

真空圧密を併用した急速盛土施工の適切な盛土工程について

ハザマ 正会員 ○ 松本江基、三反畑勇
九州大学 正会員 落合英俊、安福規之

1. はじめに

軟弱地盤上に帯状盛土構造物を構築する際、真空圧密を併用すると急速盛土施工が可能となり、工期短縮が図れる。これまでの真空圧密を併用した急速盛土施工では、経験的に盛立て速度を 15～20cm/日程度以下に制限して施工しているケースが多い。しかし、ケースによっては盛土時に側方へのはらみ出し変形が顕著に生じたり、真空圧密完了後に残留沈下が継続して進行する場合がある。盛土中の地盤挙動を予測またはモニタリングすることで、盛土の安定性を確保するとともに残留沈下量を小さく抑えるような盛立て速度が合理的に設定できれば、最適な盛土工程の立案や修正等に寄与することができると考えられる。著者らは、真空圧密を併用した盛土施工における盛土下の軟弱地盤内の過剰間隙水圧を簡易に予測・評価する近似予測式を提案^{1),2)}するとともに、間隙水圧(すなわち有効応力)に着目した新しい安定管理指標(修正安定係数 N'_s ³⁾: 以下、安定管理指標 K_m と呼び直す)を提案⁴⁾した。本論文は、これらの手法を用いて急速盛土施工の盛土管理方法を示し、適切な盛土工程について検討したものである。

2. 軟弱地盤内の間隙水圧の予測と安定管理指標 K_m の管理

真空圧密を併用した盛土工事における地盤内の過剰間隙水圧は、図-1 のような経時変化を示すと考えられる。盛土放置期間の間隙水圧は、既往の理論解(Barron 解)に基づいて消散する考え、盛土期間中の過剰間隙水圧は、土/水連成 FEM 解析結果を整理して得られた(1)式の近似予測式^{1),2)}を用いて算定する。盛土工事による間隙水圧を予測することで、盛土完了後に過剰間隙水圧がゼロとなる時刻(図-1 の t_R) が、残留沈下の低減に必要な真空圧密期間の設定の目安として利用できる。

真空圧密を併用した盛土の安定は、(2)式で表される安定管理指標 K_m が制限値以下となるように盛土速度をコントロールすることで確保する。その制限値は、これまでの著者らの経験によると 6～8 程度とするのがよい。 K_m は盛土や真空圧密によって刻々変化する地盤内の有効応力の関数である。このため、施工中の間隙水圧の評価が必要となり、設計時には(1)式を用いて間隙水圧を予測し、施工時には間隙水圧の計測結果を用いて、(3)式から地盤内有効応力を簡易に算定することにする。

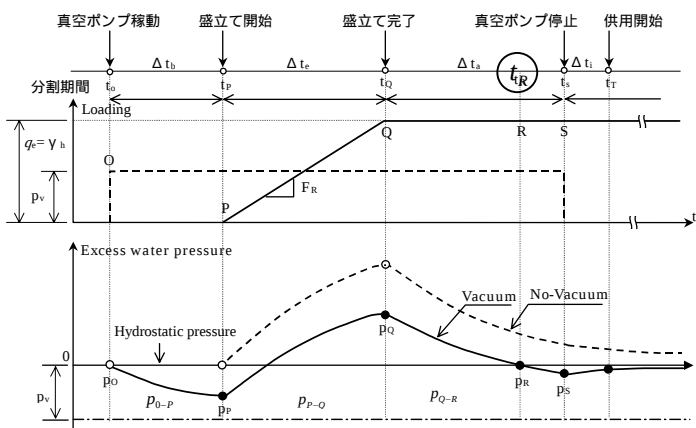


図-1 真空圧密を併用した盛土施工の間隙水圧変化

【盛土中に生じる過剰間隙水圧の近似予測式】

$$\Delta p_{wi} = 1.2\gamma_t \cdot h_i \cdot (1 - U_i) \quad (1)$$

ここで、 Δp_{wi} : 盛土中(i 時点)の過剰間隙水圧
 γ_t : 盛土の湿潤単位体積重量
 h_i : ある時点 i の盛土厚
 U_i : 盛土開始後の圧密度

