

【学位論文審査の要旨】

山岳トンネルにおける支保設計は、基本的には過去の実績に基づいて設定された標準支保パターンに基づいてなされている。したがって、その位置づけはあくまで支保選定であり、設計論として論理的方法とはなっていない。一方、構造物設計の基本が国際標準化されるようになったのを契機に、構造物の使用目的や機能、調査・設計から維持管理段階に至るまで、第三者に対して論理的にわかりやすく説明できることが要求されるようになってきている。このような背景を踏まえ、本研究では、1980年代から山岳トンネル施工法の標準工法として位置づけられるようになった NATM(New Austrian Tunneling Method)における支保効果を明示的に表現し、その支保メカニズムに基づく簡易設計法を提案した。

山岳トンネルの施工において、切羽の安定性を確保し、かつ周辺地山に過度な影響を与えないためには、掘削に伴って生ずる地山の変位を支保工によって与えられる適度な支保内圧によって抑制するか、あるいは地山自身に改良を加えて適度に強度を増すかのいずれかである。本研究では、前者の、支保内圧によって地山の変位を抑制することが NATM によるトンネル施工にとって適切な手段であるとの考えに基づき、切羽や周辺地山の安定性確保は支保部材によってトンネル壁面あるいは切羽に作用する支保内圧によるべきと位置づけて論じた。また、支保内圧効果を活かす具体的施工法として、トンネル横断面ではパターン化して打設したロックボルト（以下、ボルト）の支保効果について、トンネル縦断面では鏡ボルトによる補助工法と切羽形状による支保効果に着目し、この効果を活かすことのできるボルトの定量的評価について 2, 3 の例を抽出して論じた。さらに、理論解析モデル、模型実験、数値解析を用いて、支保効果をわかりやすく説明し得る簡便力学モデルとそれに基づく簡易設計法を提案した。

本研究で得られた成果を以下にまとめる。

- 1) NATM 導入以降のトンネル設計法をまとめるとともに、その背景となる設計手法、理論根拠、トンネル特有の設計の考え方を整理し、その課題を指摘した。
- 2) ボルト単体の引抜き実験および軸対称応力場と二軸応力場における載荷実験から、ボルト長およびボルトの配置パターンとトンネル壁面変位抑制効果の関係を明らかにし、ボルト頭部にベアリングプレートの有する場合の支保内圧効果の概念を示した。
- 3) 弾塑性地山におけるボルトの支保効果を表わす極限釣り合いによる理論解析モデルを提示し、数値解析と合わせて、塑性が卓越する領域に配置されているボルトはその効力を発揮するが、塑性がそれほど発達しない領域にあるボルトは十分な効果を発揮しないことを明らかにした。さらに、そのボルトの支保効果を定量的に示すパラメータを、ボルトの長さや、新たに定義した付着度係数などを用いて表わし、地山の初期応力状態だけでなく、トンネルの施工方法によって生ずる地山の応力の再配分によってもボルトの支保効果の程度が大きく変化することを示した。
- 4) 上記、2), 3)の結果を踏まえ、地山とボルトの相互作用の特性と、ベアリングプレート

による支保内圧効果の双方を考慮した新たな簡便力学モデルと簡易設計法を提案し、また、その新たに提案したモデルの応用により、補助工法の一つである鏡ボルトの簡易設計もできることを示した。

5) トンネルの鏡面の補強を支保部材に依存するのではなく、地山特性を積極的に利用するとの発想から、鏡面の掘削形状を曲面状にすることによって周辺地山を安定させる曲面切羽の効果について、一般的な切羽形状である直面切羽と比較しながら模型実験ならびに数値解析により明らかにし、その優位性を定量的に示した。

以上、要するに、本論文は、山岳トンネルの支保部材や切羽形状の効果を考慮した支保設計において、簡便力学モデルとそれに基づく簡易設計法の提案を行ったものであり、トンネル工学の分野における貢献は極めて大きい。

よって、本論文は博士（工学）の学位を授与するに十分な価値があると認められる。