

京都大学工学部
京都大学工学研究科
京都大学工学研究科
ジェイアール東海コンサルタンツ
鉄道総合技術研究所

学生員 ○ 川村 崇成
フェロー 家村 浩和
正会員 五十嵐 晃
正会員 岩田 秀治
正会員 池田 学

1 概要 鉄道構造物の免震設計法を確立するためには、解決すべきいくつかの鉄道固有の問題が存在する。本研究では、その中から軌道-構造系の動的相互作用の影響に着目し、バラスト軌道を有する鉄道免震構造の動特性を把握するため、京都大学防災研究所の大型振動台実験装置により実大軌道を用いた免震構造物の実験を行った。その結果から軌道構造各部の動的挙動を解明し、バラスト及び軌きょう構造とその動的拘束力との関係を、線路方向及び線路直角方向の2方向について示した。

2 実験供試体の概要 実験供試体を写真1に、加振中の実験供試体の断面図を図1に、それぞれ示す。本供試体は、実橋梁における橋台と免震橋梁との境界部分を模擬したものである。今回の実験においてはバラスト軌道の検証を行った。供試体は橋台部・免震橋梁部・スライド板・バラスト・軌きょう（レール・マクラギ・締結装置）・橋梁部の荷重を支持するリニアガイド及び免震支承からなる。スライド板は橋台部に固定され、免震橋梁部上を滑る構造となっている。免震支承にはLRBを用いた。また、レールの境界条件としては、レールを橋台に固定した状態での挙動を検討した。

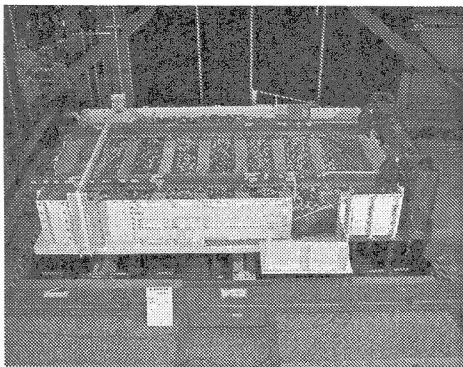


写真1 実験供試体全体図

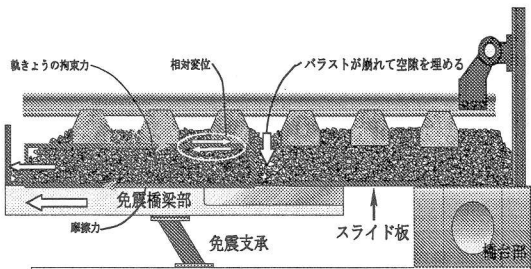


図1 加振中の実験供試体断面図

3 入力地震動及び実験ケース 本研究では、線路方向及び線路直角方向の加振実験を軌道構造を組上げながら行い、またマクラギの締結本数を変化させて各部位の挙動と応答への影響を検証した。また、入力地震動として、「鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計」[1]に記載の基盤地震動波形3種（L1地震動適合波・L2地震動スペクトルⅠ適合波・L2地震動スペクトルⅡ適合波）を用いた。各実験ケースを表1に示す。

実験ステップ	実験供試体	L1		L2-I		L2-II	
		max:137gal		max:321.9gal		max:749.6gal	
		L方向	C方向	L方向	C方向	L方向	C方向
予備実験	無上載	○	○	○	○	○	○
実験ステップ1	橋台部と免震橋梁部	○	○	○	○		
実験ステップ2	スライド板設置	○	○	○	○		
実験ステップ3	バラスト上載	○	○	○	○	○	○
実験ステップ4	軌きょう設置(マクラギ3本締結)	○		○	○	○	○
実験ステップ5	軌きょう設置(マクラギ4本締結)	○		○		○	○
実験ステップ6	軌きょう設置(マクラギ5本締結)	○		○		○	○
実験ステップ7	軌きょう設置(マクラギ6本締結)	○	○	○	○	○	○

表1 実験ケース

4 実験結果及び考察 まず、線路方向（L方向）におけるL2-I（max:321.9gal）とL2-II（max:749.6gal）入力時の免震支承の相対変位について、実験ステップ3、4、7の比較を図2に示す。ただし相対変位は、免震橋梁部が橋台部から離れる方向を正とする。最大相対応答変位はそれぞれ156.1mm・109.1mm・18.6mm（L2-I）、188mm・144.8mm・54.4mm（L2-II）であり、

軌きょう上載及びマクラギ締結本数の増加により、残留変位が生じ応答が小さくなっている。マクラギ締結本数が増えることにより軌きょうによる拘束力は増加し、その影響で応答が小さくなっていった、と考えられる。

