

氏 名	二ノ宮 正 ^{ただし}
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 1780 号
学位授与の日付	平 成 11 年 1 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 資 源 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	鋼管補強高圧噴射式フォアパイリングの研究

(主査)

論文調査委員 教授 花崎 絃一 教授 齋藤 敏明 教授 足立 紀尚

論 文 内 容 の 要 旨

未固結地山などの地山強度が相対的に低い地山にトンネルを掘削する場合、切羽前方への事前対策が必要とされ、先受け工が施工されてきている。本論文は、山岳トンネルの施工方式の変遷を歴史的に考察しながら、現状の先受け工技術と設計・解析・評価方法を概括し、長尺フォアパイリングの鋼管補強高圧噴射式工法を取り上げ、その全体システムの確認、地山への適応性把握、施工仕様決定と施工中の出来形管理法について研究し、その結果をまとめたものであり、8章から構成されている。

第1章では、緒言であり、本研究の位置付けと概要を述べている。

第2章では、山岳トンネルの施工方式の変遷を歴史的に考察しながら、先受け工の技術的位置付けを行い、先受け工の原点とも考えられる概念について独自の見解を示している。また、現在の長尺フォアパイリングと水力採炭法などにその起源を辿ることができる高圧噴射式フォアパイリングの発展と研究について論述している。

第3章では、水路トンネル工事ではじめて採用された長尺フォアパイリングについて、現在、提案され試行されている設計・解析・評価の方法について考察し、注入式フォアパイリングについては、各設計項目について各々の実施手法により設計可能とされているが、効果の把握から設計までの一貫した数値解析によるシステムは必ずしも確立しているとは言えず、また、高圧噴射式フォアパイリングにおいては、未だ体系化された設計方法がないことから、新しいシステムの構築の必要性を指摘している。

第4章では、長尺フォアパイリングの先受け効果の解析方法として、フォアパイルやロックボルトなどの棒状要素が節点にとらわれずに任意にモデル化することが可能な差分法を用い、通常施工の場合とフォアパイル施工の場合とを比較解析している。その結果、長尺フォアパイリングの先受け効果を連続体力学に依拠する解析方法で明確に求めるのは困難であり、連続体解析においてフォアパイルの挙動を正確に表現できるモデル化を更に検討する余地はあるものの、3次元不連続解析による検討が必要であることを指摘している。

第5章では、鋼管補強高圧噴射式フォアパイリングの屋外実験および坑内実験を実施し、地山への適応性把握と造成確認を行い、N値が50程度の地山であれば本フォアパイリング工法が十分適用可能であることを確認している。ただし、高圧ポンプの実用上の能力に対する制約や地山の削孔性からくる造成速度の制約もあり、機材等の製品市場を含めた全体的な費用検討の下に、全体コストの最小化を目標として最適化を図る必要があることを指摘している。

第6章では、フォアパイルの出来形の径を直接的に測定する方法として、電気ポテンシャルの測定による方法について研究している。まず、フォアパイルの周辺が絶縁体に近い場合について実験を行って出来形測定が可能となることを確認している。次に、フォアパイル周辺が有限の比抵抗値を持つ場合については、実験と軸対称有限要素法による数値シミュレーション結果から、フォアパイルの出来形がフォアパイルの単位長さ当たりの抵抗値から求められること、および電流の流入点と流出点との距離（電流電極間距離）に対して、測定可能となるフォアパイルの出来形（直径）に限界があることを見出して

いる。具体的には、フォアパイルの直径が電流電極間距離の2/5程度以下で、地山の比抵抗値がフォアパイルの比抵抗値の50倍以上であれば測定可能であることを確認している。

第7章では、第6章のフォアパイルの出来形測定方法を発展させ、トンネル切羽前方およびトンネル周辺に存在する空洞の形状を同定する方法として、電気ポテンシャル法の逆問題解析とステレオ画像解析を応用する方法について研究を行い、その有用性を示している。

第8章は、結論で、本研究で得られた新しい内容を総括し、今後の研究の課題とその展望をいくつか提示している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、強度が相対的に低い地山に山岳トンネルを施工する場合の、先受け工法の設計・解析・評価方法を概括し、長尺フォアパイリングの鋼管補強高圧噴射式工法を取り上げ、その全体システムの確認、地山への適応性把握、施工仕様決定と施工中の出来形管理法について研究し、その結果をまとめたものであり、主な成果は次のとおりである。

- 1) トンネル施工における先受け工法の歴史的変遷の考察と現状の施工事例の分析から、先受け工法の技術的位置付けを明らかにし、地盤沈下、土砂崩落の防護策としての長尺フォアパイリングの有効性と今後の発展性を示した。
- 2) 長尺フォアパイリングの先受け効果を解析するために、いくつかの解析モデルと解法を用いて数値計算を試み、それぞれの結果についての解釈方法と、解析の限界などの問題点を明らかにした。
- 3) 鋼管補強高圧噴射式フォアパイリングにおいて、注入する硬化剤と排出される泥水の成分分析結果からフォアパイリングの出来形を間接的に推定する計算システムを開発し、施工現場での実験結果とこの方法による推定結果がよく一致すること示した。
- 4) 3) の推定量を直接的に測定する方法として、地山の比抵抗値と硬化剤のそれとの差を利用した電気ポテンシャル法による電位測定と数値シミュレーション解析を組み合わせた方法を考案し、屋外実験の結果とこの新しく構築した計測システムによる推定結果がかなり精度良く一致することを示した。

以上要するに、本論文はトンネル施工におけるフォアパイリングによる先受け工法の設計法と評価法の開発を行ったものであり、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12月4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。