

盛土併用真空圧密下の泥炭のせん断弾性係数におよぼす载荷条件の影響

秋田大学 学生会員 ○遠藤紗江 正会員 荻野俊寛
学生会員 柳田陽平 正会員 高橋貴之

1. はじめに

著者らの一人はこれまでに盛土を併用した真空圧密工法をシミュレートした三軸試験から、負圧および軸応力载荷を複合的に受ける泥炭の側方ひずみが軸応力の载荷条件によって圧縮側から引張側まで幅広い範囲で制御可能であることを示した。発生するひずみの大きさは泥炭の剛性に大きく関係していると考えられる。負圧および軸応力の複合的载荷によって载荷後の剛性は大きく増加するが、载荷中の剛性の変化、および発生するひずみとの関連性については不明な点が多い。本研究では一連の三軸試験から载荷中の剛性の変化におよぼす軸応力载荷条件の影響について検討している。

2. 試験概要

実験に用いた試料は、山形県南陽市郊外で採取した白竜湖泥炭であり、深度1~2mの泥炭層より採取したものを練り返し、直径約70mm、高さ約150mmに成形し供試体とした。表-1に物性値を示す。上記の

試料に、原地盤における静止土圧係数を $K=0.6$ 、軸有効圧密応力を $\sigma'_{1c}=40\text{kPa}$ として三軸試験装置内で圧密試験を実施した。表2に各実験の試験条件を示す。図-1は一連のシミュレート試験の有効応力経路図である。原地盤における初期状態は図中の点Aで示される。図中のTest-Y3,Y5,Y6は真空圧载荷速度、軸応力载荷速度をともに0.1kPa/minとして圧密を行った場合を示しており、Test-Y8~11は真空圧载荷速度を0.1kPa/min、軸応力载荷速度を0.5kPa/minとし、軸応力载荷をより短期間に完了させた場合の経路を示している。いずれも軸応力の载荷時期は真空圧が40kPaに達した点(点E)とし、一連のシミュレート試験後、軸ひずみ速度0.05%/minで非排水せん断を行っている。

また、試験の応力経路上の様々な点でベンダーエレメント試験によるS波速度の測定を行った。送信波は1000Hz, 2000Hz, 5000Hzの正弦波を用い、せん断弾性係数 G は以下の式(1)により定義される。

$$G = \rho_t V_s^2 = \rho_t \left(\frac{L}{\Delta t} \right)^2 \quad (1)$$

ここに、 ρ_t は土の密度、 V_s はせん断波速度、 L はBE間の距離、 Δt はせん断波伝播時間である。真空解除後、軸ひずみ速度0.05kPa/minで非排水せん断を行っている。

3. 試験結果

図-2はTest-Y6およびTest-Y8~11について、軸応力 q 、間隙水圧 u 、および G と t の関係を示したものである。負圧および軸応力载荷によって有効圧密応力が増加するため、Test-Y6では時間とともに G が増加しているが、軸応力载荷速度が大きいTest-Y8~11では、軸応力载荷中(EB間)に大きな正の過剰間隙水圧が発生しており、この間、 G の増加が見られない。

図-3は G と軸有効応力 σ'_1 の関係を示したものである。図-3(a)は軸応力载荷速度0.1kPa/minの場合 (Test-Y3,Y5,Y6)、図-3(b)は軸応力载荷速度0.5kPa/minの場合 (Test-Y8~11)を示している。

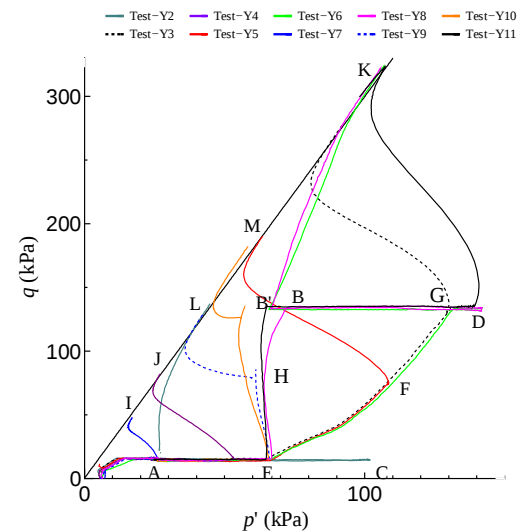


図-1 有効応力経路図

表-1 物性値

試料	含水比w(%)	土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	強熱減量L(%)	分解度H(%)
白竜湖泥炭	807.1	1.655	74.14	76.38

