

盛土を併用した真空圧密工法の工期設定に関する数値シミュレーション

(株)間組 技術研究所 正会員 木村 誠, 三反畑 勇, 松本 江基

1. はじめに

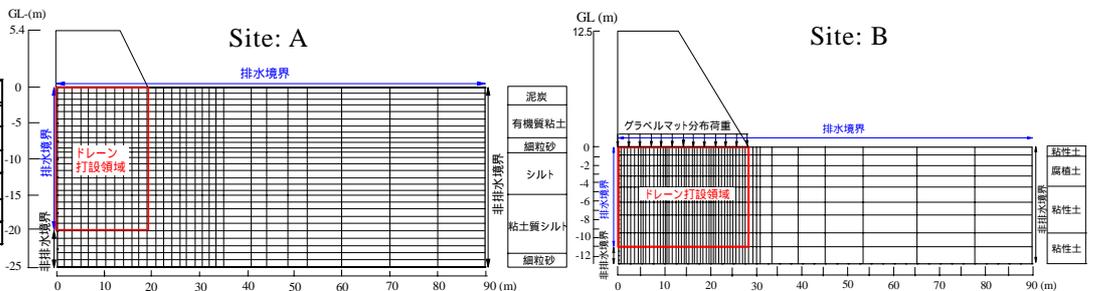
盛土を併用した真空圧密工法の真空運転期間は，設計真空圧(大気圧との差分量の絶対値)を $p_v=60\sim 65\text{kPa}$ として設定される。従来は気密シートからの漏気や砂質土層の介在により設計真空圧の維持が困難であった事例も報告されたが，近年は使用材料や施工システムの改良開発に伴い，設計真空圧より高い真空圧が安定的に作用した事例報告も増えている。各設定真空圧に対する工期設定について考察するため，低い真空圧と高い真空圧が作用した2つの施工事例に対してFEM解析を適用し、数値シミュレーションを行った。

2. 解析モデルの概要

FEM解析は表-1に示すように，北海道で実施された低い真空圧の事例(Site: A)¹⁾と宮城県で実施された高い真空圧の事例(Site: B)²⁾に対して適用した。解析には土/水連成の二次元弾粘塑性圧密解析FEMプログラム(DACSAR)を使用し，図-1のような半断面モデル地盤を仮定した。真空圧の作用は盛土下の地表排水境界面と鉛直ドレーン内の間隙水圧を強制的に低下(負の間隙水圧を作用)させて模擬した。

表-1 適用事例の概要

Site	A	B
地区	北海道	宮城県
平均真空圧 p_v (kPa)	35	85
盛土高 H (m)	5.4	12.5
改良体積 V (m ³)	52,320	34,529
ドレーンピッチ(m)	0.9	0.8
ドレーン長(m)	20	6~11



3. 土質定数の設定

図-1 モデル地盤

真空圧は表-1に示した通り，シート下で観測された平均的な値を入力した。土質定数は基本的に室内試験結果に基づいて表-2の通り設定したが，図-2のようにFEMで実際の沈下量や過剰間隙水圧挙動が表現できるように調整した。弾塑性パラメータはIizuka & Ohtaのパラメータ決定手法に従った。入力した土質定数で概ね実際の挙動を表現できると判断し，これらのモデルを用いて数値シミュレーションを行った。

表-2 入力した土質定数

土質	盛土	A						B			
		泥炭	有機質粘土	細粒砂	シルト	粘土質シルト	細粒砂	粘性土	腐植土	粘性土	粘性土
ρ_s (kN/m ³)	19.0	12.0	12.0	15.0	16.5	16.3	15.0	14.5	10.3	15.8	18.0
C_c	-	7.00	4.75	0.01	0.54	0.54	0.01	0.57	6.20	1.31	0.36
e_0	-	14.5	8.43	0.30	1.41	1.20	0.30	15.1	13.5	1.94	1.01
k (cm/sec)	-	2.0×10^{-9}	1.7×10^{-7}	5.0×10^{-6}	1.0×10^{-7}	1.5×10^{-7}	1.0×10^{-6}	2.0×10^{-6}	1.0×10^{-7}	1.4×10^{-7}	4.9×10^{-7}
I_p	-	80	85	10	34.6	37	15	35.0	40.0	15.8	20.9
D	-	0.112	0.158	$4.96E-03$	0.026	0.05	0.067	0.056	0.106	0.111	0.044
M	-	0.479	0.469	0.817	0.608	0.598	0.631	0.606	0.585	0.564	0.691
ν	-	0.837	0.822	1.43	1.065	1.046	1.105	1.061	1.024	0.986	1.209
K_0	-	0.387	0.39	0.297	0.354	0.357	0.348	0.354	0.360	0.366	0.332
K_σ	-	0.633	0.639	0.423	0.548	0.555	0.534	0.549	5.630	0.576	0.497
E (kN/m ²)	$3.00E+04$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

