レールゲージコーナー剥離傷に関する一考察

東日本旅客鉄道株式会社　正会員　○松田 博之
東日本旅客鉄道株式会社　正会員　　青木 宣頼

１．はじめに

最近，山手線の曲線外軌側ｹﾞｰｼﾞｺｰﾅｰ(G.C.)部にｳﾛｺ状の剥離傷が複数発生している(写真 1)．この傷は，G.C.長手方向に連続的に剥離が発生するのが特徴で，一般に G.C.部に生成されるきしみ割れ(ひび割れ状の亀裂)とは発生傾向が異なるため，該当する判定基準がなく，その有害性も明らかになっていない．また，損傷箇所を列車が通過する際に異常な音が発生するため，沿線住民や区役所等から多数の苦情を受けている．現在，その対策としてﾚｰﾙ交換などに多大な労力と経費を要しており，発生防止策が望まれている．

本研究は，以上の趨勢をふまえ，この傷がﾚｰﾙ折損に至るような有害な傷かどうかを確認すること及び傷の発生を防止するための対策について検討することを目的とし，現場調査，ﾚｰﾙ破断試験，騒音測定を行った．

写真 1　ｳﾛｺ状の剥離傷

２．傷の発生状況

傷の発生状況を把握するため，山手線内の現場調査を実施した．その結果を以下に示す．

（１）傷の外観

傷は，いずれも深さ数ﾐﾘの頭頂面 G.C.付近の部分剥離欠損を呈しており，付近には油がおびただしく付着していた．剥離形状は，複雑で一定していない．範囲は，10mm 位から数 100mm を超える長いものまであり，総じて連続的に存在していることが多い．剥離が発生する直前の G.C.には，黒色斑点(黒斑)が確認された．

調査結果を基に，外観上の損傷度を進行に応じて表 1 のように分類した．

表 1　目視調査結果による外観損傷度(判定基準案)

外観損傷度	損傷状況
Ⅰ	ごく軽微な黒斑，剥離が認められる場合
Ⅱ	黒斑，剥離が部分的に認められるが，その範囲や程度が小さい場合
Ⅲ	黒斑，剥離が連続的に認められる場合
Ⅳ	剥離の程度が著しい場合

この傷の様相は，既往の研究[1)]のﾌﾚｰｷﾝｸﾞ(G.C.部の剥離)と広義で同種であるため，以下ﾌﾚｰｷﾝｸﾞと呼ぶこととする．

（２）傷発生区間の特徴

ﾌﾚｰｷﾝｸﾞ発生区間の特徴をみると，山手線内の曲線 158 箇所中 93 箇所(60%)の外軌 G.C.に発生が確認された．直線，曲線内軌ﾚｰﾙにも一部発生が確認された(10 箇所)．特に半径 800～1800m の発生率が高い(図 1)．半径 600 未満については全て緩和曲線でのみ発生している．以上より，ﾌﾚｰｷﾝｸﾞは緩曲線外軌 G.C.に主として発生するといえる．

軌道構造は，有道床，省力化軌道，橋ﾏｸﾗｷﾞそれぞれから発生しており，特に差異はなかった．最短で傷が発生した箇所の通過ﾄﾝ数は，28.8 百万ﾄﾝ(8 ヶ月)であった．なお，山手線と並走する京浜東北線や山手貨物線，同じ E231 系が走行する中央緩行線でもﾌﾚｰｷﾝｸﾞは発生しておらず，他線区からも発生したという記録はない．

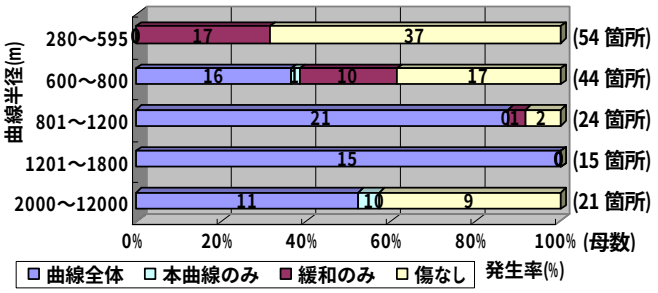

図 1　曲線半径とﾌﾚｰｷﾝｸﾞ発生率の関係

３．ﾚｰﾙ破断試験

通常，内部へ進行した傷は探傷車で探知される．しかし，探傷車は G.C.部(頭側 15mm)を探傷領域としておらず，これまでﾌﾚｰｷﾝｸﾞを探知した記録もない．以下，ﾌﾚｰｷﾝｸﾞが折損に至るような有害な傷か否かを確認する．

