

導電性塗料を用いたノーズ可動クロッシングき裂検知手法の検討

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 ○坂本 達朗、 柘田 吉弘、 細田 充
関東分岐器株式会社 吉野 哲也

1 はじめに

高マンガン鋼製ノーズ可動クロッシング（以下、ノーズ可動クロッシングとする）の維持管理にあたり、列車走行時の応力に起因して生じる疲労損傷の把握は重要な項目であり、定期的な点検が実施されている。一般的には、目視および浸透探傷法による検査が行なわれているが、これらの検査は近接で実施する必要があるため、ノーズ可動クロッシングを持ち上げる必要があるなど、検査には多大な労力を要している。このような背景から、ノーズ可動クロッシングに発生する疲労損傷を効率的に検知できる手法が求められている。そこで、鋼構造物用のき裂検知材料として開発した導電性塗料を用いた検知方法¹⁾の適用可能性について検討した。本稿では、導電性塗料を適用した実レールに疲労き裂を生じた場合のき裂検知性について評価した結果を報告する。

2 導電性塗料を用いたき裂検知手法の概要

図1に、導電性塗料を用いたき裂検知手法の概要を示す。き裂の発生が見込まれる箇所において、絶縁および防食を兼ねた下塗り塗料を塗布し、その後、導電性塗料を帯状に塗布する。基材にき裂が発生するとそれに追従して鋼材と接着している導電性塗膜が破断し、塗膜の電気特性変化からき裂の発生が検知可能となる。このとき、導電性塗料を細線状に塗布すると、断線にともなう電気抵抗の急増によりき裂発生を検知できると考えられる一方で、塗料を帯状に塗布すると、塗膜が徐々に破壊されることで変化する電気抵抗からき裂の進展長さを検知できると考えられる。

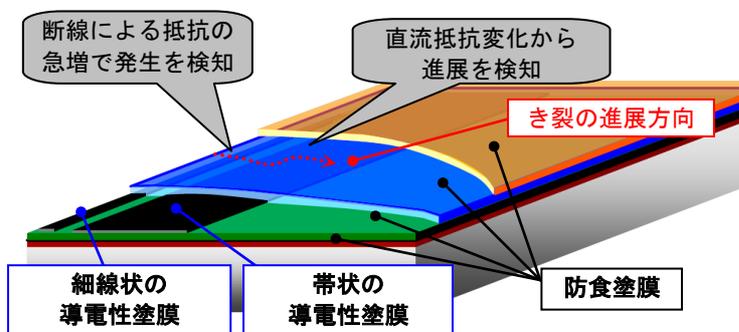


図1 導電性塗料を用いたき裂検知手法の概要

ノーズ可動クロッシングで疲労き裂の懸念される箇所は、図2に示す可動レール部の第2ロッド近傍部および断面変化部の底部であることが知られている。また、各部位の断面形状から、いずれも底面から約20mm以上の高さになると断面積が低下し、き裂進展速度が大きくなると考えられる。このため、当該部位の腹部において底面に近い範囲に導電性塗料を塗布することで、20mm以下のき裂を検知できる可能性がある。



図2 疲労き裂の懸念される箇所（可動レール部）

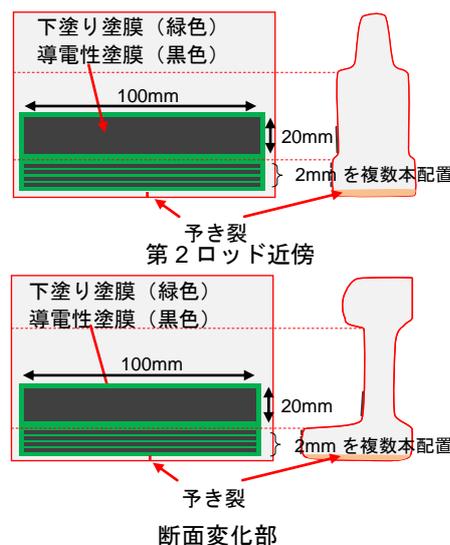


図3 各種塗料の塗布概要

3 実レールを用いたき裂検知性評価試験

3.1 試験方法

試験体は、第2ロッド近傍部および断面変化部をそれぞれ実レールから切出したものを用いた。各試験体の底部に予き裂を導入し、その直上に下塗り塗料および導電性塗料を塗布

キーワード ノーズ可動クロッシング、き裂検知、導電性塗料、電気抵抗

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:042-573-7339

した。図3に塗布概要を示す。ここでは、導電性塗膜の帯幅に対するき裂検知性能を評価するため、予き裂の近傍に帯幅2mmの塗膜を複数本配置し、断面形状が変化して平坦面になった箇所帯幅20mmの塗膜を配置した。塗膜長さはいずれも100mmとした。各塗膜の電気抵抗を正確に測定するため、各塗膜の端部にリード線を半田付けした銀板を導電性接着剤により取付けた。

