遠心模型実験に基づく斜杭基礎の側方流動対策法の有効性の検討

防災科学技術研究所　　正会員　○佐藤　正義
清水建設（株）技術研究所　　正会員　　張　至鎬　　フェロー会員　　田蔵　隆

１．目的

臨海部など埋立地に建設された構造物は，地盤の液状化とこれに起因した側方流動により被害を受ける可能性が高く，被害軽減のために何らかの対策を講じなければならない．これまでも様々な側方流動対策工法の提案がなされているが，望まれているのは，施工が容易でしかも安価な工法である．本研究ではその要求を十分に満たす対策工法として，斜杭を用いた対策工法を提案し，その効果を遠心振動実験から検討した．

２．遠心模型実験の方法

実施した 5 ケースの実験の一覧を**表-1** に示し，**図-1** に Case2 の実験模型概要を示す．実験はせん断土槽の中央に仕切り板を設け，下端を自由端とした一枚の連続した矢板式護岸を杭基礎構造物の前面に設置した．二つの杭基礎構造物模型のうち，一つは直杭基礎（A 側）であり，もう一方は斜杭基礎（B 側）である．護岸から両方の杭基礎構造物までの距離は同じとしていることから，護岸の倒壊に伴う液状化地盤の側方流動が両杭基礎構造物に及ぼす影響度も同じとなる．すなわち，直杭基礎と斜杭基礎の応答の差異が，斜杭による側方流動対策工法の効果を表している．Case1 から Case3 の実験ケースは，護岸から杭基礎構造物までの距離が異なるだけで，その他はすべて同じである．この 3 ケースの実験における斜杭の角度は 10 度である．また，Case4 は斜杭の角度が 5 度で，その他の条件は，Case2 と同じである．杭本数は 4 本で，杭頭および杭先端は，フーチングおよび土槽の底面に剛接合とした．地盤は 4 層で作成し，上層から 2 番目の第 2 層が液状化層（珪砂 8 号，Dr=50%）で，第 1 層は不飽和層（珪砂 8 号，Dr=50%），第 3 層（豊浦砂，Dr=90%），第 4 層（珪砂 3 号，支持層）である．計測は，地盤，フーチング，上部工の加速度，過剰間隙水圧，フーチングと護岸の変位，模型杭のひずみであり，加振後にも長時間行った．

表-1　遠心模型実験のケース

実験ケース	護岸から杭基礎構造物までの距離	斜杭の角度
Case1	200mm（実寸法＝6m）	10度
Case2	100mm（実寸法＝3m）	10度
Case3-1	50mm（実寸法＝1.5m）	10度
Case3-2	50mm（実寸法＝1.5m）	10度
Case5	100mm（実寸法＝3m）	5度

