斜杭基礎を有する軟弱地盤上橋脚に対するシートパイルを用いた耐震補強の振動台実験

東海旅客鉄道㈱　正会員　○阿知波秀彦　フェロー　関　雅樹
正会員　吉田　幸司　正会員　岩田　秀治
東京大学　正会員　小長井一男
㈱大林組　正会員　武田　篤史　フェロー　松田　隆

１．はじめに

斜杭基礎を有する軟弱地盤上橋脚を対象として、シートパイルを用いた補強工法を考案した。本研究では、振動台実験により補強前後の地震時挙動を確認した。

２．杭基礎のシートパイル補強工法

シートパイル補強工法の概要を**図-1** に示す。本工法は、フーチングの周囲にシートパイルを打設するものであるが、今回対象としたものは深い斜杭タイプであるので、フーチングからある程度の離隔を取って基盤に根入れをしないで打設するものである。シートパイルとフーチングの間は、梁または盤により結合する。

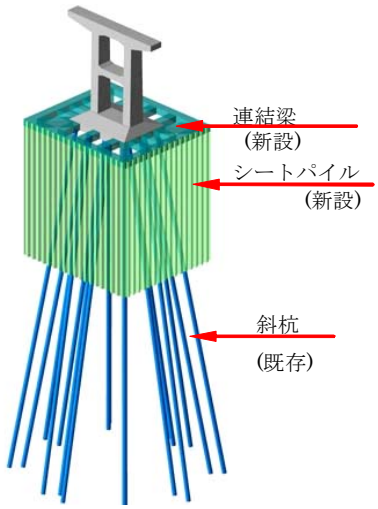

図-1 シートパイル補強工法

３．振動台実験

3.1 実験概要

せん断土槽内の模型地盤に橋脚模型を設置し、振動台にて一方向加振を行った。検討対象構造物には、深度 40m の軟弱粘土地盤上の橋脚を想定した。地盤定数および構造諸元を**図-2** に示す。検討方向は橋軸直角方向とした。

相似則は、長さの縮小スケールを 1/20 とし、加速度の相似比を 1、ひずみの相似比を 0.25 とした上で、地震動により地盤に作用するせん断力（作用力）と地盤に発生するせん断力（抵抗力）の比が、模型と**図-2** に示す実構造とで等しくなるようにその他の相似比を定めた。

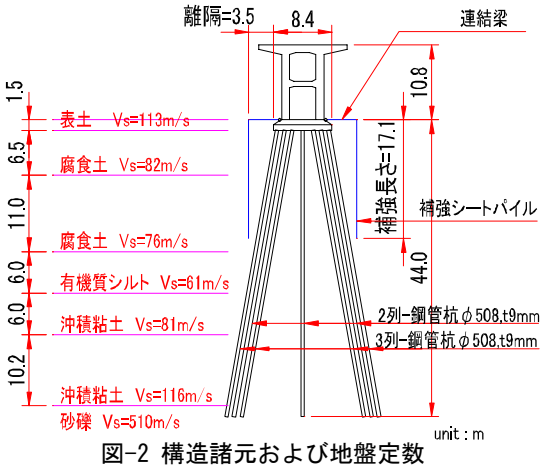

図-2 構造諸元および地盤定数

地盤模型は市販の粘土と珪酸ソーダを混ぜ合わせることで、作製した。なお、微動計測により計測したせん断波速度は Vs=25～30m/s であった。橋脚模型は鋼製とし、ひずみが弾性範囲内に収まるようにした。橋脚は固有振動数が相似則に適合する単柱に置き換えた。杭模型は、前面面積と曲げ剛性が相似則に適合する板状とした。斜杭は施工の不確実性を考慮して 3/4 の長さとし、基盤への根入れを行っていない。前背面のシートパイルは水平軸周りの曲げ剛性が相似則に適合するようにそれぞれ一枚の板材とした。側面のシートパイルはフランジ厚と等価な厚さの板材とした。

実験ケースは、シートパイル補強ありと補強なしとした。**図-3** に試験体全体断面を、**図-4** に実験状況写真を示す。

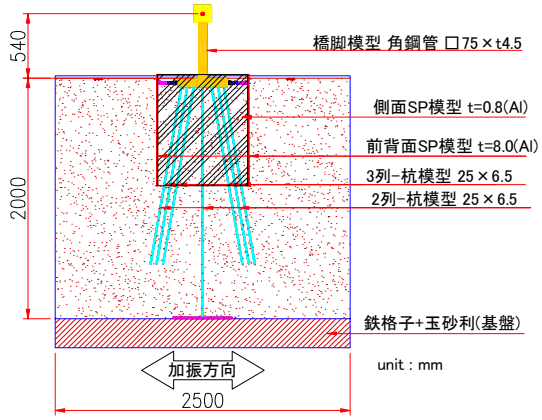

図-3 試験体全体断面

入力地震動には鉄道耐震標準 [1]L2 地震動スペクトル II(最大加

キーワード　振動台実験，斜杭，軟弱地盤，耐震補強

連絡先　〒485-0801　愛知県小牧市大山 1545 番 33　東海旅客鉄道㈱　総合技術本部　技術開発部　TEL0568-47-5375

速度を 380gal に縮小)および正弦波 2Hz(最大加速度 200gal)を用いた。L2 地震動（図-5）は、地盤の伝達関数と地震波のスペクトルについてピークが一致するように時間軸を調節した。

