

盛土併用真空圧密工法を想定した圧密応力履歴を受けた高有機質土の 変形挙動と強度増加

秋田大学 学生会員 ○五十嵐玄
同上 学生会員 萩野俊寛
同上 学生会員 高橋貴之
同上 学生会員 及川洋
日本大学 フェロー会員 三田地利之

1. 研究背景

近年,真空圧密工法は気密シート等の改良に伴って工法の利点が再認識され, 高有機質土地盤に盛土工法との併用により積極的に取り入れられている.しかし,過度な負圧载荷や高有機質土地盤の極端な軟弱さから,周辺地盤の引き込み変形を招くなどの施工事例がしばしば見られる.本研究はこの問題を解決しつつ,早期の盛土施工によって工期短縮をも実現するような盛土併用真空圧密工法の最適設計法の確立を目指すもので,本報告はその一端として,盛土および真空圧の载荷条件を様々に変化した三軸試験機によるシミュレーション実験および非排水せん断試験を行い,地盤の強度増加と周辺地盤に引込み変形を最小にするための真空圧や盛土の载荷条件について検討している.

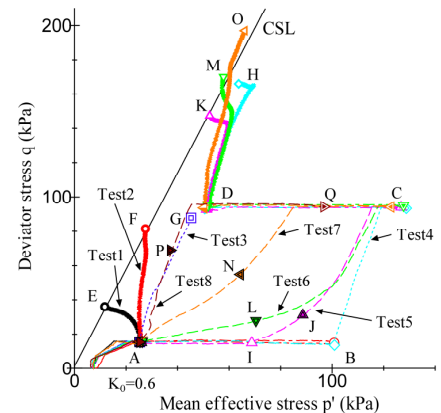


図-1 有効応力経路および状態点

2. 試験概要

試料は北海道江別市で採取された不攪乱泥炭であり,深度約 2m の泥炭層に直径 70mm の塩ビ管を貫入して採取した試料を高さ約 140mm 前後に形成したものを用いた.実験は高有機質土地盤上の盛土併用真空圧密工法を想定した三軸圧密試験であり,原地盤の応力状態を以下のように仮定する.なお,各状態点および経路は図-1 と対応している.1.原地盤の初期応力状態は K_0 状態である(状態点 A).2.緩速盛土工法(負圧载荷なし)における盛土荷重载荷時の地盤の応力状態(点 D)は,実験条件を単純化のため,水平全応力が σ_h 一定で,鉛直全応力 σ_v のみ増加($\Delta\sigma_v=80\text{kPa}$)するものとする(経路 AD).3.真空圧密工法で地盤に負圧を载荷した場合,全応力

	応力経路	真空圧速度 (kPa/min)	軸応力速度 (kPa/min)	軸応力載荷 開始時の 真空圧 (kPa)
Test-1	AE			
Test-2	ABAF	1.0		0
Test-3	AG			
Test-4	ABCDH		0.05	80
Test-5	AJCDK	0.5		40
Test-6	ALCDM			0
Test-7	ANCDO		0.1	0
Test-8	APQ		0.5	0

※ Teat3 は点 G,Test8 は点 Q で供試体が破壊

表-1 応力経路および実験条件

σ_v, σ_h 一定で負の間隙水圧 Δu が作用することにより鉛直および水平有効応力 σ'_v, σ'_h が増加する(経路 AB および AI).4.負圧 Δu はあらかじめ供試体に加えた背圧を減少させる事により载荷し,大きさは-80kPa とする.以上の仮定の下,真空圧密と軸応力载荷,その後の真空圧除荷を表-1 の条件で実施した. Test1 は無処理の原地盤を再現しており,Test2 は真空圧のみ,Test3 は盛土圧のみの载荷を再現している.また,Test4 は真空圧と軸応力を段階的に载荷し,Test 5~8 は同時に载荷している.圧密は 3t 法により打ち切った.ただし,Test 5~6 は 3t 時点で目標応力に到達しなかったため,過剰間隙水圧が 95%消散した時点圧密打ち切りの目安とした.また,真空解除後に(状態点 A あるいは D)非排水三軸圧縮試験を実施した. ひずみの算出には対数ひずみを使用し,せん断ひずみ ε_s は $\varepsilon_s = \varepsilon_a - \varepsilon_v / 3$ として計算した.

3. 試験結果及び考察

図-1 において,Test2 の非排水強度 q_u (点 F)は Test1 の q_u (点 E)の 2 倍以上となっており,真空圧の载荷・除荷による過圧密効果によって,強度が著しく増加していることがわかる.また真空圧および盛土圧の両方を载荷した Test4~8 の q_u はいずれも 150kPa 以上と Test1,2 に比べ大きな値を示しているが,せん断試験による q の増分(Δq)は Test2 とあまり差がないことから実際の地盤強度増加は盛土工の有無よりも真空圧密の圧密履歴によって決まっていることがわかる.なお,真空圧を载荷せずに盛土を载荷した Test3 では载荷時中に供試体が破壊(点 G)したことが

