

Ⅲ-B 365 平面ひずみ試験における補強粘性土の変形特性に及ぼすプレロード効果

東京大学大学院 学生会員 ○ 盧翰成
 東京大学工学部 正会員 龍岡文夫

1.はじめに 飽和粘性土のような現場発生土が盛土材として利用できれば、経済性と環境保存を高める事ができる。しかし、粘性土の大きな変形性と低い強度が現場への適用上の問題点となる。これに対して、排水性と引張剛性・強度を持つ複合補強材を使用した上で、プレローディッド・プレストレスト補強土工法を利用するとこれらの問題点が解決できる可能性がある^{1),2),3)}。本研究では、ジオテキスタイルで補強された高含水比関東ロームがプレロードされた場合の非排水せん断強度、剛性と応力経路を検討した。

2.平面ひずみ圧縮試験の概要 東京大学生産技術研究所の千葉試験所で関東ローム ($G_s:2.81, \omega_n:80-100(\%), PI:20.4$) を採取し、1mm のふるいで粒度調整した。空気乾燥後加水して含水比を調整し、空气中で 3 時間以上放置して使用した。補強材は織布と不織布の複合材である。平面ひずみ試験装置 (図-1) を用いて、高さ 120mm、長さ 97mm、幅 62mm の供試体を圧縮した。供試体の上下端面と σ_2 面は、シリコングリースを用いて摩擦力を軽減した。供試体を動的締固め方法 (ASTM D 698-78) の締固めエネルギーにより作成し、二重負圧法で飽和化 (B 値 $=0.96$ 以上) した。試験は無補強土 (U) と補強土 (R) に対し、現場施工状態を想定して所定の圧縮応力レベルまで異方圧密 ($K=0.3$) 後、その応力レベルで 12 時間以上圧密させてから平面ひずみ圧縮を開始した。非排水 (U) と排水 (D) せん断試験および圧密ともに同じ軸ひずみ速度 ($\Delta \epsilon_1=0.01\%/min$) で行った。

プレロードを加える場合は、異方圧密 ($K=0.3$, $\sigma_3'=50kPa$) 後、 σ_1 方向にプレロード (PL: Pre-Load $\sigma_1'=250, 480, 700kPa$) を加え、プレロード状態での 24 時間クリープ後、元の応力状態まで除荷し、エイジング ($\sigma_3'=50kPa$, 24 時間) の後、非排水せん断試験を行った。試験条件を表-1 に示す。

3.試験結果 排水せん断時のデータは軸ひずみ 20% まで整理した。図-2 に、せん断時の軸差応力 ($q=(\sigma_1'-\sigma_3')$) と軸ひずみ関係を、図-3 にせん断時の供試体境界での平均応力 ($(\sigma_1'+\sigma_3')/2$) の経路を示す。図-4 には、無補強土 (a,c) と補強土 (b,d) の軸差応力 (q) と平均有効応力の増分 ($\Delta P_{mean}'=(\Delta \sigma_1+\Delta \sigma_2+\Delta \sigma_3)/3-\Delta u$) を σ_{1c}' (圧密時の有効軸応力) に対して正規化し、軸ひずみとの関係を示す。これらの図から、プレロードを加えた場合 (2,9,10,11) は正規圧密させた場合 (3,4,5,6,7,12) と比べると、プレロード応力レベルまでの初期剛性が著しく大きいこ

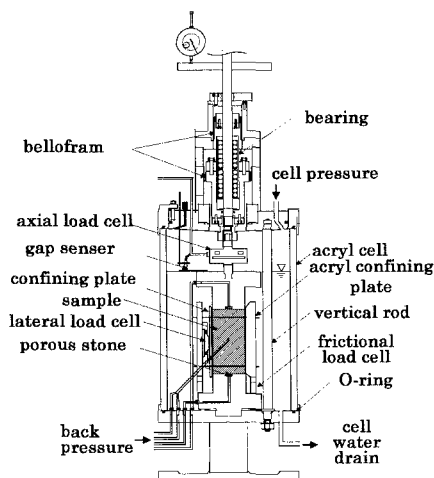


図-1 平面ひずみ試験機のセル

表-1 試験の条件と重要指数

番号	試験条件 PL(kPa)	圧密荷重 $\sigma_3'(kPa)$	乾燥密度 $\gamma_d(gf/cm^3)$	含水比 $w_e(\%)$	せん断初期 間隙比 e_{0S}
1	UU, PL= 0	50	0.857	70.3	2.164
2	UU, PL=250	50	0.872	66.9	2.077
3	UD, PL= 0	50	0.860	65.5	2.142
4	UD, PL= 0	75	0.877	63.5	2.039
5	UD, PL= 0	100	0.868	65.2	2.029
6	UD, PL= 0	120	0.855	65.4	2.001
7	UD, PL= 0	150	0.849	64.1	1.985
8	RU, PL= 0	50	0.845	69.0	2.021
9	RU, PL=250	50	0.824	66.1	2.125
10	RU, PL=480	50	0.864	63.7	1.796
11	RU, PL=700	50	0.876	66.8	2.034
12	RD, PL= 0	50	0.848	68.9	2.077

注:異方圧密 ($K=0.3$), PL: σ_1' で表すプレロード荷重
 UU:無補強土非排水せん断 RU:補強土非排水せん断
 UD:無補強土排水せん断 RD:補強土排水せん断

