

道床バラストの繰返し変形特性に及ぼす荷重条件の影響

鉄道総合技術研究所 正会員 名村 明
 室蘭工業大学工学部 正会員 木幡 行宏
 北海道大学 大学院 正会員 三浦 清一

1. はじめに

有道床軌道の設計標準（案）による道床沈下量は、3号PCまくらぎに対する荷重振動数2Hz、最小荷重一定（無負荷に近い状態）、 2×10^4 回までの繰返し荷重試験結果をもとに決められている。そのため、任意の構造条件や荷重条件に対して予測手法の一般化を図るまでには至っておらず、適用範囲は試験条件と類似した条件に限定されている。本報告では、道床沈下量予測式の一般化を目的として、実物大模型軌道における中心荷重・荷重振幅を変えた荷重条件での一連の繰返し荷重試験を行い、その影響について検討した。

2. 試験概要

実物大模型軌道は、3号PCまくらぎ1本、道床厚25cm、A45バラストマットで構成し、道床部の締固めは通常の保守作業と同様タイタンパーにより突き固めた。荷重条件は、表1に示すとおりで、荷重振動数を7Hzとし、 6×10^5 回まで繰返し荷重した。

表1 荷重条件

試験ケース	最大荷重 (kN)	最小荷重 (kN)	中心荷重 (kN)	荷重片振幅 (kN)	まくらぎ下面圧力振幅 (kN/m ²)
1	30	17	23.5	6.5	27.1
2	30	12	21.0	9.0	37.5
3	35	17	26.0	9.0	37.5
4	30	7	18.5	11.5	47.9
5	35	12	23.5	11.5	47.9
6	40	17	28.5	11.5	47.9
7	30	2	16.0	14.0	58.3
8	35	7	21.0	14.0	58.3
9	40	12	26.0	14.0	58.3
10	45	17	31.0	14.0	58.3
11	35	2	18.5	16.5	68.8
12	40	7	23.5	16.5	68.8
13	45	12	28.5	16.5	68.8
14	40	2	21.0	19.0	79.2
15	45	7	26.0	19.0	79.2

3. 試験結果

荷重両振幅33kNにおける繰返し荷重試験時の最大変位量の推移を図1に示す。なお、最大変位とはまくらぎ両端付近で測定される2測点の平均鉛直変位波形から荷重繰返し数毎に最大変位を読み取り、1回目の最大変位を0mmとして正規化したものである。また、この試験結果は荷重振幅が同じであるため最大荷重が小さいほど最小荷重も小さい。最大変位量は荷重繰返し数とともに増加し、その増分割合は減少していく傾向にある。さらに、最大（最小）荷重が小さいほど最大変位が大きくなることわかる。

荷重両振幅33kNにおける繰返し荷重試験時の変位振幅の変化傾向を図2に示す。変位振幅は繰返し荷重初期には若干増加するものの、その後は一定値に収束する傾向にある。さらに、最大（最小）荷重が小さいほど変位振幅が大きくなることわかる。

初期の急激な変位過程終了後の漸増する変位過程における沈下進み係数を最大および最小荷重別に図3に示す。図から、最大荷重が同じであれば最小荷重が小さい（荷重振幅が大きい）ほどは大きくなり、最小

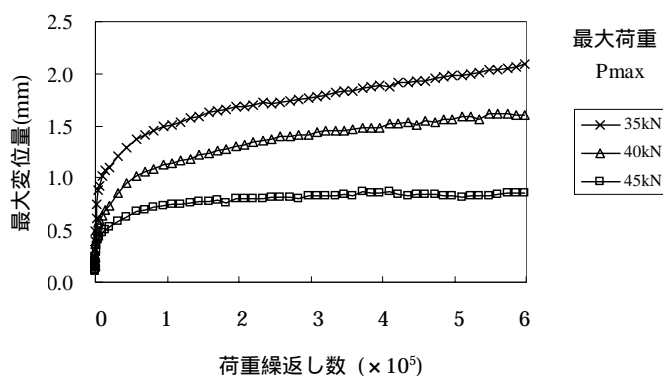


図1 繰返し荷重による最大変位量の推移

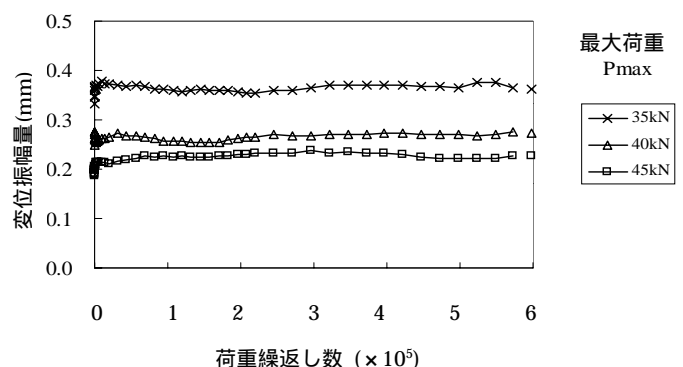


図2 繰返し荷重による変位振幅量の変化傾向

キーワード 有道床軌道，道床バラスト，繰返し荷重，列車荷重，軌道沈下進み

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL:042-573-7291 FAX:042-573-7360

