

## 振動台試験装置を使用した有道床軌道の耐震性能評価

JR東日本 正会員○熊倉孝雄 JR東日本 正会員 石井秀明  
 JR東日本 正会員 小西俊之 JR東日本 正会員 関野敦司

### 1. はじめに

JR東日本では夏期に大規模地震が発生した場合、現場点検で外観上異常が認められなくても有道床軌道における道床の緩みが懸念されるため、ロングレールのふく進検査や道床横抵抗力の測定作業が必要となり、多大な労力と時間を必要としている。そこで、有道床軌道における耐震性能を定量的に評価し、安全を確保した効率的な運転規制体系を構築することが求められている。

### 2. 研究の目的

地震加速度による道床横抵抗力の減少に対する耐震性評価は既往の研究で行われている<sup>\*</sup>が、これまで実物大軌道での検証・評価は行われていなかった。

そこで、本研究では振動台試験装置に実物大軌道を敷設し、最大加速度、周波数を可変させて道床形状の観測と道床横抵抗力の測定を行い、その定量化を図ることで適正な運転取扱いを構築することを目的とした。

### 3. 代表的な地震動と試験条件

近年発生した大規模地震の最大加速度と卓越周波数を表-1に示す。地震動の最大加速度は600galから1,500gal程度であり、卓越する周波数は1Hzから10Hzの範囲内である。なお、大規模地震の一般的な地震継続時間は概ね5秒から10秒である。

以上の大規模地震の最大加速度、周波数、地震継続時間を踏まえて、試験条件は表-2のとおりとした。

表-1 代表的な大規模地震の最大加速度と卓越周波数

| 地震名称    | 発生年   | 記録情報          | 最大加速度(gal) | 卓越周波数(Hz) |
|---------|-------|---------------|------------|-----------|
| 釧路沖地震   | 1993年 | 釧路海洋気象台       | 814.9      | 2.0~3.8   |
| 兵庫県南部地震 | 1995年 | 神戸海洋気象台記録NS成分 | 817.8      | 4.8       |
| 兵庫県南部地震 | 1995年 | 神戸海洋気象台記録EW成分 | 765.8      | 1.2~3.0   |
| 三陸南地震   | 2003年 | 牡鹿(K-net)     | 1103.5     | 3.0~4.2   |
| 新潟中越地震  | 2004年 | 小千谷NS成分       | 1147.4     | 1.4       |
| 新潟中越地震  | 2004年 | 小千谷EW成分       | 1307.9     | 1.5       |
| 岩手県沿岸北部 | 2008年 | 玉山NS成分        | 1019.2     | 4.2       |
| 岩手県沿岸北部 | 2008年 | 玉山EW成分        | 683.8      | 5         |
| 岩手宮城内陸  | 2008年 | 一関西NS成分       | 1143.2     | 6~9       |
| 岩手宮城内陸  | 2008年 | 一関西EW成分       | 1432.6     | 7.2~9.5   |

表-2 試験条件

| 入力波 | 周波数 | 設定最大加速度 | 仕様                               |
|-----|-----|---------|----------------------------------|
|     | Hz  | gal     |                                  |
| 正弦波 | 1   | 400~900 | 時間固定(主要8s)<br>(前後1sのテーパ)         |
|     | 2   | 400~900 |                                  |
|     | 5   | 400~900 |                                  |
|     | 10  | 400~900 |                                  |
| 地震波 | —   | 606     | 兵庫県南部地震應取NS100%<br>中越地震小千谷EW100% |
|     | —   | 1314    |                                  |

### 4. 試験装置と試験方法

加振装置には大規模地震と同等の条件が再現できる振動台試験装置(写真-1)を使用した。

試験体は軌道延長が4.5m、転圧した路盤上に道床厚200mmでPC3号マクラギ8本を敷設したバラスト軌道とした(表-3)。レールは敷設せず、50Nレールに相当する重量を各マクラギに付加した。

