

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変状予測への適用

長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静 フェロー 棚橋由彦
 長崎県土木部道路維持課 井手永重孝
 長崎大学工学部 学生員○亀崎隆太 藤井崇博

1. はじめに

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、昨年度に構築したトンネル維持管理データベースを用いてGIS(地理情報システム)によるトンネル変状評価を試みる。

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)が有効的に活用できるためである。

昨年度に構築したデータベースでは、国土地理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

トンネルの変状要因には、供用経過年、地質、土被り圧、工法等様々な要因が考えられるので¹⁾、トンネルの変状を以下の式のように総合的に評価すべきであると考ええる。

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

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てそれぞれを足し合わせたものである。また、 δ_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。そこで、変状要因として「経過年」と「地質」に着

表-1 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	浅い(約 3m 以浅)	1
	中程度(約 10m 以浅)	2
	深い(約 10メートル以深)	3

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0.5とした。そのため、まず「経過年」と「地質」のそれぞれにおいて変状容易度の評価を行う。ただし、評価のスケールを同じにするために GIS の解析機能である「再分類」機能によりそのスケールを合わせる。

(1)「経過年」の評価方法：昨年度に構築した維持管理データベースにある長崎県庁管轄トンネルの供用経過年を用いて、1～10 点の 10 段階で評価を行う。

(2)「地質」の評価方法：長崎県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。表層地質図には表-1 に示すような地質を評価する指標が示されており、これをもとに点数を与え変状容易度評価を行った結果を図-1（長崎市内付近の拡大表示）に示す。

次に、上記で示した二つの結果を結合し、トンネル変状容易度評価を行ったものを図-2 に示す。

4. 変状によるリスク評価

合理的な維持管理を行う上でリスク評価を提案する必要がある。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ことから、トンネル変状と交通量を用いたリスク評価を試みる。リスク(R)を以下の式のように定義する。

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

ここで、 δ_i は変状容易度、 T_i は交通度(3.2 の「経過年」と同様の方法で評価)、 R_i はリスクを表す。トンネル変状容易度と交通度を考慮することにより評価したリスク結果を図-3 に示す。このように、事前にトンネル変状容易度と交通度を把握しておけば、変状によるリスクの評価が可能であると考えられる。

5. おわりに

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。

<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.

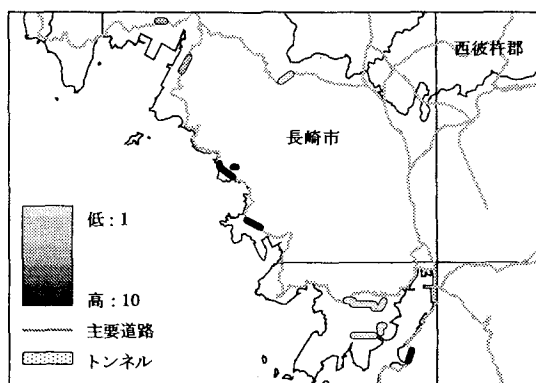


図-1 地質評価

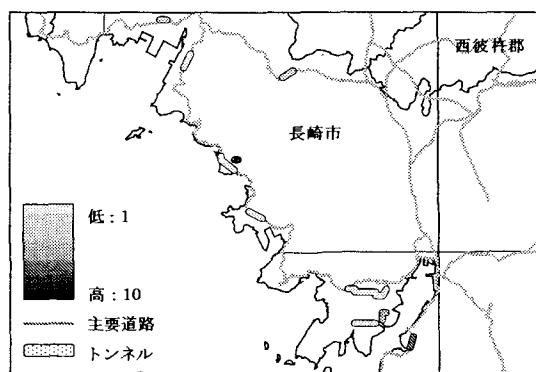


図-2 変状容易度評価

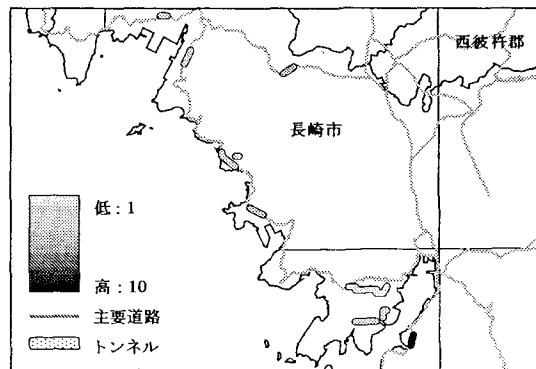


図-3 トンネル変状によるリスク評価