

中きしみ割れ発生箇所の現地調査と発生レール分析

鉄道総研 正会員 ○辻江 正裕
 鉄道総研 正会員 木村 成克
 鉄道総研 非会員 陳 樺

1. 背景・目的

曲線外軌のゲージコーナ（以下、「GC」とする）部において、レールが塑性変形することで、きしみ割れが発生することは広く知られている。一方、一部の曲線内軌において、レール頭頂面に中きしみ割れの発生が確認されている。しかし、この中きしみ割れについては、その発生形態やき裂の進展状況に関してあまり知見がない。そこで本研究では、中きしみ割れ発生箇所の現地調査と中きしみ割れが発生したレールの分析を行った。

2. 中きしみ割れ発生箇所の現地調査

(1) 発生箇所

営業線における中きしみ割れの発生状況を明らかにするために、在来線の曲線区間において現地調査を実施した。調査箇所は、あらかじめレール台帳をもとに中きしみ割れの発生している箇所を対象区間として選定した。なお、レール台帳により、中きしみ割れの発生が確認されている曲線の半径は、図1に示す分布となっている。

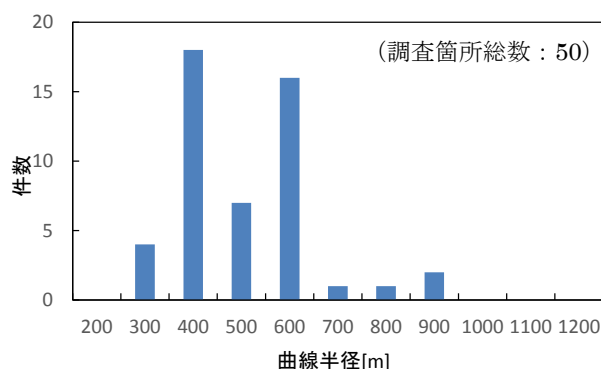


図1 中きしみ割れ発生箇所の曲線半径

このように、中きしみ割れは曲線半径 400～600m の曲線区間において多く発生していることが確認できる。曲線外軌の GC 部に発生するきしみ割れは、曲線半径 700～800m の曲線区間に多く発生することから、中きしみ割れはこれらに比べると、より急な曲線で発生していることがわかる。

(2) 発生形態

前節で記載した曲線区間において、中きしみ割れの発生状況を調査した。その結果、中きしみ割れの発生箇所や発生形態に基づき、(a)溶接部付近に発生、(b)連続的に発生、(c)不連続に発生以下の3種類に分類できることが明らかとなった。



(a) 溶接部付近に発生 (12%)



(b) 連続的に発生 (38%)



(c) 不連続に発生 (50%)

図2 中きしみ割れの発生形態

図2(a)に示す形態の中きしみ割れは、溶接部付近のみで観察された。この形態の中きしみ割れは、車輪がレール溶接部を通過する際に、溶接箇所におけるレール頭頂面凹凸により輪重変動がもたらされ、結果として接触応力が蓄積したことによる疲労損傷であると考えられる。

図2(b)に示す形態の中きしみ割れは、曲線区間において連続的に発生していた。この形態の中きしみ割れは、

キーワード レール、中きしみ割れ、頭頂面損傷、き裂進展、断面観察、接線力

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7291

長手方向に対して照り面の変化は見られず、またはく離している箇所もあまり見受けられなかった。

図 2(c)に示す形態の中きしみ割れは、長手方向に対して不連続に発生しており、照り面の幅も長手方向に対して複雑に変化していた。また一部ではく離が発生していることも確認できた。

なお、本研究では合計 50 箇所で現地調査を実施したが、前述の 3 種類の発生形態の割合としては、(a) 12%，(b) 38%，(c) 50%であった。

3. 発生レール分析

(1) 発生レールの概要

中きしみ割れが発生した現地敷設レールについて、分析を行った。分析に用いたレール（以下、「分析レール」とする）は、曲線半径 600m の曲線区間の内軌に敷設していたレールであり、累積通過トン数は 235 百万トンである。分析レールの頭頂面の外観を図 3 に示す。この分析レールにおいては、不連続な形態の中きしみ割れが発生している。



図 3 分析レールの外観

(2) き裂進展状況

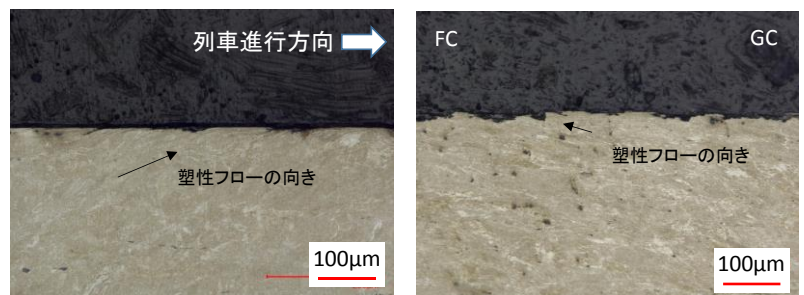
図 3 に示す中きしみ割れ発生箇所について、中きしみ割れ開口部を中心として、レール長手方向にレールを切断し、中きしみ割れのき裂進展状況を調査した。その結果、図 4 に示すように、中きしみ割れはレール頭頂面を起点として列車進行方向とは逆方向に進展していることが明らかとなった。また一部の箇所では、進展したき裂が重なり合っていることも確認できた。このように中きしみ割れは、進展したき裂が多重になっていることから、レール頭頂面からの超音波探傷では、最表層のき裂によって超音波が遮られ、最深部のき裂を検出することが困難であると考えられる。



図 4 き裂進展状況

(3) 断面組織観察

中きしみ割れの発生要因を検討する上で、車輪／レール接触部における応力履歴を明らかにすることが重要である。そこで本研究では、分析レールの中きしみ割れ発生箇所について、断面組織観察を実施した。図 3 の分析レールについて、長手方向ならびに断面方向に切断して、レール表層の断面組織を観察した結果を図 5 に示す。



(a) 長手方向

(b) 断面方向

図 5 断面組織観察結果

図 5 より、長手方向については列車進行方向に向かって、また断面方向については曲線内方に向かって塑性フローが発生していることが確認できた。したがって、分析レールの中きしみ割れ発生箇所においては、車輪が通過する際に、列車進行方向ならびに曲線内方への接線力が作用していると考えられる。なお前項で観察した中きしみ割れは、列車進行方向の塑性フローに沿って進展していた。

4. まとめ

本研究では、曲線内軌頭頂面に発生した中きしみ割れについて、その発生形態を明らかにするために現地調査を実施した。また中きしみ割れが発生したレールについて断面観察を行い、き裂進展状況ならびに塑性フローの発生状況を確認した。今後は中きしみ割れ発生箇所をモデルに車両運動解析を実施し、中きしみ割れの発生要因について検討する予定である。

参考文献

1) 瀧川光伸, 小野寺孝行: レールきしみ割れの発生傾向分析, 第 11 回鉄道技術連合シンポジウム (J-Rail2004), pp.421-422, 2004.