

IV-293 路盤変位を考慮した有道床軌道の大型模型による繰返し載荷試験

（財）鉄道総合技術研究所 正会員○矢崎澄雄 正会員 関根悦夫
正会員 村田 修 正会員 木幡行宏
東海旅客鉄道（株） 正会員 宮本秀郎 正会員 長戸 博

1. はじめに

軌道下の路盤が軟弱であると、列車走行時の繰返し荷重により道床バラストの路盤への貫入を生じたり、列車荷重の影響により路盤の変形が大きくなり（図1）、軌道保守量が増加する（図2）問題がある。しかし、開業後数十年を経過した路盤では、道床バラストとの路盤の貫入はほぼ収束していることから、この軌道保守量の増加は、主に道床バラストの沈下に関するものと考えられる。

そこで、列車走行時の路盤の変位と列車の繰返し荷重による道床バラストの沈下との関係を把握するために、実物大の軌道を用いた繰返し載荷試験を行った。なお、列車走行時の路盤の変位と軌道狂い進みとの関係の現場データは直線部のものだけであるので、今回の試験では、直線部、曲線部について検討した。

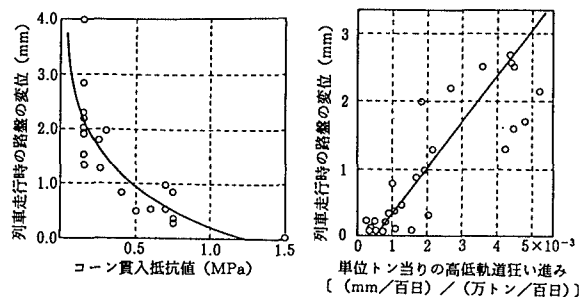


図1 地盤強度と地盤変位 1) 図2 軌道狂い進みと路盤変位 1)

2. 試験概要

模型の概略を図3に示す。軌道は、直線（カント0mm）と曲線（カント200mm）の2種を設定し、路盤は、強度の異なる3種を設定した。路盤の強度は、列車荷重による変形量で代表させ、その構造は、繰返し荷重による残留沈下が生じなく、かつ荷重作用時の変形量が異なるように、上層を十分に締固めた砕石層、下層を発泡スチロール層とし、変形量は発泡スチロール層の厚さを変化させることにより設定した。表1に示す試験ケースのA地盤、B地盤、C地盤は、載荷中の路盤の変形量からそれぞれ K_{30} 値で 11, 7, 4 kgf/cm³ 程度であると考えられる。

繰返し載荷の条件は、実際の載荷状態を考慮し、載荷荷重 5+4tf/レール、周波数 7Hz、とした。載荷回数については、道床バラストの載荷回数と沈下との関係が(1)式で表せることから、定常沈下状態に移行する 30 万回とした。

$$\varepsilon = \gamma (1 - e^{-\alpha n}) + \beta * n \quad \text{..... (1)} \quad \text{ここに、} \varepsilon : \text{残留沈下比} \quad n : \text{載荷回数}$$

$$\alpha : \text{沈下係数} \quad \gamma : \text{初期圧密（沈下）比}$$

$$\beta : \text{沈下進行の速さに関する係数}$$

3. 検討結果

(1) 路盤強度と動的変位（振幅）

繰返し載荷による路盤変位の振幅値は載荷回数によらずほぼ一定の振幅を示していることから、図4に路盤ごとの各ケースの枕木表面、路盤表面および道床バラスト層における動的変位の関係を示す。

