

大成建設技術研究所 正会員 石井裕泰 堀越研一  
日本道路公団試験研究所正会員 福島勇治 稲垣太浩

1. はじめに 軟弱地盤上の橋台の設計に際しては、橋台盛土構築によりどの程度の側方移動が生じるかを定量的に把握することが重要である。日本道路公団設計要領<sup>1)</sup>では、橋台側方移動の有無を F 値 ( $F=c_u/(HD) \times 10^{-2}(m^{-2})$  : H:橋台盛土応力、 $c_u$ :軟弱地盤の平均非排水強度、D:軟弱層厚)により判断している。この指標は、橋台側方移動に対して支配的な要因からなる定数で、実態調査をもとに F 値<4 では対策を講じることとなっている。

著者らは、一般的な橋台形状をもとに設定した基本モデルに対して、数々のパラメトリックスタディ<sup>2)-5)</sup>を実施し、より定量的な評価が可能な指標に対する検討を実施してきた。本報は、橋台側方移動に対するプレロード効果をまとめるとともに、一連の解析結果をとりまとめ一つの指標を提案するものである。

2. 解析モデルおよび条件 図-1 に一連の解析の基本モデルを示す。これは、实在橋台調査に基づき設定したものである。

解析は、橋台背面盛土に相当する要素を 1m/15 日のペースで構築したのち、50 年間放置し、橋台の変形量を比較検討した。基本モデルでは、自重による正規圧密状態を初期条件に設定している。

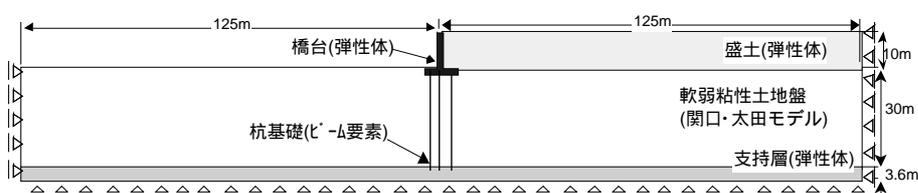


図-1 橋台側方移動解析の基本モデル

これまで、軟弱層厚<sup>2)</sup>、背面地

盤の地盤改良範囲<sup>3)</sup>、背面盛土の軽量化範囲<sup>5)</sup>、軟弱層中の砂層厚さ・位置<sup>6)</sup>、が橋台変形に及ぼす影響を検討した。本報告では、新たに(a)プレロード、(b)地盤強度、分布、(c)杭剛性、(d)橋台盛土高さ、を変化させて解析を実施した。表-1 にこれらの解析条件を示す。なお、(a)では、プレロード形状を設計要領に従い定め(高さ 12m、天端幅 30m、のり面勾配 1:1.7 程度) 図-2 のようなステップにより計算を行った。

なお、軟弱粘性土地盤は関口・太田の弾粘塑性モデル、盛土および支持層は弾性体としている。物性については参考文献<sup>5)</sup>を参照されたい。また、検討で用いた地盤の平均  $c_u$  は、参考文献<sup>6)</sup>に示された三軸  $K_0$  圧密状態の理論強度から計算した。

### 3. 解析結果

3.1 プレロードに関して 図-3 は、プレロードに関する検討のうち、軟弱層厚 30m のケースについて、橋台背面盛土構築からの日数に対する橋台上部側方変位の変化を示したものである。図中にはプレロードを行なわなかった場合として、基本ケースの結果も示している。放置期間が長くプレロードに伴う圧密による強度増加が大きくなるほど橋台側方移動量が小さくなっており、プレロード効果が現れている。図-4 は、圧密度と盛土完成後 50 年の橋台上部側方変位(プレロードなしの結果により無次元化した値)の関係を示す。圧密度は、応力分散を考慮した盛土上載圧により生じる過剰間隙水圧の総和と消散分の比で定義している。圧密度と側方変位の関係は図-4 のようになり、プレロードを十分に行なった場合、プレロードを実施しなかったケースに比べて橋台側方移動量は 50%程度に減少することが分かる。また、圧密度 20%

