

軟弱地盤上の盛土工事における真空圧密併用の効果

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

真空圧密工法は、多数の鉛直ドレーンが打設された地盤の表面を気密シートで覆い、真空ポンプで地盤内の間隙水圧を低下させるとともに間隙水を強制的に排出し軟弱地盤の圧密を促進する工法である。盛土構築時に真空圧密を併用することで周辺地盤への変状が低減できること、地盤破壊を引き起こすことなく急速盛立てが実現でき工期短縮が図れることなどのメリットが指摘されている。本報告は、土/水連成 FEM 解析手法を用いて、盛土工事に真空圧密を併用するケースの地盤挙動を調べ、真空圧密を併用しない従来の載荷盛土工法のケースと比較することで真空圧密併用の効果について検討したものである。

2. 解析方法とモデル化

解析手法および FEM モデル：解析には土水連成 FEM プログラム (DACSAR) を用いた。図-1 にメッシュ形状を示す。解析は 2 次元平面ひずみ条件とした。盛土は線形弾性モデルとし、その形状は下幅 40m、上幅 16m、厚さ 8m で、1 つの層厚を 0.25m で分割した。軟弱地盤は塑性指数 60 の均一な粘性土を想定し関口・太田モデルとした。弾塑性パラメータは、Iizuka & Ohta¹⁾が提案するパラメータ決定手法を用い表-1 に示すように決め、粘性土層の透水係数は、圧密係数 c_v が $100\text{cm}^2/\text{day}$ となるよう(1)式で算定した。ドレーン打設領域の透水係数は、Barron と Terzaghi の圧密解に基づいて圧密度 50%に到達する時刻がお互い一致するように (2)式によって補正した。**解析ケース：**解析ケースは、表-2 に示すようにドレーン未打設地盤に盛立てるケース()、ドレーン打設地盤にそのまま盛立てる(従来の載荷盛土工法に相当)ケース()、ドレーン打設地盤に真空圧密を併用して盛り立てるケース()、()の 4 ケースとした。作用させる真空圧 (p_v) は 29.4kPa と 58.8kPa の 2 ケースとし、改良域の地表面とドレーン部の水圧を低下させた(図-1 参照)。**解析ステップ：**図-2 に盛立て工程を示す。盛立ては真空圧密開始後の圧密度が 50%に到達した時点から開始し、盛立て速度を $0.25\text{m}/\text{日}$ ($\gamma_t=17.6\text{kN}/\text{m}^3$)とした。盛立ステップ毎の時間間隔 (Δt) は 1 日とした。

$$k = \frac{3\lambda c_v \gamma_w}{(1+e_0)(1+2K_0)\sigma'_{v0}} \quad (1)$$

$$k_1 = k \left(\frac{L}{de} \right)^2 \frac{T_{T50}}{T_{B50}} \quad (2)$$

- k : 原地盤の透水係数
- k_1 : ドレーン打設域の透水係数
- λ : 圧縮指数 (=0.434Cc)
- c_v : 圧密係数(=100cm²/day)
- e_0 : 初期間隙比 (pc 対応値)
- K_0 : 静止土圧係数
- σ'_{v0} : 初期有効鉛直応力
- L : ドレーン間隔
- de : 等価有効円の直径
- T_{B50} : バロン解の時間係数(U50%),
- T_{T50} : テルツァー-ギ解の時間係数(U50%)



図-1 FEM メッシュ

表-1 弾塑性パラメータ

M	λ	K_0	v'	λ	e_0	D
0.912	0.521	0.692	0.409	0.435	1.8	0.089

表-2 解析ケース

Case		p_v	$\Delta q/\Delta t$ (kPa/day)
No-Drain	No-Vacuum	0	4.41 (0.25m/day)
	Vacuum	29.4	
	Vacuum	58.8	

