軌道構造に着目した内軌側波状摩耗特性に関する一考察

純一郎	○大澤	正会員	東京地下鉄株式会社
伸介	有田		東京地下鉄株式会社
陽介	河野		東京地下鉄株式会社
奈帆美	久保		日鉄住金レールウェイテクノス株式会社

1. はじめに

東京地下鉄では、道路下にトンネルを建設することが多 く、路線延長の約16%がR300以下の急曲線であり、主に内 軌側に波状摩耗が発生するという特徴がある。そこで、過 去の調査において、曲線半径150mの急曲線のコンクリート 道床部において、写真1に示す二重弾性締結装置(以下、 PL5という。)区間の一部に写真2に示すレール下及びタイ プレート下に低弾性材を挿入し構成した波状摩耗抑制型レ ール締結装置(以下、KD2という。)を試験敷設し、軌道構 造の違いによる波状摩耗発生の有無を確認した¹⁾.

今回は新たに,波状摩耗抑制効果に寄与している特性に ついて,地上側からの測定により調査した.調査結果から, 列車通過時に軌道に発生するレール左右振動加速度の振動 周波数の違いとレール小返り特性の違いが影響し,波状摩 耗抑制効果に寄与していることが明らかとなった.本論文 では,軌道構造に着目した調査結果及び結果から考察され る内軌側波状摩耗の要因について報告する.



2. 調査区間概要

今回調査した区間の曲線諸元,測定箇所を図1に示す. なお,当該区間の運転曲線上の運転速度は35km/hである.



3. 調査結果

(1) 波状摩耗発生状況

PL5 区間では波長 80~90 mm程度の波状摩耗を観測し、その平均波高は 0.1 mm程度であった.一方、KD2 区間は、顕著な波状摩耗は観測されず、平均波高は 0.02 mm程度であった. PL5 区間と KD2 区間は、波状摩耗の発生の有無に顕著な差があった.(写真 1, 2)

(2) 地上 PQ 測定

外軌 Q/P については、両軌道構造とも最大 0.6 程度で、 フランジ角度 70 度の場合の安全限度である 1.14 以下の値 であり軌道構造による差は無かった.一方、内軌 Q/P は、 PL5 (0.4~0.8), KD2 (0.2~0.6) であり KD2 が低い値であ った.

(3) 台車姿勢(車輪アタック角,車軸左右変位)

両軌道構造とも,輪軸のアタック角は,先頭軸は 10~ 15mrad,後軸は約 0mrad であった.また,輪軸の左右変位 は,先頭軸がフランジ接触し,後軸はほぼレールに対して 中立位置であった.以上の結果から,台車姿勢は軌道構造 による顕著な差はなかった.

(4) レール小返り特性

車輪からレールに作用する横圧による小返りの角度は、 同じ横圧で比較した場合に、PL5に比べKD2は約1.2倍大き かった.次に、小返り測定結果から小返り中心距離を計算 すると、図2に示すとおり、PL5が9.9mmであるのに対し、



図2 レール小返り特性の比較

キーワード 内軌側波状摩耗 台車姿勢 レール小返り特性 振動周波数 連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 TEL 03-3837-7094 KD2 は 35.9 mmであり、レール小返り特性は軌道構造により 顕著な差があった.これは、同じく図2に示すとおり、PL5 はレール下のみ弾性材を挿入しているのに対し、KD2 はレー ル下及びタイプレート下に低弾性材を挿入していることが 関係している.

(5) 内軌側レール左右振動加速度の振動周波数

PL5 の列車通過時の内軌側レールに発生する左右振動加 速度の振動周波数は、図3に示すとおり先頭軸は120Hz,後 軸は250Hz 程度であった. KD2 は図4に示すとおり、先頭軸 及び後軸で450Hz 程度であった.

次に、列車(10両編成)の40車輪が全て通過したときの 振動について、パワースペクトル密度周波数分析(以下、 PSDという.)を行った. 図5に示すとおり、PL5では120Hz 付近のピークが最も大きく、続いて250Hz 付近が次に大き かった.一方、KD2では図6に示すとおり、PL5のような120Hz 付近のピークが無く、450Hz 付近でピークが認められた.以 上の結果から、レール左右振動加速度の振動周波数は軌道 構造により顕著な差があった.



(6) レール削正後のレール左右振動加速度の振動周波数

同項(5)のような波状摩耗が有る状態に対し、レール削 正を実施し、波状摩耗を除去した振動周波数について検証 した.PL5 区間の PSD を図7に示す.図5 で示した、120Hz 付近のピークが低下し、また、全周波数帯で PSD 結果も低 下している.以上の結果から、レール削正にて波状摩耗を 除去することで、PSD 結果に変化があることが確認された.



4. 考察

PL5 区間で列車通過時に発生する振動周波数について, 運転速度から波長に換算すると,後軸により発生していた 250Hz の振動周波数は,波長 40 mm程度となる.また,こ の振動周波数は,中立位置を走行していることに起因する 縦クリープカによるものである.一方,先頭軸により発生 していた 120Hz の振動周波数は,波長 80 mm程度であり, 実際に観測された波状摩耗の波長と一致する.よって,PL5 区間の波状摩耗の主たる要因は,先頭軸のアタック角によ る横クリープカにより横圧が発生することで,レール小返 り変位を発生させたものと考える.

次に, KD2 区間で先頭軸及び後軸で発生する 450Hz の 振動周波数について,波長に換算すると 22 mm程度となる. しかし, KD2 区間では振動が発生しているのにも関わらず 波状摩耗の顕著な発生は観測されていない. これは, PL5 区間と KD2 区間の調査結果の比較より,車輪アタック角及 び輪軸左右変位による台車姿勢に顕著な差がないため,レ ール小返り特性の違いによるものと考える.

よって, KD2 において波状摩耗抑制に寄与したのは,列 車通過時に発生する振動周波数とレール小返り特性である.

5. まとめ

軌道構造に着目し、内軌側波状摩耗の発生について調査 した結果、列車通過時に発生するレール左右振動加速度の 振動周波数とレール小返り特性の違いが、波状摩耗抑制に 寄与していることがわかった.

今後は、波状摩耗の発生メカニズムの更なる検証とレー ル左右振動加速度の振動周波数に着目した管理手法の検討 を行っていき、波状摩耗抑制に努めていきたい.

参考文献

1) 有田伸介:地下鉄における波状摩耗に関する一考察,新線路,2016.2