3.2 実験結果

図-6 および図-7 に正弦波に対するフーチングの回転を、フーチング変位および橋脚天端変位とともに示す。補強なし（図-7）では、フーチング変位の方が橋脚天端変位より大きく、これらの変位とは逆向きに橋脚が傾く「く」の字のモードが現れている。一方、補強あり（図-6）ではフーチングの回転の向きが反転し、フーチングより橋脚天端の変形が大きい通常の杭基礎で見られるモードとなっている。また、両ケースとも、フーチングの回転のピークは変位のピークとほぼ同時であり、慣性力の影響に比し地盤変位の影響が大きいことがわかる。

図-8 に L2 地震動入力時の、杭頭曲げモーメントが最大となる時間断面における、斜杭曲げモーメント分布を示す。補強により曲げモーメントが 4 割程度に減少していることがわかる。また、モーメントの勾配より得られるせん断力に着目すると、杭頭付近において、補強なしの時は地盤が杭を押しているのに対し、補強ありの時は杭が地盤を押していることがわかる。

図-9 に L2 地震動入力時の、前背面シートパイルの曲げモーメント分布を示す。図に示した時間断面は、北側 h=0.45m 位置における曲げモーメントが正側ピークになる時間(t=5.35s)と負側ピークになる時間(t=5.61s)である。北側シートパイルと南側のシートパイルはほぼ同様の曲げ挙動をすること、およびシートパイルの中間程度の深さでも大きな曲げモーメントが発生することがわかる。

4．おわりに

斜杭基礎を有する軟弱地盤上橋脚について振動台実験により、無補強時においては「く」の字のモードが現れ、杭頭に大きな曲げモーメントが発生すること、シートパイル補強により「く」の字のモードを解消し、杭頭曲げモーメントを大幅に低減できること、がわかった。今後、解析等により、補強機構の詳細を明らかにし、補強の必要性等を検討する予定である。

参考文献 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計、丸善、1999. 10

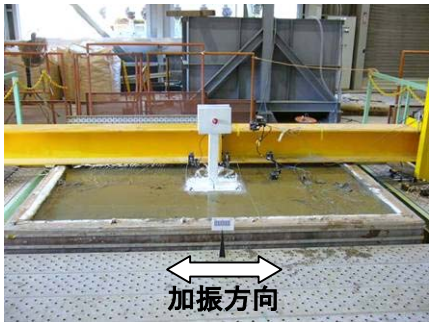

図-4 振動台実験状況

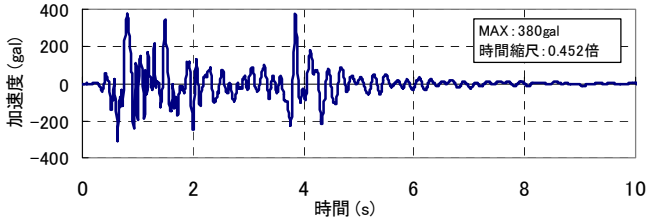

図-5 入力地震波(L2 地震動)

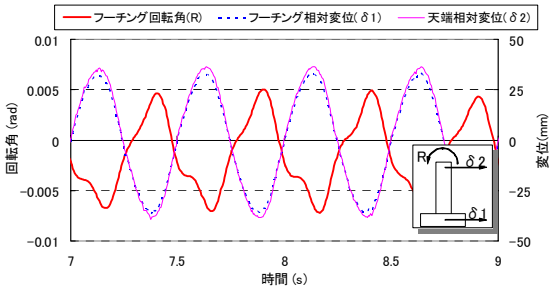

図-6 フーチングの回転(補強あり、正弦波)

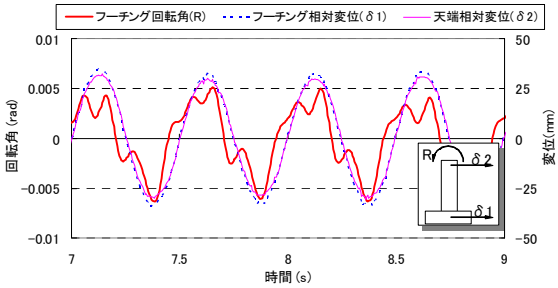

図-7 フーチングの回転(補強なし、正弦波)

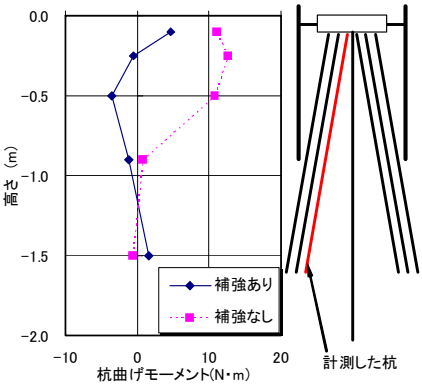

図-8 杭の曲げモーメント分布

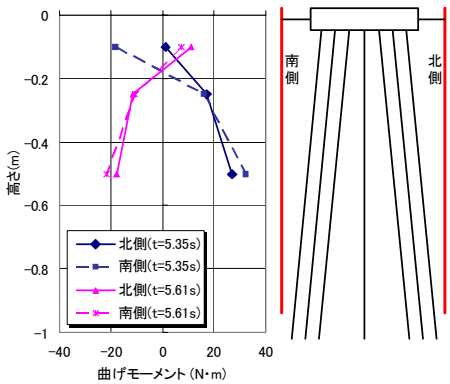

図-9 シートパイルの曲げモーメント分布