

高速道路トンネル維持管理のための情報統合と3次元計測に関する研究

九州大学大学院 非会員 ○山口 太陽
九州大学大学院 正会員 谷口 寿俊
九州大学大学院 非会員 蘇 栄

九州大学大学院 正会員 三谷 泰浩
九州大学大学院 正会員 本田 博之
九州大学工学部 学生会員 宮脇 智士

1. はじめに

高速道路トンネルの維持管理は、日常点検により変状の発現を早期にとらえるとともに、過去の施工記録や調査報告書などをもとに原因の推定、健全度の判定を行うことで対策を講じることができる。しかし、調査、設計、施工で事業者が異なるため、過去の情報は2次元図面や帳票形式などで個別かつ様々な形式で管理されており、3次元空間における相対的な位置関係を把握しづらく、円滑かつ有効に活用できていない。

i-Construction では新設トンネルを対象として、3次元情報の活用を検討が進んでいるが、既設トンネルを対象に、過去の情報を新たに3次元情報として扱い、維持管理時に利活用した事例はない。

そこで本研究では、既設トンネルを対象として、過去の情報をGIS (Geographic Information System) 上に3次元的に統合することで一元管理する手法を検討する。さらに新たな点検情報として、変状が確認されている区間においてレーザースキャナによる3次元計測を行う。その結果と統合した情報を活用して変状の原因推定を行うことで、3次元統合手法の有用性を示す。

2. 建設生産プロセス各段階における情報の統合

高速道路トンネルの維持管理には、地山の地質情報やトンネル構造についての情報が重要となる。これらの情報を3次元化し、位置情報を基に情報を蓄積することができるGISを用いて統合する手法について検討する。

調査段階において非常に重要となる情報は、地質に関する情報である。地質に関する情報はボーリング調査によって得られ、これに付随して標準貫入試験や孔内水平載荷試験、岩石試験などが行われ、試験の結果としてN値、一軸圧縮強度、透水係数などの物性値が存在する。これらの物性値を統合するためにボーリングモデルを作成する。地質情報を統合した例を図1に示す。ボーリングモデルは孔口の座標値から鉛直下向きに円筒形のモデルを配置することにより作成する。このモデルに、試験が行われた深度に応じて物性値を属性情報として

格納する。さらに、地質縦断面図をトンネルの道路中心線に沿う形で配置し、地質縦断面図から地質境界を読み取り、トンネル横断方向に広げることで地質境界面モデルを作成する。その結果、地質の広がりを表現することができ、他の情報との3次元空間の相対的な位置関係を把握ができる。

設計段階における情報は、内空断面や覆工のまき厚、ロックボルトの配置などトンネルの形状としての情報と、ロックボルトやコンクリート等の材料に関する情報がある。設計段階の情報統合の一例を図2に示す。ロックボルトと覆工は設計図から3次元化を行う。ロックボルトは設計図面に沿ってラインデータを作成し、トンネル縦断方向へ等間隔に配置することによってモデル化する。覆工は設計図面から覆工のラインデータを作成し、縦断方向にスイープすることでモデル化する。それぞれのモデルには材質や強度などを属性情報として付与する。

施工情報には、施工時の計測結果（出来形計測、内空変位）や切羽観察スケッチなどがある。切羽情報は実際の地質状況を把握するための重要な情報である。切羽観

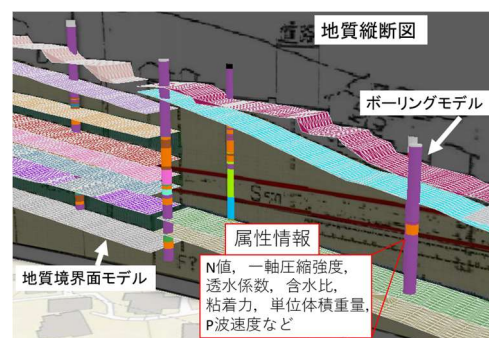


図1 地質情報の統合例

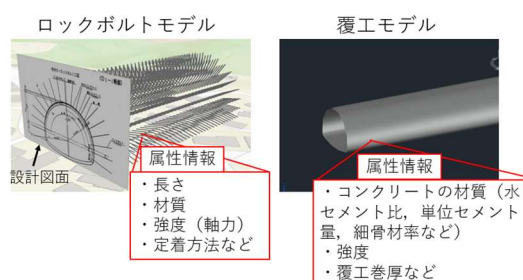


図2 設計情報の統合例

察スケッチを図3に示すようにトンネル進行方向に直交する形で配置する。また、切羽観察から地質境界面を読み取ることで、より正確な地質境界面モデルを作成することができる。

