

GIS を用いた道路トンネルデータベースの構築と変状容易度評価への活用

長崎大学工学部 フェロー 棚橋 由彦 長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静
 長崎大学大学院 学生会員 藤井 崇博 長崎大学大学院 学生会員 亀崎 隆太
 長崎県土木部 非会員 井出永 重孝

1. はじめに

日本は山地が 6 割を占める地形的な制約から都市間を結ぶ鉄道や道路はトンネルの割合が多く、土地の有効利用のためライフラインが地下トンネルとして多く存在している。また、高度経済成長期には社会資本整備が急速に進み、これらの構造物は供用約 40 年を経過しており、補修・改修時期が迫っている。トンネルは性質上、供用開始後の改築が困難であるため、長期間に渡り供用する必要があり、維持管理は重要なものとなっている。

このような背景を踏まえ、トンネル維持管理に関する研究や技術開発が進められて

いるが、維持管理手法については未だ確立しておらず、トンネルにおいては厳しい環境下で経験に基づき調査・施工がなされているのが現状である。

本研究では、GIS を用いて道路トンネルデータベースの構築を行い、蓄積したデータから数量化 類解析手法を用いることにより変状要因の抽出、各変状要因の点数化、重み係数の算定を行いトンネルの変状評価を試みる。提案手法の妥当性は実現場の維持管理調査結果との整合性を考察し検証する。

2. 調査対象トンネルの概要

山陽新幹線トンネル剥落事故を機に、長崎県庁では管轄しているトンネルを対象に緊急点検を行い、内 38 本について詳細点検を実施した。収集した調査および補修に関する資料から変状に関するデータ分析を行った。収集した資料より覆工背面空洞による健全度判定を行ったトンネルについて、延長に対する判定結果の割合を図 - 1 に示す。横軸のアルファベットはトンネル名であり、左から供用経過年が短い順で並べている。図 - 1 より供用経過年 10 年未満の NATM 工法 (A・B・C) では覆工背面空洞が生じにくいのに対し、在来工法 (D～f) ではそのほとんどに覆工背面空洞が存在する。特に、供用年 25 年を越えるもの (T 以降) は危険度の高い 3A, 2A 評価の割合が増えていることが分かる。

3. 維持管理データベースの構築

本データベースはGISで構築しており、各種データの検索が可能である¹⁾。また、詳細調査時に作成された変状展開図、変状写真などをデジタル化しGIS上でトンネルや覆工打設スパンにリンクしている。GISソフトに内蔵されているVBA (Visual Basic for Application) を用いて検索ツール、変状容易度計算ツールの開発を行った。検索ツールの特徴としては、対象トンネルに入力された基本情報 (トンネル延長、資料状況等) の表示と検索が可能である。一方、変状容易度検索ツールの特徴としては、解析対象および変状要因のウェイトを容易に設定変更できる。このように複数の作業を同一画面上で容易に行うことができ、既存のデータベース

キーワード GIS, トンネル, 維持管理, データベース, 変状容易度

連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1 番 14 号 長崎大学工学部社会開発工学科 TEL 095-819-2612

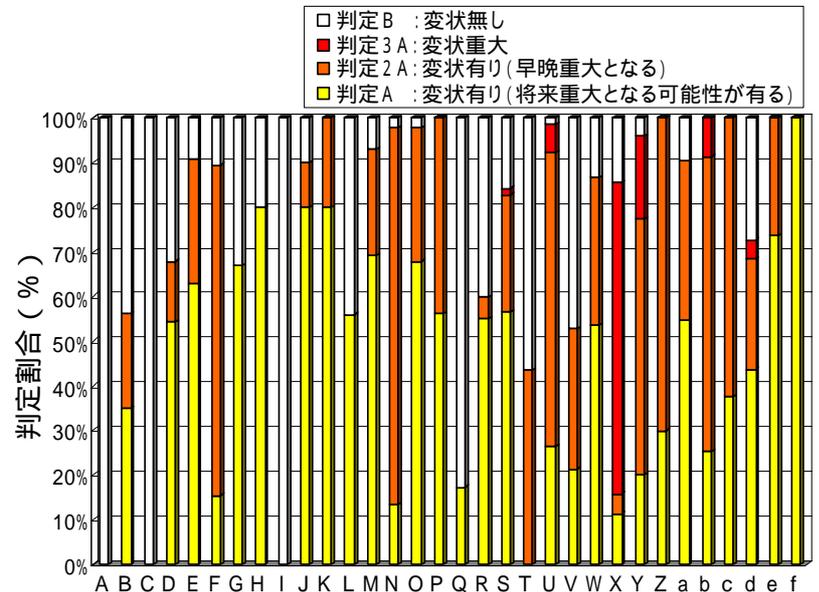


図 - 1 覆工背面空洞健全度判定結果

の実用性が増したといえる。

また，変状傾向を把握するためにトンネル変状要因ごとにウェイトを与えて以下のように変状容易度を定義した。

$$\delta_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \cdot a_j \quad \text{ただし,} \quad \sum_{j=1}^n a_j = 1 \quad (1)$$

ここで， A_{ij} は評価対象トンネルの変状要因における評価， a_j は変状要因におけるウェイト， δ_i はトンネル変状容易度を示す。 δ_i が高いほど変状が生じ易い。変状要因について点数化を行い，それらを重ね合わせることで変状傾向を予測する。なお，変状要因の点数化とウェイトの設定については次に述べる。

