

# 導電性塗料を用いた ノーズ可動クロッシングのき裂検知の基礎検討

坂本 達朗\*      柘田 吉弘\*  
細田 充\*\*      吉野 哲也\*\*\*

Development of Detection Technique of Crack of Movable Nose Crossing  
Using a Conductive Paint

Tatsuro SAKAMOTO      Yoshihiro MASUDA  
Mitsuru HOSODA      Tetsuya YOSHINO

In maintenance of movable nose crossings, its fatigue failure is detected mainly by the methods of visual inspection or dye penetrant test. Since these methods require a great deal of labor force, a method to detect the fatigue failure easily is required. In the regard, the detection method by the conductive paint which is usually applied to detection of the generation and the progress of fatigue cracks of steel railway bridges. As a result of the examination, we found that the crack detection technique using a conductive paint is applicable to movable nose crossing.

キーワード：疲労き裂，導電性塗料，ノーズ可動クロッシング

## 1. はじめに

新幹線の営業線に敷設された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。高マンガン鋼は耐衝撃・耐摩耗性に優れた強靱な材料である一方で、機械加工が困難なため一般には鋳造品が用いられる。鋳造品は金属結晶粒の粗大化や鑄巣が多く存在する等のため、超音波探傷法による損傷検知は困難とされる<sup>1)</sup>。このため、目視および浸透探傷法による検査が一般的であるが、これらの検査は近接で実施するため、ノーズ可動クロッシングを持ち上げる必要があるなど、検査に要する労力は多大である。また、ノーズ可動クロッシングにき裂が生じた場合のき裂進展特性に関する知見が十分でなく、部材交換等の措置を講じなければならない損傷程度が把握できていない状況にある。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かつ高精度に検知できる手法が求められている。

ここでは、き裂検知手法の一つとして、き裂検知材料を用いた手法について検討した。本報では、その中でも

鋼構造物のき裂検知用に開発した導電性塗料を用いた手法について、レールへの適用性を評価した結果について述べる。

## 2. き裂検知手法の検討

これまでに提案された材料によるき裂検知手法として、金属線を用いた破断検知法がある<sup>2)</sup>。これは、有機樹脂の層間に金属線を組み込んだもの（破断検知線と称する）をレールに接着し、き裂発生時に破断検知線が断裂することで、き裂発生を検知する手法である。この手法に類似の検知法は橋梁などの鋼構造物の分野でも提案されており、き裂検知性能を有することが確認されている<sup>3)</sup>。その一方で、レールに破断検知線を固定する接着剤の耐久性評価試験を実施した結果では、き裂検知性能は接着剤の付着力に影響を受けること、経年によって接着剤の付着力低下が懸念されることなどから、接着剤以外の方法で破断検知線をレールに定着する手法を検討しなければならないことが明らかとなっている<sup>2)</sup>。

そこで、本報ではき裂検知材料を基材（レール）に接着させるのではなく、材料そのものが基材との付着力をもつき裂検知材料について検討した。その結果、基材に塗布する塗膜状のき裂検知材料（塗料）が有望であることが分かった。

塗料でき裂検知を行う場合、塗膜破断時の物理的挙動をき裂検知性能として発揮できる材料が適する。このと

\* 材料技術研究部 防振材料研究室

\*\* 軌道技術研究部 軌道構造研究室

\*\*\* 軌道技術研究部 軌道構造研究室(現・関東分岐器株式会社)

特集：材料技術

きに候補となる物理的挙動には、音、色相、抵抗などが挙げられる。

(1) 音変化によるき裂変化について

超音波探傷法等に用いられている AE（アコースティックエミッション）による検知手法が考えられるが、塗膜の破壊音を検知しうる手法に関しては過去に報告された例が無いことや、特殊な測定機器が必要になるなど、実際にき裂を検知できるレベルには達していないと考えられる。

(2) 色相変化によるき裂検知について

き裂発生を発色で検知する方法として、染料や顔料などの着色剤を含有したマイクロカプセルを分散させた塗料を使用し、塗膜の破断と同時にカプセルが破壊されて、き裂発生箇所が着色される手法が考えられる。この場合、き裂の有無を目視で判断する必要があり定量評価が困難であることなど、レールに適用する場合には検査時の制約が大きいと考えられる。