【安定管理指標】

$$K_m = \frac{\gamma_t \cdot h_i + \sigma'_{v0}}{\tau_i} \quad (2)$$

$$\tau_i = \omega \sigma'_{vi}$$

$$\omega = \frac{(1 + 2K_0)(1 + K_f)M}{3\sqrt{3}(1 + K_0)}$$

$$K_f = \frac{3\sqrt{3}(1 + K_0) - 2M(1 + 2K_0)}{3\sqrt{3}(1 + K_0) + 2M(1 + 2K_0)}$$

ここで、 γ_t : 盛土の単位体積重量
 h_i : ある時点 i の盛土厚
 σ'_{v0} : 地盤内の初期鉛直応力
 τ_i : ある時点 i の地盤内のせん断抵抗
 σ'_{vi} : ある時点 i の鉛直有効応力
 M, K_0 : 弾塑性パラメータ

【盛土中の有効応力】

$$\sigma'_{vi} = \sigma_{v0} + \gamma_t h_i - u_i \quad (3)$$

ここで、 σ'_{vi} : ある時点 i の鉛直有効応力
 σ_{v0} : 初期鉛直全応力
 γ_t : 盛土の湿潤単位体積重量
 h_i : ある時点 i の盛土厚
 u_i : ある時点 i の間隙水圧

キーワード：真空圧密工法、軟弱地盤、盛土、間隙水圧、安定

連絡先：茨城県つくば市効間西向 515-1 TEL 0298-58-8813 FAX 0298-58-8819

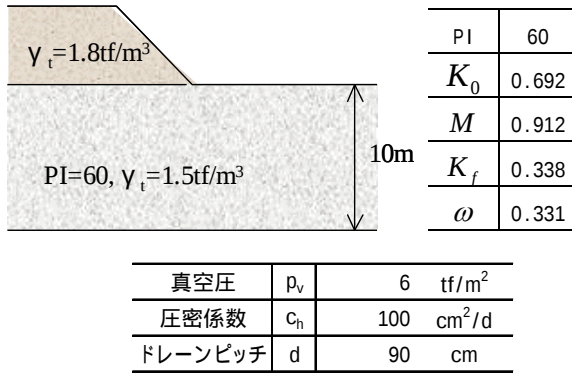


図-2 盛土の検討モデルと弾塑性パラメータ

表-1 検討ケース

ケース 1	定速度盛立て	0.4m/day
ケース 2	2 段階盛立て	最大 1.00m/day
ケース 3	3 段階盛立て	最大 0.67m/day
ケース 4	定速度盛立て	0.8m/day

3. 適切な盛立て工程に関する試算検討

間隙水圧の近似予測式と安定管理指標を用いて、真空圧密を併用した盛土工事の適切な盛立て工程について検討した。適切な盛立て工程とは、盛土中の安定管理指標が6程度を越えないこと（盛土を破壊させない）、盛土完了後の過剰間隙水圧がゼロとなる時刻が最も早いこと（残留沈下対策としての真空運転期間が短い）の2点を満足するものとする。試算対象は、図-2に示すように厚さ10mの軟弱地盤上に厚さ20mの帯状盛土構造物が構築されるケースである。塑性指数=60で圧密係数=100 cm^2/day の均一地盤を想定し、鉛直ドレーンが90cm間隔（正方形配置）で軟弱地盤の下端まで打設されているものとする。盛立ては真空圧密開始後、Barron解による圧密度が50%に達した時点から開始し、4ケースの盛立て工程で過剰間隙水圧の変化と安定管理指標の経時変化を比較した。図-3に試算結果を示す。盛立て速度が0.8m/dayと1.0m/dayと大きいケースでは過剰間隙水圧が急速に増加して安定管理指標の値が盛立て開始直後に6以上となり、盛土安定の面から不適と判定される。3段階で盛立てるケース3は安定管理指標が6を僅かに越える程度であるが破壊に近いと判断され、盛土完了後の過剰間隙水圧がゼロとなる時刻が遅く真空運転期間が長い。したがって今回の検討ケースでは、盛立て速度0.4m/dayの一定速度で盛立てるケース1が、安定管理指標5と安定性に優れ、かつ残留沈下対策としての真空運転期間が短く適切な盛立て工程と判定される。以上のことから、適切な盛立て工程とは、過剰間隙水圧を出来るだけ発生させないこと、安定管理指標を小さい値に抑えることの2点が主要なポイントといえ、むやみに盛立て速度を大きくするのは得策でないといえる。

