

第Ⅰ部門 軌道と免震構造物との動的相互作用に関する振動台実験

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

学生員 ○ 仲谷 俊昭
フェロー 家村 浩和
正会員 五十嵐 晃
正会員 岩田 秀治

1 概要 鉄道構造物の免震設計法を確立するためには、①常時・L1地震時における列車走行安定性の確保、②軌道・構造系の動的相互作用の影響の解明、など鉄道固有の解決すべき問題点が存在する。本研究では、免震構造物と軌道との動的相互作用を把握するため、京都大学防災研究所の大型振動台実験装置と実大軌道を用いた免震構造物の振動台実験を行った。その結果から軌道構造各部の動的挙動を解明し、軌道の拘束力が及ぼす免震構造物の動的挙動への影響のメカニズムを明らかにした。

2 実験供試体の概要 実験供試体を写真1と図1に示す。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。軌道の種類は数多くあるが、今回の実験においては最も適用数の多い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、レールの境界条件を考慮し、レールを橋台部に固定しない状態と固定した状態での加振実験を行った。実橋梁においては、この間の状態であると考えられる。



写真1 実験供試体全体図

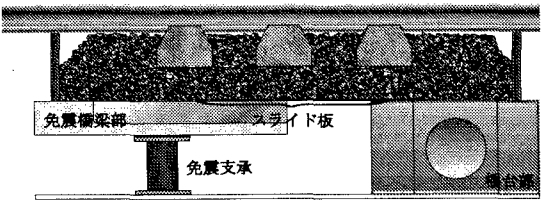


図1 実験供試体断面図

3 入力地震動及び実験ケース 本研究では、免震構造物と軌道との動的相互作用が問題となる、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、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。

実験ケース	実験供試体	L1	L2-I	L2-II	
		max 137gal	max 322gal	max 375gal	max 749gal
予備実験1	無上載	○	○		○
予備実験2	15tonf重畳上載	○	○		○
実験ケース1	橋台・免震橋梁部	○	○	○	
実験ケース2	スライド板設置	○	○	○	
実験ケース3	バラスト上載	○	○	○	○
実験ケース4-1	軌きょう設置	○	○		○
実験ケース4-2	レール固定	○	○		○

表1 実験ケース

4 実験結果及び考察 L2-I (max:332gal) と L2-II (max:375gal) 入力時の免震支承の相対変位について、実験ケース2と実験ケース3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201mm・112mm (L2-I)、103mm・54.8mm (L2-II) であり、バラストを上載することにより、応答が大幅に低下していることがわかる。これは、スライド板と免震橋梁部との摩擦力が増加すること、及びバラストの動的挙動に起因すると考えられる。

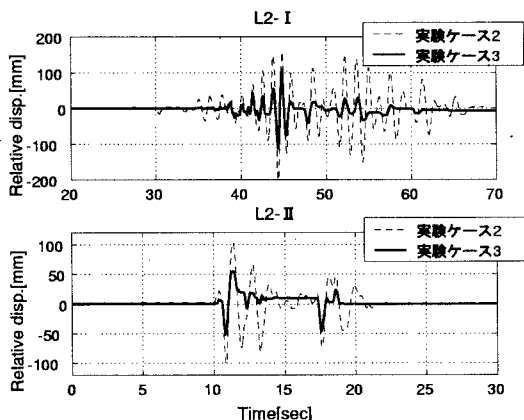


図2 実験ケース2・3

また、L2-I (max:332gal) と L2-II (max:749gal) 入力時の免震支承の相対変位について、各実験ケースの比較を図3に示す。実験ケース3・4-1・4-2の最大相対応答変位はそれぞれ112mm・37.3mm・20.5mm、173mm・126mm・95.0mmであり、軌きょうを設置すること、及びレールを橋台部に固定することにより、応答が低下していることがわかる。また、軌きょうを設置した場合、特に負の方向への応答が低下し、正の方向に残留変位が生じていることがわかる。なお、入力地震波に対する振動台の応答は、上載荷重の影響をほとんど受けない。

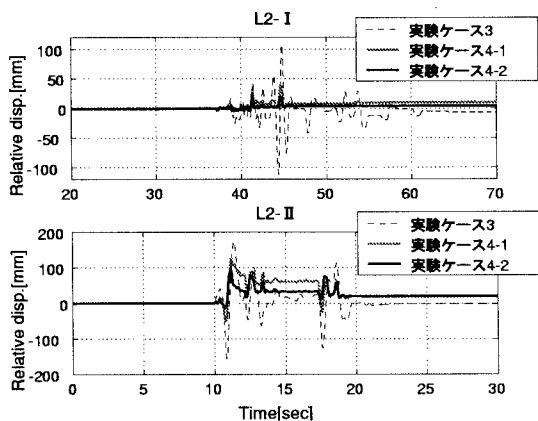


図3 実験ケース3・4-1・4-2

—バラストの動的挙動—

本実験供試体においては、図4に示すように、免震橋梁部が正の方向に相対変位したときに、バラスト内にできた空間をまわりのバラストが崩れて埋めるため、初期状態に戻りにくくなる現象が見られた。そ

のため、特に負の方向への応答が低下し、残留変位が生じたと考えられる。また、軌きょうを設置した場合、バラスト内部における相対変位は、主に、マクラギの下端を通る面を境界として生じた。

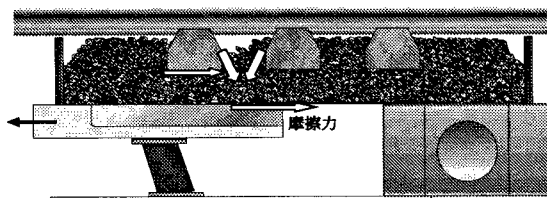


図4 正の方向に相対変位するとき

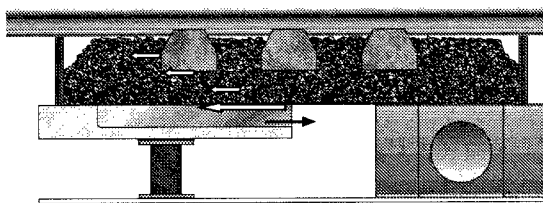


図5 負の方向に相対変位するとき

本実験供試体において、免震橋梁部の挙動に影響を及ぼす主な要因は、図4・図5に示すように、正の方向に相対変位するときは、スライド板と免震橋梁部との間に働く摩擦力とバラスト内部で働く摩擦力であり、負の方向に相対変位するときには、スライド板と免震橋梁部との間に働く摩擦力とバラスト内部で働く摩擦力、及び桁端部において軌きょうとバラストから受ける横抵抗力であり、正の方向に相対変位したときに広がったバラストの影響を考慮する必要があることがわかった。

5 結論

- 軌道構造を組上げるに従って、免震支承の相対変位応答は低下した。特に、軌きょう設置により応答が50%程度になった。軌きょう設置すること及びレールを固定することにより、バラストの流動性が著しく低下し、軌道の拘束力が増大した。
- 免震構造物の地震時挙動に影響を及ぼす主な要因は、スライド板と免震橋梁部の摩擦力とバラスト間の相対変位による摩擦力、及び桁端部において軌きょうとバラストから受ける非線形横抵抗力であり、バラストが広がることにより、残留変位が生じた。

参考文献

- [1] 鉄道構造物等設計標準・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