

1219 レール折損時における列車徐行速度の向上の一考察

The consideration of improvement of train going slowly speed when rail breakage

○正〔土〕 川添 雅弘 正〔土〕 清水 郁夫

Masahiro KAWAZOE , West Japan Railway Company
Ikuo SHIMIZU , West Japan Railway Company

The train delay by the going slowly drive at the rail breakage troubles the customer. Then, the material performance confirmation examination in the opening by which the emergency treatment machine was installed was executed to improve the going slowly speed, and a basic performance of the emergency treatment machine was clarified. Moreover, the present car examination was executed in the orbit by which the opening was set, and the verification of the running safety to the rail opening was execute.

Keyword ; the rail breakage, improve the going slowly speed,
the material performance confirmation examination, the present car examination

1. はじめに

レール折損が発生した場合、運転保安を確保するために一旦列車を抑止し、応急処置器を取付けるなど走行安全性を確保した後、徐行運転により運転を再開することになる。その結果として、列車の運休や遅延を発生させ、お客様に多大なご迷惑をかけることになる。そこで、列車の運休や遅延を軽減するためには、この徐行速度を向上させる必要があると考え、走行安全性を確保しながら、徐行速度を向上させる取組みを行っている。今回は、その一考察として開口部の部材性能確認試験と現車試験を行ったので、その内容について報告する。

2. レール折損時の徐行速度の現状

J R 西日本におけるレール折損時の徐行速度を Table-1 に示す。一方、各鉄道会社のレール折損時の徐行速度を調査してみると、在来線の場合については最徐行～50km/h と各社で徐行速度が異なっていることから、これまでレール折損部の挙動や徐行速度を決定するための指標が明確にされてこなかったと考えられる。

そこで本研究では、レール折損部において、軌道部材の性能と走行安全性の検証について試験を実施し、レール折損部の挙動を明確にし、現行より速い徐行速度を制定することを目的とする。

Table-1 Going slowly speed rule of JR West

	応急処置器	開口量	速度
在来線	無し	30mm 以下	10km/h
	有り	基準なし	30km/h
新幹線	無し	25mm 以下	30km/h
	有り	基準なし	70km/h

3. 今年度の取組み

レール折損部の徐行速度の向上に向けて、今年度は(1)(2)の手順で取組んだ。それぞれの取組み目的と内容は以下のとおりである。

(1) レール開口部の部材性能の検証

レール折損部に応急処置器を取付けた後および取付ける前の軌道部材強度ならびに変形性能が明確になっておらず、速度向上するために確認が必要な項目とその基準値(以下、走行判定基準とする)が不明確であった。そこで、開口部の部材性能を明らかにし、開口部の速度向上試験で必要な走行判定基準を設定するために、レール開口部の部材性能確認試験を行った。

(2) レール開口部の走行安全性の検証

レール開口部を列車が通過した場合の開口部通過速度と部材発生応力や変形性能の相関性が不明確であった。そこで、速度との相関性を明確にするとともに、速度向上した場合の走行安全性を確認するため、上記の部材性能試験から求めた走行判定基準を用いて、営業列車による走行試験を実施した。

4. レール開口部の部材性能確認試験の概要

本試験は、当社で使用されている安田式横裂用応急処置器をレール開口部に取付けた場合と取付けていない場合について行なった。試験方法は載荷試験機により開口部に輪重に相当する鉛直方向荷重と横圧に相当する水平方向荷重に分けて負荷し、開口部の各部材に発生する応力および変位量を測定した。試験パターンを Table-2、試験図を Figure-1、測定位置を Figure-2 に示す。

なお、負荷した最大荷重は載荷試験機の性能にあわせ、実際の走行試験で発生すると予想される荷重より大きいものとした。以降の試験結果は、いずれも Table-2 の最大荷重を負荷

した時点の値である。

Table-2 Examination pattern

No	開口量	レール	クサビ 高さ	载荷パターン (最大荷重)
①	—	50N	—	鉛直 105kN、水平 70kN
②	0mm	50N	70mm	鉛直 240kN、水平 100kN
③	10mm	50N	50mm	鉛直 240kN、水平 100kN
④	40mm	50N	70mm	鉛直 240kN、水平 100kN
⑤	70mm	50N	50mm	鉛直 240kN、水平 100kN
⑥	70mm	60K	70mm	鉛直 240kN、水平 100kN
⑦	70mm	50N	70mm 50mm	鉛直 (加振)

