

多種踏面に対応したクロッシング形状検討と評価方法についての研究

東京地下鉄株式会社 正会員 ○米原 善秀

渡邊 真一

徳永 浩二

(株)峰製作所 西田 達矢

日鉄レールウェイテクノス(株) 久保 奈帆美

1. はじめに

クロッシングの乗移り部では、レールが車輪を誘導しない欠線部が存在する。欠線部では、車輪がレールに食込む上り段走行、車輪がレールに落ち込む下り段走行という現象が発生する。その現象による衝撃がクロッシングの乗移り部の損傷要因の一つになっている。¹⁾特に車輪がウィングレールに食込む上り段走行による損傷が多く発生している。衝撃緩和対策として、ウィングレールに車輪踏面に対応した勾配を付けたクロッシング(以下2段勾配クロッシングという)が採用されている。²⁾東京地下鉄の特定の路線では2種類(以下それぞれタイプ1、タイプ2)の車輪踏面の列車が走行しており、同じ2段勾配クロッシングに対しても衝撃の発生現象がそれぞれ異なる。本論文では、タイプ1の摩耗車輪踏面を含めた3種類(タイプ1、タイプ2、タイプ1摩耗)の車輪踏面に対応した2段勾配クロッシング形状を静的接触解析で設計し、列車走行シミュレーションで評価したので、その結果を示す。

2. 静的接触解析

クロッシング2段勾配の例を図1に示す。ノーズレールのゲージコーナーより59mmの位置を勾配の切り替え点とし、フランジ側を1段目の勾配、反フランジ側を2段目の勾配とする。調査結果より損傷が集中して発生しやすいノーズレールの頭部幅25mmの断面形状(図1の例を参照)について、背向時の落下量と食込み量を静的接触解析で求め、食込みおよび落下の許容量を満たす勾配とした。一般に、下り段走行より上り段走行の時のほうが損傷要因となりやすいことから、許容される閾値は食込み側に1mm、落下側に2mmとした。

背向敷設の場合の静的接触解析の結果を表1に示す。現行敷設されている1/20+1/10(以下敷設形状1)と1/40+1/10(以下敷設形状2)に対しては、タイプ2の食込み量が閾値を超過した。これは、タイプ2の反フランジ側の踏面が、タイプ1より1.5mm低いためである(図2)。許容される閾値をみたす2段勾配として、1/40+1/12(以下改良形状)を設計した。改良形状に対して、タイプ1の摩耗車輪踏面は、タイプ1の新品車輪踏面よりも落ち込み量が大きくなる傾向になった。

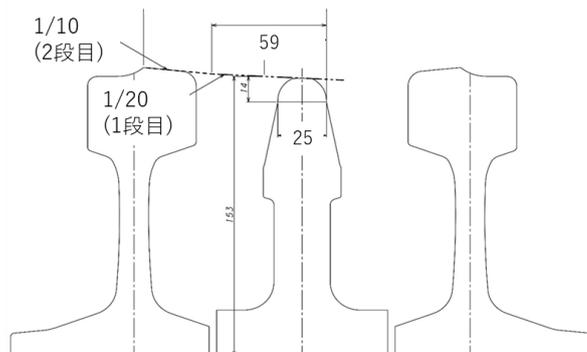


図1 踏面こう配設定寸法(例: 1/20+1/10)

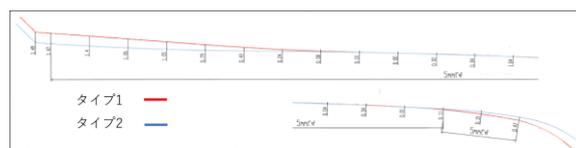


図2 各車輪踏面形状

表1 各車輪踏面と勾配の状態(背向敷設)

| | タイプ1 | タイプ2 | タイプ1(摩耗) |
|------------------|-------------|--------------|-------------|
| 敷設形状1(1/20+1/10) | 落下量 0.31mm | 食込み量 2.14 mm | 落下量 0.12 mm |
| 敷設形状2(1/40+1/10) | 落下量 0.76 mm | 食込み量 1.01 mm | 落下量 0.95 mm |
| 改良形状(1/40+1/12) | 落下量 1.20 mm | 食込み量 0.57 mm | 落下量 1.40 mm |

