

大型振動台を用いた杭基礎一体型鋼管集成橋脚の耐震性能評価 (液状化地盤)

京都大学大学院 澤村康生 (正), ○光吉泰生 (学), 木村亮 (正)
北海道大学大学院 磯部公一 (正)
阪神高速道路 (株) 杉山裕樹 (正), 篠原聖二 (正), 小林寛 (正)

1. はじめに

鋼管集成橋脚とは、既製鋼管4本を、履歴型ダンパー機能を有するせん断パネルにより結合した新しい形式の橋脚であり、既に実構造物へも適用されている¹⁾。本橋脚には損傷制御設計が適用されており、鉛直荷重を主部材である鋼管が、水平荷重を二次部材であるせん断パネルが受け持つことで、地震時の損傷をせん断パネルのみに集約し、地震後に早期の復旧が可能となっている。

上記の鋼管集成橋脚に対し、フーチングを省略した杭基礎一体型鋼管集成橋脚が提案されている²⁾。一連の研究^{3), 4)}では、実構造物の1/20サイズの上部構造-橋脚-基礎系の模型に対して大型振動台実験およびその再現解析を実施し、フーチングを有する杭基礎で支持された鋼管集成橋脚と比較することで地震時挙動を検証している。本稿(液状化地盤)では、フーチングを取り除いても基礎の水平抵抗が十分にとれるのかを検証するために液状化層を含む地盤を用いて実施した実験の結果を報告する。

2. 実験概要

本稿では、表層付近に液状化層を含む地盤中の、杭基礎一体型(L-S)およびフーチングを有する杭基礎(L-F)の、異なる基礎を有する2種類の鋼管集成橋脚の地震時挙動を検証する。図1に杭基礎一体型の模型を用いた場合の実験概略図を示す。入力波として、周波数2 Hzのテーパ付き正弦波を、最大加速度が2.0 m/sec²になるように10秒間与えた。

3. 実験結果

図2にL-Sの、地表面から0.2 mおよび1.0 mの深度における地盤の過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。相対密度40%の層に位置するPS-0.2は完全に液状化し、相対密度80%の層に位置するPS-1.0は液状化しなかった。L-Fでも同様の結果が得られたことから、液状化層を含む地盤における、橋脚の地震時キーワード: 損傷制御設計, 杭基礎, 大型振動台実験, 液状化

挙動を検証するのに十分な初期条件だったといえる。

図3に上段せん断パネルにおけるせん断ひずみの時刻歴を示す。L-Fのせん断パネルは3秒付近からせん断ひずみの値が急激に増加し、降伏せん断ひず

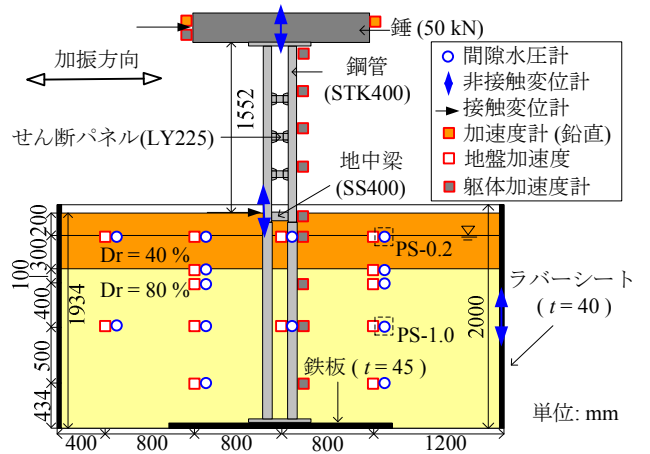


図1 実験概略図 (L-S)

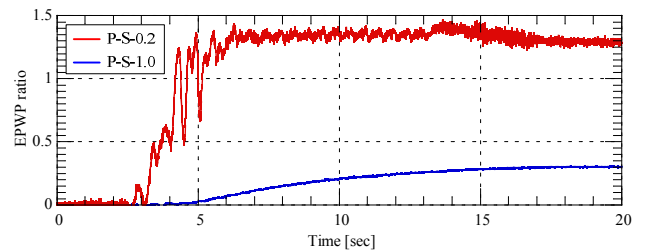


図2 地盤の過剰間隙水圧比の時刻歴 (L-S)