試験方法を以下に述べる。予き裂導入箇所を中心に3点曲げによる繰返し荷重により、予き裂部分から疲労き裂を発生させた。荷重条件は、列車走行時に実際のレールに生じる荷重を考慮して、周波数3Hz、30kN～96kNを基本とした。各導電性塗膜の電気抵抗測定は、規定回数ごとに加振を一時中断した状態で測定した。また、各塗膜にき裂が生じた場合には、塗膜下端部を拡大観察してき裂開口幅を測定した。

3.2 試験結果

断面変化部の試験体において幅2mmの導電性塗膜にき裂が生じた場合のき裂長さおよび開口幅と抵抗変化量の関係を表1に示す。塗膜の破断に至るき裂長さ2～3mmにおいて、いずれの塗膜でも数kΩ程度の変化を生じた。絶縁に至らなかった原因は、破断個所の塗膜が完全に分離するほどの開口幅ではなく、破断した塗膜が部分的に接触しているためと考えられる。また、き裂長さが5mm以上になると抵抗変化量に大きなばらつきを生じたが、全ての場合において、初期値に対して20%以上の増加を示した。また、抵抗変化が確認されたときのき裂開口幅は5～15μmだった。

表1 き裂長さと抵抗変化量の関係(幅2mmの場合)

発生検知①			発生検知②			発生検知③			発生検知④		
初期抵抗:96.8kΩ			初期抵抗:80.8kΩ			初期抵抗:63.7kΩ			初期抵抗:88.8kΩ		
き裂長さ(mm)	抵抗変化(kΩ)	開口幅(μm)									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	185	15	3	4.3	10	0.5	0	<5	1	1.4	5
-	-	-	4	5	10	1.5	3	5	10.5	70.5	10
-	-	-	4.5	7.9	10	3	151	10	-	-	-
-	-	-	5.5	18.3	15	3.7	182	15	-	-	-
-	-	-	7	18.5	15	5	1116	15	-	-	-

備考1: き裂長さとは、各塗膜の下端から測定したき裂の長さを示す。
 備考2: 開口幅とは、各塗膜の下端部におけるき裂開口幅を示す。
 備考3: 表中の「-」は、抵抗の急増により測定を中止したことを示す。

図16に、幅20mmの導電性塗膜にき裂が生じた場合のき裂長さおよび抵抗変化量の関係を示す。いずれの試験体でも、き裂進展とともに電気抵抗が指数関数的に増加することが確認された。また、初期の電気抵抗と比較した場合、き裂が約2～3mm進展すると塗膜の電気抵抗は1% (約0.1kΩ)程度増加し、き裂が約10mm進展すると10% (約1kΩ)程度増加することが分かった。

既往の研究により、導電性塗膜の電気抵抗は湿度に大きく影響し、上塗りをしない状態では約70%の湿度変化で約5%の抵抗変化を生じることが知られている¹⁾。そのため、同寸法の導電性塗膜をお互いの近傍に配置し、電気抵抗の比を測定することで湿度影響を1%程度に補償する方法を考案している。これを踏まえると、湿度影響を補償しない場合のき裂検知精度は少なくとも10%程度、湿度影響を補償する場合には数%程度と考えられる。すなわち図4を参考にき裂長さに換算すると、湿度影響を補償しない場合には10mm程度、湿度影響を補償する場合には5mm程度のき裂を検知可能と考えられる。

以上の試験結果から、導電性塗料を数mm～数十mmの帯幅で塗装することで、ノズ可動クロッシングに生じるき裂を検知できる可能性が得られた。

参考文献

1) 坂本ほか、導電性表面材料を用いた鋼構造物き裂検知手法の開発、鉄道総研報告、Vol. 24、No. 8、P23(2010)

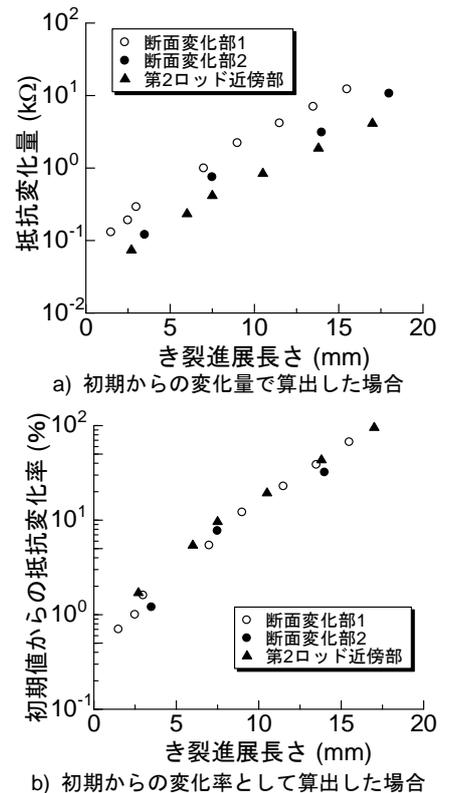


図4 き裂長さと抵抗変化量の関係(幅20mmの場合)