

GIS を用いた道路トンネル維持管理データベース構築の試み

CONSTRUCTION OF DATABASE FOR ROAD TUNNEL MAINTENANCE MANAGEMENT BY USING GIS

藤井崇博¹⁾・蔣宇静²⁾・棚橋由彦²⁾・井手永重孝³⁾

Mituhiko FUJII, Yujing JIANG, Yoshihiko TANABASI and Shigetaka IDENAGA

The exfoliation accident of concrete in tunnels has occurred in recent years, and it argues about the state of maintenance management. Although it is necessary to understand the performance of tunnel that is contributed by the designers, the rational maintenance management has not been clarified due to the indefinite factors in the design stage. In this study, a database for the management of road tunnels in Nagasaki is developed by using GIS which is linked with the deformation prediction system.

Key Words: Geographic Information System, maintenance management, road tunnel, date base

1. はじめに

近年、山岳トンネル内の覆工コンクリート塊の剥落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。日々の点検による変状の早期発見が非常に重要となる。また、高度成長期に造られた多くの社会基盤施設が建設後数十年を経過し、維持管理・更新が必要となってきている。今後はこれらの維持管理費が公的建設投資額の半分以上を占めるであろうと言われており、維持管理を効率的に行い、管理費を抑えることが重要な課題となっている。

このような背景を踏まえ、現在維持管理に関する研究¹⁾が進められているが、特に山岳トンネルについては設計段階において不確定要因を多く含んでいる上に、点検・調査においても問題点（坑内が暗い、アーチ部が高いため変状を見逃すことがある、判定に個人差が生じる等）がある。また、地山とトンネル相互の関連性についてその発生メカニズムを検討している事例は少ないのが現状である。道路舗装のように的確な維持管理時期を算出するためには、こうした現状把握のための維持管理データベースの構築と的確な変状予測が必要である。

本研究では長崎県内の山岳道路トンネルについて、維持管理情報の検索、現状の閲覧、情報提供を簡便にする GIS を用いたシステムを開発し、トンネル維持管理における現状把握可能なデータベースの構築を行う。また、今後の GIS を用いた道路トンネル維持管理に関する展望を述べる。

2. 地理情報システム (GIS) の特徴

地理情報システム (GIS : Geographic Information System) とは、様々な地理情報 (紙地図、写真、衛星画像、

- 1) 学生会員 長崎大学大学院生産科学研究科 修士課程
- 2) 正会員 工学博士 長崎大学工学部 社会開発工学科
- 3) 長崎県 土木部 道路維持課

デジタルマップ等)を取り込み、データベースで統合管理し、利用者の必要に応じてそれらの情報を加工、管理、分析、表現、共有等を行うことを目的としたソフトである。

GISの開発と応用は1960年代から欧米諸国ではじめられた。日本では、1970年代から研究が開始され、様々な分野で利用されている。ビジネス分野として、エリアマーケティング、顧客管理、不動産評価、物流等が、環境分野として、環境アセスメント等が、行政分野では、交通計画管理、流域管理、防災計画、景観評価等が挙げられる²⁾。

GISの主な特徴としては、空間データと非空間データの2種類をリンクさせ、1つの層(レイヤ)を形成し、それらが階層構造を持っている。空間データとは、地図のことであり、表示させている場所に存在する構造物の位置や形状等をポイント(点)、ライン(線)、ポリゴン(面)、メッシュ(格子)により表現させる。非空間データとは、それらの空間データに関連しているデータのことであり、属性値とも呼ぶ。例えば、地図上で描かれている建物は空間データで、その建物に関する情報(住所、電話番号等)が非空間データとなる。

GISの基本機能として次の3点が挙げられる³⁾。

- ① データベース機能：地理情報を総合的かつ効率的に蓄積・管理する。
- ② 空間解析機能：地理情報の検索、分析、解析を効率的に行う。
- ③ 視覚化機能：地理情報を利用目的に応じて、分かりやすく表示する。

①の機能により、空間データ及び非空間データを管理し、空間データから非空間データの検索、また、その逆の検索を行い、②の機能により、GISデータベース内のデータを用いて、新しい情報を作成することが可能である。

