

導電塗料を用いたひび割れ検知システムの研究

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 岡田岳彰 小西真治
 豊菱産業(株) 正会員 毛利豊重
 京都大学 正会員 建山和由

1. はじめに

トンネルの維持管理において、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、機能維持はもちろん、変状の進行性を把握するうえでも重要である。このような変状に対する検査は、一般的に目視や打音により行われているが、検査者の熟度による判定のばらつきや、鉄道、道路トンネルでの検査可能時間の不足が問題となっている。そこで最近では、自走式の検査車や光ファイバーによるコンクリートひずみの監視手法等が開発、導入される傾向にある。導電塗料を用いたコンクリートひび割れ検知システムも、人手に頼ることなく変状を監視できる手法の一つであり、簡易かつ確実にひび割れを検知できる、常時検知が可能である、安価である、という特徴を持っている。現在、実用化に向けて各種の検討を行っており、本稿では、これまでに実施した基礎的な実験の結果について述べる。

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、その両端間の導通に着目すると、通常は塗料の塗り厚や幅に応じた抵抗値をもって電流が流れる。ところが、コンクリートにある程度の幅を持つ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。したがって、塗料の導通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のが本システムの原理である。具体的には、ひび割れ発生を検知したい覆工コンクリート面に、導電塗料で所要のパターンを描き、通電センサーに接続して1ブロックの電気回路を構成し、センサーからの導通判定の信号を坑外に送ることで、坑外からひび割れや剥離の発生を検知するものである。検知したい部分が広範囲であれば、複数のブロックに分割し、それぞれにセンサーを設けることで、変状発生位置の特定が可能となる。また、経時的な記録をとることで、変状の生じた時期を確定することができる。

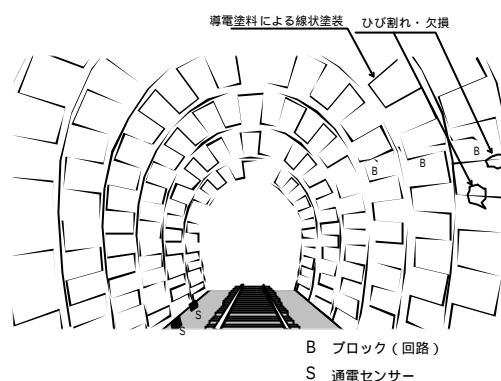


図-1 ひび割れ検知システム概念図

一般に導電塗料は、静電気防止のための床材等に用いられているが、本稿の各実験にも市販の導電塗料を用いている。これはカーボン系で黒色を呈しており、比重 0.2～1.2、比抵抗 $10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下のものである。塗布に当たっては、適宜シンナーで希釈して使用している。

3. 乾燥時間

導電塗料は、塗布後、溶剤の揮発に伴い乾燥状態となるが、これに要する時間の確認を行った。実験は、3枚のガラス板に、それぞれ塗り厚を変えて導電塗料を塗布し、重量の経時変化を化学てんびんで測定した。測定結果を図-2に示す。これによると、塗布後数時間で重量変化はほとんどなくなることがわかる。乾燥に要する時間は、気温と湿度に影響を受けるが、少なくとも、塗布後1日程度の養生時間を与えれば導電塗料は乾燥状態になることがわかった。

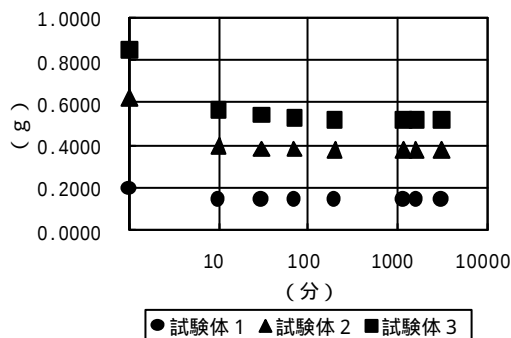


図-2 乾燥時間と塗料重量の関係

キーワード 導電塗料, ひび割れ検知, トンネル覆工

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 Tel 042-573-7266 Fax 042-573-7248

4. 耐久性

導電塗料の、コンクリート面への塗布後の耐久性を確認するため、縮尺 1/3 のトンネル模型に塗布して暴露試験を行っている(写真-1)。導電塗料の塗布幅は概ね 2cm 前後、延長は 28m である。平成 13 年 3 月現在、塗布後 9 か月が経過したが、剥がれ落ちや脆化等の劣化は確認されず、電気抵抗も当初の約 350k Ω から変動していない。長期試験の途中ではあるが、トンネル内は屋外よりも寒暖、乾湿の差による環境変化が少ないことから、導電塗料の耐久性には問題がないと考えられる。