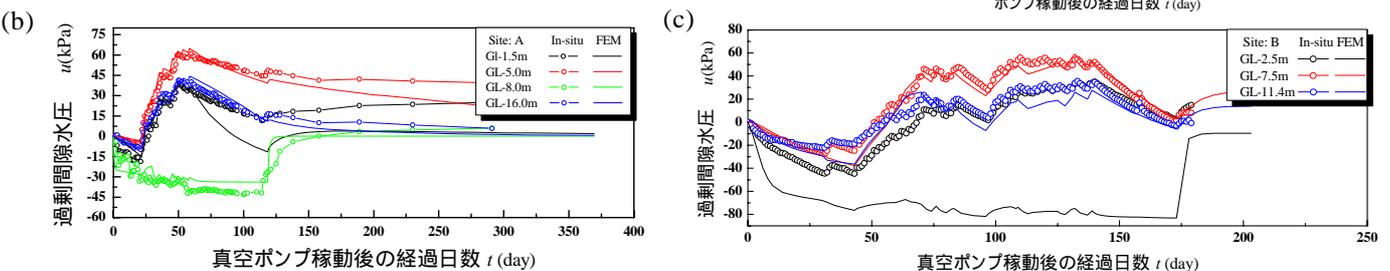


図-2 FEM結果と実測値との整合性 (a)沈下量 (b)過剰間隙水圧(Site A) (c)過剰間隙水圧(Site B)

Keywords: 真空圧密 盛土 数値解析

〒305-0822 茨城県つくば市苅間 515-1, (株)間組 技術研究所 土本研究室 Tel:029-858-8813 Fax:029-858-8819

4. 真空運転期間の工期設定シミュレーション

表-3 各工程の評価基準

設計真空圧 60kPa を基準にした場合、各真空圧に対してどの程度の真空運転期間(1.真空単独載荷期間 2.盛土期間 3.盛土放置期間)の設定が妥当かを数値シミュレーションにより検討した。

工程	評価基準
真空単独載荷期間	強度増加が真空 $p_v=60\text{kPa}$ 真空単独30日と同等
盛土期間	法尻水平変位速度 / t 20mm/day
盛土放置期間	過剰間隙水圧の消散 u 0kPa

シミュレーションは表-3 の評価基準の下、図-3 のフローに従った。設計真空圧より低い真空圧を設定した場合のシミュレーションには Site: A のモデル、高い真空圧を設定した場合には Site: B のモデルを使用した。

真空単独載荷期間は盛土時に十分な安定性を確保できるまで地盤強度を増加させる期間として位置づけ、「設計真空圧 60kPa で真空単独期間 30 日の場合と同等の強度増加が確認できるまで」とした。強度増加に最も時間を要する層の日数を各真空圧の下での代表値とした。図-4(a)のように、真空圧が 30kPa 場合には約倍の 58 日必要であるのに対し、真空圧 90kPa では 20 日となり、10 日間の削減が可能である。

盛土は各真空圧において真空単独載荷の後に 5 ケースの速度で実行した。盛土期間は、安定管理基準値の一つである「法尻の水平変位速度 / t 20mm/day を満足できる最大速度で盛土をした期間」とした。各真空圧の下で許容される盛土速度は、図-4(b)のように $v=15\sim 22\text{cm/day}$ にあり、盛土速度は従来の設計値である $15\sim 20\text{cm/day}$ の範囲内で設定するのが妥当であることが確認できる。

