

軌道模型の繰返し載荷試験における載荷方法の影響

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 村本勝己 関根悦夫 桃谷尚嗣

1.はじめに

列車荷重によって軌道、路盤あるいは盛土などに生じる動的変形あるいは塑性沈下を観測する手段として、軌道模型を用いた載荷試験が数多く行われてきた。軌道模型は実物大からスケールモデルまで大きさは様々であるが、載荷方法については、多くの場合定点での繰返し載荷によって列車荷重を模擬してきた。しかし、試験結果の定量性については、現実の載荷条件と異なる定点載荷には問題があることも指摘されており¹⁾、特に以下の問題については検討が必要であると考えられる。

- 1) 定点載荷では、道床、路盤の要素における主応力方向が繰返し載荷に伴って回転しないが、現実には、荷重の移動に伴って各要素の応力は大きさと同時に方向も時々刻々と変化する。
- 2) パラスト道床や土路盤上の軌道模型において定点載荷を行うと、塑性変形に伴って荷重の支持条件が変化(例えば浮きまくらぎが発生)してしまい、結果として大変形時における応力やひずみ分布が現実とかけ離れてしまう可能性がある。

そこで、今回は、小型の軌道模型載荷試験装置を作製し、移動荷重載荷試験と定点での繰返し荷重載荷試験を行い、これらの結果を比較することにより、軌道模型試験における載荷方法の影響について検討した。

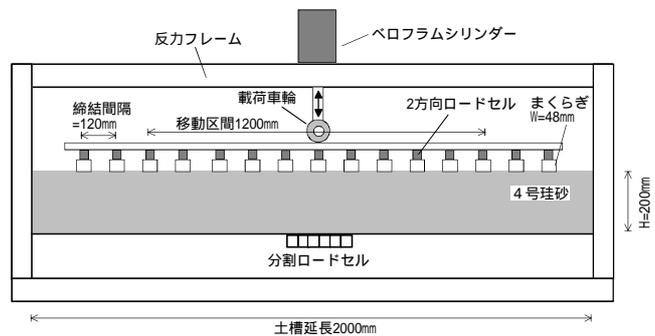


図1 移動荷重試験土槽の概略

2.装置および軌道模型の概略

図1に試験装置の概略を示す。載荷は空圧によって行い、荷重および車輪移動をコンピュータで制御する。軌道模型の条件は表1に示すとおりである。各まくらぎとレールの間にはロードセルが取り付けられており、レールを介してまくらぎへと伝わる荷重を測定する。また、路盤底面にも分割ロードセルがセットされている。なお、模型はレール直角方向を同一断面と仮定した平面ひずみ条件であり、土槽側面と地盤の間にはシリコングリースとテックスゴムシートを挟んで摩擦を軽減している。

表1 軌道模型の条件

模型縮尺	1/5 (ただし、土槽幅 300mm の平面ひずみ模型)
レール	曲げ剛性比 50N レール相当
まくらぎ	幅 48mm(PC3 号まくらぎ相当)
締結間隔	120mm(実寸 600mm 相当)
地盤材料	4 号珪砂(Dr=100%)

3.試験の概略

載荷試験は、図2および表2に示す3種類の載荷パターンについて行った。移動載荷試験は、一定荷重を保持したまま載荷車輪を軌道模型上を往復移動させる。定点載荷試験は、載荷車輪を中心位置に固定し、軌道模型に対して正弦波の繰返し荷重を載荷する。一点載荷試験は、レールを使わず、まくらぎ一本のみで正弦波の繰返し載荷を行う。なお、定点載荷試験の載荷荷重は、荷重振幅を移動載荷試験と同一に、周波数を荷重移動速度と同一にした。一点載荷試験の載荷荷重は、移動載荷試験時に中心まくらぎにおいて観測される荷重波形と同等の正弦波荷重で載荷を行った。また、すべての試験ケースにおいて試験前に荷重 500N の移動載荷で予備載荷を行い、地盤の応力履歴を統一している。

地盤材料については、今回は4号珪砂を用いた。この4号珪砂と、パラスト軌道に用いられる道床パラスト(注:パラストの強度・変形特性は岩質、粒度などでかなり幅がある)の強度の比較をしたのが図3である。軸ひずみ 0.1%程度で比較すると4号珪砂はこのパラストの 30%程度の強度であることがわかる。そこで、今回の模型試験においては、地盤の塑性ひずみレベルを同一にすることを考えて、荷重の相似率を式(1)のように設定した。

地盤材料については、今回は4号珪砂を用いた。この4号珪砂と、パラスト軌道に用いられる道床パラスト(注:パラストの強度・変形特性は岩質、粒度などでかなり幅がある)の強度の比較をしたのが図3である。軸ひずみ 0.1%程度で比較すると4号珪砂はこのパラストの 30%程度の強度であることがわかる。そこで、今回の模型試験においては、地盤の塑性ひずみレベルを同一にすることを考えて、荷重の相似率を式(1)のように設定した。

キーワード:有道床軌道,繰返し載荷,パラスト,模型試験,砂質土
〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

TEL:042-573-7276 FAX:042-573-7413

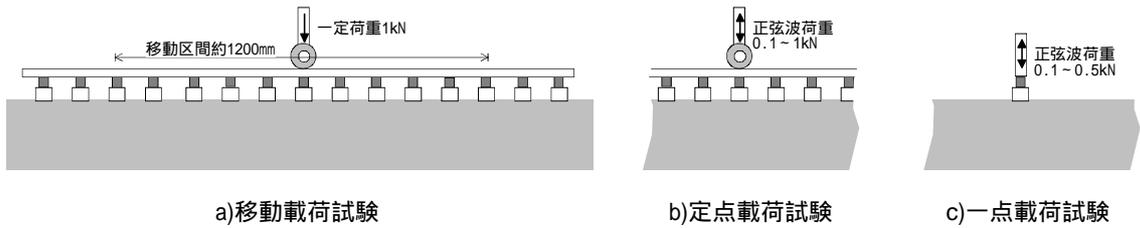


図2 荷重の载荷パターン

$$\text{模型試験の载荷荷重} = \text{実際の車軸荷重} \times \frac{\text{模型まくらぎの断面積}}{\text{P C 3号まくらぎの断面積}} \times 0.3 \cdots (1)$$

