

JR接着絶縁レールの損傷調査

Investigation of Damages to Glued Insulated Rails over JR Railway Lines



溶接溶射技術開発室

CPC技術開発室

北九州工場長

技術開発部長

東日本旅客鉄道(株)
総合技術開発推進部
軌道技術グループ課員

東日本旅客鉄道(株)
総合技術開発推進部
軌道技術グループ副課長

佐々木 満太郎
Mantaro Sasaki

大野 京一郎
Kyoichiro Oono

宮崎 裕之
Hiroyuki Miyazaki

吉村 武憲
Takenori Yoshimura

奥村 幹夫
Mikio Okumura

沼倉 明夫
Akio Numakura

要旨

ロングレール区間に敷設されている接着絶縁レールは、損傷によりその前後のレールの交換周期より短い周期で交換されているものがあり、多大な交換経費（材料費、交換費、溶接費等）を要している。そこで、交換経費の削減を目的として、交換周期の延伸が可能な接着絶縁レールの開発を進めているが、その損傷原因を調査し、有効な対策を講じる必要がある。

今回は実レールの調査を行い、その損傷原因が車輪・レール間のアーク放電現象によるものであることが分かった。

Synopsis:

There are cases of glued-insulated rails laid in long-rail sections that are susceptible to earlier damage and have to be replaced at a shorter cycle than ordinary rails connected fore and aft. It is costing JR companies a huge amount of replacement expenses, including costs for materials and replacing and welding works.

Aiming at cutting the replacement expenses, while the development of glued insulated rails with a lengthened replacement cycle is underway, it is necessary to track down the cause for the damage and deploy effective measures.

We examined damaged glued-insulated rails, and found that the culprit is are discharge between the wheel and the rail.

1 緒言

ロングレール区間に敷設されている接着絶縁レールは、損傷によりその前後のレールの交換周期より短い周期で交換されているものがあり、多大な交換経費（材料費、交換費、溶接費等）を要している。

そこで、接着絶縁レールの交換周期を延伸し交換経費を削減することを目的として、東日本旅客鉄道株式会社 総合技術開発推進部殿より研究を委託され当社においてその損傷原因の調査を実施した。その結果を以下に報告する。

2 調査項目

接着絶縁レールの損傷発生環境およびその状況等の調査に加え、損傷の発生した接着絶縁レールについて、次に示

す4項目の調査を実施した。

- (1) 接着絶縁レールの凹凸状況の測定
- (2) 外観調査および染色浸透探傷試験
- (3) 断面硬さ試験
- (4) 金属組織のマイクロ組織観察および走査形電子顕微鏡によるレール損傷部表面の観察

3 調査方法

3.1 接着絶縁レールの損傷発生環境およびその状況等の調査

接着絶縁レールの損傷発生箇所について、発生環境およびその状況等の写真およびVTR撮影による調査をJR社員殿立会いのもと行った。

Table 1 Outline of rail

Rail No.	Track maintenance section	Line Name	Line	Distance	Position	Kind of Rail	Topics
1	Shinbashi	Yamanote Line	Up	1k888m (Akihabara-sta start signal)	Left	60	Investigated on 8 th Dec
2	Nakano	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	60	HH340
3	Nakano	Chu-o Line	Up	7k981m	Right	60	Rail No.3,4 are pair rail
4	Nakano	Chu-o Line	Up	7k981m	Left	60	Rail No.3,4 are pair rail