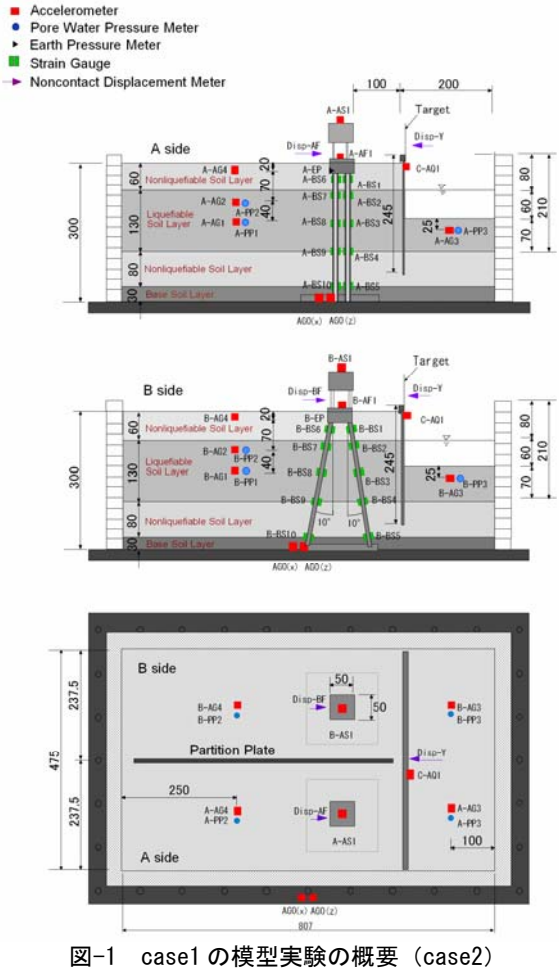

図-1　case1 の模型実験の概要（case2）

３．遠心模型実験の結果と考察

図-2 は，Case2 の実験から得られた護岸頂部の水平変位と，直杭基礎および斜杭基礎のそれぞれのフーチングの水平変位を示したものである．なお，左側の縦軸は護岸頂部の水平変位，右側の縦軸は直杭基礎および斜杭基礎のフーチングの水平変位に対応している．時刻 1200 秒での値（残留変位）は，護岸頂部が 1048mm，直杭基礎および斜杭基礎のフーチングがそれぞれ 161mm，17mm であり，これより斜杭基礎の水平変位に対する明確な抑制効果が確認できる．斜杭基礎の水平変位の抑制効果を時刻 1200 秒での残留変位に対して式(1)のように定義すれば，直杭構造に対する斜杭構造の水平変位の抑制率（η_{eff}）となる．**表-1** に示した全実験ケースの直杭基礎の水平変位に対する斜杭基礎の水平変位の抑制率を**図-3** に示すが，斜杭基礎は 50~90%まで変位の抑制効果がある．

キーワード　遠心模型振動実験，液状化，側方流動，斜杭基礎
連絡先　　〒305-0006　茨城県つくば市天王台 3-1　独立行政法人　防災科学技術研究所　ＴＥＬ029-863-7562

$$\eta_{eff}$$＝（直杭基礎変位－斜杭基礎変位）/直杭基礎変位×100(%)　　(1)

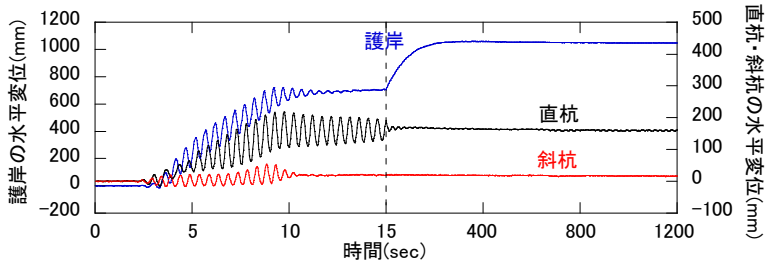

図-2　護岸，直杭，および斜杭の変位の時刻歴

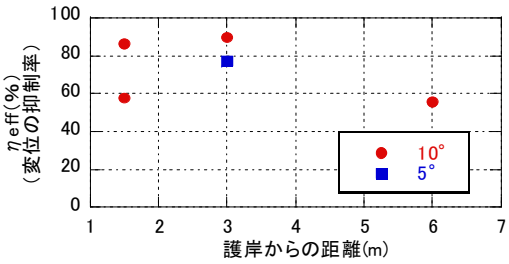

図-3　護岸から距離と η_{eff} の関係

図-4 は Case2 の実験で得られた杭頭部の軸ひずみおよび曲げひずみ波形に関して，直杭と斜杭を比較したものである．軸ひずみに関しては，両者を絶対値で比較すると，時刻歴応答の最大値ならびに残留ひずみの両方で，斜杭基礎は水平力に抵抗するため，斜杭には直杭よりも大きな値が生じていることが分かる．曲げひずみに関しては，時刻歴応答の最大値は概ね斜杭の方が大きくなっているが，残留ひずみに関しては，杭頭では斜杭の方が小さな曲げモーメントになっている．また，**表-1** に示した全実験ケースにおいて，杭頭における軸ひずみと曲げひずみの最大値および残留値（加振開始から 1200 秒）に対して，斜杭と直杭の比を**図-5** に示す．**図-5** によれば，軸ひずみは最大値も残留値も直杭を上回っているが，曲げひずみに関しては，加振後の残留値は直杭より斜杭が小さくなっていることが分かる．これは斜杭の押込み・引抜き力によって，フーチングの回転が曲げモーメントの発生を緩和する方向に作用したためと考えられる．