(3) 抵抗（電気特性）変化によるき裂検知について

塗膜破断時に塗膜の電気抵抗が変化し、その変化の程度（断線や抵抗増加量）によってき裂の発生・進展を検知できる。鉄道総研では鋼構造物用のき裂検知材料として導電性塗料を開発しており、一般鋼材との付着性や防食性について長期耐久性を有することが確認されている<sup>4)</sup>。また、可動レール部に近接しなくても検査可能な抵抗測定手法（リード線あるいは無線送信などにより遠隔で測定するなど）が採用可能である。

以上から、可動レール部のき裂検知手法には導電性塗料を用いた方法が最も有望と判断できる。

3. 導電性塗料を用いた折損検知手法の適用性

3.1 導電性塗料を用いた折損検知手法の概要

導電性塗料を用いた鋼構造物用のき裂検知手法の概要を図1に示す<sup>4)</sup>。き裂の発生が見込まれる箇所に、絶縁および防食を兼ねた厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料（下塗り塗料）を塗布し、その上から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伴って基材と接着している導電性塗膜が破断し、塗膜の電気抵抗が変化する。このとき、細線状の導電性塗膜の断線にともなう抵抗の急増により、き裂の発生を検知できる。また、帯

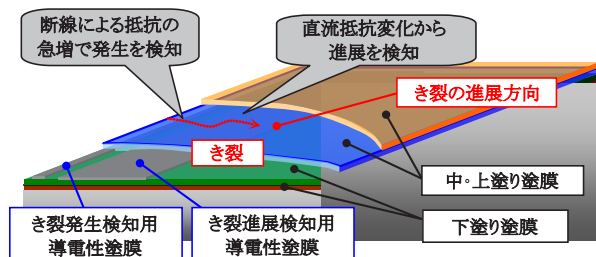


図1 き裂検知部の概要

状の導電性塗膜が徐々に破壊されることによる抵抗変化から、き裂の進展を検知できる。

3.2 導電性塗料を用いた折損検知手法の要求性能

導電性塗料を用いたき裂検知手法を可動レール部に適用するために求められると考えられる性能項目の概略を表1に示す。

表1 導電性塗料を用いたき裂検知手法の要求性能

要求性能	項目	概要
長期耐久性 (一般環境で 12年程度)	付着性	高マンガン鋼と長期付着性を有すること
	防食性	高マンガン鋼に塗装しても長期防食性を有すること
	防油性	レール油の付着に対して電気抵抗や付着性の低下を生じないこと
き裂検知性	き裂発生検知性	き裂の発生を検知できること（き裂長さ10mm以内でき裂発生を検知できること）
	塗装施工性	塗膜長さを大きくしてもき裂検知性能を有すること
耐衝撃性		供用期間において導電性塗膜を保護できること

(1) 長期耐久性

ノーズ可動クロッシングは1億8000万通トンで交換することが定められている。このとき、営業線の列車通過頻度を考慮すると、ノーズ可動クロッシングの交換年数は約12年以下と推定される。これより、下記のき裂検知材料の各性能項目における耐久年数を12年程度と設定し、長期耐久性を評価することとした。

・付着性

前述のように材料のき裂検知性能は基材との付着性に大きく影響すると考えられるため、高マンガン鋼と下塗り塗料との長期付着性が求められる。

・防食性

塗膜の劣化に伴う鋼材の腐食や塗膜の電気特性変化（導電性塗膜の抵抗変化や基材との導通）について、長期間の耐久性が求められる。

・防油性

可動レール部にはレール潤滑油が塗布されるため、塗膜に潤滑油が作用した場合における導電性塗膜の電気特性や塗膜の付着性などに対する長期耐久性が求められる。

(2) き裂検知性

文献<sup>4)</sup>で示すように、導電性塗料の基本的なき裂検知性は既に確認されている。そこで本報では、導電性塗料をレールへ適用した場合に要求されるき裂検知性を評価した。

・き裂発生検知性

可動レール部の折損による影響程度の検討および過去に生じた疲労損傷の履歴調査から、検知対象部位を図2に示す第2ロッド近傍部および断面変化部とした。これらの断面形状は、後述する図5で示すように底面からの高さが約20mm

