

氏名	まえはらまさゆき 前原雅幸
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	論工博第3770号
学位授与の日付	平成16年1月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	グラウトミルクの流動特性を考慮したグラウチング工法の合理化に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 齋藤敏明 教授 大西有三 教授 青木謙治

論文内容の要旨

本論文は、ダム基礎におけるグラウチング工法に関し、グラウトミルクの流動特性に基づいた効率的な注入仕様を有する新工法の確立を目的として行った研究の成果をまとめたもので、次の8章からなっている。

第1章は序論であり、社会・経済的な側面からの研究の必要性と筆者自身のダム基礎グラウチングとの関わりを示したうえで、本研究の目的を明らかにし、本論文を進めるに当たって前提となる諸知識を整理するとともに、本論文の構成について述べている。

第2章では、既往の研究成果や筆者らが実施した各種の室内実験に基づき、グラウトミルクの基本的な流動特性について論じている。まず、グラウトミルクの岩盤内浸透流の形態に関する既往研究成果から、新工法開発に向けた室内実験に、管路供試体を用いることの妥当性を明らかにしている。次に、注入圧力と注入特性の関係把握を目的とした室内実験について述べている。本実験により効率的な注入の観点から、注入圧力に応じた適正な濃度領域の存在が明らかになるなど、新たな知見を提示している。第三に、ブリージング発生特性の解明を目的とした既往研究成果を整理し、ブリージングがグラウトミルクの注入特性、充填性や硬化後の品質に影響を与えることを示すとともに、その発生条件を明らかにしている。第四に、岩盤節理の充填メカニズムを解明することを目的とした室内実験を示し、グラウトミルクが沈殿し閉塞が生じる条件について論じている。最後に、以上の結果を総合的に考察し、グラウトミルクの基本的な流動特性を明確化している。

第3章では、筆者等が開発した高濃度一低圧注入型グラウチング工法（HTLP工法）について、開発の経緯と同工法の特徴を述べている。まず、効率的なグラウチングの定義を明確化し、次に、前章で得られたグラウトミルクの流動特性に関する知見について、配合面から整理している。また、その結果を踏まえ、HTLP工法の基本的な配合、注入圧力を示すとともに、原則 $W/C = 2$ の単一で高濃度のグラウトミルクを使用すること、注入圧力と最大流量は、グラウトミルクが層流を保持できるように設定することなどの特徴について述べている。

第4章では、筆者が工事事務所長として統括工事監理した、東京電力(株)上野ダムのコンソリデーショングラウチング本体工事に、HTLP工法をわが国で初めて適用し、本工法の方が従来工法に比較して、施工次数が低めで仕上がり、総注入時間も短縮され効率的であるとの検証結果について述べている。また、同ダムでは、HTLP工法そのものではないが、高濃度グラウトミルク注入をカーテングラウチングに適用したが、初期配合の高濃度化は、カーテングラウチングについても有効であるとの分析結果について述べている。また、現場適用を通じて見出された、高透水性岩盤においては注入の効率性向上が認められないHTLP工法の限界も指摘している。

第5章では、他のTダム、Oダムにおいて現場注入試験を行い、上野ダムでのHTLP工法の注入特性が、上野ダム地点の固有の条件によるものでなく、他地点にも当てはまる汎用性のあるものである可能性が高いことを確認した結果について述べている。

第6章では、上野ダム、Tダム、Oダムの施工実績から、ダム基礎岩盤の透水性とグラウトミルクの注入特性の関係を総

括し、グラウチングの効率化に対するHTLP工法の有効性について考察している。また、HTLP工法による基礎岩盤の透水性および変形特性に対する改良度合いが、従来工法よりも良好であることを確認した既往研究成果を示している。さらに、同時に明らかになったHTLP工法の問題点、すなわち高透水性岩盤を対象とした初期配合・配合切り替えに関する問題点と注入圧力に関する問題点を示し、その原因について考察している。

第7章では、前章で明らかにされた問題点を踏まえ、HTLP工法の課題を提示し、その解決を目指す室内注入実験の計画と結果について述べ、透水性に応じ最も効率的な注入を達成し得る配合と注入圧力を明らかにした成果について述べている。また、以上の成果に基づきHTLP工法を改良し、岩盤透水性の適用範囲を高透水性領域にまで拡大した高濃度一層流注入工法（HTLF工法）を提案している。

第8章は本論文の結論であり、本論文で得られた成果について要約するとともに、今後の課題を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、ダム基礎におけるグラウチング工法に関し、グラウトミルクの流動特性に基づいた効率的な注入仕様を有する新工法の確立を目的として行った研究の成果をまとめたもので、得られた主な成果は次のとおりである。

- (1) 室内実験により、効率的なグラウチングの注入仕様を検討し、効率的なグラウトミルクの濃度は注入圧力によって異なること、コンソリデーショングラウチングの一般的な圧力レベルである0.3MPa以下では $W/C=2$ が最も効率的であること、注入圧力は層流状態を維持可能なレベルが最も効率的であることを明らかにした。これらは、わが国で従来一般的であった、低濃度から高濃度へとグラウトミルクの濃度を順次高め、岩盤に悪影響を与えない範囲で注入圧力をできる限り高く設定するという注入仕様を覆す新しい知見である。
- (2) 上記知見に基づき、高濃度一層流注入型グラウチング工法（HTLP工法）を提案し、わが国で初めてダム本体工事（上野ダム）に適用し、従来工法との比較からその効率性を実証した。さらに、他の二つのダムにおける試験施工によっても同様の結果を得、本工法が多様な岩盤に適用可能であることを検証した。
- (3) これらのHTLP工法による注入実績を詳細に分析し、20ルジオン以上の高透水性岩盤に対しては従来工法に比べそれほどの改善が得られないという、同工法の適用限界を見出した。そこで、高透水性岩盤を模擬した室内実験を行い、最高濃度を $W/C=0.8$ まで高め、この濃度においても層流を維持しうるレベルに最大注入圧力を設定すれば、岩盤の透水性の如何に拘らず常に効率的なグラウチングが達成されることを明らかにした。また、この結果を踏まえ、HTLP工法の完成度を高めた高濃度一層流注入工法（HTLF工法）を提案した。
- (4) 上の研究成果は、ダム基礎岩盤の表層部の改良を目的としたコンソリデーショングラウチングあるいはブランケットグラウチングを対象としたものであるが、高濃度グラウチングを上野ダム本体工事のカーテングラウチングにも適用しその有効性を実証した。これにより、新工法がカーテングラウチングの効率化にも資する可能性を示した。

以上要するに、本論文はダム基礎グラウチングの合理化に関し、グラウトミルクの流動特性の検討結果に基づき、従来と異なる注入仕様を持つ高濃度一層流注入型グラウチング工法を提案し、現場への適用によりその有効性を実証したもので、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15年12月18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。