

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)

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

1. はじめに

前報¹⁾では、液状化地盤上の橋台を検討対象とした振動台実験の条件および地盤の応答について報告した。本報では、橋台の応答について報告する。

2. 振動台実験により得られた橋台の地震時挙動

2.1 橋桁とたて壁の衝突および背面土圧

Case1 では、橋桁を模したストラットとたて壁は 30 秒付近から接触し生じ始め、その後の振動により衝突を繰り返していることがわかる。一方 Case3 では、36 秒付近に接触し生じ始めたが、数回の衝突に留まっている。背面土圧は、それぞれ衝突に呼応する形で増減しており、特にストラットとたて壁の衝突の瞬間に著しいピークを示している。その大きさは有効上載圧に対して Case1 では 3.9 倍、Case3 では 1.7 倍であった。たて壁頭部の水平変位がストラットに拘束されていること、Case1 における土圧の大きさから、背面土は受働状態に近いと見られ、発揮された背面土圧の大きさの違いは、土圧の発揮までの間に発生可能なたて壁の水平変位量の差、すなわち、桁の遊間の大きさの違いに起因するものと考えられる。

2.2 橋台の変位および回転角

フーチング下面中央の水平変位および回転角、杭頭の曲げひずみ、地盤の過剰間隙水圧比の時刻歴を図-1に示す。フーチング下面位置での水平変位および回転角は、Case1 では過剰間隙水圧の上昇が顕著となり始めた約 30 秒から増加し始めたが、回転角が後転側に生じている点が特徴である。このような橋台の変形モードは既往の地震被害事

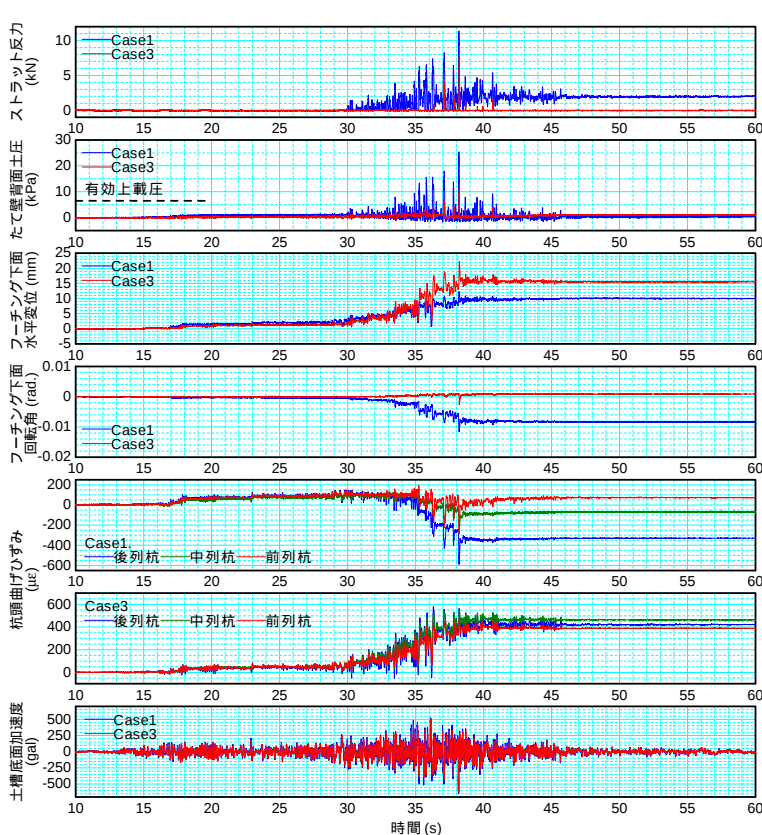


図-1 ストラット反力、たて壁背面土圧、フーチング下面水平変位・回転角、杭頭曲げひずみおよび土槽底面加速度の時刻歴波形

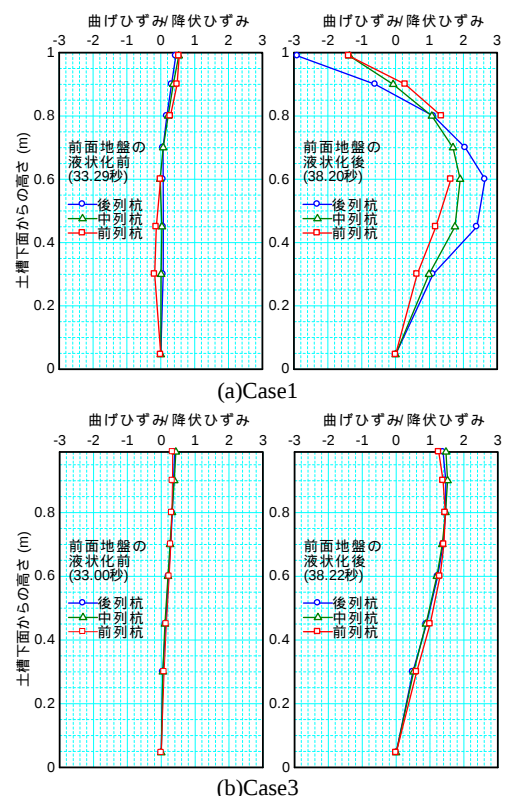


図-2 杭の曲げひずみ分布

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

例においても見られ、たて壁の変位が上部構造に拘束された状態で地盤からの厳しい偏荷重を受けた結果であると考えられる。以降、基礎に生じた変位は回復することなく、ほぼそのまま残留した。Case3 では、同様に水平変位は増加しているが、回転角はほとんど生じていない。ここでも、遊間の違いによる影響が現れている。

