

中間部に免震ゴムを用いた杭基礎の液状化に伴う側方流動実験

五洋建設株式会社 技術研究所 学生会員 ○宇野 州彦
 九州大学大学院 工学研究院 フェロー 大塚 久哲
 五洋建設株式会社 技術研究所 正会員 三藤 正明

1. はじめに

液状化が生じる地盤においては、杭基礎構造物は地震時慣性力に加え、地震時の液状化・側方流動等で大きな断面力の発生する箇所が液状化層・非液状化層の層境界等において見られ、これらの箇所において杭の塑性化や損傷を招くことが知られている。著者らはこれまでに、この層境界部に免震ゴムを設置した構造（以下、中間部免震杭基礎と呼ぶ）を液状化地盤における耐震性向上策として提案し、その効果を実験および解析により検証してきた¹⁾²⁾。本論文では、液状化に伴う流動現象に対する、中間部免震杭基礎の有効性を振動台実験により示す。

2. 実験概要

実験模型の断面図を図-1に示す。杭基礎のサイズ等、模型の縮尺は、モデル化範囲と土槽の大きさを考慮して1/20とした。相似則は、表-1に示すように、井合により提案されている重力場における相似則³⁾を適用した。地盤は、図-1に示すように、液状化層(Dr=50%)と非液状化層(Dr=80%)を作製し、杭基礎の前面側に矢板護岸を模擬した鋼板を設置することで、側方流動現象が生じる模型にした。実験で用いた杭基礎は、写真-1にあるようにアルミパイプを用いて作製し、一方の杭には、液状化層と非液状化層の層境界部に、硬度CR65°の免震ゴムを設置した。免震ゴムの形状と取り付け方法は図-2に示すとおりである。これら2種類の杭基礎を振動台にて同時加振し、各種応答比較を行った。また、加振波は図-3にあるように、振動数10Hz、波数20波の正弦波を使用した。最大加速度は350Galである。

表-1 相似則³⁾

パラメータ	λ =実物/模型	縮尺
長さ	λ	20
密度	1	1
時間	$\lambda^{0.75}$	9.46
応力	λ	20
間隙水圧	λ	20
変位	$\lambda^{1.5}$	89.4
加速度	1	1
ひずみ	$\lambda^{0.5}$	4.47
透水係数	$\lambda^{0.75}$	9.46
曲げ剛性	$\lambda^{4.5}$	715,542
軸剛性	$\lambda^{2.5}$	1,789