4. まとめ

間隙水圧の近似予測式や施工中の間隙水圧の計測値を用いて安定管理指標を算定し、その値が6程度以下となるように盛土速度を制限するとともに、盛土完了後の過剰間隙水圧がゼロとなる時刻が最も早い盛立て工程を検討することで、適切な盛立て工程計画を立案・修正することができると考えられる。本報では盛土工程を変えたケース比較からその考え方を述べたが、今後、さらに現場への適用を通して本検討手法の妥当性について確認していきたい。参考文献：1)松本ほか：真空圧密下における盛土工事中の間隙水圧予測，ハザマ研究年報 Vol.34, pp.65-73, 2002. 2) 松本ほか：真空圧密を併用した盛土施工中の間隙水圧予測，第38回地盤工学研究発表会，2003.(投稿中). 3) 松本ほか：真空圧密下における盛土工事の地盤挙動と安定評価指標，第37回地盤工学研究発表会，pp.1059-1060 2003 4)松本：軟弱地盤上の急速盛土施工への真空圧密工法の適用に関する研究，九州大学学位請求論文，2002.12

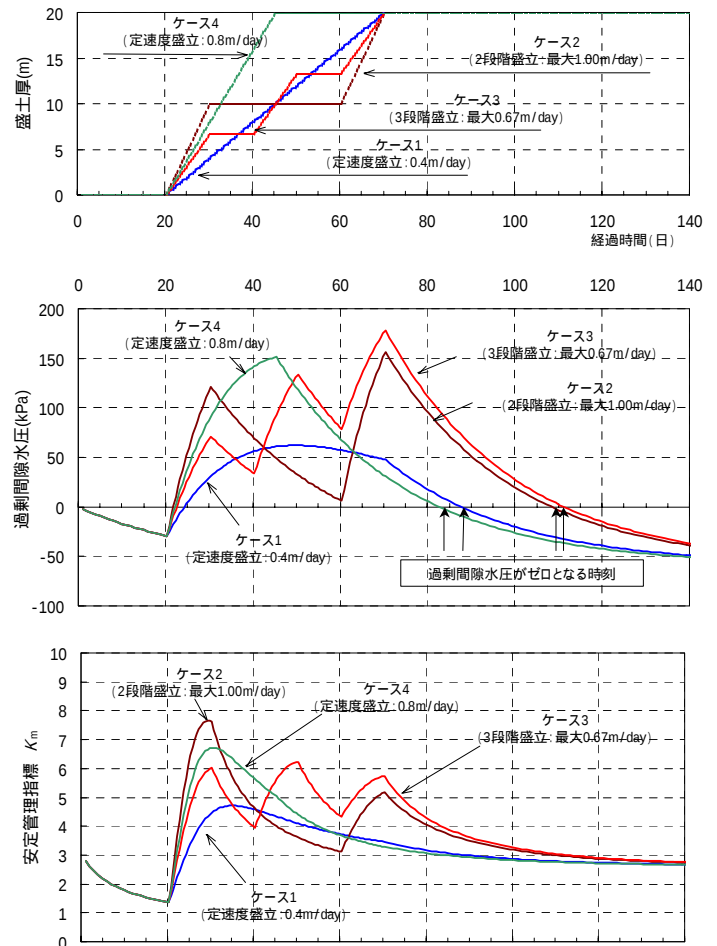


図-3 過剰間隙水圧と安定管理指標の経時変化