

|           |                               |
|-----------|-------------------------------|
| 氏 名       | た ぐち よし ぶん<br>田 口 善 文         |
| 学位(専攻分野)  | 博 士 (工 学)                     |
| 学 位 記 番 号 | 工 博 第 2001 号                  |
| 学位授与の日付   | 平 成 13 年 3 月 23 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 土 木 工 学 専 攻         |
| 学位論文題目    | 都市 NATM におけるプレライニングの設計法に関する研究 |

論文調査委員 (主 査)  
教授 田 村 武 教授 足 立 紀 尚 教授 宮 川 豊 章

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、沖積層や洪積層などからなる都市部軟弱地盤に NATM によるトンネルを構築する場合を想定し、その安全な施工を担保するためのプレライニング、すなわち、先受け支保の基本について、室内模型実験、実物実証実験ならびに数値解析を通して考察したものである。7 章からなる本論文の要旨は以下の通りである。

第 1 章は序論であり、本研究の背景、研究内容の流れと本論文の構成について概説している。

第 2 章では、プレライニング工法の現状と設計上の課題を述べるとともに、本研究で明らかにすべき項目を具体的に抽出している。

第 3 章は、柔な薄肉プレライニングに関する模型実験および実物大実験について述べたものである。ここでは、柔な薄肉プレライニングをケント紙でモデル化したうえ、プレライニングの先受け長さを種々変化させた模型実験を行い、その切羽安定効果や地表沈下抑制効果について考察している。また、薬液を三方向に高圧噴射して逆 T 型の固結体をアーチ状に造成する逆 T 型プレライニング工法について、模擬地盤での実物大トンネル掘削実験を行い、柔な薄肉プレライニングの補強効果を検証した。とくに、プレライニングによる切羽安定性の向上、地表沈下の抑制効果が顕著であることを示した。

第 4 章は、プレライニングに作用する土圧を推定するための模型実験について述べたものである。トンネル横断方向の 2 次元模型実験により、プレライニングの変形と土圧の大きさ、天端部と肩部の土圧発生の特徴、地山内の土圧分布、鉛直土圧の大きさ等について考察を加えている。また、プレライニングが存在すれば、地山内に上載荷重を支持するアーチ構造が形成されやすいこと、プレライニングと地山の摩擦が切羽の安定に大きな影響を与えることを示した。

第 5 章は、有限要素法を用いた数値解析により先受け効果の影響を定量的に評価したものである。ここでは、プレライニングの形状および力学特性がプレライニングの先受け効果に及ぼす影響を 3 次元弾性解析により検討している。プレライニングの長さ、剛性、施工角度を種々変化させて、各ケースで天端沈下量を比較することで、その影響度を検討した。

第 6 章では、プレライニングの設計法を論じている。切羽の安定解析手法について、計算を簡単にするために切羽前方に直線すべり線を仮定し、切羽前方土塊の力のつり合いから切羽の安定性を検討する方法を提案した。また、プレライニングの長さが潜在すべり線より短い場合、プレライニングの施工角度が小さい場合、および剛性が大きい場合についても検討を加えた。また、トンネル断面に対して十分に薄く、柔なたわみ性の覆工として機能する柔なプレライニング部材の簡易計算法として、トンネル横断方向に軸力のみが作用し、曲げモーメントの発生しない構造体としてのモデルを提案した。解析モデルに作用させる荷重として、ある程度の沈下変形を許容する柔なプレライニングでは、一定の大きさの土被り荷重とすることが妥当であることを述べている。一方、水平方向の作用荷重に関しては、柔なプレライニングでは鉛直方向の作用荷重と水平方向の作用荷重がほぼ等しく作用するため、水平方向土圧係数  $K=1.0$  で近似できることを示している。また、プレライニングの施工角度の影響についても、施工角度が  $120^\circ$  および  $90^\circ$  の場合は、横断方向の構造が卓越したアーチシェルのとして機能することを明らかにした。

第7章は、本論文で得られた結果についてまとめたものである。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、沖積層や洪積層などからなる都市部軟弱地盤に NATM によるトンネルを構築する場合を想定し、その安全な施工を担保するためのプレライニング、すなわち、先受け支保の基本について、室内模型実験、実物実証実験ならびに数値解析を通して考察したものであり、とくにトンネル力学の立場からプレライニングの設計法にまで言及している。具体的には、以下のような内容からなっている。

### (1) プレライニングに関する模型実験および実物大実験

ケント紙でモデル化したプレライニングの先受け長さを種々変化させて模型実験を行い、その切羽安定効果や地表沈下抑制効果について考察した。一方、逆 T 型プレライニング工法については実物大トンネル掘削実験を行い、プレライニングの補強効果を検証した。また、アルミ製およびアクリル製半円筒でモデル化したプレライニングの模型実験を行い、プレライニングに作用する土圧やプレライニングの内部応力を明らかにした。

### (2) トンネル切羽安定性の評価方法

切羽の安定解析手法について直線すべり線を仮定し、切羽前方土塊の力のつり合いから切羽の安定性を検討する方法を提案した。また、プレライニングの長さが潜在すべり線より短い場合、プレライニングの施工角度が小さい場合および剛性が大きい場合についても検討を加えた。

### (3) 有限要素法による先受け効果の影響評価

プレライニングの長さ、剛性、施工角度がプレライニングの先受け効果に及ぼす影響を有限要素法を用いた 3 次元弾性解析により検討した。とくに、それぞれのケースで天端沈下量を比較することで、その影響度を明確にした。

### (4) 構造体耐力の検討方法

柔なプレライニング部材力の簡易計算法として、トンネル横断方向に軸力のみが作用し、曲げモーメントの発生しない構造体としてのモデルを提案した。とくに、作用させる荷重の大きさや施工角度が与える影響についても有用な結果を導いている。

以上要するに本論文は、トンネル切羽安定と地盤沈下抑制を目的とした工法であるプレライニングについて合理的な設計方法を提案したものであって、その成果は学術上、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13年1月22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。