

氏名	水口 尚司
授与した学位	博士
専攻分野の名称	環境学
学位授与番号	博甲第5524号
学位授与の日付	平成29年 3月24日
学位授与の要件	環境生命科学研究科 環境科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	走行型計測技術を活用した道路トンネル点検方法の合理化研究
論文審査委員	教授 西山 哲 教授 河村 雄行 教授 大久保賢治

学位論文内容の要旨

2012年12月に中央自動車道笹子トンネルの天井板崩落事故が発生した。笹子トンネルは、1977年12月の完成で事故時35年が経過していた。天井板を支える支持金具が原因とされているが、トンネル本体や設備全体を含めた適切な維持管理・更新の重要性が指摘され、道路構造物（橋梁、トンネル、舗装、および付属施設等）の健全性評価のための点検手法が再検討され、2014年6月道路法一部改正に伴い、道路トンネル定期点検要領（以下点検要領という）が改訂された。

点検要領は、5年に1回の定期点検が義務づけられた。現在（2016年3月末）全国に11,000本存在する道路トンネルは、現在約30%の定期点検が完了している状況である。定期点検は、トンネル本体工、附属物に対して、近接目視、打音検査、触診することが基本である。その条件として、昼夜間を問わない、交通規制が必要、排気ガスの多い環境、高所作業車が必要、しかるべく熟練技術者による適切な判断が必要となっており、工期短縮、コスト縮減、安全性・労働環境改善、精度向上、適任者の確保が基準を満たす上での大きな課題となっている。

本研究は、こうした背景をもとに今回改訂された点検要領および維持管理便覧の基本的手法を解説し、現状で抱える課題を整理し、解決に向けた対策の検討に基づく道路トンネルの適切な健全性評価を行うための点検方法について検討を行うものである。

現在道路トンネルを効率的に点検するためにトンネル走行型計測が注目されている。本研究において、計測車両にMIMM（Mobile Imaging Technology System & Mobile Mapping System）を採用する。この技術は、車両にカメラおよびレーザを搭載し、覆工コンクリート表面のひび割れ、漏水、材質不良（豆板等）箇所の画像撮影し、覆工内面の形状を座標データとして取得するものである。この計測車両によって点検を補完し、上記の課題を解決し、さらなる効率化が可能になるか、あるいは活用することによる適用性、信頼性、実現性、効果について考察するものである。なお、計測車両から得られる画像データは、走行しながらデジタルビデオカメラによって撮影しており、静止した高精細デジタルカメラの撮影精度は有していない。よって現状で所有する計測車両のデジタルビデオカメラによるひび割れ検出やひび割れ幅の精度検証を行い、上記の信頼性・実現性を向上することを目的とするものである。

さらに実際の道路トンネルの点検業務において走行型計測を採用し、健全性評価を行った事例から、走行型計測の適用性、点検方法の具体的な方法（現地踏査、近接目視、打音検査の補助、著しいひび割れが発見された場合、変形、移動、沈下が発見された場合、変状の継続的監視、トンネル点検におけるリスクヘッジ、異常時点検・臨時点検時の活用、建設時における走行型計測の活用）について考察し、今後の走行型計測の実用性をより効果的に高めていくための課題、将来展望について述べるものである。

論文審査結果の要旨

2012年12月に中央自動車道笹子トンネルの天井板崩落事故が発生したのを契機に、我が国におけるトンネルの適切な維持管理の重要性が指摘され、2014年6月には道路トンネル定期点検要領が改訂される状況に至った。この点検要領では、5年に1回の道路構造物の定期点検を義務づけているが、全国に11,000本存在する道路トンネルに対して、未だ約30%の定期点検しか完了していないのが実情である。全トンネルの点検を完了させるには7年を要すると見積もられ、さらに5年に1回の基準を満たすためには、これまでの1.6倍のスピードで点検を実施する必要がある。その一方で、地方自治体の点検の実施が少なくなっている事態が発生している。この背景には、点検作業には交通規制が必要で効率が悪く、さらに熟練技術者による適切な判断が要求されることがあり、点検作業の工期短縮、コスト縮減、安全性・労働環境改善、精度向上さらには適任者の確保が大きな課題となっている。道路トンネルは、経年劣化などでひとたびコンクリート片が路面に落下すると重大な人身事故につながる。また岩盤構造物の代表であるトンネルは、周辺が岩盤に覆われ、その性状が複雑であり、損傷の原因を特定することが困難であること、また劣化過程の推定には相当の不確実性が伴うことから、突発的な要因に伴う損傷が多いことが特徴となっている。こうした特徴を踏まえ、継続的に安全性を確保するためには、現状で発生している損傷や変状をいち早く把握し、その原因を究明することが重要である。本論文は、このような背景を鑑み、車両にカメラおよびレーザを搭載し、覆工コンクリート表面のひび割れ、漏水、材質不良（豆板）箇所等の画像を撮影し、覆工内面の形状を座標データとして取得することにより、前記点検作業に関する課題を解決しながらも、道路トンネルの適切な健全性を評価する方法の検討を行なったものである。具体的には、計測によって得られたデジタルビデオカメラ画像によるひび割れ検出やひび割れ幅の精度検証、またレーザデータによるトンネルに加わっている外力の状況を推定する工程の考察を行い、提案する計測手法によって点検作業の効率化や信頼性向上が可能になるかを、実際の道路トンネルでの検証によって実証し、その結果に基づいて本計測を用いた具体的な点検方法を提案している。このように学術だけでなく産業上でも有用となる成果を取りまとめたものに仕上がっており、博士の学位に値するものと評価した。