

IV-466

新設軌道におけるバラスト道床強度の変化の推移

J R 貨物
北海学園大学
J R 貨物
東亜道路工業

正会員 ○宮本 三平
正会員 上浦 正樹
正会員 三枝 長生
正会員 阿部 長門

1. はじめに

新設のバラスト軌道では突き固め作業によって密度を高めても、列車走行によってさらに軌道沈下が発生する。この原因としては、繰り返しの列車荷重によるバラスト内の密度増加と土路盤の強度増加が推定されている。そこで、建設時の土路盤強度を確保するために鉄道構造物設計標準（土構造）では土の種類に応じて K_{30} 値で 7kgf/cm^2 または 11kgf/cm^2 以上と定めている。一方、バラスト軌道については、このような基準は定められてはいない。これは線路保守作業が走行安全性や乗り心地管理をレール面で行っていることからその必要性があまりなかったといえる。しかし、近年になって線路作業の機械化や省力化を推進するにあたり、工法の選択や仕上がり精度を考慮すると、バラスト軌道がどのように強度が変化していくかを推定し、それに応じた対策をたてて効率のよい作業とすることが重要になってきていると考える。

そこで本研究は有限弾性支承の梁モデルと多層弾性理論を用いてレール支持バネ係数（バラスト分）により土路盤上に新設したバラスト軌道の強度変化の推定方法とその推移を求めるものである。

2. レール支持バネ係数（バラスト分）の推定方法

(1) レール支持バネ係数の推定

レール支持バネ係数を推定する方法は以下の通りである。

- ①ハンディタイプの FWD（HFWD と称しその諸元を表 1 に示す）を用いてまくらぎ上面に載荷し、たわみセンサーを用いてまくらぎの上面 7ヶ所のたわみ量を測定し、たわみ曲線（A）を求める。
- ②有限弾性支承の梁モデル（図 1）を用いてまくらぎの曲げ剛性（ $EI:\text{kgf/cm}^2$ ）とバラストと路盤を合成したバネであるレール支持バネ係数（ $k:\text{kgf/cm}^2$ ）を仮定してたわみ曲線（B）を求める。
- ③レール支持バネ係数の推定はたわみ曲線（A）とたわみ曲線（B）の残差平方和が最小となった組み合わせ（ EI と k ）から求める。

(2) レール支持バネ係数（バラスト分）の推定

道床厚 $h_1(\text{cm})$ と土路盤厚 $h_2(\text{cm})$ とし、レール支持バネ係数のうちバラスト分を $k_1(\text{kgf/cm}^2)$ 、土路盤分を $k_2(\text{kgf/cm}^2)$ とすると次式が成り立つ。

$$k = \frac{k_1 \times k_2 (h_1 + h_2)}{(h_2 \times k_1 + h_1 \times k_2)} \quad (1)$$

barber の路盤における等価厚の仮定では 2 層系の地盤において上層（弾性係数 E_1 ）の層厚 Z （式（2））を用

表 1 HFWD の諸元

載荷板の直径	9cm	20cm
重錘の質量	8kg	16kg
衝撃荷重	300~500kgf	600~900kgf
測定たわみ	0.001~2.000mm	

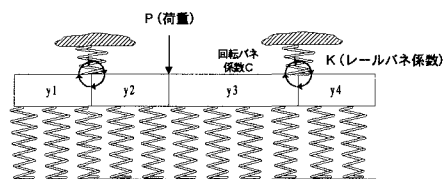


図 1 有限弾性支承の梁モデル

バラスト 軌道 レール支持バネ係数 多層弾性理論

〒112 東京都文京区後楽 2 丁目 3 番 19 号 TEL 03-3816-9759 FAX 03-3816-9730

〒064 北海道札幌市中央区南 26 条西 11 丁目 TEL 011-841-1161 FAX 011-551-2951

〒065 神奈川県横浜市南区中村町 5 丁目 13 番地 TEL 045-251-4615 FAX 045-251-4213

いと下層（弾性係数 E_2 ）と同じ弾性係数と見なして単一層と考えることができるとしている²⁾。

$$Z = h_1 \times (E_1 / E_2)^{1/3} \quad (2)$$

よってレール支持バネ係数（土路盤分） k_2 は(1)と(2)より式(3)として導くことができる。

$$k_2 = \frac{\left(h_1 (E_1 / E_2)^{1/3} + h_2 \right) k}{(h_1 + h_2)} \quad (3)$$

