

盛土併用真空圧密を模擬した三軸試験による高有機質土の圧密挙動とせん断強度

秋田大学 ○葛生夏樹

同上 正会員 荻野俊寛 同上 正会員 高橋貴之
日本大学 フェロー会員 三田地利之 秋田大学 正会員 及川洋

1. 研究背景

高有機質土地盤上での盛土併用真空圧密工法において、地盤の変形が盛土や真空圧の载荷速度や载荷時期にどの様に影響を受けるのかは明らかになっていない。本研究では真空圧密工法においてしばしば問題となる周辺地盤の引き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するため、これらの载荷条件を様々に変化した三軸シミュレーション実験を実施し、载荷条件の影響を明らかにすることを目的としている。

2. 試験概要

試験に用いた試料は秋田県横手市で採取したものであり、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¹⁾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_3 一定で、鉛直応力 σ_1 のみ増加 ($\Delta\sigma_1=120\text{kPa}$)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、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'_1 , σ'_3 が増加する(経路 AB および AE)。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ことにより载荷し、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 は真空圧と軸応力を段階的に载荷, Test2~6 は同時に载荷している。Test7 は真空圧のみ, Test8 は盛土のみ载荷している。ひずみの算出には対数ひずみを使用して計算した。BE 試験は定間隔で連続的に BE 試験を行い V_s を測定した。BE 試験は送信波に 1000, 2000, 5000Hz の正弦波(sin 波)を用いた。BE 試験によるせん断弾性係数 G は式(1)により与えられる。

$$G=\rho V_s^2=\rho(L/\Delta t)^2 \tag{1}$$

ここに ρ は土の密度, V_s はせん断波速度, L は送信 BE と受信 BE の先端間の距離, Δt はせん断波の伝播時間である。

3. 試験結果および考察

図-2 は真空圧と軸応力を同時に载荷した Test2 および Test 6 を比較したもので、図-2(a)は時間と鉛直応力 σ_1 , 背圧(B.P), 間隙水圧(u), 側方ひずみ (ϵ_r)の関係を、図-2(b)は σ'_1 と各種ひずみの関係を表している。図-2(b)ではせん断ひずみ ϵ_s , 軸ひずみ ϵ_a の値は軸応力载荷速度が遅い Test2 よりも Test6 の方が大きくなっているが、側方ひずみ ϵ_r は Test2 でおよそ 6.23%, Test6 でおよそ 2.37%と

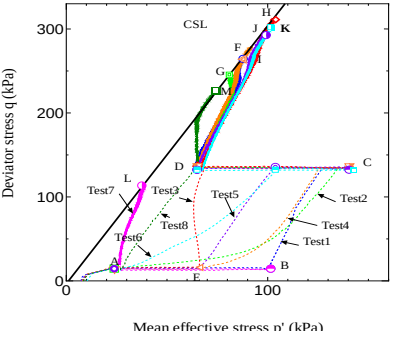


図-1 有効応力経路および状態点

表-1 応力経路および実験条

応力経路	真空圧速度 (kPa/min)	真空圧 (kPa)	軸応力速度 (kPa/min)	軸応力 (kPa)	軸応力载荷開始時の真空圧 (kPa)
Test-1 A-B-C-D-F	0.5	80	0.05	120	80
Test-2 A-C-D-G					0
Test-3 A-E-C-D-H					0
Test-4 A-E-C-D-I					40
Test-5 A-E-C-D-J					0
Test-6 A-C-D-K					0
Test-7 A-B-A-L					-
Test-8 A-D-M					120

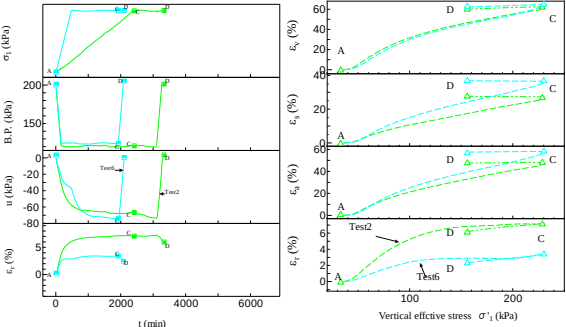


図- 2(a)(0kPa 時)

図- 2(b)(0kPa 時)

軸応力载荷速度影響比較

軸応力载荷速度影響比較

キーワード 高有機質土 真空圧密工法 盛土併用真空圧密工法 せん断波速度

連絡先 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1

逆に Test6 の方が小さな値を示している。 ε_r はいずれも圧縮方向の変形を示しており、軸応力載荷よりも真空圧載荷の影響が卓越していることがわかる。また、C 点での体積ひずみ ε_v はいずれもほぼ等しくなっている。真空圧を解除した経路 CD 間に着目すると、ひずみのリバウンドは ε_a で 0.5%, ε_r で 0.5% 程度あり、除荷による変形の回復は小さいことがわかる。間隙水圧消散までに要する時間を見てみると、図-2(a) から載荷速度が早い Test6 の方がやや早く、軸応力の載荷速度にほとんど依存していないことがわかる。