測定には図-1のとおりマクラギと道床、路盤に変位計12台、荷重計6台、加速度計8台を使用した。

試験では各試験条件の最大加速度、周波数において正弦波を時間固定で10秒間加振し、道床形状の観測と加振前後の道床横抵抗力を測定した。なお、兵庫県南部地震と中越地震と同様な地震波を設定した条件についても試験した。



写真-1 振動台試験装置と試験体

表-3 試験体の材料寸法

| 部材   | 項目 | 内容                    |
|------|----|-----------------------|
| 路盤   | 粒径 | 砕石5号(粒径13~20mm)       |
|      | 密度 | 1.656t/m <sup>3</sup> |
| 道床   | 粒径 | 発生バラスト(粒径20~60mm)     |
|      | 密度 | 1.668t/m <sup>3</sup> |
| マクラギ | 種類 | PC3号                  |
|      | 本数 | 8本                    |
| レール  | 種類 | 使用せず(マクラギに50N相当の重量付加) |

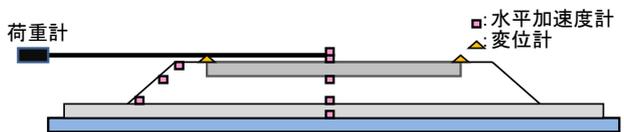


図-1 試験体と測定計器

### 5. 試験の結果

#### (1) 道床形状の観測結果

周波数に関わらず最大加速度が500galまでは入力加速度に対して道床とマクラギの応答加速度は同程度となったが、600gal程度から徐々に道床肩と法面の応答加速度が入力加速度より大きくなり始めた(図-2)。

キーワード：振動台試験装置、有道床軌道の耐震性能、道床横抵抗力

連絡先：JR東日本研究開発センター さいたま市北区日進町 (Tel 048-651-2389)

道床形状については周波数に関わらず600gal程度から道床肩のバラストに崩れが認められ、700gal程度では顕著な崩れが発生した。

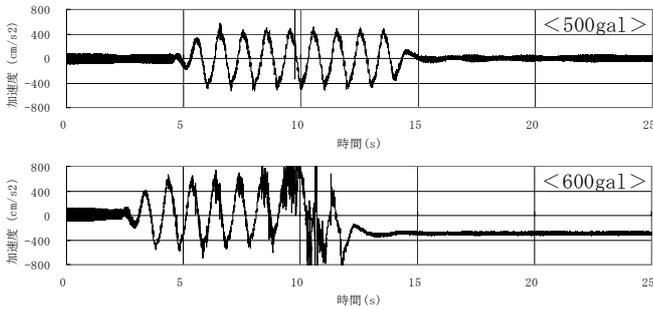


図-2 道床法面の加速度(1Hz-500gal・600gal)

(2) 道床横抵抗力の測定結果

加振後にマクラギを水平方向へ荷重載荷し、横変位が2mmとなった荷重を道床横抵抗力として測定した。

周波数1Hzにおける道床横抵抗力の測定結果を図-3に示す。最大加速度が大きくなるほど道床横抵抗力の低下がみられ、700galまでは顕著な低下はみられなかった。

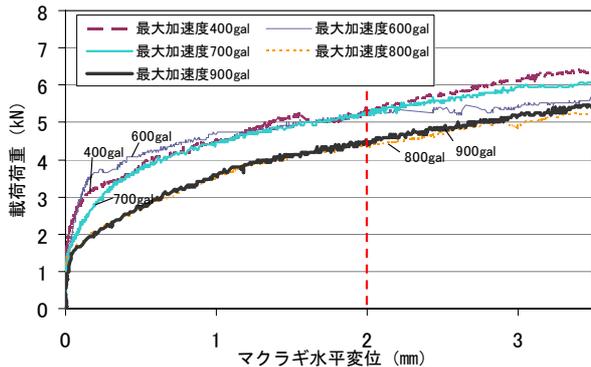


図-3 道床横抵抗力の測定結果(1Hz)

