

施工性を考慮した橋台の耐震補強工法に関する解析的検討

東海旅客鉄道 正会員 ○長縄 卓夫

日建設計シビル 正会員 西山 誠治

1. 目的

これまでの橋台の耐震補強工法では、基部の滑動を防止するストラット工が一般的であり、桁下利用などの理由により施工が困難な場合には、代替工法としてシートパイル締切工+タイロッド工が用いられてきた。今後、橋台の耐震補強を実施する場合には、付近の都市化などの理由によりこれまで以上にストラット工の施工が困難と想定される。これら対策工は1981年に作成された「橋台裏耐震補強工設計の手引(案)」(以下、橋台指針と呼ぶ)により設計されてきた¹⁾。この指針では、代替工法を実施した場合には、ストラット工と同様に橋台背面沈下量が無対策の場合と比較して1/3程度になるとされているが、当時と現在では想定する地震動の規模が異なるなどの理由により、沈下抑制効果やタイロッド張力などの設計について再度確認する必要がある。

このため、この代替工法に関する解析を実施し、工法の妥当性を検証するとともに最適な対策工法について検討を行うこととした。

2. 解析概要

解析対象橋台①の概略を図1に示す。解析モデルは縦断方向の2次元とし、FLIP²⁾を用いて行った。支持地盤の物性値については、液状化対象土層の液状化パラメータは、「鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)」³⁾(以下、耐震標準と呼ぶ)による動的せん断強度比 $\sim$ 繰返し回数の関係を表現できるように要素シミュレーションにより設定した⁴⁾。また、非液状化地盤(粘性土)のモデル化は動的変形特性から定まる τ_{max} となるように ϕ を逆算して求めた。盛土部分については耐震標準の土圧算定用の ϕ を用いることとし、橋台はソリッド要素、杭基礎とシートパイルは梁要素、タイロッドはバネ要素でモデル化し、盛土の滑り面や橋台背面と地盤との境界面は2重節点の多点拘束(水平拘束、鉛直自由)とした。なお、構造要素はいずれも弾性であるが、杭の剛性は損傷を考慮して1/2としている。

シートパイル工は橋台指針に準じて設定し、橋台前面にシートパイルを設置して腹起しをタイロッドで橋台後方に引張る。矢板は曲げ剛性のみ発揮させ軸剛性は考慮しない。タイロッド背面側の端部の固定については、端部付近の支持地盤3要素の水平自由度を結合して定着した。これは、盛土側面に設置されるシートパイル腹起しへの定着を模擬したものである。なお、斜杭の場合には施工が困難であるが、参考としてシートパイルを斜めに配置して検討を行った。

解析は、タイロッド工のみとした場合や地盤と盛土の強度(ϕ)を低下させた場合も比較検討を行った。また、橋台条件の違いにも比較する必要があると考え、非液状化や片側のみが橋台の場合についても同様の検討を実施した。全検討橋台の概略を表2に示す。