（１）試験概要

損傷ﾚｰﾙの強度や傷の深さ，進行状況について調査する事を目的に，破断試験を行った．試験体は，剥離傷が連続的に発生しているﾚｰﾙ(60k，外観損傷度Ⅳ)を 1.5m×3 本抽出した．試験は，傷を中心に支点間距離を 1.0m とり，ﾚｰﾙ頭部が引張側となる HD 姿勢での 1 点載荷とした．

（２）試験結果及び考察

全ての試験体で破断荷重-たわみ量の基準値(溶接)以上となった．傷の深さは，全て数ﾐﾘ程度(最大 3mm)で内部への進行も見られなかった．(写真 2)以上より，ﾚｰﾙは強度的に問題ないと考えられる．

表 2　ﾚｰﾙ破断試験結果

	1本目	2本目	3本目	基準値
破断荷重(10^3kN)	1.416	1.341	1.387	1.225
最大たわみ量(mm)	27	25	25	20

写真 2　破断後のﾚｰﾙ

ｷｰﾜｰﾄﾞ：ﾚｰﾙｹﾞｰｼﾞｺｰﾅｰ剥離傷，ﾚｰﾙ折損，騒音，塗油，摩耗
連絡先：〒114-8550　東京都北区東田端 2-20-68　TEL：03-5692-6136

4．金属組織の観察と残留応力分布

ﾌﾚｰｷﾝｸﾞが発生すると，その後の列車荷重によって傷がﾚｰﾙ内部方向へ進行する恐れがある．この進行を支配するものにﾚｰﾙの残留応力(ﾀﾞﾒｰｼﾞ)や金属組織がある．そこで，ﾌﾚｰｷﾝｸﾞ発生後の残留応力と金属組織の観察を行った．

（1）残留応力分布

頭部の残留応力測定結果より(図 2)，表面に車輪の接触による圧縮残留応力の生成が見られた．また，内部への傷の進行と関係が深いと思われる内部の引張残留応力は，普通ﾚｰﾙ(傷無)と比較してほぼ同程度の大きさであった．

（2）金属組織の観察

ﾚｰﾙ断面方向の頭頂面を電子顕微鏡により観察した結果(写真 3)，極表層部で塑性流動が見られ，亀裂がそれに沿って成長している．亀裂以下の母材は普通のﾊﾟｰﾗｲﾄ組織で健全である．これより，接触圧力が最大になる深さ数ﾐﾘの位置が常に高接触圧の状態になり，油により摩耗が進まず疲労が蓄積され，その部分からせん断変形が始まり亀裂が生じ，叩かれて剥離に至ったと考えられる．

以上の結果より，ﾌﾚｰｷﾝｸﾞが内部に進行することは考えにくく，過去の事例(同様の傷)でも折損に至った例は見当たらない事から，折損に至る恐れはないと考えられる．

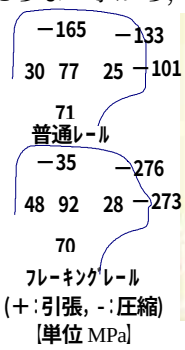

図 2 残留応力

写真 3　ﾌﾚｰｷﾝｸﾞﾚｰﾙ金属組織

5．騒音測定

これまでの結果より，ﾌﾚｰｷﾝｸﾞは内部に進行しないためﾚｰﾙ交換の必要はないと考えられる．しかし，冒頭で述べた通りﾌﾚｰｷﾝｸﾞは異常騒音の発生源となる．そこで，環境面からﾌﾚｰｷﾝｸﾞの有害度を評価するために，騒音測定を行った．対象は，騒音苦情発生箇所で外観損傷度Ⅳの箇所である．測定は，既存の在来線に基準がないため新幹線の基準(傷から 25m の位置のﾋﾟｰｸﾚﾍﾞﾙのﾊﾟﾜｰ平均値)を適用した．その結果(図 3)，傷ﾚｰﾙの音が新品ﾚｰﾙに比べて 15 dB 程大きくなっており，新幹線基準の 75dB を上回っていることが分かった．

