

PL・PS補強土橋台の限界状態設計法の提案

(財) 鉄道総合技術研究所
 (株) 複合技術研究所
 東京大学 工学部

正 ○ 館山 勝・篠田昌弘
 正 矢崎澄雄・鴫田由希
 正 内村太郎・龍岡文夫

はじめに： プレロード・プレストレス (PL/PS) 補強土工法は耐震性にも優れており、橋台や橋脚として用いた場合には、従来形式と比べて合理的構造となることから、その適用が求められている。しかし、このような使用に対する設計法が十分に整備されていなかった。そこで、PL/PS 補強土橋台への施工方法を検討し、具体的な設計手法を検討した。

設計の基本： 試設計に際して、施工手順を検討した (図 1)。鉄道で用いられている剛壁面補強土(RRR)工法の手順で補強盛土を構築した後に、グラウンドアンカーを設置し、小橋台構築、プレストレスの導入、桁の設置、壁面工打設の手順となる。プレストレス荷重の反力の取り方には、底盤に反力版を設置する方法と、永久アンカーによる方法があるが、ここでは永久アンカー式を例とした場合の PL・PS 補強土橋台の施工手順の基本を示す。なおアンカーの本数は、1 本当りの負担荷重から逆算 (1 本当りの負担力は 1000kN 程度と仮定) して決定することとし、なるべく本数が少なくなるように 2 回に分けて PL を作用させた。

図 2 は施工途中で作用させる PL・PS 荷重状態の模式図を示す。短期使用限界状態 (施工時) の検討に用いる断面は、施工時にもっとも荷重条件が厳しいと想定される手順⑤ (図 1 参照) の断面、その他の限界状態の検討断面としては手順⑥の断面とした。

図 3 に PL/PS 補強土橋台の設計モデルを示す。本構造は、基本的には補強領域と小橋台が一体となった補強土構造体である。また、補強領域の上部に設置される小橋台は、背面を補強材で支持され、プレストレスによって締め付けられた構造である。設計にあたっては、小橋台部と、小橋台を含む補強領域部 (補強土構造体部) に分けてモデル化し、それぞれについて設計することとした。小橋台は地盤バネと補強材バネで支持された RC 構造として設計し、更に補強土構造体全体が補強材バネとアンカーバネ、地盤バネで支持された設計モデルで安定性や変形性を照査することとした。

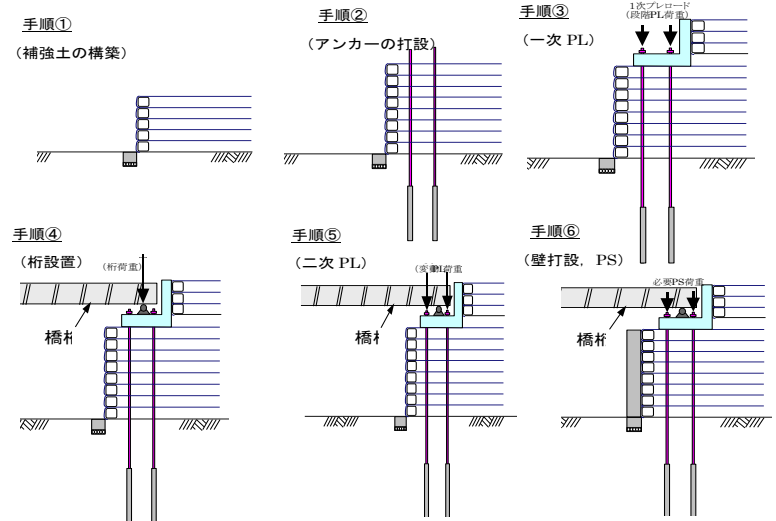


図 1 PL/PS 橋台の施工手順 (アンカー形式)

