

Ⅲ - B282 補強された砂の三軸圧縮繰返し試験

東京大学大学院 学 ○篠田昌弘
 東京大学工学部 正 内村太郎・龍岡文夫

はじめに：従来、補強土に対する荷重実験は単調荷重が主流であり、繰返し荷重はほとんど行われていない。しかし PL/PS 補強土工法では補強盛土にプレロードをかけた除荷してプレストレス状態になってからの挙動が重要である（文献 1）。そこで、リン青銅の格子で補強した豊浦砂で三軸圧縮繰返し試験を行い、その変形特性を調べた。

実験方法：空気乾燥豊浦標準砂を用いて多重ふるい落下装置（図1）により、直径 $D=10\text{cm}$ 、高さ $H=20\text{cm}$ 、間隙比 $e=0.63$ 、補強材上下間隔 $\Delta H=5\text{cm}$ の供試体を作成した（図2-1）。キャップ、ベDESTAL端面はろ紙である。補強材として厚さ 0.1mm 、幅 3mm のリン青銅の帯を格子状に配置し、はんだで接続した（図2-2）。補強材の面内配置密度は $CR=23\%$ で一定とし、メンブレンを傷つけないために供試体直径より少し小さめに作成した。20kPa の負圧をかけ、軸荷重速度 0.1mm/min でせん断した。

実験結果：実験1の結果を、図3に示す。体積ひずみはゼロと仮定して、 $\sigma_1 - \sigma_3$ を求めた。プレロード荷重 $P_{\max} (= (\sigma_1 - \sigma_3)_{\max})$ をかけて、荷重 $P_{\min} (= (\sigma_1 - \sigma_3)_{\min})$ まで除荷した。3段階の $P_{\max}$ に対し5つの $P_{\min}$ を設定し合計15回の繰返し荷重を行った（図4-1, 2, 3, 4）。 $P_{\max}$ が同じならば、低い $P_{\min}$ まで除荷した方が再荷重直後の初期弾性係数 E_0 が小さくなり、同じ $P_{\min}$ まで除荷する場合 $P_{\max}$ の大きい方が E_0 が小さくなった（図4-4）。また、同一の $P_{\max}$ に対して再荷重時の同一の応力レベルでの接線ヤング率 $E_{\tan}$ は、 $P_{\min}$ が小さい方が小さい（図4-3）。以上のことは、なるべく高いプレロード $P_{\max}$ を加えて、なるべく高いプレストレス $P_{\min}$ を維持した方が、荷重直後の微小変形に対する剛性は高くなることを示している。

次に、繰返し荷重の影響を調べた（実験2）。3つの応力範囲 A, B, C で、初期荷重時、及び $P_{\max}$ を加えてから $q=0$ まで除荷するときと、その後の再荷重時に3回繰返し荷重を行い、変形係数を比較した。初期弾性係数 E_0 と繰返し荷重時のピーク間の等価弾性ヤング率 E_{eq} を3回目のループから求めた。また、繰返し荷重による軸ひずみの増加量 $\Delta \epsilon_1$ の値を、図中に示す。範囲Aでの繰返し荷重の場合（図5-1, 2）、荷重時よりも $P_{\max}$ から除荷後の繰返し荷重の場合の方が E_0 、 E_{eq} ともに小さくなっているが、 $\Delta \epsilon_1$ も小さくなっている。範囲Bでの繰返し荷重の場合（図6-1, 2）、 $P_{\max}$ からの除荷時と $P_{\min}$ から再荷重時後の繰返し荷重の場合の E_0 、 E_{eq} と $\Delta \epsilon_1$ は類似であるが、両者とも荷重時よりも E_0 、 E_{eq} はともに大きく、 $\Delta \epsilon_1$ は小さくなっている。範囲Cでの繰返し荷重の場合（図7）、荷重時と $P_{\min}$ から再荷重後の繰返し荷重の場合で、 E_0 、 E_{eq} ともに類似であるが、再荷重後の $\Delta \epsilon_1$ は小さくなっている（しかし、小さくはない）。

考察：実験1の結果は次のように説明できよう。軸方向の高いプレロードにより補強材が伸び、その張力で砂の水平方向のひずみを拘束し拘束圧が増加する。次に軸方向に除荷すると、軸方向より残留した補強材張力のため水平圧縮応力の方が大きくなり、主応力方向の回転が発生し砂が軟化していると考えられる。実験2の荷重時の範囲Aの繰返し荷重では、 $P_{\max}$ が小さいため、補強材の水平ひずみ拘束効果は少ないと思われる。除荷後の繰返し荷重では、上記主応力方向の回転の影響により砂が軟化していると思われる。範囲Bでは、 $P_{\max}$ から除荷後でも上記主応力方向の回転の影響による砂の弱化は無いようである。範囲Cでは、せん断レベルが高いため、繰返し荷重による軸ひずみの進行が生じやすいようである。

keywords：補強土、繰返し三軸試験、等価弾性係数、初期弾性係数 連絡先：文京区本郷 7-3-1 03(3812)2111(6123)

