

レールに発生する横裂の進展に関する一検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○平野 秀司
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 矢作 秀之

1. はじめに

車輪の接触疲労により発生するレール内部のき裂は、敷設環境や、材質等も一様ではなく詳細に予測することは難しい。
レールの疲労試験は普通レールで行われることが多く、他の種類のレールについては知見が少ない実態がある。そこで、レールの材質の違いが横裂傷の進展に与える影響を検証した。

2. 試験の目的

本報告ではレール材質が横裂の進展に及ぼす影響に着目し、4種のレールに対して、横裂進展試験と材料特性の把握を目的とした要素試験(破壊靱性試験)を行い、材質毎の傷の進展状況の違いを検討する。両試験において使用したレールは実際に現場に敷設されていたものである。破壊靱性試験は材料が有する破壊に対する抵抗性を示すもので、材料自体のねばり強さを表す指標である。

3. 試験の概要

試験に使用するレール種別と敷設条件を表-1に示す。レールは全て発生レールで、普通レールを除き、他は曲線に敷設されていたレールである。なお、普通レールと鋼種C及び、鋼種Aと鋼種Bについては、それぞれ同程度の硬さを有している。

3. 1 横裂進展試験

試験に用いた試験体は1.7mの50Nレールで、支点間隔を1.5mとし、ヘッドダウンの状態で作荷した。3HzのSin波で5~70kNの範囲で作荷した。自然傷では傷の角度等の影響により進展にバラつきが発生するため、試験体となるレールに人工傷を設けて横裂を再現した。人工傷は放電加工により作成し、厚さ1mmの15mmの半円形、先端部に鋭角なノッチを設けた。(図-2参照)

3. 2 材料要素試験(破壊靱性試験)

材料特性を把握するため、破壊靱性試験を実施した。
試験手順を下記に記す。
①試験の手順レール頭部から試験片を切り出す。
②疲労き裂導入用の切り欠きを設ける。
③-20℃の環境下において3点曲げによる破壊試験を実施。
試験片と破壊試験の状況を図-3、4に示す。

キーワード レール傷、横裂、横裂進展試験、破壊靱性値

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2丁目479番地 東日本旅客鉄道株式会社
研究開発センター テクニカルセンター 線路システムG TEL048-651-2389

表-1 使用レール

	レール種類	普通	鋼種A	鋼種B	鋼種C
横裂進展試験	曲線半径	直線	500m	800m	800m
	レール種別	50N	50N	50N	50N
	内外軌	右	外軌	外軌	外軌
	通トン	5.6億トン	4.9億トン	1.1億トン	1.0億トン
破壊靱性試験	曲線半径	直線	800m	800m	800m
	レール種別	60k	50N	50N	50N
	内外軌	—	外軌	外軌	外軌
	通トン	7.9億トン	3.3億トン	1.1億トン	1.0億トン



図-1 繰返し作荷試験機

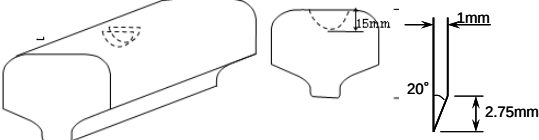


図-2 人口傷概略

(左：全体図 中央：正面図 右：傷部拡大)

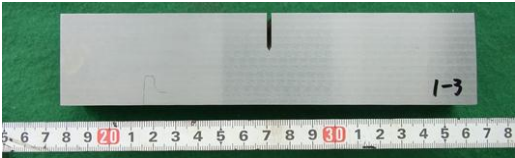


図-3 破壊靱性試験 試験片

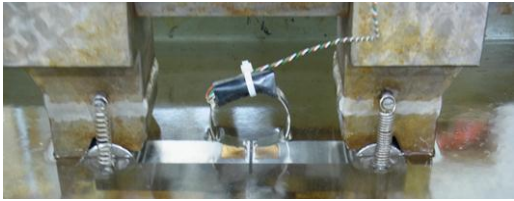


図-4 破壊靱性試験

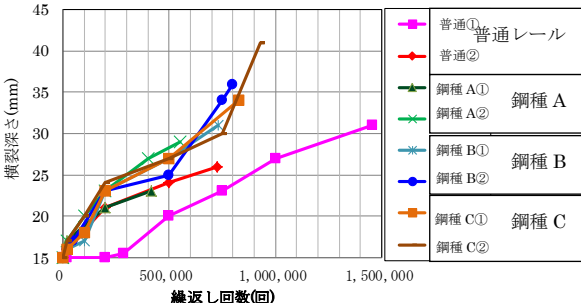


図-5 横裂の進展状況

4. 試験結果

4. 1 横裂進展試験

図-5 に载荷回数と横裂進展の関係、図-6 に破断深さ、図-7 に折損までの载荷回数、図-8 に横裂の進展状況を示す。

破断面の観察により脆性破面と疲労破面の境界部から破断時の横裂深さを算出した。図-6 より鋼種 C で最大となり、普通レールと鋼種 A に対しては 3 割程度、鋼種 B に対して 1 割程度高い値となった。

