

FEM 解析による真空載荷盛土工法適用地盤の挙動予測

長崎大学大学院 正会員 杉本知史

長崎大学大学院 フェロー 蔣 宇静

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おり、特に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、急速盛土や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、実現場試験施工データと有限要素法(FEM)解析による真空載荷盛土工法の数値解析結果を比較し、真空載荷盛土工法のモデル化の妥当性を検討する。また、本工法の施工条件である盛土高に着目し、それらが地盤変形に与える影響を比較・評価する。

2. 真空載荷盛土工法の FEM 解析概要

本解析では、平成 15～16 年に A 県 B 郡 C 町で実施された試験施工を研究対象とする。本試験施工において、真空ポンプの稼働日数は 120 日であり、真空圧-20kPa を 10 日間、-40kPa を 10 日間、-60kPa を 10 日間、-90kPa を 20 日間ステップ载荷し、盛土を開始する。盛土速度は約 12 cm/day、設定盛土高は約 3.6m である。改良域は 26.4m×46.4m、鉛直ドレーンは 1.0m 間隔の正方形配置で、GL-22.5m 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。

改良域端部には矢板が GL-8.5m まで打設してあ

る。図-1 に解析モデルを示す。本解析で使用するモデルでは地盤を平面ひずみ状態と考え、改良エリアの片側のみをモデル化する。本解析では、真空圧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。水平ドレーンと鉛直ドレーンの連結部に排水境界を設定し、真空ポンプ稼動時には真空圧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。

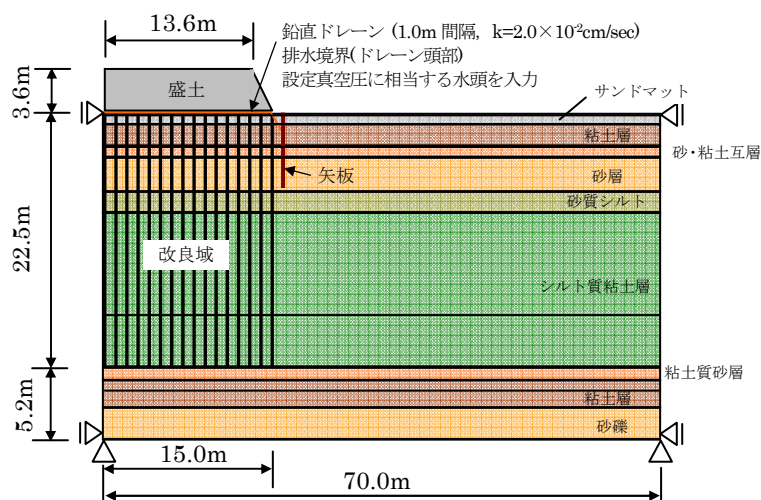


図-1 解析モデル

表-1 各土質の採用モデルと入力パラメータ

土層名	深度 GL-m	モデル	$\phi(\text{deg})$	ν	D	$\wedge$	M	K_0	$k(\text{cm/sec})$
サンドマット	0.00~0.5	線形弾性	30.49	0.300	—	—	—	—	1.0×10^{-5}
粘土1	0.5~2.7	関口・太田	—	0.375	0.081	0.528	0.924	0.600	1.2×10^{-4}
砂・粘土互層	2.7~3.7		—	0.349	0.033	0.627	1.097	0.536	1.2×10^{-5}
砂層	3.7~6.7	線形弾性	21.33	0.300	—	—	—	—	1.0×10^{-5}
砂質シルト	6.7~8.5	関口・太田	—	0.333	0.039	0.687	1.203	0.499	1.2×10^{-4}
シルト質粘土1	8.5~17.7		—	0.366	0.128	0.561	0.981	0.578	9.3×10^{-5}
シルト質粘土2	17.7~22.5		—	0.375	0.143	0.529	0.925	0.599	6.6×10^{-5}
粘土質砂	22.5~23.7	線形弾性	30.49	0.300	—	—	—	—	1.0×10^{-5}
粘土2	23.7~24.5	関口・太田	—	0.341	0.125	0.657	1.149	0.518	2.7×10^{-5}
粘土3	24.5~26.1		—	0.330	0.098	0.700	1.224	0.492	7.2×10^{-5}
砂礫	26.1~28.9	線形弾性	30.49	0.300	—	—	—	—	1.0×10^{-5}

各土質の採用モデルと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 $1.0 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ とした。

3. 解析結果と考察

3.1 実測値との比較

図-3 に間隙水圧の経時変化を示す。実現
場では改良域中央下に間隙水圧計を設置

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

しており、解析値はほぼその深度に相当する地点の要素を指定した。間隙水圧の真空圧による低下、また盛土による上昇を解析で捉えることができ、真空載荷盛土工法時の間隙水圧の変化を解析で概ね表現することができたと考えられる。ここでGL-20mの解析結果では、真空圧のステップ載荷により減少していく傾向が表現できているが、盛土により発生する過剰間隙水圧を過小評価している。

