

真空載荷盛土工法における周辺地盤の変形挙動の解析的評価

長崎大学大学院 学生会員 川畑宏志      長崎大学工学部 フェロー 棚橋由彦  
 長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静      長崎大学工学部 正会員 杉本知史

1. はじめに

我が国では、今日まで様々な軟弱地盤対策技術が考案されているが、その一つに真空圧密工法がある。本工法により、真空圧により地盤内の間隙水を強制的に排水することができる。この特徴を活かして、盛土構築時に真空圧密工法を併用する（以下真空載荷盛土工法と記す）ことで、盛土による周辺地盤の隆起や側方へのはらみだし挙動を抑制することができると考えられている。しかし、真空載荷盛土工法適用時の地盤挙動は十分に解明されておらず、設計や施工管理は経験的手法に依存しているのが現状である。そこで本研究では、関口・太田モデルを用いた土水連成解析プログラムを用いて、真空載荷盛土工法をモデル化し数値解析を実施する。また、本工法の施工条件の中でも、真空載荷期間と真空圧力に着目し、それらが地盤変形へ与える影響を比較・評価し、現場において合理的な施工管理指標を提案することを最終目的とする。

2. 真空載荷盛土工法のFEM解析

本解析では、真空圧力の作用によりドレーン打設領域内の間隙水圧を低下させて圧密を促進させる真空圧密工法の特徴を、FEMで表現するために、地表面で水頭を減じ、要素分割された鉛直ドレーンを透水材としてモデル化する。排水境界はドレーン頭部に設定した。図-1 に解析モデルを示す。本解析では、既往研究<sup>1)</sup>で研究対象とした実現場試験施工(H15年度・佐賀県旧小城郡芦刈町で実施)を参考に、地盤を平面ひずみ状態と考え、改良幅17.6m、改良深度約12mの片側半断面をモデル化した。鉛直ドレーンは0.8m間隔で、GL-11.0mまで打設されており、その頭部を水平ドレーンと連結する。本解析では、真空ポンプ稼動時では、ドレーン頭部に所定の真空ポンプ内の圧力に相当する水頭を与え、ポンプ停止時には非排水条件とした。また、改良域中央及び端部は全て非排水条件とし、改良域外からの地下水の流入は考慮しないものとした。

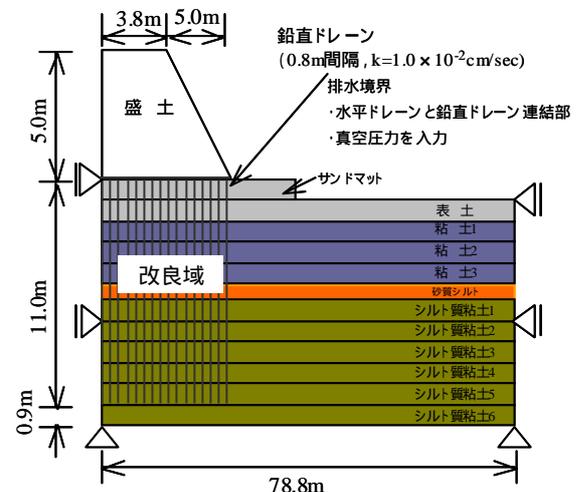


図-1 解析モデル

3. 計算に使用した物性値について

改良エリアの物性値及び解析で用いた入力パラメータを表-1 に示す。パラメータの設定に際しては、室内土質試験結果に基づき設定した。また、ドレーン材のパラメータは、周辺の土質と同様の値とし、鉛直方向透水係数のみを  $1.0 \times 10^{-2}$  (cm/sec) とした。尚、本研究に先立ち、前述した解析モデルと入力パラメータを用いて真空圧密工法をモデル化し、試験施工実測値との比較を試みた。その結果、沈下量と間隙水圧等において解析値が実測値と同様な推移を示すことを明らかにした<sup>1)</sup>。したがって、本解析で使用したモデルとパラメータの設定に妥当性があるものと考えられる。