この式によれば、今回の载荷荷重 1kN は実際の軸荷重としては 120kN 程度と換算されるが、荷重の相似率については今後さらに検討する必要があると考える。

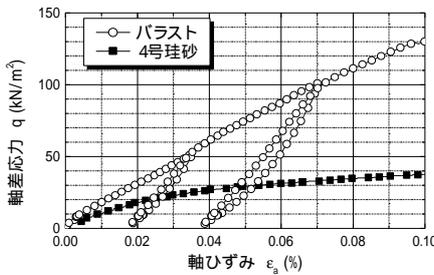


図3 プラストと4号珪砂の応力 - ひずみ曲線 (CD 条件, c = 20kN/m²)

表2 载荷条件

予備载荷	すべてのケースにおいて、0.5kN の移動载荷で 20 回
移動载荷試験 (一定荷重, 等速度の往復移動荷重)	移動速度約 400mm/min 载荷荷重 1kN 移動距離約 1200mm 载荷回数 160 回 (80 往復)
定点载荷試験 (移動载荷と等価な正弦波荷重)	1 周期 150sec(0.0064Hz) の正弦波 载荷荷重 0.1 ~ 1kN 载荷回数 160 回
一点载荷試験 (移動载荷で計測されたまくらぎ荷重波形と等価な正弦波荷重)	1 周期 150sec(0.0064Hz) の正弦波 载荷荷重 0.1 ~ 0.5kN 载荷回数 160 回

4. 試験結果

移動载荷と定点载荷における、軌道模型の中心付近の沈下形状の推移を図4および図5に示す。移動载荷は各まくらぎが比較的均等に沈下していくのに対して、定点载荷は中心付近の沈下が卓越している。ただし、沈下量は移動载荷の方がかなり大きい。そこで、図6において各载荷方法における中心まくらぎの沈下速度を比較すると、移動载荷、一点载荷、定点载荷の順に大きいことがわかる。

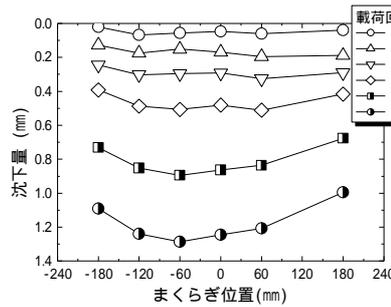


図4 移動载荷における沈下量の推移 (中心まくらぎ直上载荷時)

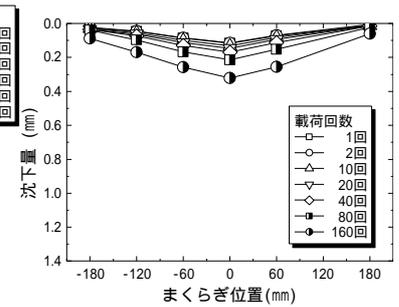


図5 定点载荷における沈下量の推移 (最大荷重時)

また、中心まくらぎに最大荷重がかかっている時点での周辺まくらぎへの荷重分布を図7および図8に示す。この図から、移動载荷の際は载荷回数に伴って地盤が沈下しても各まくらぎへの荷重分担はほぼ一定であるのに対して、定点载荷では载荷初期から载荷点直下の荷重分担は移動载荷と比較して小さく、さらに地盤が沈下するに従って直下の荷重は小さくなり、外側のまくらぎへと荷重分担が移動していくことがわかる。

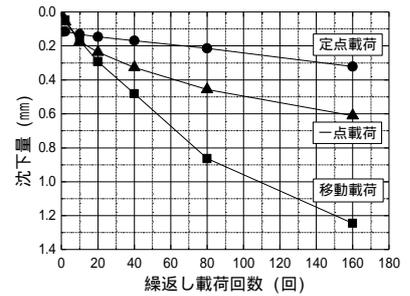


図6 中心まくらぎの沈下量の推移

5. おわりに

今後は、地盤内部のひずみ分布や、応力分布の違いに着目して、荷重履歴や主応力方向の回転等の影響について検討を行う予定である。

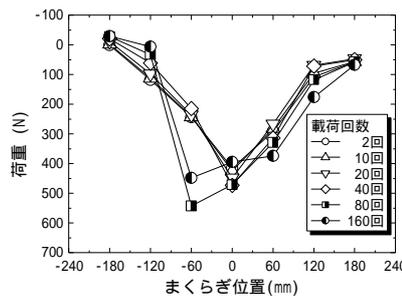


図7 移動载荷荷重分布 (中心まくらぎ直上時)

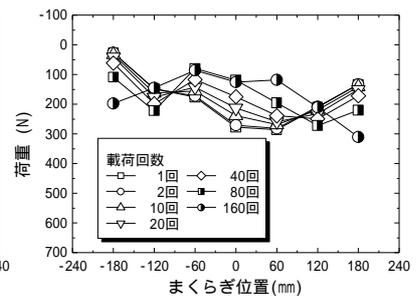


図8 定点载荷荷重分布 (最大荷重時)

参考文献 :1) 軌道模型実験における载荷方法の影響, 平川, 川崎, 桃谷, 龍岡, 第55回年次学術講演会概要集 3-A, pp.428-429, 2000, 土木学会.