同図より、路盤強度が小さい程動的変位が大きく、直線、曲線ともほぼ同じ値であることがわかる。

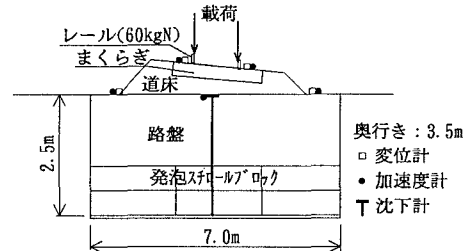


図3 模型概略図

表1 試験ケース

軌道構造	A地盤	B地盤	C地盤
直線（カント0mm）	ケース1		ケース2
曲線（カント200mm）	ケース3	ケース4	ケース5

（2）載荷回数と道床パラスト層の残留沈下

図5,6に載荷回数と道床パラスト層の残留沈下の関係を示す。同図から、沈下はいずれのケースにおいても載荷初期に急激に増加し、ケースによりばらつきはあるものの載荷回数10万回程度で定常沈下になることがわかる。また、直線のケース1,2を比較すると残留沈下量はケース2が大きく、曲線のケース3～5についても、内軌側でケース5が4より小さくなっているが、外軌ではケース3,4,5の順に大きくなっており、路床の強度が小さくなるに従い道床部の沈下量が大きくなっている。内軌側にてケース5の残留沈下が小さくなった要因としては、載荷試験において外軌側の沈下が内軌側よりも速く過大に進んだため、内軌側の沈下が抑えられたものであると考えられる。

繰返し載荷回数とこれに伴う沈下との関係については、前述の(1)式により近似することができる。当式は曲線的な初期沈下部分と直線的な定常沈下部分とを合成した式であり、繰返し荷重による道床の沈下に対してよく用いられる。回帰の結果についても図5,6に併せて示した。図7に(1)式から求めた定常係数 β と載荷回数30万回での最終沈下量との関係を示す。

（3）動的変位と沈下との関係

図8に枕木表面での動的変位と係数 β 、図9に路盤表面での動的変位と係数 β との関係を示す。同図から、動的変位が大きくなるに従い、係数 β および最終沈下量が増加する結果となっている。また、枕木表面での動的変位と係数 β との関係は直線部、曲線部ともほぼ同様の増加傾向にあることがわかるが、路盤表面での動的変位と係数 β との関係では、直線部と曲線部で違った増加傾向にあることがわかる。

4. まとめ

今回の試験結果から、道床パラスト層の沈下は路盤の変位量に依存する。すなわち、路盤強度が小さいほど道床パラスト層の沈下が大きくなることが確認された。また、曲線部においても直線部と同様な傾向にあることが明らかになった。

以上のことから、有道床軌道において省力化を図るためには、路盤の強度が小さい場合、道床の強化が重要であると考え、今後、道床強化についての検討も併せて進めていきたい。

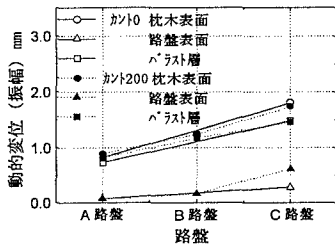


図4 地盤強度と動的変位

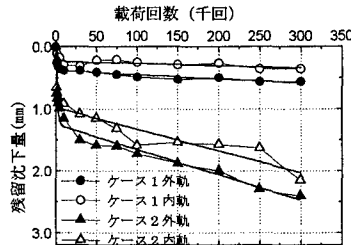


図5 載荷回数と残留沈下 (カト0)

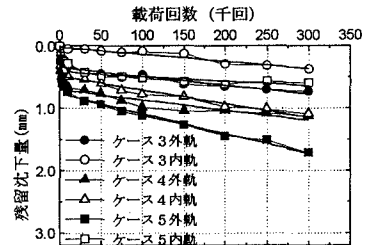


図6 載荷回数と残留沈下 (カト200)

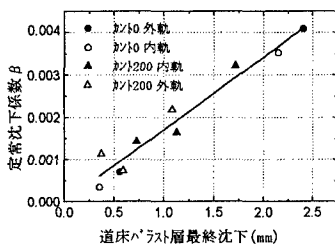


図7 最終沈下と係数 β

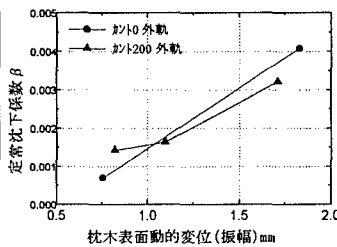


図8 動的変位と係数 β

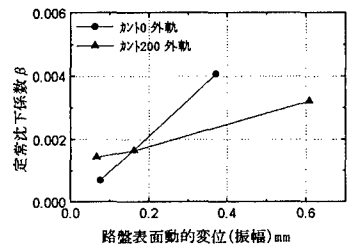


図9 動的変位と係数 β

＜参考文献＞ 1) 関根、村本：営業線路盤の支持力特性に関する研究、鉄道総研報告、Vol. 9, No7, '95. 7