

橋台側方移動対策としての荷重軽減工法に関する遠心模型実験

日本道路公団 試験研究所¹⁾ 正会員 稲垣太浩 福島勇治
大成建設(株) 土木技術研究所²⁾ 正会員 ○堀越研一 石井裕泰

1. はじめに 著者らは、軟弱粘土地盤上に構築された橋台構造物の側方移動現象の把握とその対策に関する研究を進めている。このような橋台では、設計時点で橋台変位を精度よく推定することは容易ではなく、著者らは、施工中およびその後の動態観測によって実挙動を把握しながら、必要に応じて設計変更して対策を講じることの可能性、合理性を検討している¹⁾。この場合、施工中に、地盤の側方流動に起因する過大な橋台変位や杭応力度が発生する可能性があり、その対策として、背面盛土の荷重軽減（背面盛土の除荷とEPSやFCBなどの軽量材料への置換）が行われることがある。この場合、背面盛土の荷重軽減幅（除荷幅）として、既往の事例¹⁾²⁾では軟弱粘土層厚相当を設定しているようであるが、この幅が橋台変位抑制に及ぼす効果に関する知見は少ない。本論文では、このような背景のもと、背面盛土構築後の荷重軽減幅（除荷幅）が、その後の橋台変位や杭応力度に及ぼす効果を把握する目的で実施した遠心模型実験結果を報告するものである。なお、著者らは、既報告³⁾⁴⁾で、載荷速度や杭剛性、軟弱地盤層厚が橋台挙動に及ぼす影響を、サンドホッパーを用いた遠心模型実験を通して検討している。

2. 実験モデル 実験モデルの概要ならびにモデル縦断面図を図-1、図-2に示す。既報告³⁾と同様、1/125の縮小モデルに125gの遠心加速度を作用させたが、本実験では、4室に分かれたゴムメンブレンによる空圧載荷を介して、遠心加速度場での背面盛土の連続的な載荷・除荷過程をモデル化した。空圧載荷の場合、作用荷重分布が台形ではなく長方形分布となるが、載荷幅を調節して荷重合力が台形分布を想定した場合と同一となるようにした。また、本モデルでは、橋台背面には土圧が作用せず、純粋に軟弱粘土の側方流動が橋台挙動に及ぼす影響を把握するものとなっている。モデル地盤は、カオリン粘土を用いた正規圧密地盤であり、その作成方法については既報告を参照されたい。遠心場で実施したコーン貫入試験によれば、地盤の非排水強度は深度方向に $s_u/\sigma_v'=0.23$ を満たす形で線形に増加することを確認している。また、本実験条件の場合、橋台側方移動判定に用いられるF値⁵⁾は約0.006(1/m)と限界値0.04よりもかなり小さく、側方移動の可能性が高いと判断される。橋台は、2×4=8本の杭で支持されているが、杭は、模型地盤の遠心圧密が終了した後に、削孔・圧入を1G場で実施し、そのうちの1本

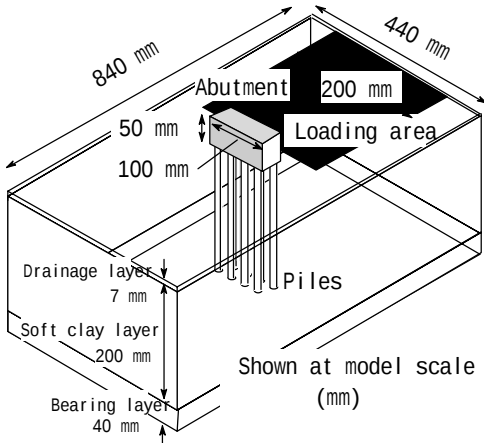


図-1 実験モデルの概要

（背面側、中央）にひずみゲージを貼り付け、実験中の応力度の推移を計測した。模型杭は、既報告と同様、外径10mm、肉厚0.5mm（模型スケール）

表-1 実験ケース

ケース	除荷幅	除荷時の空気室の操作
Case 1	除荷なし	—
Case 2	1/2 軟弱層厚分	Aを開放
Case 3	軟弱層厚分	A, Bを開放
Case 4	全範囲	A~Dすべてを開放

