

大型振動台実験装置によるバラスト軌道の地震時限界性能

JR 東海 正会員 ○岩田秀治

京都大学大学院工学研究科 フェロー 家村浩和

1. はじめに

過去の巨大地震の被災例に報告されるよう、バラスト軌道は、耐震性能が低いと考えられていた。また、バラスト軌道の地震時動的応答のメカニズムに関しては、明らかにされていなく、特に、摩擦・速度依存性の影響が大きいと、静的な載荷実験等では検証不可能なことも多い。

今回、これらの解明を目的として、大型振動台実験装置を用い、振動台テーブル上に設置した実物大の標準軌間（1435mm）のバラスト軌道（60kg レール、PC マクラギ、バラスト）に対して、L1・L2 地震動による振動実験を行った。

以下、振動台実験によるバラスト軌道の地震時限界性能について報告する。

2. 実験方法

(1) 振動台実験装置

本実験は、京都大学防災研究所内にある大規模強震応答実験装置（振動台実験装置）を用いた（図1）。

(2) 実験供試体および実験ケース¹⁾

供試体は、図1に示すように、振動台テーブル上に治具（高さ55cm：路盤面）を組上げ、標準軌間のバラスト軌道を上載させた。

実験は2ケース実施した。実験ケース1（写真1）は、マクラギ3本上載による線路方向および線路直

角方向の動的応答、実験ケース2（写真2）は、マクラギ6本上載により、マクラギ本数による相違に関する動的応答を確認した。入力地震動は、鉄道用想定地震動入力波（L1, L2 地震波）を用いた²⁾。