※ ①は応急処置器なし、②～⑦は応急処置器あり

※ ①～⑥は静的载荷

※ ⑦は加振载荷：3Hz、80kN±75kN(5kN～155kN)、10 万回

※ クサビ高さは、打込後のクサビ上端から下盤までの距離

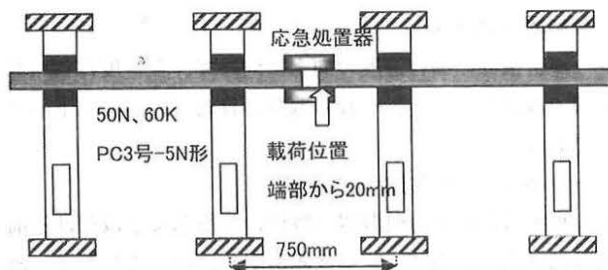


Figure-1 Examination chart

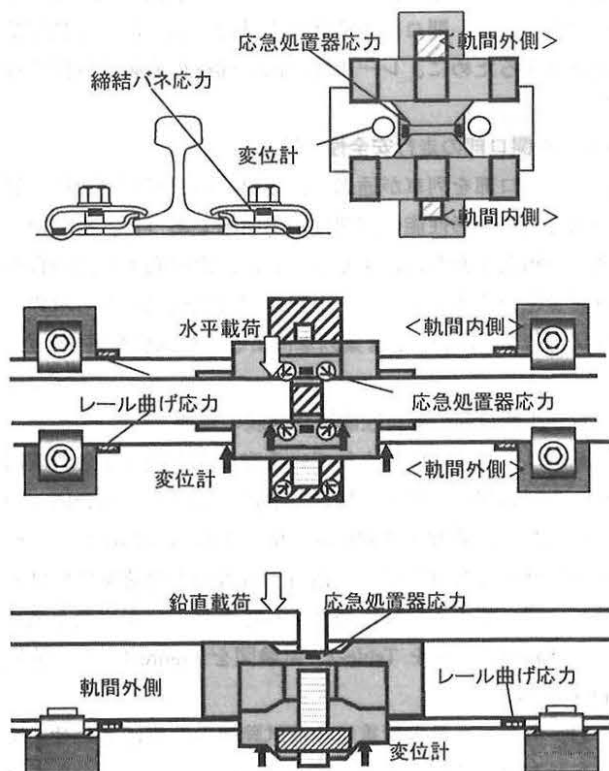


Figure-2 Measurement position

5. 部材性能確認試験の試験結果

レール開口部の部材性能確認試験について(1)～(4)は静的試験結果を、(5)は加振試験結果を示す。

(1) 開口部変位

最大鉛直荷重時の上下変位量と最大水平荷重時の左右変位量を Table-3 に示す。応急処置器を取付けることで上下方向、左右方向とも変位量は小さくなった。また、レール頭部の上下方向の段違い量は小さいものの、左右方向の目違い量は大きかった。開口部の左右目違い状況を Figure-3 に示す。

Table-3 Amount of rail head displacement (mm)

No	鉛直载荷 (頭部上下変位)			水平载荷 (頭部左右変位)		
	負荷側	非負荷	段違	負荷側	非負荷	目違
①	6.9	0	6.9	25.5	0	25.5
②	4.6	4.2	0.4	14.6	9.3	5.3
③	4.5	4.0	0.5	13.9	8.5	5.4
④	5.0	3.8	1.2	10.6	6.4	4.2
⑤	4.8	3.9	0.9	17.6	12.8	4.8
⑥	4.2	3.4	0.8	12.4	7.1	5.3

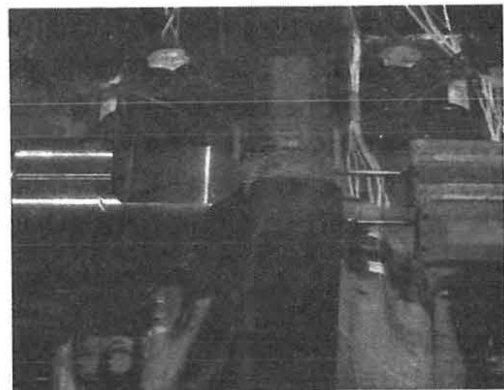


Figure-3 Head difference situation

(2) レール曲げ応力

最大荷重時の荷重負荷側のレール曲げ応力を Table-4 に示す。最大荷重時でも開口部端レールは降伏および破壊しないことが確認できた。

Table-4 Rail bend stress (MPa)

