

氏 名	あさ くら とし ひろ 朝 倉 俊 弘
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3194 号
学位授与の日付	平 成 9 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	山岳トンネルの変状メカニズムとその対策に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 佐々 宏 一	教 授 足立 紀 尚	教 授 齋藤 敏 明
--------	---------------------	------------	------------

論 文 内 容 の 要 旨

我が国には50年以上前に建設されたトンネルも多く、それらは老朽化が進み、中には供用後に変状が生じて対策を要するトンネルも少なくない。このような変状トンネルの維持管理は非常に重要な課題である。

本論文はトンネル覆工の力学的健全度評価法を確立するために、トンネル覆工の変状メカニズムを明らかにするとともに、変状トンネルの補強対策について検討した成果をまとめたもので、7章から成っている。

第1章は緒論であり、本研究の背景、目的と概要を示している。

第2章では、多くの変状トンネルの詳細な調査結果を分類整理し、変状の要因を抽出するとともに、変状トンネルの力学特性を浮き彫りにしている。トンネル覆工に生じる変状は、外的要因としてのトンネル周辺の地形・地質条件とそれに伴う地圧条件と、内的要因としてのトンネル覆工の構造条件とが相互に関連し合っ多様な現象となって現われることを示すとともに、地圧の長期的な変化などに起因する長期的な現象による変状と、地震に代表される短期的な現象による変状とに分類して検討し、変状現象の特徴と想定されるメカニズムについて考察している。

第3章では、トンネル覆工と地盤との相互作用が表現でき、かつ、3次元実験が可能な新しいトンネル覆工模型実験装置を設計製作し、それを用いて、地盤条件、地圧条件、覆工構造等をパラメータとした多くの模型実験を行い、覆工の変形性や耐力と地圧の大きさや作用方向との関係、及びひび割れ発生位置とひび割れ発生後の覆工変形挙動、覆工の構造的欠陥と覆工耐力との関係、及び構造的欠陥に対する補強対策とその効果、ひび割れが発生した覆工の内面補強対策法とその効果について検討し、これらの間の関係を明らかにしている。とくに覆工背面に空洞が存在する場合には、初期ひび割れ発生までは、覆工挙動にほとんど差異は認められないが、初期ひび割れ発生によって覆工耐力が急に減少するので、裏込め注入工を直ちに行う必要があることを指摘している。

第4章では、数値解析により山岳トンネル覆工の力学挙動を評価した結果を示している。数値解析は覆工を多角形の梁材とし、地盤を節点集中のばね材とした梁・ばねモデルを用い、覆工のひび割れ発生位置

に回転ばねを配置するという骨組解析と、覆工を有限個のファイバーの組み合わせでモデル化したファイバーモデルに、コンクリートのひび割れ処理を組み合わせた複合部材解析により行っている。まず、骨組解析によって実験結果のシミュレーションを行い、計算によって得られたひび割れ発生位置とその順序、及び、荷重の位置及び大きさと覆工変位との関係が実験結果とよく一致することを示している。次に、荷重方向及び大きさ、覆工構造及び対策工をパラメータとしたパラメトリック解析を行い、これらと覆工の挙動との関係、及び補強対策工の効果を明らかにしている。

第5章では、山岳トンネルの変状の実態調査結果と、模型実験及び数値解析結果を総合的に解析・評価し、山岳トンネルの変状メカニズムを明らかにした結果を示している。すなわち、長期的には低強度の地質、側圧、水圧による劣化、岩盤の緩みの進行が変状を促進させることを明らかにするとともに、覆工構造の特性のために、単線トンネルの覆工は側圧により変状が顕著に現れ、インバートをもたない構造では、さらに変状が進みやすいことを明らかにした。地震に対しては、断層破碎帯の存在やせん断波の伝播に伴う変形モードと変状現象の特徴との関係を明らかにした結果を示している。

第6章では、変状トンネルの補強対策の設計法について検討した結果を示している。すなわち、トンネル変状の観察結果と骨組解析によって、地圧モードと現況地圧及び破壊時地圧を推定し、ひび割れ進展解析によって、対策工を選定し、その設計値を求めるといふ補強対策設計法を提案している。

第7章は結論で、本研究で得られた成果を総括している。

論文審査の結果の要旨

我が国には50年以上前に建設されたトンネルも多く、老朽化が進み、中には供用後に変状が生じて対策を要するトンネルも少なくない。このような変状トンネルの維持管理は非常に重要な課題である。

本研究は、トンネル覆工の力学的健全度評価法を確立するために、トンネル覆工の変状メカニズムを明らかにするとともに、変状トンネルの補強対策について検討した結果をまとめたものであり得られた主な成果は次の通りである。

1. 多くのトンネル覆工の変状事例を詳細に調査し、その結果を分類・整理して検討し、変状を発生させた外的要因と内的要因を抽出・評価した。
2. 覆工と地盤との相互作用が表現でき、3次元実験が可能な新しい模型実験装置を開発し、それを用いて地盤条件、地圧条件、覆工構造等をパラメータとした多くの模型実験を行い、地圧の作用位置や大きさと覆工の変形性や耐力との関係及び構造的欠陥の影響と補強対策工の効果を明らかにした。
3. 骨組解析とファイバーモデルにひび割れ処理を組み合わせた複合部材解析によって、覆工挙動の数値解析を実施し、その結果がモデル実験の結果と一致することを確認するとともに、パラメトリック解析によって、覆工の挙動を解明し、構造的欠陥を有する覆工の補強対策法とその効果、及び、ひび割れが発生した覆工の効果的な補強対策を明らかにした。
4. 実験結果と数値解析結果とを総合的に検討し、山岳トンネルの変形挙動と変状メカニズムを明らかにした。
5. 亀裂が発生したトンネルの調査・解析結果にもとづき、最も効果的な補強対策の選定と補強対策の

設計法を提案した。

以上要するに本研究は、山岳トンネル覆工の変状メカニズムを明らかにし、それに基づいて、変状トンネルの補強対策とその設計法を提案したもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成9年1月27日論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。