3.2 接着絶縁レールの凹凸状況の測定

(1) 供試材

損傷の発生した接着絶縁レール（以下、損傷レールと記す）4組を供試材とした。Table 1に損傷レールの概要を示す。

(2) 測定方法

平面研削盤上に損傷レールをセットし、凹凸をマイクロメーターにて測定する。測定の際、基準点として上流側レール絶縁物側端面を0とした。

3.3 外観調査および染色浸透探傷試験

(1) 供試材

3-2の(1)項に同じ

(2) 調査方法

損傷レールの外観調査および染色浸透探傷試験（以下、P.T.と記す）を行った。P.T.についてはJISZ2343の試験方法分類のVC-Sに基づいて行った。

3.4 断面硬さ試験

(1) 試験片

試験片は損傷レール4組からFig.1のように切り出し採取した。

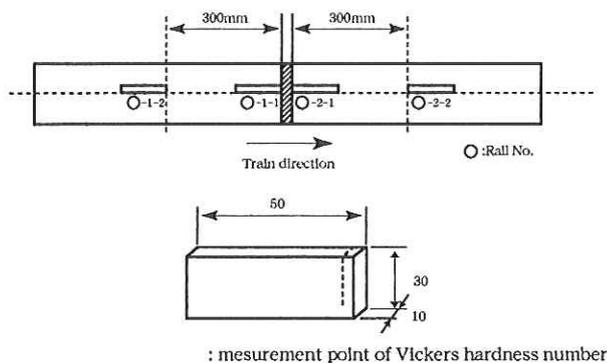


Fig.1 Working Diagram of Section hardness test piece

(2) 試験方法

レール損傷部の頭頂表面から深さ方向への硬度変化を調査するために、JISZ2244に基づいたピッカース硬さ試験を行った。なお、この試験については健全な箇所（損

傷部から250mm以上離れた箇所）についても試験を行い、比較を行った。

測定は、表面および表面から深さ方向に0.5mmピッチで11点行った。表面の硬度については3点測定を行い、その平均値を測定値とした。

3.5 金属組織の内部観察（マイクロ組織、断面マクロ）および走査形電子顕微鏡によるレール損傷部表面の観察

(1) 試験片

マクロ観察およびマイクロ観察は、断面硬さ試験で用いた試験片にて行った。レール損傷部表面のSEM観察に用いる試験片は、損傷レールからFig.2のように切り出し採取した。

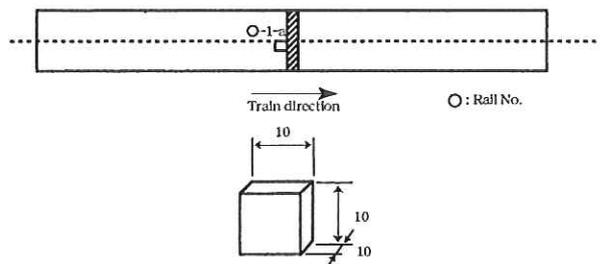


Fig.2 Working diagram of structure observation test piece

(2) 試験方法

試験片の断面を腐食液（ピクリン酸-塩酸溶液）にて腐食後、断面のマクロ観察を行った。また、レール損傷部近傍および健全部のマイクロ観察を行った。

また、表面観察は走査形電子顕微鏡（以下、SEM）×150にて行った。比較材として、レール表面をTigアークにより溶融させた試料を製作した。

4 調査結果

4.1 接着絶縁レールの損傷発生環境およびその状況等の調査

実際に電車が絶縁物近傍を通過する際の状況をVTRに収め画像処理を行った結果、車輪・レール間にアーク放電現象が観察された。Fig.3にアーク放電現象の様子を示す。また、Fig.4にアーク放電現象発生位置と頻度との関係を示す。Fig.4より、この現象の大半が上流側レール*1)の絶縁物側端面から50mmの範囲で発生していることが分かった。

