

導電塗料等を用いたひび割れ検知の研究

(株)横河ブリッジ 正会員 ○横尾 正幸

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 田辺 将樹 仲山 貴司 小島 芳之

藤倉化成(株) 正会員 渡邊 博明 皆川 昶夫 西村 司

1. はじめに

トンネルの安全性、耐久性を考える場合、覆工コンクリートに発生するひび割れや剥離等の早期発見は重要であり、それを目的とした導電塗料によるコンクリートのひび割れ検知システムは、目視や打音調査を行った場合の人為的誤差を生じさせず、簡易かつ確実にひび割れを検知する手法の一つである。平成15年度までに導電塗料の耐久性及び検知性等を確認しており¹⁾²⁾、平成16年度以降は塗料の材質や塗布方法について、更なる改良を加え、実用化に向けた研究を行っている。本稿では諸性能を確認するための実験および現場における施工・経時計測について報告する。

2. 検知システムの概要

検知システムの概念を図1に示す。コンクリート表面に導電性を有する塗料を帯状に塗布し、その両端間に電圧をかけると、通常は塗料の塗装厚や塗装幅に応じた抵抗値をもって電流が流れる（図2①）。ところが、コンクリートにひび割れが発生すると、同時に導電塗料の帯もひび割れ箇所では破断されて導通が損なわれる（図2②）。したがって、コンクリートに塗布した塗料の導通状態を監視することにより、コンクリートのひび割れを検知することができる。

3. 検知性能確認試験（既往の研究のまとめ¹⁾²⁾）

導電塗料の断面形状と抵抗値の関係については、塗布幅を変化させた導電塗料（10mm、20mm、30mm）の抵抗値を比較したところ、図3に示すように、塗布幅が20mm以上になると抵抗値にばらつきが見えなくなることが確認できた。さらに、塗布幅を20mmと一定にした上で、ひび割れ幅と塗装厚の関係を検証した。塗布厚を0.1～0.4mmと変化させ抵抗値を測定したところ、検知できるひび割れ幅は、塗布厚に比例することが分かり、検知したいひび割れ幅に合わせて塗布厚を変化させれば良いことを確認できた（図4）。耐久性については導電塗料を暴露試験体に1層塗りし、2年間抵抗値を測定したが、値に変動はなく耐久性の確認ができた。ただし測定時の気候に抵抗値が左右されることが確認された。

4. 実用化に向けた性能試験および現地試験

(1)室内における基礎性能試験³⁾

既往の研究による耐久性の問題を解決するために、塗装仕様の見直しを行った（図5）。上塗りは気候の変化など、環境の変化に対するものであり、下塗りはコンクリート自体が導電性であること