4．数量化 類を用いた変状要因分析

4.1 変状容易度の算出

トンネル変状は様々な要因が関連して発生することが知られている。しかも，トンネル 1 本においても変状しているスパンとしていないスパンが混在している。そこで，詳細調査を行ったトンネルの各スパンを対象とし，ひび割れによる健全度判定を評価基準とし数量化 類を用いて変状容易度評価を行った。表 - 1 に数量化 類分析を行った結果を示す。結果から変状容易度の算出を試みた一例を図 - 2 に示す。変状容易度ランク 以上の多くのトンネルにおいて実際に詳細調査が行われていた。

4.2 覆工打設スパン毎の変状評価

トンネルの各スパンの健全度を評価するために，数量化 類分析を二段階で行った。まず，判定 B を変状無し，判定 A，2A を変状有りとして評価し，さらに判定 A と 2A を評価した。判別的中点による命中率は変状の有無で 81.4%，健全度判定 A と 2A で 83.2%であった。評価結果を GIS で表示した例を図 - 3 に示す。評価と健全度判定とはおおよ一致している。

5．おわりに

本研究では GIS を用いて道路トンネル維持管理データベースの構築を行った。変状容易度については数量化 類分析を用いてひび割れ変状と変状要因の関係を明らかにした。維持管理においてはこれらの情報から変状が生じ易いトンネル，スパンを事前に把握し，変状容易度からトンネルひび割れ変状を客観的に評価することが可能となった。しかし，トンネルの施工方法や地下水も変状に影響すると思われるので今後はデータベースの更なる充実が必要である。

参考文献

1) 棚橋由彦，蔣宇静，竹下揚子，藤井崇博：GIS を用いた道路トンネル維持管理データベースの構築と展望，第 58 回年次学術講演会講演概要集，pp.417-418，2003

表 - 1 各変状要因の評価点とウェイト

項目名	カテゴリー名	カテゴリースコア	A(評価点)	レンジ	a(ウェイト)
供用経過年	10年未満	0.45	16	3.73	0.47
	10 - 14(年)	-2.66	100		
	15 - 19(年)	-0.14	32		
	20 - 24(年)	0.15	25		
	25 - 29(年)	-0.16	33		
	30 - 34(年)	0.23	22		
	35年以降	1.07	0		
地質	安山岩	-1.05	97	2.81	0.36
	崖錐堆積物	-0.24	68		
	頁岩	0.16	54		
	黒色片岩	-0.41	74		
	砂岩	0.09	56		
	斜長斑岩	0.61	37		
	泥岩	1.67	0		
	斑レイ岩	-1.15	100		
	凝灰角礫岩	-0.80	88		
	流紋岩	-1.02	95		
土被り厚	0 - 20m	-0.23	99	1.34	0.17
	20 - 40m	-0.06	87		
	40 - 60m	-0.24	100		
	60 - 80m	0.46	48		
	80 - 100m	1.10	0		
	100m以上	0.56	40		

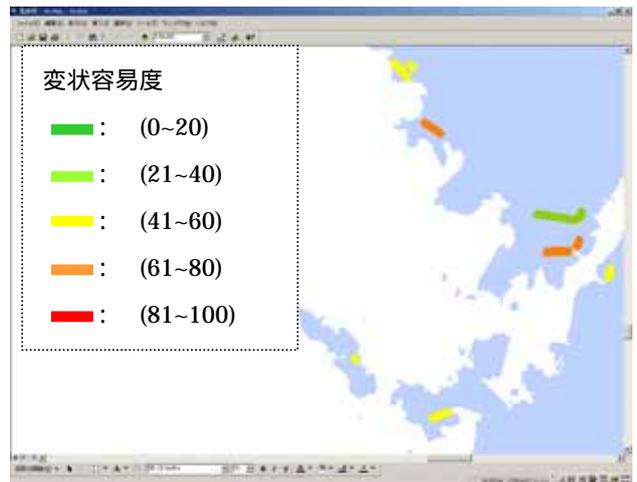


図 - 2 変状容易度算出結果

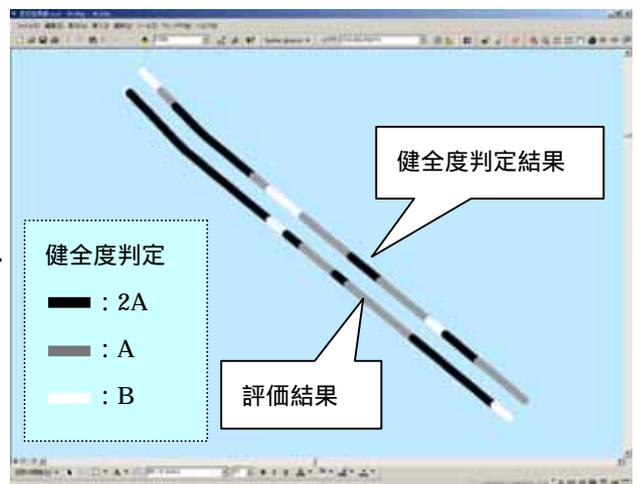


図 - 3 ひび割れ健全度判定と評価結果