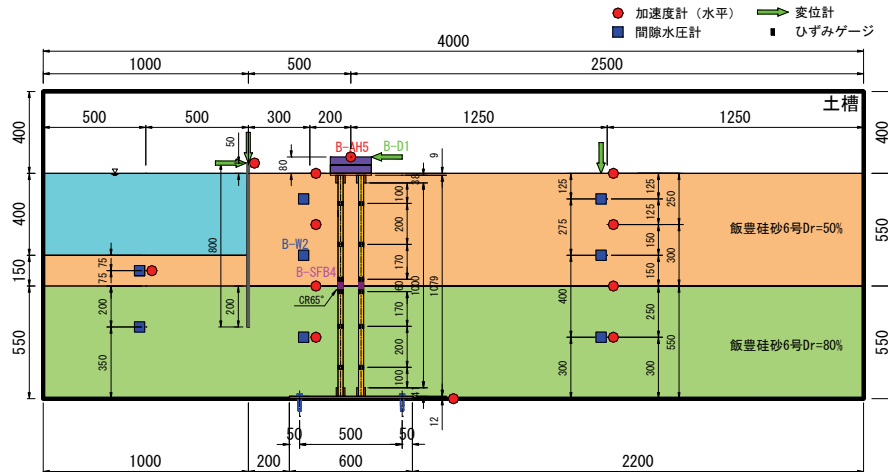


図-1 免震杭模型の断面図 (←→加振方向) 【単位：mm】

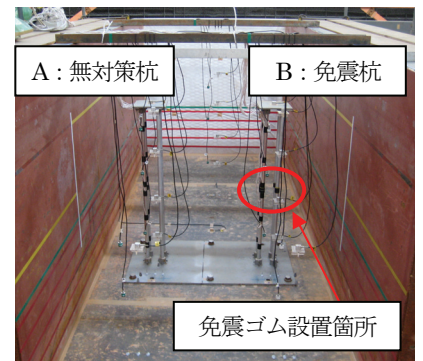


写真-1 杭基礎設置状況

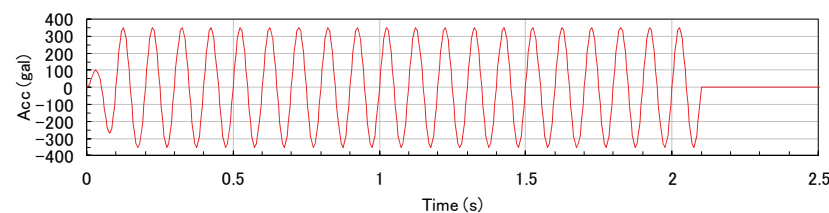


図-3 加振波 (Max : 350Gal, 10Hz, 20波+taper波1波)

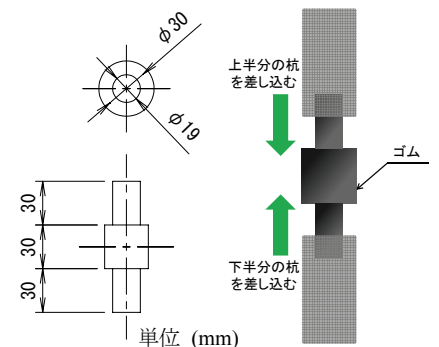


図-2 ゴム形状と取付イメージ

キーワード 中間部免震杭基礎, 地盤液状化, 側方流動, 振動台実験

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1 五洋建設株式会社 技術研究所 耐震構造チーム TEL 0287-39-2109

