において、粘性土の単位体積重量(γ_t)を 15kN/m³と仮定 した。これは含水比約 90%に相当する。予測した S_u値は施工速度(V)、粘性 土の C_v値、GC の排水能力(Q_w)の影響ごとに図-3(a)-(c)に示す。図から盛土中 の S_u値は下部が高く、上部が小さくなること、V が小さいほど、C_vが高いほ ど、Q_wが高いほど、S_u値が高いことが分かる。

4. 粘性土盛土の安定解析

補強材の効果を考慮できる斜面安定解析ソフト ReSSA(2.0)⁵⁾を用いて解析を行った。本研究で検討し ている GC の伸張強度の範囲は 11~40kN/m²(メーカ ー提供)である。これを参考に動員された GC の伸張 力(T_m)値を0、5、10kN/mの3ケースを仮定した。ま た、すべり面が地盤中に入らないと仮定して盛土部 分の安全率のみを検討した。解析結果は図-4(a)-(c)に 示す。まず、施工速度(V)の影響について、図-4(a)よ り、V が小さいほど FS が大きい。Q_w=10m³/year/m、 $C_v=0.1m^2/day$ で、FS >1.2を要求すれば、T_m \geq 10kN/m、 V<0.04m/day が必要になる。次に、粘性土の C_v値が 盛土の FS に大きく影響していることが図-4(b)から 分かる。 $Q_w=10m^3/year/m$ 、V=0.05m/day、 $T_m=5kN/m$ の場合、Cv値が 50%増加すると、FS 値が約 0.3 の増 加を示している。最後にQwの影響について、検討し た条件で Qwが 10³/year/m から 20m³/year/m に増加す ると、FS 値が約 0.3 の増加になる。しかし FS 増加率 はQwの増加によって、減少する。図-4からGCを用 いて高さ 5m の粘性土盛土の建設が十分可能である

表-1 解析に用いるパラメータ

| | 基本値 | 変化範囲 |
|---|-------|-----------|
| GCの排水能力Q _w (m ³ /year/m) | 10 | 5~30 |
| 圧密係数C _v (m²/day) | 0.1 | 0.05~0.15 |
| 施工速度V (m/day) | 0.05 | 0.02~0.15 |
| GCの間隔 (m) | 0.5 | |
| 粘性土の透水係数k (m/day) | 0.004 | |



ことが分かった。盛土の γ_t の影響について、 γ_t の増加によって、盛土の自重が増加する一方、盛土中の S_u 値も 増加する。その結果、GC の補強効果を考慮しない場合($T_m=0$)、 γ_t による FS への影響はとても小さい(無視できる)。 しかし、 γ_t の増加によって、GC の補強効果が減少する。たとえば、図-4(c)中 $Q_w=50m^3$ /year/m、 $T_m=5kN/m$ の FS 値は約 1.6 であるが、 γ_t を 20 kN/m³にすると、相応 FS 値は約 1.5 になる。

5. まとめ

排水・補強ジオコンポジット(GC)を用いて、粘性土盛土を建設する場合、盛土の安定率 FS における GC の排水能力(Q_w)、粘性土の圧密係数(C_v)と施工速度(V)の影響を検討した。粘性土の圧密係数 $C_v \ge 0.1m^2/day$ 、GC の間隔が 0.5m、GC の排水能力 $Q_w \ge 20m^3/year/m$ 、動員された GC の伸張力(T_m) \ge 5kN/m の条件で施工速度 V=0.050m/day で 5m の粘性土盛土が建設できることが分かった。

参考文献

1) 谷口誉幸・江口仁志・柴錦春(2005) ジオコンポジットの通水性能に関する室内試験 平成 17 年度土木学会西部支部研究発表会公演概要集. III-43, pp. 461-462. 2) Chai, J.-C. and Miura, N (2002). Long-term transmissivity of geotexitile confined in clay, Proc. 7th International Conference on Geosynthetics, Vol. 1, pp. 155-158. 3) Hird, C.C., Pyrah, I.C. & Russell, D. (1992). Finite element modeling of vertical drains beneath embankments on soft ground. Geotechnique, Vol, 42. No, 3 pp. 499-511. 4) Ladd, C.C. (1991). Stability evaluation during staged construction, J. of Geotech.Eng., ASCE, Vol. 117, No. 4, pp. 541-615. 5) ADAMA Engineering (2001) Manual of ReSSA.USA.