

Ⅲ-A104

バラスト粒子の移動観察による道床バラスト層の沈下特性と沈下低減方法の検討

（財）鉄道総合技術研究所 正会員○矢崎澄雄 正会員 関根悦夫

1. はじめに

有道床軌道に列車走行の繰返し荷重が作用すると道床バラスト層で塑性沈下を生じる。この塑性沈下は、バラスト粒子のかみ合せが崩れることにより、バラスト粒子が密な部分から粗な部分に移動することにより発生すると考えられるが、バラスト粒子の移動に着目した道床バラスト層の塑性沈下についての検討は現在まであまり行われていない。そこで、アクリル板に接した実物大軌道模型による道床バラスト粒子の移動観察実験を行い、繰返し荷重によるバラスト粒子の動きに起因する道床バラスト層の沈下特性の検討を試みた。また、道床バラスト層の塑性沈下がバラスト粒子の移動に起因すると考えられることから、鉄製の立体補強材により道床バラストの側方移動を拘束した場合の効果についても、比較・検討したので報告する。

2. 実験概要

実験は、補強しない通常の有道床軌道のケース（以降、無補強と称す）と鉄製立体補強材により道床バラストの側方への移動を拘束することで補強したケース（以降補強有りと称す）を行った。

軌道模型は、土槽内に構築した路盤上に観察用の軌道を作製したもので、その概略を図1に、用いた道床バラストの粒度分布を図2に示す。路盤は、塑性沈下がないよう粒度調整砕石を用い十分に締め固め、軌道は土槽枠に設置したアクリル板に、摩擦軽減層を介して切断したバラスト粒子を積み上げ作製した。道床バラストの切断面には、写真によりバラスト粒子の位置が読み取れるようマーキングしている。

作製した軌道模型に対して、静的荷重、列車荷重相当での繰返し荷重を実施した。載荷荷重は、軌きょうによる荷重分担率等を考慮し、静的荷重では1.0tfごとに8.0tfまでの段階的の載荷後、除荷した。繰返し載荷は、周波数11Hz、1～8tfの正弦波で30万回まで載荷した。

観察は所定の荷重段階、繰返し載荷回数で載荷を停止した状態にて写真撮影し、この写真から道床バラストの切断面に記したマーカーの位置を座標読み取りシステム^{1,2)}により座標変換した。変換した座標から、所定の荷重段階、載荷回数までのバラスト粒子の動きをベクトル、せん断ひずみに換算した。また、実験では変位計による軌道の沈下量も測定している。

3. 試験結果

静的載荷： 図3に最大荷重(8tf)載荷時、および載荷終了後の道床バラスト層の沈下量の比較を示す。同図から、補強有りのケースの沈下量は、最大荷重(8tf)時、載荷終了後とも無補強のケースの1/2程度となっていることがわかる。

図5に載荷前から載荷終了後までのバラスト粒子の動きをベクトル表示したものを、図6にバラスト粒子の動きから求めた道床バラストのせん断ひずみ；有道床軌道、道床バラスト、沈下、繰返し載荷実験

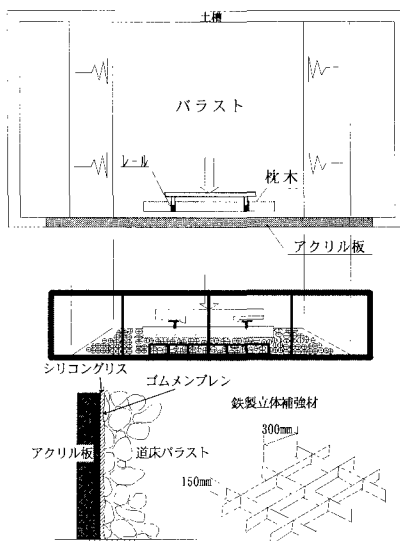


図1 観察用軌道模型概略図

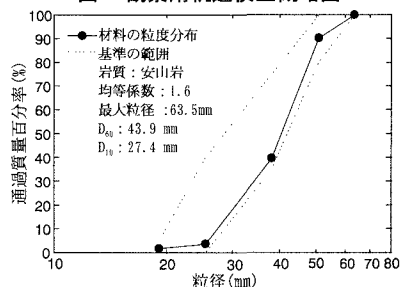


図2 使用した道床バラストの粒度分布

ラスト層のせん断ひずみの分布を示す。図5から、無補強のケースでは載荷点から外側にバラスト粒子が移動しているのに対し、補強有りのケースでは補強材内での動きが小さいことがわかる。また、図6からせん断ひずみの分布は、無補強のケースでは道床全体に分布しており、そのひずみ量も大きいのに対し、補強有りのケースでは補強材内でのひずみがほとんど発生しておらず、まくらぎと補強材の間に集中していることがわかる。