さらに、アーク放電現象はレール継ぎ目上を通過した総



Fig.3 Arc discharge

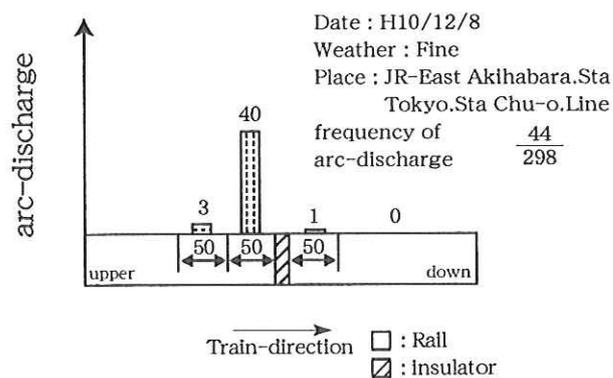


Fig.4 Position and frequency of Arc-discharge

車輪数296個に対し44個の車輪において起こっていることが分かった。

*) レールの上流側、下流側は河川に例え下記のように定義した。

上流側…列車進行方向に対し後方のレール

下流側…列車進行方向に対し前方のレール

4.2 接着絶縁レールの凹凸状況の測定

測定結果をTable 2、Fig.5に示す。これより、レール損傷部が摩耗していることが分かった。また、上流側レール絶縁物側端部が下流側レール絶縁物側端部に比べ0.1mm前後多く摩耗しており、段差が生じていることが分かった。

Table 2 Longitudinal Rail-profile

Distance from insulator	500	250	100	50	40	30	20	10	0	10	20	30	40	50	100	250	500	Note		
Rail No.	1-1	1.79	1.90	1.90	1.86	1.77	1.43	0.93	0.42	0										
	1-2									-4.13	-3.76	-1.73	0.05	0.45	0.87	1.86	1.35	1.78	Peeling off	
	2-1	0.83	0.73	0.67	0.64	0.62	0.56	0.38	0.10	0										
	2-2									0.14	0.3	0.6	0.66	0.68	0.68	0.67	0.63	0.67		
	3-1	1.96	1.82	1.68	1.39	1.15	0.87	0.52	0.22	0										
	3-2									0.08	0.13	0.31	0.49	0.69	0.85	1.27	1.44	1.44		
	4-1	1.84	1.78	1.70	1.40	1.18	0.88	0.57	0.25	0										
	4-2									0.16	0.25	0.35	0.53	0.72	0.84	1.28	1.44	1.41		

* Rail unevenness is standardized by insulator side of upper stream rail.

