

# プレローデッド・プレストレスト補強盛土の 実施工橋脚と実物大模型への載荷試験

Prototype Bridge Pier and Loading Tests on a Full-scale Model of  
Preloaded and Prestressed Reinforced Soil Embankment

内村 太郎\*・龍岡 文夫\*・古関 潤一\*\*  
佐藤 剛司\*\*・小高 猛司\*\*・館山 勝\*\*\*

Taro UCHIMURA, Fumio TATSUOKA, Junichi KOSEKI  
Takeshi SATO, Takeshi KODAKA and Masaru TATEYAMA

## 1. はじめに

盛土構造物は、鉄筋コンクリート(RC)に比べて強度と剛性が低く、地震時にゆり込み沈下するなどの弱点をもつ。その一方で、盛土構造物は、条件によっては安価に建設でき、また延性的であるために基礎地盤の変形にも柔軟に対応できるという利点がある。筆者らは、ジオテキスタイル補強土擁壁、およびその応用である橋台・橋脚の剛性、耐震性を飛躍的に高めることを目的に、施工時に補強盛土に鉛直方向に圧縮プレロードを加え、供用時にもプレストレスをかけておく、プレローデッド・プレストレスト(PLPS)補強土工法を提案し、研究してきた<sup>1-4)</sup>(図1)。東大生研千葉実験所で、PL・PS補強盛土の実物大模型を構築し、プレロードとプレストレスの載荷、盛土内に残留するプレストレスの長期計測をしてきた。

1996年夏には、JR九州篠栗線馬出橋梁(福岡市)において、実施工では初のPLPS補強土橋脚が建設され、筆者

らは載荷実験と計測を行った。また、1996年冬には、千葉実験所の模型盛土で繰返し荷重の載荷試験を行った。この載荷の目的は、供用時の繰返し荷重(交通荷重など)に対する、PL・PS補強盛土の挙動の確認である。これらの実施工と模型盛土の載荷試験について概説する。

## 2. PL・PS補強土橋脚の実施工

### 2.1 橋脚の概要

橋脚(P1)は33m(16.5m×2連)の鋼製の単線鉄道橋を支持する(図2)。高さ3.2m(盛土部分は2.4m)、断面積6.4m×4.4m、設計荷重は桁荷重197kN(20.1tf)、列車荷重1280kN(131tf)(衝撃荷重含む)である。盛土材は粒度調整碎石、補強材はポリマグリッド(引張強度58.8kN/m(6tf/m))でその鉛直間隔は平均15cmである。4つの壁面は土のうを積み上げ補強材で巻き込み、プレロード後に一体のRC剛壁面を現場で打設した(剛な一体壁面工を用いたジオテキスタイル補強土擁壁)。基礎地盤は軟弱粘性土層(厚さ10m、N値=2程度)であり、攪拌混合杭で改良した(改良率30%)。また、深さ1mまでは改良杭を隙間なくつめて全面改良し、これを下部反力板の代替とした。張力材は直径35mmのPC鋼棒を4本用い、下端を攪拌混合杭に約4m挿入して定着した。盛土の天端には5m×2.4m×厚さ0.8mのRC小橋台(受台)を設置し、これを上部反力板とした。一方、橋台(A2)は、同じく攪拌混合杭で改良した地盤上に、通常の補強盛土(剛な一体壁面工を用いたジオテキスタイル補強土橋脚)として建設し、プレロード・プレストレスはかけてない。

### 2.2 プレロード、桁荷重の載荷、長期計測

図3はプレロードの載荷パターン、図4は荷重沈下曲線である。この中では、載荷実験として、様々な載荷も行っている。最大2350kN(240tf)のプレロードを2週間(昼

