

レール折損時における横裂用応急処置器取り付け時の強度評価

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○溝口 敦司 正会員 片岡 宏夫
 正会員 石上 寛 正会員 吉田 眞
 西日本旅客鉄道株式会社 正会員 川添 雅弘 正会員 清水 郁夫

1. はじめに

レール折損時における列車の徐行運転は、列車遅延・運休の原因となっている。レール応急処置器を取り付けた場合の列車の徐行運転速度は経験的に決められており、鉄道事業者間で異なっている。また、横裂用レール応急処置器の部材強度および変形は明確ではない。そこで、実車走行試験等を実施し、徐行速度向上の可能性と軌道部材の強度について評価を行った。

今回対象とする軌道はロングレール区間で曲線半径 500m 以上であり、年間通過トン数 6000 万トン強の線区で折損後 1 日間車両が通過する場合とした。

2. 応急処置器の強度評価法の検討

対象とする横裂用レール応急処置器は、図 1 に示す安田式横裂用応急処置器（以下「応急処置器」という。）である。応急処置器の材質は FCD450-10 である。開口量を 70mm とし、試験軌きょうを設置し、静的載荷試験¹⁾を行った結果、応急処置器の応力は取り付け時に塑性領域に達しており、塑性領域における応力の変動に対する評価が必要となった。

そこで、図 2 に示すように FCD 材の応力 - ひずみ線図²⁾より塑性領域のひずみを応力に換算し、表 1 に示す FCD450 の時間強度³⁾を用いて耐久限度線図を作成し、応急処置器の各測点に発生した応力変動の最大値と取り付け時の応力を含めた平均応力の関係を耐久限度線図にプロットし照査して、応急処置器の強度評価を行うこととした。

許容限度は、応急処置器を取り付けた後に折損部を 1 日間に通過する車両の軸数約 2 万軸に対し安全率 3 とし、約 6 万軸通過するものとして、 10^5 回時間強度とした。

3. 103 系電車による現地試験

走行安全性および車両・軌道部材の強度等を確認するため、図 3 に示す曲線半径 500m 相当の実軌道においてレール折損時を模擬した開口部を設定し、103 系電車（4 両編成）の走行試験を行った。速度は 10~70km/h まで 10km/h 毎とし、空車および積車状態にて走行した。測定項目は、輪重、横圧、レール応力、締結ばね応力および応急処置器応力である。試験の結果、表 2 に示すように、応急処置器、締結ばねおよびレールの応力はすべて許容限度値内であり、本試験の軌道条件で 103 系電車の

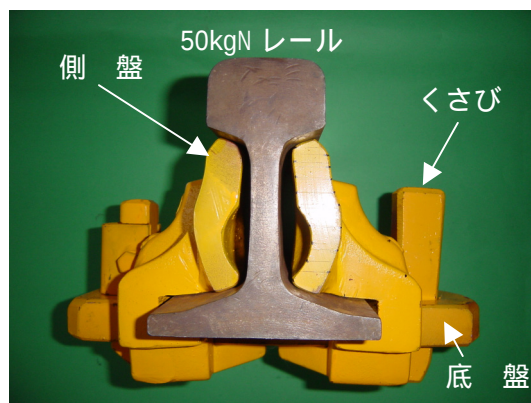


図 1 横裂用レール応急処置器

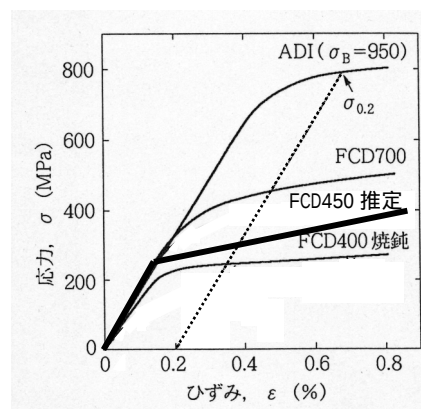


図 2 FCD のひずみ-応力曲線²⁾

表 1 FCD450 の時間強度

繰返し回数(回)	10^5	10^6	10^7 (疲労限度)
応力振幅 (N/mm ²)	340	280	250

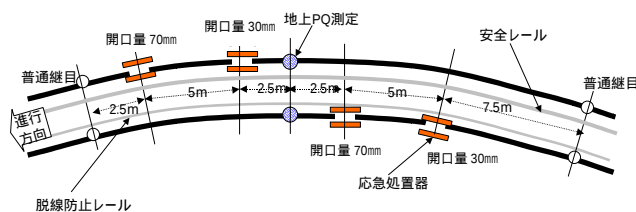


図 3 走行試験の軌道概要

キーワード 応急処置器、走行試験、徐行速度、強度評価

連絡先 〒185-8540 東京都分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所(軌道構造) TEL 042-573-7275

