

# 液状化地盤における橋台の地震時挙動に及ぼす設計年次の影響 (その1 振動台実験の条件および地盤の応答)

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○谷本 俊輔, 石田 修一, 星隈 順一

## 1. はじめに

我が国で発生した既往の大地震において、地盤の液状化による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。本研究では、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ための大型振動台実験を実施した。本報では、実験条件および地盤の応答について報告する。橋台の応答については次報<sup>1)</sup>に述べる。

## 2. 実験方法

### 2.1 実験対象とした橋台

実施した実験のうち、本報では表-1に示す2ケースについて報告する。Case1は液状化の影響を考慮した設計がされていなかった時代の基準<sup>2)</sup>に基づいて、Case3は液状化の影響を考慮した現行の基準<sup>3)</sup>に基づいて設計された可動支承側の橋台であり、基礎の諸元が大きく異なる。また、桁端部と橋台との間の遊間についても、設計水平震度の違いにより大きさが異なることを考慮して設定した。いずれも橋台高さは8m、液状化層厚は10mとした。

### 2.2 実験模型および実験条件

実験には、土木研究所所有の三次元大型振動台と大型剛土槽(幅6m×奥行き3m×高さ2m、いずれも内寸)を使用し、土槽寸法の制約から模型の縮尺率は1/10とした。模型概要を図-1に示す。土槽の側面沿いに半断面の橋台模型を設置した。地盤と杭基礎の相互作用に着目する模型実験では、実物と縮尺模型の間での杭径および曲げ剛性に関する相似性を考慮することが重要であると考え、受圧面の機能を持つ鞘管と断面力の伝達機能を持つ芯棒から構成される二重構造の杭模型を使用した。芯棒の剛性は、中列杭の杭頭に死荷重相当の軸力が導入されているときの降伏剛性に合わせた。杭先端は土槽底面にピン結合した。また、橋台の頭部には、遊間相当の離隔(Case1:5mm, Case3:20mm)を設けてストラットを設置し、桁とたて壁の接触や衝突を再現できるようにした。

模型地盤は背面盛土、液状化層ともに $Dr = 50\%$ の宇部硅砂6号( $\rho_s = 2.647\text{g/cm}^3$ ,  $D_{50} = 0.29\text{mm}$ ,  $FC = 0.70\%$ ,  $U_c = 2.08$ ,  $R_L = 0.133$ )により作製し、地下水位を橋台前面側の地表位置に設定した。その他、液状化層を均一に飽和させるため、土槽底面に碎石層を設置した。また、盛土のり尻部を安定させるため、のり尻部を碎石で置換した。なお、橋台背面の盛土形状は、河川堤防を想定して土槽奥行き方向に一様とした。

入力地震動は、道路橋示方書<sup>3)</sup>におけるレベル2タイプI地震動の動的解析用時刻歴波形の中からI-I-3(I種地盤、新晚翠橋周辺地盤上NS)を選定した。時間スケールは実物との時間に関する相似性を考慮して $(1/10)^{0.5}$ 倍に縮尺し、加速度振幅は原波形と同一(1.0倍)とした。

表-1 各ケースにおける橋台諸元の違い

Case	適用基準	基礎の諸元	桁の遊間
1	S39 指針 <sup>2)</sup>	既製 RC 杭 $\phi 450\text{mm}$ 8×3 列	50mm
3	H24 道示 <sup>3)</sup>	場所打ち杭 $\phi 1200\text{mm}$ 4×3 列	200mm

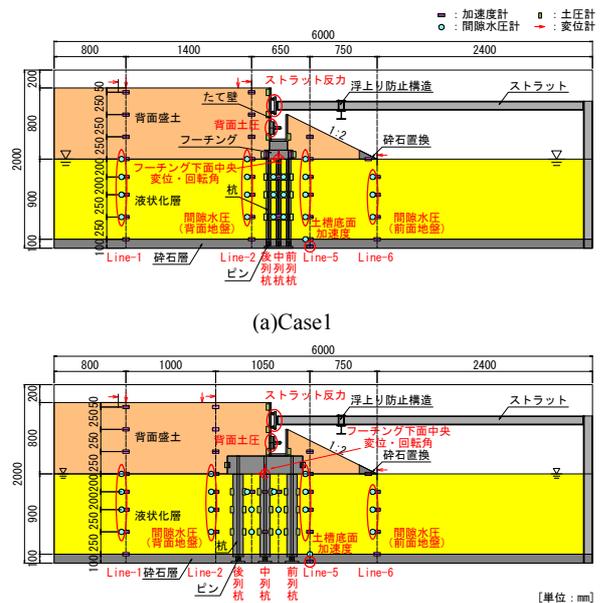


図-1 模型概要図

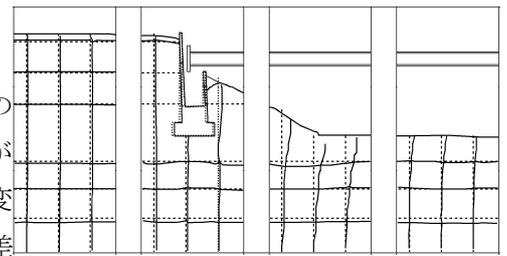
キーワード 液状化, 振動台実験, 既設橋台, 新設橋台, 地震時挙動

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

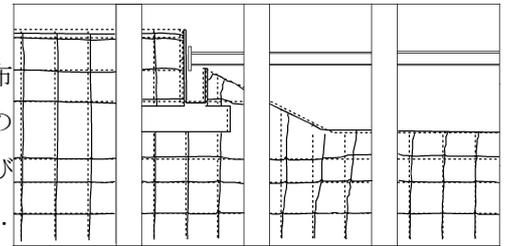
3. 振動台実験により得られた地盤の地震時挙動

3.1 地盤の残留変形

加振後の模型地盤の変形状況を図-2に示す。両ケースともに、盛土ののり尻付近およびさらに前面側(右側)の地盤で、比較的大きな残留変形が生じたこと、その一方でのり尻から橋台側(左側)の地盤に生じた残留変形は小さいことが特徴的である。ケース間での残留変形の状況に有意な差が見られず、よい再現性が得られていると考えられる。