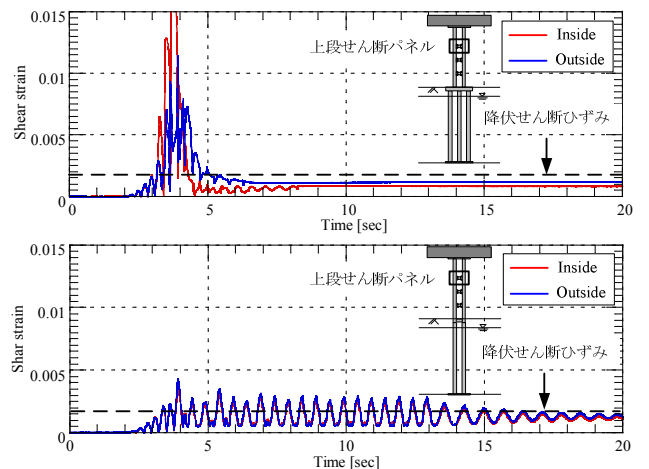


図3 上段せん断パネルにおけるせん断ひずみの時刻歴 (上: L-F, 下: L-S)

み 0.00177 を大きく超え、加振終了後はパネル中央部に亀裂が発生していた。一方、L-S のせん断パネルも降伏はしたものの、亀裂は発生せず、L-F よりも長い間、履歴減衰ダンパーとして機能した。

図4に天端における応答加速度と応答水平変位の関係を示す。L-F はL-S よりも初期剛性が高いが、せん断パネルが損傷し鋼管への負担が大きくなったため、次第に剛性が低下、構造物全体として塑性化し履歴ループが拡大した。一方、L-S はせん断パネルに亀裂が発生しなかったため、構造物全体として常に線形弾性的な挙動を示した。

図5に天端および杭頭における応答水平変位の時刻歴を、図6にL-Fの柱基部における鋼管ひずみの時刻歴をそれぞれ示す。L-Sの水平変位は入力加速度と同じ4秒付近で最大となるのに対して、L-Fの水平変位および鋼管ひずみは5秒付近で最大となる。これは前述したように、L-Fのせん断パネルに4秒付近で亀裂が発生したため、それ以降も応答値が増加し最大値をとる時刻に遅れが生じたためだと考えられる。また、L-FはフーチングとL-Sの2倍の杭本数を有しているのにも関わらず、杭頭の水平変位はL-Sと同程度となっており、基礎に大きな水平力が加わったことがわかる。

図7に、天端の水平変位が最大となる時刻における鋼管(柱および杭)のひずみ分布を示す。両橋脚において、天端付近で大きなひずみが見られるが、これは錘の設置時に生じた初期ひずみによる影響である。L-Fでは天端に加えて、鋼管とフーチングの結合部で剛性差が高くなっている柱基部にひずみが集中している。一方で、L-Sは杭のひずみがやや大きくなるものの、変形能の高い構造となっているため、柱-杭において連続的なひずみ分布となっており、鋼管が局所的に降伏することはなかった。

4. まとめ

鋼管集成橋脚は液状化層を含む地盤においても、せん断パネル(二次部材)、鋼管(主部材)の順で損傷が進行し、せん断パネルによる地震のエネルギー吸収によって鋼管の損傷を防ぐという損傷制御機能を有していることを確認した。さらに、L-Sの方がせん断パネル降伏後も鋼管が降伏しづらく、せん断パネルが有効に機能することで、主部材に大きな残存耐力を保持することを確認した。