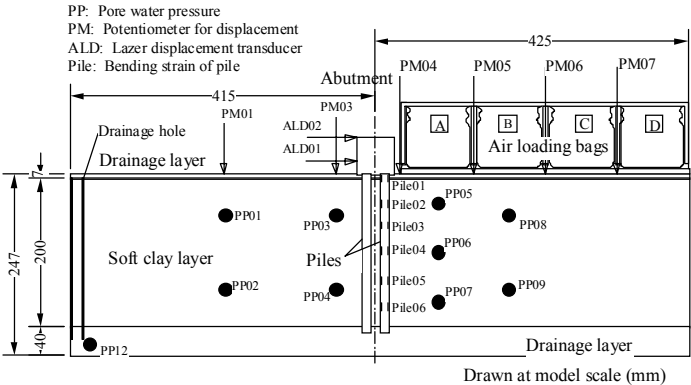


図-2 実験モデルの縦断面図

キーワード：遠心模型実験、橋台、軟弱粘性土、側方移動、除荷
1) 〒194-8508 町田市忠生1-4-1 TEL 042-791-1621 FAX 042-791-2380
2) 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 TEL 045-814-7236 FAX 045-814-7253

のアルミ製のパイプを用いている。表-1 に実験ケースを示す。載荷過程では、120 kPa を実物換算で 1200 日かけて載荷し、載荷完了から約 430 日経過時点で、4 室ある空気室のすべて、もしくはその一部を完全に除荷し、盛土完了後の除荷過程を模擬した。載荷速度が小さいのは、実際であれば、プレロードや地盤改良などの対策が必要なほど軟弱な地盤であり、載荷中のすべり破壊を避ける必要があったためである。また、本実験では除荷時に空気室圧力を開放しゼロとしており、除荷部分を EPS 等の非常に軽い材料で置換した場合に相当している。除荷後は残りの空気室圧力を一定に保ちながら、約 28 時間

（実物換算で 50 年）放置し、その間の挙動を継続的に計測した。さらに、遠心装置停止後、事後調査として、小型ベーンせん断試験、サンプリングによる含水比分布測定を実施した。なお、以下では、特記なき限りは、すべて実物換算値で示している。

3. 実験結果 図-3 は、圧力計で計測された載荷・除荷過程を Case 1（除荷なし）、Case 4（盛土開始から 1630 日時点（載荷完了から 430 日）で除荷）に対して示したものである。この図によれば、載荷荷重の再現性が極めて良好であることがわかる。図-4 は、各ケースで得られた橋台側方変位の推移を示したものである。この図によれば、1) 載荷過程は線形であっても、橋台変位は徐々にその増分が大きくなる非線形性を示すこと、2) 除荷を行わなかった場合、盛土完了後も橋台変位は徐々に増加すること、3) 除荷範囲（幅）が大きいほど、除荷時の橋台変位の戻り量が大きいこと、4) 除荷を行った場合には、その後の橋台変位は、どちらかといえば減少傾向にあること、などがわかる。なお、本論文では示していないが、杭の応力度は弾性範囲にあることを確認しており、1)で述べた橋台変位の非線形性は、地盤の非線形変形挙動に起因しているものと考えられる。図-5 は、上記実験結果に関して、除荷直前の値を 1 とした場合の橋台上部変位量を、軟弱地盤層厚で正規化した除荷幅に対して示したものである。この図によれば、50 年放置後の効果（●）が実験誤差と思われる要因により少し逆転しているものの、除荷幅が小さくても、小さいなりの橋台変位抑制効果が得られること、除荷を行わなかった場合と比較した橋台変位抑制効果は、時間の経過とともに拡大する傾向にあること、などがわかる。

