

トンネル変状診断支援ソフトの適用検討

○日本工営株式会社 正会員 松山 公年
 東京大学生産技術研究所 F会員 魚本 健人

1. はじめに

維持更新期を迎える構造物が増加し少子高齢化社会に移行しつつある中で、今後効率的に構造物の状態を把握し、健全性や重要度を考慮した維持管理の優先順位付けを行う必要がある。構造物の状態を把握するためには、点検が基本となるが、急増する老朽化構造物群に対して、従来の技術者で点検するには限界がある。そこで、点検作業を支援することを目的に、コンクリート構造物の変状を簡易に把握・診断するソフトを開発した。本研究は、東京大学生産技術研究所魚本研究室と民間10社の共同研究で開発を進めた成果であり、既に橋梁版を開発している¹⁾²⁾。本報告は橋梁版に続きトンネル版³⁾を開発したので、これを実構造物に適用した結果について報告するものである。

2. 変状診断支援ソフトの特徴と入力画面

変状診断支援ソフトは、トンネルの諸元を事前に入力し、現地目視点検によりひび割れ状況（ひび割れ幅・長さ、方向性、錆汁・遊離石灰の有無等）やその他の変状について入力することにより、トンネルの各部位における変状原因と変状程度を判定するものである。対象トンネルは、主に道路トンネル（矢板工法、NATM）を対象としている。

変状診断支援ソフトの特徴は、専門家でなくとも、簡易に診断ができるように構造図や変状事例などのサンプルを表示し、点検者が入力しやすいユーザーインターフェースを提供している点である。図-1に入力画面例を示す。



図-1 変状入力画面例

3. 変状原因と変状程度の評価

入力したデータは、表-1の横軸に示す変状原因と縦軸に示すトンネルの諸条件及び変状状況（環境条件、供用条件、内的条件、ひび割れの状況、ひび割れ以外の状況等）のマトリックスにより重み係数を決め、それぞれ該当する係数の演算結果として算出する。この値が大きいものが、変状原因（各種劣化及び初期欠陥、外力による損傷等）として可能性が大きいとして表示される。

また、入力部位毎に変状の程度、例えばひび割れ幅、長さ、その他変状の程度を入力することにより、変状の程度と第三者影響度を評価し表示することが可能である。

表-1 変状原因診断シート（1部を表示）

トンネル版変状原因推定表				初期欠陥							外力								
				材料	施工	乾燥収縮	温度応力	断面不足	背面空洞	かぶり不足	打重ね不良	緩み鉛直圧	偏土圧	地すべり	地盤沈下	塑性圧	水圧・凍上圧		
覆工コンクリート	ひび割れ	クラウン	縦断方向圧縮ひび割れ・圧ざ				0.5	0.5			1	1	1		1.2	1.2			
			横断方向のずれ			0.5	0.5				0.5	1.2	1.2	1	1.2	1	1		
			縦断方向のずれ											1	1.2	1			
			斜め方向のずれ											1	1	1			
			開口ひび割れ									1.2	1	1	1	1	1	1	
			開口ひび割れ(放射状)						0.5	0.5									
			不規則なひび割れ																
			格子状ひび割れ	0.5		0.5					0.5		1	1.2					
			格子状ひび割れ									0.5							
			縦断方向ひび割れ		0.5				0.5	0.5		0.5	1.2	1.2	1		1	1	
横断方向ひび割れ				0.5	0.5							1	1.2						
斜め方向ひび割れ		0.5								1		1	1						
閉合ひび割れ											1	1							
なし																			
ひび割れを伴う変状	浮き、剥離、剥落	1	1	1	1	1	1	1	1.2	1	1	1	1	1	1	1			
	鉄筋露出、腐食	1	1	1	1	1	1	1	1.2	1	1	1	1	1	1	1			
	錆汁	1	1	1	1	1	1	1	1.2	1	1	1	1	1	1	1			
	遊離石灰	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	漏水、つらら、倒れ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.2			

キーワード：トンネル、変状、劣化、診断、ソフト、データベース

連絡先：〒102-0083 東京都千代田区麹町 4-2、TEL：03-3238-8116 FAX：03-3238-8094

4. 実構造物への適用検討

(1) 坑門への適用

対象トンネルの坑門は、施工後 30 数年経過しており、坑門には、網目状ひび割れが多く発生しており、ひび割れから白色や透明の析出物が見られた(写真-1)。

変状入力画面と変状原因推定結果を図-2 に示す。入力項目は、ひび割れの性状でひび割れの方向性を「両方向」、ひび割れ本数を「10 本以上」とした。また、ひび割れを伴う変状で、「遊離石灰が著しい」、「ゲルあり」と入力した。

