

鉄道一般
車両
軌道
構造物
防災
電力
信号通信 情報
材料
環境
人間科学
浮上式鉄道

導電性塗料を用いて 鋼構造物のき裂を検知する

鋼鉄道橋に生じる疲労き裂は、構造物の安全に係わる重大な変状です。現在、主に目視による検査でき裂の有無を確認していますが、新たな検査方法で疲労き裂の早期発見や疲労き裂の進展予測ができれば、計画的で効率的な補修対策を行うことも可能です。そこで、き裂の発生・進展の検知が可能な導電性塗料を用いたき裂検知システムを開発しました。



坂本 達朗
Tatsuro Sakamoto
材料技術研究部
防振材料研究室
副主任研究員
【専門分野】 防食材料、
電気化学

はじめに

鋼鉄道橋に生じる疲労き裂は、構造物の安全に係わる重大な変状の一つです。そのため、定期的に点検が行なわれ、疲労き裂が発見された場合には、き裂の進展状況や発生箇所の重要度に応じた補修工事が行なわれています。ただし、現在の点検方法は目視を主体としており、構造物によっては点検が困難となる場所があります。また、検査の精度は検査者の経験、技能に依存し、き裂長さが10mm以下のものは発見しにくいとされています。このため、疲労き裂を早期に発見することや、疲労き裂の進展を予測することができれば、計画的で効率的な補修対策を行うことも可能であり、今後の鋼鉄道橋の維持管理に役立つと考えられます。本稿では、疲労き裂の発生および進展を検知できる導電性塗料を用いた疲労き裂の検知システム¹⁾を紹介します。

導電性塗料を用いたき裂検知

屋外の鋼構造物は長期間の使用を前提としているため、様々な防食(鋼材がさびることを防止する)対策が講じられており、一般には塗装による防食が

用いられています。そのため、き裂を検知できる材料として、導電性塗料を用いることにしました。通常の塗料はほとんど電気を通しませんが、開発した導電性塗料の原料には導電性をもつ炭素系の微粒子が含まれており、電気を流す性質を持ちます。導電性塗料を塗布した鋼材にき裂が生じると、き裂の上の塗膜にもき裂が生じ、その長さに応じて塗膜の電気抵抗が変化します。塗膜の電気抵抗を定期的に測定することにより、鋼材への疲労き裂の発生または進展を検知することができます。

導電性塗料のき裂検知の性能を検証した試験の一例として、実際の鋼鉄道橋の切り出し部位と、それと同程度の厚みの小型試験片のそれぞれに対して疲労き裂を発生させての試験状況と、き裂長さとの関係を調べた結果を図1に示します。いずれの測定結果でも、き裂長さの増加に伴って抵抗値が増加しており、抵抗値から疲労き裂長さを推定できることが分かります。