p_v : 真空圧力(kPa)、 $\Delta q/\Delta t$: 載荷速度、 $\gamma_t=17.6\text{kN}/\text{m}^3$

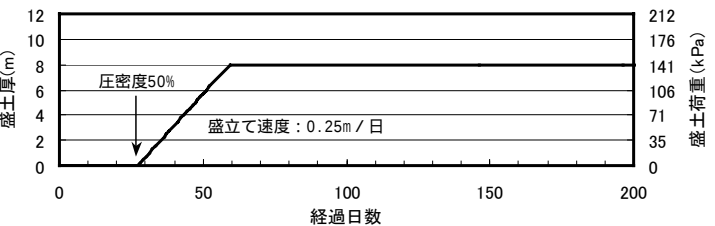


図-2 盛立て工程

キーワード：真空圧密工法、軟弱地盤、盛土、変形、有限要素法

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

3. 解析結果と考察

応力経路: 柴田・関口の方法²⁾を用いて推定した限界盛土厚は、ケースⅠでは3～4m、ケースⅡでは4～5mと推定値に幅があり、真空圧密を併用したケースⅢ、Ⅳでは破壊が生じなかった³⁾。図-3は図-1中のA要素における各ケースの応力経路を比較したものである。ドレーン未打設地盤上での盛立てケース(Ⅰ)や真空圧密を併用しないケース(Ⅱ)では、応力経路が急速に破壊ラインに近づき破壊に至る。真空圧密を併用すると(Ⅲ、Ⅳ)盛土開始までは K_0 ライン近傍をたどり、盛土が開始されると破壊線に向かう。盛土厚さが3.0mになった時点(図中○印)で応力経路の方向が急激に折れ曲がり K_0 ラインの傾きよりやや大きい傾きで右上方向へと進む。盛立て完了(図中●印)とともに等方応力経路へと移行し、 K_0 ラインに到達した後再びせん断応力が増加する傾向を示す。

地盤の変形挙動: 盛土厚2.0m時の地表面の沈下形状を図-4に示す。真空圧密を併用することで盛土周辺の隆起挙動が抑制される。盛土法尻下方の地盤の側方変位形状を示した図-5(a)(b)によると、盛立て前の真空圧密によって地盤は改良域内に変位(マイナス側)し、盛土によって外側(プラス側)にはらみ出す。真空圧を併用するケース(Ⅲ、Ⅳ)では、周辺地盤への変位量が抑制される。変位を抑制する効果は作用する真空圧が大きいほど顕著である。なお、ケースⅠ、Ⅱで地表面の側方変位量は盛土の弾性係数の影響を強く受けるが、地中の最大側方変位量はあまり大きな影響を受けなかった。

間隙水圧の経時変化: 図-6(a)(b)は、図-1中のA,B要素における間隙水圧の経時変化を示している。同図にはケースⅠ、Ⅱで地盤破壊が生じた後の水圧変化もそのまま示している。真空圧密を併用するケースでは、盛立て開始前に真空圧密によって低下した間隙水圧が盛立て荷重が載荷されることによって増加し、盛立てが完了するとドレーン部の水圧に向かって再び低下し始める。作用する真空圧が大きいほど盛土によって発生する過剰間隙水圧が抑制され、盛立て完了後の水圧低下速度が速い。盛立て完了後の水位低下挙動は図-7に示すようにBarron解と概ね一致する。

4. まとめ

盛土工事に真空圧密を併用することで、盛立て前の間隙水圧が低下し、盛土による過剰間隙水圧の発生が抑制され、その消散速度が大きくなる。これらの効果によって、盛土の安定性が向上すると共に、周辺地盤の側方変位挙動や隆起が抑えられるといったメリットがあることが、土/水連成FEM解析を用いたケーススタディによって確認された。

参考文献: 1) Iizuka ほか: A determination procedure of input parameters in Elasto-Viscoplastic finite element analysis, S&F, vol.27, pp.71-87, 1988. 2) 柴田ほか: 盛土基礎地盤の弾・粘塑性挙動解析と破壊予測, 土木学会論文報告集, 第301号, pp.93-104, 1980. 3) 松本ほか: 真空圧密下における盛土の安定性について, 第36回地盤工学研究発表会, 2001. (投稿中)

