

はく落要注意箇所の自動抽出システムの機能改良

メトロレールファミリーズ 正会員○篠原秀明
東京地下鉄 正会員 小西真治
ソーシャルキャピタルデザイン 非会員 村田利文

東京地下鉄 正会員 小川大貴
東設土木コンサルタント 非会員 塙麻美子

1. 目的

トンネル覆工からのはく落防止は、地下鉄の安全運行での重要な課題である。著者らは、画像認識技術を利用して可視画像データからはく落の可能性が高い箇所を自動抽出するシステム（以下、DIMKS：

Deformation place Imaginary Knowing System と呼ぶ）の開発を進めている。今回、問題となっていた過検出を分析する機能とヒートマップの適合・不適合を分析する機能を付加したので報告する。

2. 自動抽出システムの構築

本システムは、コンクリートのはく離・浮き箇所に発生している、ある変状パターンを指定するとトンネル変状データベースの中から同様の変状パターンがある箇所を自動抽出するものである。実務では、この結果を参考に次の検査で打音する位置を定める。本システムの開発手順を図1に示す。まず、可視画像から作成された変状展開図に特別全般検査の打音検査で発見したはく離・浮きデータを追加登録し、データベース化する。次にそのはく離・浮き箇所について、図2に示す4パターンおよび「ひび割れ+漏水」等の変状の組み合わせを自動的に分類する。次にはく落要注意箇所を抽出する条件を設定する。今回、はく落要注意箇所の抽出・照合は、前回全面打音検査を行ったA路線（500m区間）のシステム改良前と改良後、新たに全面打音検査を行ったB路線（400m区間）について行い、このシステムの性能を評価した。なお、「はく落要注意箇所の自動抽出機能」の構築は、図2のパターンのうち、③複合（交差）変状箇所を対象として検討を行った。

3. 検出・過検出の分析機能の追加

前年度のはく落要注意箇所の抽出結果は、検出・過検出箇所の変状の組み合わせが分類されていなかった

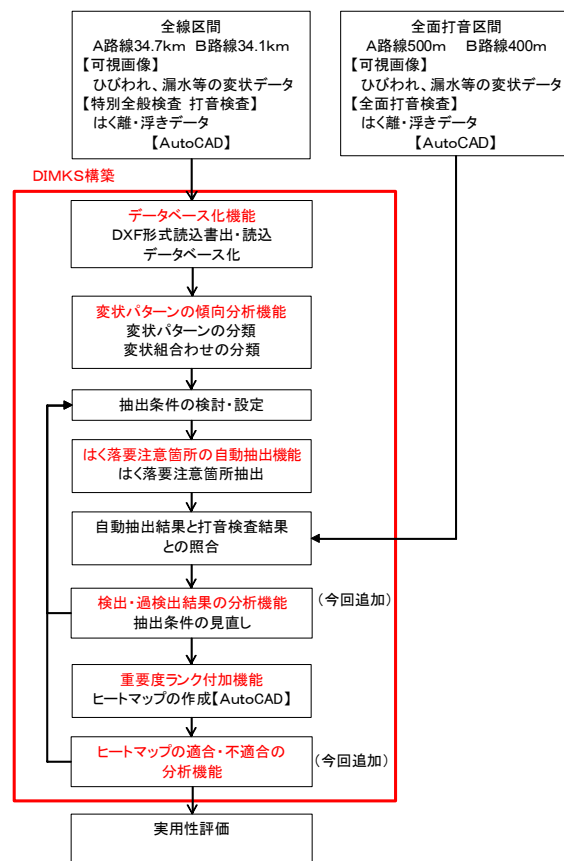


図1 本システムの開発手順

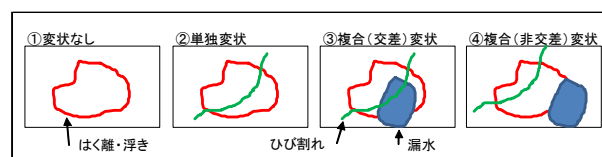


図2 変状パターン概念図

表1 変状組合せ一覧表

No	複合（交差）変状組み合わせ	全線区間	全面打音区間	
		はく離・浮き数	検出数	過検出数
1	ひび割れ・建設・初期の構築補修	92	23	75
2	ひび割れ・建設・初期の構築補修・析出物他	45	2	6
3	ひび割れ・コールドジョイント	35	5	40
4	ひび割れ・析出物他	26	12	49
5	ひび割れ・建設・初期の構築補修・漏水・漏水痕	20	0	0
6	建設・初期の構築補修・析出物他	17	0	0
7	H鋼補修跡・ひび割れ	15	10	27
8	ひび割れ・ひび割れ	15	7	155
9	ひび割れ・漏水・漏水痕	14	0	2
10	析出物他・構築補修	13	2	22
				
