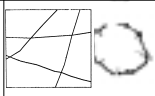
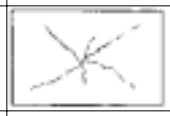
走行式トンネルコンクリート点検システムに関する研究（その４）
－剥落危険度統合評価システムの開発－

京都大学　正会員　○朝倉俊弘*
京都大学　村田澄彦　遠藤希典*
竹中土木　正会員　平井　卓　和田直也**

１．はじめに

トンネル覆工コンクリートの剥落事故の相次ぐ発生により、コンクリートの剥落危険度を合理的に評価する技術の開発が求められている。著者らは、ハイビジョン、サーモグラフィー、レーダといった異なる非接触型の検査装置を搭載した車両を走行させて、得られた情報を統合評価し剥落危険度を判定するシステムを開発してきた。ここでは、取得情報を組み合わせて合理的に剥落危険度を判定する手法について報告する。

表－１　クラック平面形状のパターン分類

パターン	クラック形状	クラック主原因	データ処理上の定義
波打			・1本のクラック ・平均方向角が不規則に変化
閉合			・1本のクラックの始点終点間隔が10cm以内 ・複数のクラックが多角形を形成
放射			・直径1mの領域 ・平均方向角の異なる3本以上のクラック
交差			・直径30cmの領域 ・平均方向角の異なる2本以上のクラック
平行			・直径30cmの領域 ・平均方向角のほぼ等しい2本以上のクラック

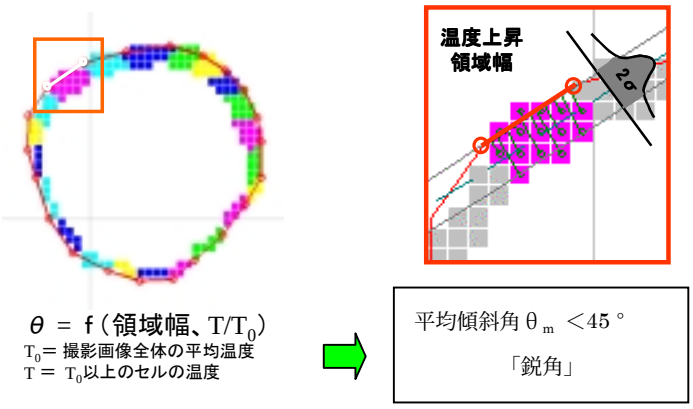
２．剥落要因の抽出

（１）クラックの平面形状

ハイビジョン撮影画像から抽出された複雑なクラックの線情報から剥落の危険度を分析するために、剥落しやすい平面形状を表－１のようにパターン分類した。クラック線の方向角、求心性、閉合性などを解析し、クラック毎にパターン分類を行えるようにした。

（２）断面方向のクラック形状

剥落したコンクリート塊は、断面方向の傾斜角が４５°未満のものが多いことから、このような断面方向の形状をパターン「鋭角」として抽出できるようにした。図－１に傾斜角抽出手法を示す。前述のクラック線データとサーモグラフィーの温度分布データを重ね合わせ、加熱後保温性が高い「鋭角」クラックを温度上昇率と上昇領域幅から抽出できるようにした。



図－１　クラックの傾斜角判定手法

（３）覆工断面の空洞、覆工厚

覆工断面の空洞や覆工厚不足は、剥落の要因となる。表層付近の空洞「浮き」は、サーモグラフィーの温度分布データから、深層の空洞や覆工厚不足はレーダ探査データから抽出できるようにした。

（４）欠陥の位置

コンクリート塊の剥落危険度は、欠陥の位置によって異なる。そこで、新幹線トンネルを例にとり図－2

キーワード：トンネル覆工、コンクリート、剥落、調査、評価、リニューアル
* 〒606-8501 京都市左京区吉田本町　京都大学大学院　工学研究科　TEL 075-753-5409
**〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1 ㈱竹中土木　竹中技術研究所　TEL 0476-47-1700

のように位置を３段階に分類した。ランクⅠとⅡは、建築限界幅、ⅡとⅢはスプリングラインで分割した。

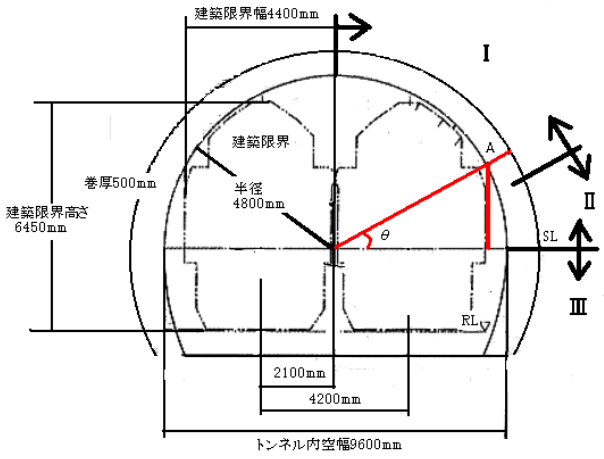
３．統合評価判定ルール

統合評価は、過去の剥落事故例を参照して、前述したパターン分類名称などをキーワードとして、図－3に示すようなフローを作成し、剥落危険度を赤（危険）、黄（注意）、青（安全）の３段階で評価するものとした。表－２にこのようなフローにより得られる剥落要因と評価の一覧を示す。