図-3 は図-2 と同様の関係を 40kPa に達した時点で軸応力の載荷を開始した Test3, Test4, Test5 について示している。図-3(b) では ε_s , ε_a の値は軸応力載荷速度が早い方が大きくなっている。また ε_r は Test3 でおよそ 1.45%, Test4 で 5.38%, Test5 は 4.22% と逆に小さな値を示しているが、いずれも圧縮方向の変形を示している。同時載荷した経路 EC 間に着目すると、点 E を境に ε_r , ε_s , ε_a はそれぞれ異なる。載荷速度が早い Test3 の EC 間での ε_r の増加は

-2.09%, Test4 が 2.16%, Test5 は 0.62% と載荷速度が早いほど軸力載荷の影響を受けていることがわかる。 $\varepsilon_s, \varepsilon_a$ では載荷速度が遅いほど小さくなっている。また図-3(a) の間隙水圧消散に要する時間

を見てみると図-2(a) と同様に軸応力の載荷速度にほとんど依存していないことがわかる。図-4 は載荷時期の異なる Test1, Test2, Test4 を比較したもので、図-2(a)(b) とそれぞれ同じ関係を表している。図-4(b) では ε_v , ε_s , ε_a はほぼ等しくなっていることから載荷時期に依存しないことがわかる。 ε_r は他のひずみと違い、同時載荷をした経路 AC 間に着目すると、載荷時期が遅いほどはじめは ε_r が大きくなっているが最終的には載荷時期が遅いほど小さな値を示している。また CD 間に着目すると、 ε_r のリバウンドは 0.8% 程度であり、除荷による変形の回復は小さいことがわかる。間隙水圧消散までに要する時間を見てみると、図-4(a) から載荷時期が早いほど消散が早くなっていることがわかる。

図-1 の状態点 A あるいは状態点 D から非排水せん断試験の偏差応力 Δq とせん断試験開始直前の V_s の関係を図-5 に示している。同時載荷を行わない Test7 および Test8 と比較してそれ以外の試験では Δq , V_s とともに大きな値を示しており、真空圧の載荷・除荷および軸応力の載荷によって土の強度および剛性が大幅に増加していることがわかる。

4. 結論

本研究から得られた知見は以下のとおりである。

- 真空圧と軸応力を組み合わせて載荷した場合、載荷終了時の側方ひずみは載荷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載荷速度に大きく依存する。一方、載荷時期が異なっても側方ひずみは載荷時期による影響は小さい。また、軸ひずみは載荷速度が増加するにつれ大きくなり、結果として体積ひずみは載荷速度や載荷時期によってほとんど変化しない。
- 真空圧と軸応力の載荷開始から、過剰間隙水圧が消散するまでの時間は軸応力の載荷速度に依存し、載荷速度が小さすぎても、大きすぎても消散までの時間は大きくなる。
- 真空圧の載荷・除荷および軸応力の載荷によって、せん断波速度 V_s と偏差応力 Δq は大きく増加する。

【参考文献】

- 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, 2002.

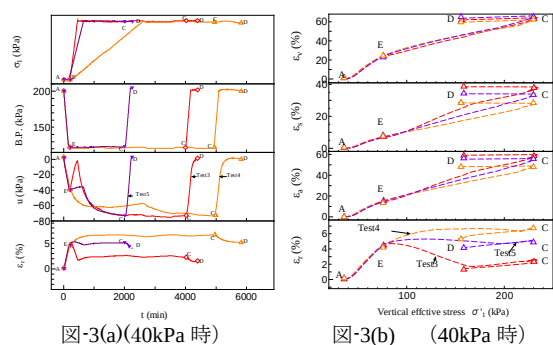


図-3(a) (40kPa 時)

図-3(b) (40kPa 時)

軸応力載荷速度影響比較

軸応力載荷速度影響比較

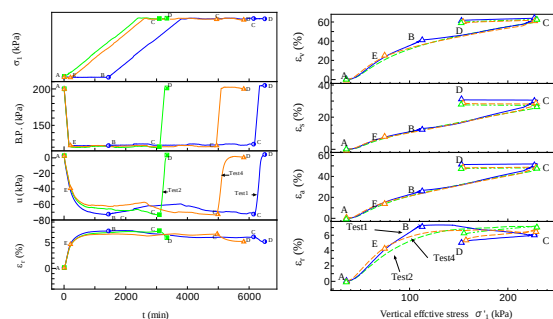


図-4(a)

図-4(b)

軸応力載荷時期影響比較

軸応力載荷時期影響比較

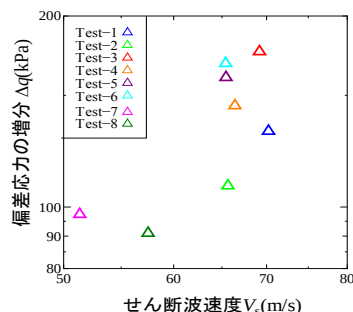


図-5: Δq - V_s