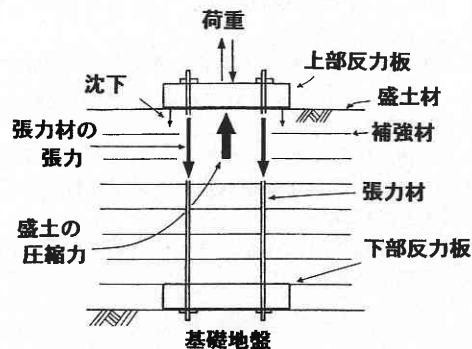


図1 プレローデッド・プレストレスト補強盛土工法

\*東京大学大学院工学系研究科

\*\*東京大学生産技術研究所 第5部

\*\*\*鉄道総合技術研究所

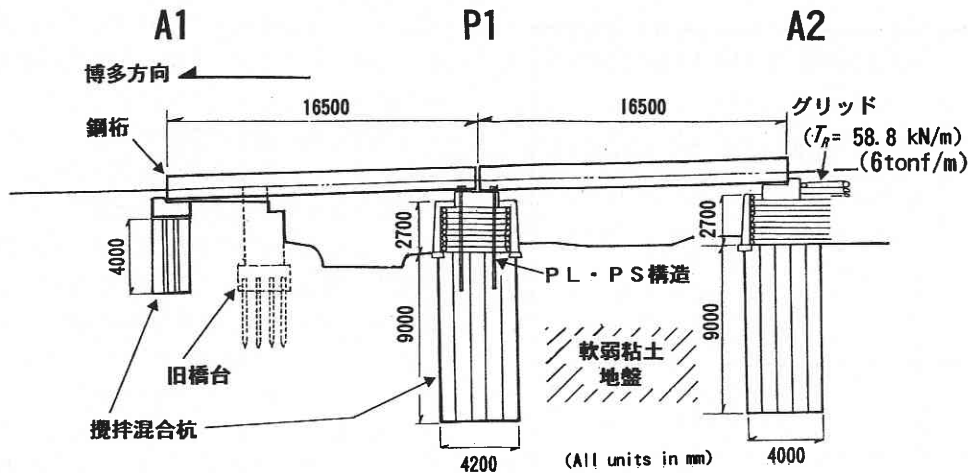


図2 プレローデッド・プレストレスト補強土橋脚

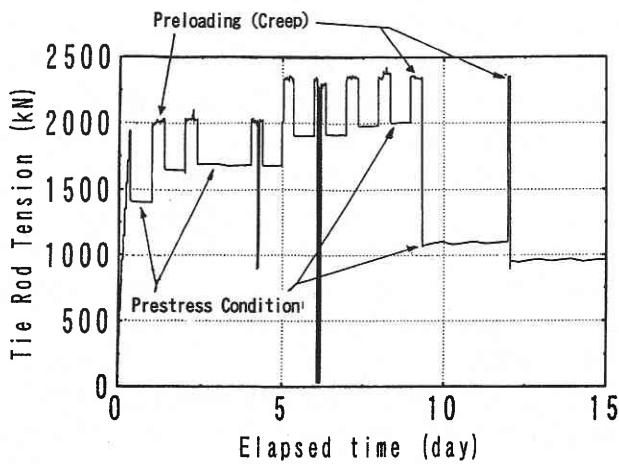


図3 橋脚へのプレロード荷重

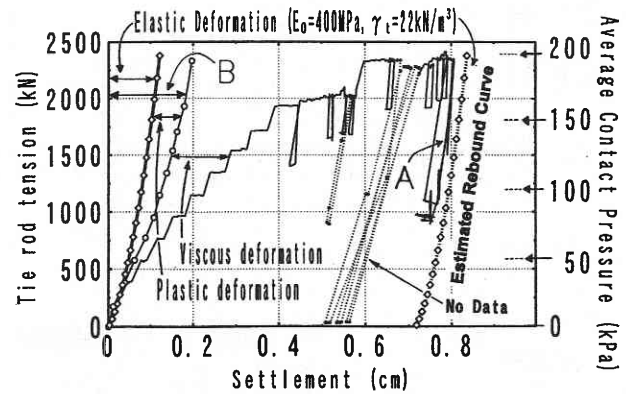


図4 橋脚へのプレロード時の荷重沈下曲線

間のみで正味72時間) 荷重し、盛土を十分にクリープ沈下させた。この間の沈下量は約 8 mm だった。また、プレロード期間の最後に行った1280kN の振幅の繰返し荷重(図4のA)に対する即時沈下量は約0.5mm であり、プレロードによって剛性が非常に高くなっている。プレロード初期は段階的に30分ないし60分ずつクリープ沈下させながら荷重した。この時のクリープ沈下量(荷重増加に対する即時沈下量の合計(図4のB)と、実際の全沈下量との差)は、全沈下量の半分近くを占める。プレロード時に十分にクリープ沈下させなければ、これだけの沈下が供用開始後に生じるおそれがあるので、プレロードによってクリープ沈下を抑制する効果が確認できる。プレロード終了後、張力材を反力板にナットで固定してプレストレス状態にした。プレストレスの初期値は950kN だった。