3. 3次元計測による路面変形量の算出

トンネル路面では、定点の標高値を水準測量等でモニタリングすることで変形を捉えているが、変形の分布を把握することはできない。そのため、面的かつ網羅的な地形の把握が可能なレーザースキャナ計測が注目されている。本研究では、盤ぶくれが確認されている非常駐車帯区間において、異なる2時期でレーザースキャナ計測を行い、取得した点群を用いて路面変形量を算出する。

2つの点群データをGISにインポート後、標高値の差分をとることによって変形状況を把握できる。その結果を図4に示す。2回の計測の間に、盤ぶくれによって発生した段差の修正のためにオーバーレイ工事が行われており、盤ぶくれとオーバーレイ工事による標高の変化が表れている。2回のレーザースキャナ計測と同時期に図4に示す5点で水準測量が行われており、これによって求められた変形量(真値)と水準測量が行われたラインに沿って、算出した結果から値を読み取ったものを図5に示す。水準測量が行われた点で値の比較をすると変形の傾向を捉えることができている。また、3次元計測を用いることで水準測量をした箇所以外でも変形量を把握することができる。

4. 統合した情報の利活用

路面変形量の算出結果を過去の情報と統合した結果を図6に示す。ボーリングモデルに格納されている属性情報から、非常駐車帯付近の岩石のスメクタイト含有量と陽イオン交換量が、それぞれ膨潤性を示す値の閾値である20%と0.2 meq/g²を超えていることが分かる。覆工モデルにはインバートの施工の有無が格納されており、この区間ではインバートが施工されていないことが分かる。また、近くには断層破碎帯が存在しており、地下水の供給が懸念される。したがって、インバート未施工による応力開放、断層破碎帯による地下水浸透が誘因となり盤ぶくれが発生したと考えられる。このように3次元空間上に統合することで変形箇所と過去の情報との相対的な位置関係が把握しやすく、変状が起こる箇所を予想することで予防保全型の維持管理につなげることができる。

5. おわりに

本研究では、調査から施工までの情報の中で維持管理に必要な情報を、GISを用いて統合することで3次元空間上に一元的に管理する手法を示すことができた。また、3次元計測により路面変形量を面的に把握し、統合した情報を基に原因推定を行うことで情報を統合することが有用であることを示した。このように、3次元情報を活用した情報統合は、情報を一元管理するだけでなく相対的な位置関係を把握しやすいため、予防保全型の維持管理に寄与できると考えられる。

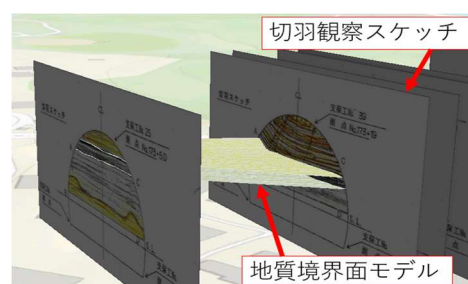


図3 切羽情報の統合例

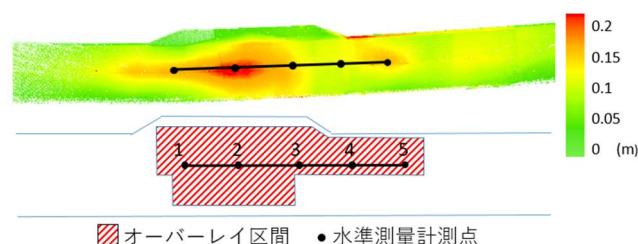


図4 路面変形量の算出の結果

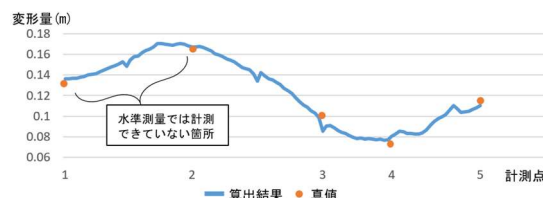


図5 路面変形量の算出結果と真値の比較

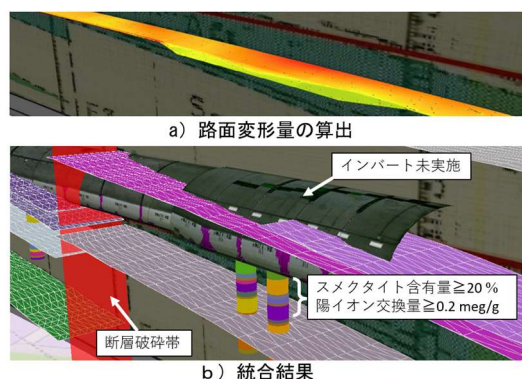


図6 変形量の算出結果と過去の情報との統合結果

<参考文献>

- 1) 大野滋也：道路管理 GIS 構築による道路管理情報の一元管理と効果的な運用，高速道路と自動車，Vol.60，No.6，pp.25-28，2017.
- 2) 土木学会：トンネル標準示方書[山岳工法編]・同解説，p36，1999