鋼鉄道橋の防食塗装では、塗り替え周期が10年～20年程度となるような耐久性の高い塗装系が使われています。したがって導電性塗料を実際に使おう

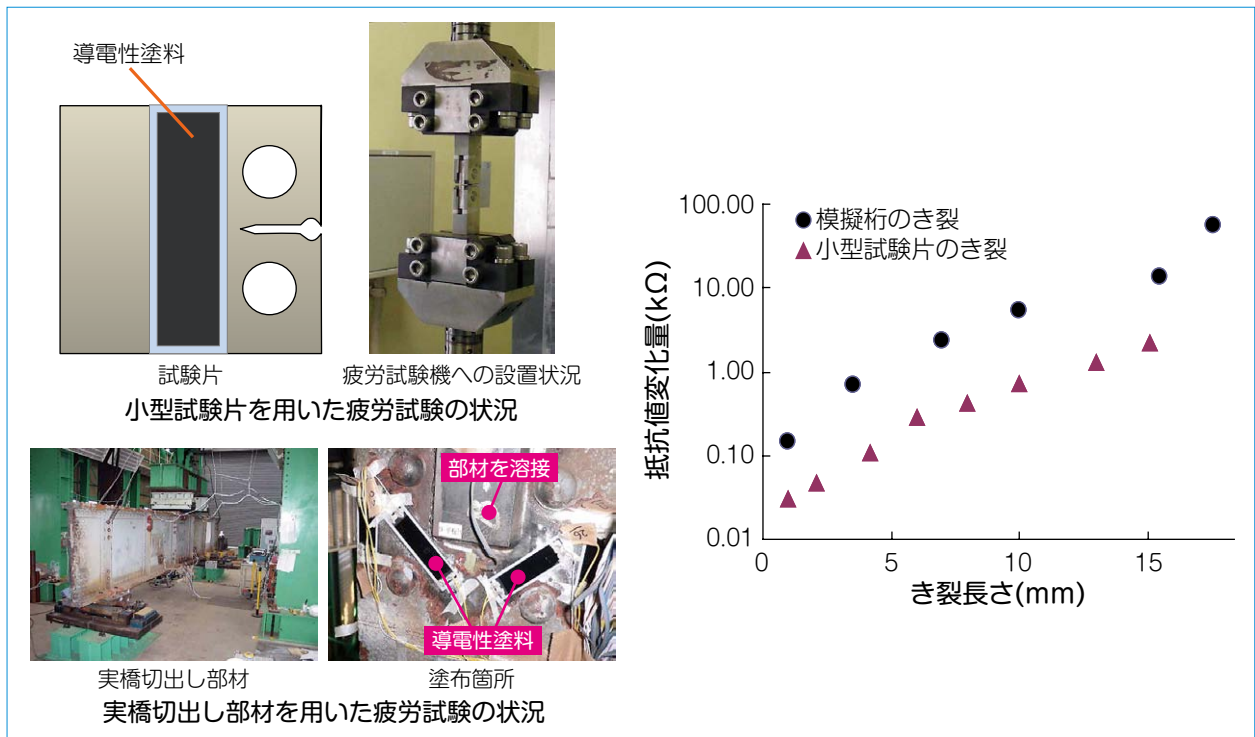


図1 小型試験片と実橋切出し部材で発生させた疲労き裂長さと抵抗値の関係

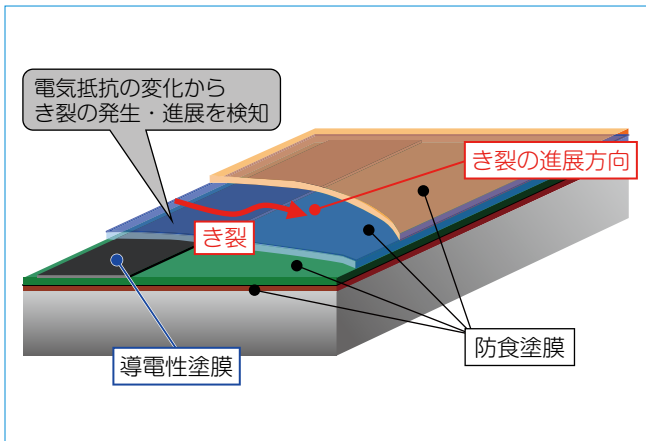


図2 導電性塗料を組み込んだ塗装系の概要

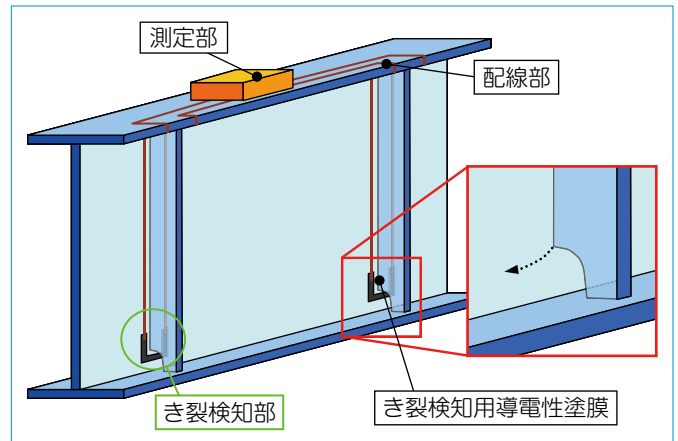


図3 き裂検知手法の概念図

とする場合には、塗装系と同等の防食性能を持ち、塗り替え周期の間に塗膜の劣化によって電気抵抗が変化しないことが必要です。そこで、図2に示すように、導電性塗料を既存の塗装系の塗膜と塗膜の間に組み込んだ仕様を開発しました。この仕様の耐久性を評価するため、室内での促進劣化試験を行った結果、従来の塗装系と同程度の防食性を持つことや、き裂を検知する性能を長期間維持できることが確認できました。

き裂検知システムの概念

図3は、導電性塗料を用いたき裂検知システムの施工例です。このシステムは、導電性塗料を塗布するき裂検知部、塗膜の抵抗を測定する測定部、き裂検知部と測定部を電気的につなげる配線部の3部位から構成されます。き裂が発生しやすい箇所は、構造物の構造や過去の変状事例などからある程度予測することができるため、導電性塗料を構造物全体に塗布する必要はなく、き裂発生が予測される箇所のみ塗布し、

塗膜の電気抵抗を定期的に測定することで、き裂の発生と進展の検知が可能となります。また、通常では近づくことが困難な箇所でき裂発生が予測される場合には、橋台の上や検査通路等の近づきやすい箇所の周辺に測定部を設け、配線を引きまわして電気的に回路接続することにより、き裂検知部の導電性塗膜の電気抵抗を測定することができます。