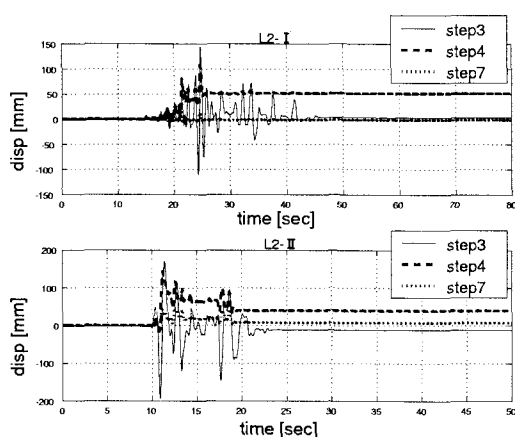


図2 実験ステップ3、4、7(線路方向)

次に、線路直角方向(C方向)におけるL2-II(max:749gal)入力時の免震支承の相対変位について、実験ステップ3、4、7の比較を図3に示す。最大相対応答変位はそれぞれ150.5mm・135.8mm・142mmであり、軌きょう上載及びマクラギ締結本数の増加による影響はあまり現れていない。よって、線路直角方向の振動に対しては、軌きょうの拘束力の変化による影響はほとんどない、と言える。

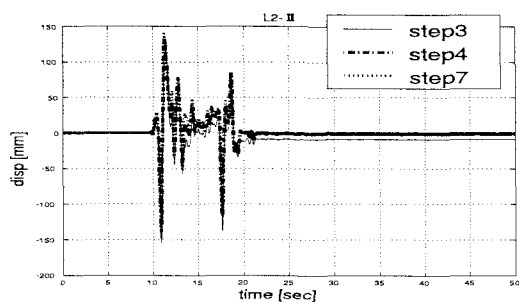


図3 実験ステップ3、4、7(線路直角方向)

—線路方向と線路直角方向の比較—

まず線路方向においては、軌きょう上載及びマクラギ締結本数の増加により、軌きょうによる拘束力が増加してその影響が大きく現れている。また、免震橋梁部の履歴曲線を図4に示す。この図より、軌きょう上載及びマクラギ締結本数の増加にともない、免震橋梁部にかかる力は増加しているが支承の相対変位

は小さくなっていることがわかる。このことから軌きょうによる拘束力が増加していると考えられる。

しかし、線路直角方向においては、軌きょうの拘束力の変化による影響があまりみられなかった。線路方向への加振の結果から、マクラギ締結本数が増えるにつれて軌きょうの拘束力は増加している、と考えられる。しかし、バラスト軌道の構造上マクラギが線路直角方向に並んでいること、またレールがたわむことから、線路直角方向においては軌きょうの水平方向の拘束力は大きく作用しない、と言える。

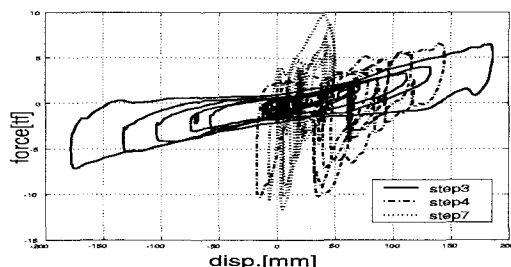


図4 免震橋梁部の履歴曲線(線路方向)

5 結論及び今後の課題

5.1 結論 線路方向においては軌きょうの拘束力の影響が大きく現れることがわかった。また、マクラギ締結本数が増えるにつれて拘束力も増加し、その影響で免震橋梁部が橋台部に固定化され、構造が非免震化されていた。

一方線路直角方向では、軌きょう上載及びマクラギ締結本数の増加による応答の変化があまりみられなかった。線路直角方向振動時では軌きょうの拘束力の影響は小さく、スライド版の摩擦力とバラスト内部の摩擦力の影響が大きい、ということがわかった。

5.2 今後の課題 本研究では、橋台部と免震橋梁部との境界部の挙動に着目した検討を行ったが、今後縮小模型による実験を行い、鉄道橋全体の動的挙動を確認することが重要であると思われる。また、他の軌道構造(スラブ軌道等)との比較による動特性の検討も必要であると思われる。そして、本研究の実験供試体のモデル化を行い、その結果を踏まえた実橋梁に対する動的解析モデルの構築が課題である。

参考文献

- [1] 鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計), 運輸省鉄道局監修,(財)鉄道総合技術研究所編, 1999.10