

鉄道路盤強度の評価に関する一手法

日本貨物鉄道	正会員	三浦康夫
J R F ・ ホテル	正会員	上浦正樹
長岡技術科学大学	正会員	丸山暉彦
日本貨物鉄道	正会員	三枝長生

1. まえがき

車両の走行によりバラスト軌道では、軌道沈下が発生する。この主な原因は軌道を構成する道床バラストとその下層にある路盤の塑性変形である。軌道面を良好に保つためには、保守作業として軌道沈下に応じて道床バラストを突固める軌道面整正を行うが、この保守周期を延伸する上で施工段階での路盤強度をいかに確保するかが重要である。そこで適正な路盤強度を確保するため、車両の走行する線路上の軌道沈下と路盤強度の関係を求める必要がある。本研究はその第一段階としてすでに敷設されている軌道に対してまくらぎの上にハンディ型のFWD（HFWDと称する）を載荷してまくらぎ上の変位と路盤上の変位を測定し、逆解析によって路盤強度（弾性係数）を推定する方法を確立するものである。

2. 今までの研究とHFWD

鉄道構造物等設計基準（土構造物）では路盤強度（ K_{90} 値）を $7\text{kgf}/\text{cm}^3$ を確保することとしている。この施工管理においては、現場CBR試験や平板載荷試験等が使われているが、測点数と装置の簡易さから更に改善を要する。そこで関根ら¹⁾はHFWDを用い K_{90} 値と関連づけながらその適用を検討している。一方HFWDを用いてまくらぎと軌道バラストの弾性係数の行う手法は筆者ら²⁾によってすでに実用化されている。

ここでHFWDの諸元は以下のとおりである。

- ・ 載荷板の直径 90 mm ・ 落下質量 8 kg ・ 落下高さ 50 ～ 400 mm
- ・ たわみセンサ 数 2 ・ 最大たわみ量 2 mm ・ たわみ精度 0.001 mm

3. 現場試験

J R 貨物熊谷貨物ターミナル駅において、すでに敷設してある軌道の路盤強度を求めるため路盤上面に沈下板（ $\phi 15\text{cm}$ ）を設置し沈下板に取り付けた丸鋼（ $\phi 12\text{mm}$ 長さ30cm）の先端にセットしたセンサーにより路盤変位を測定する（図1）。道床バラストとその下層の路盤の2層系においてバラスト上でのHFWDの載荷点直下の変位と路盤変位から逆解析により道床バラストと路盤の弾性係数を推定した。



写真1 HFWDの概要

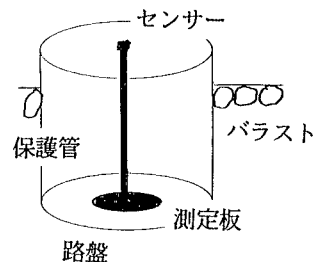


図1 路盤上面の変位測定

表1 各層の弾性係数

道床バラスト	E 1	400	kgf/cm^2
路 盤	E 2	800	kgf/cm^2

FWD 弾性係数 逆解析 多層弾性理論 路盤

〒100	東京都千代田区丸の内 1-6-5	TEL 03-3285-0078	FAX 03-3285-0065
〒100	東京都千代田区丸の内 2-2-2	TEL 03-3216-4527	FAX 03-3211-2346
〒949-54	新潟県長岡市上富岡 1603-1	TEL 0258-47-9613	FAX 0258-47-9613
〒100	東京都千代田区丸の内 1-6-5	TEL 03-3285-1416	FAX 03-3807-2301

当該線路は敷設直後でまだ車両が走行しないため道床上で求めた各層の弾性係数はまくらぎ下の各弾性係数と同じであると見なせる。しかし供用開始後に車両の通過によって軌道狂いの発生と補修の繰り返しでまくらぎ下面の道床バラストはまくらぎ間より大きい弾性係数となり、軌道が車両を支持する機能を有している点から見るとまくらぎ下の道床バラストの弾性係数を求める方が重要となっている。

そこでHFWDをまくらぎの中央にセットし、この点での変位と路盤上の変位から各層の弾性係数を推定することとした（図2）

3. 理論解法

多層弾性理論のうち載荷面が円形の対称な形状である場合は比較的解きやすく、解法も確立している。しかしまくらぎ上を載荷するように載荷形状が長方形断面である場合は非対称であるため、新たに解法を確立する必要がある。そこで、載荷点直下の変位はまくらぎ全体に載荷荷重が均等分散すると仮定し、路盤変位に対しては均等分散した荷重の重合わせとして、ここでは円形載荷の重合わせによって変位を求めることとした。（図3）

4. 現場データとの比較

対象となった路盤は $K_{30}=7\text{ kgf/cm}^3$ で施工されたものである。チモシェンコ³⁾より導かれた次式により路盤の弾性係数 E と2の弾性係数 E_2 の比較を行った。

$$K_{30}=(1/108.9) \times E \quad \text{----- (1)}$$

(1)により $E=762\text{ kgf/cm}^2$ ($\leq E_2=800\text{ kgf/cm}^2$)であった。よって2.での求めた弾性係数により路盤変位の推定が可能と判断できる。

この弾性係数を用い図3の各円形載荷による路盤変位を重合わせた結果を表2に示す。（位置；まくらぎ中央から37.5cm，深さ15cm）

表2 路盤変位の比較

現場データ	0.008 mm	重合わせ計算結果	0.011 mm
以上により重合わせの妥当性が確認できた。			

5. おわりに

HFWDをまくらぎ上に載荷し、まくらぎ直下の変位と路盤の変位（路盤上にセットしたセンサーによる）から重合わせの方法により道床バラスト層と路盤層の弾性係数を推定する手法を検討したが、さらにデータを蓄積してその精度向上に努めていきたいと考えている。

（参考文献）

- 1) 関根悦夫他 礫材を用いた鉄道盛土の転圧試験(5) 第31回地盤工学研究発表会 1996.6
- 2) 上浦正樹他 HFWDを用いた木まくらぎ検査の一手法 土木学会第49回年次学術講演会 1994.9
- 3) 運輸省鉄道局 監修 鉄道構造物等設計標準・同解説（土構造物）1992.11

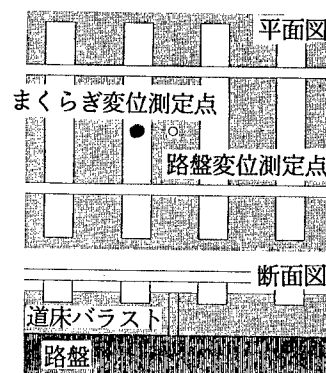


図2 HFWDのまくらぎ上の載荷

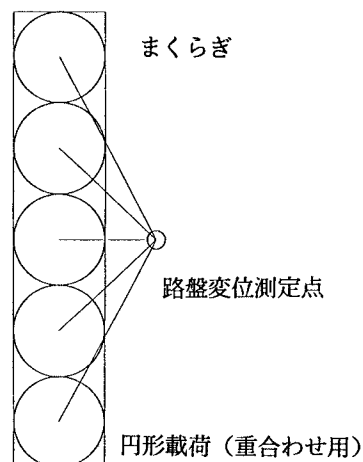


図3 重合わせによる路盤変位推定