* Sub-number 1 means upper stream, Sub-number 2 means down stream

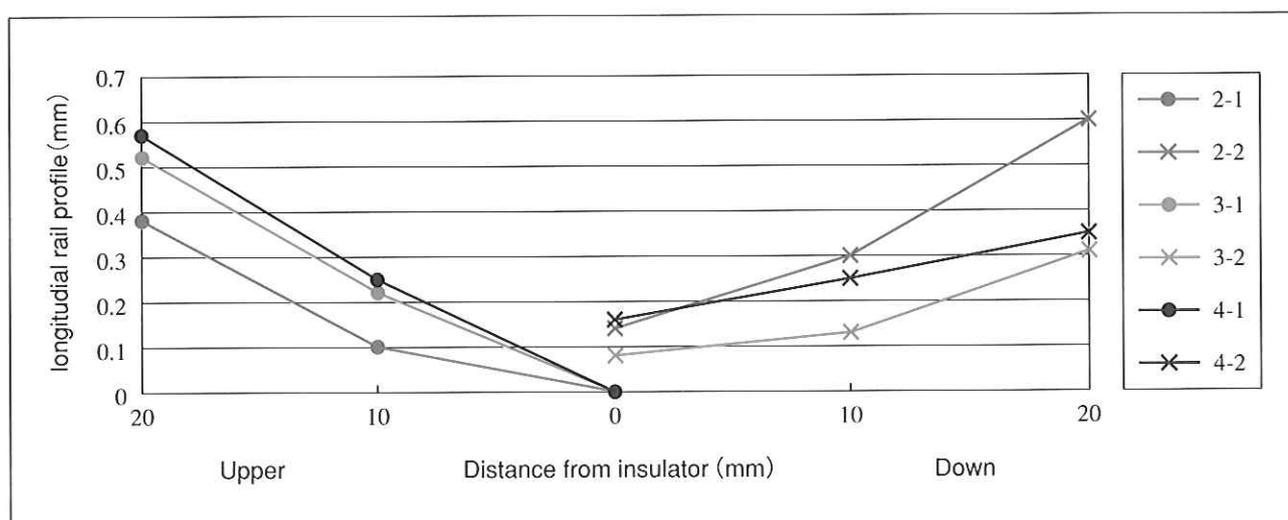
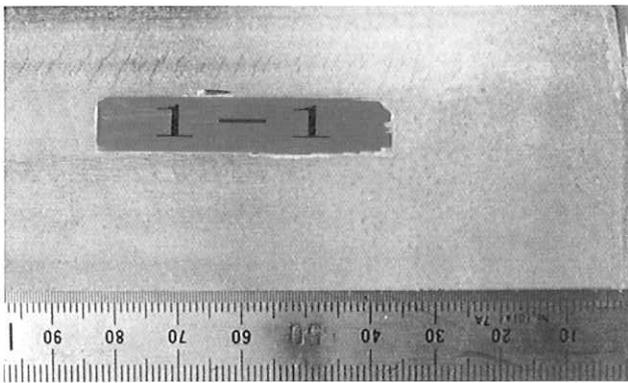
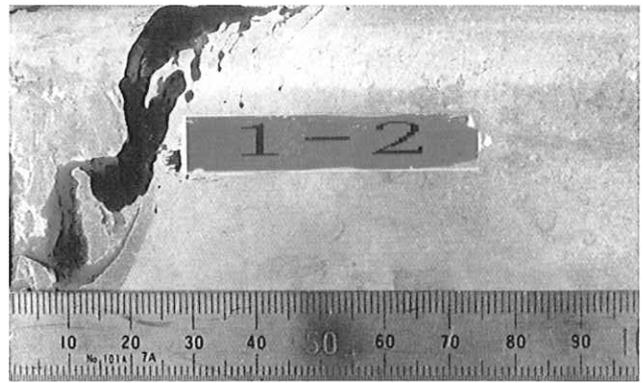


Fig.5 Longitudinal rail profile



(1) Upper



(2) Down

Fig.6 Appearance of damaged rail

4.3 外観調査および染色浸透探傷試験

供試材P.T.後の外観をFig.6に示す。外観写真より、上流側レール損傷部にアーク痕のような跡が観察された。また、

レールNo1-2についてはレール絶縁物側端面から25mmの範囲でレール表面が剥離していた。

さらに、染色浸透探傷試験後の外観写真よりレールNo1-2

Table 3 Hardness change From Rail surface to depth direction

Test piece No	Hardness change (Hv) From Rail surface depth direction (mm)										
	Surface	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
1-1-1	464	254	260	254	256	256	264	260	268	262	264
1-1-2	295	287	285	279	270	268	262	264	262	276	266
1-2-1	341	297	276	279	274	270	264	272	247	270	268
1-2-2	310	297	312	299	285	281	274	268	272	272	266
2-1-1	492	370	390	380	376	370	387	387	387	380	370
2-1-2	383	366	380	376	380	373	373	373	376	383	376
2-2-1	419	366	387	387	376	370	380	380	376	373	373
2-2-2	379	366	376	370	370	366	383	376	370	370	373
3-1-1	476	270	289	294	299	299	289	285	292	283	285
3-1-2	315	297	314	322	314	304	294	297	297	294	294
3-2-1	353	302	304	304	299	294	289	287	294	289	283
3-2-2	318	294	306	299	297	297	287	287	287	285	287
4-1-1	486	287	297	297	297	294	294	299	299	302	297
4-1-2	321	287	302	294	292	292	297	299	304	304	304
4-2-1	361	292	312	314	312	309	322	314	317	304	299
4-2-2	316	297	306	306	306	297	394	289	297	283	294

