

道路トンネル維持管理データベースの構築と変状予測への適用

長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静 長崎大学工学部 フェロー会員 棚橋 由彦
長崎大学工学部 学生会員 藤井 崇博 長崎大学工学部 学生会員 亀崎 隆太

1. 研究の背景と目的

近年、トンネル内の覆工コンクリート塊の剥離事故が発生しており、既設トンネルの維持管理のあり方が議論されている。交通に供するトンネル内で事故が発生した場合、道路利用者に与える影響が極めて大きいため、日々の点検による変状の早期発見が非常に重要となる。そこで、的確な維持管理時期やライフサイクルコスト(LCC)を算出するためには、現状把握と将来予測のための維持管理データベースの構築が必要である。本研究は長崎県庁管轄トンネルを対象とし、昨年度に続いてトンネル維持管理データベースの充実を図り、また、それをを用いたトンネル変状の評価を試みる。

2. トンネル維持管理データベースの基本概要

維持管理データベースの構築には GIS(Geographic Information System)を用いている。その主な理由としては、以下の GIS が有する基本機能、つまりデータベース機能(地理情報の総合的かつ効率的な蓄積・管理)；空間解析機能(効率的な地理情報の検索、分析、解析が可能)と視覚化機能(利用目的に応じた地理情報の表示)が有効に活用できるためである。

昨年度構築したデータベースでは、国土院が発行しているデジタルマップ「数値地図 25000(空間データ基盤)」を基盤としており、長崎県管轄の全トンネルを対象に、トンネル毎に延長、土被り、地質条件などの基本情報と設計図、地質断面図などの全体資料を管理している。また、補修が行われたトンネルに関しては、現場調査・試験で判明した変状を示す詳細情報がリンクされており、各スパンに変状、地質、健全度等の維持管理に関するデータの検索と表示を可能にしている。本研究ではさらに、トンネル毎の交通量等の情報を新たに追加した。

3. 変状容易度の評価

3.1 変状容易度の定義

トンネルの変状については、供用経過年、地質、土被り圧、工法等様々な影響要因が考えられるので¹⁾、変状の程度を以下の式のように総合的に評価すべきであると考えられる。

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

ここで、 A_{ij} は評価対象トンネルの変状要因に対する評価、 a_j は変状要因に対するウェイト、 d_i はトンネル変状容易度を表す。ここで定義する変状容易度は、トンネルの変状を示す評価点であり、トンネル変状要因ごとにウェイトを与えたそれぞれの総和である。また、 d_i の値が高いほど変状が生じやすくなる。

3.2 評価方法

長崎県内の道路トンネルを対象にした調査及び補修データの分析の結果、特に経過年数が25年以上では劣化が進行する傾向となっており、また、トンネル変状として「塑性圧」が要因となる場合が多く、地質に起因するものと考えられる。さらに、本研究で対象としている山岳トンネルの施工方法では NATM 工法と矢板工法が挙げられ、工法の違いによって変状割合が異なることから、変状要因として「経過年」と「地質」と

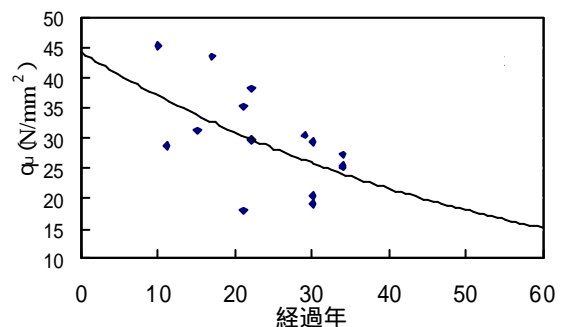


図 - 1 経過年と一軸圧縮強度

キーワード GIS, データベース, トンネル, 維持管理, 変状予測

連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学工学部社会開発工学科 095-819-2626

「工法」に着目した。

各変状要因のウェイトは実際には異なるが、ここでは試算として、それぞれのウェイトを等しくした。次はそれぞれの要因に対するの評価法を述べる。

(1)「**経過年**」の評価方法：長崎県内の補修・補強調査が行われたトンネルから、15本のトンネルに対して覆工コンクリートの一軸圧縮試験が行われた。この試験結果をもとに、経過年と平均一軸圧縮強度との関係を、回帰分析した。それをもとにして、補修・補強調査が行われていない長崎県内のトンネルについて経過年に伴う一軸圧縮強度の低下の評価を行った。この評価により、経過年の点数化を行う。つまり、点数が高いほど覆工の一軸圧縮強度が低下し、トンネルが変状を生じやすくなると考えられる。