③の機能により、解析及び分析結果を既存の地図に反映させることが可能である。

道路トンネルの維持管理データベースを作成するためにGISエンジンとしてArcDesktop ArcInfoを用いる。ArcInfoはArcDesktop内のソフトの全機能を持ち合わせており、高度な空間データ処理機能を有する。また、外部の解析システムとリンクすることができ、データベース内の情報を用いた高度な解析が可能である。

3. 本データベースの作成方法

本研究では現在長崎県庁が管轄している97本の道路トンネルのうち、平成10年までに供用が開始された83本の道路トンネルを対象とした。さらに、詳細検査、補修が終了した16本のトンネルについて変状に関する関連資料を収集した。

図-1に道路トンネル維持管理データベース作成のフローチャートを示す。本データベースでは、「数値地図25000(空間データ基盤)」を基盤としている。これは、国土地理院が発行しているデジタルマップで精度は国土地理院25000分の1地形図と同等である。文字情報である数値地図25000(空間データ基盤)を「数値地図データ変換ツール」を用いて、道路中心線、行政界、水涯界を地図として表示できるようにシェープファイルに変換する。シェープファイルに変換したものは道路トンネル維持管理データベース内で長崎県シェープファイルというフォルダを作成し保存する。さらにArcInfo内のArcMapで表示させ、道路中心線から道路トンネルをエクスポート機能を用いて抽出する。これを長崎県道路トンネルとする。長崎県道路トンネルから市販の地図と長崎県庁が管轄しているトンネル名を照らし合わせエクスポート機能により長崎県庁が管轄しているトンネルを抽出する。この際トンネルを一本ずつ抽出するので各トンネルの属性に関するレイヤが作成される。次にマージ機能を用いて長崎県庁が管轄しているトンネルを一つのレイヤにまとめ、これを長崎県庁管轄トンネルとする。長崎県庁管轄トンネルから補修・変状の資料が有るトンネルをエクスポート機能により抽出する。さらに抽出したものをエディタ機能により、スパン(施工目地間)で分割し、最初の位置より少し移動させる。移動する理由として、GISがレイヤを表示させる場合、違うレイヤで、同じ座標にあるトンネルに関して、上位にあるレイヤのトンネルだけを表示させることになる。本研究では長崎県庁管轄トンネルレイヤと補修・変状資料有りのトンネルレイヤの同じ名前のトンネルに関して各レ

