

国鉄鉄道技術研究所 正員 鈴木 俊一
正員 佐藤 吉彦
正員 高谷 博文

1. まえがき

軌道のふく進を阻止する力である道床縦抵抗力は、ロングレールの挙動あるいはレール軸圧力分布の乱れに大きな影響を与えるが、その特性については未解明の部分が多い。そこでふく進に大きな影響をおよぼしていると考えられる列車荷重を模擬した動的载荷のもとで、道床縦抵抗力を測定した。ここでは測定結果ならびに加振の影響についての解析結果を報告する。

2. 試験概要

国鉄鉄道技術研究所日野土木実験所構内にある試験線のレールを切断し、まくらぎ4本分の供試軌道を構成し、図1に示す不平衡重錘を用いた加振装置である軌道繰返し衝撃試験機¹⁾により、加振条件を変えて動的载荷を行いながら、図2に示す軌きょうの縦引き試験を実施し、このときの縦引力、軌きょうの縦変位、加振力、加振周波数を測定した。供試軌道は在来線上級線区において一般的な50Nレール、PCまくらぎ3号を用いた構造とし、道床は碎石で厚さ250mmとした。なお繰返し衝撃試験機の载荷軸の軸重は約54kNである。

加振条件は図3に示す周波数と加振力の組合わせとした。この加振力は軸重の約20~60%に相当する。1回毎の縦引きにあたっては、道床条件を均一にするため、総つき固めならびに通過トン数5万トンに相当する事前加振を行った。またレールとまくらぎとの間の滑りを防止するため、レール締結ボルトの緊締トルクを標準より大きくし、滑動しないことを確認しながら測定した。

3. 加振による影響の解析

縦引きは軌きょうの縦変位が20mmとなるまで実施した。静的载荷および周波数1414/minで加振力の異なる場合の結果を図4に、加振力15.7kNで周波数の異なる場合を図5に示す。図4および図5から明らかなように、縦変位20mmまでの範囲ではいずれの場合にも道床縦抵抗力は飽和状態には達せず漸増傾向を示した。図4から、周波数が一定の場合には加振力が増加するのに伴い道床縦抵抗力が減少する傾向が、図5からは道床縦抵抗力に対する周波数の影響が小さいことが認められる。

縦変位がそれぞれ2、5、10、20mmとなる場合について、加振力とまくらぎ1本あたりの道床縦抵抗力との関係を示したのが図6である。図6から周波数の違いにかかわらず、加振力の増加に伴い道床縦抵抗力がほぼ直線的に減少することが読み取れる。

各変位について、加振力および加振周波数を説明変数とし道床縦抵抗力を目的変数とする回帰式を用いて回帰係数を算出し、検定を行った結果、加振周波数の寄与が無視できることから、(1)式により回帰分析を行った。

$$R_i = \alpha_0 + \alpha_1 a_i \quad \dots \dots (1)$$

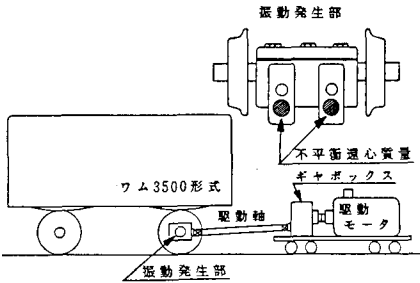


図1 繰返し衝撃試験機

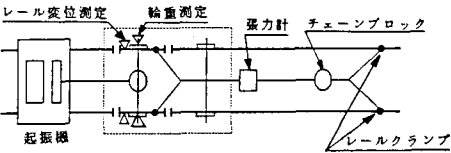


図2 測定概要

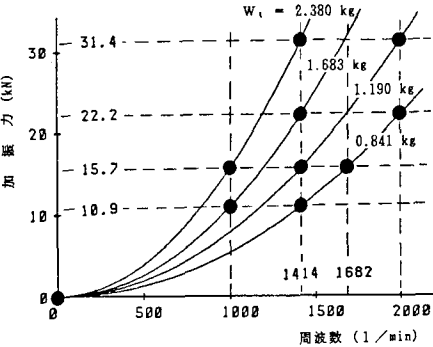


図3 加振条件

ただし、 r_i : 各変位におけるまくらぎ1本あたりの道床縦抵抗(kN)、 a_i : 加振力(kN)、 α_j : 係数。

分析の結果、いずれの縦変位の値についても相関係数が0.87~0.93と大きく、加振力の影響が明らかにされた。

この回帰式の第1項は振動成分と考えられることから、各縦変位についての回帰式を(2)式のように変形した。

$$\left. \begin{aligned} r_2 &= 18.8 (1 - 0.0194 a) \\ r_5 &= 25.7 (1 - 0.0188 a) \\ r_{10} &= 31.7 (1 - 0.0186 a) \\ r_{20} &= 38.5 (1 - 0.0184 a) \end{aligned} \right\} \dots\dots (2)$$