キーワード：導電塗料、ひび割れ、覆工コンクリート、導電テープ

連絡先：〒273-0026 千葉県船橋市山野町27番地 TEL：047-435-6203 FAX：047-435-6154

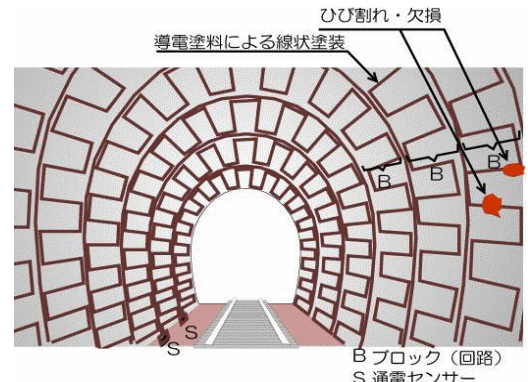


図1 ひび割れ検知システム概念図

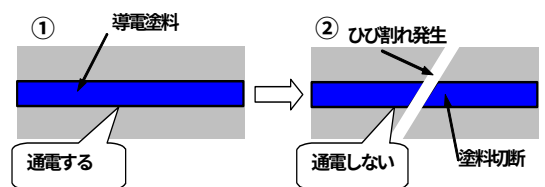


図2 検知の概略

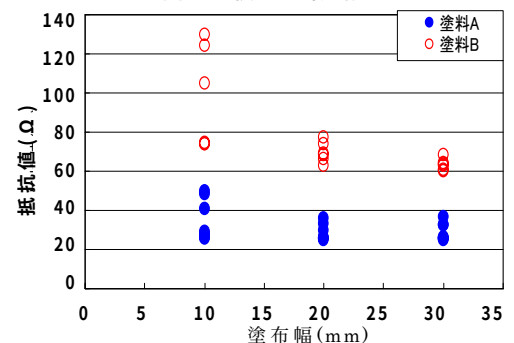


図3 塗料幅と抵抗値の関係¹⁾²⁾

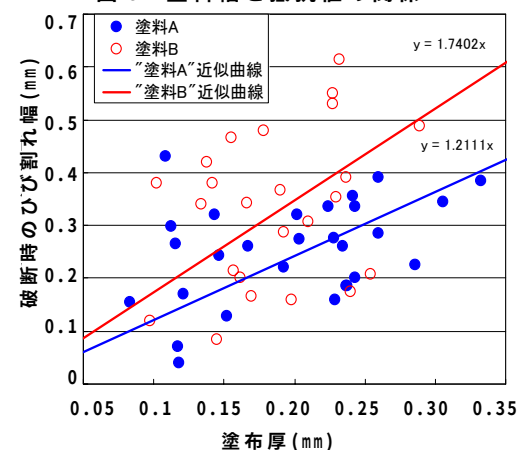


図4 塗装厚と破断時ひび割れ幅の関係¹⁾²⁾

から、導電塗料が切れても通電するといった現象を防ぐものである。また、両塗装は漏水などの水分の影響を防ぐ目的もある。

さらに検知能力の向上を目的として、下塗り、上塗り塗料の相性を考慮しながら使用する導電塗料の材質の見直しを行った。カーボン、ニッケル、銀など導電塗料の材質を変えその抵抗値を比較したところ、銀性のものを用いた場合、通電時とひび割れ発生時の差が最も顕著に現れることを把握できた。さらに、ひび割れ幅と塗布幅の関係を検証するため、**図 6** のように塗布幅別に導電塗料を塗布したコンクリート供試体の載荷実験を行った。その結果、ひび割れが発生した場合、わずかでも塗料が繋がっていると、抵抗値が上昇しない現象（ブリッジ現象）が起こり、塗布幅を大きくし過ぎない方が検知性が良いことが把握できた。**図 7** はブリッジ現象がほとんど見受けられなかった塗布幅 10mm の場合の検知試験の結果である。

(2) 現地試験

4.(1)に示した基礎性能試験より、耐久性、断面形状と抵抗値の関係、検知性等が確認できたことから、実トンネルにおける導電塗料によるひび割れ検知システムの現場施工を行った（**写真 1①**）。対象としたトンネルは経年約 50 年の山岳トンネルの横坑で、ひび割れが発生もしくは進展する可能性のある箇所導電塗料を施工した。さらに、同一現場内において、導電塗料の応用である導電テープの施工も行っている。これは工場製品としてあらかじめ加工された通電性のテープを導電塗料と同じように貼り付けるもので、施工時に塗布厚などの人為的誤差が生じず、導電塗料と同等の精度でひび割れ検知をできるものである（**写真 1②**）。また、現地では、抵抗値の変化の原因を検証するために、パイゲージによるひび割れ幅の計測と温度・湿度の計測を行っている。常時監視のデータの一部を**図 8**に示すが、抵抗値にまったく変化がないことが分かる。計測期間中の温度変化は 5℃程度であったが、3 層構造にしたことで、環境の影響による抵抗値の変動もないことが分かる。さらに、目視検査により、ひび割れが発生・進展していないことも確認でき、覆工の変状の進展性がないことを本システムで十分検知できている。

5. おわりに

これまでの研究で、導電塗料の検知性及び耐久性を確認でき、その結果を踏まえた実現場における経時計測を実施している。今後も経時計測を継続し、抵抗値とひび割れの相関、環境の変化に対する耐久性、応用製品の実用化等を検討し、信頼性のあるシステムの構築を目指していく。

参考文献

- 1) 中西芳之，深川良一，小西真治，建山和由，毛利豊重：導電塗料によるひび割れ検知システムに関する基礎的研究，平成 14 年度土木学会年次学術講演会
- 2) 小西真治，須藤幸司，深川良一，建山和由：導電塗料を用いたひび割れ検知システムの研究，トンネル工学研究論文・報告集第 12 巻，pp437-440，2002.11
- 3) 川口，竹田，横尾，小桜：導電塗料を用いたひび割れ検知システム，横河ブリッジ技報 No33，2004.1，pp164～165

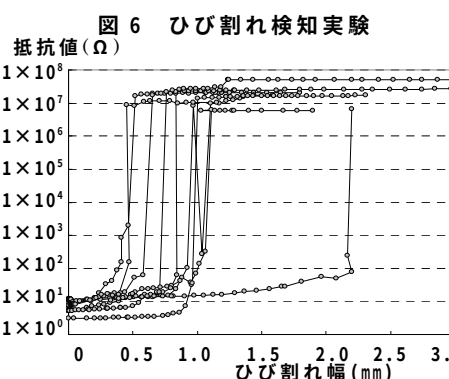
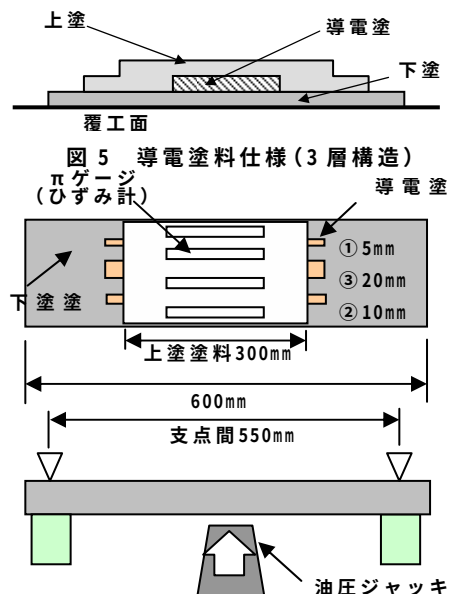


図 7 ひび割れ検知実験結果（塗布幅 10mm）



写真 1 ひび割れ検知システム

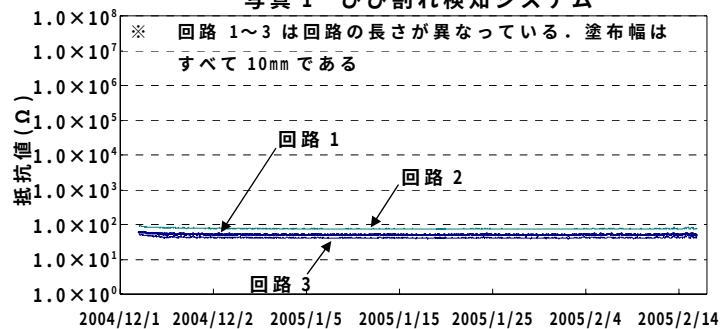


図 8 導電塗料を用いたひび割れ検知システムの抵抗