繰返し載荷： 列車荷重による有道床軌道の沈下の進行は、載荷初期の急激な沈下（初期沈下）とその後の定常沈下からなり、(1)式で表すことができる³⁾。

$$\varepsilon = \gamma(1 - e^{-\alpha n}) + \beta \cdot n \dots \dots (1)$$
 ここに、 ε ：沈下量 n ：載荷回数
 α, γ ：沈下係数 β ：定常沈下係数
 一般に道床バラスト層の沈下は、定常沈下係数で検討されることから、ここでも定常沈下係数について比較することとした。

図4に実験の結果得られた定常沈下係数 β 、繰返し載荷終了後の道床バラスト層の塑性沈下量の比較を示す。同図から、 β 、塑性沈下量とも補強有りのケースのほうが小さくなっていることがわかる。

定常沈下と考えられる載荷回数5万から30万回載荷終了時までの道床バラスト粒子の動きを図7に示す。無補強のケースでは静的載荷と同様、載荷点から外側にバラスト粒子が大きく移動しているのに対し、補強有りのケースではバラスト粒子の移動量は小さく、特に補強材内で側方移動がかなり抑止されていることが分かる。図8にせん断ひずみの分布を示す。ひずみ分布は無補強のケースではまくらぎ周辺部で全体的に大きな値を示しているのに対し、補強有りのケースでは静的載荷と同様、補強材内でのひずみがほとんど発生しておらず、まくらぎと補強材の間に集中しており、補強材による拘束効果が大きいことがわかる。

4. おわりに

今回の実験から、道床バラスト層の沈下はバラスト粒子の移動に起因していることが分かり、立体補強材による道床バラスト層の側方拘束による補強が道床バラスト層の沈下低減に有効であることが確認された。

＜参考文献＞1) 吉田輝ら：砂の平面ひずみ圧縮試験におけるせん断層の観察, 第27回土木工学研究発表会講演概要集, 1992 2) 吉田輝ら：各種粒状体の平面ひずみ圧縮試験の供試体におけるせん断層について, 土木学会第48回年次学術講演会講演概要集, 1993 3) 佐藤, 梅原編：線路工学, 日本鉄道施工協会, P28, 29

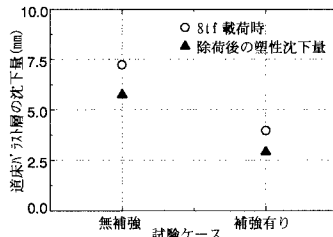


図3 静的載荷による沈下

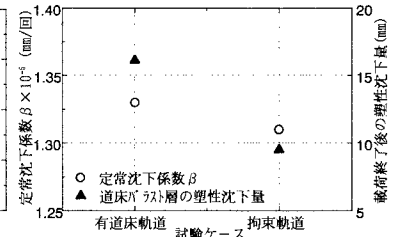


図4 定常沈下係数と載荷終了後塑性沈下

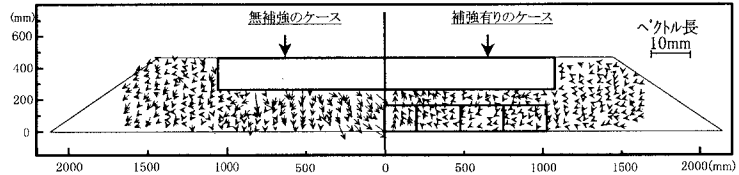


図5 静的載荷前～載荷後のバラスト粒子の動き

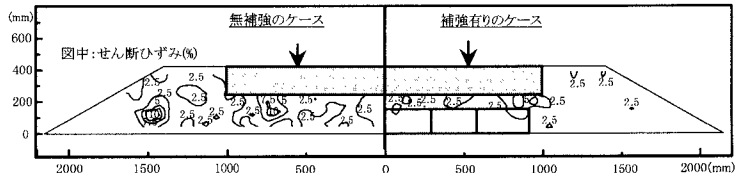


図6 静的載荷前～載荷後の道床バラスト層のせん断ひずみ分布

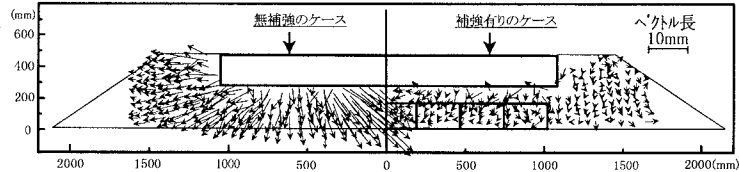


図7 繰返し載荷回数5～30万回のバラスト粒子の動き

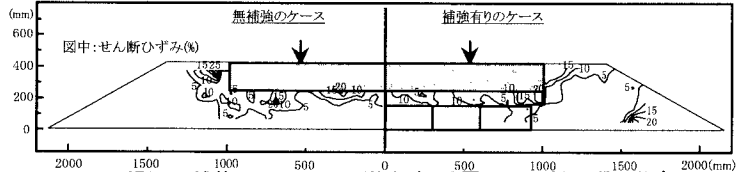


図8 繰返し載荷5～30万回の道床バラスト層のせん断ひずみ分布