この()内の第2項の係数は縦変位によらずほぼ一定であることから、加振による道床縦抵抗の減少の程度を示す係数と考えられ、加振しない場合の各変位における道床縦抵抗を r_{0j} とし、さらに変形すると(3)式となる。

$$r_j = r_{0j} (1 - a/53.2) \dots\dots (3)$$

(3)式の()内第2項の分母が軸重54kNに近いことから、加振による道床縦抵抗の減少の度合は、ほぼ輪重変動率に等しいことがわかる。

4. 変位に対する特性の把握

道床縦抵抗と変位の関係を表す回帰式として、文献2)における道床横抵抗に関する式(4)~(6)を用いて、比較検討を行った。

$$r = \beta y^n \dots\dots (4)$$

$$r = r_0 \tanh \mu y \dots\dots (5)$$

$$r = r_0 y / (y + r) \dots\dots (6)$$

ただし、 r : 道床縦抵抗(kN)、 y : 縦変位(cm)、 r_0 : 最終道床縦抵抗(kN)、 β 、 n 、 μ 、 r : 係数。

回帰分析の結果(4)式および(6)式により良い近似ができた。その結果を(7)式および(8)式に示す。

$$r = 15.3 y^{0.31} \dots\dots (7)$$

$$r = 42.6 y / (y + 29.2) \dots\dots (8)$$

5. むすび

道床縦抵抗と変位の関係ならびに加振による影響について、測定データに基づきその特性を把握した。急勾配線区あるいは伸縮継目を用いないロングレールの実現にあたっては、今後さらにふく進発生メカニズムを解明し、ふく進の防止をはかることが急務である。

なお、この研究は日本鉄道建設公団からの委託により行われた研究の一部であることを記し、謝意を表する。

文 献

- 1) 佐藤裕・平田五十 : "軌道の繰返し衝撃実験" 鉄道技術研究報告 No.325 (1962)
- 2) 宮井徹ほか3名 : "営業線における道床横抵抗" 鉄道技術研究資料 40-4 (1983)

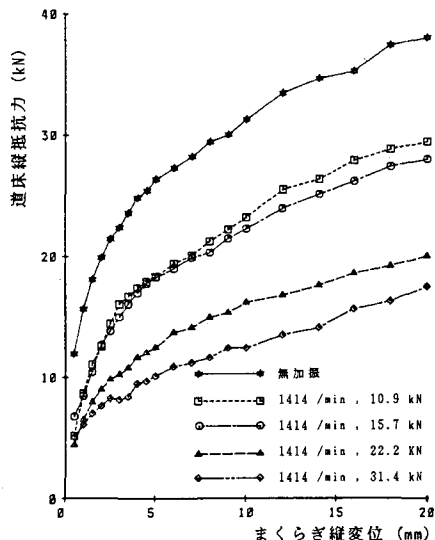


図4 加振力別道床縦抵抗

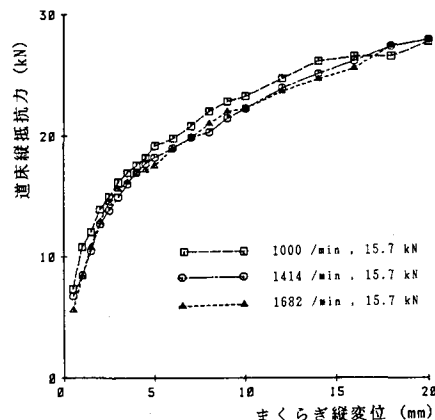


図5 周波数別道床縦抵抗

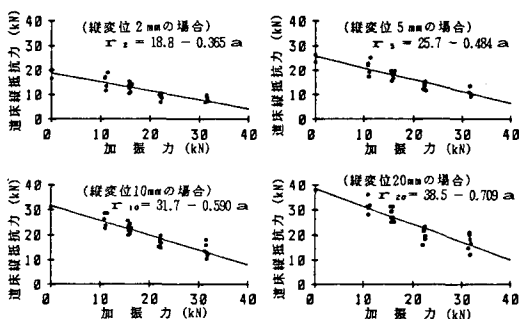


図6 加振力と道床縦抵抗