以上から レール支持バネ係数（バラスト分） k_1 は式(4)となる。 $k_1 = k_2 \times (E_1 / E_2)^{2/3} \quad (4)$

ここで弾性係数 E_1, E_2 の推定方法としては、多層弾性理論による逆解析による。最初にまくらぎ間に直径 20cm の載荷板を HFWD に取り付け、道床バラスト上面に載荷し、バラスト表面のたわみを載荷点直下 20,30,45cm の 4 力所で測定する。この結果と多層弾性理論により 2 層系のモデルによるたわみとの残差平方和が最小となる E_1 と E_2 を当該の弾性係数とみなすものである。

3. 現場の測定結果と考察

現場測定は 1997 年 1 月に供用を開始した新設線である J R 貨物関東支社の熊谷貨物ターミナル駅仕訳線（160m）で行った。線路条件は、50N レール、道床厚 150mm、木まくらぎ 31 本/25m である。試験条件としては、①まくらぎのたわみ測定では、中央載荷（載荷板の直径 9cm、載荷荷重 500kgf）、たわみの測定位置（載荷点直下 20cm,30cm,70cm）、②バラスト上たわみ測定で（載荷板の直径 20cm、載荷荷重 500kgf）、たわみの測定位置（載荷点直下 20cm,30cm,45cm）である。測定は供用開始直前、供用開始 7 ヶ月後、13 ヶ月後に行った。また対象となった仕訳線には 15 両編成の均一貨物（残土）を荷役するの 1 日 5~8 回着発する。

(1) たわみの推移

載荷点直下のたわみの推移を図 1 に示す。この図からほぼ列車本数が多くなるに従ってたわみ量が小さくなっており、バラストと土路盤が合成として強度が増加しているものと推定される。

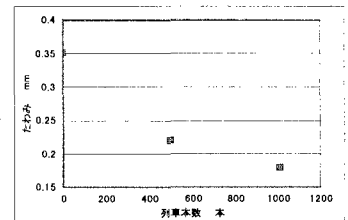


図 1 たわみ量の推移（直下）

(2) レール支持バネ係数の推移

道床バラストと土路盤の合成によるレール支持バネ係数の推移を図 2 に示す。この結果から (1) のたわみと同様に列車本数の増加によってこの値も増加しており、強度増加の傾向がみられる。

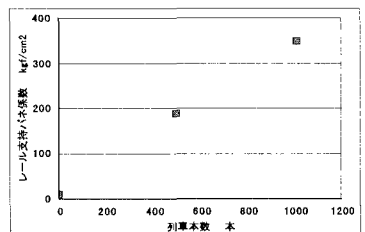


図 2 レール支持バネ係数の推移

(3) 弾性係数の推移

道床バラストと土路盤の弾性係数を図 3 に示す。この結果から道床バラストの弾性係数よりも土路盤の弾性係数の増加が大きいことが判明した。

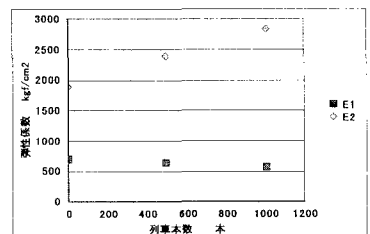
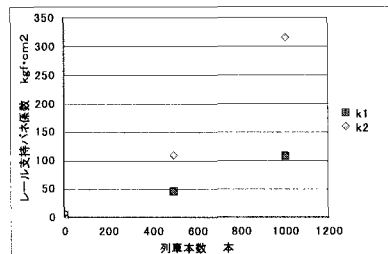


図 3 弾性係数の推移

(4) レール支持バネ係数（バラスト分）の推移

以上によりレール支持バネ係数（道床バラスト k_1 , 土路盤 k_2 ）の推移を求めた（図 4）。 k_1, k_2 ともに列車本数の増加により大きくなる傾向が明らかとなった。

図 4 レール支持バネ係数の推移

以上によりレール支持バネ係数（道床バラスト k_1 , 土路盤 k_2 ）の推移を求めた（図 4）。 k_1, k_2 ともに列車本数の増加により大きくなる傾向が明らかとなった。

4. おわりに

さらにレール支持バネ係数（バラスト分）の推移データの蓄積によってバラストの強度増加の特性を明らかにしていきたいと考えている。