

軟弱地盤における橋脚の免震基礎に関する大型模型振動実験

五洋建設（株） 正 会 員 ○ 田村 保
 " 正 会 員 大島 貴充
 （株）オリエンタルコンサルタンツ 正 会 員 黒崎 信博
 早稲田大学 フェロー 清宮 理

1. はじめに

軟弱地盤に橋梁基礎を建設する場合、従来の構造では耐震性能を高めるために大規模な基礎が必要となりコストが嵩むことが多い。そこで、従来一体となっている橋脚下部と基礎を分離し、その間にすべり材で形成される免震層を設け、レベル2地震動のような強い地震力を受けたとき、免震層で地震エネルギーを吸収・逸散させて被害が軽減できる構造を提案した。また、免震層を設けることにより基礎構造の簡素化を図ることができコスト低減にもつながる。ここでは、その免震層を有する橋脚基礎の振動特性および耐震性能を調べるために実施した大型模型振動実験について報告する。

2. 実験概要

図-1 に実験模型および計測位置図を示す。実験模型は一般的な杭基礎橋脚¹⁾を対象とし、縮尺 1/10 で模型を作製した。橋脚部はコンクリート製、杭は相似則を考慮しアルミパイプ製とした。また、上部構造の質量は鉄板にて与えた。地盤は、相馬珪砂 5 号を使用し目標せん断波速度 100m/sec で踏固めにより作製した。

計測器は、図-1 に示すとおり橋脚および地盤の応答加速度を調べるために加速度計を、橋脚のすべりやロッキングを調べるためにレーザー変位計を、杭のひずみを調べるためにひずみ計をそれぞれ設置した。

入力加振波形には、正弦波と地震波を用いた。正弦波は、最大加速度 100Gal、200Gal の 2 ケースについて加振振動数を 1Hz～30Hz まで変化させた。地震波は、「道路橋示方書・同解説」耐震設計編（平成 14 年）6.3 で規定されている地震波を用いた。本実験では、その中で種地盤のレベル 1、レベル 2 タイプ、レベル 2 タイプで示されているそれぞれの波形のうちの 1 波形を選択した。

免震層の材料には、摩擦係数が 0.2 程度のテフロンと摩擦係数が 0.4 程度となる相馬砂の 2 種類を用いた。摩擦係数は加振前に引張試験を実施して調べた。なお、比較のために、従来型の一体型構造の非免震構造についても加振実験を行った。実験ケースは表-1 に示すとおりである。入力波のケース毎の地盤の入れ替えは行わず段階加振を行った。

3. 実験結果

(1) 正弦波加振実験結果

実験結果として、入力最大加速度 200Gal の場合の加振振動数と各最大応答値の関係を図-2 に示す。最大加速度比（橋脚天端 / 入力）および杭頭最大曲げひずみについての周波数特性は同様の傾向を示しており、卓

