

斜杭基礎の制振効果に関する模型振動実験

鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員○森野達也, 米澤豊司, 石井秀和, 青木一二三
 鉄道総合技術研究所 正会員 西岡英俊, 佐名川太亮, 飯塚貴洋, 室野剛隆

1. はじめに

著者らは、杭を線路直角方向外側に傾けた斜杭基礎の研究開発を行っており、既往の研究成果より、通常の静的な荷重変位関係の上昇効果だけでなく、上部構造物の応答加速度自体を抑制する動的な制振効果が期待できることを明らかにした¹⁾。しかし制振効果の詳細は十分に明らかとなっていないため、動的な制振効果を実証することを目的とした模型振動実験を実施した。

2. 試験概要

模型振動実験は、地盤変位の影響を考慮できるせん断土槽および大型振動試験装置を用いて実施した。本稿で取り扱うモデルは、2 柱式ラーメン高架橋の杭基礎を直杭 (Case1) および斜杭 (Case3) とした場合の 2 ケースである (図 1)。Case1 は整備新幹線のラーメン高架橋 (鋼管杭) の約 1/10 モデルとし、Case3 は部材を同一のまま杭のみ 5 度傾斜させた。杭先端はユニバーサルジョイントで土槽底盤に固定し、軸方向の支持力降伏は発生しない条件とした。入力地震動は、設計地震動 (L1 および L2 地震動) とホワイトノイズ (WN) とし、加振については、基盤 (= 振動テーブル) の最大加速度を最大 700gal まで漸増させる段階加振とした (正弦波による加振実験も行っているが本稿では取り扱わない)。また相似則は、構造物と地盤の固有振動数 (表 1) と設計地震動の卓越振動数 (表 2) の相対関係を保持することを重視した。変位は高速度カメラで撮影した画像を解析して求めた。なお、その他の実験諸元の詳細については別報²⁾を参照されたい。

加振結果の例として、L2 地震動の基盤最大加速度 700gal 加振時の結果を図 2 に示す。直杭 (Case1) に対して斜杭 (Case3) の応答が低減していることがわかる。本稿では主に加速度および変位の最大値 (正確には最大値と最小値の差の 1/2) を対象とし、直杭 (Case1) に対する斜杭 (Case3) の低減率 (Case3/Case1) について考察する。

ここで、各模型の静的な荷重変位関係と非線形化の程度を確認しておく。天端の応答水平震度 (最大応答加速度 ÷ 重力加速度) と最大水平変位 (天端と地表面間の相対変位の最大値) の関係を図 3 に示す。図中には、ホワイトノイズ 50gal 加振時の固有振動数 (表 1) から 1 自由度系の振動体であると仮定して算出した初期剛性も直線で示した。水平応答震度 1.0 程度まではほぼ初期剛性を保持しており、その後、若干の剛性低下が生じているが、杭の水平抵抗という観点では概ね線形範囲に近い範囲で挙動したものと解釈できる。

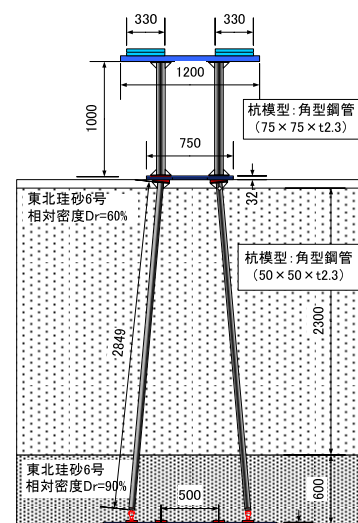


図 1 斜杭模型概要 (単位: mm)

表 1 模型の固有振動数

模型	Case1: 直杭	Case3: 斜杭
構造物	5.6Hz	6.5Hz
地盤	8.7Hz	8.6Hz

表 2 入力地震動の卓越振動数

入力地震動	卓越振動数
L1 地震動	1~10Hz
L2 地震動 SP II	7~14Hz
ホワイトノイズ (WN)	1~15Hz

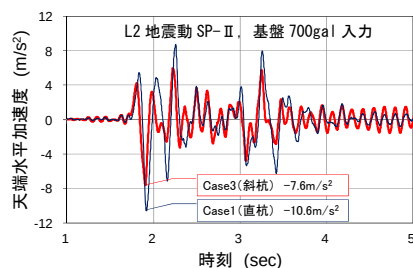


図 2 振動実験結果の例

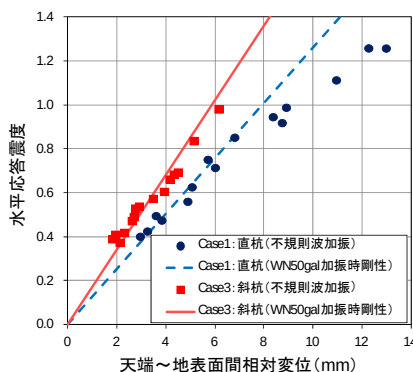


図 3 荷重変位関係

キーワード 斜杭, 動的応答, 制振効果

連絡先 〒231-8315 横浜市中区本町 6-50-1 鉄道・運輸機構 設計技術部 TEL:045-222-9083

3. 応答変位の低減効果

図4に基盤入力加速度に対する全変位(基盤～模型天端の相対変位)および地盤変位(基盤～地表面高さのせん断枠間の相対変位)の関係を示す。地盤変位は両ケースではほぼ同じであるが、構造物の応答を含んだ全変位については、斜杭の方が小さくなっており、地盤変位よりも変位が抑制されていることがわかる。