キーワード 2段勾配, 多種踏面, 静的接触解析, 列車走行シミュレーション

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄株式会社 工務部軌道課 TEL03-3837-8084

3. 列車走行シミュレーション

静的接触解析によって設計された 2 段勾配クロッシングに対して、SIMPACK により列車走行シミュレーションを実施した。車両モデルは運用中の車両諸元を使用し、乗車率を 200 [%] とした。また走行条件は、対向および背向で基準線側を 80 [km/h] で走行させた。道床はコンクリート道床を想定し剛体とした。評価項目は、乗移り先の最大輪重と最大接触面圧、クロッシング通過時の最大 Q/P 値(Q=横圧、P=輪重)とした。

評価項目の結果の一覧を表 2 に示す。列車走行シミュレーションより以下の考察を得た。

- ①輪重は、タイプ 2 に対しては踏面形状の食込み量が緩和されることにより、改良形状の値が小さい。しかし、タイプ 1 に対しては改良形状の値がもっとも大きいことから、落込み量がある一定の値を超えると輪重が大きくなると考える。
- ②Q/P 値は、タイプ 2 の背向時・敷設形状 1 の場合に 1.0 を超える高い値を示したが、敷設形状 2 および改良形状では減少した。敷設形状 1 では食込み量 2.14mm と大きく、食込み量の減少により Q/P 値が低下する。なお、この高い Q/P 値は、車輪がガードレールの役割をしているウィングレールに対して側面から接触した時に発生したものである。
- ③最大接触面圧は、背向時・改良形状の場合の値が敷設形状 1 および 2 に比べ低下する。改良形状では発生する最大面圧が大幅に改善され、損傷の緩和が期待できる。
- ④踏面形状の比較では、タイプ 1 の摩耗車輪踏面が輪重、Q/P 値、最大接触面圧のいずれも減少する傾向にある。

表 2 列車走行シミュレーション結果

| 条件 | 番数 | 対向 | | | 背向 | | |
|------------|-----------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | 10 | | | | | |
| | 敷設形状 1 | 敷設形状 2 | 改良形状 | 敷設形状 1 | 敷設形状 2 | 改良形状 | |
| 1 段目 | | 1/20 | 1/40 | 1/40 | 1/20 | 1/40 | 1/40 |
| | 2 段目 | 1/10 | 1/10 | 1/12 | 1/10 | 1/10 | 1/12 |
| 輪重 [kN] | タイプ 1 | 209.1 | 98.8 | 105.6 | 193.3 | 222.0 | 265.0 |
| | タイプ 2 | 93.7 | 134.2 | 95.7 | 164.0 | 206.1 | 103.4 |
| | タイプ 1(摩耗) | 132.6 | 85.8 | 97.4 | 64.8 | 167.3 | 212.2 |
| Q/P 値 | タイプ 1 | 0.23 | 0.08 | 0.11 | 0.52 | 0.41 | 0.47 |
| | タイプ 2 | 0.26 | 0.20 | 0.22 | 1.04 | 0.48 | 0.49 |
| | タイプ 1(摩耗) | 0.23 | 0.08 | 0.11 | 0.17 | 0.06 | 0.07 |
| 最大面圧 [GPa] | タイプ 1 | 9.4 | 10.5 | 13.0 | 24.3 | 13.6 | 9.2 |
| | タイプ 2 | 7.5 | 7.8 | 6.6 | 30.0 | 26.4 | 19.9 |
| | タイプ 1(摩耗) | 10.1 | 9.9 | 13.3 | 10.0 | 7.4 | 6.3 |

4. おわりに

多種踏面に対応した 2 段勾配クロッシング形状を、静的接触解析により設計し、列車走行シミュレーションで評価を行った。その結果、改良形状は背向時の損傷に改善が期待できることがわかった。今後は、列車走行シミュレーションの 2 段勾配設計への反映や静的接触解析の閾値決定を検討する。また、長手方向の勾配の検討し車輪踏面毎の乗移り位置を変化させることや、実測値とシミュレーションとの比較にも取り組む予定である。

参考文献

- 1) 及川裕也, 金鷹, 寺下善弘, 圧接クロッシングのウィングレール頭頂部損傷に関する一考察, 土木学会第 64 回学術講演集, 2009, 9
- 2) 森健矢, JR 西日本 2 段勾配クロッシングの保守・管理に関する取り組み, 新線路, 2017, 3