このとき、検査者が定期的に測定する労力を少なくするためには、測定

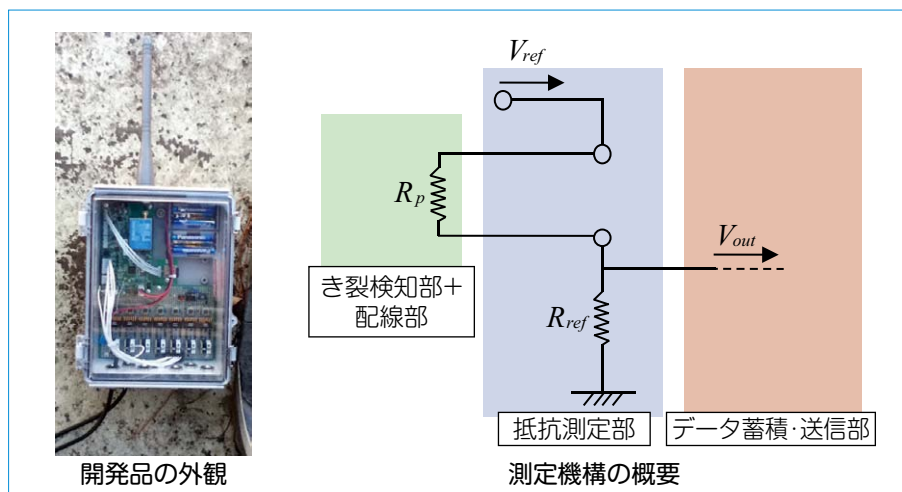


図4 開発品の外観および測定機構の概要

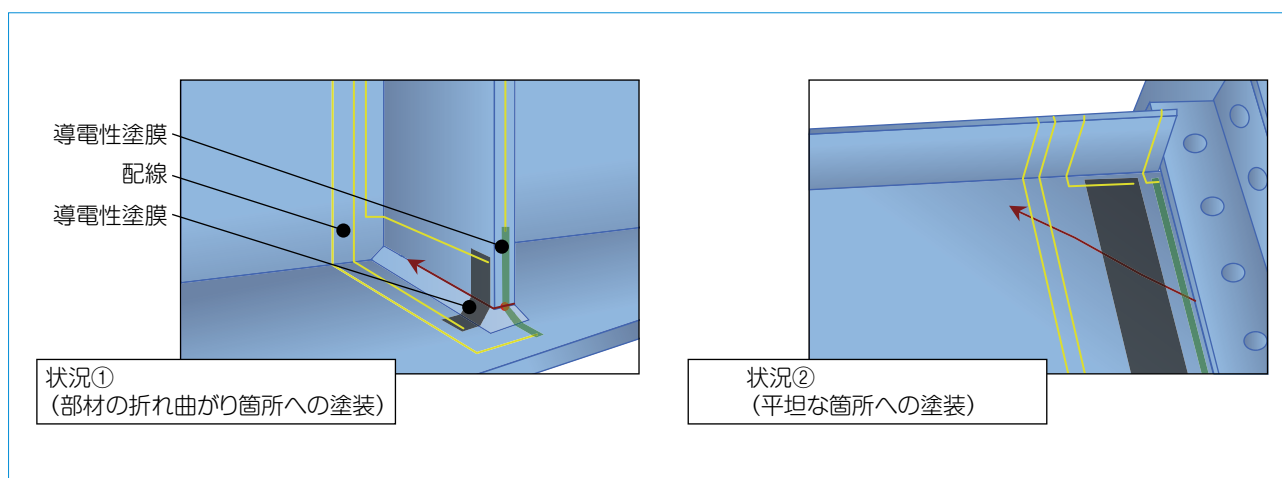


図5 導電性塗膜の施工例

データを記録する機器やデータを遠隔で受け取ることができるような無線機能などを備える必要があります。図4に、このような性能を持つ機器の外観を示します。測定機器は抵抗測定部とデータ蓄積・送信部から構成され、抵抗測定部に一定電圧の電流を流すと、導電性塗膜の電気抵抗に応じた電圧値がデータ蓄積・送信部へ送信されます。データ蓄積・送信部は無線送信ユニットと外部メモリスロットを内蔵しています。室内での検証試験により、この機器を用いて測定データを蓄積し、数百mの範囲へ無線送信できることを確認しました。

き裂検知システムの施工方法

これまでに確認されている疲労き裂の発生事例をもとにすると、導電性塗料の施工方法として図5のような具体例が考えられます。疲労き裂は主に部材同士を接続する部位で発生しやすく、状況①のように部材の折れ曲がる箇所を進展するものや、状況②のように平坦な箇所を進展するものに分類されます。これらのき裂を検知するには、き裂が塗膜を横断するように導電性塗料を塗布する必要があります。