以上になると断面積が減少する。当該部位を用いて実施した疲労試験においても、部材底面からのき裂長さが20mm以上になるとき裂進展速度が増大することが確認されている<sup>5)</sup>。そこで安全性確保のためにはき裂長さ20mm以下でき裂を検知できることが望ましいと考え、ここでは少なくとも10mm程度のき裂進展を検知できることを要求性能とした。



図2 可動レール部における疲労き裂の検知対象部位

・塗装施工性

部材に生じる疲労き裂を広範囲で検知する場合、施工性を考慮すると、複数の塗膜を配置するよりも一つの導電性塗膜の寸法を拡大する方が有利である。このとき、導電性塗料の塗膜長さをm単位にしてもき裂検知性能を保持することが求められる。

(3) 耐衝撃性

本手法を可動レールに適用するにあたり、バラスト軌道で使用する場合には、導電性塗膜に対するバラスト衝撃などの物理的作用に伴う損傷が懸念される。そこで、導電性塗膜のき裂検知性を損なわない程度の耐衝撃性をもつ表面保護材を選定する必要がある。本報では、表2に示すレール防食材料として実績がある繊維強化樹脂(FRP)を適用した場合の耐衝撃性を評価した。

表2 表面保護材として用いたレール防食材料の概要

	レール防食材 A	レール防食材 B
樹脂	不飽和ポリエステル系樹脂	不飽和ポリエステル系樹脂
繊維	アラミド繊維	不織布

4. 長期耐久性評価

4.1 試験方法

付着性および防食性評価試験には高マンガン鋼を用いた。一方、防油性評価では基材の影響は考慮しないため、塗膜特性を評価する際に一般的に用いられるサンドブラスト鋼板を用いた。各試験鋼板の塗装は、試験目的に応じて塗料種および塗装回数異なる。付着性評価では、基材-下塗り塗膜間の影響を評価するため、下塗り塗料の厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料を塗布した。防食性評価では、実用を想定した複合塗膜(下塗り層-導電性塗膜-表面保護層)での耐久性を評価するための各塗料を塗布した。防油性評価では、下塗り塗膜-導電性塗膜間の付着性および導電性塗膜の電気特性への影響を評価するため、下塗り塗料2回に導電性塗料を1回塗布した。表3に、各評価試験に用いた試験片および試験方法の概要を示す。

評価方法は次の通りである。

(1) 付着性評価

JIS K5600-7-2 耐湿性(連続結露法)に準じた連続結

表3 各評価試験に用いた試験片の概要

試験項目	付着性評価	防食性評価	防油性評価
鋼板種類	高マンガン鋼 (面取り加工)	高マンガン鋼 (面取り加工)	SS400
寸法	150×60×60mm	150×60×60mm	150×150×10mm
塗料	1層目	下塗り塗料 (厚膜型変性エポキシ樹脂塗料)	
	2層目	下塗り塗料 (厚膜型変性エポキシ樹脂塗料)	
	3層目	導電性塗料	導電性塗料 <sup>注1)</sup>
	4層目	上塗り塗料 水系シリコンアクリル樹脂塗料	-
評価方法	基盤目試験 アドヒジョン試験	外観観察	基盤目試験 直流抵抗測定

備考：表中のハイフンは、評価の際に必要なとしないために当該塗料の使用を省略したことを示す。

注：導電性塗膜の寸法は、長さ100mm、帯幅20mmとし、試験片枚数はn=2とした。

露による湿潤試験を実施した。これは、塗膜の付着性評価として一般的に用いられる手法である。耐湿試験を所定時間実施した試験片に対して、JIS K5600-5-6 付着性(クロスカット法)およびJIS K5600-5-7 付着性(プルオフ法)に準じた基盤目試験およびアドヒジョン試験を実施し、基材-下塗り塗膜間のせん断および垂直引張りに対する付着性を評価した。

(2) 防食性評価

複合塗膜の防食性評価に用いられる鉄道総研式複合サイクル試験(「鋼構造物塗装設計施工指針2005」の附属書Cに準ずる)を実施した。サイクル毎に試験片を外観観察し、塗膜表面に生じる塗膜割れ、ふくれ、さびの程度から塗膜の耐久性を評価した。

