

液状化地盤上の橋台に作用する地震時土圧に関する実験的研究

独立行政法人 土木研究所 正会員 ○近藤 益央
 独立行政法人 土木研究所 正会員 田村 敬一

1. はじめに

抗土圧構造物である橋台は、背面土側からの土圧に対して安定した性能が求められている。液状化地盤上に構築される橋台では、地震時に地盤の液状化による背面土の側方流動が発生し、橋台には側方流動に伴う土圧が作用することが考えられる。道路橋示方書IV下部構造編¹⁾では軟弱粘性土地盤上の橋台や地震時に液状化が生じると判定される地盤上に設置される橋台においては、偏荷重により橋台が前方へ移動する場合があるとしている。このような場合、上部構造とパラペットが接触することに伴う荷重等により、壁前面側に引張力が生じる恐れがあるとして、壁前面側にも背面側と同じ鉄筋量を配置することとしている。しかし、地盤の液状化に起因した流動により、橋台に作用する土圧や地震時挙動については不明確な点が多く残されている。

そこで著者らは、液状化地盤上に構築された橋台に作用する土圧について検討する目的で、動的遠心力載荷試験装置を用いた模型振動実験を実施した。本報文では、橋台に作用する地震時土圧および地盤流動に伴う土圧に関して行った実験的検討結果について報告する。

2. 実験模型

実験は地盤密度、液状化層厚、上部構造による拘束条件を変化させることにより計8ケースとした。また、模型は1/50縮尺とし、橋台模型は逆T型とした。地盤密度は表-1に示すように、液状化する相対密度約60%と液状化しない相対密度約85%の2種類とし、背面土及び液状化層直下の非液状化層の相対密度については全てのケースで同一とした。地盤模型の作成にあたっては、気乾状態の7号東北硅砂を所定の相対密度（約90%）になるように突き固めて支持層を作成し、その上に含水比18%の江戸崎砂を所定の相対密度（約60%または約85%）になるように突き固めて液状化層を作成した。このようにして作成した液状化層上に背面土を突き固めて作成し、浸透に対する相似則を満足させるために、真空槽に土槽を入れた状態で粘性を調整したメトロゾ水溶液を底面より通水して飽和化させた。橋台模型

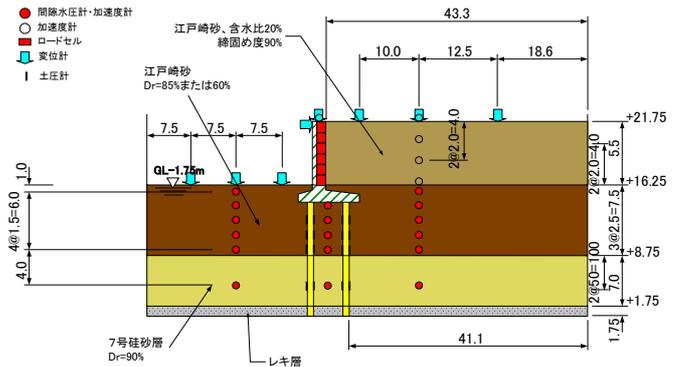


図-1 実験模型の概要（寸法は実地盤換算、単位：m）

表-1 実験ケース

ケース名	基礎形式	橋台天端の拘束条件	液状化層の密度	液状化層厚
Case1	杭基礎	自由	Dr=85%	150mm
Case2			Dr=60%	190mm
Case3			Dr=85%	150mm
Case4	直接基礎		Dr=85%	150mm
Case5	杭基礎	前面拘束	Dr=85%	150mm
Case6			Dr=60%	190mm
Case7			Dr=85%	150mm
Case8			Dr=60%	150mm

はステンレス鋼で作成し、一部鉛を埋め込んで模型重量及び重心位置の調整を行った。また、杭模型はアクリルで作成し、橋台底面へはねじにより固定し杭下端は自由とした。上部構造による拘束条件としては、桁端部の衝突により前面方向への変形を拘束したケースと拘束せず橋台が自由に振動にできるケースを設定した。

3. 実験結果

実験は、動的遠心力載荷装置を用いて50G場で行った。本実験模型は1/50スケールなので、50G下で実験を行うことで地盤内応力については実地盤と同じ状態が再現されていることになる。地盤の飽和化にあたって

キーワード 橋台、液状化、地震時土圧、耐震設計

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 独立行政法人 土木研究所 耐震研究グループ TEL 029-879-6771

