

圧密による強度増を考慮した急勾配補強盛土の設計法試案

長崎大学大学院 ○学生員 和久田直孝 長崎大学工学部 正員 棚橋 由彦
 長崎大学工学部 学生員 陶山 健太 茨城大学工学部 正員 安原 一哉
 三井石化産資 正員 西村 淳

1. はじめに 近年、遊休地の減少や依然地価が高いこと、更には良質な土質材料の入手が困難な状況にあることから、盛土材料に不向きな現場発生土の積極的再利用や、盛土を急勾配にする必要が生じてきた。そのため、ジオシンセティックスを用いた補強土工法が積極的に採用されるようになってきた。関東ロームのような高含水比火山灰質粘性土でさえ、補強土工法を採用することで急勾配盛土の築造が可能になってきた。そこで、補強材として圧密促進効果、引張補強効果が期待できる複合不織布を用い、圧密による土の強度増および不織布との摩擦特性の変化を考慮した設計法の試案を提示する。

2. 内的安定に対する設計法の基本的な流れ 本設計法ではN次盛土を想定し、N-1次以下盛土の圧密による強度増を期待し、N次盛土の施工が可能となる圧密時間を求める。なお、設計手順を図1に示す。まず、N次盛土の盛土厚、不織布の枚数 N_f 、定着長 l_e を設定する。本設計法においては、斜面の安定解析に分割法を用いるので、円弧中心座標(格子)の設定を行う。まずN-1次以下盛土の圧密時間が無限大として安定計算を行い、円弧中心座標の一つでも安全率を満たさない点がある場合は、N次盛土を適宜再設定する。次にN-1次以下盛土の最低圧密時間を求める。そして、目標盛土高に達するまで繰返し行う。なお、不織布の枚数、定着長と最低圧密時間の組合せは、盛土段階が進むにつれて非常に多くなるので、適宜不織布の枚数、定着長を変化させ計算を行う。

3. 内的安定の計算法 補強盛土の設計法はいくつか提案されている¹⁾が、式(1)を基本式とする。

$$F_s = (M_R + \sum RT_i) / M_D \quad (1)$$

ここに M_R 、 M_D ：抵抗及び起動モーメント R ：すべり円の半径 T_i ：各層の不織布の引抜き抵抗
 $<$ 抵抗モーメント： $M_R >$ 土の定体積一面せん断試験より求めた全応力の関係より、「粘着力 c_{cu} は圧密圧、圧密時間によらずほぼ一定」、「内部摩擦角 ϕ_{cu} は圧密時間 t と正の相関があり、 t の増加に伴い、ある値 ϕ_0 に漸近する傾向にある」²⁾特徴を式にすると

$$\tau_f(t') = c_{cu} + \sigma_i \cdot \tan \phi_{cu}(t') \quad (2)$$

$$\phi_{cu}(t') = \phi_0 - \frac{1}{\exp(a + b\sqrt{t'})} \quad (3) \quad (a, b: \text{定数})$$

よって抵抗モーメント M_R は $M_R = R \cdot \sum (c_{cu} \cdot l_i + W_i \cdot \cos \theta_i \cdot \tan \phi_{cu}(t')) \quad (4)$

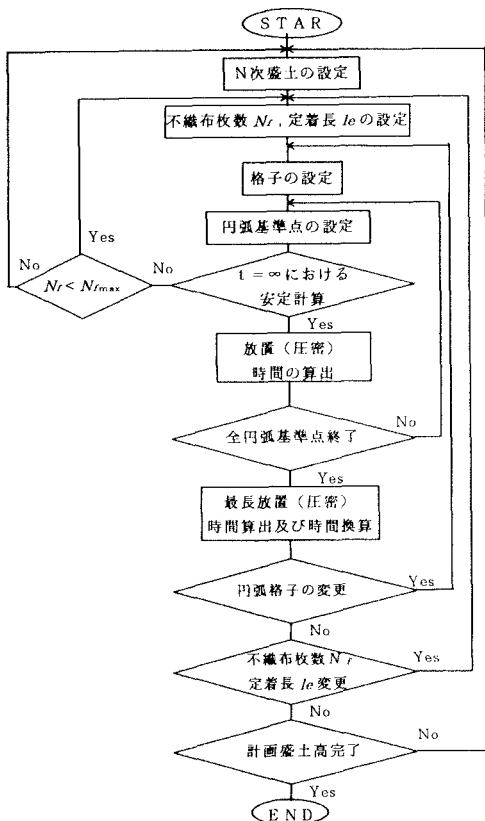


図1 設計法手順

＜引抜き抵抗力： $T_i > T_j$ は不織布と土のせん断強度 τ_{fs} と定着長 l_e により次式で与えられる。

$$T_i = 2\tau_{fs}(t') \cdot l_e \quad (5)$$

土と不織布の定体積一面せん断試験より摩擦特性を求めた。その結果、土と同様な傾向を示したので、 $\tau_{fs}(t)$ 、 $\phi_{os}(t)$ は式(2)、(3)と同形で近似できる。ただし、式(2)の σ_1 は不織布までの土被り圧 σ_1 に置換。