No	鉛直载荷	水平载荷	
	軌間内外平均	軌間外側	軌間内側
①	-107	-379	392
②	-76	-214	192
③	-65	-178	188
④	-85	-225	226
⑤	-56	-180	182
⑥	-37	-143	158

※正は引張応力、負は圧縮応力

(3) 締結バネ応力

最大水平荷重時に大きな応力が発生した軌間外側受栓部と軌間内側ボルト部の応力を Table-5 に示す。締結バネにかなり大きな応力が発生していることが確認できた。また No①（処置器なし）は 70kN を、No⑤（開口量 70mm (50N)）は 120kN を超えた時点で Figure-4 のように軌間外側の P Cマクラギ受栓が破壊した。

Table-5 Conclusion device spring stress (MPa)

No	軌間外側受栓部	軌間内側ボルト部
①	-1832	1259
②	-1766	1054
③	-2625	781
④	-1657	1032
⑤	-3437	1243
⑥	-1674	1200

※正は引張応力、負は圧縮応力



Figure-4 Destruction situation of PC sleeper receiving stopping

(4) 応急処置器応力

鉛直負荷および水平負荷とも大きな応力が発生したのは下盤であった。Table-6 に応急処置器を取付けた時に発生した初期応力と荷重負荷時に発生した応力を示す。静的荷重試験では破壊した箇所はなく、クサビの抜けも発生しなかった。

Table-6 Emergency treatment machine stress (MPa)

No	取付け時		鉛直荷重		水平荷重	
	打込み部	下盤中央	打込み部	下盤中央	打込み部	下盤中央
②	68	-175	61	-175	71	-281
③	151	-364	139	-367	166	-475
④	93	-212	106	-247	132	-310
⑤	173	-385	158	-398	179	-475
⑥	73	-91	73	-26	86	-1

※正は引張応力、負は圧縮応力

(5) 加振試験

加振試験では、クサビ高さ 70mm の場合、クサビの抜けは見られなかったが、加振 5,000 回で約 20mm レール長手方向に応急処置器がずれた。そこで、さらにクサビ高さ 50mm まで打込み、引続き 10 万回まで加振したが、以降の処置器のずれは発生せず、破壊箇所もみられなかった。また、部材の降伏についても認められなかった。

6. 部材性能確認試験のまとめ

今回の部材性能確認試験から、開口部の軌道部材と応急処置器については、当社アーバン地区で丸 1 日（約 15,000 回の繰返し：1 日の車輪通過回数に相当）使用した場合でも、破壊しないと予想される。

また、各部材について、応急処置器については下盤、レールについてはマクラギ端部、締結バネについては軌間外側の受栓部で大きな応力が発生することが確認できた。

一方、開口部変位については応急処置器を取付けることで上下、左右とも小さくなることが確認できたが、左右方向の頭部目違いについては 100kN 荷重時に 5mm 程度発生することが確認できた。

7. 走行判定基準の作成

上記の部材性能確認試験から、開口部の部材性能を明らかにすることができた。この結果をもとに、Table-7 に示すとおり、開口部走行試験で用いる走行安全性の目安となる走行判定基準を作成した。なお、脱線係数については、開口部通過時に発生する衝撃的な荷重を判定することから、飛び上り脱線について検討することとした。

Table-7 Running judgment standard

項目	判定値
レール頭部左右変位	25mm
レール頭部左右目違い	4mm
応急処置器ひずみ	5% (50,000 μ)
締結バネ応力	1,270MPa
レール応力	640MPa
P Cマクラギ受栓	目視により損傷確認
脱線係数	・ 0.95 (脱線係数の作用時間が 0.015s 以上の場合) ・ $0.0475/t_q$ (横圧の作用時間が 0.05s 以下の場合)

※軌道条件は曲線半径 500m 区間

※車輪は修正円弧踏面（フランジ角 65 度）

8. レール開口部走行試験の概要

本走行試験では、実軌道に人工的にレール開口部を作り、その開口部に応急処置器を取付けて、営業列車を走行させ、軌道および車両の各部材に発生する応力、開口部の変位、開口部で発生する輪重・横圧を測定した。

