

バラスト軌道を有する鉄道免震構造の動特性に関する振動台実験（その2）

（財）鉄道総研 正会員 池田学 村田清満 行澤義弘
 京都大学大学院工学研究科 フェロー 家村浩和
 京都大学大学院 学生員 川村崇成

1. はじめに

鉄道橋の免震設計は、軌道の拘束力の影響や列車走行性等の鉄道橋特有の解明すべき課題があり、また現行の設計標準¹⁾にはほとんど記述されておらず、確立された設計手法がないのが現状である。今後、鉄道構造物に積極的に免震構造を適用していくためには、これらの課題に対する検討が必要不可欠である。

本論文は、バラスト軌道を有する鉄道免震構造の橋軸直角方向の特性に着目し、まず設計の基本的な考え方を述べ、さらに振動台実験結果より認められる軌道拘束力の特性について述べる。

2. 鉄道免震構造における橋軸直角方向の設計の基本的な考え方

表-1は鉄道免震構造における橋軸直角方向の設計の基本的な考え方を示したものである。常時および中規模地震（L1地震動）時には列車走行性を確保するために、支承部に移動制限装置を設けるなどして桁端における橋軸直角方向の目違いや角折れを制限する必要がある。一方、大規模地震（L2地震動）時には、変位制限を解除して免震機能を発揮する構造が、下部工に対して有利になる。ただし、スラブ直結軌道等では過大な目違いや角折れはレール締結装置等の損傷をもたらす可能性があるなど、軌道構造に応じた設計が必要である。

なお、L2地震時に変位制限が解除され免震構造化する際には、下部工への衝撃力の作用を避けるために、急激な耐力低下等が無く、スムーズに免震構造へ移行するのが望ましいと考えられる。

3. 振動台実験の概要

バラスト軌道を有する免震構造の地震時特性について検討するため振動台実験を実施した²⁾。振動台実験は、京都大学防災研究所内の大規模強震応答実験装置（振動台実験装置）を用いて実施した。

供試体は、図-1,2に示すように、免震橋梁端部と橋台の部分に着目し、免震支承（鉛プラグ入り積層ゴム支承）に支持された鋼製スラブ（免震橋梁を想定）と振動台テーブル上に固定した鋼製フレーム（橋台を想定）の上に、実大バラスト軌道を上載したものである。入力地震波には耐震設計標準に示す地表面設計地震動を用いた。また、橋軸直角方向加振時は、鋼製スラブの回転を拘束する治具を取付け、橋軸直角方向のみ可動となるようにした。

表-1 鉄道免震構造の橋軸直角方向の設計の考え方

軌道構造	常時・L1地震時	L2地震時
バラスト軌道	列車走行性や軌道部材の耐荷力等から定まる制限値以下に変位制限	移動制限装置が破壊し免震構造化 残留変位は左記制限値以下
バラスト軌道以外 （スラブ直結軌道等）	列車走行性や軌道部材の耐荷力等から定まる制限値以下に変位制限	

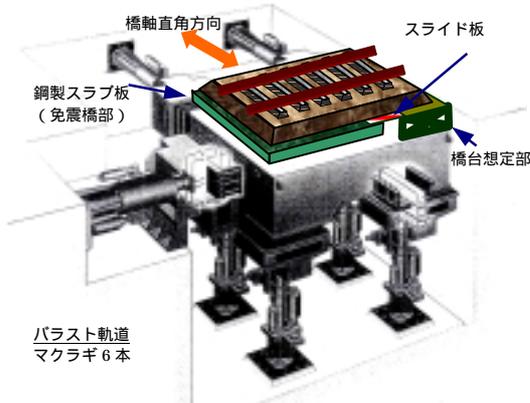


図-1 実験供試体の概要

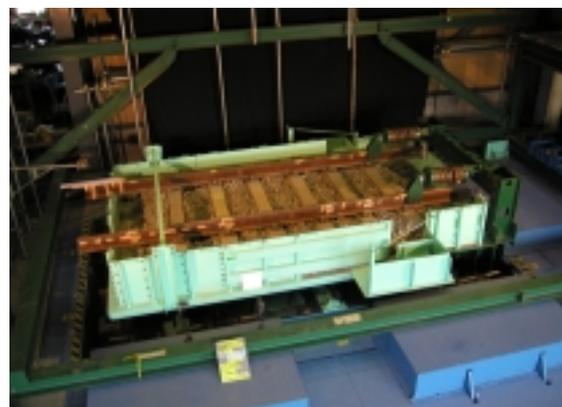


図-2 実験状況

Key Words：バラスト軌道，鉄道免震構造，軌道拘束力，振動台実験

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL：042-573-7280 FAX：042-573-7369