【参考文献】 1) 稲垣、今吉、石井、堀越 (2002)：軟弱地盤上の橋台の変位問題から見た性能設計の必要性和効果、土と基礎、1月号、pp.4-6。 2) 川井田、森井、堀越、飯塚、太田 (2000)：道路盛土の除去および EPS 置換に伴う軟弱地盤の挙動解析、土木学会論文集、No. 645, III-50, pp. 209-221。 3) 稲垣、福島、石井、堀越 (2001)：軟弱粘土地盤上の橋台長期挙動に関する遠心実験、第 46 回地盤工学シンポジウム、pp. 223-228。 4) 石井、堀越、福島、稲垣 (2001)：軟弱粘土地盤上の橋台側方移動に関する遠心模型実験、土木学会第 56 回年次学術講演会。 5) 日本道路公団 (1997)：設計要領、橋梁建設編。

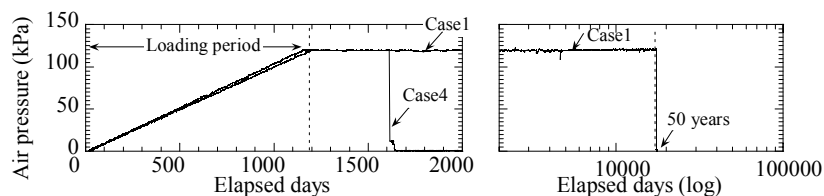


図-3 実験で模擬した載荷・除荷過程

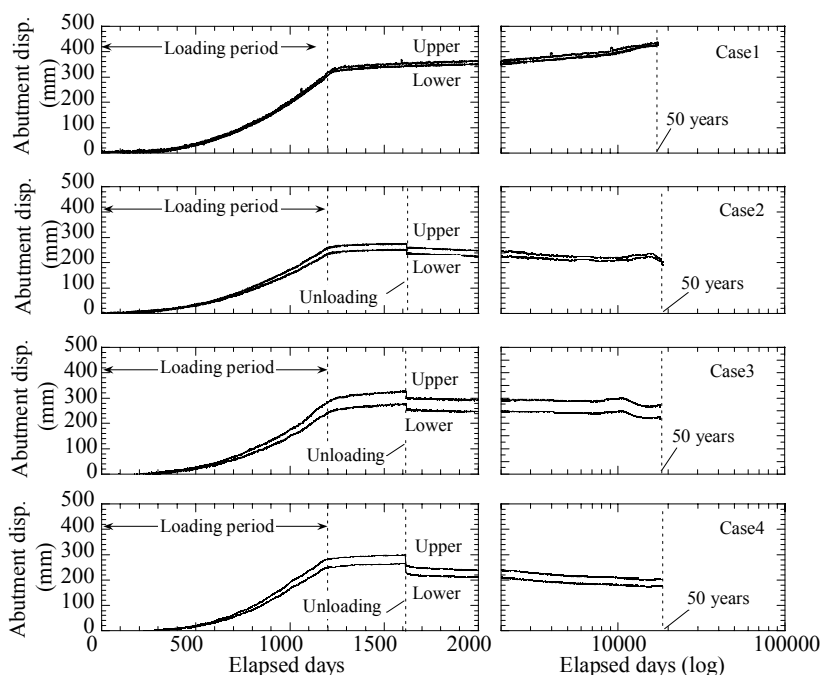


図-4 橋台側方変位量の経時変化 (Case 1～Case 4)
(Upper : 橋台上部変位, Lower : 橋台下部変位)

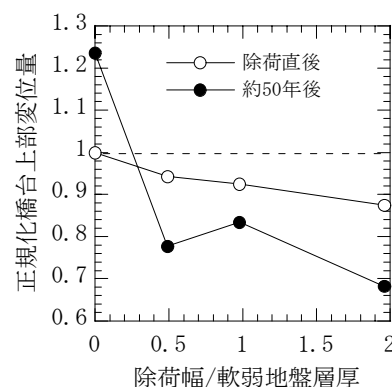


図-5 除荷幅と橋台変位抑制効果との関係