

軟弱地盤上の橋台側方移動に関する遠心模型実験

大成建設技術センター      ○石井裕泰   堀越研一  
日本道路公団試験研究所      福島勇治   稲垣太浩

1. はじめに 背面盛土の構築に伴う軟弱地盤上の橋台の安定性に関して、著者らは、短期的、長期的な橋台変位に着目した検討を行なっている<sup>1), 2)</sup>。検討にあたっては、実施工における計測結果が重要な資料となるが、通常変形を考慮せずに設計される橋台については、建設当初から詳細な動態観測が行なわれることが少ない。また、共用後の長期に渡る連続したデータは容易ではなく、模型実験による検討が必要であると考えられる。一方、遠心模型実験は、実地盤の応力状態を小型の模型地盤内に再現することが可能であり、地盤を対象とした多くの研究で利用されている。また、時間に関する相似側を活用し、短期的な実験で長期に渡る挙動を把握するには特に有効であると考えられる。そこで、本報告では軟弱地盤上の橋台に関して、短期的及び長期的挙動の把握、ならびに別報<sup>2)</sup>に示す橋台側方変位予測手法の検証を目的に遠心模型実験を行なった。なお、この種の遠心模型実験については、Stewart ら<sup>3)</sup>、渡部ら<sup>4)</sup>による報告が既に見られるが、本検討では、実際の橋台に近い有限幅の背面盛土を構築し、実換算で50年に渡る挙動を把握するべくモデル化している。

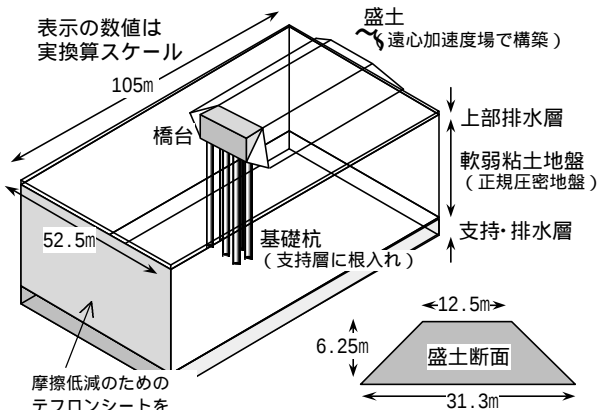


図-1 実験モデル

2. 実験方法・条件 実験は、図-1、写真-1に示すような模型橋台を実験土槽中心に位置したモデルで行なった。粘土層はカオリン粘土、支持排水層はケイ砂6号、上部排水層・盛土は豊浦砂を使用し、杭は、アルミ製パイプ(φ10mm, t=1mm または 0.5mm)、模型橋台は硬質アルミにより作成した。表-1にカオリン粘土の基本特性を示す。粘土地盤は、実際の堆積過程を想定して、スラリー状に高含水比で練り混ぜた粘土を10kPaの上載圧で圧密し、これを遠心加速度125gで圧密することで、自重による正規圧密地盤を作成した。その後、模型杭・橋台を設置した上で再度遠心載荷を行い、125gの遠心加速度のもと、ホッパーにより砂を降らせ、橋台背面盛土を構築した。その後、実スケール換算で50年(模型スケールで約28時間)にわたり放置し、地盤や構造物の長期的な変状を観察した。実験は、基本ケースに加えて軟弱層厚、杭剛性を変えた表-2の合計3ケースを行なった。計測は、盛土載荷から放置中までの地表面沈下、粘土地盤中の間隙水圧、橋台の側方変位量等について行なった。また、盛土載荷前後の地盤性状の変化をコーン貫入試験で把握し、遠心載荷停止後に含水比分布、ベーンせん断強さの分布、地表面高さを計測し地盤の変状を詳細に調べた。

