

論文題名

# 山岳工法トンネルにおける支保設計と長期 変形メカニズムに関する研究

長崎大学大学院生産科学研究科

関 振長

山岳トンネルは現代社会の中で重要なインフラであり、交通や輸送、及び国防など様々な分野で、重要な役割を果たしている。山岳トンネルの建設と維持管理に関する技術は、この数十年来発展しつつあり、現在でも多くの技術開発が行われている。特に NATM (New Austrian Tunneling Method) の導入以後、支保設計の考え方は大きく変化した。

NATM とは、地山も一つの支保構造として捉え、その変位を許すことで地山荷重を地山自身に負担させることにより、支保工にかかる荷重を少なくしようとする工法である。その合理性から NATM は急速に普及した。また、日本などの先進国においては、早期に建設した山岳トンネルの老朽化が進んでおり、これらのトンネルの維持管理は、ますます重要な課題となっている。特に、地山のレオロジー挙動の原因によりトンネル供用に生じる変状メカニズムの究明は、一つの重要な課題となっている。そこで本学位論文では、山岳トンネルの標準工法である NATM における支保設計と長期変形メカニズムの二つの側面から研究を進め、トンネルの合理的設計と長寿命化のための提案を行うことを目的としている。

第 1 章では、山岳トンネル工法の歴史と現状について述べるとともに、建設と維持管理が直面する課題について記述し、本研究の目的と構成を示した。

第 2 章では、山岳トンネルの標準工法である NATM 工法について概説し、支保設計によく用いられる CCM 法 (Convergence Confinement Method) について、詳細に考察した。特に、支保設計において重要な役割を果たす 2 つの代表的な地山解析法を詳細に検討した結果、塑性ひずみの全量理論に基づく解析法に対し、塑性ひずみの増量理論に基づく解析法は、掘削の進行に伴う地山応力の除荷過程を考慮することができ、より厳密な方法であることを明らかにした。

第3章では、ロックボルトによるトンネル周辺地山の改良メカニズムと効果を究明した。まず、ロックボルトと地山の相互作用モデルを提案し、塑性ひずみの全量理論に基づく釣合い方程式と構成式を誘導した。それらの式を有限差分法により解き、ロックボルトによる地山改良のメカニズムが明らかにした。さらに、ロックボルトの改良作用を考慮した新しい地山反応分析方法と CCM 法を提案した。

第4章では、トンネル供用後に生じた変状の要因の一つである地山のレオロジー挙動に着目し、山岳トンネルの長期的変形メカニズムを究明した。粘弾性モデルに基づき、地山強度の経時的劣化を考慮した粘弾塑性強度劣化モデルを提案した。三つのユニット（Kelvin ユニット、Maxwell ユニットと強度低下 Mohr-Coulomb ユニット）から組み合わせたこのレオロジーモデルは、粘弾性的な変形特性と強度劣化的な変形特性を、同時に考慮することができることを特徴としている。さらに、このモデルを用いた変状予測の精度を向上させるために、本モデルに含まれる6つのレオロジーパラメータの決定について、ANNs (Artificial Neuron Networks) と GA (Genetic Algorithm) を導入した逆解析手法を用い、実測データによってパラメータを同定する方法を提案した。

第5章では、前章で提案したレオロジーモデル及びパラメータ同定法を用いて、嬉野トンネル一期線に生じたトンネル変状について数値解析を行い、本トンネル供用開始から5年間に生じた変状メカニズムを解明した。逆解析で得られたレオロジーパラメータを適用した数値解析を行い、提案したモデルとパラメータ同定法の妥当性を検証した。また、これらの解析結果を用いて、提案したパラメータ同定法のランダム性について詳細に考察した。さらに、提案した手法を用いることにより、今後の更なる変形を予測することが可能であることを示した。

第6章では、各章の成果を総括して結論とした。