# 簡易解析モデルによる液状化地盤における橋台基礎の地震時挙動の評価

国立研究開発法人土木研究所 正会員 〇高橋 宏和, 谷本 俊輔, 中田 光彦, 非会員 七澤 利明

#### 1. はじめに

我が国で発生した既往の大地震において,地盤の液状化により 落橋や長時間の通行止めを要するような致命的な被害が生じた 事例がある。既報<sup>1)</sup>では,通行機能に支障を生じるような被災事 例が比較的多く,かつ,既往の研究事例が少ない液状化地盤上の 橋台を検討対象として,その地震時挙動を明らかにする目的で大 型振動台実験を実施した。本報では,液状化地盤における橋台基 礎の地震時挙動の評価手法を提案することを目的として,簡易解 析モデルによる振動台実験の再現解析を行った結果について報 告する。

## 2. 解析手法

### 2.1 解析モデル

解析対象とした振動台実験の橋台諸元を表-1,模型概要を図-1 に示す。2ケースの振動台実験は、一方が旧基準、他方が現行基 準により設計されている点のみが異なり、地盤条件及び加振条件 は同一である。なお、振動台実験では、ストラットとたて壁が接 触した瞬間に橋台の変位や背面土圧、杭の断面力が同時に最大値 を示したことから、この時刻の計測値を再現解析の対象とした。

解析モデルは、図-2に示す通り、2次元はり・ばねモデルを用 い、橋台たて壁及びフーチングは剛体、杭は線形はり要素とした。 また、境界条件は、実験模型に合わせて杭下端をピン結合、杭頭 部を剛結合とし、桁ーパラペット間には、遊間相当の水平変位が 生じた後、ストラットにより橋台が拘束されることを考慮した逆 バイリニア型のばねを設けた。橋台背面に与える土圧は、修正物 部・岡部の方法<sup>4</sup>により算出した。杭に与える土圧は、既報<sup>1)</sup>の 土圧分布を参考に、液状化層の中間までは深度方向に全上載圧相 当とし、そこから液状化層の下端で零になるように深度方向に小 さくなる分布とした。

#### 2.2 解析ケース

解析ケースは、表-2より杭の土圧分布の折れ点、たて壁と杭

に与える土圧の倍率,各杭の荷重分担比率を評価した群杭効果の有無を変えた計5ケースとした。ここで,ケース 2からケース4では,水際線沿いの橋脚基礎に作用した流動力の逆解析結果<sup>5)</sup>を参考に,杭に与える土圧を全上載 圧の0.3倍とした。さらに,ケース3では,群杭効果を考慮するために杭の抵抗面積比により補正係数を設定<sup>6)</sup>す ることで,杭位置に応じて異なる土圧を与えた。ケース4では,たて壁に設置した壁面土圧計の実測値を参考に, たて壁に与える土圧を地震時主働土圧の2倍とした。また,ケース5では,杭に与える土圧を全上載圧の0.2倍と し,振動台実験の土圧分布とより整合するように,杭の土圧分布の折れ点を調整した。

キーワード 液状化地盤,橋台基礎,地震時挙動,簡易解析モデル,再現解析 連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研)土木研究所 CAESAR TEL. 029-879-6773

表-1 振動台実験の橋台諸元

適用基準	基礎の諸元	桁の遊間
S39指針 <sup>2)</sup>	既製RC杭 <i>ϕ</i> 450 8 × 3列	50mm
H24道示 <sup>3)</sup>	場所打ち杭 <i>ф</i> 1200 4×3列	200mm



図-1 模型概要図(旧基準)



図-2 解析モデル

表-2 解析ケース一覧

解析	杭土圧分布	土圧の倍率		群杭効果 (杭の荷重分担比率)	
ケース	折れ点	たて壁	杭	旧基準	現行基準
1	液状化層の中間	1	1	-	-
2	液状化層の中間	1	0.3	-	-
3	液状化層の中間	1	0.3	後列0.96 前•中列0.46	後列0.99 前•中列0.55
4	液状化層の中間	2	0.3	-	-
5	液状化層の中間 より0.1m上方	1	0.2	_	-



#### 3. 解析結果

解析結果について,各ケースの杭の曲げモーメント分布を図-3及び図-4,土圧分布を図-5に示す。なお,図-3の 各ケースの結果は,群杭効果を考慮していないため,杭位置によらず曲げモーメント分布は一致している。

ケース1では、杭に与える土圧を全上載圧相当としているが、図-5より解析値の杭の土圧は実験値よりも大きな 値となるため、図-3に示す解析値の杭の曲げモーメント分布が実験値に比べて過大となった。杭に与える土圧を0.3 倍に低減したケース2及びケース4では、解析値の杭の曲げモーメント分布はケース1に比べて小さくなり、実験 値を概ね再現することができた。この傾向は、杭の剛性が著しく異なる旧基準と現行基準で共通している。ここで、 ケース2に対したて壁に与える土圧を2倍としたケース4では、杭の曲げモーメント分布が同程度である一方で、 桁ーパラペット間に設けた接触ばねの反力を確認すると、ケース2の約1.4倍の増加となった。このことから、た て壁に作用する土圧はパラペットに接触した桁が分担し、杭の曲げモーメントにはあまり影響しないことが分かる。

ケース5は、杭に与える土圧を0.2倍に低減し、土圧分布の折れ点を液状化層の中間より0.1m上方としたことで、 解析値の杭の曲げモーメント分布がより実験値と整合する結果となった。また図-4より、群杭効果を考慮すること により、実験値のように杭位置による曲げモーメント分布の違いを評価できることが分かる。

### 4. まとめ

本報では、ケース 5 の場合に振動台実験の杭の曲げモーメント分布を最も精度良く評価できた。一方で、文献 5 を参考に杭に与える土圧を 0.3 倍に低減したケース 2 からケース 4 の場合に、地震時にたて壁とストラットが接触し、背面土圧や橋台基礎に作用する断面力が増加する地震時挙動を、概ね安全側に評価できることを明らかにした。

今後は、この解析手法の既設橋台基礎における増設杭等の補強に対する適用性についても検討を進める。

**謝辞** 本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「レジリエントな防災・減災機能の 強化」(管理法人:JST)の一環として実施している。また、東京工業大学大学院高橋章浩教授、ならびに、(一社)鋼管杭・鋼矢板技術協会と の共同研究として実施しているものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献 1) 石田修一,谷本俊輔,大住道生,星隈順一:橋台杭基礎が液状化地盤から受ける土圧に関する実験的検討,第19 回性能に基づく 橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム,2016.7,2)(社)日本道路協会:道路橋下部構造設計指針 くい基礎の設計篇,1964.3,3)(社)日本道 路協会:道路橋示方書・同解説,V耐震設計編,2012.3,4)Koseki,J.,Tatsuoka,F.,Munaf,Y.,Tateyama,M. & Kojima,k.:A modified procedure to evaluate active earth pressure at high seismic loads, Special Issue of Soils and Foundations, pp.209-216, 1998.9,5)田村敬一,東拓生,小林寛,濱田禎:橋梁基 礎に作用した流動力の逆解析,土木研究所資料,No.3770,2000.12,6)白戸真大,野々村佳哲,福井次郎:動的解析における群杭のモデル化に 関する検討,土木学会地震工学論文集,2005.3