KEY WORDS：橋台，耐震，矢板壁，動的

連絡先：〒485-0801 愛知県小牧市大山1545番33 東海旅客鉄道(株)技術開発部 TEL：0568-47-5375 FAX：0568-47-5364

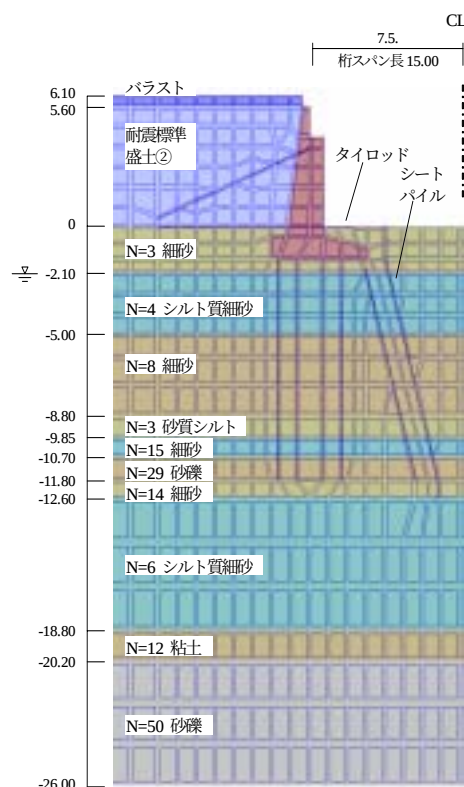


図1 橋台①の諸元

表1 検討ケース

Case	盛土および地盤強度	対策工
1-1		無対策
1-2	地盤基本強度, 盛土 ϕ peak	シートパイル締切工+タイロッド
1-3		タイロッドのみ
2-1		無対策
2-2	地盤基本-5°, 盛土 ϕ peak-5°	シートパイル締切工+タイロッド
2-3		タイロッドのみ
3-1		無対策
3-2	地盤基本強度, 盛土 ϕ res	シートパイル締切工+タイロッド
3-3		タイロッドのみ

表2 解析対象橋台の概要

橋台情報	橋台①	橋台②	橋台③
橋台高さ(h)	7.1	6.8	11.2
橋台間距離(L)	15.0	8.0	(片側)
地盤区分	液状化	非液状化	液状化
杭種類	斜杭	直杭	斜杭

3. 解析結果

耐震標準に示されているL2地震動スペクトルIIを入力した場合の解析結果を図2～5に示す。解析結果は、すべてのケースに対して地震波の入力方向を変更した2パターン実施しており、沈下量および水平変位量については無対策の場合で無次元化して図化を行っている。

橋台と背面盛土の相対沈下量（図2）では、シートパイル締切工＋タイロッド工を実施した場合には、橋台の条件等によりばらつきはあるものの、無対策の場合と比べて2～7割程度の沈下量に減少していることが判る。沈下抑止効果が比較的小さいものは、無対策時の沈下量が小さかったものが多く、一般的には4割以下の沈下量となっているとともに、無対策時の沈下量が大きいほど低減率が大きくなる解析結果となった。また、背面の相対沈下量に着目した場合には、シートパイル締切工を省略しストラット工のみとした場合でも、沈下量の低減率はそれほど差異がない解析結果となった。ただし、橋台の水平移動量（図3、4）については、タイロッドを省略した場合には大きくなる傾向にあることから、実際の対策工を決定する場合には個々の条件に合わせて対策工を選定する必要があると考えられる。なお、水平変位量の低減割合が大きいのは橋台②（非液状化）のケースで、対策前の水平変位が小さいため、比率にすると低減効果が大きく表現される結果となった。

タイロッド作用力（図5）については、橋台指針では作用荷重を単純化し、 $P=5H^2B/n$ （ P :作用力(kN) H :橋台高さ(m), B :橋台幅(m), n :タイロッド本数)としている。シートパイル締切工＋タイロッドおよびタイロッドのみの場合のどちらも、設計荷重を上回ることはなく、概ね設計作用力の6～8割程度であった。タイロッドには、従来の手引きで設計を行っておき、FEM解析で照査を行う手法が現実的であると考えられる。

4. まとめ

ストラット工の代替工法として用いられてきたシートパイル締切工＋ストラット工は、従来の手法で設計を行った場合でも概ね想定されていたとおりの効果が得られる解析結果となった。また、沈下量のみに着目した場合には、シートパイル締切工を省略し、タイロッド工のみとしても、同様の効果が期待できる解析結果となった。今後は、この解析結果の妥当性を実験等により検証する予定である。

参考文献： 1) 構造物設計事務所(基礎土構造)：橋台裏耐震補強工設計の手引(案), 1981.11.9. 2) 井合進ら：ひずみ空間における塑性論に基づくサイクリックモデルのモデル, 港湾技術研究所報告, 第29巻, 第4号, pp27-56, 1990. 3) 丸善出版：鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計), 1999.10. 4) 森田年一ら：液状化解析による構造物被害予測プログラム FLIP において必要な各種パラメータの簡易設定法, 港研資料 No.869, 1997.