(3) 防油性評価

転てつ機用の潤滑油に試験片を浸漬し、500時間毎での付着性評価(基盤目試験)を実施した。潤滑油の膨潤や化学反応などが生じる場合、高温雰囲気中で反応が促進されると考え、夏場のレール温度を考慮して60℃雰囲気中で浸漬試験を行った。2000時間浸漬後、導電性塗膜の電気特性を評価するため、カッターを用いて導電性塗膜に人工傷を導入したときの電気抵抗を測定した。

4.2 試験結果

下記に、各評価試験結果を示す。

(1) 付着性評価試験結果

耐湿試験4500時間までのアドヒジョン試験の結果を図3に示す。いずれの場合も付着力の低下は認められなかった。また、基盤目試験においてもテープ引張りによる塗膜はがれは認められなかった。

(2) 防食性評価試験結果

鉄道総研式複合サイクル試験10サイクル(一般環境で15年程度の耐久性をもつ防食塗装系に塗膜変状が生じてくるサイクル数)まで実施した段階で塗膜表面を観察したところ、塗膜変状やさび発生は認められなかった。

(3) 防油性試験結果

浸漬時間2000時間まで500時間毎に基盤目試験を実

特集：材料技術

施した結果、いずれの場合も塗膜のはがれは無く良好な付着性が確認された。図4に、浸漬時間2000時間後の導電性塗膜に人工傷を導入した場合の電気抵抗測定結果を示す。潤滑油に浸漬していない同じ寸法の導電性塗膜と比較した結果、傷長さと同程度の電気抵抗の増加傾向に大きな違いはなく、潤滑油のき裂検知性能への影響は小さいと考えられる。

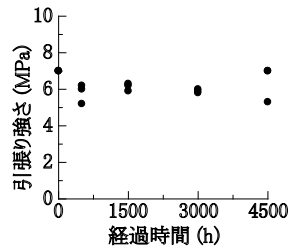


図3 アドヒジョン試験結果 (n=3 で実施)

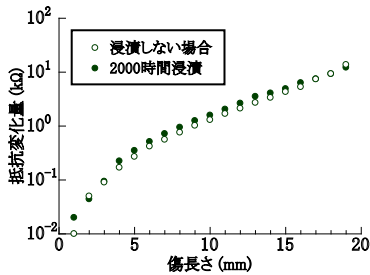


図4 防油性評価試験結果

以上の(1)～(3)の試験結果から、導電性塗料は可動レール部に適用した場合でも良好な付着性、防食性、防油性を有すると考えられる。

5. き裂検知性評価

5.1 き裂発生検知性評価

実用を考慮したき裂発生検知性を評価するため、実レールに導電性塗料を塗布して疲労き裂が生じた場合のき裂検知性評価を行った。また、表面保護材として導電性塗膜上にレール防食材料を適用した場合のき裂検知性評価も行った。

5.1.1 可動レール部を試験体としたき裂検知性評価

(1) 試験体

試験体は可動レール部から切り出した。試験対象箇所は第2ロッド近傍および断面変化部とした。導電性塗料の塗装方法は、図5に示すようにレール底部に導入した予き裂の直上に下塗り塗料および導電性塗料を塗布した。導電性塗膜の帯幅とき裂検知性能の関係を評価するため、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り付けた。

(2) 試験方法

塗装箇所を中心に3点曲げによる繰返し荷重を載荷し、予き裂部分から疲労き裂を発生させた。載荷荷重条件は実レールの荷重条件を考慮して、周波数3Hz、載荷荷重30kN～96kNまたは165.6kNとした。各導電性塗膜の電気抵抗測定は、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、き裂の下端部を拡大観察してき裂開口幅の状態を観察した。