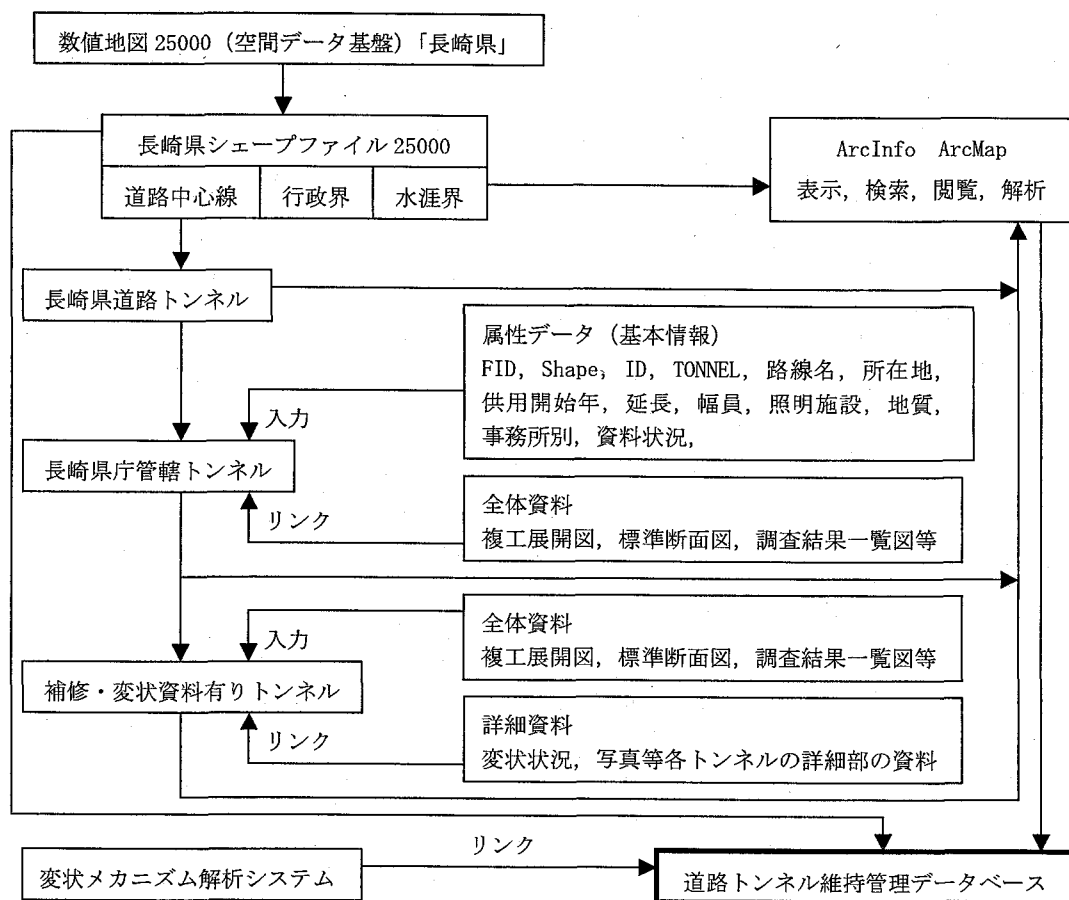


図-1 道路トンネル維持管理データベース作成フローチャート

イヤで違う属性情報を入力している。

長崎県庁管轄トンネルと補修・変状資料有りのトンネルに関しては属性データ及び関連資料をリンクしている。属性データ（基本情報）には、延長、供用開始年、幅員等のトンネルの全体に関する情報を入力しており、全体資料には、覆工展開図、標準断面図等が含まれる。また、属性データ（詳細情報）には、スパン（施工目地間）ごとにスパン No、健全度判定等といった情報を入力しており、詳細資料として覆工のひび割れ発生状況、変状写真等を取り入れている。なお、全体および詳細資料は収集した紙の資料をスキャナで読み込み JPEG 形式でデジタル化している。さらに、トンネルの変状予測と維持管理時期の評価を行うために、データベースと著者らが設計した変状メカニズム解析システム⁴⁾とのリンクが実現している。

4. データベースの基本機能

(1) 基本情報からの検索

検索項目はデータベース作成時に入力した基本情報となる。図-2 は長崎市付近を表示しており、長崎土木事務所が管轄しているトンネルという検索条件式で検索を行うと該当したトンネルを地図上に表示することができる（図中黒の太線）。そのほか基本情報から検索条件式を作成すればトンネル延長など様々な検索を行うことが可能で

ある。

(2) トンネル全体資料の表示

図-3 にトンネル全体資料の表示例を示す。図中右側の二本の線がトンネルを示しており、本データベースでは補修・変状資料があるトンネルに関して基本情報と全体資料、また詳細情報と詳細資料をリンクしている。全体資料をリンクしている線上(左側)をクリックすることで図中左側のように断面図などの全体資料を閲覧することができる。

この機能を用いることにより複数のデジタルデータをリンクさせることが可能であり、閲覧したい資料を自由に選択することが容易となっている。

(3) 詳細情報からの検索

図-4 に詳細情報からの検索の一例を示す。詳細情報を入力しているトンネルはスパンごとに分割しており、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が蓄積されている。図-4 で太く強調されている部分は「ひび延長が49.8m以上かつ剥離判定が3A」という条件で検索したスパンである。これを用いることで、変状の傾向や地山の地質と変状との関係を把握することができる。