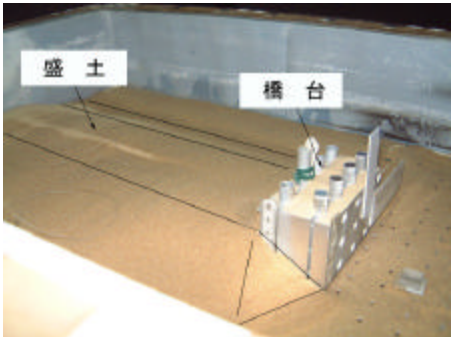


写真-1 実験終了時の橋台

表-1 カオリン粘土の基本特性

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 土粒子密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.60  |
| 液性限界 $w_L$ (%)             | 83.4  |
| 塑性限界 $w_p$ (%)             | 34.0  |
| 圧縮指数 $C_c$                 | 0.428 |
| $e_0$ (at 1kPa)            | 2.38  |
| 強度増加率                      | 0.23  |

表-2 実験条件 (実スケール換算)

| ケース   | 軟弱層厚 (m) | 杭の曲げ剛性 (kNm <sup>2</sup> ) | 備考    |
|-------|----------|----------------------------|-------|
| Case1 | 25.6     | 2844                       | 基本ケース |
| Case2 | 20.0     | 2844                       | 軟弱層厚小 |
| Case3 | 26.0     | 4882                       | 杭剛性大  |

3. 実験結果 図-2は、各実験における橋台前面の一般部にあたる地点でのコーン貫入抵抗と含水比の深度方向分布である。いずれも高い再現性が得られていることが確認できる。図-3は、基本ケースについての橋台側方変位量、過剰間隙水圧、背面地盤地表面沈下についての経時変化

キーワード：遠心模型実験、橋台、軟弱粘性土、盛土、側方移動量

〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設技術センター TEL045-814-7236 FAX 045-814-7253

を示している。ただし盛土完成までを線形軸で、その後は対数軸として50年放置後までを示している。橋台は、盛土完成後も変位が増加する傾向にあり、変位に関しては放置後の挙動も設計上考慮する必要があると言える。また、発生した過剰間隙水圧は、5000日（約14年）経過時点ではほぼ消散しており、橋台の変位がクリープ変形的に生じていると考えられる。なお、盛土構築中に地表面沈下の急増点が見られるが、無処理の正規圧密地盤に対して、実橋台事例に基づいた比較的速い速度で載荷を行なったためと考えられる。

表-3に、各ケースでの盛土載荷速度と橋台側方変位量を示す。一連のケースで見られる載荷速度の差は、遠隔操作によるスイッチのON-OFFによりホッパーを稼働させたためである。側方変位量は、軟弱層厚の薄いCase2で最も大きくなっているが、杭下端の支持層における固定度が低い可能性がある。載荷速度の違いはあるが、基本ケースに比べてCase3では側方移動量が小さく、杭剛性の違いが現れている。図-5は今回の実験結果について、別報<sup>2)</sup>に示す無次元量で両対数軸上に示したものである。ここで、縦軸の $K$ は杭剛性、地盤強度に関する無次元量、 $Y$ は杭剛性、盛土圧、橋台側方移動量に関する無次元量である。図中に示した直線は、2次元平面ひずみモデルによる橋台縦断面解析結果について近似式を取ったものであるが、今回の実験結果は近似式に近い分布となることが分かった。図-4は、基本ケースにおいて、実験終了後に測定したベンセン断強さの分布を示したものである。ここでは、3深度×30箇所の測定値を、橋台前面、橋台背面盛土中心下・盛土のり肩下・盛土のり尻下そ

れぞれの平均値で示している。橋台前面から盛土中心下まで強度増加が見られ、3次元的地盤の変状が確認された。

4. まとめ 有限幅を有する背面盛土構築に伴う橋台の側方移動に関する実験を行ない、実際に近い3次元的な変形場における橋台および周辺地盤の挙動を把握した。今回の実験では、盛土横断面、橋台縦断面について計測を行っており、今後、有限要素解析による検証を実施する予定である。

【参考文献】1) 石井ら、「軟弱地盤上の橋台側方移動に対するプレロードの影響およびその判定手法に関する一考察」,第55回土木学会年次学術講演会概要集III-A205, 2000. 2) 福島ら,「無次元量による橋台の側方移動量予測手法の適用性について」,第56回土木学会年次学術講演会,投稿中. 3) D. P. Stewartら, CENTRIFUGE MODELLING OF PILED BRIDGE ABUTMENTS ON SOFT GROUND, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol. 34, No. 1. 41-51,1994. 4) 渡部ら,裏込め荷重を受ける軟弱粘土地盤中の杭基礎橋台の長期挙動,土木学会論文集 No.568 / III-39, 227-240, 1997. 5) C. P. Wrothら, The correlation of index properties with some basic engineering properties of soils, Canadian Geotechnical Journal, Volume 15, Number 2, 1978.

