

VI-357

赤外線を用いたトンネル検査システムの開発(その3)
ートンネル全断面変状計測試験についてー

帝都高速度交通営団 正会員 大澤純一郎 三菱重工業 大川祐司
同 上 正会員 宮田 信裕 同 上 世良義宏
同 上 内川 栄蔵

1. はじめに

これまでのトンネル検査は、主に目視・打音等による人力で行われてきたが、客観性、効率性面の課題が指摘されてきた。営団では、これらの課題解消とトンネル検査の省力化を目的として、赤外線及び可視画像処理技術を用いて、コンクリートの剥離、躯体表面の変状を自動的に検出可能とするトンネル検査システムを開発中であり、既に、基本原理とシステムの走行性について確認している。^{1)、2)}

本稿は、トンネル検査システムプロトタイプ機(以下、プロトタイプ機)を用いて、代表的なトンネル形状(開削トンネル、シールドトンネル等)に対する本システムの適用性の確認試験、計測データの解析による全断面変状展開図の作成あるいは実用化に向けた検査精度の向上等に関する検証内容を報告するものである。

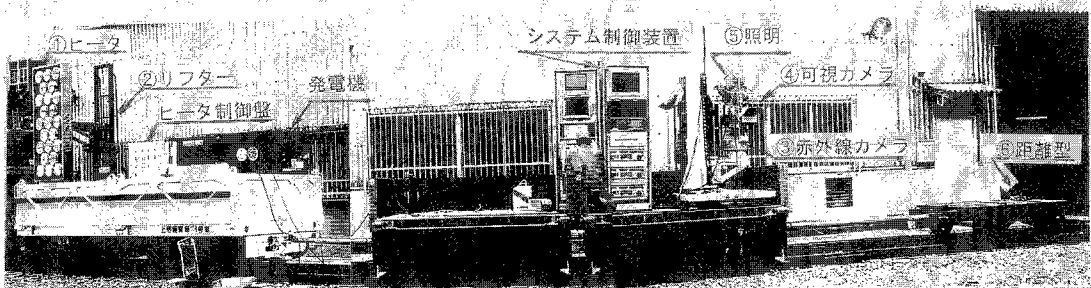
2. 検証内容及びプロトタイプ機概要

営団所有のトンネルは大きく開削トンネル、シールドトンネルに分類されるが、その内空寸法等により、更に細分化されるため、今回の検討では開削トンネル(一般部、鉄鋼框部)及びシールドトンネル(単線部、複線部)の4種類を検討の対象としている。

本検証の要点は、代表的なトンネル形状を有する地下鉄トンネルに対して、

- ①走行時の赤外線画像(壁面をヒータで強制加熱)及び可視画像全断面データ取得の可否
- ②取得画像データに対する画像処理により得られた、剥離・ひび割れ・漏水・遊離石灰析出等の変状検出性能の確認(精度向上を含む)
- ③計測データの解析によるトンネル全断面展開図作成の可否
- ④距離計により取得した走行データと画像データとの整合性の確認
- ⑤各種断面に対応可能な各種構成品の詳細とシステムの組み合わせに関する問題点の抽出

の各点を確認することである。これらの検証点を前回の試験²⁾で用いたプロトタイプ機を改良して取得したデータを解析することにより確認を行った。プロトタイプ機は、運搬車上に各種構成品を搭載したもので、それらをモーターカーで牽引して試験を行った。プロトタイプ機の外観を写真-1に示す。



- ①ヒータ(能力向上:ハロゲンヒータ、壁面との距離1000mm基準、2km/h*で走行・出力20KW) ②リフター(ヒータ格納)
③赤外線カメラ(温度分解能0.03℃以下) ④可視カメラ(ラインセンサカメラ*) ⑤照明(機内) ⑥距離計

※: 前回プロトタイプ機との主な変更点を示す

写真-1 プロトタイプ機外観

キーワード 全断面変状展開図、プロトタイプ機、赤外線画像、可視画像、

〒110 東京都台東区東上野3-19-6 工務部工務課土木担当 TEL03-3837-7094 FAX03-3837-7171

3. 計測調査方法及び解析方法概要

本計測は、プロトタイプ機を牽引(約2Km/h)しながら、検査対象躯体の壁面をヒータにより加熱し、赤外線及び可視カメラを用いて各種トンネルの全断面の画像データを取得するものであり、計測箇所のキロ程は、運搬車輛に取り付けた距離計により確認し、後のトンネル全断面画像合成の際に用いている。