一般に、塗料を所定の寸法で塗装するには、塗装しない箇所を養生テープで覆った後に塗装するなどが重要です。

この場合、①下書きとしてペンで寸法を書き込む、②下書きに沿って養生テープを貼り付ける、③養生テープを含めて塗装し、塗装後にテープを取り除く、という工程となり、作業時間は膨大になります。そこで、あらかじめ所定の形状に型抜きした養生テープを用意し、塗装直前に貼り付ける手法を考案しました。図6に、その型抜きシートの概要を示します。型抜きシートは型紙、養生テープ、転写シートの3種類から構成されます。転写シートと養生テープの片側には粘着材が塗られており、図の矢印方向に貼り重ねられています。①型紙をはがして養生テープ

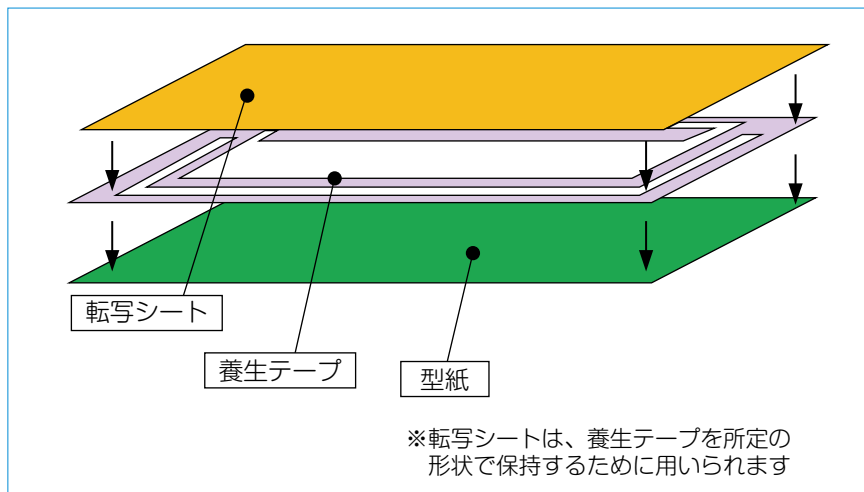


図6 型抜きシートの概要

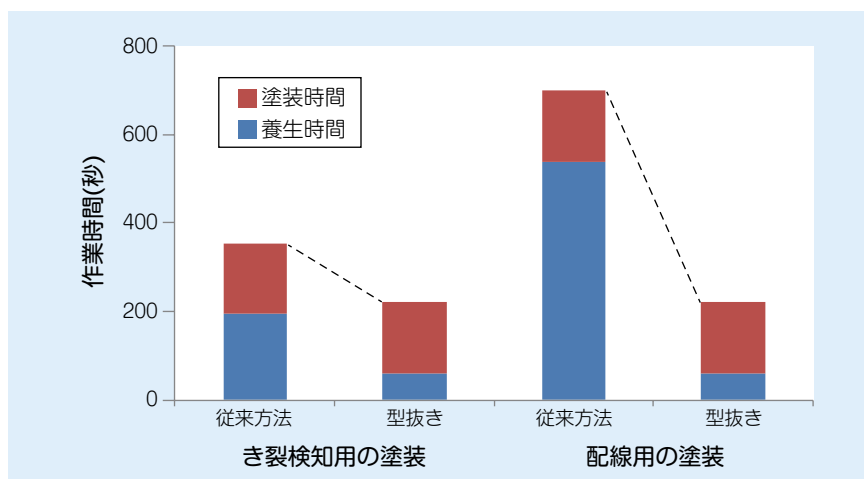


図7 各導電性塗料の作業時間

の粘着層を基材に貼り付ける、②転写シートをはがす、③養生テープを含めて塗装し、塗装後にテープを取り除く、というようにして使います。実際の鋼鉄道橋で、き裂の進展検知用および配線用の導電性塗料を腹板に塗装する場合について、養生テープを用いたマスキングによる方法と型抜きシートによる方法で作業時間を比較した結果を図7に示します。型抜きシートによる方法を用いると導電性塗料の施工時間を大幅に短縮できることがわかります。このときの施工試験では、き裂検知部についての作業時間は一箇所あたり約60分/人工となりました。これより、

一日に4~6箇所/人工で施工できることになり、開発した型抜きシートによる方法の施工性は実用的に使える範囲にあることがわかりました。

おわりに

目視に頼ることなく疲労き裂の発生および進展を検知できる新たな手法として、き裂検知用の導電性塗料を用いた疲労き裂検知システムを紹介しました。今後は、システムの施工実績を増やし、信頼性の向上に努めていきたいと考えています。RRR

文献

- 坂本達朗, 鈴木実, 田中誠, 小林裕介, 杉籠政雄: 導電性表面材料を用いた鋼構造物用き裂検知手法の開発, 鉄道総研報告, Vol.24, No.8, pp.23-28, 2010