3. 実験結果

バラスト軌道の挙動は、入力地震動および路盤面の応答加速度・変位に着目し、目視およびビデオにより確認した。実験結果を図2, 3, 表1~3に示す。

L1 地震動（L1-G1 基盤波：max137gal, L1-G5 地

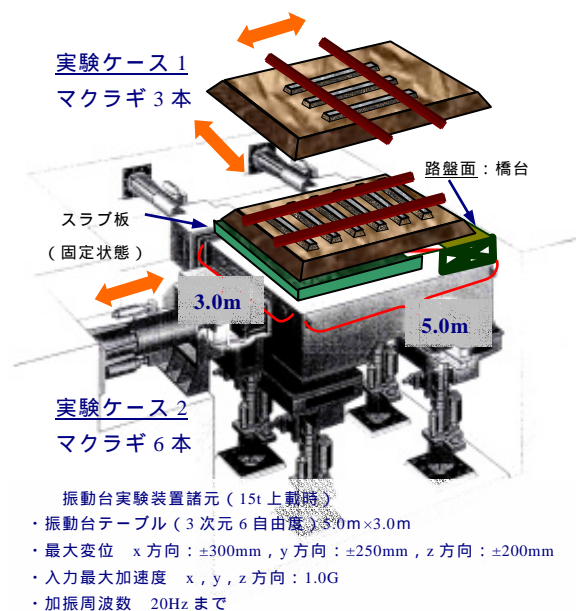


図1 バラスト軌道の振動台実験供試体

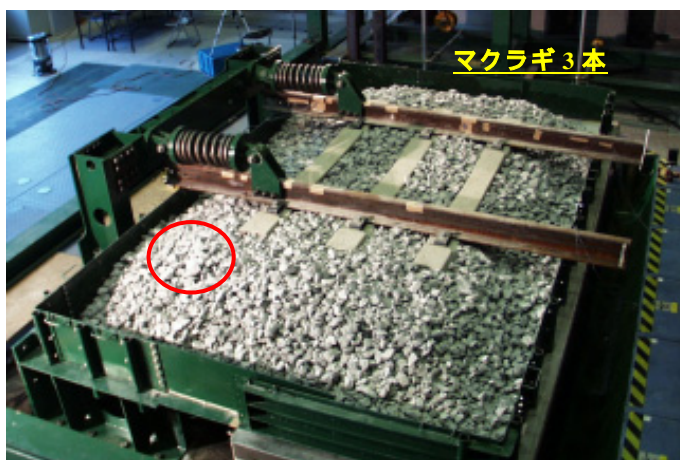


写真1 実験ケース1

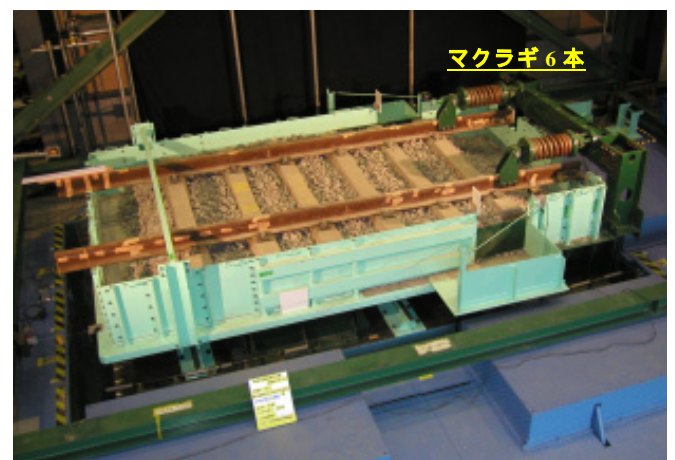


写真2 実験ケース2

キーワード：バラスト軌道，振動台実験，限界性能，動的作用，地震

連絡先：JR 東海 技術開発部 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 tel0568-47-5375, fax0568-47-5364

表 1 実験ケースと応答値結果

NO.	実験ケース	入力方向	入力地震動の種類 最大加速度(gal)	マクラギ本数(本)	路盤上の最大 応答加速度(gal)	路盤上の最大 応答変位(mm)
1	1	L	L1(G5) 198.6	3	164.4	81.2
2	1	L	L2- (G1) 250.0	3	367.8	87.6
3	1	L	L2- (G1) 300.0	3	576.5	104.9
4	1	L	L2- (G1) 321.9	3	476.2	112.3
5	1	L	L2- (G1) 375.0	3	442.3	75.1
6	1	L	L2- (G1) 500.0	3	576.2	100.4
7	1	L	L2- (G1) 749.6	3	856.2	148.9
8	1	C	L1(G5) 198.6	3	209.7	90.8
9	1	C	L2- (G1) 250.0	3	389.2	97.5
10	1	C	L2- (G1) 300.0	3	469.5	117.4
11	1	C	L2- (G1) 321.9	3	474.0	125.2
12	1	C	L2- (G1) 375.0	3	468.3	83.7
13	1	C	L2- (G1) 500.0	3	697.2	111.6
14	1	C	L2- (G1) 749.6	3	1113.4	167.1
15	2	L	L1(G1) 137.0	6	146.4	61.0
16	2	L	L2- (G1) 250.0	6	379.9	97.7
17	2	L	L2- (G1) 300.0	6	454.9	117.4
18	2	L	L2- (G1) 321.9	6	484.5	126.4
19	2	L	L2- (G1) 300.0	6	363.9	68.6
20	2	L	L2- (G1) 350.0	6	479.2	78.5
21	2	L	L2- (G1) 400.0	6	560.3	89.4
22	2	L	L2- (G1) 450.0	6	716.6	100.5
23	2	L	L2- (G1) 500.0	6	752.9	111.4
24	2	L	L2- (G1) 550.0	6	804.8	122.7
25	2	L	L2- (G1) 600.0	6	833.8	134.3
26	2	L	L2- (G1) 650.0	6	880.8	145.4
27	2	L	L2- (G1) 700.0	6	921.2	155.8
28	2	L	L2- (G1) 749.6	6	1010.4	166.5

表 2 バラスト軌道の実験結果

路盤面の 応答加速度	バラスト軌道の変状状況	
	線路方向(L)	線路直角方向(C)
~ 300gal	変状なし	変状なし
300gal ~ 350gal	変状なし	不安定なバラスト微小な振動
350gal ~ 400gal	不安定なバラスト微小な振動	バラスト振動の始まり
400gal ~ 450gal	バラスト振動の始まり	バラスト変状の始まり
450gal ~ 500gal	バラスト変状の始まり	軌きょう振動の始まり
500gal ~ 550gal	軌きょう振動の始まり	バラスト変状, マクラギ下面で軌きょうの滑動
550gal ~	バラスト変状, マクラギ下面で軌きょうの滑動	軌きょうの滑動, バラスト流動化

