

[別紙 2]

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 宮野前 俊一

宮野前俊一氏により提出された論文では、押出し性地山におけるトンネルの設計手法に関する最新の研究成果が述べられている。

以下に、各章の概要を紹介する。

第1章「緒論」では、NATM がトンネルの標準的な掘削工法とも呼べるようになってきた一方で、押出し性地山においては、設計手法が必ずしも確立されておらず、試行錯誤を伴う施工を余儀なくされているのが現状であると指摘した。そこで、押出し性地山におけるトンネルの設計を困難にしているものとして、時間に伴う変形が観察・計測されることに着目し、地山の時間依存性挙動を簡単に取り扱う設計手法を開発することに主眼を置いた研究を実施したと述べている。

第2章「地山の時間依存性挙動とトンネルの施工過程を考慮した解析手法の構築」では、地山の時間依存性挙動を考慮した構成方程式をレビューし、地山が高い応力状態にある押出し性地山においては、地山の時間依存性挙動に加え破壊挙動を取り扱うが不可欠であると考え、大久保らにより提案され、これらの挙動を取り扱うことができるコンプライアンス可変型構成方程式を用いた解析手法を FEM で開発した経緯を述べている。

第3章「地山の時間依存性挙動とトンネルの施工過程を考慮した解析手法の検証」では、解析手法の検証を行った。まず、定ひずみ速度、クリープ、応力緩和条件における圧縮試験の計算を行い、解析手法が地山の時間依存性挙動や破壊挙動をうまく表現できることを明らかにした。続いて、トンネルの掘削と支保工の施工を考慮した計算を行った。その結果、トンネルの施工過程がトンネルの変形量や支保工の発生応力におよぼす影響を定量的に評価でき、押出し性地山におけるトンネルの設計や施工法の検討に役立つことが明らかとなったと述べている。

第4章「押出し性地山における変位抑制のための掘削工法と補助工法の設計手法」では、早期閉合工法が押出し性地山における変位抑制のための掘削工法として有効であることを明らかにした。早期閉合工法では、切羽の形状が直壁に近くなるため、切羽前方地山が不安定化する問題点があり、安全かつ安定な施工のためには、切羽前方地山の安定性を確保することが不可欠であることを FEM による計算を通じて明らかにした。この問題点を解決する方法として、補助工法の一つである鏡ボルト工に着目した。FEM による計算結果をふまえて、鏡ボルトを採用することで切羽前方地山の耐荷能力が増す結果、トンネルの安定性が向上するものと考えた。そのような挙動を軸対称 FEM において切羽前方地山を弾性体として表現することにし、これを鏡ボルトの簡単かつ定量的な設計手法として提案した。

第5章「押し出し性地山における支保工の設計手法」では、2章で構築した解析手法を用いて、地山の時間依存性挙動とトンネルの施工過程を考慮した支保工の設計手法をFEMで開発した。押し出し性地山におけるトンネルの計測値と比較することにより、設計手法の適用性について検討した。その結果、一般に変位と応力が同時に見合う計算値を得ることは容易ではないが、内空変位や支保工応力の計算値は計測値とよく一致し、押し出し性地山における支保工や変形余裕量を簡単かつ定量的に設計するための有効な手法であることを明らかにした。続いて、地山条件や支保条件を変化させて計算を行った。その結果、これまで押し出し性地山におけるトンネルで観察・計測されてきた挙動をうまく表現できることを明らかにした。続いて、開発した設計手法を、押し出し性地山におけるトンネルの支保工の当初設計と修正設計へ適用する方法を提案した。

第6章「結論と今後の展望」では、本研究で得られた知見と今後の展望がまとめられている。

審査の結果、下記の点を明らかにしたことが評価できることがわかった。

1. 地山の時間依存性挙動を考慮した解析手法をFEMで開発した。開発にあたっては、押し出し性地山におけるトンネルの挙動が支保工の規模とその施工時期、インバートの打設による断面の閉合時期といったトンネルの施工過程に顕著に依存することに着目し、増分型の計算手順を採用した。押し出し性地山におけるトンネルの計測値と比較することで適用性を検討した結果、一般に変位と応力が同時に見合う計算値を得ることは容易ではないが、内空変位や支保工応力の計算値は計測値とよく一致し、押し出し性地山における支保パターンや変形余裕量を簡単かつ定量的に設計するための有効な手法であることを明らかにした。
2. 内空変位の経時変化に特に着目して、押し出し性地山におけるトンネルの施工実績を分析し、補助ベンチ付き全断面工法やミニベンチカット工法といった早期閉合工法が、変位抑制に効果的な掘削工法であることを明らかにした。さらに、解析的な検討を通じて、早期閉合工法によりトンネルを安全かつ安定に施工するためには、切羽前方地山の安定が必要不可欠であることが明らかにした。
3. 切羽前方地山の安定を確保するための補助工法として長尺鏡ボルト工に着目し、その設計手法を開発したことである。計測値と比較することで適用性を検討した結果、内空変位や地表面沈下量の計算値は計測値とよく一致し、長尺鏡ボルト工の規模を簡単かつ定量的に設計するための有効な手法であることが明らかにした。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。