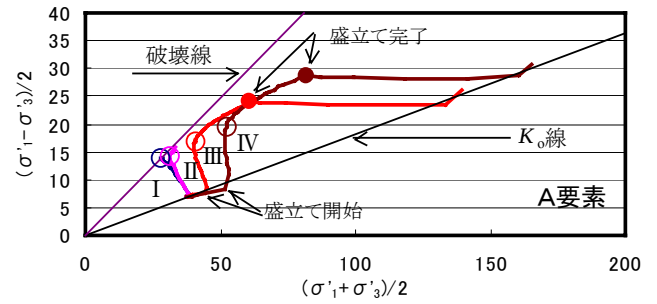


図-3 各ケースの応力経路

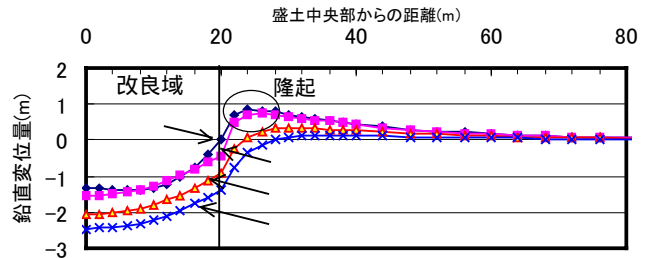


図-4 地表面沈下形状の比較

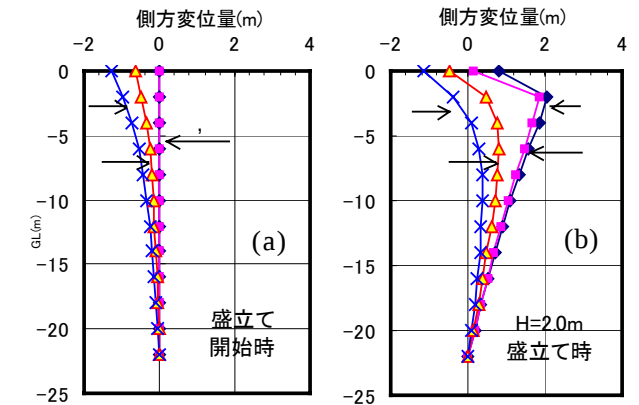


図-5 盛土法尻部の側方変位深度分布

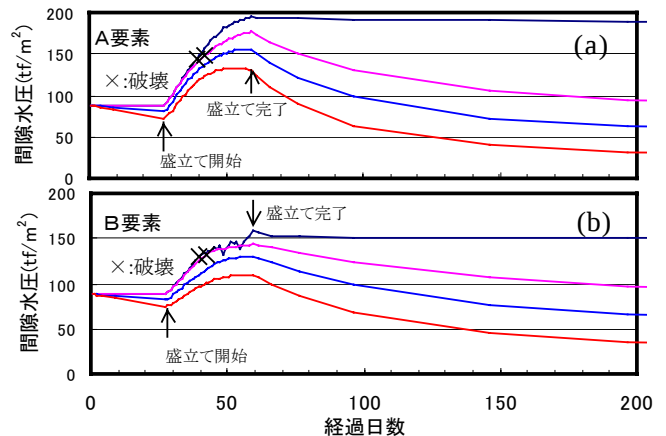


図-6 間隙水圧の経時変化

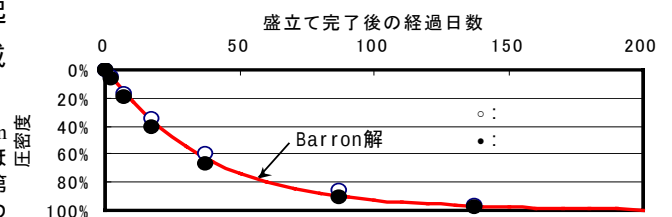


図-7 盛立て完了後の間隙水圧消散に伴う圧密度