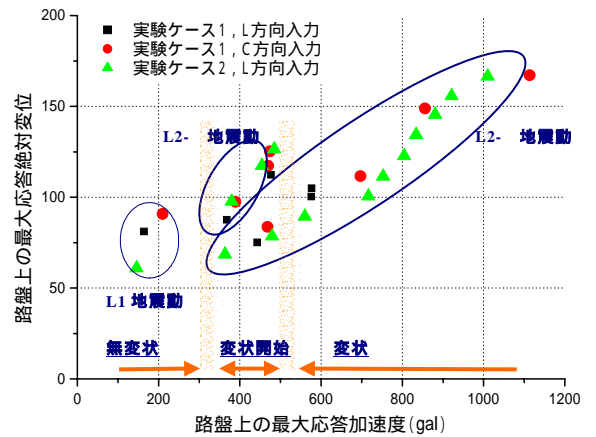


図 2 バラスト軌道の実験結果

盤波：max199gal)を入力した場合は、軌道変形・変状は一切なかった。

L2地震動の海洋型地震(スペクトル L2- -G1 基盤波 max321.9gal)および内陸地震(スペクトル L2- -G1 基盤波 max749.6gal)を加速度調整^{表2}を行いながら入力した場合は、まず、線路直角方向入力の路盤面応答 300~350gal で、写真1赤丸部に意図的に不安定に置いたバラストが振動する程度であった。同様に線路方向の挙動は 350~400gal で発生した。また、応答が大きくなるに従い、変状も大きくなり、応答 500gal 以上ではバラストが流動化し、軌道構造の要求性能は満たされない状態になった。図3に示すように、バラスト軌道の最も大きい滑動面は、スラブ上面ではなく、マクラギ下面であった。

線路方向と直角方向の挙動の比較では、同じ現象の発生は線路方向が約 50gal 上回ることを確認した。

マクラギ本数の比較においては、供試体の重量差により応答値には若干の相違があったものの、バラスト軌道の変状・動的挙動には差が見られなかった。

4. まとめ

従来、バラスト軌道の地震時の性能は極めて低いと言われていたが、本振動台実験の結果からは、L1地震動を直接入力しても、バラスト軌道自体の安定性により形状は保持された。また、地震波の周波数特性に相違はあるものの、300gal~350gal 程度の路盤上の応答であれば、バラスト軌道の変状は発生しにくいと考えられる。ただし、高架橋等の土木構造

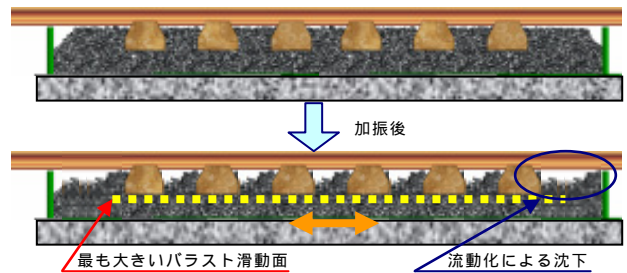


図 3 バラスト軌道の動的変状

物で共振・増幅する場合や、構造物間で位相差が生じる場合には、L1地震動でも、応答値が大きくなる可能性があることを注意したい。

本実験は、マクロな観点からの検証であるが、軌道が地震時にも保有している拘束力を確認したと考え、今後は、耐震設計上でも軌道拘束力を評価できるよう検討を重ね、鉄道構造物の耐震性能の向上、高性能化に努めたい。

最後に鉄道総研 村田清満氏、池田学氏をはじめとする多くの方々にご指導、ご協力を賜ったこと、深く感謝するものです。

【参考文献】

- 1) 岩田秀治：鉄道橋の免震構造化に関する振動台実験と動的解析モデル，京都大学博士論文，平成 14 年 9 月
- 2) 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，平成 11 年 10 月