キーワード: 補強粘性土、異方圧密、プレロード、非排水せん断強度、変形特性

連絡先: 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学工学系大学院社会基盤工学専攻 03-3812-2111(内 6123)

とが分かる。また、プレロードを加えることによって非排水せん断による過剰間隙水圧 (Δu) の発生が少なり、 ΔP_{mean} の増加が大きくなることが分かる (図-4(c) の 2、(d) の 9,10,11)。補強土の場合、非排水・排水せん断後にも補強材の破断は見られなかった。従って、プレロードを加えた補強土の補強メカニズムは土の弾性化、補強材による供試体内部の $\Delta \sigma_3$ 増加とせん断層の発生抑制、そしてプレロードによる過剰間隙水圧の減少である。図-3 に示す σ_3 は供試体側面での値であり、補強供試体内部の局所的値はこれとは異なる。このため、供試体(8~12)の見かけの応力状態は無補強土の破壊線の外に位置している。補強土の排水試験

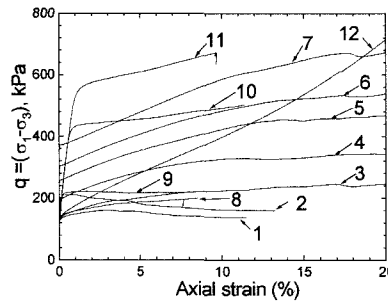


図-2 せん断時の軸差応力

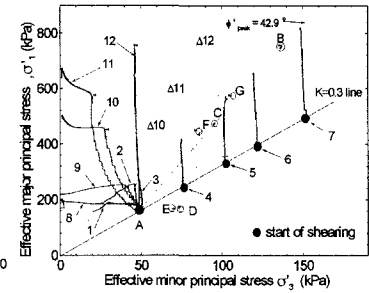


図-3 供試体境界での (σ_1', σ_3') の経路

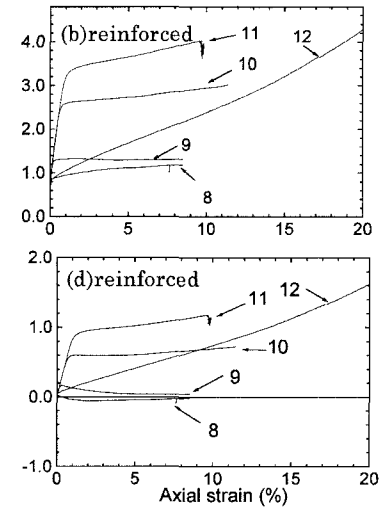
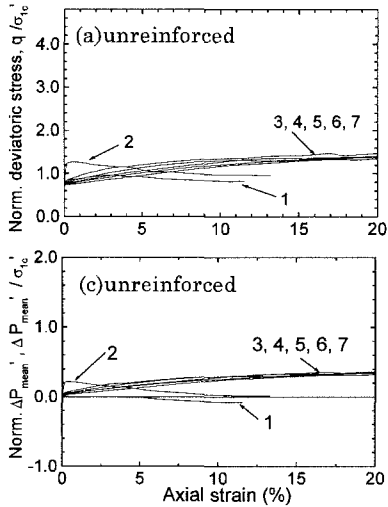


図-4 せん断時の軸ひずみと正規化した軸差応力、平均有効応力の増分

(12)の場合、供試体内部の土の平均的応力経路は点 A と B の間にある。また、プレロードを加えた場合(10)は、 $A \Rightarrow C \Rightarrow D \Rightarrow E \Rightarrow F$ (プレロード、クリープ⇒除荷⇒エイジング⇒非排水せん断)のような経路に沿って動くことと推定される。図-5 に b 値 $b = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ と軸ひずみの関係を示す。せん断中の b 値の変化から補強土では、 σ_2 方向には補強材が働かないため b 値が大きくなることが分かる。特に、大きいプレロードをかけた場合(10,11)、せん断初期の b 値が急激に減らすことは供試体が除荷後、スウェリングしても高い σ_2 が残留していて、 $b=0.3$ 程度の補強供試体の固有値に収束しようとしているからである。

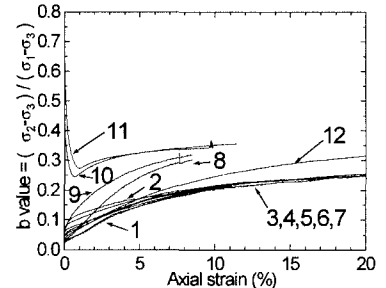


図-5 せん断時の b 値

4. まとめ 1) 高含水比粘土でも、補強することにより非常に高いプレロードを排水状態で加えることができる。2) このことにより、同一の非排水圧縮強度を持つ正規圧密粘土よりも著しく高い初期剛性を持つようになる。3) プレロードの主な効果は土の弾性化であり、高い剛性ととも非排水状態では正の過剰間隙水圧の抑制効果がある。

参考文献 : 1) 内村太郎、龍岡文夫、館山勝：実物大補強盛土模型の PL・PL 载荷試験時の挙動、第 51 回土木学会年次学術講演会、1997；2) Tatsuo, F., Uchimura, T., Tateyama, M. and Koseki, J. (1996b) : Geosynthetic-reinforced soil retaining walls as important permanent structures, The 1996-1997 Mercer Lecture, Geosynthetic International, IGS, Vol. 4, No. 2, pp.81-136；3) 盧翰成、龍岡文夫：平面ひずみ試験における補強された飽和粘性土のプレロード効果、第 33 回地盤工学会研究発表会、1998。