

真空圧密工法を併用した軟弱地盤上での盛土の安定管理に関する一考察

日本道路公団試験研究所 正会員 安部哲生  
" 正会員 福島勇治  
" 正会員 稲垣太浩

1. はじめに

真空圧密工法は、地盤にドレーン材を打設してその上をシートで覆い、真空ポンプでシート内の気圧を下げ、地盤内の空気および水分をドレーンを介して強制的に排出させることで地盤の改良を図る工法である。おもに、高含水比の有機質土・粘性土を主体とした軟弱地盤の地盤改良に用いられる。日本道路公団(以下、「JH」という。)においては、現在施工中のものを含め4つの真空圧密工法の施工事例があるが、そのどの事例においても盛土工と併用して用いられている。これは、通常、緩速施工を余儀なくされる軟弱地盤上での盛土において、本工法を併用して用いることで、緩速施工の場合と比べ約 1/3 程度にまで盛土構築期間を短縮できるためである<sup>1)</sup>。このように、真空圧密工法は、プレロードやサーチャージのような地盤を先行圧密させる効果だけでなく、軟弱地盤上での盛土構築期間の短縮化により盛土後の放置期間をより長く取ることが可能となることから、残留沈下の抑制にも効果があると言える。本論文は、真空圧密工法を併用した軟弱地盤上での盛土の安定管理上の問題点を指摘した上で、その解決策を提案するものである。

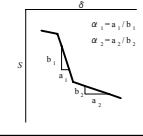
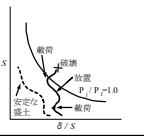
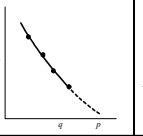
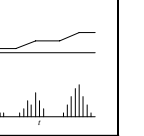
2. 既往の盛土安定管理方法の問題点

軟弱地盤上での盛土の安定管理は、通常、動態観測によって行われる。JHにおいても、盛土中央部の地表面沈下量および盛土のり尻部の側方変位量を動態観測し、表-1に示す4つの管理方法を用いて盛土の状態を総合的に判断している。しかし、いずれの方法も過去の経験や実績から導かれたものであるため、盛土条件や地盤条件によっては、これらの方法だけでは判断できない場合も出てくる。真空圧密工法を併用した軟弱地盤上での盛土では、図-1に示すように、負圧により地盤は盛土中央方向へと引き込まれているため、通常の軟弱地盤上での盛土に比べ、せん断変形による側方変位はあまり生じない。そのため、側方変位量の経時的変化をもとに安定管理を行うこれまでの方法では、十分な安定管理ができないかむしろ過大に安定を評価してしまう可能性がある。したがって、真空圧密工法を併用した軟弱地盤上での盛土では、変位による安定管理だけでは十分とは言えない。

3. 新たな盛土安定管理方法の提案

真空圧密工法を併用した軟弱地盤上の盛土の安定管理は、既往の変位による安定管理に加え、間隙水圧計による安定管理も同時に行うことを提案する。間隙水圧計を安定管理の指標として選んだ理由は、実際、現

表-1 軟弱地盤上での盛土の安定管理方法<sup>2)</sup>

| 管理方法    | $S \sim \delta$ 法                                                                   | $S \sim \delta / S$ 法                                                                | $\Delta q / \Delta \delta \sim q$ 法                                                   | $\Delta \delta / \Delta t \sim t$ 法                                                   |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 内 容     |  |  |  |  |
| 摘 要     | $S \sim \delta$ の関係を求め、上載荷重が小さい間の $S \sim \delta$ の関係を利用して破壊に近づいているかどうかを予測する。       | $S \sim \delta / S$ の関係を求め、図に示す基準線に近づくかを調べて破壊を予測する。                                  | $\Delta q / \Delta \delta$ がゼロに近づくことと破壊に近づくことを利用し、限界盛土高を推定する。                         | $\delta$ の1日あたりの変位量、すなわち、 $\Delta \delta / \Delta t$ の時間変化をグラフ化し、安定管理に使う。             |
| 管理基準の目安 | $\alpha_2 \geq 0.7$<br>$\alpha_2 \geq \alpha_1 + 0.5$                               | $S > 5.93 \exp \{ 1.28 (\delta / S) \}$<br>$-3.41 (\delta / S) \}$                   | $\Delta q / \Delta \delta \leq 15 \text{ t/m}^3$                                      | $\Delta \delta / \Delta t \geq 2 \text{ cm/日}$                                        |