表-2 試験条件

試料	試験	応力経路	真空圧载荷速度 (kPa/min)	軸応力载荷速度 (kPa/min)	軸応力载荷時の真空圧 (kPa)
白竜湖泥炭	test-Y2	ACAL	0.5		
	test-Y3	AEDK			40
	test-Y4	AEJ	0.1	0.1	0
	test-Y5	AEFM			40
	test-Y6	AEDBK			
	test-Y7	AI			
	test-Y8	AEBDBK			
	test-Y9	AEHL	0.1	0.5	40
	test-Y10	AEBM			
	test-Y11	AEBDK			

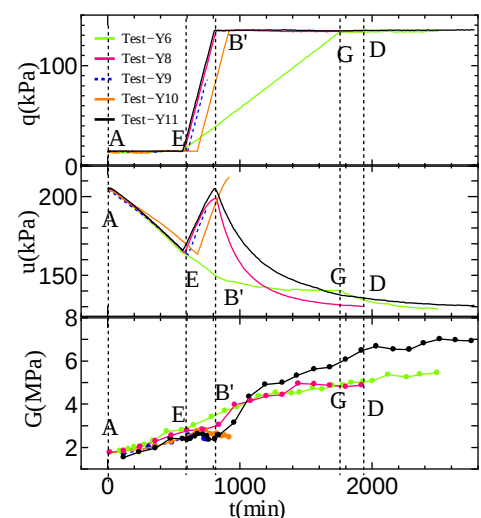


図-2 q - t , u - t , G - t 関係

キーワード 有効気質土 真空圧密 せん断弾性係数 盛土载荷

連絡先 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 TEL 018-889-2364

図-3(a)ではすべての実験で軸応力载荷にともなって G がほぼ直線的に増加しているのに対し、図-3(b)では軸応力载荷直後(点 E)から剛性がほぼ変わらず载荷終了直後(点 B')から急激に大きくなっている。図中に示す直線は荻野ら¹⁾による正規圧密された秋田泥炭の実験式である。この状態での泥炭の G は圧密応力比 $K(=\sigma_3'/\sigma_1')$ の影響を受ける。これらの実験式はいずれも係数 A および指数 n を用いて、

$$G = A\sigma_1'^n \quad (2)$$

という式で求められる。図-4、図-5 は A と K の関係および n と K の関係を表しており、この近似線から K 値に対する A と n を知ることができる。図-6 に示すのは Test-Y6 と Test-Y8 の K と σ_1' の関係である。 K 値は側方有効応力と軸有効応力に左右されるため、軸载荷速度が 0.5kPa/min である Test-Y8 では点 E から点 G にかけて K 値が大幅に減少している。図-3(a)、(b)中の黒の実線は図-6 の K 値に基づいて図-4、図-5 の近似線から得られた A と n を式(2)に代入し求めた Test-Y6 と Test-Y8 における G の計算値である。計算値は、図-3(a)では点 E からほぼ G の値が増加しない挙動を示し、図-3(b)では点 E から大きく折れ曲がり減少するグラフとなる。対して実験値は、(a)の場合、点 E 以降も増加し続ける挙動を示し、(b)の場合、減少はするものの、計算値ほどの大きな減少は見られない。これは計算値が K 値の変動に大きな影響を受けるためだと考えられる。

図-7 は圧密打ち切り後に実施した非排水せん断時の E_{50} と σ_1' の関係を示している。図中の英文字は非排水せん断を開始した点を表しており、図-1 と対応している。軸応力载荷中 (EB'間)の剛性はほぼ変化せず、载荷終了時から一気に剛性が増加する。 E_{50} は比較的大きなひずみ領域での変形係数であるが、微小ひずみ域の剛性の変化を表した図-3(b)と類似した挙動を示しており、軸応力载荷速度が大きい場合、微小ひずみから中ひずみの範囲で軸応力载荷中の剛性が減少あるいは剛性の増加が停滞することがわかる。