図5に各ケースの天端と地表面間の相対変位の低減率を示す。低減率はいずれも0.4～0.6程度と、図3の荷重変位関係の

剛性比0.75を大きく下回っており、斜杭化による静的な剛性上昇効果だけでなく、入力加速度の大きさによらず動的な制振効果が期待できることを確認した。

4. 応答加速度の低減効果

図6に基盤入力加速度に対する模型天端およびフーチング(基礎天端)の応答加速度の関係を示し、図7にそれらの低減率を示す。図6よりフーチング位置ではCase1, 3ともに基盤入力加速度に対する応答の増幅は見られないが、図7(a)よりL2地震動では斜杭の方が増幅する傾向となり、明確な低減効果は確認できない。一方、模型天端においては、図6より入力加速度に対する応答加速度の低減が確認でき、図7(b)より入力地震動によらず低減率は0.6～0.9

程度で、入力加速度が大きくなるほど低減効果は大きくなるといった明確な低減効果が確認できる。この天端応答加速度の低減率0.6～0.9を図3の剛性比0.75に乘じると0.45～0.675となり、図5の応答変位の低減率と同程度となることから、斜杭化による応答加速度の低減効果は、変位の低減効果にも寄与するものと考えられる。

5. まとめ

本模型実験から、杭基礎を斜杭とした場合の応答変位の低減効果には、静的な剛性上昇の効果に加えて、動的な応答が抑制される制振効果があることが実証できた。なお、この制振効果はフーチング位置の水平加速度には必ずしも影響せず、構造物天端で顕著に表れることが特徴である。この理由として、高架橋天端が水平変位とは逆方向に回転する逆ロッキング動による影響が考えられ、実際に本実験では、画像解析から明確な逆ロッキング動が生じていることが確認できている²⁾。今後は逆ロッキング動の影響に着目し、またその振動数依存性などについても考察を深めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 清田三四郎, 米澤豊司, 青木一二三, 神田政幸, 西岡英俊, 出羽利行: 斜杭基礎の水平抵抗特性と鉄道構造物への適用性の検討, 地盤工学ジャーナル, Vol.5, No.2, pp.293-307, 2010.7
- 2) 西岡英俊, 佐名川太亮, 飯塚貴洋, 米澤豊司, 森野達也, 石井秀和, 青木一二三: 斜杭基礎の逆ロッキング動に関する模型振動実験, 第47回地盤工学研究発表会, 2012(投稿中)。

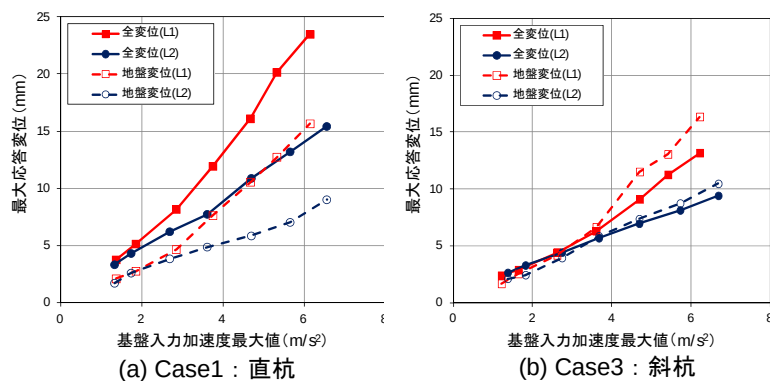


図4 基盤入力加速度に対する応答変位の関係

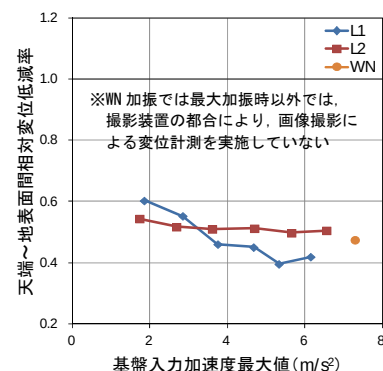


図5 天端応答変位の低減率 (斜杭/直杭=Case3/Case1)

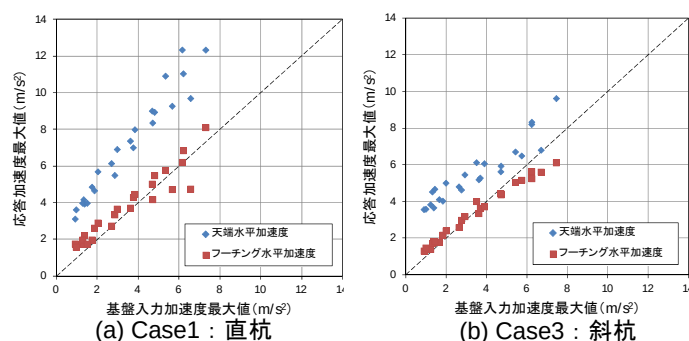


図6 基盤入力加速度に対する応答加速度の関係

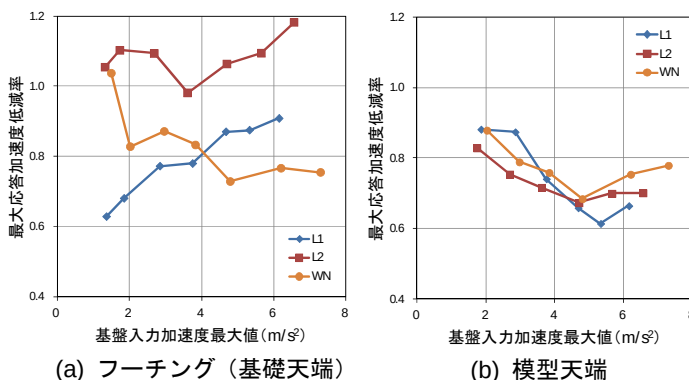


図7 応答加速度の低減率 (斜杭/直杭=Case3/Case1)