まとめ：載荷直後の初期剛性、繰返し載荷における剛性と残留変形特性のすべてに対して、総合的に最も優れた挙動を示したのは、 $P_{\max}=240\text{kPa}$ から $P_{\min}=80\text{kPa}$ まで除荷した場合であった。すなわち、PL/PS 補強土工法において、高いプレロード $P_{\max}$ を加えるとともに、 $P_{\max}$ よりも十分小さくかつ絶対値としても十分大きいプレストレス $P_{\min}$ を維持することは重要である。すなわち、プレロード後、低い $P_{\min}$ に除荷しないこと（特にゼロ荷重まで除荷しないこと）が重要である。

文献1）龍岡文夫・内村太郎・志田芳樹・柳澤秀樹：プレローディッド・プレストレス補強土工法におけるプレストレスの効果、第32回地盤工学研究発表会発表講演集、1997

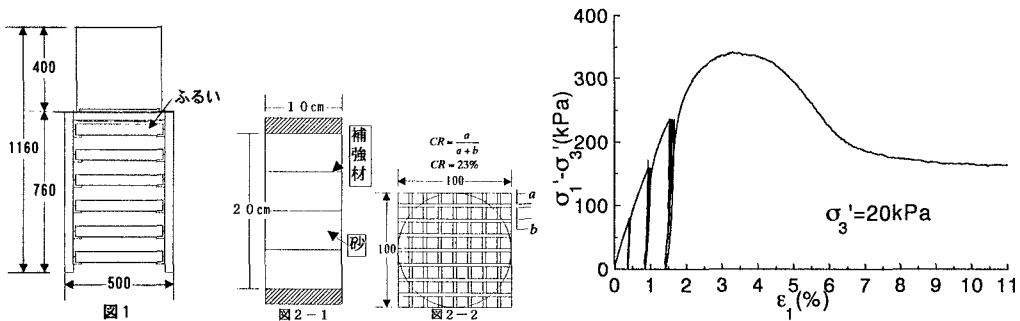


図3

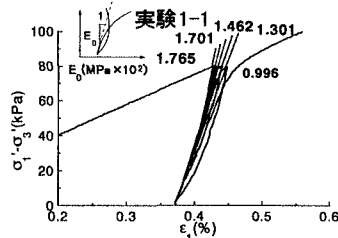


図4-1

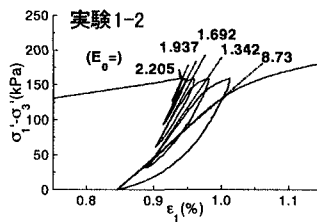


図4-2

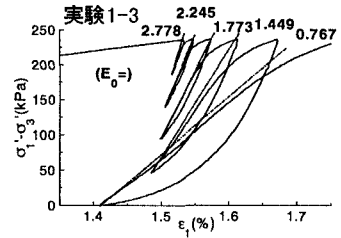


図4-3

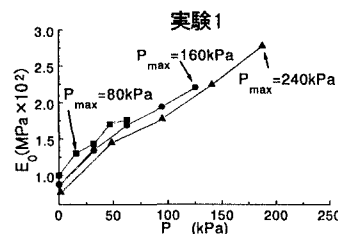


図4-4

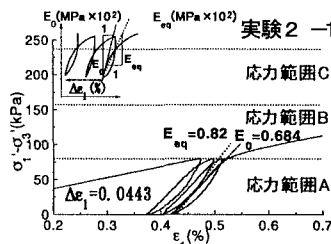


図5-1

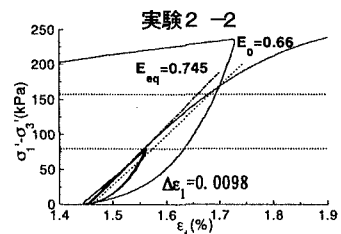


図5-2

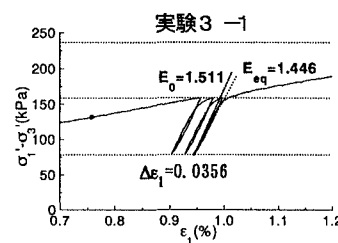


図6-1

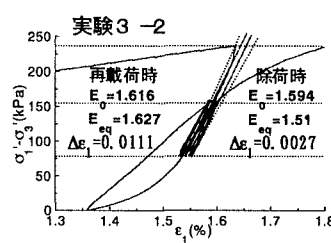


図6-2

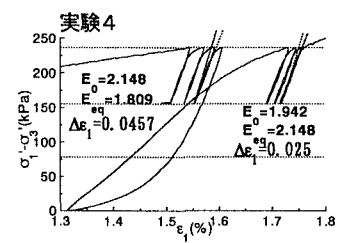


図7