(2)「**地質**」の評価方法：長崎県内の表層地質図によりトンネルの位置する地質を決定する。さらに、この地質図には表-2に示すような地質を評価する項目が示されている。これらの項目ごとに1~3の点数を与え、3項目について足し合わせて最大100点で評価する。

(3)「**工法**」の評価方法：長崎県内のトンネルにおいて工法資料のあるトンネルは調査及び補修データの分析が行われた19箇所のみである。また、評価方法は長崎県の97箇所のトンネルの内、変状が確認されたのはNATM工法が4箇所、矢板工法が15箇所であるため、その変状の発生割合で評価を考えた。つまり、NATM工法は21点、矢板工法は79点で評価する。

上記で示した三つの結果をGISの解析機能により結合してトンネル変状容易度評価を行った結果を図-2に示す。

4. 総合評価

リスクは、「被害が生じた場合の損害規模」と「被害が生じる可能性（頻度）」によって決まるので、JIS規格では、「事態の確からしさとその結果の組み合わせ、又は事態の発生確率とその結果の組み合わせ」と定義されている。ここで、合理的な維持管理を行う上でリスク評価を行う必要がある。変状規模が小さくても、交通量が多いほどトンネル変状による社会的損失が大きくなる恐れがあることから、トンネル変状と交通量を考慮した総合評価を試みる。総合評価（ R ）を以下の式のように定義する。

$$R_i = d_i \cdot T_i \quad (2)$$

ここで d_i は変状容易度、 T_i は交通度（トンネル交通量のデータを用いて10クラスに分類し1~10点で評価）、 R_i は総合評価を表す。ここで、変状容易度と交通量を考慮した総合評価は異なってくる。変状規模が小さくても、交通量が多いところでは社会的損失が大きくなる可能性があるため、リスクは大きくなり、迅速な点検・補修が必要と考えられる。

5. まとめ

本研究では、トンネルの代表地質と交通量のデータの追加を行い、昨年度に構築したトンネル維持管理データベースを充実させた。また、トンネルの変状容易度とリスクを総合的に考慮したトンネル変状評価をGISを用いて行った。トンネル変状予測を行うには複数の要因を考慮する必要がある。今後は、データベースのさらなる充実と変状事例分析により、トンネル変状要因とウェイトを定量化し、トンネル変状容易度およびリスクの定量的評価を行っていく。また、これらの評価を取り入れ維持管理の対策工についても検討を深めていく。

【参考文献】 1)土木学会岩盤力学委員会：トンネルの変状メカニズム，2003。

表 - 2 地質評価

項目	評価	指標
岩片のかたさ	軟(耐圧強度 10MPa 未満)	3
	中(耐圧強度 10 ~ 40MPa 未満)	2
	硬(耐圧強度 40MPa 以上)	1
岩体のかたさ	軟(弾性波速度 1.5km/sec 未満)	3
	中(弾性波速度 1.5 ~ 3.0km/sec)	2
	硬(弾性波速度 3.0km/sec 以上)	1
風化度の深度	深い(約 10m 以深)	3
	中程度(約 3 ~ 10m 以浅)	2
	浅い(約 3m 以浅)	1

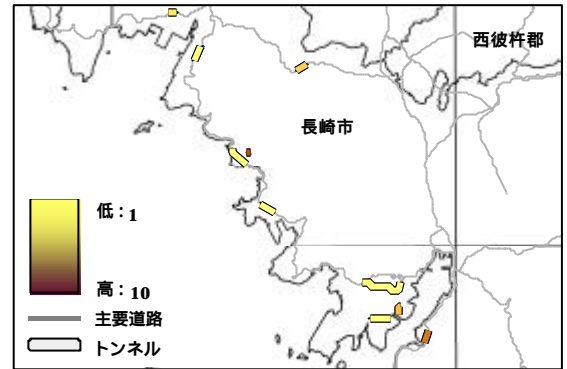


図 - 2 変状容易度評価