表-1 各土質の入力パラメータとその物性値

土層名	深度 GL-m	モデル	$\phi$ (deg)	$\nu$	$D$	$M$	$K_0$	$k$ (cm/sec)	
サンドマット	0.0~1.0	線形弾性	30.3	0.300	-	-	-	$1.0 \times 10^{-3}$	
表土	1.0~2.0	関口・太田 モデル	-	0.387	0.093	0.481	0.842	0.631	$3.1 \times 10^{-7}$
粘土	1 2.0~3.0		-	0.387	0.133	0.480	0.840	0.631	$3.1 \times 10^{-7}$
	2 3.0~4.0		-	0.378	0.088	0.514	0.900	0.608	$2.9 \times 10^{-7}$
	3 4.0~5.0		-	0.361	0.092	0.579	1.013	0.566	$2.5 \times 10^{-7}$
砂質シルト	5.0~5.5	線形弾性	21.3	0.300	-	-	-	$1.0 \times 10^{-3}$	
シルト質 粘土	1 5.5~7.0	関口・太田 モデル	-	0.374	0.092	0.532	0.931	0.596	$1.3 \times 10^{-7}$
	2 7.0~8.0		-	0.378	0.116	0.516	0.903	0.607	$2.6 \times 10^{-7}$
	3 8.0~9.0		-	0.377	0.096	0.518	0.907	605	$2.0 \times 10^{-7}$
	4 9.0~10.0		-	0.379	0.120	0.512	0.895	0.61	$4.4 \times 10^{-7}$
	5 10.0~11.0		-	0.364	0.139	0.568	0.995	0.573	$2.0 \times 10^{-7}$
	6 11.0~11.9		-	0.361	0.107	0.581	1.016	0.565	$8.7 \times 10^{-8}$

：内部摩擦角，  $\nu$ ：ポアソン比，  $D$ ：ダイレイタンス係数，  $M$ ：非可逆比  
 $K_0$ ：限界応力比，  $K_0$ ：静止土圧係数，  $k$ ：鉛直方向透水係数

4. 真空載荷期間に注目した解析

4.1 解析ケースの設定

解析ケースの設定にあたり、真空載荷期間については、真空圧密工法の標準仕様書<sup>2)</sup>に記載事項を参考にした。仕様書において、真空載荷期間は、盛土前載荷期間・盛土時載荷期間(盛土日数)・盛土後載荷期間の3種類に分けられている。よって、盛土前載荷期間と盛土後載荷期間が地盤変形へ及ぼす影響を調べるため、表-2に示すような解析ケースを設定した。全ケースにおいて盛土速度20cm/day、設定盛土高5.0mとした。

4.2 載荷時間と変位との関係

図-2に沈下量の経時変化を示す。図から、case0は経過200日以降も沈下が継続している。case1,3は最終沈下量に大きな差はみられない。case2では圧密が一時的に収束した後に盛土荷重による圧密沈下が発生し、case4では盛土荷重と真空圧密による圧密沈下が継続して発生しており、挙動に違いが見られる。またcase3,4には真空解除後にリバウンド現象が見られる。これは、盛土による圧密沈下に比べて、真空解除によるリバウンド現象が卓越したためと考えられる。図-3に改良域中央より10.1mの地点における側方変位の分布図を示す。各ケースとも施工完了後360日経過の側方変位である。case0は10cm以上変位しているのに対し、その他のケースは6.0cm~7.0cmに留まっており、真空圧密を併用したことで側方流動を抑制できていることが分かる。しかし、真空圧密の載荷期間や時期の違いによる変位の差はほとんど確認できなかった。