これまで騒音苦情を受けた全 5 箇所はいずれも外観損傷度Ⅳであった事から，環境面からみた交換基準は外観損傷度Ⅳが妥当と考える．

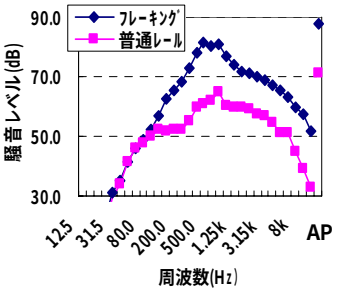

図 3　騒音ﾚﾍﾞﾙ

6．ﾌﾚｰｷﾝｸﾞ発生防止策の提案

（1）車上塗油の影響

現在，山手線では車輪摩耗抑制対策として積極的に車上塗油が行われており，車輪摩耗防止については相当の成果を挙げている．しかし，車上塗油は，同時にﾚｰﾙ G.C. の摩耗も著しく減少させ，ﾚｰﾙに疲労を蓄積させる事となり，ﾌﾚｰｷﾝｸﾞ発生の大きな要因となっている．

【参考】山手線の塗油条件は，「時速 5km 以上」かつ「曲線半径 800m 以下(台車回転角で検知)」で設定されているが，検知精度の低さ等により，実際には直線を含むほぼ全区間に油が撒かれている(塗油実態調査)．

ﾌﾚｰｷﾝｸﾞは，ﾚｰﾙ折損に至る恐れはないが，成長すると騒音が大きくなり環境問題に発展する．従って，一定の大きさになる前に除去するか，あるいは損傷発生を抑えるために塗油を停止する必要がある．そこで車両側と調整し車上塗油を一時全面停止させたが，1 ヶ月後に車輪ﾌﾗﾝｼﾞに想定以上の変化が現れたため，塗油再開となった．

（2）適正な塗油条件の検討

以上を踏まえ，塗油の軽減化を図るために，摩耗進みの抑制を図りつつ損傷の発生を抑えるための適正な塗油条件を検討することとした．摩耗量及び損傷の発生率は半径に応じて変動するので，各々の半径に応じた摩耗量(G.C.45 度)と損傷発生率の均衡点を適正な塗油条件とした．なお，今回は環境の観点から，有害な損傷を外観損傷度Ⅳとし，これを発生させないための条件を検討した．

ﾚｰﾙ摩耗に対する塗油の効果を把握するため，山手線と中央緩行線(塗油無)のﾚｰﾙ摩耗進みを比較した(共に E231 車両)．摩耗に対する塗油効果は明らかである(図 4)．半径が大きくなるにつれて損傷発生率も上昇し，半径 657m を超えると外観損傷度Ⅳが発生した．以上の結果より安全側をとって，摩耗の抑制を図りつつ損傷の発生を抑えるための適正な塗油箇所を半径 600m以下と提案する．

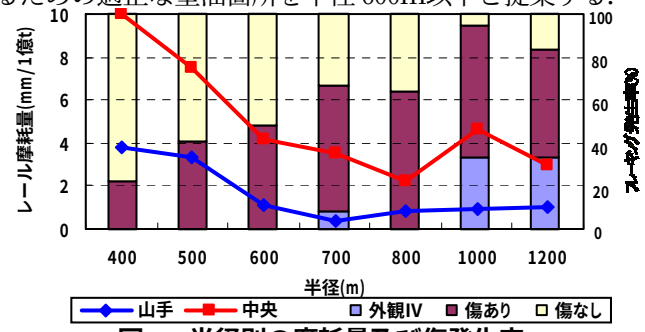

図 4　半径別の摩耗量及び傷発生率

7．まとめ

本研究では，山手線で多発している新種の傷，ﾌﾚｰｷﾝｸﾞの有害性の把握と発生防止策の検討を行った．その結果，ﾌﾚｰｷﾝｸﾞは，ﾚｰﾙ折損に至る恐れはないが，異常な騒音の原因となる場合がある．また，ﾌﾚｰｷﾝｸﾞの発生を防止するための対策として，「車上塗油を半径 600m以下に限定して行うこと」を提案する．

参考文献：1)杉野和男：高強度ﾚｰﾙに関する金属材料学的研究，大阪大学学位論文，1987.11