

IV-7 軌道の横圧限度

国鉄鉄道技術研究所 正員 工博 佐藤 裕
国鉄鉄道技術研究所 〇正員 大月隆士

1. まえがき

車両の横圧による軌道の破壊は3通りに考えられる。即ち急激な通り狂いの発生、犬釘抜
き、或いはレール締結ばねの折損、並びに犬釘押出し、或いはレール締結の横圧受部の折損で
ある。以上の3条件について種々検討を加え、これらのうち最も厳しいものの条件に基いて
犬釘区間について提出された横圧限度がこれに適用いられた。今回、管業線で行われ
た実験をもとに、この横圧限度を改めて検討すると共に、車両の輪重及び横圧の統計的分布
特性と軌道強度のそれとを関連させた統計的限度を車上測定に依ずるものとして提示した。

2. 従来の横圧限度

軌道に輪重及び横圧が加わった場合、これらは
各まくろぎにレール圧力及びレール横圧力として分散するが、その分散の程度はレールの太
さ及びレールを支持する弾性によって定まる。このレール支持弾性を実測し、一様な犬釘
の横方向支持力として管理状態下の最低値を想定（線路等級別に 0.7t 或いは 0.6t を採
用）した上で計算したのが従来の横圧限度である。

3. 現場実験

過去2回にわたり、天鉄及び秋鉄管内の管業線において、50, 37, 30kgレールを用い
た標準的な軌道状態の試験区間を選び、それぞれの区間で犬釘の強度の測定、軌道横圧試験
車を用いた停止加圧を行うと輪重及び横圧と犬釘圧力との関係を求める実験、さらに軌道
横圧試験車を用いた走行加圧試験を行った。軌道横圧試験車は、ワキ1000形貨車を改造し、
中央に試験用加圧輪軸を設け圧縮空気によって任意の輪重及び横圧を加えるから牽引走行
できるものである。

1) 犬釘強度の測定 試験区間の全まくろぎの $\frac{1}{4}$ の犬釘について、縦上り抗
抗力及び押出し抵抗力を測定した。その主な結果は次のように括弧される。

犬釘押出し抵抗抗力：比例抵抗抗力の平均値 約 0.8t, 同標準偏差 約 0.3t

降伏抵抗抗力／比例抵抗抗力 1.5 ~ 1.7

犬釘引抜抵抗抗力：平均値 約 1.5t, 標準偏差 約 0.4t

これらの結果から降伏率における犬釘押出し強度の下限は従来考えられていたものに近い
ことがわかった。

2) 停止加圧実験

予め、犬釘圧力、犬釘変位、レール変位、まくろぎ変位を測定
する装置を施したまくろぎ上に試験車の加圧軸を停止させ、輪重を一定値に保って横圧を
徐々に増やし、これらの間の関係求めた。更に横圧加圧装置のまくろぎについての、レール
底面摩擦力及び犬釘抵抗を除いた抵抗を知るために、そのまくろぎの犬釘を脱し、試験車に
よらず輪重だけの状態でレールに横圧を加えて横圧とレール変位との関係求めた。これ
ら測定の結果は、次の実験式に括弧することできる。

タイププレートなし区間：
$$Q = K_p P + \{1 + I\{\varepsilon + \varepsilon(p)\}\} T$$

タイプレート区間

$$Q = K_p P + \{1 + I\{\varepsilon/2 + \varepsilon(p)\}\} T$$

但し Q : 車輪横圧 P : 輪重 K_p : 常数 T : 犬釘抵抗力 I : レール横曲抵抗係数

Y : レール変位 ε : 犬釘押出しコンプライアンス $\varepsilon(p)$: 道床中のみくろぎの

押出しコンプライアンス とする。式中の係数を実験結果から定めた上で求

る横圧限度は 従来のそれになりよく合致することが確かめられた。

3) 走行加圧実験

各種構造の試験区間上を、輪重横圧を加えながら各区間共5回試験車を走行させて、犬釘の押出し浮上りを全くろぎについて測定した。この場合、各区間共輪重は同一(回数に均りな)とし、横圧を回数と共に増大してゆき、犬釘破壊が始まる荷重及び破壊率を求めたが、その結果、犬釘の破壊率は横圧が大きくなる程大きくなり、且つ、押出しに基づく破壊の方が浮上りに基づくそれに先行することがわかった。

4. 犬釘破壊の統計学的考察

犬釘支持力、輪重並びに横圧はほぼ正規分布に従っていることが今回の実験及びこの他の営業列車の走行試験データより確かめられた。このことから犬釘破壊率について統計学的検討を行い、更にこの見地から横圧限度を求めようとした。まず軌道の横圧強度が P を輪重、 t を犬釘支持力とし、更に K_p, K_t を常数として $r = K_p P + K_t t$ で表わされるものとするれば、 $f(r|g)$ を、 r の横圧 g についての条件付き確率として、犬釘破壊率 α は次式で表わされる。

$$\alpha = P_r(r < g) = \int \int_{-\infty}^g f(r|g) f(g) dr dg$$

なお、この式を用いて、前記停止加圧及び走行加圧実験の結果を照合した結果、計算値はほぼ実験値に合致することがわかった。

5 横圧限度

従来の限度は犬釘が1回の加圧で既に降伏するもので、繰返し荷重に対しては犬釘支持力は少く共比例限で考えるべきである。この見地から車両横圧の分布特性を考慮して、犬釘破壊率がある値以下になるように求めた横圧が今回の限度である。

犬釘押出し限度は平均 $m_t = 0.8^t$ 、標準偏差 $\sigma_t = 0.32^t$ 、許容犬釘破壊率 α は 0.01 をとり、車両横圧の標準偏差 σ_g をパラメーターとしてまず横圧平均値の限度を求めた。ところで従来の車両横圧測定の整理方法は、試験区間をある長さに区切って、それぞれの区切りの間の最大値をよみとり、これを横圧限度と比較するものであるから、前述の平均値の限度を基とし、区間最大横圧平均値と横圧平均値との関係を別の資料から求めた後、区間最大横圧平均値の限度を、区切り長さに関連させて求めた例が図-1 であり、更に、区間最大横圧の標準偏差を 0.5^t と仮定した上、統計的手法を用いて区間最大横圧そのものの限度を、区切り長さ及び区切り数に応じて求めた例が図-2 である。

図-1 区間最大横圧平均値の限度

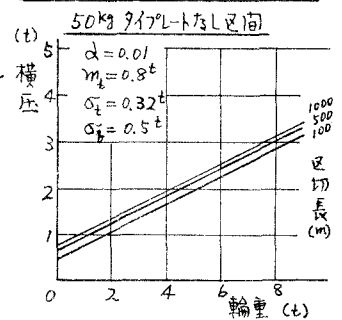


図-2 区間最大横圧の限度