70km/h 以下の速度では、軌道部材の強度に関して問題はないと考えられる。

4. 機関車走行時の部材の強度評価

実軌道では様々な車種が開口部を通過することが想定されるため、車体重量の重い車両が走行した場合の軌道部材の強度評価を行った。対象車両は 103 系電車に比べ輪重の重い EF66 機関車であり、対象軌道は曲線半径 500m の場合より厳しい条件である曲線半径 300m、通り変位 30mm とした。

EF66 機関車が走行した場合に、開口部に発生する輪重および横圧は次のように推定した。103 系電車について空車状態と積車状態の走行試験から軸重の影響を定式化し、EF66 機関車が速度 70km/h でレール折損がない状態で走行した場合の輪重と横圧の推定値に軸重の影響を考慮して、レール折損時の開口部における EF66 機関車の発生輪重および横圧とした。その結果を表 3 に示す。ここで、レール折損のない状態における輪重と横圧は、輪重横圧推定式⁴⁾を利用した。

現地試験結果より、列車速度、開口部通過時の車上輪重および横圧の最大値を説明変数として各部材の変動応力の重回帰分析を行い、表 3 に示した推定荷重を代入して変動応力を推定し、軌道部材の強度評価を行った。その結果を表 2 に併記した。また、耐久限度線図による照査結果を図 4 に示す。各項目とも許容限度値内であり、1 日間程度の列車の通過に対して強度上問題はないと考えられる。

また、図 5 に示すように、応急処置器の推定された部材の変動応力に対する繰返し載荷試験を実施した。2 節の考察より目標回数を 6 万回とし、5.5Hz の正弦波で載荷した。荷重条件は、図 4 に示した照査結果より側盤の測点 A に発生する変動応力 122N/mm^2 が再現できるように設定した。試験の結果、6 万回の繰返し載荷に対し、応急処置器に損傷等の異状は確認されなかったことから、耐久性の問題はないと考えられる。

5. まとめ

103 系電車の走行試験および EF66 機関車走行時の荷重推定に基づき応急処置器および軌道部材の強度評価を行った。その結果、曲線半径 500m 以上のロングレール区間において徐行速度 70km/h で 1 日間列車が通過する場合、応急処置器および軌道部材の強度について問題はないと考えられる。

【参考文献】 1) 溝口敦司、吉田眞、片岡宏夫他：横裂用レール応急処置器の静的載荷試験、第 59 回土木学会年講、2004.9

2) 原田昭治、小林俊郎他：球状黒鉛鋳鉄の強度評価、アグネ技術センター、1999.12

3) 日本学術振興会編：金属材料の強度および疲労資料集成第 編、丸善、1970.12

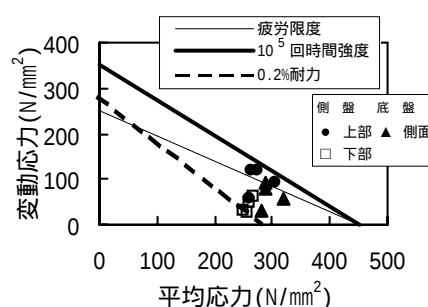
4) 内田雅夫、高井秀之他：輪重横圧推定式による乗り上がり脱線に対する安全性評価、鉄道総研報告、2001.4

表 2 走行試験結果および推定結果

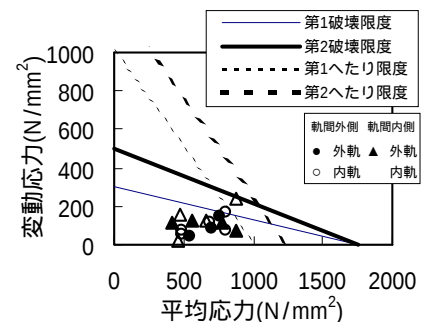
項 目	許容限度値	最大値または照査結果	
		103系電車走行時の試験結果	EF66機関車走行時の推定結果
応急処置器	耐久限度線図による	10 ⁵ 回時間強度内	
締結ばね	耐久限度線図による	第2破壊限度内	
レール	355 N/mm ²	86 N/mm ²	228 N/mm ²

表 3 推定荷重（単位：kN）

項 目		推定荷重
輪 重	内 軌	128.6
	外 軌	136.0
横 圧	内 軌	37.5
	外 軌	82.6



(1) 応急処置器



(2) 締結ばね

図 4 耐久限度線図による照査結果

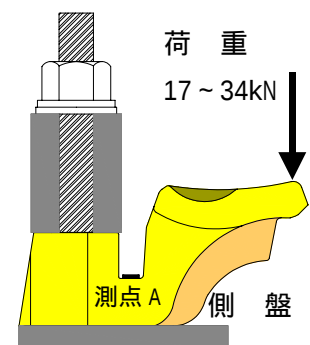


図 5 繰返し載荷試験