図5は、プレロード開始時からの張力材の張力と、盛土

の沈下量の経時変化である。25日目に鋼桁(16.5m×2連)を架設した。橋脚は211kN(21.5tf)の荷重に対して約0.08mm 沈下した(張力材の張力の変化から推定)。橋台は、105kN(10.7tf)の荷重に対して約0.5mm 沈下した。橋台はその後も時間とともに沈下し、80日後には約2mm 沈下している。一方、橋脚は桁架設後も変化がなく、むしろ沈下がわずかに減少(リバウンド)し、張力材の張力も増加している(creep recovery)。この比較から、PL・PSで沈下を抑える効果が確認できた。

### 3. 模型盛土への繰返し荷重試験

#### 3.1 盛土の概要と荷重方法

図6は千葉実験所試験盛土の断面図で、このうちの区間3Mに荷重した。盛土材は粒度調整碎石(含水比  $w=8.0\%$ 、乾燥重量  $\gamma_d=18.4\text{kN/m}^3=1.88\text{tf/m}^3$ )、補強材はポリマーグリッド(引張強度  $73.5\text{kN/m}=7.5\text{tf/m}$ )でその鉛直間隔は30cmである。区間3N、3Sの壁面はレキの

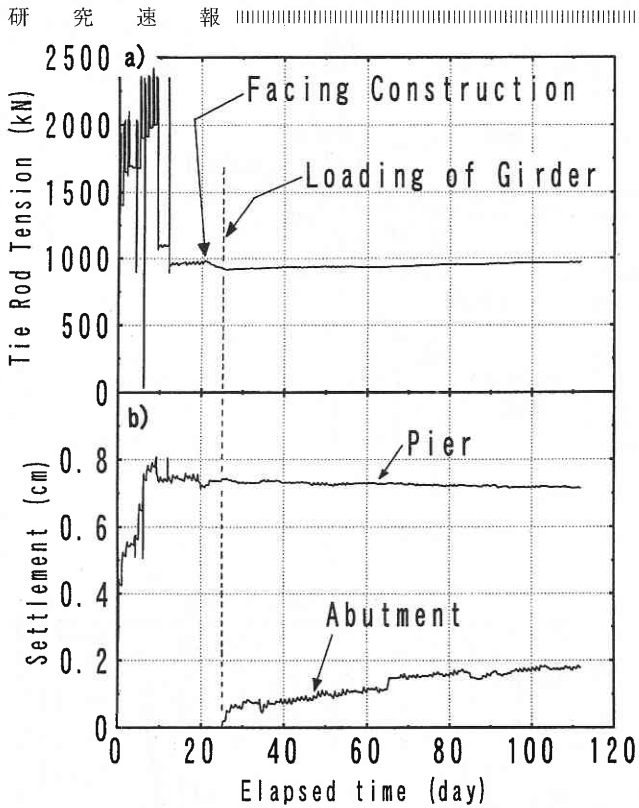


図5 橋脚の a) 張力材の張力 b) 沈下量の変化

入った土のうを積み上げて補強材で巻き込んで構築した。本来は剛な一体壁面工を用いる補強土擁壁工法であるが、本実験の段階では壁面工は打設してない。

模型盛土は、図6の断面に平行な両端面をRCの隔壁で拘束されていて、平面ひずみ条件に近い。隔壁の基礎は芯に鉄筋を入れた地盤改良杭で地盤に定着してあり、これで反力を得ることで盛土に鉛直方向の圧縮荷重をかけた。

区間3Mは、盛土上下端に厚さ50cm、断面積7.6m<sup>2</sup>のRCの反力板を設置し、直径35mmのPC鋼棒の張力材4本を用いて盛土に圧縮力をかけた。118kPa (944kN=96tf) でプレロードした後に、張力材を反力板に締結してプレストレス状態にし、およそ15ヶ月放置してあった。プレストレス (残留する張力材の張力) の初期値は647kN (66tf) だったが、今回の荷重試験時までに480kN (49tf) に低下していた<sup>3)</sup>。これは、盛土が時間の経過に伴って粘弾性的に沈下したためである (リラクゼーション)。