なお、今回の試験では作業効率、構成品の性能あるいは画像処理効率等を勘案し、検査幅を2mとしている。

取得した全断面画像データをワークステーションに取込み、画像処理プログラムにより1走行毎の各種変状の自動抽出¹⁾を行うとともに処理画像を縦断及び横断方向につなぎ合わせて全断面画像を作成することとした。

今回の解析においては、変状の自動検出精度の向上を実現するために、

①各々の処理情報を融合して処理するフュージョン処理手法の導入

②変状の属性データ（位置、幅、面積、形状等）解析プログラムの導入 の2点を改善することとした。

また、事前検討で困難と考えられた、地下鉄トンネル内施設物と自動検出された変状との分離については、変状展開図の背景に取得した可視画像を合成することにより施設物を認識することで対応することとした。

4. 試験結果

図-1に、単線シールドトンネルにおいて取得したデータから作成した全断面変状展開図を示す。

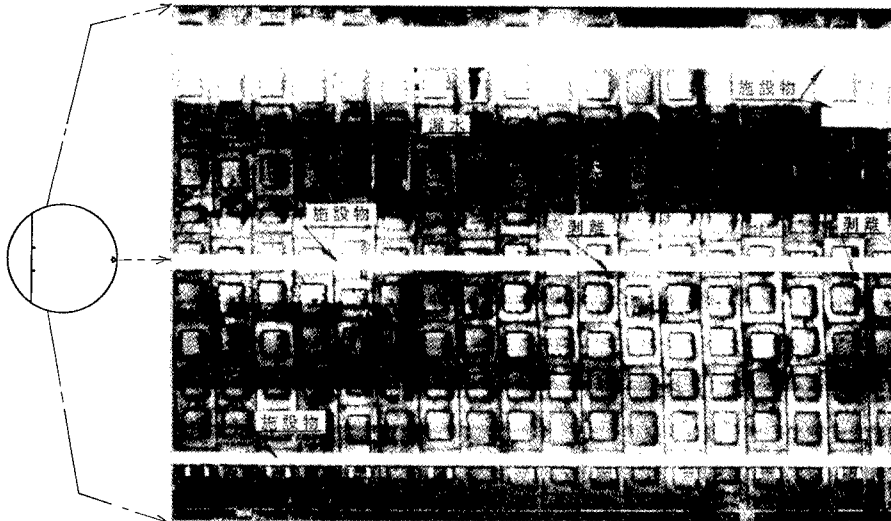


図-1 変状展開図（処理画像）

図-1から、当該トンネルにおいて、走行しながらの赤外線画像及び可視画像全断面データの取得、取得データに対する画像処理による変状の自動検出及びトンネル全断面展開図の作成が可能であることが分かる。（他のトンネル断面形状において行ったデータ取得においても十分な解析結果を確認している。）

また、前述した改善点により、特に漏水の検出精度の向上、セグメント継手部・中子部及びコンクリート型枠線とひび割れとの誤判定解消が確認され、解析データの信頼性向上が達成されている。

なお、解析に誤判定が生じた場合は、変状展開図上のデータを手動で補正することとした。

5. おわりに

今回の結果から、検討しているトンネル検査システムの有用性が実証されたため、営団では本システムの実用化を決定し、現在、トンネル検査システム実用機を作製している。今後は、解析データ精度の向上手法の再検討、導入時の運用方法等について更に検討を加え、システムの有用性を高めていく予定である。

なお、ヒータ加熱による赤外線画像を用いた本トンネル検査システムは、現在特許出願中である。

参考文献 ¹⁾：第52回年次学術講演会VI-260「赤外線を用いたトンネル検査システムの開発（その1）」

²⁾：第52回年次学術講演会VI-261「赤外線を用いたトンネル検査システムの開発（その2）」