試験は車両条件を変更して2日間実施し、1日目は空車状態、2日目は1両目に120kNおよび2両目に100kNのデッドウェイトを積載した状態で実施した。また、試験速度は10km/hから走行安全性を確認しながら10km/hピッチで速度向上し、最高70km/hまで実施することとした。以下の(1)(2)に試験概要を示す。

試験の進め方としては、試験列車通過時に目視で軌道状態の異常の有無を確認するとともに、試験列車走行後直ちに出力波形および測定値を確認し、あらかじめ設定した走行判定基準を超過しているか項目があるかどうかを検討し、超過している項目がない場合は次速度に速度向上できることとした。

(1) 試験軌道

今回設定した試験軌道を Figure-5 に示す。25m レール間に外軌側2箇所および内軌側2箇所に開口部を設定した。なお、各開口量は30mmと70mmを設定した。また、試験区間の曲線半径は500m、カントは60mmとした。

地上側の測定項目については Table-8 に示すとおり、部材性能確認試験で明らかになった、発生応力および変位量が大きい箇所を測定することとした。

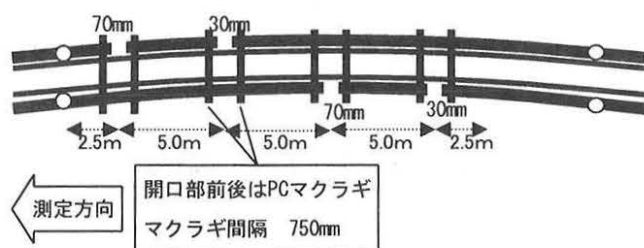


Figure-5 Examination rail

Table-8 Ground side measurement item

試験項目		測定箇所
開口部 変位量	左右	去り側・受け側レールの 頭側面および底側面の左右変位
	上下	去り側・受け側レールの 底面の上下変位
レール曲げ応力		レール底側部
締結バネ応力		締結バネ受栓部
応急処置器 ひずみ	側盤	側盤下部
	下盤	下盤中央部

(2) 試験車両

今回使用した試験列車は、Figure-6 に示すとおり、営業列車

で用いられている103系を使用した。

車上PQ測定⁽¹⁾については、開口部の衝撃的な輪重・横圧を測定する必要があることから、新連続法PQ輪軸を1両目の先頭軸に取付けた。

また、車上側の測定項目については Table-9 に示すとおり、従来の走行試験で確認されている項目を測定した。

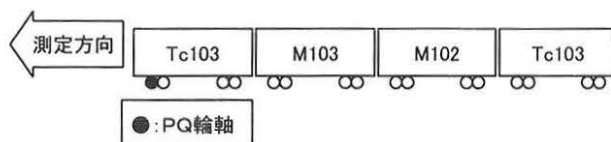


Figure-6 Examination train

Table-9 Train side measurement item

測定項目	測定部位
輪重・横圧、車軸曲げ応力	Tc 第1軸
車体振動加速度（上下、左右）	Tc 第1台車上
台車枠上下振動加速度	Tc 第1台車 M第1台車
軸箱上下振動加速度	Tc 第1軸左右 M第1軸左右
軸箱左右振動加速度	Tc 第1軸右 M第1軸右
台車枠応力	Tc 側バリ下部

9. レール開口部走行試験のまとめ

上記の開口部走行試験において、走行中の軌道状態の目視確認および乗心地、またデータ速報値においては、部材破壊や脱線係数超過など、直ちに走行安全性に影響するような事象は見られなかった。なお、詳細なデータについては、現在整理中であり、今後は軌道条件や車両条件を踏まえた上で、走行速度との相関性を検討していく予定である。

10. さいごに

今回実施した試験を通じて、現行使用されている応急処置器の性能と、これまで明確にされていなかったレール開口部の挙動をある程度明確にすることができた。

今後は、レール折損時の列車遅延の解消に向けて、現行の徐行速度規程を改正し、速度向上できるよう、今回の走行試験結果を検討していきたい。

参考文献

(1) (財)鉄道総合技術研究所

在来鉄道運転速度向上試験マニュアル・解説 P23～P28