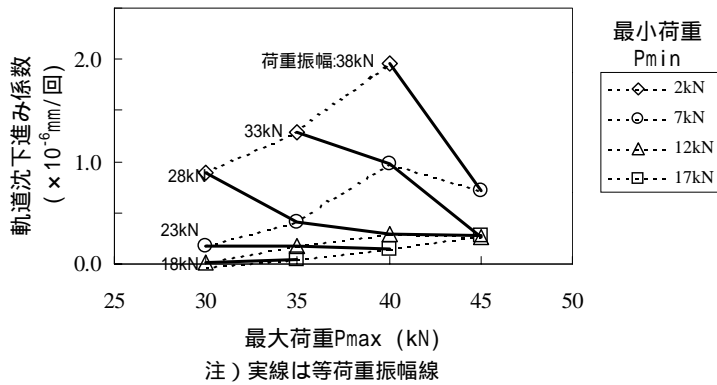


図3 荷重条件別の軌道沈下進み係数

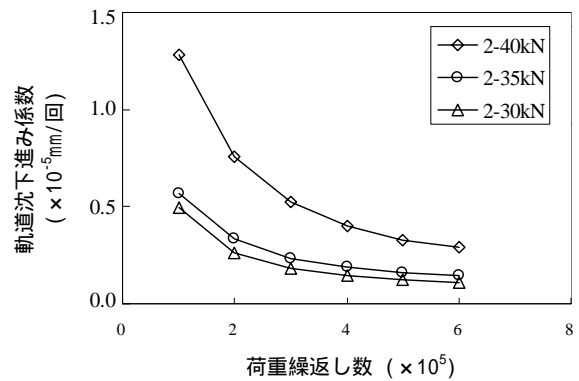
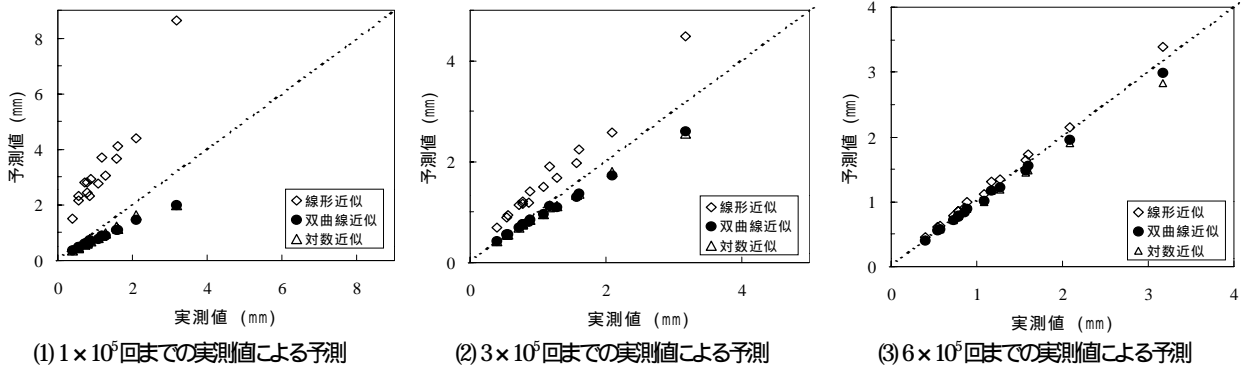


図4 軌道沈下進み係数と荷重繰返し数の関係

図5 荷重繰返し数および近似式の違いが 6×10^5 回載荷後の予測値に及ぼす影響

荷重が同じであれば最大荷重が大きい（荷重振幅が大きい）ほどは大きくなることわかる。さらに、荷重振幅が同じであれば最大（最小）荷重が小さいほどが大きくなることわかる。これは、道床部の变形特性に荷重レベル依存性があることに起因して、図2に示すように最大（最小）荷重が小さいほど変位振幅が大きくなり、変位振幅が大きいほど道床バラスト粒子間のすべりが生じやすくなることから大きくなることと考えることができる。

前述した沈下進み係数は道床沈下量が荷重繰返し数に対して1次関係にあると仮定し近似（線形近似）したものの¹⁾であるが、設計標準においても「荷重繰返し数が多いほど小さくなる傾向にある」ことが指摘されている。そこで、荷重繰返し数が 6×10^5 に及ぼす影響を検討するとともに、他の近似式の適用についても検討した。最小荷重が同じ2kNで最大荷重が異なる場合の軌道沈下進み係数と荷重繰返し数の関係を図4に示す。荷重繰返し数の増加に伴って減少し、その傾向は最大荷重が大きいほど顕著であることが図からわかる。これは、少ない荷重繰返し数では初期変位過程が完全に終了していない場合があり、最大荷重が大きいほど沈下量が大きくなり初期変位過程の終了も遅くなることから、その変化も大きくなることとされる。

そこで、他の近似式として双曲線近似 ($y = x / (a + bx)$) および対数近似 ($y = a + b \log x$) について検討した。荷重繰返し数別の近似式により 6×10^5 回載荷後の沈下量を予測した結果と実測値の比較を図5に示す。図から、線形近似による予測値は少ない荷重繰返し数の場合に実測値と大きく異なる値を示し、予測値は荷重繰返し数の増加に伴い実測値に近づくが、実測値よりも常に高めの値を示すことがわかる。双曲線近似および対数近似による予測値は少ない荷重繰返し数の場合でも比較的实际測値に近い値を示し、荷重繰返し数の増加に伴いさらに実測値に近づくが、実測値よりも常に低めの値を示すことがわかる。

4. おわりに

今後は道床沈下量と荷重繰返し数との関係を示す近似式の最適化を含め、中心荷重・荷重振幅をパラメータとした道床沈下量予測式を確立していく予定である。

参考文献1) 「実物大試験による道床バラスト部繰返し変形特性の検討」, 石川, 名村, 土木学会論文集 No.512/IV-27, 47-59, 1995.4, 土木学会