4. 圧密時間の算出法及び換算 安全率に起動モーメントを乗じた値から末圧密層（N次盛土）の抵抗及び引き抜き抵抗によるモーメントを引いた値が、圧密層に求められる必要モーメントとなる（式(1)の M_R 、 T_j には末圧密層（N次盛土）分と圧密層（N-1次以下盛土）分が含まれている）。圧密層の抵抗及び引き抜き抵抗によるモーメントは圧密時間の関数であるから、圧密時間 t を変化させ、必要最低圧密時間を求めることができる。変化させる t は、実験値 t' に変換させる必要があり、さらに層ごとに排水距離が異なるので各々の変換が必要となる。盛土施工の実情と実験結果より、圧密

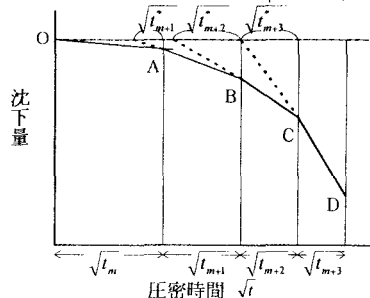


図 2 圧密時間変換

時間の各々の換算にはテルツァギの二乗則を用いることとする。求められた必要最低圧密時間 t は、N-1次盛土載荷後の圧密時間である。しかし、N-2次以下盛土はそれ以前にも圧密により強度増がなされている。そこで、ある時点の間隙比までの応力経路はそれ以降の圧密沈下経路には影響しないものと仮定し、以下にある層の強度増を得た過去の応力履歴の新たな荷重への時間の変換について述べる。図2において線分OAは、次の盛土（ある層に対してm層目）を盛るために自重によって圧密した経路を示し（AB、BC、CDは $m+1 \sim 3$ 層目を盛る為に $m+0 \sim 2$ 層の荷重と自重によって圧密した経路）、 $t_{m \sim m+3}$ は圧密時間、 $t_{m \sim m+3}^*$ は変換時間を表す。また、各々の傾きを $a_{m \sim m+3}$ とする。ある層ははじめ自重による圧密が生じ（OA）、その時の沈下量は $a_m \sqrt{t_m}$ で表わされる。次に新たな盛土と自重による圧密が生じ（AB）、Bの沈下量を得るためには $\sqrt{t_m} + \sqrt{t_{m+1}}$ を要する。もし、初めから新たな盛土と自重分の荷重を受けていたならば、Aの沈下量を得るためには変換時間 $\sqrt{t_{m+1}^*}$ を要し、Bの沈下量を得るためには $\sqrt{t_{m+1}} + \sqrt{t_{m+1}^*}$ を要する。ある層に対してn層目を盛るためとし、その時の傾きと実験値への変換（供試体高さ2cm、両面排水）を含めた変換時間を一般的として以下に示す。

$$a_n = 4 \frac{\Delta\sigma \cdot k}{\sqrt{c_v(n-1)} \cdot \pi} \quad t_n^* = \left(\frac{a_{n-1}}{a_n} \right)^2 \cdot \left(t_{n-1}^* + \frac{t_{n-1}}{H_d^2} \right) \quad (6)$$

ここに H_d : ある層の排水距離、 $\Delta\sigma$: 圧密圧 σ の増分

ただし、 $a_1 = 0$ 、 $t_1 = 0$ 、 $t_1^*, t_2^* = 0$ 。また、定体積一面せん断試験の圧密過程において、圧密係数 C_v は圧密圧 σ に対して片対数上で比例の関係にある。用いる C_v は $n-1$ 層盛土時の値である。なお、本設計法では不織布に挟まれた層ごとに同一の C_v を用いる。

6. まとめ 実際の土は応力履歴が様々な特性に影響を及ぼしており、時間の変換の仮定が実情とは必ずしも一致しない。また、定着長を任意にしているため最適な不織布配置、盛土高と施工時間の組み合わせが、定着長によって変わってしまう点に問題を抱えている。しかしながら、圧密による盛土材及び不織布との強度増を考慮した、より経済的な設計法の指針ができたものとする。

【参考文献】1) ジオテキスタイル補強土工法普及委員会：ジオテキスタイル用いた補強土の設計・施工マニュアル、財団法人 土庫研究センター、1996。2) 陶山、棚橋、和久田、安原、西村：高含水比火山灰質粘性土と複合フェブリックの一面せん断試験による摩擦特性の把握、平成8年度土木学会西部支部講演概要、1997。3) 秋沢賢：不織布によって補強した火山灰質粘性土高盛土の安定解析法、平成7年度修士論文（茨城大学大学院）、1996。