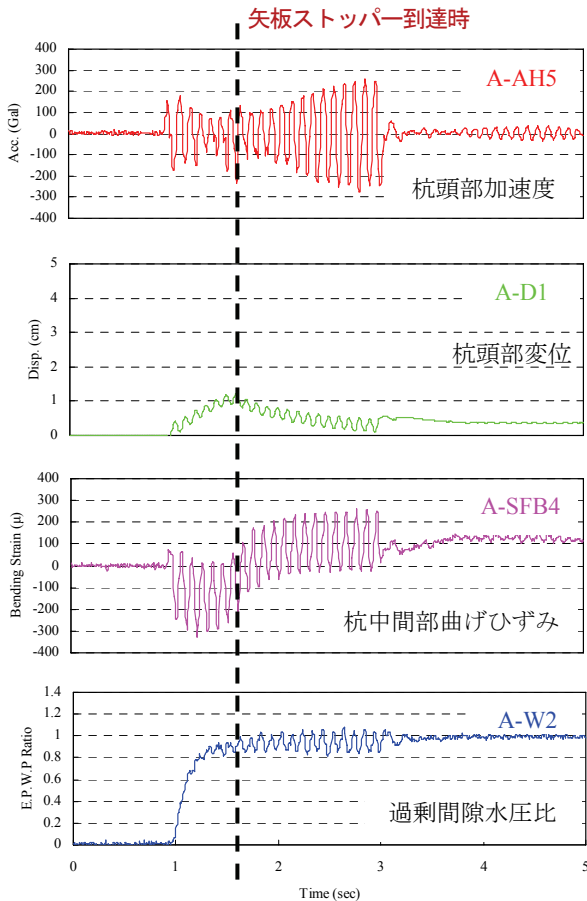


図-4 無対策杭の時刻歴応答結果

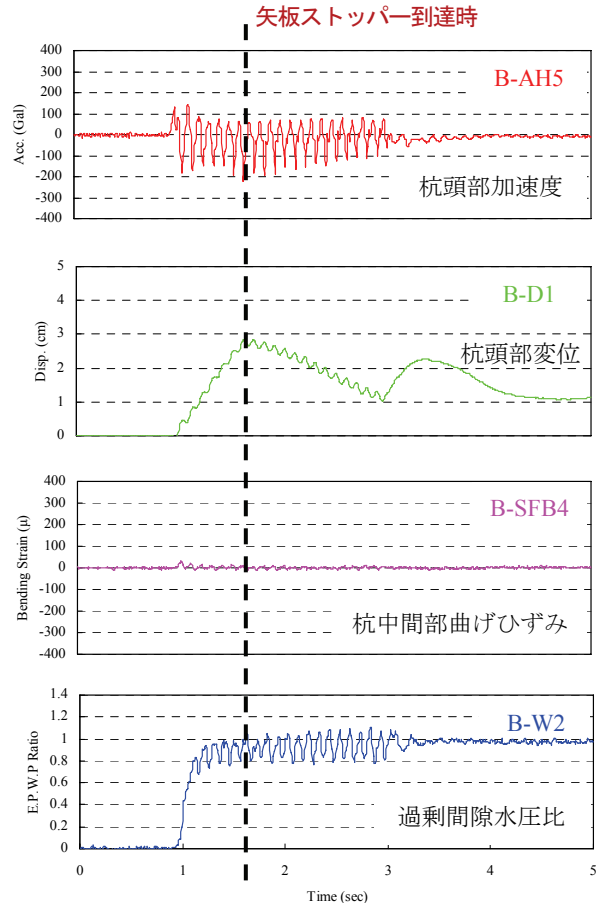


図-5 免震杭の時刻歴応答結果

3. 実験結果

無対策の杭基礎で得られた応答結果を図-4、中間部免震杭基礎の応答結果を図-5 にそれぞれ示す。横軸の時間は計測開始からの時間を示しており、計測開始約0.8秒後に加振が始まっている。また、実験では矢板が完全倒壊するのを防ぐため、矢板頂部が水平に5cm変位するとストッパーにあたる構造にしており、加振開始約0.8秒経過した時点でストッパーに到達している。杭頭部の加速度は、ストッパー到達前は無対策杭、免震杭の両者にさほどの違いはないが、到達後の応答は無対策杭が漸増しているのに対し、免震杭は漸減している。到達後は流動が生じない液状化地盤における応答であり、このような液状化地盤において免震杭の応答が低減されるのは既往の研究¹⁾²⁾で明らかにしていたが、今回も同様の結果が得られていることがわかる。杭頭部の変位に関しては、ストッパー到達時において免震杭の変位量が無対策杭の3倍程度あり、この条件においては上部工の挙動や杭の支持力確保の面から免震杭を用いることは適切ではない。一方、杭中間部の曲げひずみに着目すると、免震杭では断面力がほとんど発生していないことから、杭中間部に作用する断面力の低減には効果があるものと考えられる。

4. まとめ

液状化地盤における耐震性向上策としての中間部免震杭基礎について、側方流動実験を行いその効果を確認した。実験から、杭中間部断面力の低減には効果があるものの杭頭部の変位量が大きく、場合によっては上部工の桁衝突や落橋を招くおそれがあるため、この条件での採用は適切ではないと思われる。ただし、今回の実験では護岸法線から約500mm(実スケール10m)程度しか離れていなかったこともあるため、法線から一定の距離を確保することができれば、側方流動が生じる地盤においても有効である可能性がある。今後さらなる実験や有効応力解析により、その可能性を検証していく必要がある。

【参考文献】

- 1) 宇野, 大塚, 三藤: 液状化地盤内にある中間に免震ゴムを持つ杭基礎の振動台実験, 土木構造・材料論文集, 第27号, pp.69-80, 2011.
- 2) 宇野, 大塚, 三藤: 液状化地盤における中間部免震杭基礎の耐震性に関する振動台実験及び有効応力解析, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.67, No.1, 2012. (印刷中)
- 3) Iai, S.: Similitude for Shaking Table Tests on Soil-Structure-Fluid Model in 1g Gravitational Field, Report of the Port and Harbour Research Institute, Vol.27, No.3, 1988.