

## 実物大軌道試験装置を用いた軌道状態試験方法に関する研究

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 阿部 秀明  
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 中川 昌弥

### 1. はじめに

列車荷重が軌道に及ぼす影響の確認や新しく開発した軌道の性能確認を行うことを目的として実物大軌道試験装置（写真 - 1）を導入しました。軌道は日々の列車通過により徐々に沈下が進行していきます。そのため軌道の経年現象を把握するためには営業線で長期に渡る調査が必要でしたが、実物大軌道試験装置で促進試験を行うことにより短期間で軌道の性能を確認することが可能となりました。今回、この試験装置の概要と試験方法の確立のために行った予備試験について紹介します。



写真 1 実物大軌道試験装置

項目	内容
載荷装置数	上下方向 8 基 左右方向 4 基
最大荷重（載荷装置 1 台あたり）	上下方向 動的 125kN 静的 160kN 左右方向 動的 65kN 静的 80kN
最大振幅	上下方向、左右方向とも ±50mm
加振周波数	0 ~ 35Hz 重畳波として 100 Hz までの正弦波を重ね合わせることが可能
コンクリートピット	長さ 20m × 幅 7m × 深さ 3m 10m は土路盤の敷設が可能 10m はコンクリート路盤

表 - 1 実物大軌道試験装置性能

### 2. 試験装置概要

本試験装置は大きく分けて、載荷装置、試験軌道を敷設するためのコンクリートピット、防振装置から構成されています。載荷装置は表 - 1 に示すように、鉛直荷重及び水平荷重が載荷できるようにアクチュエーターを合計 12 台備えています。加振周波数は 0 ~ 35 Hz ですが、実際に軌道が車輪から受ける輪重の変動分を模擬できるように、100Hz までの正弦波を振幅量の 10% の大きさに基本となる波形に重ね合わせることが可能です。この波形を重畳波と言い、軌道の変状をより効果的に把握することが出来ます。アクチュエーターは、コンクリートピット上を載荷場所まで移動可能な門型のフレームに据え付けられていて、試験時には固定して載荷を行います。コンクリートピットは長さ 20m × 幅 7m の大きさがあり、片側 10m は土路盤、残り 10m はコンクリート路盤とし、スラブ軌道の試験も実施できるようにスラブ軌道用の突起を設けてあります。なおコンクリートピットの下部には試験中発生する振動が外部に伝わらないように、空気バネを 69 基配置し、振動を吸収できる防振装置を設置しています。試験時にはこの空気バネを利かせることでコンクリートピットごと約 30mm 浮上させて、長期間の試験でも周囲の環境に影響が出ないように配慮してあります。

### 3. 試験時の載荷方法について

#### (1) 列車通過時に発生する力の模擬

本試験装置を用いて列車が通過した際に発生する力をどのように模擬するかについて以下に示します。列車の通過によりレールとまくらぎ間に働く荷重（レール圧力）を模式的に表すと図 - 1 のようになります。これは、任意の 1 本のまくらぎがレールから受ける力で、軌道の固さや走行速度によって多少異なりますが、基本的には M 型の波形になります。最初は、この波形を試験装置で再現するのにレールを敷設した状態で

荷重を載荷することを検討しました。しかしレールを敷設した状態で荷重を加えるとレールの剛性により力が

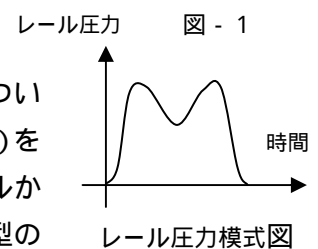


図 - 1 レール圧力模式図

キーワード 軌道力学

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-0 JR 東日本研究開発センター 7 階 702 号室 TEL 048-651-2389

分散してしまうこと、また複数台のアクチュエーターによる荷重を重ね合わせて荷重の大きさを合致させるため 4 台のアクチュエーターをバラバラの波形で制御せざるを得なくなり（図 2(1)）、制御が複雑になるばかりか、隣り合うアクチュエーターの荷重がレールを介して相互に干渉し、動作が不安定となり誤差が発生してしまうことが分かりました。（図 - 2(2)）そこで軌道の挙動を確認する試験を行う場合には、まくらぎに想定されるレール圧力を直接載荷する方法を取ることにしました。