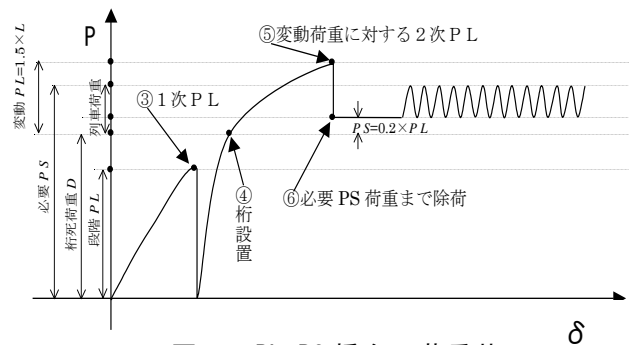


図 2 PL・PS 橋台の荷重状

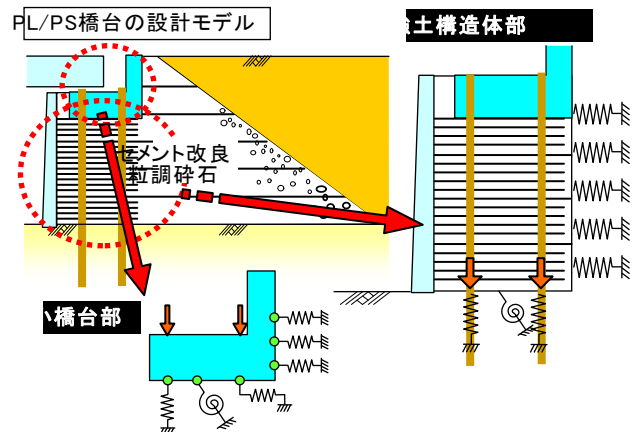


図 3 PL/PS 橋台の設計モデル

限界状態設計法の定義： 表1は設計で考慮する限界状態の定義例である。ここでは、基本的に鉄道コンクリート構造物、基礎・抗土圧構造物設計標準に準拠した定義としているが、施工時の一時的な状態（補強土の施工時およびPL・PS補強土の施工時およびPL・PS補強土の施工時）は、終局限界状態として取扱うこととした。PL・PS補強土橋台の耐震設計は、設計地震動に対し、構造物の重要度を勘案して設定した耐震性能を満足することを基本とする。耐震性能は、小橋台、補強材、補強土構造体のそれぞれについて設定する。表2にPL・PS補強土橋台の耐震性能を示す。L2地震動に対しては、RC小橋台、支持地盤が非線形領域に入ること許容するが、RC小橋台の応答値が最大耐力以内かつ塑性率の制限値以内でものとする。ここでRC小橋台の応答値は、静的非線形解析（Push-Over解析）によって算定するものとする。なお補強材は、L2地震時には上部1/3の範囲について最大引張力に達することを許容することにした。ただしその際には、ニューマーク法によって算出される小橋台ならびに補強土構造体の地震時残留変形量が許容変形量以内であることを照査することとする。一方、L1地震動に対しては、すべての構造部材、支持地盤が無損傷かつ安定（弾性範囲）であるものとする。設計地震動は、地盤種別ごとの地表面最大加速度を用いることとする。なお、図4には全体の設計フローを示す。

表1 設計で考慮する限界状態の定義例

| 限界状態 | 限界状態の定義 |
|----------|---|
| 長期使用限界状態 | 設計耐用期間中に、常時あるいは長期にわたって作用する構造物自重や土圧などの荷重に対して、補強土構造体や小橋台が通常の使用性や耐久性を失う状態をいう。 |
| 使用限界状態 | 設計耐用期間中に、日常頻繁に作用する列車荷重などに対して、美観や構造物の機能を失う状態をいう。補強土構造体の変位が弾性とみなせる範囲を超える状態、あるいは列車の走行性や乗り心地から定まる変位量の制限値を超える状態をいう。RC小橋台では、過度のひび割れや変位などにより、通常の使用性や耐久性を失う状態をいう。 |
| 終局限界状態 | 設計耐用期間中に、地震以外で、ごくまれに作用する強風時の風荷重、降雨の影響等によって、構造物が耐荷能力を失う状態をいう。補強土構造体の滑動などにより安定を損なうか、変位が降伏点を超える状態をいう。RC小橋台では、断面破壊や大変形などにより、構造物の使用が不能になる状態をいう。または施工途中の状態において、PL荷重が一時的に作用することにより、補強土構造体の安定性を失う状態をいう。 |
| 地震の影響 | 設計耐用期間中に、数回程度発生する確率を有する地震動（L1）に対して、補強土構造体の滑動や転倒、支持力などによって安定を損なうか、変位が降伏点を超える状態をいう。また設計耐用期間中に、発生する確率は低い、非常に強い地震動（L2）に対して、構造物が壊滅的な損傷や変位を生じ、安定や機能を失う状態をいう。 |