(a)Case1



(b)Case3

図-2 加振後の地盤の残留変形

3.2 過剰間隙水圧の発生状況

まず、模型地盤の全体的な過剰間隙水圧の発生状況を図-3の最大値分布で概観する。両ケースにおいてのり尻位置(Line-6)で液状化が発生したのに対し、橋台背面側の遠方(Line-1)、橋台背面側の近傍(Line-2)および橋台前面側の近傍(Line-5)の地盤は液状化に至っていないことが分かる。これは、地盤の残留変形の発生状況ともよく整合している。次に、のり尻付近(Line-6)と背面地盤(Line-2)における過剰間隙水圧比の時刻歴を図-4で見ると、前面地盤(Line-6)では約30sより上昇傾向が顕著となり、約35sで過剰間隙水圧比が1.0に達している。一方で、橋台背面(Line-2)でも約30~35s間で上昇しているが、最大でも0.35程度と上昇度合いは鈍い。盛土下の液状化層で水圧が上昇しにくい傾向は既往の研究<sup>4),5)</sup>においても認められており、その理由としては、盛土下の地盤は地震中に応力状態の異方性が発達しやすく、正のダイレイタンスが卓越しやすいこと等が挙げられる。

図-3で両ケースを比較すると、過剰間隙水圧の最大値には一定の相違が認められるものの、図-4に見られるように、間隙水圧の時刻歴の短周期成分の違いが表れたものが多く、大局的な増減傾向については一致していた。したがって、両ケースによる模型地盤の挙動の再現性は高いと考えられる。

4. まとめ

本研究では、液状化地盤上の橋台の地震時挙動を明らかにするため、大型振動台実験を実施し、本報では実験条件と地盤の応答について述べた。新旧基準により設計された橋台の応答の違いについては、次報に示す。

**謝辞** 本研究は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「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ものであり、液状化対策運営委員会の関係各位他より貴重なご意見をいただいた。ここに記して謝意を表す。

**参考文献** 1) 石田修一, 谷本俊輔, 星隈順一: 液状化地盤における橋台の地震時挙動に及ぼす設計年次の影響(その2 橋台の応答), 土木学会第71回年次学術講演会講演概要集, 2016.9. (投稿中), 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) 荒木裕行, 谷本俊輔, 石原雅規, 佐々木哲也: 基礎地盤の液状化に対する堤体直下固化改良工に関する動的遠心模型実験, 第2回地盤工学から見た堤体技術シンポジウム講演概要集, pp.59-62, 2014.12, 5) 渦岡良介: 地盤の液状化発生から流動までを予測対象とする解析手法に関する研究, 岐阜大学博士論文, 2000.

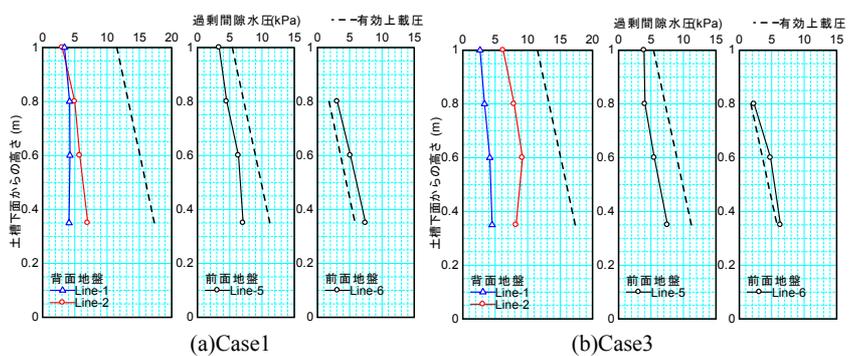


図-3 過剰間隙水圧の最大値分布

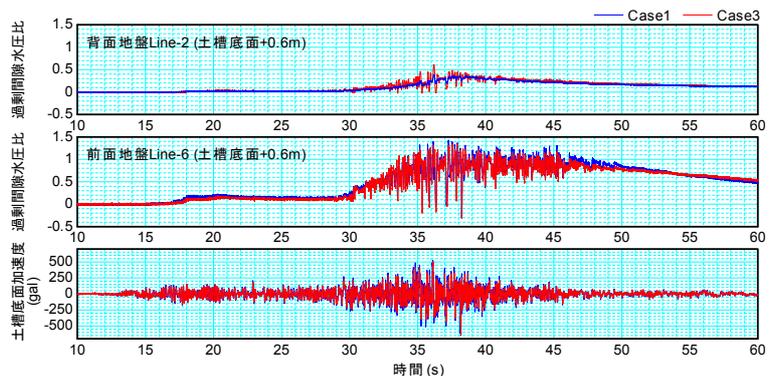


図-4 過剰間隙水圧比および土槽底面加速度の時刻歴波形