(4) 詳細情報の表示

図-5 にトンネル詳細資料の表示例を示す。図-5 は図-4 の黒い四角部分を拡大したものである。詳細情報から検索した結果から、トンネルのどのスパンで、どのような変状が起こっているか、という詳細資料(変状、漏水など)を、スパン上(矢印で示す強調している線上)をクリックすることで図中左側に示すような変状写真(ここでは一例として鉄筋露出の状態)を閲覧することができる。

5. データベースを用いた変状予測

図-6 は、滑石トンネルを例として外力判定と劣化判定、漏水判定の3つによる健全度判定に基づいて図中の表のように点数化し、可視化したものである。ところで、トンネルの変状要因には、外力のほかに、材料劣化、地質、工法等が考えられるので以下の式を用いてトンネルの変状を定量的に評価することを提案する。



図-2 全体情報からの検索

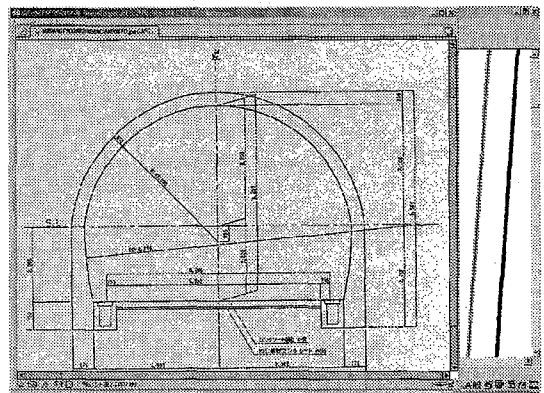


図-3 全体資料の表示

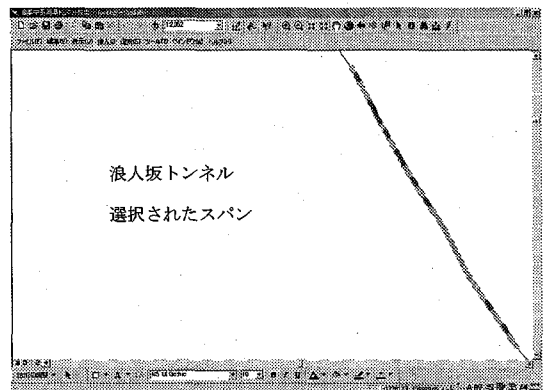


図-4 詳細情報からの検索

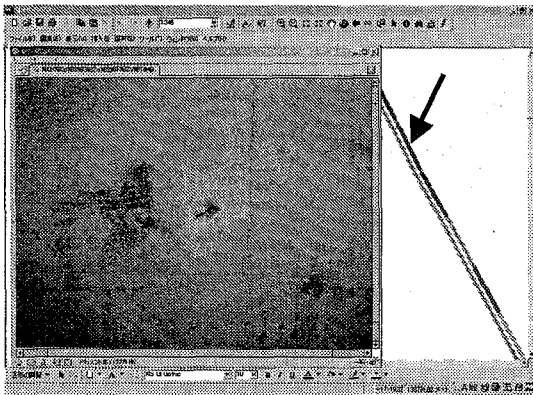


図-5 詳細資料の表示

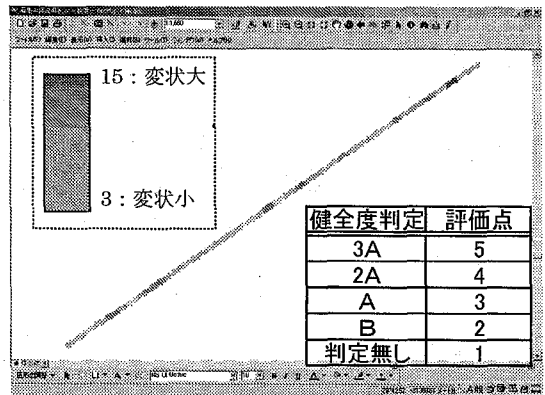


図-6 健全度判定からの評価

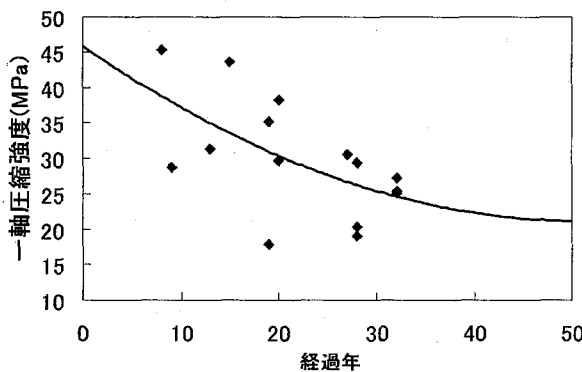


図-7 コンクリート一軸圧縮強度と経過年の関係

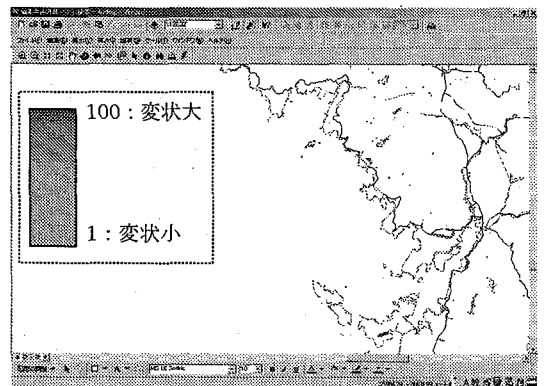


図-8 材料強度劣化による評価

$$y = \sum A_i a_i \quad (1)$$

ここに、 y は変状評価点で、 A は地質や土かぶり厚、地山強度、工法等トンネル変状要因を点数化したもので、 a は A に対するウェイト（重み）を表す。上式より、影響要因とそのウェイトを明らかにすれば、供用年によるトンネルの変状予測を事前に行い変状対策を講じることが可能となる。ここで、材料強度低下による影響に着目して変状評価を試みる。