2.3 杭の曲げひずみ

杭頭の曲げひずみは、両ケースとも前面地盤が液状化した 35 秒付近から大きくドリフトしている。その前後で比較的大きなピークを示した時刻として、Case1 では加振開始後 33.29 秒および 38.20 秒、Case3 では 33.00 秒および 38.22 秒における杭の曲げひずみ分布を図-2に示す。ここで、両ケースの実験結果を相対的に比較するため、曲げひずみの値は、実杭における降伏ひずみに相当する値 (Case1 : $204\mu\epsilon$, Case3 : $365\mu\epsilon$) で除して無次元化している。前面地盤に液状化が生じる前における曲げひずみ分布は、両ケースとも基礎天端からの水平力を杭とその前面地盤で支持していることを示している。しかし、前面地盤に液状化が生じた後より曲げひずみ分布は、Case1 では同図(a)右のような形状に急変し、分布形状の逆転と全深度にわたる曲げひずみの増加が生じた。一方 Case3 では、同図(b)右のように全深度で前面側に曲げひずみの増加が生じた。分布形状の違いは、杭の曲げ剛性の違いによるものである。また、芯棒の曲げひずみの最大値と実杭に換算した降伏ひずみの比は、Case1 の後列杭で 2.6、中列杭で 1.9、前列杭で 1.6 程度、Case3 では全杭で 1.5 程度であった。これは、実杭に換算すると全ての杭が杭頭あるいは地中部で降伏を超えている状態であるが、杭の曲げ剛性が小さい Case1 の方がより厳しい状態であったといえる。今回の杭模型に使用した材料での応答としては弾性範囲内であるものの、降伏後の曲げ抵抗特性が実際の杭の特性と同等であれば、基礎の残留変位はさらに大きくなっていたと推測される。

3. 液状化地盤における橋台の地震時挙動に対する設計年次の影響

本実験結果に基づいて橋台に生じる変位と背面土圧の大きさを模式的に示すと図-3のようになる。レベル 2 地震動に対する照査法が体系化された平成 8 年の道路橋示方書以降、地震時慣性力分散を目的とした分散支承や免震支承などのゴム支承を採用する設計が一般的となっており、支承変位量が大きく、上部構造の応答変位が増加する傾向にあるため、桁の遊間が大きく設定されるようになった。このことにより、地震時における液状化層あるいは背面盛土の変位量が同じであっても、液状化地盤上の橋台は桁からの拘束を受けにくくなり、背面土圧や杭の断面力が抑えられる結果となっていると考えられる。

4. まとめ

本報では、液状化地盤上の橋台の地震時挙動を明らかにするため、大型振動台実験の結果に基づき、橋台の地震応答の特性について述べた。今後は、橋台高さや地盤の液状化層厚等が橋台の地震時挙動に及ぼす影響や既設基礎を補強したときの地震時挙動についても、さらに検討していく予定である。

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る。

参考文献

- 1) 谷本俊輔, 石田修一, 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 1 振動台実験の条件および地盤の応答), 土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集, 2016.9. (投稿中)

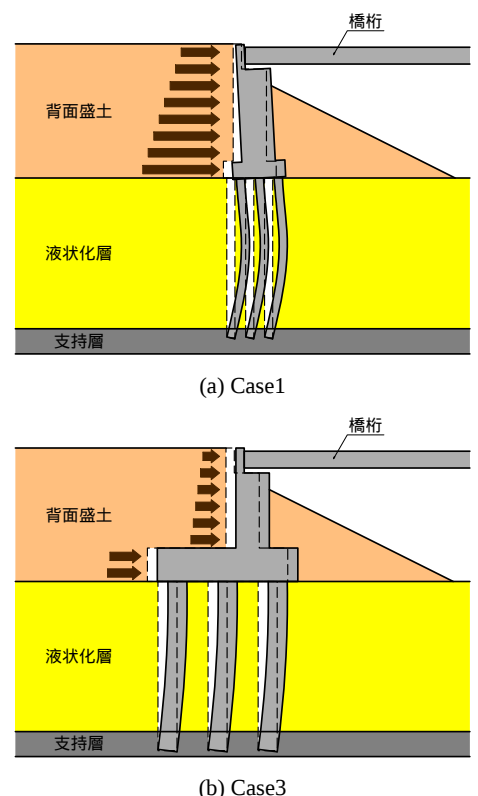


図-3 橋台の変位と背面土圧