4. 結論

盛土併用真空圧密工法の施工中の剛性の変動を三軸シミュレートによって明らかにした。本報告から得られる知見は以下の通りである。

- ・軸応力および真空圧を複合的に受けた泥炭の G は、軸応力载荷速度が小さい場合、 σ_1' とともにほぼ直線的に増加するが、载荷速度が大きくなると正の過剰間隙水圧が発生し、 K 値が低下するため、軸応力载荷中、 σ_1' の増加にも関わらず G の増加は見られない。
- ・比較的大きなひずみレベルにおいても軸応力载荷中の剛性変化は類似しており、非排水三軸試験から得られた E_{50} は大きく減少する。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 15K06207 の助成によって実施された。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】

1) 荻野俊寛, 高橋貴之, 及川洋, 三田地利之, 対馬雅己; “ベンダーエレメント試験および繰返し载荷試験による泥炭のせん断弾性係数”, 地盤工学ジャーナル Vol. 4, No. 1, 125-13

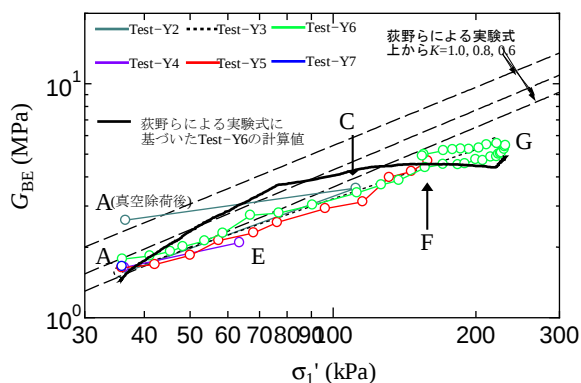


図-3(a) G - σ_1' 関係(経路 AEFG)

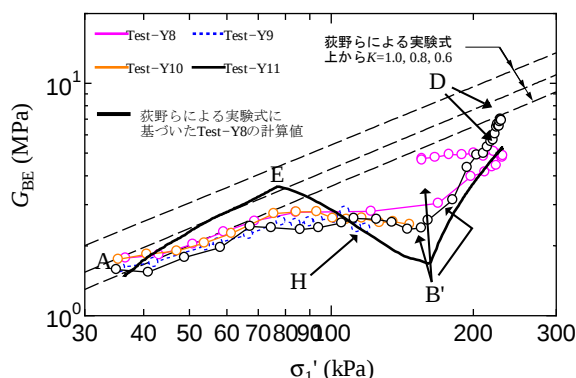


図-3(b) G - σ_1' 関係(経路 AEB'D)

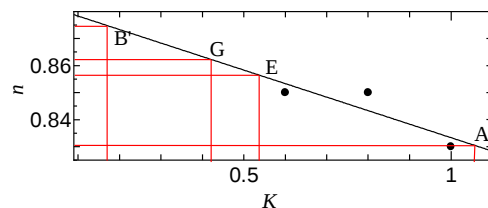


図-5 n - K 関係

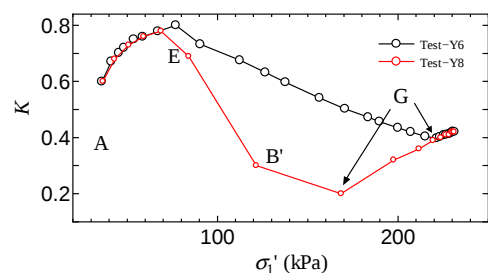


図-6 負圧および軸応力载荷中の K 値の変化

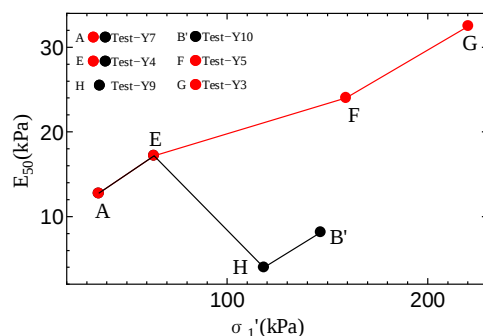


図-7 E_{50} - σ_1' 関係