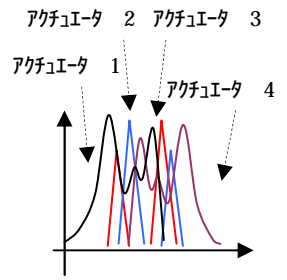


図 - 2(1)検討した載荷波形

点線：模擬したい波形  
実線：出力波形

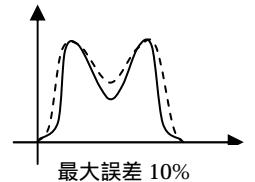
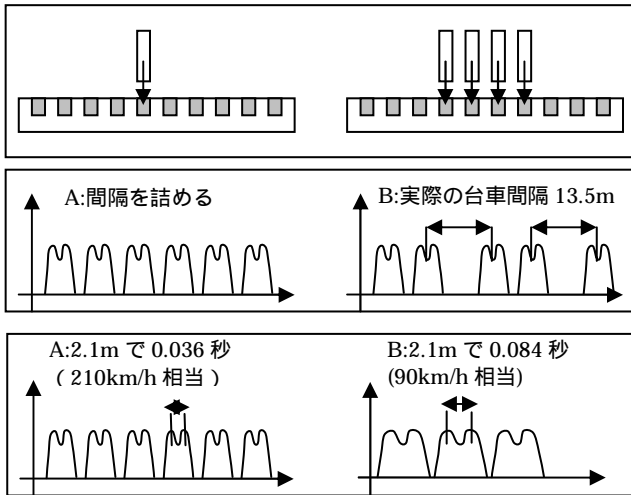


図 - 2(2)  
レール圧力との誤差

（2）促進試験に用いる波形の決定

軌道の性能確認を行うにあたって、実際の列車の荷重を模擬して促進試験を行うためには、どのような波形を載荷するのが良いか検討しました。そこで軌道の挙動を測定して載荷方法の違いによる差を確認することにしました。下記の図と表で示すように 3 種類の確認試験を行い、アクチュエーター1台と4台の違い、波形の繰り返す間隔を可能な限り詰めた場合（A）と実際の台車の間隔に合わせた場合（B）の違い、載荷する波形の周波数を 210km/h 相当にした場合（A）と実際の列車速度である 90km/h にした場合（B）の違い、それぞれ軌道の沈下量と道床振動加速度を測定し両者のパターンの比較を行いました。



アクチュエーター台数	100 日沈下量	考察
1 台	0.02mm	アクチュエーター 1 台の載荷では初期沈下終了後ほとんど沈下が進まない。4 台の載荷により沈下進みに差が現れることが確認できた
4 台	0.12mm	

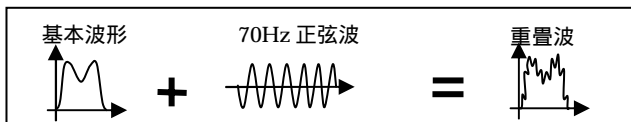
波形の間隔	100 日沈下量	考察
A	0.12mm	載荷する波形の間隔による沈下量の差はほとんど見られないことが確認された
B	0.08mm	

周波数	100 日沈下量	考察
A	0.12mm	載荷する波形の周波数による沈下量の差はほとんど見られないことが確認された
B	0.10mm	

100 日沈下量  
初期沈下が終了してから 100 日経過した時点でのまくらぎ沈下量

これらの試験より、アクチュエーター4台での載荷が有効であること、荷重波形の間隔の違い、周波数の違いが軌道沈下に及ぼす影響は殆ど見られず促進試験にあたっては載荷波形の間隔、周波数を詰めて実施できることを確認しました。しかし沈下量は実際の現場で得られる数値より小さい傾向が見られたため、引続き列車通過時に発生する高周波成分を模擬した重畳波（図 - 3）を使用して試験載荷を実施しました。

図 3 重畳波載荷波形



試験条件	100 日沈下量	その他
波形間隔 A 周波数 A	0.21mm	道床振動加速度は 0.87G (現場での実測 0.65G ~ 0.92G)

その結果沈下進みには、高周波成分の影響が大きく、重畳波により沈下進みが大きくなるとともに、道床振動加速度はほぼ現場で得られる値に近似することが出来、これを試験載荷に用いる波形として採用することにしました。

4. まとめ

今回の実物大軌道試験装置による試験結果と現場の軌道データとの比較により実物大軌道試験装置による試験の有効性が確認できました。今後はこの載荷方法による促進試験で、軌道性能の確認を行い、軌道変状の解明や新しい軌道構造の開発に役立てていきたいと思ひます。