4.3 施工管理指標の提案

図-4に改良域中央における沈下量Sと、側方変位のうち地表面の側方変位量との関係を示す。図中で、 $\delta$ が負に進行すると側方収縮挙動を示し、正に進行すると側方流動挙動が発生していることを示す。図より、case0において、沈下とともに大きな側方流動が発生していることが確認できる。case1,2は盛土前の真空載荷期間において側方収縮した後に、盛土施工により側方流動が発生している。一方で、case3,4は施工期間を通じて $\delta$ の振れ幅が小さく、側方への変形量がcase1,2と比較して抑制されたことが分かる。これより、盛土前より盛土後に真空載荷期間を設定した方が、施工期間全体を通じて側方への地盤変形を抑制できることが予測される。

5. おわりに

本研究において、地表面側方変位と沈下量の関係を  $\delta$ -S 関係図として表し、真空載荷期間による地盤挙動への影響を明らかにした。今後は、真空圧力に注目した数値解析を実施し、地盤挙動へ与える影響を把握していきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 棚橋由彦, 蔣宇静, 杉本知史, 三原英正, 川畑宏志: 室内模型試験及びFEM解析による真空圧密工法適用地盤の挙動予測, 第41回地盤工学研究発表会講演概要集, pp.997-998, 2006.
- 2) 真空圧密技術協会: N&H強制圧密脱水工法 - リニューアル真空圧密工法 -, 技術資料, 2000.

表-2 解析ケース

case	盛土施工(day)	盛土高	盛土速度	
0	25	5.0m	20cm/day	
case	真空載荷時間(day)			合計真空圧載荷時間(day)
	盛土前	盛土時	盛土後	
1	20	25	0	45
2	80		0	105
3	0		20	45
4	0		80	105

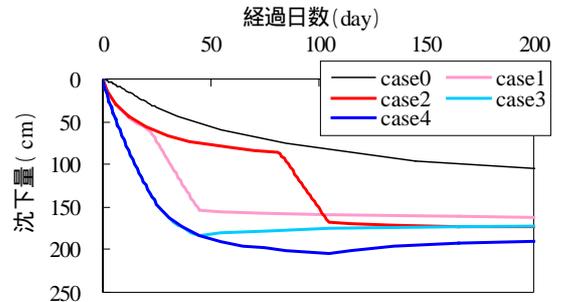


図-2 沈下量の経時変化

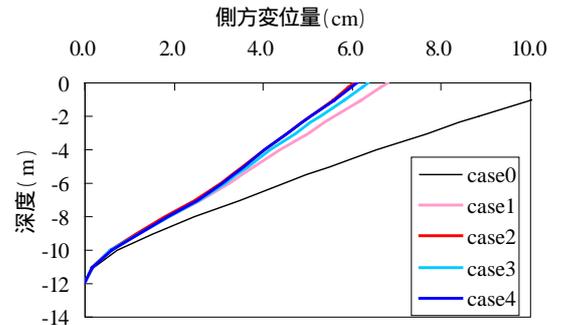


図-3 側方変位分布の比較

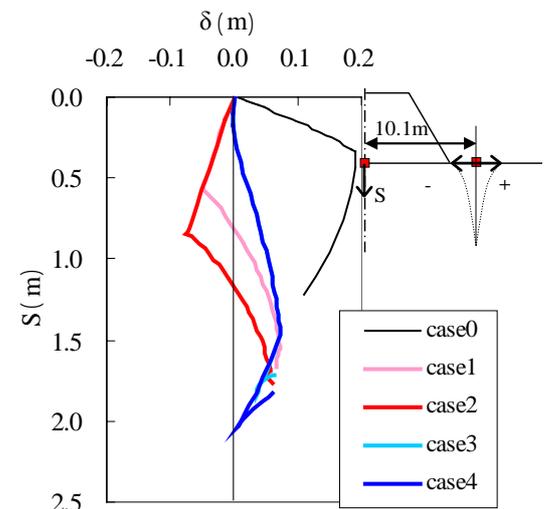


図-4  $\delta$ -S 関係図