図-4に周波数ごとの道床横抵抗力の測定結果を示す。道床横抵抗力が低下する最大加速度は周波数による依存性は低く750gal程度であった。

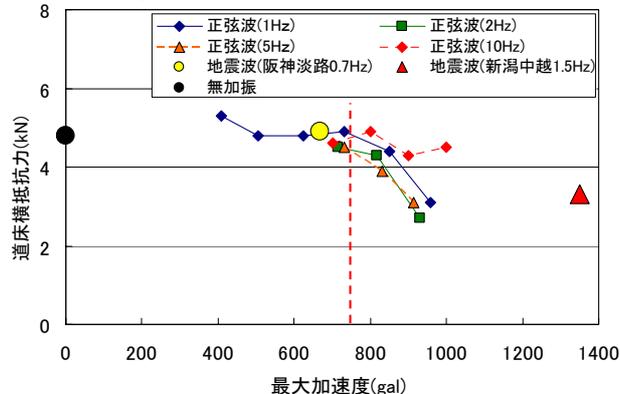


図-4 周波数ごとの道床横抵抗力

各試験条件で測定した道床横抵抗力を加振前に測定した道床横抵抗力で除した道床力抵抗力比を図-5に示す。道床肩の崩れが発生する加速度は600gal程度であり、道床横抵抗力比が1を下回るのは750gal程度であった。

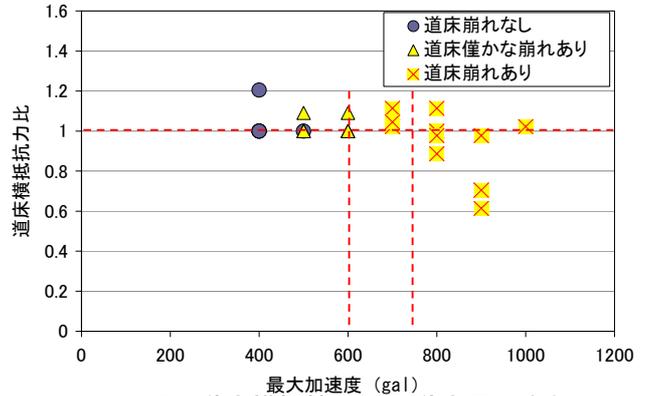


図-5 道床横抵抗力比と道床肩の崩れ

6. まとめ

- (1) 道床形状が崩れる振動加速度は周波数1Hz～10Hzの範囲では周波数に依存せず600gal程度である。
- (2) 道床横抵抗力は周波数1Hz～10Hzの範囲では周波数に依存せず750gal程度から低下する。
- (3) 道床横抵抗力の低下は道床肩や道床法面が崩れ始めた後に発生しており、道床形状に変化が無ければ低下しないと考えられる。

以上の結果を踏まえ、大規模地震時の運転取扱いの改正案を図-6に示す。

現行では、現場点検で異常が認められなかった非被災区間において構造物指標による判定を行い、閾値を超過した場合にはすべて道床横抵抗力を測定する必要があるが、本研究により定量化した地震加速度の閾値(本案では道床が崩れる600gal)を設定することにより、必要な箇所のみでの測定を行えばよいこととなり、安全を確保した効率的な運転取扱いを行うことができる。

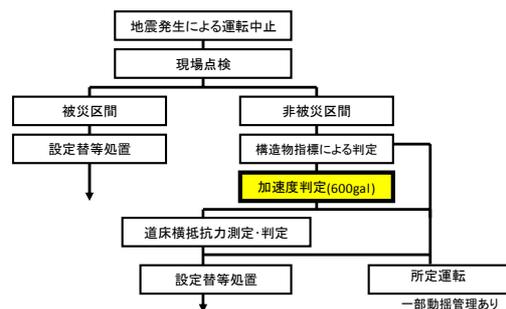


図-6 運転取扱いの改正案(加速度閾値を600galとした場合)

7. おわりに

本研究により軌道上での最大加速度の閾値は定量化できたが、現場で発生した地震加速度を既設地震計から推測するためには、震源からの距離減衰や高架橋・盛土などの土木構造物による増幅を考慮する必要があり、これを踏まえた運転取扱い方法を検討中である。

※参考文献：平尾博樹、関根悦夫「模型バラスト軌道の振動台試験その2 道床抵抗力」土木学会第63回年次講演会、2008.9