荷重は、図7aのようなパターンで行った。まず、196kN (20tf) 荷重して約1分後に完全に除荷した (A)。次に、24時間にわたって196kN かけ続け、クリープ荷重してから除荷した (B)。次に、0kN~196kNの間で、100回 (1サイクル当たり約2分) のくり返し荷重を行った (C)。さらに、このA, B, Cのパターンを、荷重を392kN (40tf)、588kN (60tf) に変えてくり返した。最後に1180kN (120tf) で荷重、除荷、クリープ荷重を行った。

3.2 試験結果

図7b, cは、繰返し荷重試験時の沈下量と張力材の張力の変化である。荷重によって沈下し、張力材の張力は減少した。除荷すると沈下はリバウンドし、張力材の張力も回復した。荷重時に盛土が沈下し張力材の張力が減少すると、釣り合い条件により、その分だけ盛土にかかる荷重は軽減される。

しかしその挙動は完全な弾性ではない。クリープ、くり返し荷重によって残留沈下し、残留するプレストレスも減少した。現在の方法では、交通荷重などの繰返し荷重がかかったとき、プレストレスが抜けてしまう可能性がある。

とくに荷重が588kN以上のときは残留沈下が大きく、一連の試験で張力材の張力はほとんど抜けてしまった。この荷重レベルでは、盛土の受ける応力 (反力板の平均接地圧) が、プレロード時の最大圧縮応力に近いが、または越えている (図8)。一方、比較的小さい荷重 (196kN) では、プレストレスの抜けは小さい。この荷重レベルでは、プレロード時の最大圧縮応力に比べて、盛土の受ける応力が小さいからだろう。