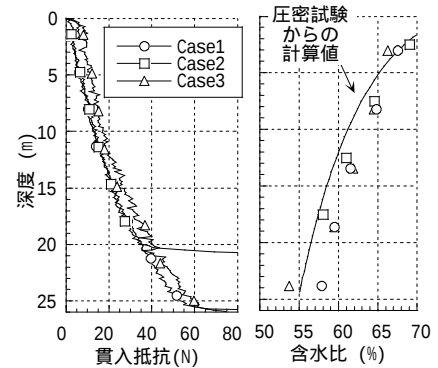


図-2 貫入抵抗,含水比の深度方向分布

表-3 橋台側方移動量の実測結果

| ケース   | 平均載荷速度<br>(mm/day) | 橋台側方変位(mm) |        |
|-------|--------------------|------------|--------|
|       |                    | 盛土完成時      | 50年放置後 |
| Case1 | 29                 | 310        | 420    |
| Case2 | 39                 | 388        | 455    |
| Case3 | 112                | 167        | 267    |

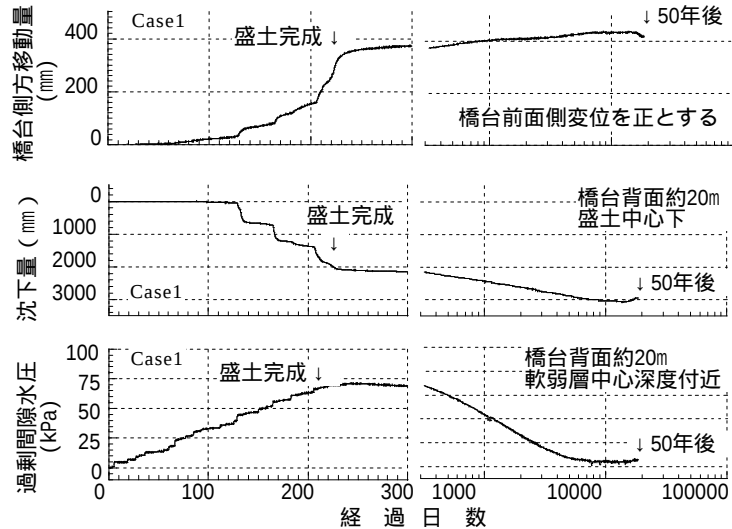


図-3 橋台側方移動量,過剰間隙水圧,地表面沈下の経時変化

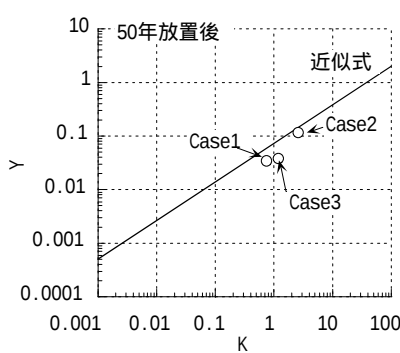


図-4 無次元量  $K \sim Y$  の関係 (50年後放置)

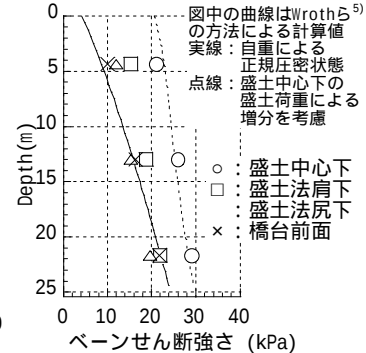


図-5 実験終了後の軟弱地盤含水比