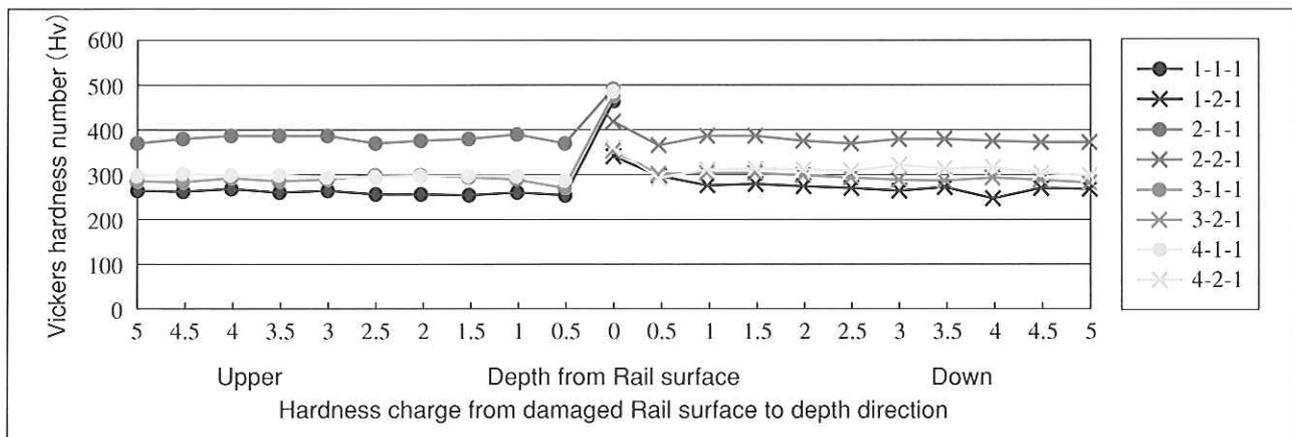


Fig.7 Hardness change from damaged rail surface to depth direction

のレール絶縁物側端面近傍でクラックが観察された。

これ以外のレールについては、外観および染色浸透探傷試験の結果、異常は認められなかった。

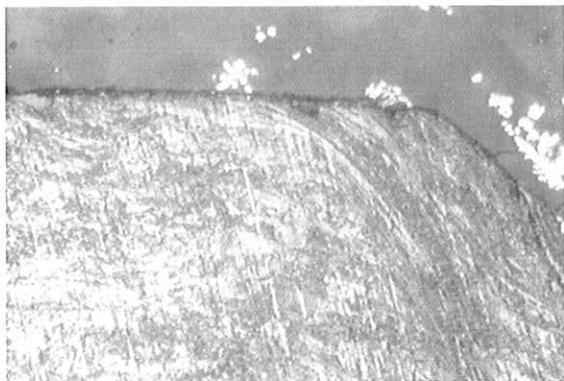
4.4 断面硬さ試験

硬度の測定結果をTable 3、Fig.7に示す。これより、上流側レール損傷部の表面の硬度がレール本来の硬度に比べビッカース硬度で100~200、下流側レール損傷部表面の硬度がビッカース硬度で約50高くなっていることが分かった。

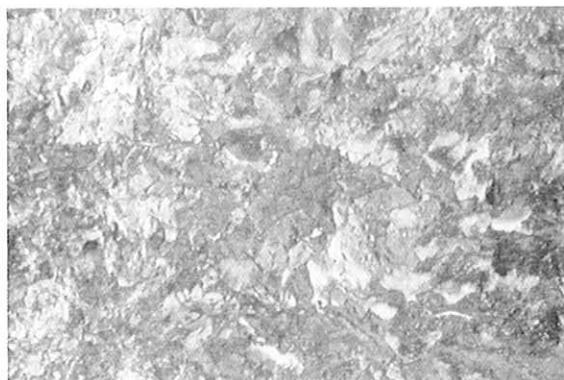
また、レール表面から深さ方向の硬度については、ほとんど変化はなく表面のみ硬度が高くなっていた。