このことから、くり返し荷重による沈下とプレストレスの低下の対策としては、①十分に高い応力でプレロードす

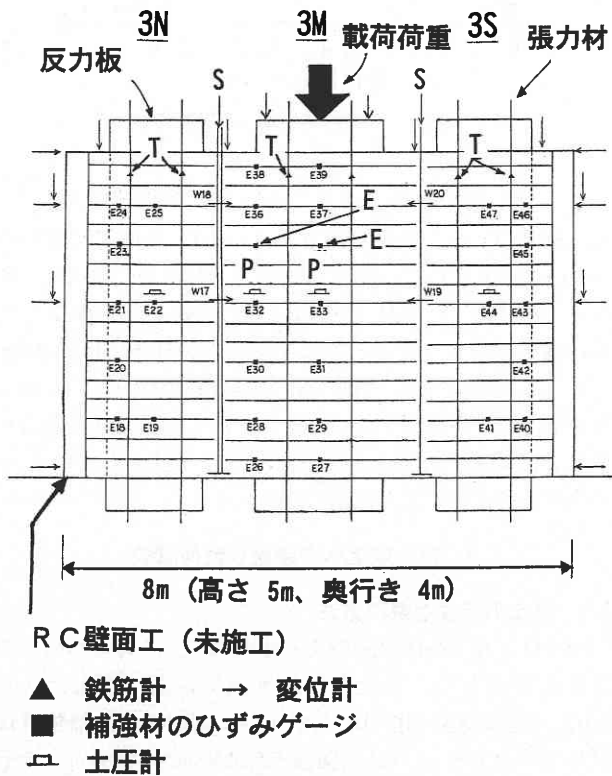


図6 模型盛土の断面図

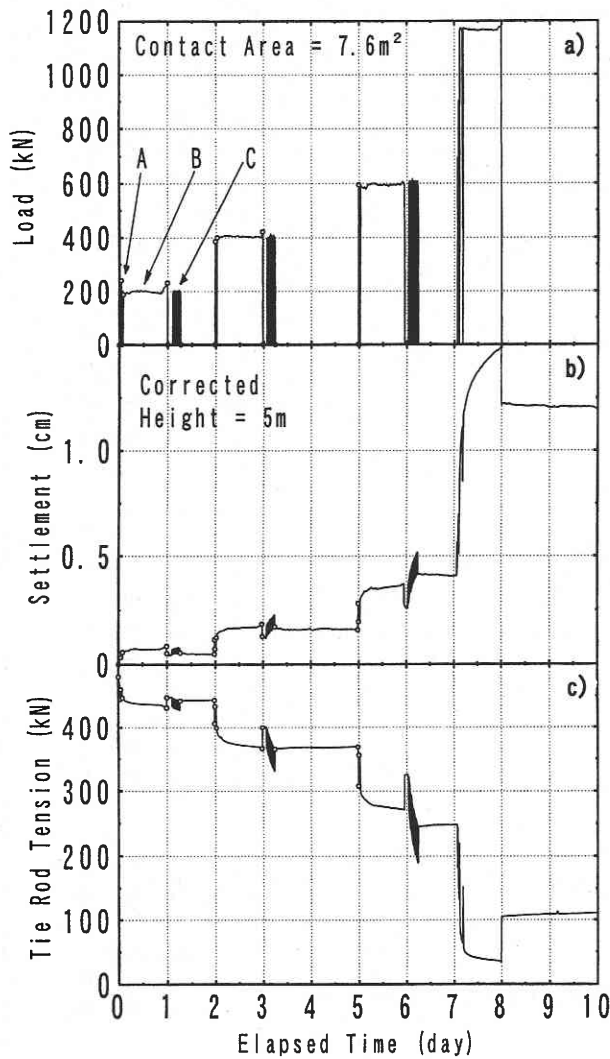


図 7 模型盛土の a) 荷重 b) 沈下 c) 張力材の張力の変化

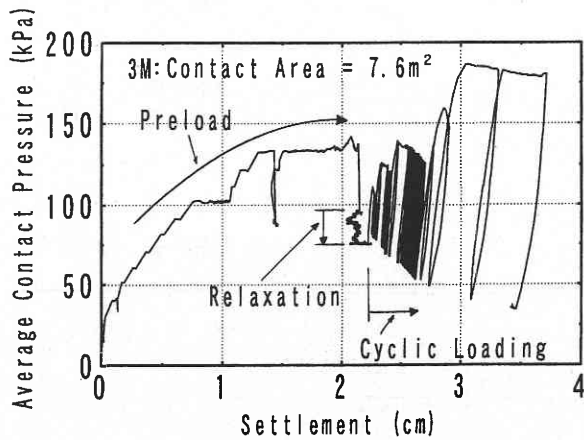


図 8 模型盛土の平均接地圧と沈下との関係

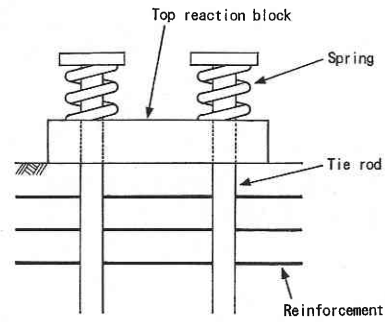


図 9 バネを用いた締結部の概念図

ることが必要だと考えられる。また、②プレロード時に静的なクリープ載荷だけでなく動的なくり返し載荷をして沈下を促すことも有効かもしれないが、これは今後の研究が必要である。また、③盛土の締固めを十分に行って、土の剛性を高めることも、当然有効だろう。あるいは、④張力材をバネで反力板に締結して繰返し載荷によって盛土が沈下しても張力材の張力がほとんど下がらないようにする方法もあり得る (図 9)。今後これらの対策を検討したい。

4. ま と め

PL・PS 補強土橋脚では、プレロード後の盛土の剛性が非常に高く、またプレロードで十分にクリープ沈下させることができ、その効果が確認できた。また、PL・PS によって、即時沈下、クリープ沈下ともに著しく抑制された。この橋脚は1997年秋から約 2 年供用する予定である。

一方、模型盛土への載荷試験では、繰返し荷重によって残留沈下が累積し、プレストレスが抜けてしまう可能性が示された。その対策として、いくつかの可能性を考えたが、今後、盛土材の力学特性に根ざした研究が必要である。

(1997年 5 月 2 日受理)

参 考 文 献

- 1) 内村太郎・龍岡文夫・佐藤剛司・館山勝 (1995) : プレロード・プレストレスト補強土工法の原理と実物大模型実験計画, 生産研究第47巻 8月号
- 2) 内村太郎・龍岡文夫・古関潤一・佐藤剛司・小高猛司・館山 勝 (1995) : プレロード・プレストレスト補強土工法の実物大模型実験, 生産研究第47巻 9月号
- 3) 内村太郎・龍岡文夫・村本勝巳・館山 勝・谷 学東・古関潤一 (1996) : PL・PS 補強土実物大模型の載荷試験とその長期変動, 生産研究第48巻 3月号
- 4) Uchimura, T., Tatsuoka, F., Sato, T., Tateyama, M. and Tamura, Y. (1996): Performance of preloaded and prestressed geosynthetic-reinforced soil, Proc. Int. Symp. on Earth Reinforcement, Fukuoka, Balkema (Ochiai et al., eds), Vol. 1, pp. 537-542