

氏 名	かたやま まさひろ 片山 政弘
本籍（国籍）	埼玉県
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	工博 第325号
学位授与年月日	令和3年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当 課程博士
研究科及び専攻	工学研究科機械・社会環境システム工学専攻
学位論文 題目	特殊な地山条件における地下構造物の対策法および地山評価に関する研究
学位審査委員	主査 准教授 大河原 正文 副査 教授 越谷 信 副査 教授 大西 弘志 副査 教授 小笠原 敏記

論文内容の要旨

古来より人間は、便利な生活を希求することで多くの地下構造物を建設してきた。このような地下構造物は安全かつ合理的に建設されるべきであるが、我が国は、急峻な山地が広く分布しており、その面積は国土の60%以上にも達すること、さらに複雑な地形、地質を形成していることから、地山の状態を精度よく把握することは困難である。また、人口が集中し、都市化が進んだ山麓部や台地、丘陵部などの比較的平坦な土地においても盛んに地下構造物が構築されているが、このような箇所における地下構造物建設においても、やはり日本の複雑な地形、地質がゆえに構築に際し多くの課題を残している。このような日本特有の複雑な地形、地質のなかでも特に地下構造物建設に際し特殊な地山条件を与え、施工時あるいは維持管理時上、問題とされる地山の条件を一般に「特殊な地山条件」と呼ぶ。このような特殊な地山条件においては、その条件によっては未だ、その原因や対策法、あるいは設計、施工時にどのように地山評価すべきなのか明確になっていない。本研究では、一般に知られる特殊な地山条件の中から、既存の研究にて、特に地下構造物を建設するうえで問題となることが指摘されている以下の2つの特殊な地山条件を選定し、その中でも未だ対策法、地山評価法が未解明な分野を研究対象とした。さらに、これらの対策法ならびに地山評価法の研究を通じて、合理的な一連の施工プロセスを確立することを目指した。

- 1) 異常な湧水（非排水型トンネルにおけるポストグラウチングの対策法、地山評価法の確立）
- 2) 大きな土圧（山麓部、丘陵地での大きな土圧に対する半地下式地下構造物建設の対策法、地山評価法の確立）

1) 異常な湧水では、重金属を含有する高水圧の地下水を止水・減水せざるを得なかったトンネルで実施したポストグラウチングによる減水対策工法を通じて、極超微粒子セメントを使ったことによる新たな地山評価法を論述した。

本研究では、ダムグラウチングで多用される中央内挿法を応用し、極超微粒子セメントが岩盤の微細な割れ目まで行きわたる特性を解明した。また、その結果で得られたデータについて統計処理的手法を用いることで、2種類の異なる岩質においてその注入改良様式は異なることを解明した。また、岩盤グラウチングの改良効果は、対象とする岩盤の割れ目の開口度や割れ目の方向などの割れ目の状態に大きく影響されるが、数 km オーダーのマクロ的な割れ目の視点から数 mm オーダーのミクロ的な視点まで整理・評価することで、合理的な注入方法に関わる地山評価法を確立することができた。これらの成果により硬質岩盤での異常な湧水に対する、極超微粒子セメントによるポストグラウチングの注入改良効果の評価方法を確立することができた。

さらに、グラウチングの改良効果評価手法として、NATM の標準的な支保部材であるロックボルトを電極として利用した比抵抗電気探査を初めて実施し、本手法で広範に精度よく改良効果を確認できることが判明した。また、セメント系材料の注入浸透効果を確認できる簡便な装置を開発し実用化を目指した。この手法はセメント系材料の注入浸透状態を把握するために有効な手法であることを確認した。

2) 大きな土圧では、都市型地すべり地域での大きな土圧を受けた半地下式地下構造物における地山挙動について考察し、地山評価法ならびに合理的な対策法について論述した。

大きな土圧を受けた半地下式地下構造物の地山挙動について計測、調査結果に基づいて再現解析を実施し、その原因を追究した。再現解析の結果、通常土被りの大きさに応じた土圧に加え、更に付加される水平力が作用されていることが判明した。また、このような水平力発生の原因を解明した。さらに、劣化しやすい新第三紀層泥岩での半地下式地下構造物建設に際し、強度変形特性の低下は設計時に考慮しておく必要があることを確認し、強度、変形特性の低減を含めた地山評価法を確立することができた。

このような地盤に対し効果的な対策法として NATM で採用される早期併合工法の適用性を検討し実践した。その結果、数値解析手法による予測解析結果と実際の計測結果を分析することでその有効性を確認し、施工法を確立した。

これら「異常な湧水」「大きな土圧」に関する研究成果を調査、設計、施工、評価という一連の建設プロセスにて整理・構築することで、異常な湧水に対するポストグラウチングならびに大きな変位に対する半地下式地下構造物の早期併合工法として対策法、地山評価法を確立することができた。

本研究で得られた成果は、学術的かつ工学的な観点から重要な意義をなすものと考えられる。

論文審査結果の要旨

本論文は、地下構造物を建設するうえで問題となる異常な湧水と大きな土圧、とくに未解明な部分の多い対策法、地山評価法に関する研究成果をまとめたものである。すなわち、異常な湧水では、重金属を含有する高水圧の地下水を止水・減水せざるを得なかったトンネルで実施したポストグラウチングによる減水対策工法を通じて、極超微粒子セメントを使った

ことによる新たな地山評価法について論述している。大きな土圧では、都市型地すべり地域での大きな土圧を受けた半地下式地下構造物における地山挙動について考察し、地山評価法ならびに合理的な対策法について論述している。具体的には、大きな土圧を受けた半地下式地下構造物の地山挙動について計測、調査結果に基づいて再現解析を実施し、その原因を追究、再現解析の結果、通常の土被りの大きさに応じた土圧に加え、更に付加される水平力が作用されていることを明らかにしている。さらに、劣化しやすい新第三紀層泥岩での半地下式地下構造物建設に際し、強度変形特性の低下は設計時に考慮しておく必要があることを確認し、強度、変形特性の低減を含めた地山評価法を確立した。

これら「異常な湧水」「大きな土圧」に関する研究成果を調査、設計、施工、評価という一連の建設プロセスにて整理・構築することで、異常な湧水に対するポストグラウチングならびに大きな変位に対する半地下式地下構造物の早期併合工法として対策法、地山評価法を確立している。これら研究成果は、学術的かつ工学的に大変重要な意義をなすものである。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として合格と認める。

原著論文名（1編）

葉山層群分布域における半地下式開削工事での深礎擁壁の変状に関する一考察，片山政弘・中出 剛・山口哲司・大河原正文土木学会論文集（F1 トンネル工学），75 巻，1 号 pp.107～115，2019 年 1 月