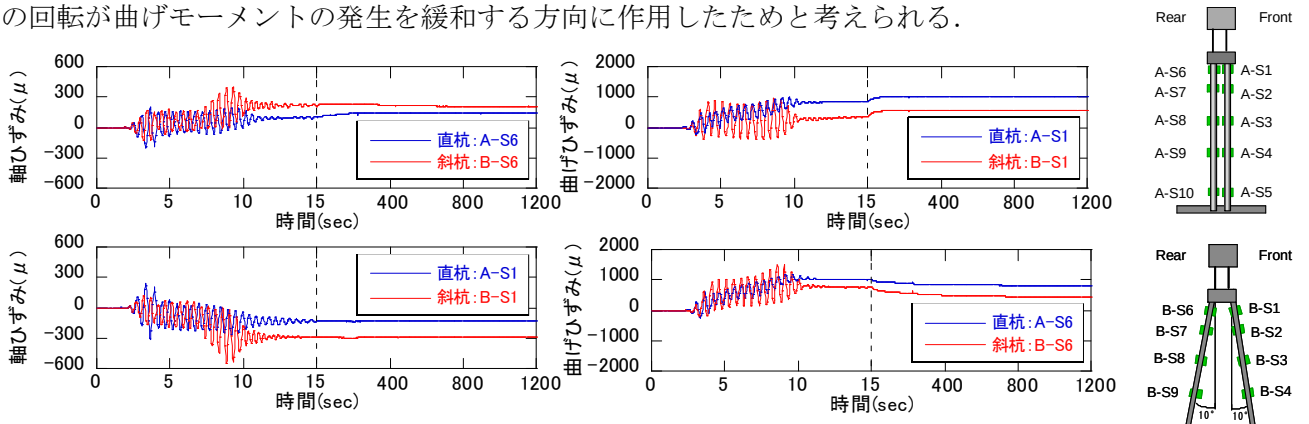

図-4　杭頭における軸ひずみと曲げひずみの時刻歴

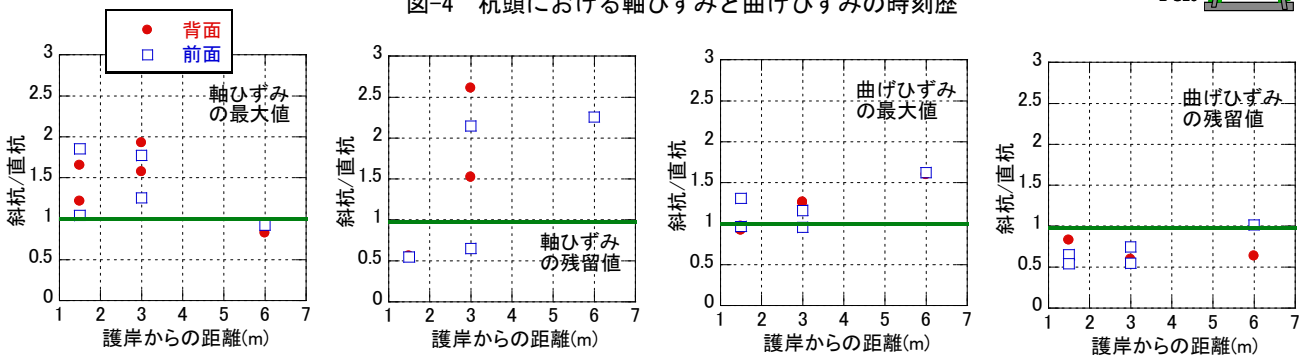

図-5　杭頭における軸・曲げひずみの直杭に対する斜杭の比

4．まとめ

液状化地盤の側方流動に対する対策方法として斜杭基礎が有効であることを遠心模型振動実験により示された．直杭基礎に対する斜杭基礎の水平変位の抑制率は最大で 90%にも達することが明らかにされた．今後は数値解析の実施により，斜杭基礎の側方流動に対する対策の有効性を検討する予定である．

参考文献

・Tazoh, T., Sato, M., Jang J,.& Gazetas, G. 2007. Centrifuge Tests on Remedial Measure Using Batter Piles Against Liquefaction-Induced Soil Flow After Quay Wall Failure, Proceedings of the 2st Japan-Greece Workshop on Seismic Design, Observation and Retrofit of Foundation.