盛土放置期間は「盛土完了後に残留している過剰間隙水圧が完全に消散するまでの期間」とし、最も水圧消散に時間を要する層の日数を代表値とした。図-4(c)のように、真空圧が設計真空圧に比べて 50% 低下した場合には約 70% 増の日数が必要であり、50% 高い真空圧の場合には 40% 程度の日数の削減が可能である。なお、運転期間全体では、図-4(d)のように 50% 低い真空圧の場合には約 70% 増の日数が必要であり、50% 高い場合には 30% 程度の日数が削減できる。以上の結果より、運転期間で大きな割合を占める盛土放置期間において、真空圧による工期の違いが最も現われると考えられる。

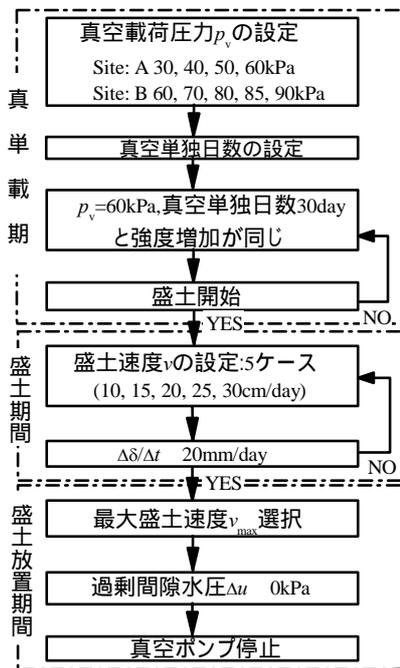
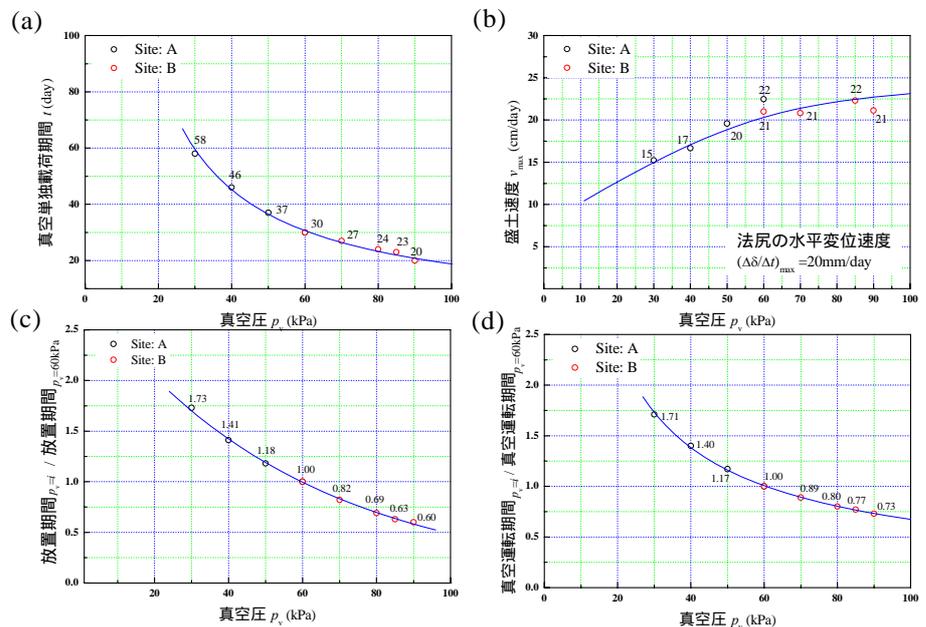


図-3 数値シミュレーションのフロー



(a)真空単独載荷期間(b)盛土速度(c)盛土放置期間(d)真空運転期間)

図-4 数値シミュレーション結果

5. まとめ

2つの施工事例に FEM 解析を適用し、各真空圧に対する妥当な真空運転期間の設定について数値シミュレーションを行った結果以下の考察を得た。各工程期間と真空圧は一様な関係にある。盛土速度は従来の設計基準値である $v=15\sim 20\text{cm/day}$ が妥当である。高い真空圧の有効性は盛土放置期間で最も発揮される。

参考文献

- 1) I. Sandanbata, 他: A case of vacuum preloading in combination with filling, Is-Yokohama, pp.495~500, 2000
- 2) 木村誠, 他: 盛土を併用した真空圧密工法の高真空による工期短縮効果, 第 39 回地盤工学研究発表会, 投稿中