(3) 試験結果

断面変化部を試験体とした場合について、幅2mmの導電性塗膜にき裂が生じた場合のき裂長さと同程度の抵抗変化量の関係を表4に示す。塗膜の破断に至るき裂長さ

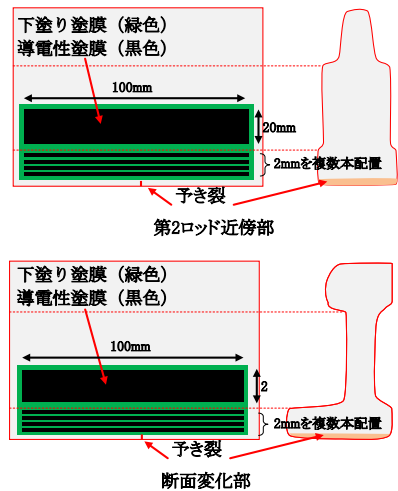


図5 導電性塗料の塗装方法

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、破断箇所塗膜開口幅は数μmであり、導電性塗膜が完全に分離するほどの大きさではないため破断した塗膜が部分的に接触していたと考えられる。き裂長さが5mm以上になると電気抵抗の変化は有意になる。その値には大きなばらつきがあるが、いずれの試験片でも導電性塗膜の電気抵抗はき裂長さ5mmのとき初期値に対して20%以上の増加を示すことが確認された。

表4 き裂長さと同程度の抵抗変化量の関係 (幅2mmの場合)

発生検知① 初期抵抗： 96.8 kΩ		発生検知② 初期抵抗： 80.8 kΩ		発生検知③ 初期抵抗： 63.7 kΩ		発生検知④ 初期抵抗： 88.8 kΩ	
き裂長さ (mm)	抵抗変化 (kΩ)	き裂長さ (mm)	抵抗変化 (kΩ)	き裂長さ (mm)	抵抗変化 (kΩ)	き裂長さ (mm)	抵抗変化 (kΩ)
0	0	0	0	0	0	0	0
7	185	3	4.3	0.5	0	1	1.4
-	-	4	5	1.5	3	10.5	70.5
-	-	4.5	7.9	3	151	-	-
-	-	5.5	183	3.7	182	-	-
-	-	7	185	5	1116	-	-

備考1：表中の①～④は、レール腹板に塗布した発生検知塗膜について、レール下端側から順に番号をつけている。

備考2：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3：表中の「-」は、抵抗が有意な変化を生じたため測定を中止したことを示す。

図6に、幅20mmの導電性塗膜にき裂が生じた場合のき裂長さと同程度の電気抵抗の関係を示す。いずれの試験対象箇所においても、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。初期の電気抵抗と比較した場合には、き裂が約2～3mm進展すると約1% (約0.1kΩ)、約10mmき裂進展すると約10% (約1kΩ) 電気抵抗が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され、上塗りをしない状態では約70%の湿度

変化に対して約5%の抵抗変化を生じることが知られている<sup>4)</sup>。そのため、同じ寸法の導電性塗膜を近傍に配置し、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た。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6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

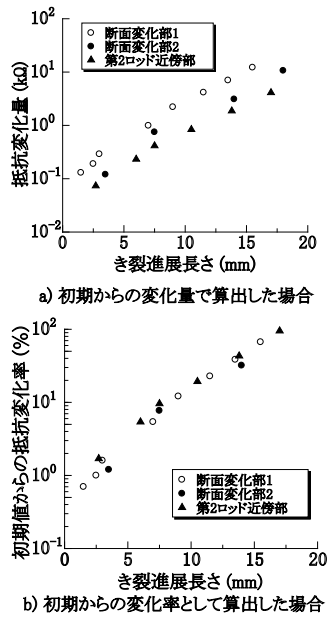


図6 き裂長さと電気抵抗の関係(幅20mmの場合)

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なり、表1の要求性能を満たすと考えられる。

5.1.2 レール防食材を適用した場合のき裂検知性評価

(1) 試験片

試験片はASTM E844に準拠した標準コンパクト試験片(SS400冷間圧延鋼板, 84×88×10mm)を用いた。これはレール防食材により導電性塗膜上のき裂進展が観察できず、裏面にも同程度のき裂長さが進展する試験片を必要としたためである。試験片の外観および塗装工程を図7および表5に示す。塗膜の長手方向を垂直に疲労き裂が横断するように予き裂が導入され、疲労き裂が試験片両面において等しい長さで進展するように設計されている。なお、

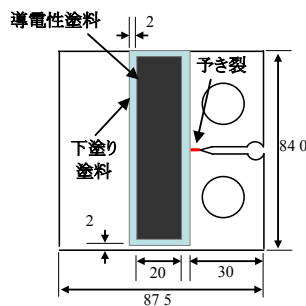


図7 試験片外観図 (単位: mm)