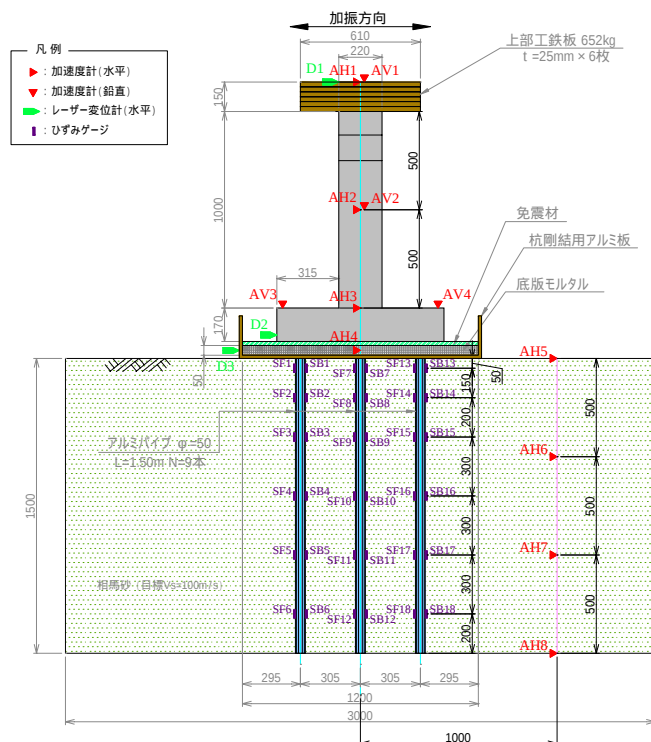


図-1 実験概要および計測位置図

表-1 実験ケース

免震層の有無	入力波	備考
免震層無 (非免震)	正弦波100Gal, 10波	加振周波数 1～30Hz
	正弦波200Gal, 10波	
	地震波(道路橋示方書・種地盤)	
免震層有 (テフロン) $\mu=0.2$ 程度	正弦波100Gal, 10波	加振周波数 1～30Hz
	正弦波200Gal, 10波	
	地震波(道路橋示方書・種地盤)	
免震層有 (相馬砂) $\mu=0.4$ 程度	正弦波100Gal, 10波	加振周波数 1～30Hz
	正弦波200Gal, 10波	
	地震波(道路橋示方書・種地盤)	

キーワード 橋梁基礎, 免震, 地震動

連絡先 〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8 五洋建設（株）本社土木設計部 TEL03-3817-7803

越する振動数は非免震 > 免震（テフロン）> 免震（砂層）の順に小さくなる傾向が見られる。また、免震層を採用する場合はいずれも、非免震の場合と比較してその応答値のピークが低減している。橋脚最大すべり量および最大ロッキング角については、免震（テフロン）の場合、6Hz 以下ですべりが卓越し、振動数が小さくなるに従ってすべり量が増大する傾向を示した。免震（砂層）の場合、5Hz 以下ではロッキングが卓越し、卓越振動数は 2Hz 付近であった。

（2）地震波加振実験結果

表-2 に非免震、免震（テフロン）、免震（砂層）のそれぞれのケースにおける各応答値の一覧を示す。また、図-3 にレベル2タイプ の場合の杭に発生した最大曲げモーメント分布を示す。レベル1の場合、免震層を採用したケースでも顕著なすべりは発生しておらず、非免震と免震（テフロン・砂層）いずれのケースともほぼ同様の挙動を示したと考えられる。一方、レベル2の場合、非免震と比較して、免震（テフロン）のケースでは橋脚天端加速度は半減したが、残留変位（すべり量）は 30mm 以上に増大した。免震（砂層）のケースでは橋脚天端加速度は変わらず、残留変位も小さいが、ロッキング現象が卓越するため、加振中の橋脚天端変位は非常に大きくなった。杭に発生した最大曲げモーメントは非免震 > 免震（砂層）> 免震（テフロン）の順に小さくなる傾向が見られた。特に、免震（テフロン）のケースでは、非免震と比較して杭に発生する最大曲げモーメントの低減効果が顕著であった。

4. まとめ

本実験で得られた知見を以下にまとめる。

免震層を橋脚基礎に設けることにより、強い地震動に対しては、橋脚応答加速度、および杭モーメントが低減されることがわかった。免震層の摩擦係数の違いにより、卓越する振動モード（すべり or ロッキング）が異なることがわかった。

