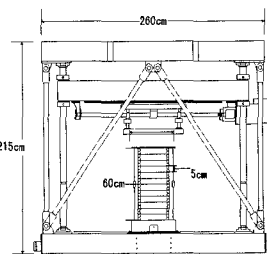


## Ⅲ-B 350 プレローディッド・プレストレスト補強土におけるプレストレスの重要性

東京大学大学院 学 ○篠田昌弘・丸山直樹  
 東京大学工学部 正 内村太郎・龍岡文夫

**はじめに：** プレローディッド・プレストレスト補強土工法は、補強盛土の剛性と残留沈下を飛躍的に改善できる工法である（文献1）。しかし、プレロード後の除荷時に生じる回復ひずみは全てが弾性ひずみではなく、ゼロ荷重まで除荷すると極めて大きな塑性ひずみが逆方向に生じることが室内模型の繰返し実験から観察されている（文献2）。以下、除荷時の膨潤による繰返し載荷時の残留ひずみの増加に関して検討する。



**実験方法：** 載荷装置を図1に示す。供試体は、まず補強材を巻き付けた土のうを水平に設置し、多重ふるい落下装置により空気乾燥豊浦標準砂を落下させ、その上面に補強材を配置して1層ずつ作成し、合計12層の間隙比 $e=0.63$ の補強土模型を作成した（図1）。補強材は、破断強度3tonf/mの補強材を使用した。所定のプレロードまで鉛直方向に載荷し、除荷することによってプレストレス状態にした。プレロード荷重の範囲を5段階に分け、所定のプレストレス荷重で約100回の繰返し載荷を行った。以下、試験名のPLの後の数字がプレロード荷重で、PSの後の数字がプレストレス荷重である。また、プレロード後の除荷時に生じる回復ひずみ $(\epsilon^p)_{swelling}$ は以下の式で求めた（図2参照）。

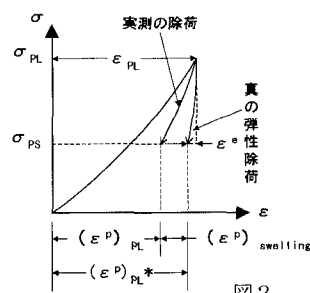
$$(\epsilon^p)_{swelling} = (\epsilon^p)_{PL} * - (\epsilon^p)_{PL} \quad (1)$$

$$(\epsilon^p)_{PL} * = \epsilon_{PL} - \epsilon^e \quad (2)$$

$$\epsilon^e = \int_{\sigma_{PS}}^{\sigma_{PL}} \frac{d\sigma}{E_{eq}} \quad (3)$$

ここで、 $(\epsilon^p)_{PL}$ は、プレストレスレベル $\sigma_{PS}$ まで除荷した時に測定されたプレロードにより生じた残留塑性ひずみ、 $(\epsilon^p)_{PL} *$ は、仮に除荷時の挙動が完全に弾性的であった時のプレロードによる残留塑性ひずみであり、(2)式から求まる。また、 $\epsilon_{PL}$ はプレロードを加えたときの最大ひずみである。 $\epsilon^e$

は除荷時の弾性ひずみであり、(3)式から求まる。ここで、 $E_{eq}=A \cdot \sigma^m$  ( $A=26835$ 、 $m=0.35$ ) であり、小ひずみ振幅を加えたときに測定される等価弾性ヤング率である。



**実験結果：** 図3aにプレストレスが0kPa、100kPaで、プレロードが異なる場合の応力ひずみ関係を、図3bに繰返し回数ごとの残留鉛直ひずみの変化を示す。図3aと3bに示す結果から、プレロードによる残留ひずみ $(\epsilon^p)_{PL}$ と繰返し載荷による残留ひずみ $(\epsilon^p)_{PL}$ の和を縦軸に、プレストレス $\sigma_{PS}$ が同一であるが $\sigma_{PS}$ より大きいプレロードを加えていない場合の残留ひずみ $(\epsilon^p)_{PL=PS}$ を横軸にとり、同一の繰返し回数Nに対してプロットした。図4a～4dに示すのはプレストレスがゼロの場合である。図4を参照して、この関係がNの増加とともにN=1の点を通る1:1の線Aに向かっていくならば「プレロードが繰返し載荷時の残留ひずみを抑制する効果はゼロ」ということを意味し、原点を通る1:1の線Bに向かっていくならば「プレロードによる塑性ひずみ $(\epsilon^p)_{PL}$ の分だけ $\epsilon_r$ は減少するという100%の効果がある」ということを意味する。実測はその中間である。また、図3bに示す曲線を最小二乗法で双曲線関係に近似し、 $N=\infty$ での最終的な残留ひずみを求め、図4にプロットした ( $N \rightarrow \infty$ の点)。試験PL100/PS0、PL150/PS0では、プレロード荷重が低いため $(\epsilon^p)_{swelling}$ が小さく、 $(\epsilon^p)_{swelling}$ よりも繰返し回数によりひずみの進行が大きいことがわかる（図4a）。一方、図4dではプレロード荷重が大きいため、最終的な残留ひずみ量よりも $(\epsilon^p)_{swelling}$ の量の方が大きい。