表-1 解析条件

ケース	条件概要
(a)プレロード	軟弱層厚 20m、30m のモデルに関して、プレロード 放置の際の圧密度 20、50、90%、合計 6 ケース (CasePL)
(b)地盤強度・分布	基本モデルに対して平均強度 4 種、分布形状 2 種、合計 6 ケース (CaseCU)
(c)橋台盛土高さ	基本モデルに対して盛土高さ 5m、15m 合計 2 ケース (CaseH)
(d)杭剛性	基本モデルに対して 0.5、1.5、2.0 倍の杭剛性 (CaseEI)

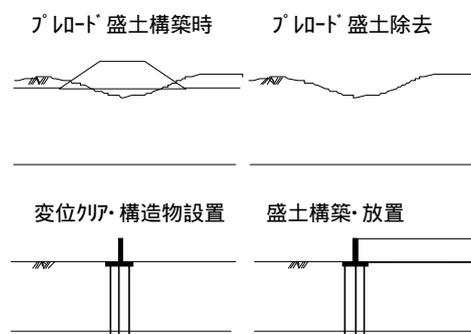


図-2 プレロード 解析ステップの概略

キーワード：橋台、軟弱地盤、盛土、側方移動、有限要素法

〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設技術研究所

程度でも約 40%の側方移動量の減少が認められ、わずかな期間のプレロードでも側方変位軽減に有効であることが分かる。

3.2 橋台側方移動量に関する検討 一連の解析結果をもとに、橋台側方移動に関する設計指標について検討を行なった。

図-5 は、既往の検討結果について、F 値と杭の最大側方変位量の関係を示すものである。プレロードに関する検討（図中）を除いて、右下がりの曲線上に位置している。現状の判定手法では、F 値により側方移動の有無のみを判定するが、図-5 のように定量的な指標にもなりうると言える。

図-6 は、図-5 中の結果を、Stewart ら<sup>7)</sup>を参照した地盤剛性に関する新たな無次元量  $K_R$  と杭の最大側方変位（盛土完成後 50 年）に関する無次元量  $y_q$  の関係で示したものである。ここで、2 つの無次元量は、 $K_R = E_p I_p / c_u h_s^4$ 、 $y_q = y E_p I_p / q d L_{eq}^2$  ( $E_p$ : 杭の弾性係数、 $I_p$ : 杭の断面二次モーメント、 $c_u$ : 地盤の平均非排水強度、 $h_s$ : 軟弱層厚、 $y$ : 構造物水平変位、 $q$ : 盛土荷重、 $d$ : 杭径、 $L_{eq}$ : 杭長) により定義される。2 つの無次元量  $K_R$  と  $y_q$  は図-6 の両対数軸上で直線状にプロットされる。つまり、地盤条件と杭の条件より計算した  $K_R$  から  $y_q$  を求めることができ、盛土荷重と杭長および杭の剛性から、予測値として構造物の側方変位  $y$  を求めることができ、図-6 の関係は設計時において橋台側方移動の定量的評価に用いることができる点で有用であると考えられる。図-7 は、地盤改良範囲および軽量盛土範囲に関する解析結果を図-6 中の直線とともに示したものである。図-6 に比べて、結果のばらつきが大きくなっている。これらの条件にも上記のような利用法を適用する場合には、改良範囲あるいは軽量材の使用範囲により無次元量を補正するなどの必要があると考えられる。

4. まとめ 本報では、橋台側方移動量に対するプレロード効果をまとめるとともに、一連の結果を F 値や地盤剛性と側方移動量に関する無次元量により取りまとめた。

ただし、これらは解析結果のみを用いて検討したものであるため、今後は、構造物変位を詳細に観測した試験橋台や遠心実験などへの適用性を検討し、実設計で使用可能な指標を確立していく。

