

氏 名	こにしんじ 小西真治
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 1996 号
学位授与の日付	平成 13 年 1 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	砂と粘性土の互層地盤の切羽安定評価に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教授 田 村 武 教授 足 立 紀 尚 教授 大 西 有 三

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、都市部に建設される山岳工法トンネルを対象とし、互層地盤におけるトンネル切羽安定性を総合的に検討したものである。過去の事例分析を踏まえて、切羽崩壊の模型実験を行うとともに、数値解析法による検討、簡易計算法に検討を経て、トンネル切羽の安定性評価法を提案している。8章から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、切羽安定に関する既往の研究を調査するとともに互層地盤における当該研究の必要性を述べている。

第3章は、過去の切羽崩壊対策事例を分析したものである。その結果、互層地盤の切羽不安定化のメカニズムを、①砂地盤に対して固結シルトが介在する場合は砂層のみで崩壊がおこること、②介在する粘性土層が弱い場合はその上部砂層との境の広い面積で沈下し、流砂現象が起ること、③粘性土層が弱い場合は砂の微妙な変化で粘性土も影響を受け、砂層、粘性土層両方を含んだ切羽前方地盤全体として不安定になることに大きく分類できることを示した。

第4章は互層地盤を模擬した3次元切羽崩壊実験について詳述したものである。3層地盤で軟らかい粘性土層がトンネル中段にある場合の切羽崩壊挙動の特徴として、①砂のみ地盤と比べて崩壊領域が粘性土層で若干広がること、②面板土圧の変化は砂のみの場合と比べて緩やかになること、③面板土圧にトンネル径以上の土被りの影響が現れないことが明らかになった。3層地盤で軟らかい粘性土層がトンネル上部にある場合の切羽崩壊挙動の特徴として、①崩壊領域が粘性土層の上部で広範囲に広がること、②面板土圧の変化は砂のみ地盤の場合と同じく急激であること、③面板土圧にトンネル径以上の土被りの影響が現れることが明らかになった。多層地盤の切羽崩壊挙動の特徴として、①崩壊領域がトンネル上部で広範囲に広がること、②土被りが大きくなると、すり鉢状の沈下領域がなくなり、全体的に撓んだような緩やかな沈下が広がることが明らかになった。

第5章は、2次元および3次元剛塑性有限要素法を用いてシミュレーション解析を行った結果を述べたものである。2次元解析については、砂のみ地盤および粘性土層が介在した地盤ともに、崩壊時の形状および面板土圧などをかなり近い値で推定出来ることを、また一方、多層地盤では崩壊時の形状をうまく示すことが可能であることを明らかにした。3次元解析による切羽面土圧は、2次元解析結果と比べて約7割程度になることがわかった。なお、3層地盤では粘性土層の影響が2次元解析より大きく出ることがわかった。

第6章は、本論文の中心部であって、これまでの結果を踏まえながら互層地盤におけるトンネル切羽の安定がどのような要因から決定されるかを検討したものである。ここでは粘性土の粘着力、空間的位置、層厚に影響について詳しく述べている。また、2種類の数値解析結果から、荷重増加型より求めた切羽安定に必要な地盤の粘着力 c と変位速度指定型より求めた切羽安定に必要な内圧 p は、Mohr-Coulomb の破壊条件を考えた場合、 $p = c \cot \phi$ で等価であると考えられることを明らかにした。

第7章は、切羽安定評価法を提案したものである。とくに簡易手法も併せて提案し、その有する工学的意義について考察

している。

第8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

都市部に建設されるトンネルは、砂と粘土のいくつかの層に跨って建設されることが多い。本論文は、とくに山岳工法トンネルに限定して、互層地盤におけるトンネル切羽安定性を総合的に検討したものであって、得られた成果の主たるものは以下の通りである。

1. 多層地盤で軟らかい粘性土がトンネル天端近くにある場合とトンネル中央高さにある場合に二分すると、切羽の崩壊が力学的に特徴づけられことを模型実験より明らかにした。すなわち、上部にある場合では、粘性土上端で崩壊領域が広範囲に拡大し、土被りに影響を受ける一方、中央高さにある場合にはそのような傾向が顕著でなくなる。これは、軟弱粘土層がトンネル上部近くにあると周辺地盤が負担すべき応力が発達せず、いわゆる「ゆるみ土圧」の効果が期待できないことを意味し、この結果は、このような条件のもとでトンネルを掘削する場合に貴重な知見を与える。

2. 二次元剛塑性有限要素法による数値解析が上記の切羽崩壊現象を十分に再現しうることを明らかにした。とくに、崩壊時の切羽に発生する土圧の大きさは実験における測定値を十分に近似しており、破壊メカニズムの粘性地盤の高さによる違いも適切に表現している。また、砂地盤にわずかの粘着力を与えることと、切羽を小さな支保力で支えることの力学的等価性を簡単なモデルを用いて明確に説明した。また、併せて三次元剛塑性有限要素法プログラムを開発し、トンネルの形状効果についても貴重な知見を見出した。とくに、三次元解析で得られるトンネル周辺の土圧は、二次元解析での値の約7割となることを見出した。すなわち、トンネル切羽の支保効果として土圧を3割程度、軽減していることが明らかになった。

3. 互層の幾何学的配置や砂層、粘土層の物性の違いによる切羽安定条件を求めた結果、トンネル上部に軟弱粘土層が介在する場合、その層厚よりも両者の物性がほぼ均等の重みで切羽の安定性に影響を与えることが、また一方、トンネル高さに軟弱粘土層がある場合、その層厚と物性が安定性に大きな影響を与えることが明らかになった。

4. 実用的な切羽安定性評価法として新たな簡易計算法を提案し、それを用いて模型実験、数値解析法と比較した結果、工学的に十分な精度で安定性を評価できることを示した。とくに天端部における水平面の摩擦を考慮しない場合、十分な安全側の評価を与えることを明らかにした。

以上要するに、本論文は、互層地盤におけるトンネル切羽の安定性について合理的な検討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12年11月17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。