137	析出物他・漏水・漏水痕・漏水補修	1	0	0
	合計	600	119	519

キーワード 地下鉄トンネル、維持管理、可視画像データ、異常箇所抽出、はく離・浮き
連絡先〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄株式会社 工務部土木課 03-3837-8086

た。今回、検出・過検出箇所の変状組合せを分析する機能を付加し、表1のようにCSV出力を可能とした。分析結果ではA路線、B路線とも「ひび割れ&ひび割れ」の過検出が多いことが分かり抽出条件の見直しを行った。なお、A路線、B路線とも箱形トンネル（鉄筋コンクリート）であり、実際の検査でもひび割れが交差する箇所のコンクリートのはく離・浮きは比較的少なかった。

4. ヒートマップの適合・不適合の分析機能の追加

前年度付加した図3に示すヒートマップは、自動抽出により配色したブロックと全面打音検査のはく離・浮きとの照合（適合・不適合）を人力により行っていた。今回、照合（適合・不適合）結果を自動的に判別する機能を付加し、検証の効率化をはかることができるようになった。



図3 ヒートマップ（はく落要注意箇所）

5. はく落要注意箇所の抽出結果の照合

照合は、はく落要注意箇所の自動抽出を行い、全面打音検査結果（はく離・浮き）を正解データとして比較した。今回、複合（交差）箇所について検討し、表2にはく離・浮きの検出率（自動検出箇所／はく離・浮き箇所）およびヒートマップの適合率（適合ブロック数/自動検出ブロック数）を示す。

A路線では、今回の付加機能による検出条件の見直し等により、はく離・浮きの検出率が改良前92.6%から改良後93.8%に向上し、またヒートマップの適合率が改良前15.4%から改良後20.9%に向上した。また、今回、新たに

表2 はく離・浮きの検出率・ヒートマップの適合率

項目		A路線		B路線
		改良前	改良後	改良後
はく離・浮きの検出率	A2判定	100% (16/16箇所)	93.8% (15/16箇所)	92.3% (12/13箇所)
	B判定	96.2% (51/53箇所)	98.1% (52/53箇所)	83.5% (96/115箇所)
	C判定	66.7% (8/12箇所)	75.0% (9/12箇所)	83.0% (127/153箇所)
	合計	92.6% (75/81箇所)	93.8% (76/81箇所)	83.6% (235/281箇所)
ヒートマップの適合率	抽出ブロック数	1,873	575	1,091
	適合ブロック数	288	120	417
	適合率	15.4%	20.9%	38.2%

自動抽出を行なったB路線では、ヒートマップの適合率が38.2%となり、ヒートマップを基に抽出ブロックを打音検査した場合、約4割のブロックで、はく離・浮きを検出できる結果となった。

6. まとめ

特別全般検査結果と可視画像データからはく離・浮きとひび割れ、漏水等の変状との関係を分析した。今回、DIMKSに検出・過検出箇所の変状組合せを分析する機能とヒートマップの適合・不適合を分析する機能を追加したことにより、はく落の可能性のある箇所の抽出精度を向上することができた。今後は、構造形式、塩害区間等の高リスク領域機能を付加することにより単独変状の抽出および別途実施の赤外線熱計測結果を反映したヒートマップの作成機能の追加について検討を進め実用化を目指したい。

参考文献

- 1) 篠原秀明、小西真治、川上幸一、三浦孝智、田口真澄、村田利文、石川雄章：画像認識技術を利用したはく落要注意箇所の自動抽出システムの開発、トンネル工学報告集、第26巻、Ⅲ-2、2016、11
- 2) 小川大貴、三浦孝智、小西真治、篠原秀明、村田利文、藤原孝明：重要度ランク機能を付加したはく落要注意箇所の自動抽出システムの機能改良、土木学会第72回年次学術講演会、VI-606、平成29年9月