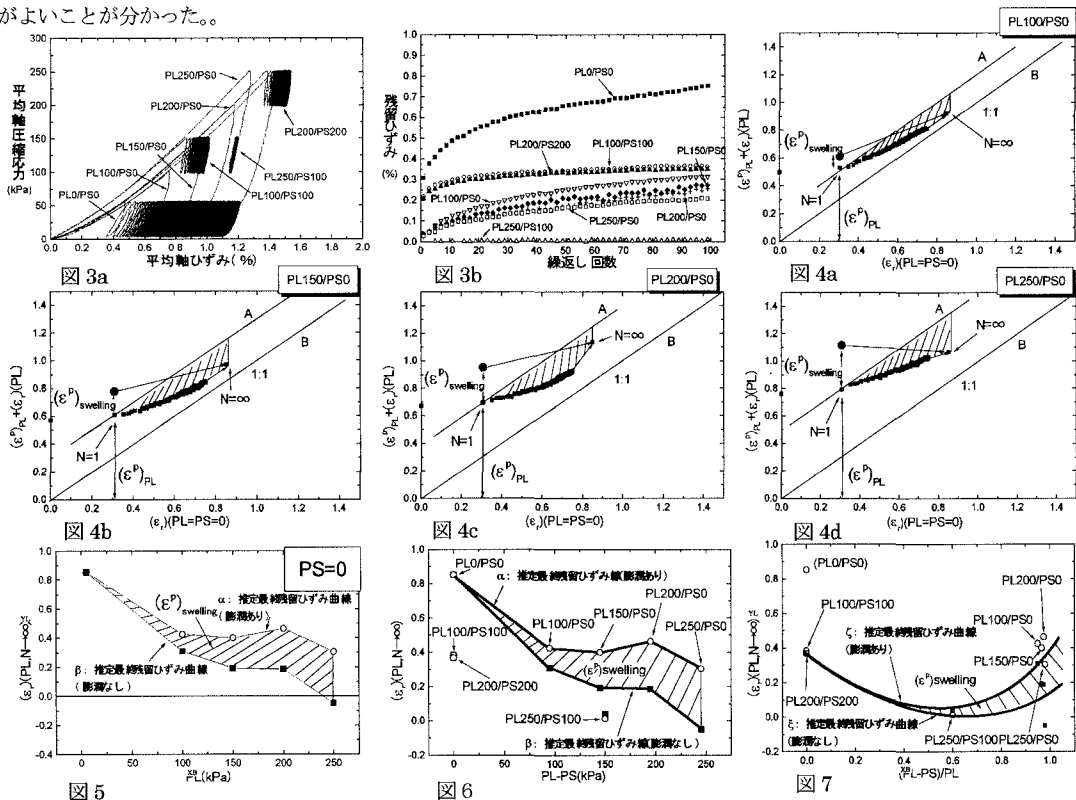
**考察：** 図5に、無限大の繰返し回数の時の残留ひずみの推定値とプレロードの大きさ(PL)の関係を示す（曲線α）。

キーワード：補強土、プレロード、プレストレス、補強材、膨潤

連絡先：東京都文京区本郷7-3-1 東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻 03-3812-2111（内 6123）

次に「除荷時の膨潤( $\epsilon^p$ )<sub>swelling</sub>」だけ繰返し載荷による残留ひずみが増加した」と考え、除荷時の膨潤が全く無いと仮定した場合の無限大の繰返し回数の時の残留ひずみの推定値とプレロードの大きさの関係を求めた（曲線 $\beta$ ）。曲線 $\alpha$ と曲線 $\beta$ の縦軸の差が、除荷時の膨潤量( $\epsilon^p$ )<sub>swelling</sub>である。実測（曲線 $\alpha$ ）では、プレロードが大きくなるにつれて、繰返し載荷による残留ひずみが単調に小さくなるという関係にはなっていない。これに対して、除荷に膨潤がないとするときの推定関係 $\beta$ では、プレロードが大きいかほど繰返し載荷による残留ひずみは単調に減少する。また、プレロードが非常に大きいと、繰返し載荷により却って残留ひずみは負になる（すなわち盛土は膨潤する）ことがある。これは、大きなプレロード後の除荷状態での弾性余効（creep recovery）的現象である。さらに、図 3a に示す全てのデータに対する無限大の繰返し回数の時の残留ひずみの推定値とプレロード後除荷量（PL-PS）の関係を図 6 に、等しいプレロード後除荷量（PL-PS）ならば、PS が大きいほど残留ひずみが小さくなる。また、残留ひずみとプレロード後除荷率（(PL-PS)/PL）の関係を図 7 に示す。図 7 では試験 PL0/PS0 のデータを便宜的に (PL-PS)/PL=0.0 にプロットした。これは除荷時の膨潤がある実際の場合での、 $\epsilon^p$  は膨潤が全く無いと仮定した場合での関係である。除荷時に全く膨潤がない場合（曲線 $\xi$ ）でも、除荷率(PL-PS)/PL を 0.5 以上にする効果はほとんどない。実際の場合（曲線 $\zeta$ ）では、除荷率が 0.5 近くで最も残留ひずみが小さくなることが分かる。

まとめ： プレロードを加えて塑性ひずみを進ませると、繰返し載荷によるひずみ量が抑制される。しかし、プレロード荷重が高くて膨潤によるひずみ量がかなり大きくなると、繰返し載荷時の残留ひずみが大きくなる傾向がある。従って、プレロードを加えてからある程度の大きさのプレストレスを維持して、除荷時に膨張が生じないようにした方がよいことが分かった。



参考文献：

- (1) 内村太郎、龍岡文夫、館山勝：プレローディッド・プレストレス補強土工法の原理と実物大模型実験計画、第 30 回土質工学研究発表会講演集、pp2387-2390、1995、
- (2) 篠田昌弘、丸山直樹、龍岡文夫、内村太郎：プレローディッド・プレストレス補強土模型の室内繰返し載荷実験、第 33 回地盤工学会研究発表会、(投稿中)