

周辺地盤の変形制御に着目した盛土併用型真空圧密工法に関する解析的検討

若築建設
国土交通省中国地方整備局広島港湾空港技術調査事務所
国土交通省中国地方整備局広島港湾空港技術調査事務所
国土交通省中国地方整備局広島港湾空港技術調査事務所
広島大学
広島大学

正会員
正会員
正会員
正会員
正会員
学生会員

○水野 健太
松永 康司
鬼童 孝
水谷 亨二
土田 孝
藤本 貴浩

1. はじめに

軟弱地盤に対する地盤改良工法として、真空圧密工法が採用されるケースが増加している。真空載荷を単独で用いた場合は、改良域内への引き込み変形や周辺地盤の連れ込み沈下が生じることが広く知られており、周辺に近接構造物がある場合には、変形の低減を目的とした補助工法を実施する必要がある。一方、盛土を併用した場合は、盛土高さ、載荷速度、載荷時期によっては、改良域内への引き込み変形・連れ込み沈下から改良域外への押し出し変形・盛り上がりへと変形モードが変化する。本稿では、盛土併用型真空圧密工法において、盛土の載荷速度と載荷開始時期が地盤変形に及ぼす影響を有限要素解析によって把握し、周辺地盤の変形制御の可能性について検討した。また、変形低減を目的とした遮断層を想定し、その効果についても検討した。

2. 解析モデル

解析モデル図を図-1 に示す。地盤は層厚 20m の均質な正規圧密粘性土地盤を想定し、改良幅は 40m とした。解析モデルは片断面をモデル化し、平面ひずみ条件とする。真空圧密工法は気密シートを敷設しないキャップ式を想定し、地表面から G.L.-1.5m ままでを上部シール層、下端から 1m 上を下部シール層とした。ドレーンは 2.0m ピッチに正方形配置し、モデル上は 2 メッシュ毎(2m 毎)に水圧固定境界を設け、設計真空圧として -65kN/m^2 を作用させた。遮断層は幅 50cm、深さ 15m を想定し、改良端部から 5m の位置に設けた。ここで遮断層とは、液性限界程度まで原地盤を加水して練り返した層を想定しており、解析上は $E_{50}=10\text{kN/m}^2$ の弱い弾性体としてモデル化している。解析に用いた構成モデルは、著者ら¹⁾の提案する弾塑性モデル(修正関口・太田モデルと呼ぶ)である。本解析で設定した土質パラメータを表-1 に示す。実施工の真空圧密工法に対する修正関口・太田モデルの適用性については別報²⁾を参照されたい。

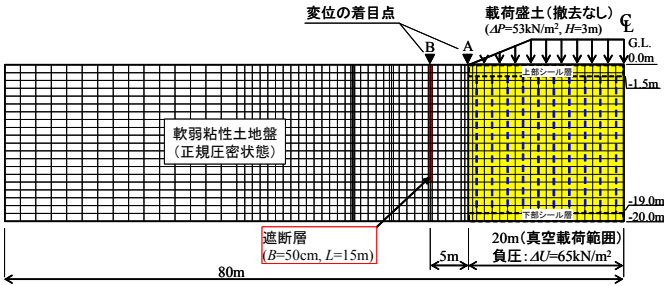


図-1 解析モデル図

表-1 土質パラメータ

パラメータ	記号	値	単位	備考(算定式)
水中単位体積重量	γ'	5.88	kN/m^3	
圧縮指数	λ	0.625	—	$\lambda = 0.434C_c$
膨潤指数	κ	0.062	—	$\kappa = \lambda / 10$
初期間隙比	e_0	2.50	—	
ボアソン比	ν'	0.333	—	$\nu' = K_0 / (1 + K_0)$
有効内部摩擦角	ϕ'	30	度	
限界状態応力比	M	1.2	—	$M = 6 \sin \phi' / (3 - \sin \phi')$
過圧密比	OCR	1.0	—	正規圧密状態
原位置静止土圧係数	K_i	0.50	—	
正規圧密時静止土圧係数	K_0	0.50	—	$K_0 = 1 - \sin \phi'$
初期応力比	η_0	0.75	—	$\eta_0 = 3(1 - K_0) / (1 + 2K_0)$
降伏曲面の傾き	β	0.50	—	$\beta = 2/3 \eta_0$
鉛直方向圧密係数	c_v	100	cm^2/day	
水平方向圧密係数	c_h	100	cm^2/day	モデル上の排水距離に応じて換算

3. 解析ケース

真空載荷は共通の条件とし、0～5 日にかけて設計真空圧を作用させ、115～120 日で除荷を行うものとした。盛土高は 3m (53kN/m^2) で、載荷速度として 5cm/日、6.7cm/日、8.6cm/日、10cm/日、20cm/日の 5 シリーズを想定した。このうち 10cm/日、20cm/日の急速載荷 2 シリーズについては、盛土の載荷開始日をパラメータとして、真空載荷の先行期間が周辺地盤の変形に及ぼす影響を調べた。遮断層を想定した解析は 10cm/日の各ケ

連絡先 〒153-0064 東京都目黒区下目黒 2-23-18 若築建設株式会社技術設計部 TEL:03-3492-0422
キーワード 真空圧密工法, 盛土, 遮断層, 変形, 有限要素解析