【参考文献】1)日本道路公団設計要領、1998、2)石井ら、「橋台の側方移動に対する軟弱地盤層厚の影響」、第 53 土木学会年次学術講演会概要集 III、pp.496-497、1998、3)稲垣ら、「橋台の側方移動に対する対策工（地盤改良工法）の効果」、第 53 土木学会年次学術講演会概要集 III、pp.498-499、1998、4)稲垣ら、「橋台の側方移動に対する対策工（軽量盛土による裏込め）の効果」、第 54 土木学会年次学術講演会概要集 III、pp.484-485、1999、5)稲垣ら、「軟弱地盤上の橋台の側方移動に及ぼす中間砂層の影響」、第 55 土木学会年次学術講演会投稿中、6)Ohta, H., Nishihara, A. and Morita, Y., "Undrained stability of  $K_0$ -consolidated clays", Proc. 11<sup>th</sup> Int. Conf. On Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol.2, pp.613-616, 1985、7)Stewart, D. P., Jewell, R. J. and Randolph, M. F., "Design of piled bridge abutments on soft clay for loading from lateral soil movements", Geotechnique 44, No. 2, 277-296, 1994

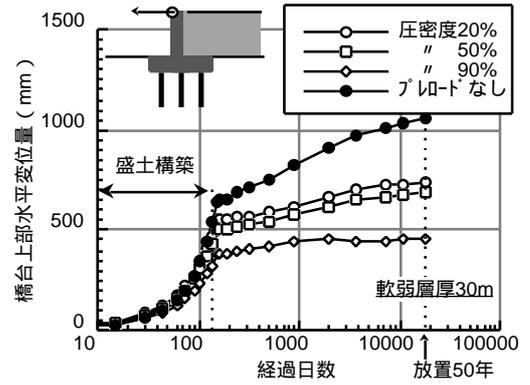


図-3 橋台上部水平変位の経時変化

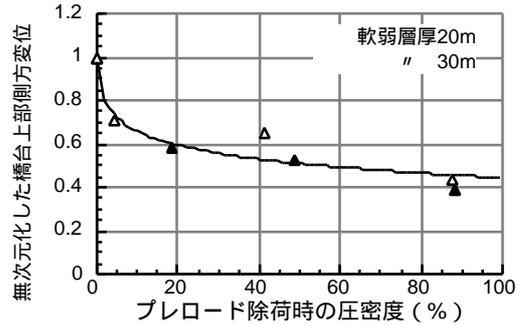


図-4 圧密度と橋台側方移動量の関係

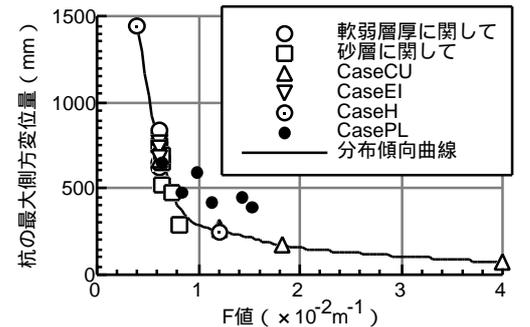


図-5 F 値と杭の側方変位の関係

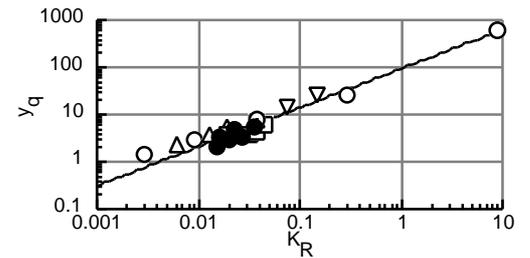


図-6  $K_R$  と  $y_q$  の関係

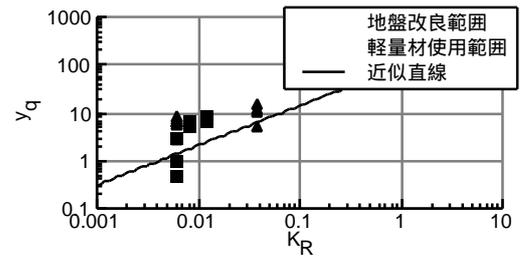


図-7  $K_R$  と  $y_q$  の関係