

VI-358

赤外線を用いたトンネル検査システムの開発（その4）

ー構築健全度の自動評価システムの開発ー

帝都高速度交通営団 正会員 荻野 竹敏 三菱重工業 富田文博
 同 上 正会員 宮田 信裕 同 上 本多 敏
 同 上 石坂 利一

1. はじめに

営団では、8路線（営業キロ171.5km）を擁しており、近年、営業線の維持管理業務は、各種の条件あるいは環境の変化等により、年々増加する傾向にある。そのような状況の中、維持管理業務は営業線に直接影響を及ぼす可能性のある変状をいち早く把握して、適切な措置を講じることが求められており、そのためには、客観的に構築の健全度を評価し、対処すべき変状を特定する必要がある。現在営団においては、赤外線及び可視画像を併用したトンネル検査システムを開発しており、その有用性については既に報告した通りである。

本稿は、トンネル検査システムの中に取り込んだ各種変状の特徴を示すデータに基づいて構築の健全度を自動的に評価するシステムの健全度判定手法及び解析結果について報告するものである。

2. 健全度判定の方法

構築の健全度を評価するためには、まず、評価の対象とすべき変状を特定した後、各々の変状の評価方法と、それを用いた総合的な構築の健全度評価ロジックを確立することが必要である。

今回検討した健全度判定システムでは、構築の健全性に大きく影響すると考えられる「漏水」、「ひび」、「剥離」の3種類の変状を評価の対象とし、3種類の変状の程度を示す属性データに対して評価点数を設定して危険性の重みづけを行い、各属性データの評価点数の積を取ることで各種変状の健全性を判定することとした。表-1に「評価対象変状と属性データ」、表-2に「各種変状の評価指標」を示す。

今回のシステムでは、漏水量の特定、幅0.8mm以下のひび、深さ10mm以上の剥離を検出することは困難である。そこで、漏水については、その発生位置によって影響を判定し、その面積の大小及び増加率によって擬似的に漏水量を特定することとした。なお、0.8mm以下のひびについては地下鉄構築が密に鉄筋を配したRC構造物であることから、構築に対する影響は少ないものとして評価の対象外とし、剥離については、コンクリートの剥落の危険性がある部位は必ず表面に変化が生じるものと考え、現状精度で対応することとした。

表-1 評価対象変状とその属性データ

変状名称	属 性 デ ー タ	備 考
漏 水	発生位置、面積、増加率(面積)	周囲より1℃以上低い部位を抽出
ひ び	発生位置、幅、長さ、形状、方向性、増加率(幅、長さ)	最小ひび検出幅1mm以下
剥 離	発生位置、形状、面積、増加率(面積)	最小剥離検出厚さ5mm以上

表-2 変状の評価指標

変状	特 徴 量	評価点数
漏水	W_{pos} :発生位置(トンネル上部、下部)、 W_{arc} :面積(大、中、小)、 W_{darc} :面積増加率(大、少)	W_{total}
ひび	C_{wid} :幅(大、中、小)、 C_{len} :延長(長、中、短、断、断)、 C_{dir} :方向性(横断、縦断、斜め)、 C_{sha} :形状(閉塞、未閉塞)、 C_{dwid} :幅増加率(大、少)、 C_{dlen} :長さ増加率(大、少)	C_{total}
剥離	D_{pos} :発生位置(トンネル上部、下部)、 D_{sha} :形状(閉塞、未閉塞)、 D_{arc} :面積(大、中、小、微小、極小)、 D_{darc} :面積増加率(大、少)	D_{total}

従来のトンネル検査では、各種変状を定性的に把握せざるを得ず、特に前回検査時の変状の状態との比較あるいは経年性の評価が困難であるという問題があった。今回のシステムでは、変状の詳細位置を特定し、前回取得したデータと比較することにより、経年性を評価することが可能である。