写真-1 暴露試験状況

5. 検知性

導電塗料を塗布したモルタル供試体に曲げひび割れを発生させ、導通が阻害されるひび割れ幅の測定を行った。モルタル供試体は JIS R 5201 「10. 強さ試験」に基づいて作成したもので(図-3)、これに導電塗料を幅 10mm で塗布したものを圧縮試験機で載荷し、曲げひび割れを発生させた(写真-2)。実験後の供試体を写真-3 に示す。

載荷にしたがってひび割れ幅は徐々に増し、あるひび割れ幅に達したときに導電塗料も破断した。ひび割れ幅は、逐次、パイ型変位計で読み取り、同時に電気抵抗を測定した。測定結果を図-4 に示す。結果から、ひび割れの進展に伴いわずかではあるが抵抗値の上昇傾向を読み取ることができる。これは、導電塗料がひび割れに追従して延性を示し、断面積が徐々に減少していることによるものと考えられる。そして、0.3~0.6mm 程度のひび割れ幅に達したとき、導電塗料は破断し、抵抗値は無限大となった。

トンネルの場合、検知したいひび割れ幅は、一般的に 0.3~0.5mm 程度以上であることから、導電塗料を用いたひび割れ検知は、実用化の可能性の高いことがわかった。

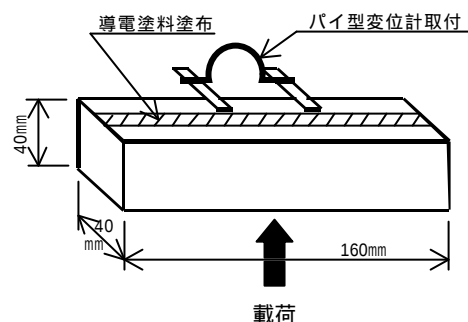


図-3 モルタル供試体の概要

6. まとめ

これまでの実験結果から、導電塗料によるトンネル覆工コンクリートのひび割れ検知が十分実用可能であることを示した。今後は、導電塗料の塗布厚と検知可能ひび割れ幅の相関を明確にするための実験を継続するとともに、実用化を考慮した全体的なモニタリングシステムを構築し、実現場において確認試験を行う予定である。



写真-2 載荷状況 (塗布面は下面)

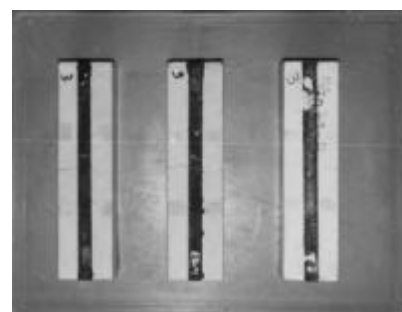
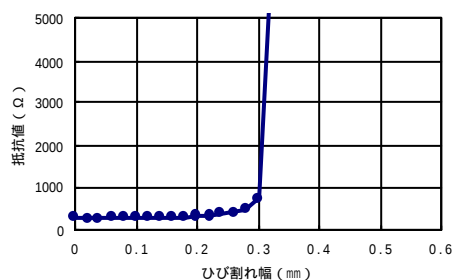
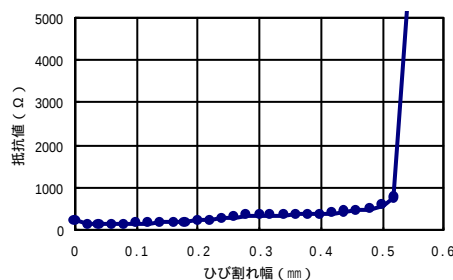


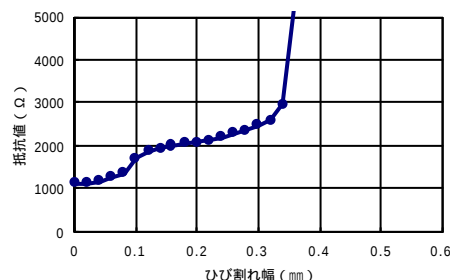
写真-3 試験後のモルタル供試体



(a) Test No. 4



(b) Test No. 6



(c) Test No. 8

図-4 ひび割れ幅と抵抗値の関係