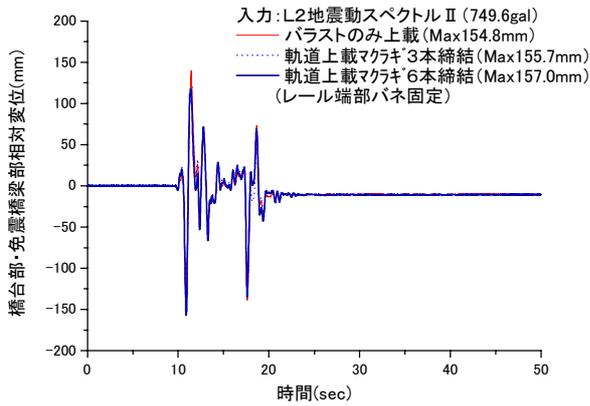


図-3 橋台部・免震部の時刻歴相対変位

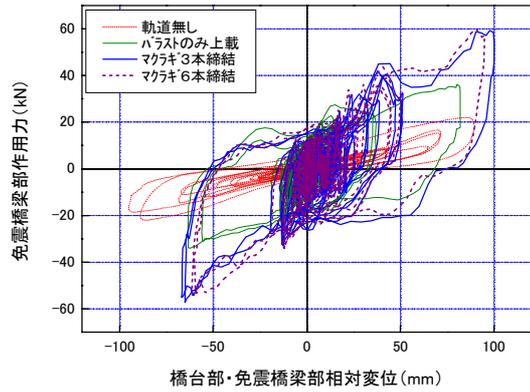


図-5 相対変位と免震橋梁部の作用力の関係

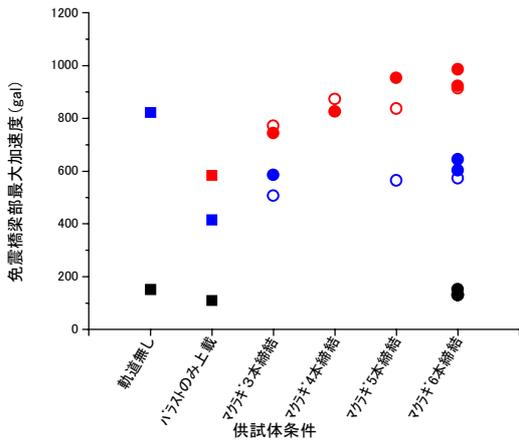


図-4(a) 免震橋梁部最大加速度

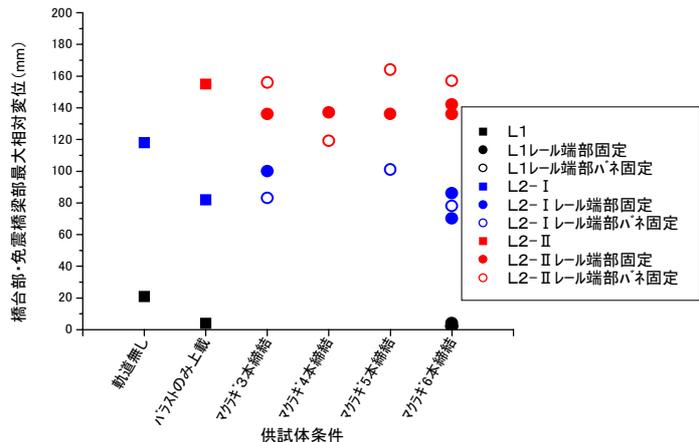


図-4(b) 橋台部・免震橋梁部最大相対変位

4. バラスト軌道を有する免震構造の橋軸直角方向加振時の特性

加振時の主な状態は以下の通りである。L1 地震動 (max137gal) 時は橋台部と免震橋梁部は一体として挙動し、バラスト軌道には変化が認められない。L2 地震動スペクトル (max321.9gal) 時に橋台部と免震橋梁部に相対変位が生じ、バラストに若干の流動が認められる。L2 地震動スペクトル (max749.6gal) 時には相対変位が大きくなり、バラストの流動、さらにはマクラギが移動してレールがたわむ挙動も認められる。

加振は、供試体を順次組み上げた段階で実施し、さらにマクラギ締結本数やレール端部の固定条件等を変えて行った。図-3 には、橋台部と免震橋梁部の相対変位について、各ステップにおける時刻歴応答波形を示す。また、図-4(a)には免震橋梁部の最大加速度、同図(b)には最大相対変位を示す。これらの図より以下の傾向が認められる。

軌道を組み上げていくにつれ、軌道の拘束力の影響により、最大加速度の増大、相対変位の減少が認められる。この軌道の拘束力は、マクラギの周囲のバラストによる拘束力と、スライド板とバラストあるいはスラブ板との摩擦力によるものと考えられる。この拘束力は免震橋梁部と橋台部の境界近傍のみによるため、マクラギ締結本数を変化させても、バラツキはあるものの相対変位はあまり変化しない結果となっている。

さらに、図-5 には、加速度の計測値を用いて免震橋梁部に作用する力を算定し²⁾、その作用力と相対変位との関係を示す。この作用力には、支承の復元力と軌道の拘束力等が含まれている。上記のように、軌道を組み上げることにより、相対変位が小さくなり作用力が増す、すなわち軌道の拘束力が增大するが、マクラギ締結本数を変化させても軌道の拘束力はほとんど変わらないことがわかる。

5. おわりに

今後は、上記のような特性を考慮して軌道拘束力のモデル化に関する検討を行ない、鉄道構造物の免震設計へ反映させていきたいと考えている。

なお、本実験の実施に際しては J R 東海岩田秀治氏にお世話になりました。ここに記して謝意を表します。
 [参考文献] 1) 運輸省監修：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計、丸善、1999.10, 2) 川村, 家村他：バラスト軌道を有する鉄道免震構造の動特性に関する振動台実験 (その1), 土木学会第 58 回年次学術講演会投稿中