なお、石灰析出、汚れ・ジャンカは、直接的に構築の安全を損なう可能性は低いと考えられるため、構築の健全度判定の対象から除外し、解析作業の効率化を図っている。

キーワード 健全度判定、変状展開図、特徴量、属性データ

〒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

構築の健全度判定は、まず、構築をトンネル縦断方向に5m毎に分割し、表-3に示す「健全度判定評価式」に基づいて1区間毎に各種変状の健全度を判定し、各々の変状の評価点数の和を取ることで、当該区間の健全性を総合点に応じて4段階(表-4参照)に評価して判定することとした。

表-3 健全度判定評価式

健全度	健全度判定評価式
漏水	$W_{total} = W_{pos} \times W_{are} \times W_{dare}$
ひび	$C_{total} = C_{wid} \times C_{len} \times (C_{dir} + C_{sha}) \times (C_{dwid} + C_{dlen})$
剥離	$D_{total} = D_{pos} \times D_{sha} \times D_{are} \times D_{dare}$
総合	$K_{total} = W_{total} + C_{total} + D_{total}$

表-4 判定結果

結果	総合点
AA:措置対象	$K > \alpha$
A:経過監視	$\alpha > K > \beta$
B:問題なし	$\beta > K > \gamma$
C:健全	$\delta > K$

注): $\alpha > \beta > \gamma > \delta$

3. 健全度判定を行った変状展開図の出力

前述した方法により、変状の特徴量解析結果を図-1に、開削トンネルを対象にして健全度判定を行った変状展開図の出力例を図-2に示す。



1回目(通常ひび)



2回目(模擬的增加有)

図-1 ひびの特徴量解析結果

ひび健全度
剥離健全度
漏水健全度
総合健全度

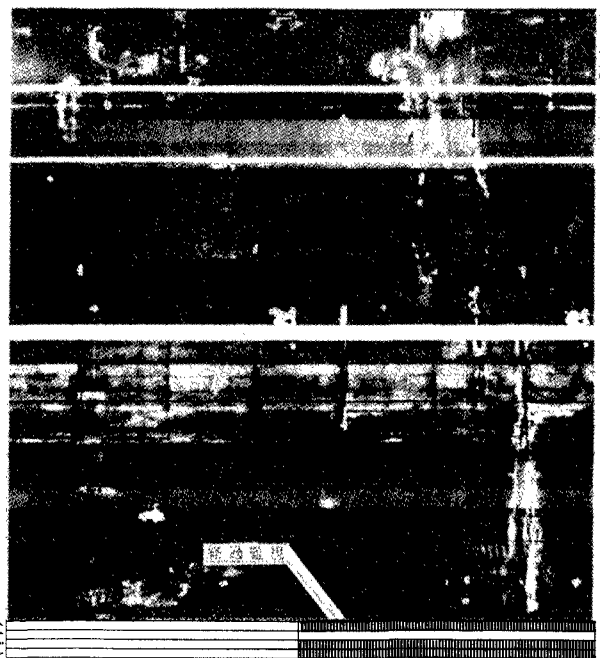


図-2 健全度判定を行った変状展開図

なお、ここで示した判定結果は、未だ試験段階であると同時に、今回取得したデータの中に想定している変状パターンが存在していない等の問題もあり、必ずしも完璧な判定が成されていないとも考えられるが、相対的に健全度判定ロジックとその判定結果自体は満足のものであったと考えている。

また、変状展開図とは別に、各変状の発生状況を把握するために、判定区間毎に帳票形式によりデータを把握することも可能としており、現在、実用化に向けた運用方法の詳細を検討しているところである。

4. まとめ

以上のように、トンネル検査システムから得られた各種変状の属性データから特徴量を算出し、区間を区切って評価点数を加算する方法で、健全度判定を行うことが、可能であることが確認できた。

今後は、実用化に伴うデータ蓄積により、実態に即した、より合理的な判定ロジックあるいはパラメータの確定を鋭意進める予定であり、特にパラメーター設定については、設定値を可変とすることで、変状状態の変化あるいは補修等により健全度が向上した場合に対応することとしている。

なお、本トンネル構築健全度判定手法は、現在特許出願中である。