

氏 名	ま 下 英 人 真 下 英 人
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3345 号
学位授与の日付	平 成 10 年 5 月 25 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	トンネルに作用する荷重と周辺地山の挙動に関する研究

(主査)

論文調査委員 教授 足立紀尚 教授 大西有三 教授 田村 武

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、合理的な山岳トンネルならびにシールドトンネルの設計規範の確立を目的として実施したトンネルへの作用荷重と周辺地山挙動の実験的・理論的解明に関する研究成果をまとめたもので、序論、結論を含め8章から成っている。

第1章は、序論であって実績と経験に基づく現行のトンネル設計法に代わり得る明確な実験的・理論的背景に立脚した設計規範の確立が重要性であることを述べるとともに本研究の目的および本論文の概要を示している。

第2章では、土被りの小さい未固結地山トンネル掘削時のトンネルへの作用荷重とトンネル周辺地山挙動を重力場ならびに遠心力载荷模型実験により検討している。その結果、トンネル両側壁に端を発するすべり面の形状は土被り比と地表面の傾斜角に影響を受けること、傾斜地山における偏圧度合いは被り深さとともに減少すること、土被りが小さくなるとトンネルの変形により最小値まで急激に減少した土圧はさらなる変形により全土被り圧まで増加すること、また坑口対策に用いる縫地ボルトは水平に打設しないと偏圧抑止効果が期待できないことを明らかにしている。

第3章では、土被りの非常に大きいトンネルの掘削時の挙動を弾塑性理論解析と地山特性曲線法に基づいて解析を行い、地山特性曲線法の支保設計への適用性を検討している。その結果、塑性領域が発生する場合の支保圧の初期応力に対する割合は、地山強度比と内部摩擦角に関係し、内部摩擦角が一定であれば地山強度比と比例関係にあることを示した。また、その際のトンネル変位量と塑性領域の範囲は、地山強度比、内部摩擦角、残留粘着力および脆性率に影響されることを見出している。さらに、支保設計に対しては、支保工の変形性能と地山の変形特性が整合しないため、塑性領域の発生と支保の変形を許容する必要があることを提唱している。

第4章では、時間依存性を示す膨張性地山トンネルの挙動を3要素モデルによる粘弾性理論解析により検討し、計測変位量と膨張圧から物性値を求める逆解析法を構築している。また、本解析手法により掘進速度と支保工の施工時期が遅いほど支保工の安定性が確保されること、さらにはトンネル変位の発生量の予測と支保部材の必要耐荷力の算定が可能であることを明らかにするとともに支保設計を現場で実行できる図表による簡易手法を提案している。

第5章では、トンネル掘削時の切羽の安定性を土砂地山を対象に、重力場における模型実験と極限約合法により検討し、切羽崩壊が発生する地山条件と切羽安定性評価指標を与えている。すなわち、切羽安定に必要な粘着力は土被りの影響は小さくトンネル径に依存し、それに基づく安定性指標を提示している。ついで、切羽安定化対策工である鏡ボルトや先受け工の効果を遠心力载荷模型実験により検討し、トンネル半径程度の長さのボルトを上半断面に打設するのが効果的であることを明らかにし、有限要素解析による設計法を与えている。

第6章では、シールドトンネルへの作用荷重を解明するため、遠心力载荷模型実験と実トンネルの計測結果に基づく考察を行い、砂質土の場合には土被りとトンネル直径比が1以下では作用荷重が全土被り圧に、また2を越えると一定値に収束すること、また粘性土では土被りにかかわらず全土被り圧が作用することを明らかにしている。

第7章では、大断面トンネルの掘削工法として開発が進められている外郭先行掘削シールドトンネルを対象に、その特徴

である小断面シールドトンネルの順次掘削がトンネル作用荷重に与える影響を模型実験と有限要素解析により分析し、外郭部を小断面トンネルで順次掘削することは、かならずしも作用荷重の軽減につながらず、設計・施工にあたっては掘削順序を適切に選択する必要があることを明らかにしている。

第8章は、本研究の結論であって、結果を要約するとともに今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、トンネルへの作用荷重と周辺地山挙動を重力場および遠心力載荷実験と理論的考察に基づき解明することにより、山岳トンネル工法ならびにシールドトンネル工法の合理的設計規範の確立に関する研究をまとめたもので、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 土被りの小さい土砂トンネルに対し、トンネル作用土圧は変形に伴い最小値まで減少した後、全土被り圧まで増加すること、また切羽安定に必要な粘着力はトンネル径に依存することを示すとともそれらに基づく安定性指標を与え、さらに切羽安定化対策工としての鏡ボルトの設計法を提示した。

2. 土被りが非常に大きく周辺地山に塑性域が発生する場合、トンネル変形量と塑性域の範囲は、地山強度比、内部摩擦角、残留粘着力および脆性率に関係することを示し、地山特性曲線法に基づく塑性域発生防止に要する支保工規模と発生変位量の予測手法を与えた。

3. 時間依存性を示す膨張性地山トンネルの挙動予測に対し、3要素粘弾性モデルにより計測変位量および膨張圧から地山物性値を求める逆解析手法を構築するとともに、その、物性値と図表による支保部材の簡易設計手法を提案した。

4. シールドトンネルへの作用有効土圧は、砂地山では土被り比が1以下では全土被り圧に、土被り比が2を越えると一定値に収束するのに対し、粘土地山では土被り比にかかわらず全土被り圧が作用することを確認した。また、小断面トンネルを順次掘削する外郭先行掘削シールドに対し、作用土圧を軽減するための小断面シールドトンネルの掘削順序を含めた設計法を提示した。

以上要するに本論文は、山岳トンネルならびにシールドトンネル工法の設計規範をトンネル掘削の原理に立ち返り実験および理論的に構築したもので学術上、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10年4月16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。