$S$ : 盛土中央部の地表面沈下量,  $\delta$ : 盛土のり尻部の変位杭または地中変位計の側方変位量,  $q$ : 盛土荷重(盛土高でも良い)

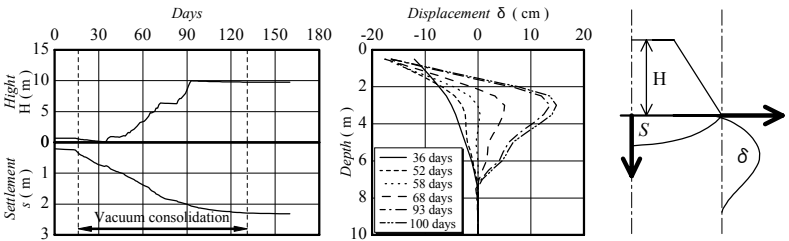


図-1 真空圧密工法を併用した軟弱地盤上での盛土の地盤変形

キーワード 真空圧密工法, 盛土, 安定管理, 動態観測, 間隙水圧, 側方変位  
連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1, TEL 042-791-1621, FAX 042-791-2380

場において、間隙水圧計の値が急激に上昇する場合には盛土を一時中断するといったように、間隙水圧計の挙動を安定管理の指標として利用しているケースが多々あったためである。しかし、このままの方法では明確な管理基準が設定されていないために、判断が個人にゆだねられてしまうという問題点があった。そこで、間隙水圧計の値に管理基準値を設けることを試みた。まず、真空圧密工法を併用した盛土において発生する過剰間隙水圧は、図 - 2 に示すように、最大で上載盛土圧 ( $\gamma_{tB} \cdot H$ ) 相当、最小で真空載荷圧 (例えば、 $-60\text{kN/m}^2$ ) であると考えられる。次に、サンプリングおよび室内試験により、図 - 3 に示すように、各層の土質定数 ( $\gamma_t, c', \phi'$  など) を算出して、表 - 2 に示すような盛土高と過剰間隙水圧の発生率をパラメーターとした安定計算を行う。その結果を示したのが図 - 4 である。さらに、その図から任意の安全率 (例えば、 $F_s = 1.1$ ) における各盛土高の過剰間隙水圧の値を読み取り図化したものが図 - 5 である。この手順により、盛土の安定管理指標として、任意の盛土高における任意の安全率を確保するための許容過剰間隙水圧の値を導くことができる。

4 . 残された課題

間隙水圧計の値は、設置の際のわずかな不具合により非常にばらつきやすいため、取り扱いが難しい。そのため、通常の軟弱地盤上での盛土の安定管理に用いられることはあまりなく、また、用いた場合でも参考程度の指標に過ぎないのが実情である。したがって、間隙水圧計による安定管理だけではやはり十分でなく、変位による安定管理を含めた総合的な判断が必要である。とくに、真空圧密工法を併用した軟弱地盤上での盛土の場合、地盤は負圧により拘束された状態にあると思われる。したがって、その拘束状態を打ち破るような側方変位が生じた場合には、盛土はかなり不安定な状態にあると考えられ、十分な注意が必要である。また、地盤が十分に改良されていない時点で、何らかの原因で真空ポンプが急に停止した場合にはその負圧による拘束は失われるため、盛土は急激に不安定な状態になり、最悪の場合、すべり破壊といった状態にまで達する恐れがある。このような事態を想定するならば、変位が生じないからといってむやみに盛土を急速に盛り立てることなく、また、間隙水圧計によっても十分な安定管理が出来ないと判断されるのであれば、予備の真空ポンプを事前に用意するといった対応が求められる。