表2 PL/PS補強土橋台の耐震性能

| 部位 | 地震動 | |
|--------|----------|---------|
| | L1地震動 | L2地震動 |
| RC小橋台 | 安定 | 弾性範囲内 |
| | 部材 | 弾性範囲内 |
| 補強材 | 設計破断強度以内 | |
| 補強土構造体 | 安定 | 許容変形量以内 |

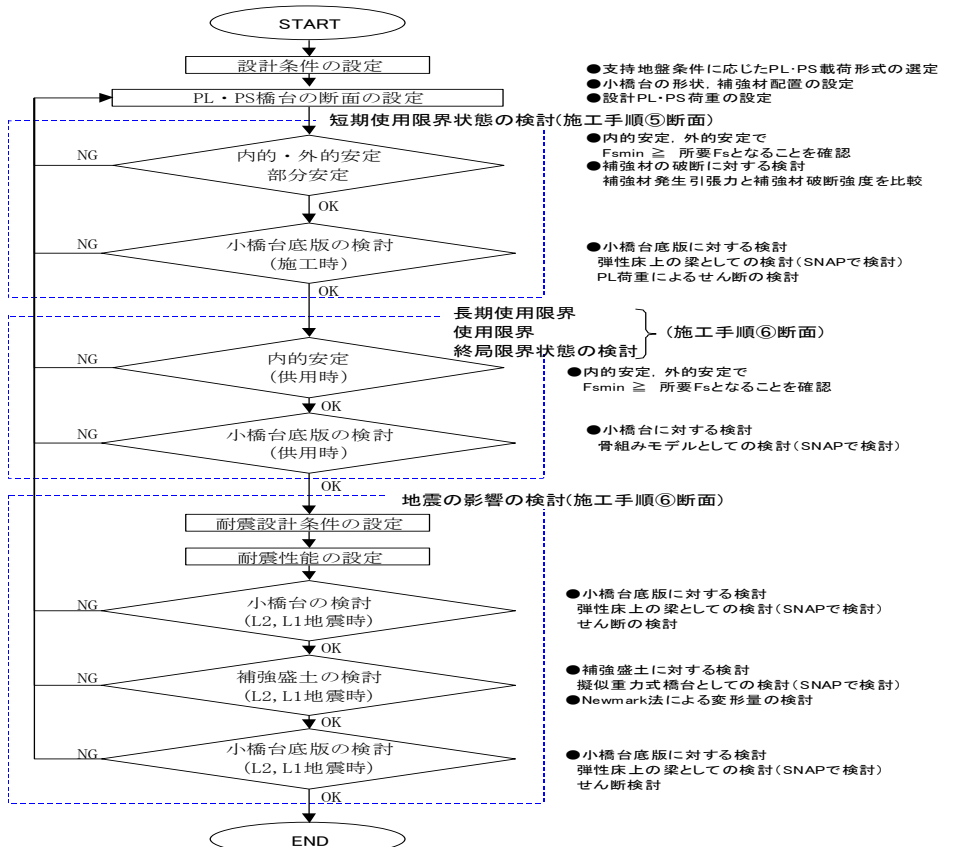


図4 PL・PS補強土橋台の設計フロー

参考文献：1) 鶴田由希, 矢崎澄雄, 舘山勝, 篠田昌弘, 内村太郎, 龍岡文夫

夫：PL・PS補強土橋台の限界状態設計法による試計算結果, 土木学会第58回年次学術講演会, 2003 (投稿中)
 2) 龍岡文夫, 内村太郎, 舘山勝, 小島謙一：鉄道橋のプレロード・プレストレス(PL・PS)補強土橋脚の挙動, 土と基礎, Vol.46, No.8, 1998
 3) 田村幸彦, 舘山勝, 小島謙一, 龍岡文夫, 内村太郎, 兵藤公顕：実施工PL・PS補強土橋脚の水平載荷試験, 第37回地盤工学研究発表会, 2002
 4) 山田孝弘, 舘山勝, 矢崎澄雄, 内村太郎, 龍岡文夫：PL・PS補強土橋台の限界状態設計法に関する基礎的検討, 第37回地盤工学研究発表会, 2002