参考文献

1) 篠原ら：鋼管集成橋脚の技術コンセプトと構造設計，橋梁と基礎，vol.48, pp.31-36, 2014. 2) 篠原ら：杭基礎一体型鋼管集成橋脚の構造提案と地震時応答解析，土木学会論文集C(地圏工学)，Vol. 69, No. 3, pp. 312-325, 2013. 3) 曾我ら：大型振動台を用いた杭基礎一体型鋼管集成橋脚の耐震性能評価(乾燥砂地盤)，第70回土木学会年次学術講演会講演概要集，2015(印刷中) 4) 磯部ら：大型振動台を用いた杭基礎一体型鋼管集成橋脚の耐震性能評価(再現解析)，第70回土木学会年次学術講演会講演概要集，2015(印刷中)

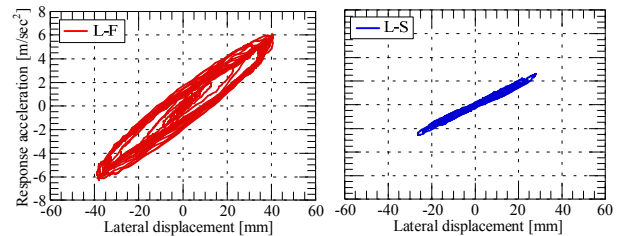


図4 天端での応答加速度と応答水平変位の関係

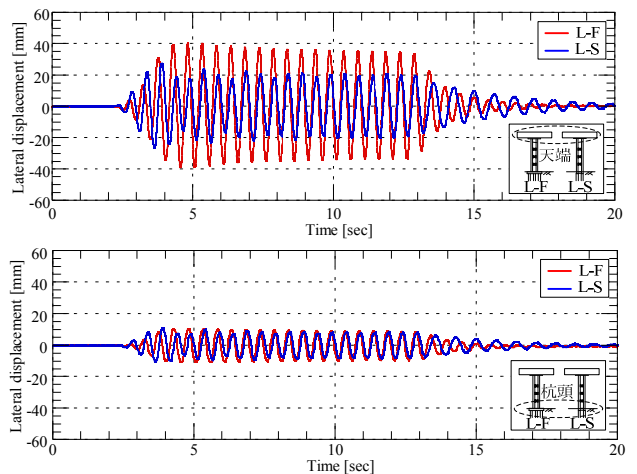


図5 水平変位の時刻歴(上:天端, 下:杭頭)

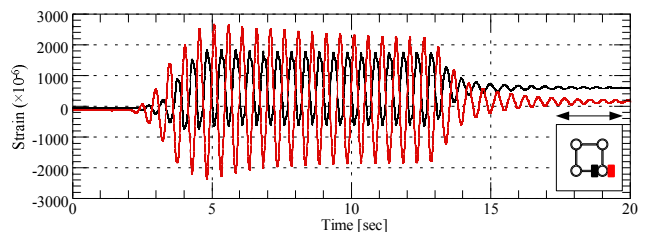


図6 L-Fの柱基部における鋼管ひずみの時刻歴

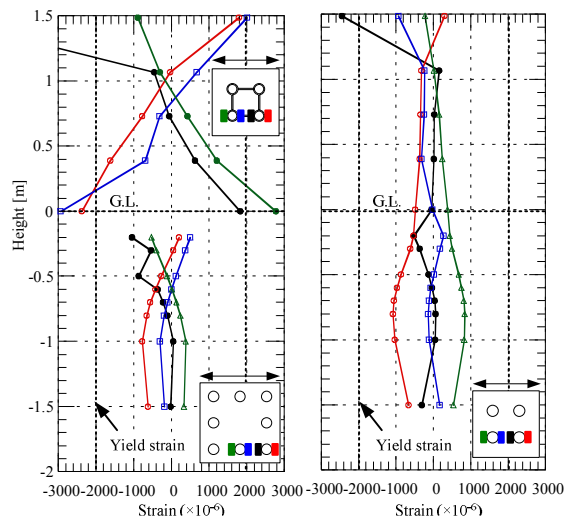


図7 天端の水平変位が最大となる時刻における鋼管のひずみ分布(左:L-F, 右:L-S)