5 . まとめ

今回、真空圧密工法を併用した軟弱地盤上での盛土の安定管理方法として、間隙水圧計の値を管理指標値とした方法を提案したが、それだけでは十分な安定管理は出来ない。したがって、既往の変位による安定管理方法とともに用いて、総合的な安定管理が大切である。今後、真空圧密工法を併用した軟弱地盤上での盛土工を一般的な工法にしていくためにも、より簡易で精度の良い安定管理方法の確立が重要であり、そのためにも多くの動態観測データを収集・蓄積し、それらを分析していくことが求められる。

【参考文献】

1) 安部 哲生・三嶋 信雄・緒方 健治・福島 勇治・稲垣 太浩：真空圧密工法を用いた軟弱地盤の沈下対策，第 35 回地盤工学研究発表会論文集，pp.1361～1362，2000．  
2) 日本道路公団：土工施工管理要領，1988．

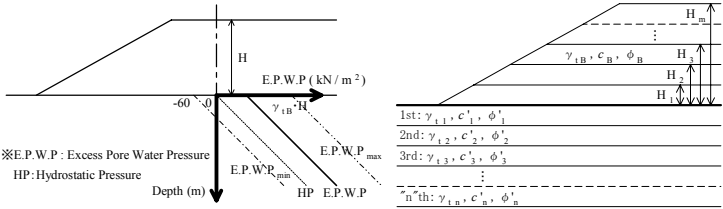


図 2 - 過剰間隙水圧の発生概念

図 3 - 安定計算検討モデル例

表 2 - 安定計算パラメーター例

| 過剰間隙水圧の発生率 (%) | 盛土高: $H_1$                                             |                 | 盛土高: $H_2$                                             |                 | 盛土高: $H_m$                                             |                 |
|----------------|--------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------|-----------------|
|                | 過剰間隙水圧 $\Delta u$ (kN/m²) (kPa)                        | 安全率             | 過剰間隙水圧 $\Delta u$ (kN/m²) (kPa)                        | 安全率             | 過剰間隙水圧 $\Delta u$ (kN/m²) (kPa)                        | 安全率             |
| 100            | $\Delta u_{100, H_1}$<br>( $= \gamma_{tB} \cdot H_1$ ) | $F_{s100, H_1}$ | $\Delta u_{100, H_2}$<br>( $= \gamma_{tB} \cdot H_2$ ) | $F_{s100, H_2}$ | $\Delta u_{100, H_m}$<br>( $= \gamma_{tB} \cdot H_m$ ) | $F_{s100, H_m}$ |
| 75             | $\Delta u_{75, H_1}$                                   | $F_{s75, H_1}$  | $\Delta u_{75, H_2}$                                   | $F_{s75, H_2}$  | $\Delta u_{75, H_m}$                                   | $F_{s75, H_m}$  |
| 50             | $\Delta u_{50, H_1}$                                   | $F_{s50, H_1}$  | $\Delta u_{50, H_2}$                                   | $F_{s50, H_2}$  | $\Delta u_{50, H_m}$                                   | $F_{s50, H_m}$  |
| 25             | $\Delta u_{25, H_1}$                                   | $F_{s25, H_1}$  | $\Delta u_{25, H_2}$                                   | $F_{s25, H_2}$  | $\Delta u_{25, H_m}$                                   | $F_{s25, H_m}$  |
| 0              | $\Delta u_{0, H_1}$<br>( $= -60$ )                     | $F_{s0, H_1}$   | $\Delta u_{0, H_2}$<br>( $= -60$ )                     | $F_{s0, H_2}$   | $\Delta u_{0, H_m}$<br>( $= -60$ )                     | $F_{s0, H_m}$   |

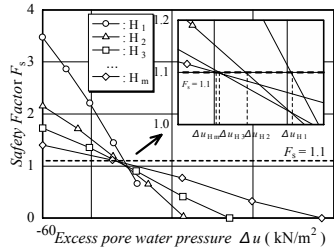


図 4 - 管理基準値算定図

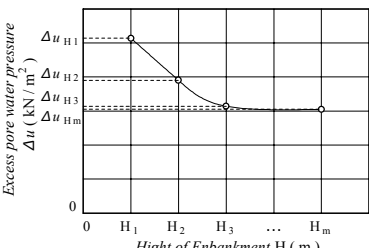


図 5 - 管理基準値