表5 各評価試験に用いた試験片の概要

試験項目	レール防食材 A	レール防食材 B
塗料	1層目	下塗り塗料 (厚膜型変性エポキシ樹脂塗料)
	2層目	下塗り塗料 (厚膜型変性エポキシ樹脂塗料)
	3層目	導電性塗料
	4層目	不飽和ポリエステル系樹脂
	5層目	アラミド繊維

塗膜の電気抵抗を正確に測定するため、各導電性塗膜の端部にリード線を半田付けた銀板を導電性接着剤により取付けた。

(2) 試験方法

繰返し荷重載荷試験機を用いて疲労き裂が1mm/1万回の速度で進展するように荷重載荷した。裏面に生じるき裂進展長さを計測し、同時にマルチメータを用いて直流抵抗を測定した。

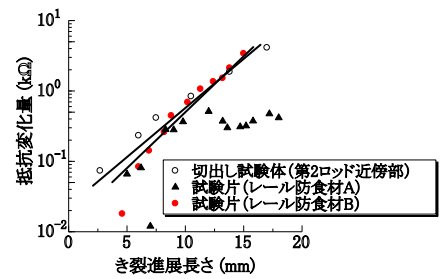


図8 き裂進展長さと抵抗変化量

(3) 試験結果

図8にき裂進展長さと抵抗変化量の関係を示す。参考のため、図6に示す実レール(表面保護材を用いない場合)での試験結果も合わせて記載した。レール防食材Bを用いた場合、実レールで実施した結果とほぼ同様の傾向が得られた。一方で、レール防食材Aを用いた場合には10mm以上き裂が進展した段階で抵抗が変化せず、実レールと異なる結果になった。この原因として、アラミド繊維含浸樹脂の5層目の付着強度および引張強度が大きいため、基材にき裂が進展しても導電性塗膜の破断が抑制された可能性が考えられる。以上から、表面保護材を適用してもき裂検知性を有する可能性があることが分かった。

5.2 塗装施工性評価

(1) 試験片

SS400冷間圧延鋼板(1500×100×1.6mm)に、厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料を目標膜厚60μmで2回、導電性塗料を帯幅20mm、塗膜長さ80~1000mmで塗布したものを試験片とした。各導電性塗膜端部には、リード線を半田付けた銀板を設置した。

(2) 試験方法

カッターを用いて各導電性塗膜の長手方向に垂直に人工傷を導入し、傷長さに対する塗膜の直流抵抗をマルチメータにより測定した。

(3) 試験結果

図9に人工傷長さと導電性塗膜の電気抵抗との関係を示す。これより、傷長さに対する抵抗変化量は塗膜長さに関わらずほぼ同程度であることが分かった。ただし、塗膜長さが大きくなるほど初期の電気抵抗は増大するため、初期の電気抵抗からの変化率で評価する場合

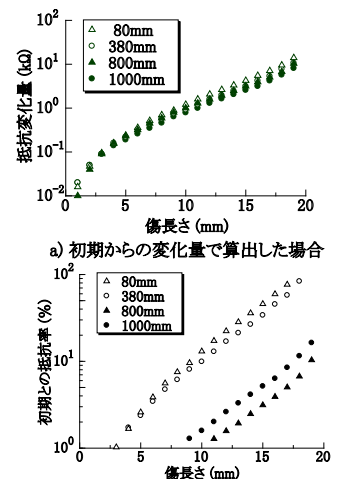


図9 施工性評価試験結果

には、塗膜長さが長いほど一定の傷長さに対する変化率は小さくなる傾向にあった。すなわち、抵抗率でき裂進展を検知する場合、塗膜長さが長いほど検知精度が低くなると考えられる。したがって、塗膜の塗膜長さが1000mm程度であってもき裂の検知は可能であるが、き裂検知方法は塗膜の抵抗変化量を基準とする方が適当であることが分かった。

## 6. 耐衝撃性評価

レール防食材の耐衝撃性評価にあたり、ここでは5.1.2項において良好な結果が得られたレール防食材Bを評価した。

耐衝撃性を評価する場合、現段階において可動レールに対する外的因子の種類や、それらの作用する程度については明らかになっていない。そこで本報では、図10に示すJIS K5600-5-3 耐おもり落下性（デュボン式）に準じた耐衝撃性試験を実施し、表面保護材の耐衝撃性を評価した。