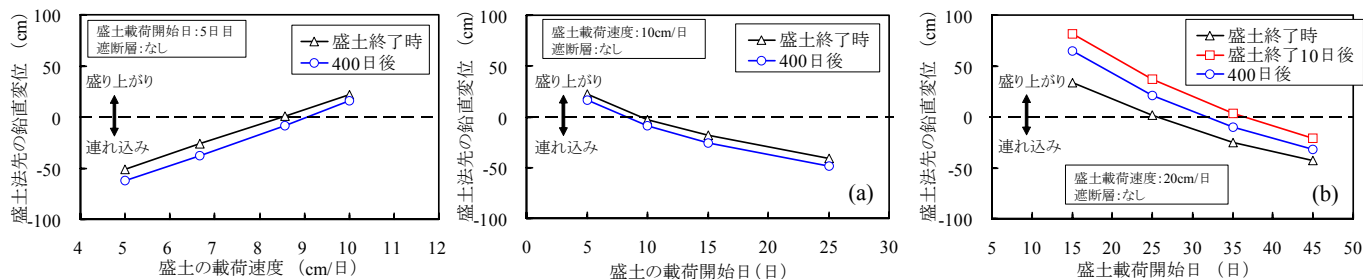


図-2 荷重速度と盛土法先の鉛直変位量 図-3 荷重開始日と盛土法先の鉛直変位量 (a)10cm/日, (b)20cm/日)

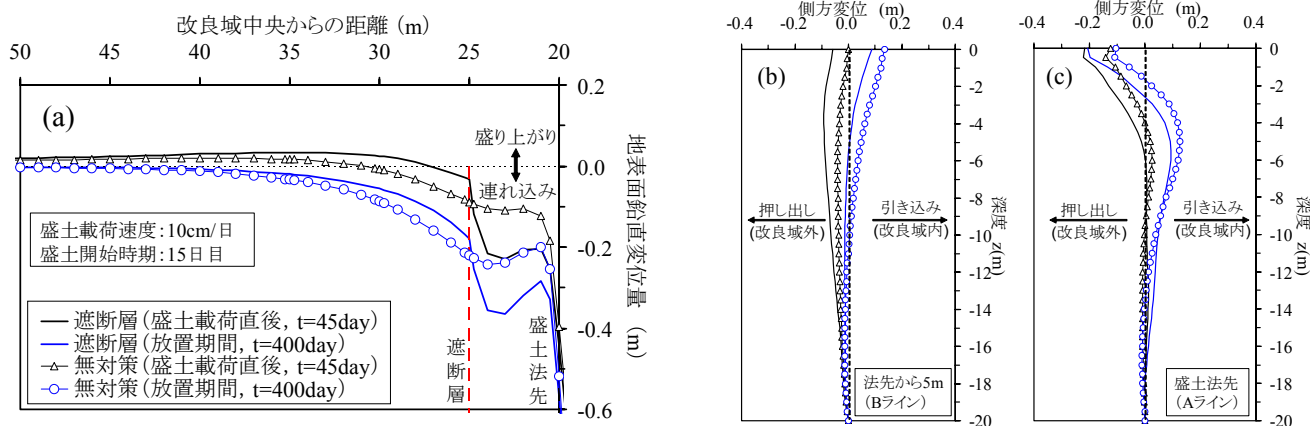


図-4 遮断層の有無による地盤変形状況の違い (a)地表面鉛直変位量, (b)および(c)側方変位量)

ースに対して実施したが、本稿では盛土荷重開始日を15日としたケースの結果についてのみ示す。

4. 解析結果

図-2に盛土荷重速度と盛土法先部(図-1のA点)の鉛直変位量の関係、図-3(a), (b)に盛土荷重開始日と盛土法先部の鉛直変位量の関係を示す。いずれも遮断層なしの解析結果である。図-2より、荷重速度6.7cm/日より緩速荷重の場合は真空圧密による連れ込み沈下が卓越し、6.7cm/日より急速荷重の場合は盛土による盛り上がりが卓越する様子が分かり、荷重速度と盛土法先鉛直変位はほぼ線形関係にある。図-3(a)より、盛り上がりが生じる10cm/日の場合も、真空荷重を盛土荷重よりも10日程度先行させることによって、盛り上がりと連れ込み沈下が程良くバランスし、周辺地盤への影響を低減できることがわかる。また図-3(b)から、より急速な20cm/日の場合は、35日間の真空先行期間を設けることで同等の効果を見込めると読みとれる。ただし、20cm/日の場合は、盛土終了10日後に最大鉛直変位が生じており、遅れ破壊的な挙動を示しているのが特徴である。図-2および図-3は表-1に示した特定の条件による傾向を示したものであるが、地盤条件を変化させた解析を数多く実施することによって、同様の整理が可能と考えられる。

図-4は遮断層の有無による地盤変形状況の違いを比較した結果である。地表面鉛直変位については、遮断層を設置しない場合はわずかに連れ込み沈下の傾向を示しているが、遮断層を設置することにより、盛土法先から遮断層の範囲で連れ込み沈下が助長されていることが分かる。一方、遮断層より外側の連れ込み沈下は低減されており、周辺地盤の沈下軽減の観点からは、遮断層は明確な縁切り効果を期待できると考えられる。しかし、遮断層を設置した場合は、盛土荷重時に遮断層の外側への側方変位が助長される負の側面も持つ。

5. 結論

盛土併用型真空圧密工法では、真空荷重を先行させて盛土を施工することが周辺地盤への影響を軽減する観点から有効である。また繰り返し層を想定した遮断層は側方変位を助長する傾向にあるが、縁切り効果による連れ込み沈下の低減を期待できる。今後は併せて実施している室内土槽実験との比較を行う予定である。

参考文献: 1)水野健太・土田孝・小林正樹・渡部要一: 水平変位の予測精度に着目した粘土の構成モデルと現地計測事例による検証, 土木学会論文集 C, Vol.63, No.4, pp.936-953, 2007. 2)水野健太・土田孝・新舎博: 真空圧密工法で改良された浚渫粘土埋立地盤の変形挙動とその解析, 地盤工学ジャーナル, Vol.3, No.1, pp.95-108, 2008.