ら盛土工のみを施行した地盤の強度はきわめて小さいと考えられる。

図-2~4は鉛直有効応力と各種ひずみの関係を示している。図-2 は真空圧载荷速度の異なる Test 2 および Test 4 を比較したものである。試料が高有機質土であるため、体積ひずみ ε_v は点 B で 30~40%、点 C で 50%以上と大きくなっている。側方ひずみ ε_r に注目すると負圧の载荷により経路 AB 間で増加しているが、軸応力を载荷した経路 BC ではほぼ変化がない。その後真空圧を除荷しても(経路 CD) ε_r の変化は小さく、真空圧载荷によって発生した引き込み変形がほとんど元にもどらないことがわかる。図-3 は軸応力载荷速度の異なる Test 4, Test 6~8 を比較している。軸応力が载荷される、経路 ABC, ALC, ANC, APQ に注目すると、 ε_v にはほとんど差が見られないが、 ε_s は载荷速度が遅い Test 4 や Test 6 で小さくなっている。 ε_a は点 C, Q で 35~55%と約 20%の差が見られ、速度の速い Test7 や Test8 で

ひずみが大きい。 ε_r については速度が速いほど引き込み変形が抑えられており、明らかに軸応力载荷速度の影響を受けることがわかる。図-4 では軸応力载荷時期の異なる Test 4~6 を比較している。経路 ABC, AIC, ALC に注目すると、 ε_v および ε_a は 軸応力载荷時期の影響がはっきりしないが、点 C での ε_r が小さくなっており、軸応力载荷時期が早いほど引き込み変形が抑えられている。また、真空除荷時(経路 CD)におけるひずみの変化はいずれも大きな差はなく、盛土併用真空圧密工法において、盛土载荷速度や時期で地盤の側方変形を制御可能であることを示唆している。

図-5 は各実験の u と ε_r の関係を示している。Test 7 の ε_r は他の Test とは異なり、点 C に至るまでに一時的に圧縮変形した後、膨張している。実務においては u の挙動が施行管理上重要であるが、真空圧と盛土を同時に施行する場合、 u と ε_r の増減は必ずしも対応していないことがわかる。

4. 結論

本研究から得られた知見は以下のとおりである。

- ・ 真空圧载荷によって発生した圧縮方向の側方ひずみはその後の軸応力载荷および真空圧の除荷によってほとんど変化せず、発生した引き込み変形は元に戻らない。
- ・ 真空圧と軸応力を組み合わせて载荷した場合、体積ひずみは軸応力の载荷時期、载荷速度の影響を受けないが、側方ひずみは载荷時期が早いほど、載下速度が大きいほど小さくなり、引き込み変形の大きさは軸応力の载荷条件によって変化する。
- ・ 真空圧および軸応力载荷による側方ひずみの増減と間隙水圧の増減は必ずしも対応せず、軸応力载荷速度が大きい場合、間隙水圧が減少を続けながら側方ひずみは増加する。

【参考文献】 1)三田地 利之,高橋 秀彰,香西 篤; 真空圧密工法による地盤の変形と強度増加 -三軸試験によるシミュレーション-,土木学会論文集 No. 722 /III-61, pp. 245-252, 2002.

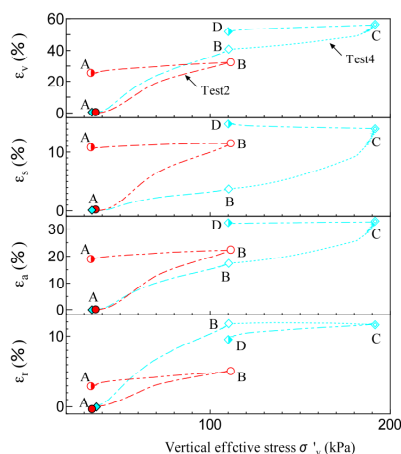


図-2 真空圧速度影響比較

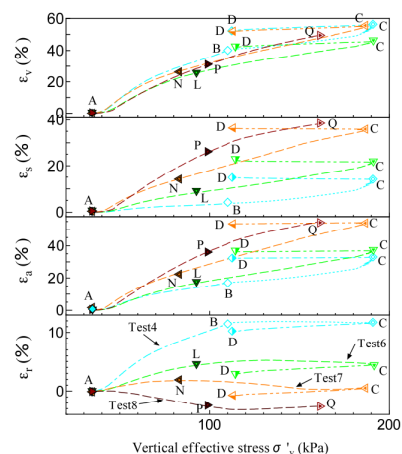


図-3 軸応力载荷速度影響比較

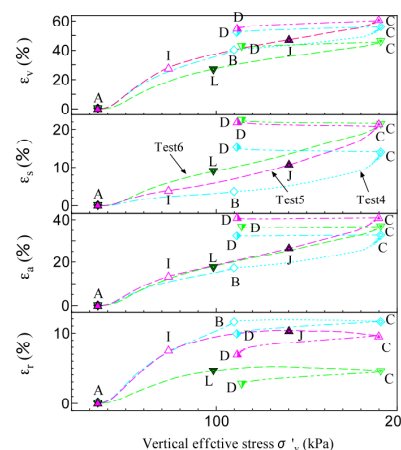


図-4 軸応力载荷時期影響比較

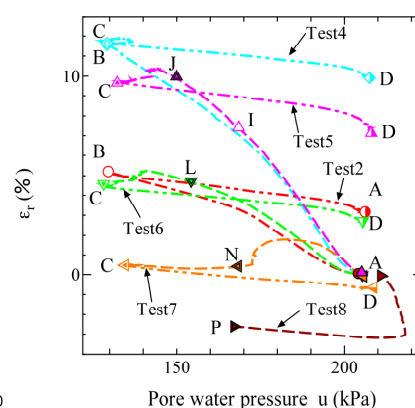


図-5 間隙水圧~側方ひずみ関係