今後は、すべり量やロッキングが制御可能な橋脚構造や免震材料（摩擦係数）の選定、実験・解析による検討を進めていく予定である。

なお、本研究は、早稲田大学、（株）オリエンタルコンサルタンツとの共同研究として実施したものである。

【参考文献】

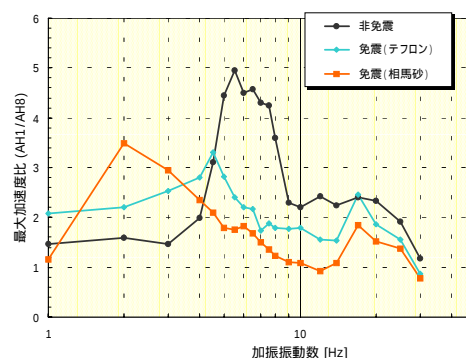
- 1) 日本道路協会:道路橋の耐震設計に関する資料, 1997

表-2 応答値一覧

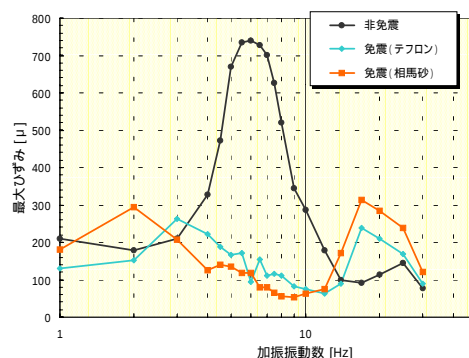
項 目		最大天端加速度 AH1 (Gal)		
実験ケース	非免震	テフロン	砂層	
レベル1	194	181	228	
レベル2タイプ	697	430	1126	
レベル2タイプ	1242	507	1177	

項 目		天端最大水平変位 D2 (mm)			残留水平変位 D1 (mm)		
実験ケース	非免震	テフロン	砂層	非免震	テフロン	砂層	
レベル1	1.4	2.9	4.3	0.0	0.4	0.0	
レベル2タイプ	9.8	42.2	152.4	0.3	29.3	5.1	
レベル2タイプ	17.3	62.3	107.5	0.4	55.5	1.5	

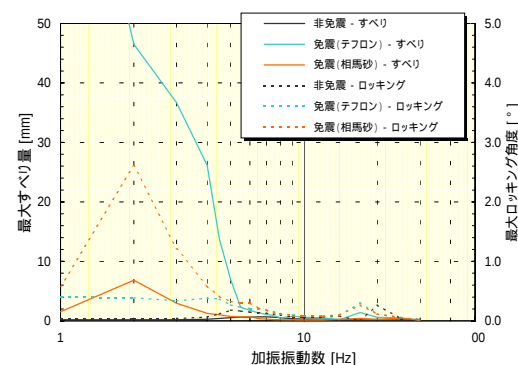
項 目		最大すべり量 D2-D3 (mm)			最大ロッキング角 (D1-D2)/H (度)		
実験ケース	非免震	テフロン	砂層	非免震	テフロン	砂層	
レベル1	0.2	0.8	0.4	0.0	0.1	0.2	
レベル2タイプ	1.0	36.5	22.5	0.3	0.3	7.5	
レベル2タイプ	1.8	56.2	24.7	0.4	0.5	4.6	



1) 最大加速度比（橋脚天端／入力）



2) 杭頭最大曲げひずみ



3) 橋脚最大すべり量・最大ロッキング角

図-2 共振曲線

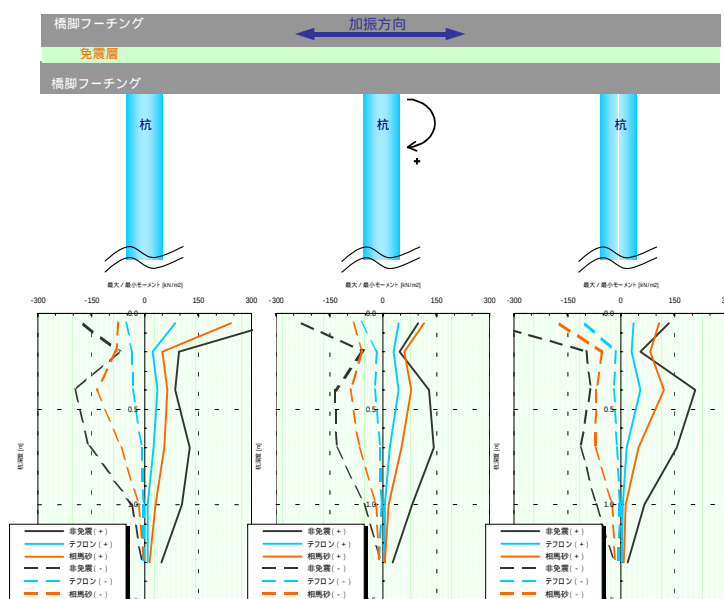


図-3 杭最大モーメント分布（レベル2タイプ）