地下水位を地表面まで上昇させたため、遠心加速度を 50G に上げる際に土槽底部より排水し、地下水位が所定の位置（地表面-1.75m）に達してから動的載荷実験を行った。動的載荷試験では、100Hz の正弦波を 20 波入力し、入力レベルは Step1 では 12G（実地盤レベルで約 250gal）、Step2 では 25G（実地盤レベルで約 500gal）とした。図-2 に橋台背面に設置したロードセルにより計測した Step1 の土圧を実地盤レベルに換算して示す。図中には道路橋示方書 V 耐震設計編²⁾に示されている地震時主働土圧を前面地盤の地表付近の加速度より算出して併記した。同図では液状化層の密度の違いによる土圧の顕著な差は見られない。しかし、橋台が桁端部と衝突して前面側への変形が拘束される Case5, 7 及び 8 の方が、前面側への変形が拘束しない Case1, 2, 3 及び 4 と比較すると若干大きな土圧が計測されていることが確認できる。また、深さに関係なくほぼ同じ土圧が計測されていることが確認できる。これは、橋台背面の土塊重量は深さに比例して増加するのに対して、背面土地盤内の加速度は深部から地表面に向かって増加しており、そのため背面土の慣性力として橋台背面に作用する土圧が深さに関係なくほぼ同じ大きさになっていることによるものと考えられる。次に液状化層の液状化の度合いに顕著な差が表れる Step2 の結果を図-3 に示す。液状化層の密度が高く背面土の側方流動がほとんど発生しない Case1, 4, 5 及び 6 では、Step1 と同様に深さに関係なく土圧が計測されていることが確認できる。しかし、液状化層の密度が緩く背面土の側方流動が顕著な Case2, 3, 7 及び 8 では、地盤の液状化により前面地表面での加速度は Step1 の場合とほぼ同じくらいまでしか増幅していないにもかかわらず、橋台が桁端部と衝突して前面側への変形が拘束される Case7 及び 8 では、深さ 4m 程度までは深さに比例して土圧が増加している。また、橋台の変形を拘束しない Case2 及び 3 では Case1, 4, 5 及び 6 と同じように、深さに関係なくほぼ同じ土圧を示している。

4. まとめ

本実験では橋台の躯体背面に作用する地震時主働土圧を直接的に計測した。本研究により下記のことが明らかとなった。

- ① 背面土地盤内の加速度は深部から地表面に向かって増加しており、橋台背面には背面土表面から深さ方向にはほぼ一様な土圧が作用している。
- ② 地表面から 4m 程度の深さまでは、橋台が自由に変形できる状態においては橋台背面に作用する地震時土圧は道路橋示方書に示されている計算式の結果を上回ることはないが、桁端部との衝突により橋台上部で変形が拘束されると地盤が液状化するか否かにかかわらず計算式の結果を上回る地震時土圧が作用する。
- ③ 桁端部との衝突により橋台上部で変形が拘束されると、地盤が液状化した際に橋台背面土が沈下し、前面方向への流動が発生することにより、橋台背面にも側方流動に伴う土圧が発生する。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書IV下部構造編、平成14年3月
- 2) (社)日本道路協会：道路橋示方書V耐震設計編、平成14年3月
- 3) 鈴木貴喜、田村敬一、近藤益央：液状化地盤上の橋台基礎に作用する側方流動力に関する実験的検討、第6回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム、(社)土木学会、pp. 221～226、平成15年1月

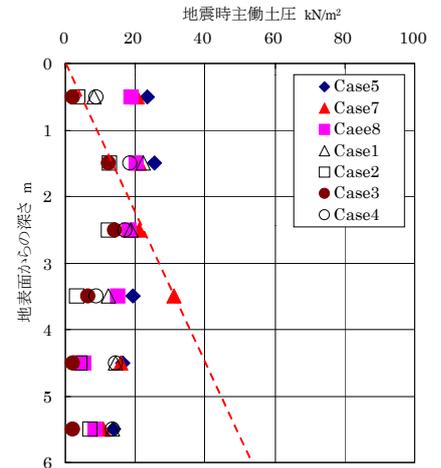


図-2 地震時主働土圧 (Step1)

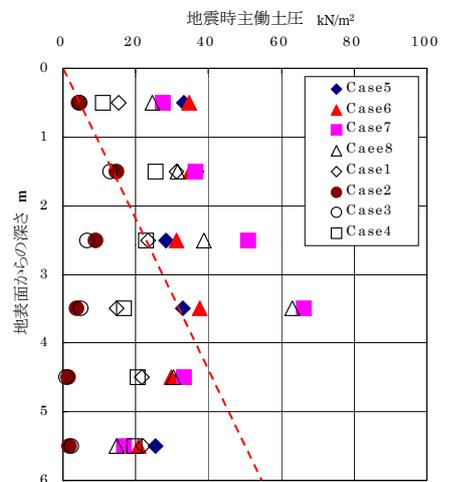


図-3 地震時主働土圧 (Step2)