変状原因推定の結果、最も可能性が高い変状原因は「アル骨」と判断された。図-2 の下部には、可能性のある変状原因がヒストグラム形式で示されている。変状程度は 2A-II で「計画的に対策を必要とする」と判定され、第三者影響度は 2A-I と判定され、「早急に対策を必要とする」と判定された。

(2) 覆工への適用

覆工コンクリートに縦断方向のひび割れが見られた。ひび割れには部分的に覆工コンクリートの剥落が生じていた(写真-2)。

変状入力画面と変状原因推定結果を図-3 に示す。変状は、ひび割れの方向性は「縦断方向圧縮ひび割れ・圧ざ」、ひび割れを伴う変状で、「浮き、剥離、剥落があり」と入力した。

変状原因推定の結果、最も可能性が高い変状原因は「塑性圧」を推定されたが、他の変状原因（水圧・凍上圧、偏土圧等）も可能性が高いことが示された。変状程度及び第三者影響度は 3A-II、3A-I と表示され、「直ちに何らかの対策を必要とする」と判定された。

(3) ソフトの適用性

本ソフトの判定結果と専門技術者（コンクリート診断士、トンネル点検員）の判定を比べた場合、ほぼ同等の判定をソフトで行うことが可能であることを確認した。覆工コンクリートの変状原因については、可能性の高い原因が複数推定されることから、今後地山の地質条件を加味して判定することで変状原因の絞り込みが可能になると考えられた。

今後、トンネル変状診断支援ソフトを多くの実トンネルにおいて適用し、診断結果と実態を照合し、ソフトにフィードバックすることにより、変状原因及び変状程度の判定精度を向上させたい。

謝辞：東京大学生産技術研究所魚本研究室と民間 10 社（建設技術研究所、五洋建設、コンステック、佐藤工業、銭高組、千代田コンサルタント、東亜建設工業、飛鳥建設、間組、日本工営）の共同研究「コンクリート構造物の劣化診断ソフトの開発」の成果である。

参考文献

- 1) 佐藤他：既存橋梁の劣化診断ソフト開発、第 58 回年次学術講演会講演概要集、V 部門、pp. 165-166、2003. 9
- 2) 松山他：劣化診断ソフトの既設橋梁への適用性に関する研究、59 回年次学術講演会講演概要集、V 部門、pp. 277-278、2004. 9
- 3) 松山他：トンネルの変状診断支援ソフトの開発、土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集、V 部門、pp. 75-76、2005. 9



写真-1 坑門変状状況

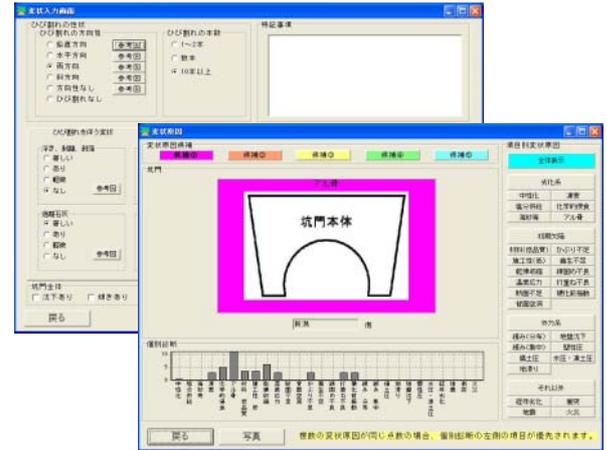


図-2 坑門変状入力画面と原因推定画面



写真-2 覆工変状状況

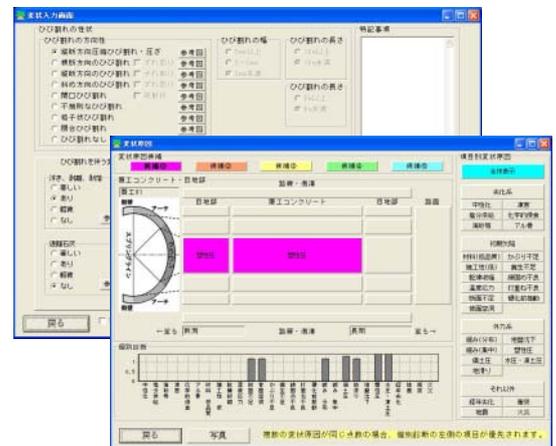


図-3 覆工変状入力画面と原因推定画面