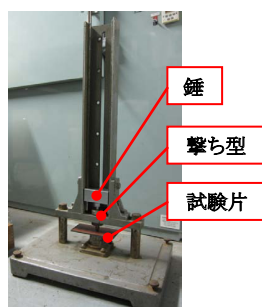


図10 デュボン式試験機概要  
試験片にあてがった撃ち型におもりを落下し、打撃前後の材料特性変化から耐衝撃性を評価する。

### (1) 試験片

厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料を塗布したSS400 サンドブラスト鋼板(150×70×3.2mm)を試験片とし、導電性塗料を幅2mm、長さ100mmの寸法で8本塗布した。試験片は2枚作製し、一方にレール防食剤Bを試験片全面に塗布した。

### (2) 試験方法

半径6.35mmの撃ち型を導電性塗膜上にあてがい、所定高さから300～500gのおもりを撃ち型の上に落とした。おもりの落下前後での導電性塗膜の電気抵抗について、マルチメータを用いて測定した。

### (3) 評価方法

測定した電気抵抗がおもり落下前後で変化しない場合、耐衝撃性を有すると判断した。

### (4) 試験結果

表6に試験結果を示す。保護材料を用いない場合、おもり質量300gで落下距離200mmのときに落下前後の抵抗が変化し、耐衝撃性を有しない結果になった。一方で保護材料を用いた場合には、おもり質量300gでは試験機の最大落下距離(500mm)に設定しても落下前後の抵抗に変化は見られなかった。おもり質量500gとした場合には、落下距離200mmまで耐衝撃性を有する結果だった。以上から、保護材料を適用した場合には同質量で2倍以上の距離、同落下距離では2倍程度の質量のおもりに対して耐衝撃性を有することが確認された。

表6 耐衝撃性試験結果

レール防食材の有無	おもり		導電性塗膜の抵抗 (kΩ)		評価
	質量 (g)	落下距離 (mm)	落下前	落下後	
無	300	100	17.6	17.6	○
無	300	200	16.5	31.4	×
有	300	200	15.4	15.4	○
有	300	500	21.2	21.2	○
有	500	200	15.7	15.7	○
有	500	300	18.3	18.6	×

## 7. まとめ

高マンガン鋼製ノーズ可動クロッシングのき裂検知手法確立のための基礎データ収集を目的として、可動レール部に適用可能なき裂検知手法について検討した結果、次の知見が得られた。

①き裂検知材料として、基材に塗布する塗膜状の材料が有望で、導電性塗料による方法が最も有望と判断した。  
②導電性塗料によるき裂検知手法に求められる性能は、概略で長期耐久性、き裂検知性、耐衝撃性と考えられ、各項目の室内評価試験結果は次の通りだった。

- a) 室内促進劣化試験により付着性、防食性および防油性を評価し、実レールに施工してもいずれも良好な性能であることを確認した。
- b) 実レール切出し部材と標準コンパクト試験片による疲労試験で、疲労き裂に対する導電性塗料の電気特性を評価した結果、抵抗を0.1kΩオーダーで測定し湿度影響を補償しない場合には少なくとも10mm程度、湿度影響を補償する場合には数mm程度のき裂を検知できることを確認した。

- c) コンパクト試験片による疲労試験で、耐衝撃性を期待できる表面保護材を適用した場合の導電性塗料のき裂検知性を評価した結果、表面保護材を適用してもき裂検知性が損なわれない場合があることが分かった。

以上から、導電性塗料による手法はノーズ可動クロッシングのき裂検知に適用できると考えられる。今後、実用的な手法を構築するには、現地施工試験など実用を想定した評価を行う必要があると考えられる。

## 文献

- 1) 日本鉄鋼協会, 鋼材の性質と試験, 地人書館, pp428 (1977)
- 2) 住吉ほか, 分岐器ノーズ可動クロッシング折損検知の基礎試験, 土木学会第63回年次学術講演会 (2008)
- 3) 伊藤ほか, 破断検知線による鋼構造物疲労損傷モニタリング手法の開発, 土木学会第60回年次学術講演会 (2005)
- 4) 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, pp23 (2010)
- 5) 細田ほか, 新幹線用ノーズ可動クロッシングのき裂進展特性, 土木学会第67回年次学術講演会 (2012)