図-7に道路トンネルの変状に関する詳細資料がある16本のトンネルから覆工コンクリートの一軸圧縮強度と供用開始からの経過年との関係を示す。供用開始年からの経過年が長い程一軸圧縮強度が低下していることが読み取れる。これを長崎県庁が管轄している道路トンネルに適用すると、図-8に示すように、材料強度低下による変状の度合いが評価される。

6. おわりに

本研究では、GISを用いた道路トンネル維持管理データベースの構築を試みた。このデータベースを用いることにより、さまざまな条件からの検索を行うことが可能であり、また、トンネル資料の保管・閲覧が容易にできるようになった。基本情報、詳細情報を用いた分析を行うことにより、各トンネルに関する変状傾向把握が可能となる。

しかしながら、現段階では、数の限られた維持管理の情報しか含まれておらず、トンネルの変状傾向をより正確に掘むために更なるデータの蓄積が必要である。

また、トンネル変状には、地質、地山強度、土被り厚、工法等が変状の起因となっており、本研究で行った覆工強度劣化だけに着目した評価の精度が低い。高精度の変状傾向予測と維持管理時期の提案を行うためには複数の変状要因を考慮した評価方法の確立が必要である。今後は合理的な維持管理を目指して、トンネルの変状挙動に影響する要因を総合的に考慮した変状傾向把握と、維持管理データベースと変状メカニズム解析システムとのリンクに基づきより詳細な変状解析を実施していく。

参考文献

- 1) 小島芳之, 青木俊郎, 内川栄蔵, 松村卓郎: 地下構造物を対照とした検査・診断技術に関する現状分析, 土木学会地下空間シンポジウム論文集, 第4巻, pp. 167-174, 1999.
- 2) 江崎哲郎: 地盤工学分野への GIS の利用の現状と将来, 土と基礎, Vol. 48, No. 1, pp. 1-4, 2000.
- 3) 大塚尚寛, 高橋光徳, 斎藤貢: GIS を利用した骨材資源ポテンシャル評価システム, 資源と素材, Vol. 117, pp. 556-562, 2001.
- 4) 中川光雄, 蔣宇静: 軟岩トンネル周辺地山の時間依存性を考慮した有限差分解析, 土木学会第 32 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp. 263-268, 2003.