図-7 より折損までの载荷回数は試番毎のバラつきはあるものの鋼種毎に若干の傾向の違いが生じた。

破断深さを折損までの回数で除した横裂の進行で比較する(図-8)と、鋼種 A、B、C とほぼ同程度の値となった。

4. 2 材料要素試験(破壊靱性試験)

図-9 にレール種別毎の破壊靱性値を示す。図中の K_{Ic} が試験条件を満たした有意な値となる。

普通レール、鋼種 A、鋼種 B については破壊靱性値が $40\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ 程度とほぼ一定の値を示したが鋼種 C については約 $50\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ と 2 割ほど高い値を示した。鋼種 C は 4 種のレールの中で破壊靱性の高さに起因した材質の「ねばさ」を有しているものと考えられる。

5. まとめ

人口傷に対するレール疲労試験とレール種別毎の要素試験を行い、以下の結果を得た。

- ・ 傷の進展に対し耐摩耗性が考慮された各種レールと普通レールで傾向は違うが顕著ではない。
- ・ 鋼種 C は他の 3 種(普通・鋼種 A・鋼種 B)に比べ破壊靱性値が高く、破断深さに影響したものとする。
- ・ 試験体毎のバラつきもあり、現場レベルでの明確な差を見出すためには更なる検証が必要である。

6. 今後の予定

実際に敷設されているレールは傷の種類も多様であり、軸力も影響を及ぼすことが想定され、置かれている状況は非常に複雑である。

今後は横裂傷の進展具合や軸力の影響なども考慮し、基礎的な研究を続けることで、レール傷の進展に対するデータを蓄積し、レール傷の進展メカニズムの解明に寄与したい。

参考文献

- ・ 酒井達雄：よくわかる最新金属疲労の基本と仕組み、2011年6月、株式会社秀和システム

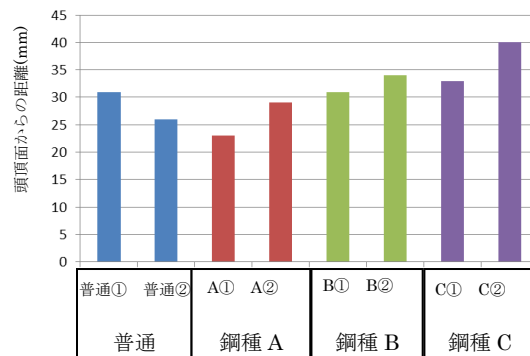


図-6 脆性破面と疲労破面の境界

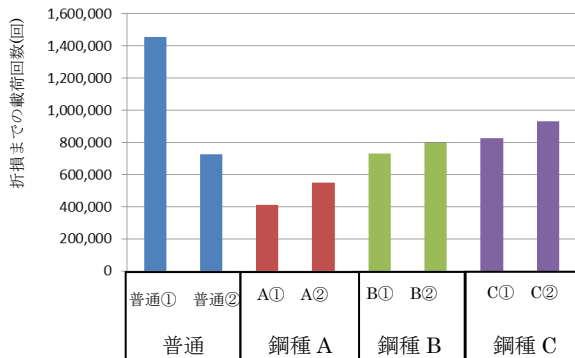


図-7 折損までの载荷回数(回)

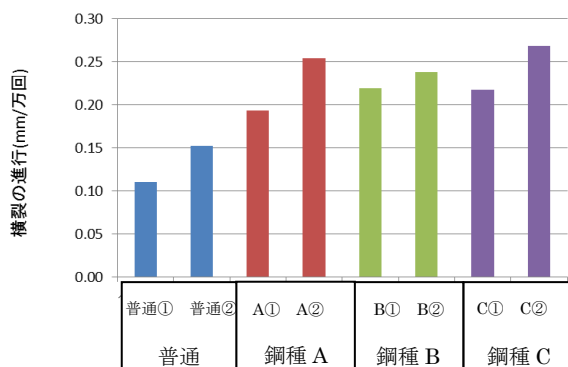


図-8 横裂の進行(mm/万回)



図-9 レール種別毎の破壊靱性値