

Title	山岳トンネルの安定とゆるみ域
Author(s)	津坂, 仁和
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48458
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	津 坂 仁 和
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 21229 号
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科地球総合工学専攻
学位論文名	山岳トンネルの安定とゆるみ域
論文審査委員	(主査) 教授 谷本 親伯 (副査) 教授 常田 賢一 教授 鎌田 敏郎 教授 奈良 敬 教授 出口 一郎 教授 中辻 啓二 教授 新田 保次 教授 金 裕哲

論文内容の要旨

トンネルを掘削すると、空洞周辺の地山にゆるみが生じる。NATM による山岳トンネルの安定は、地山のゆるみを極力抑えトンネル周辺地山のアーチ作用を積極的に利用することで得られ、トンネル技術者の中で経験的に広く認識されてきた。その一方で、これまで、多くの施工事例を対象にトンネルの安定に関する研究が盛んに行われてきた。しかし、「地山のゆるみ」や「地山のアーチ作用」などのこれまで経験的に言及されてきたトンネルの力学的安定機構に関して、統一した概念は未だに得られていない。

これを踏まえ、本論文では、はじめに、二次元平面ひずみ状態の静水圧下での円孔周辺の応力状態をひずみ軟化挙動を考慮した理論解析を用いて表し、空洞周辺に発達する非弾性域が地山アーチを形成し、弾性域と非弾性域の境界部分にかかる地圧からトンネル内空を保持することを示した。これにより、山岳トンネルにおける「地山のゆるみ」は地山のひずみ軟化挙動と塑性流動の 2 つの力学的挙動を示すものであり、「地山のアーチ作用」の活用の仕方は、それら 2 つのゆるみ域の制御について言及されたものであることを示した。さらに、既往のダイレイタンスー拘束条件下の一面せん断試験結果から得られたわずかなダイレイタンスーを許すことによってそのせん断強度が著しく低下することに基づいて、支保工が掘削に伴う地山のゆるみを抑制する効果を担うことを定量的に示した。

このような山岳トンネルの安定とゆるみ域および支保工との力学的安定機構に基づいて、6 つの施工事例で計測された約 500 例のコンバージェンス曲線を詳細に解析し、実際のトンネル施工でのゆるみ域の発達の程度とその許容変形量を考察した。掘削に伴ってゆるみ域が著しく発達する地山条件に対しては、ひずみ軟化挙動を考慮した理論解析による特性曲線法を用いた。一方、き裂が発達した地山条件に対しては、その力学的挙動が、地山のピーク強度以後、わずかなひずみの増加により不安定なゆるみ（塑性流動）が進展することを踏まえ、切羽の崩壊が生じた断面近傍のコンバージェンス計測結果に基づいて考察した。さらに、切羽写真より切羽に分布するき裂を抽出し、その頻度や方向、そして、卓越するき裂のトンネル縦断方向における 3 次元的構造を定量的に評価し、切羽面のき裂分布と地山挙動の関係を考察した。そして、初期変形速度と最終変形量との関係を示した 5 つの地山区分から成る既往のトンネル地山分類とゆるみ域の発達および許容変形量との関係を明らかにした。

本論文の主な結果として、これまで経験的に認識されてきた NATM による山岳トンネルの力学的安定機構を工学的に明らかにしたとともに、その施工に伴うゆるみ域を定量的に評価し、それに基づいて施工管理基準としての許容変形量を提案したことが挙げられる。

論文審査の結果の要旨

日本における山岳トンネルの施工法は、1970年の半ばより大きく変化した。それは、ロックボルトと吹付けコンクリートを併用するもので、NATMと呼ばれている。地山（岩盤）の緩みを抑制することを目標として施工され、その適用例は500以上に達するが、きわめて概念的に取扱われ、定量的な評価方法が存在しない。本論文は、過去指摘されてきた「緩み」の概念を再考察し、ひずみ軟化モデルを基本にして緩みを定量的に評価している。そして、多数の現場にて取得した変形のデータから掘削時に最終変形量を推定するトンネル地山分類とともに緩み域の定量化を具体的に提示している。主な成果を要約すると以下の通りである。

- (1) 岩盤中の単一の不連続面を抽出して行う岩石不連続面一面せん断試験結果を基に、ダイレイタンスの拘束効果と支保効果およびトンネル周辺のアーチ形成作用について考察している。
- (2) 岩盤の弾性的挙動から設計が行われている現状に対し、ひずみ軟化モデルにより施工の実態では非弾性的挙動が支配的であることを示している。これにより、許容変形量は塑性流動の発生を伴わないことを明示している。
- (3) 支保に作用する荷重、地山が自然に保有している強度、掘削途中の変形速度と最終断面変形率四者の関係を、多数の実例において検証し、観測施工を可能とするトンネル地山分類を提唱している。
- (4) 岩盤の不連続面の分布を定量的に扱わない従来の地山分類に対し、不連続面の影響を考慮する修正法を提案している。
- (5) 総じて緩みの進展状況がトンネル周辺の岩盤のひずみ軟化現象と対応していることを示し、これにより定量化の根拠を示している。

以上のように、本論文は日常の施工管理として実施されるコンバージェンス測定から緩みの程度を定量的に且つ簡便に確認する手法を提示している。すなわち、現在の山岳トンネルの設計・施工の合理化に求められている課題に対し、具体的な解答を与えている。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。