図-4 に改良域とその地盤周辺の沈下の様相を示す。結果は経過日数ごとに示している。真空圧密による緩やかな沈下傾向を概ね表現することができている。しかし、矢板の外側の沈下量に関しては、解析値が小さかった。これは、実現場での矢板間の隙間などを表現できていないためと考えられる。

以上のことから、解析値と実測値が概ね一致しているので、実現場の周辺地盤の沈下挙動を良好に表現でき、解析より周辺地盤の沈下を予測することが可能であると考えられる。

3.2 盛土高による影響の考察

表-2 に解析条件を示す。「A 地区試験施工」は、上記した真空載荷盛土工法の試験施工を模擬したケースである。比較するために、盛土の有無、真空圧の有無、盛土高さに着目してケース設定を行った。

図-5 に過剰間隙水圧の経時変化を示す。Case1 と Case4 を比較すると、Case4 のほうが盛土完了時に過剰間隙水圧は高くなるが、盛土後の真空載荷により、同程度の値に近づいている。このことより、盛土後に真空載荷を行うことで盛土高による差はないのではないかと考える。

図-6 に、経過日数 135 日目における改良域とその地盤周辺の沈下量分布を示す。Case2 に着目すると、盛土中央から 30m 付近においては、盛土を行ったケースに比べて沈下が大きく見られる。それに比べ、真空載荷盛土工法では Case1,Case4 とともに、盛土による隆起、はらみ出しを抑制しているのではないかと考える。

4. おわりに

本研究では、解析による真空載荷盛土工法の地盤挙動予測の可能性が示された。また、設定盛土高を変えた解析を行うことで、真空載荷盛土工法による圧密促進効果、盛土による隆起・はらみ出しの抑制を確認することができた。今後の課題として、盛土後の真空に着目し解析を行うことにより、施工管理指標の提案を目指す。

【参考文献】

- 1) 松本江基ほか: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, pp.1091～1092, 2003.7

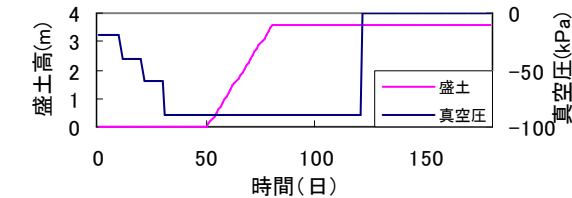


図-2 盛土および真空圧の経時変化

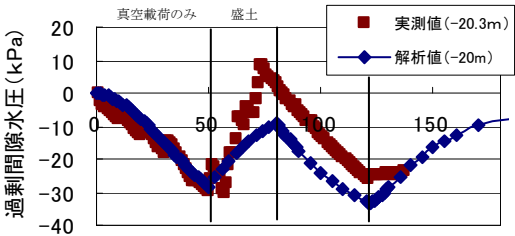


図-3 過剰間隙水圧の経時変化

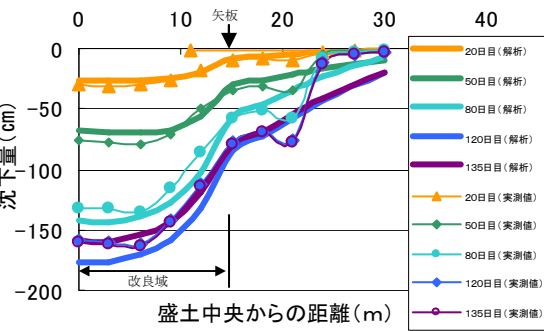


図-4 改良域とその地盤周辺の沈下の様相

表-2 各ケースの解析条件

	真空圧力 (kPa)	-20	-40	-60	-90	
ケース	ケース名	盛土前真空載荷期間				盛土速度
Case1	A 地区試験施工	10 日	10 日	10 日	20 日	12cm/day
Case2	盛土なし	—	—	—	—	—
Case3	真空なし	—	—	—	—	—
Case4	盛土高 2 倍	10 日	10 日	10 日	20 日	12cm/day
Case5	真空なし 盛土高 2 倍	—	—	—	—	—

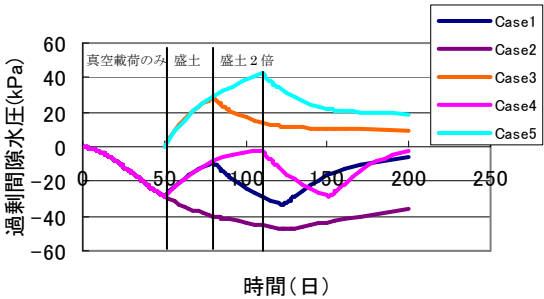


図-5 過剰間隙水圧の経時変化 (深度-20m)

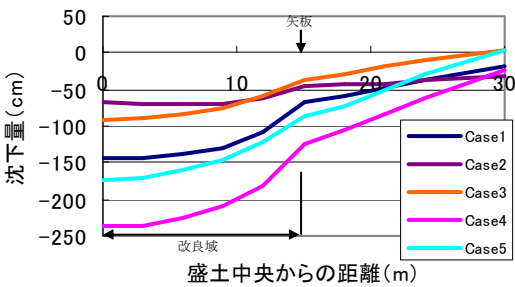


図-6 改良域とその地盤周辺の沈下量分布(135 日)