(1) Upper



(2) Down



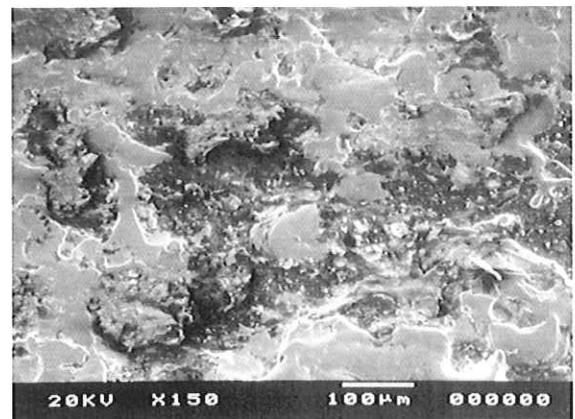
(3) Undamaged rail

Fig.8 Micro-structure of rail

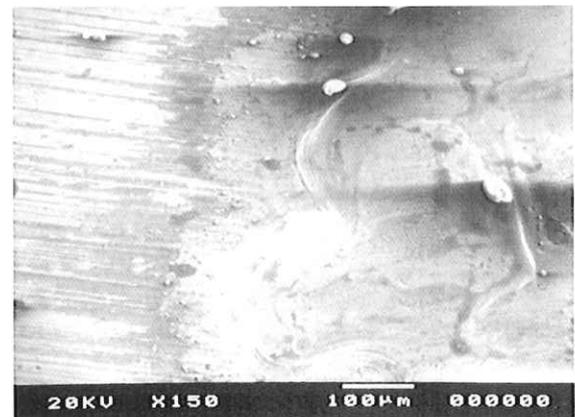
4.5 金属組織のマイクロ組織観察および走査形電子顕微鏡によるレール損傷部表面の観察

断面のマイクロ組織をFig.8に、レール損傷部表面のSEM写真をFig.9に示す。通常レールのマイクロ組織はパーライト組織を呈しているが、上流側レール損傷部のレール表面は溶融しており、溶融部およびその周辺部に熱影響による組織変化（マルテンサイト+ベイナイト組織）が見られた。下流側レール損傷部では、レール端面から頭頂部にかけてパーライト粒が押しつぶされたような組織（メタルフロー）が観察された。

また、表面のSEM観察では、上流側レールの損傷部頭頂表面はTigアークにてレール表面を溶融させた組織と同様な組織を示していた。



(1) Upper



(2) Melting condition by TIG

Fig.9 Surface to damaged rail

5 結論

(1)現場調査より、車輪とレール間のアーク放電現象が確認された。この現象は、上流側レール絶縁物側端面から50mmの範囲でその大半が発生していた。

(2)レール損傷部で、レールの摩耗が確認された。ま

た、上流側レール端部が下流側レール端部よりも0.1mm前後低くなっていた。

(3)上流側レール損傷部表面の硬度はレール本来の硬度よりもピッカース硬度で100～200高くなっていた。

(4)下流側レール損傷部表面の硬度はレール本来の硬度よりもピッカース硬度で50前後高くなっていた。

(5)マイクロ観察により、上流側レール損傷部表層近傍は部分的に溶融しており溶融部およびその近傍の組織に熱影響による組織変化が見られた。

(6)マイクロ観察により、下流側レール損傷部ではレール端面から頭頂部にかけてパーライト粒が押しつぶされたような組織（メタルフロー）が観察された。

(7)レール表面のSEM観察により、上流側レールの損傷部表面が溶融されている様子が観察された。

6 おわりに

以上の結果から、上流側レール損傷は車輪・レール間のアーク放電現象による金属の蒸発、飛散、酸化等の損耗が原因と推定される。

また、下流側レールの損傷は上流側レール端部がアーク放電現象による損耗により、下流側レール端部との間に段差を生じるため、車輪が下流側レール端部と接触する際の衝撃荷重が大きくなることが原因であると推定される。