４．統合評価判定結果

前述のような統合評価は、トンネル内空展開面に1m×1m 程度のメッシュを設定して実施し、メッシュ毎のデータベースに対し統合評価判定を行うものとした。図－4 は、模擬的に欠陥を作成したトンネルにおいて得られたデータから統合評価した結果を示したものである。

＜謝辞＞　本研究は、運輸施設整備事業団「運輸分野における基礎的研究推進制度」の平成１１年度（第二次募集）研究課題「走行式トンネルコンクリート点検システムに関する研究」の成果の一部であり、ご協力いただきました皆様に感謝の意を称します。



図－２　欠陥位置の分類

表－２　剥落要因と統合評価の一覧

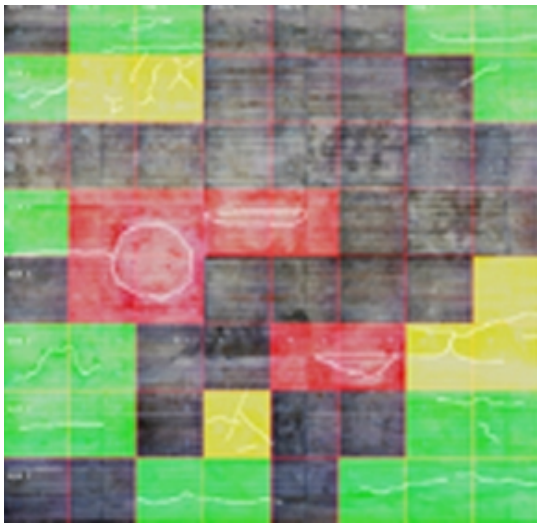
＜浮きありの場合＞

領域Ⅰ	a
領域Ⅱ	a
領域Ⅲ	b

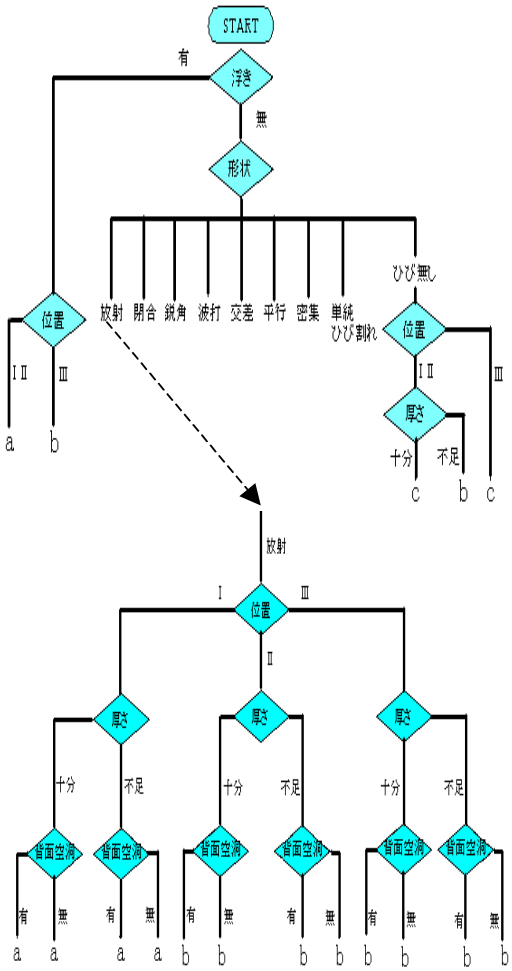
＜浮きなしの場合＞

	領域Ⅰ				領域Ⅱ				領域Ⅲ			
厚さ	不足		十分		不足		十分		不足		十分	
背面空洞	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
放射	a	a	a	a	b	b	b	b	b	b	b	b
閉合	a	a	a	a	b	b	b	b	b	b	b	b
鋭角	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	b
波打	a	a	a	a	a	a	b	b	b	b	b	b
交差	a	a	b	b	b	b	c	c	b	b	c	c
平行	a	a	b	b	b	b	c	c	b	b	c	c
密集	a	a	a	a	b	b	b	b	b	b	b	b
単純ひび割れ	b	b	c	c	b	b	c	c	b	b	c	c
ひび無し	b	b	c	c	b	b	c	c	c	c	c	c

危険度
危険(赤)－a
注意(黄)－b
安全(青)－c



図－４　模擬トンネルの統合評価結果



図－３　統合評価のフロー図