

氏名	猪狩哲夫
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	工博第1882号
学位授与の日付	平成12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	工学研究科資源工学専攻
学位論文題目	ダム基礎グラウチングにおける力学的改良効果の評価システムの構築に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 菊地宏吉 教授 芦田 讓 教授 齋藤敏明

### 論文内容の要旨

本論文は、ダム基礎岩盤の基礎処理工法であるコンソリデーショングラウチングを対象として、力学的改良効果の評価システムと実岩盤への適用性について、予備試験ならびにその知見を基にした現場実験により考察したものである。本論文は全8章から成る。

第1章は序論であり、ダムグラウチングの現況と社会的動向を踏まえて、本研究の目的を述べるとともに、論文全体の構成を示している。

第2章は、日本におけるダム事業の現状を概観するとともに、筆者が参画している土木学会岩盤力学委員会ダム小委員会で行ったアンケート調査をもとにダム基礎岩盤における土地質の問題点について具体的に示している。さらにこのような問題点に対する対策として実施される一般的な基礎処理工法を示し、その中のグラウチング工法、ならびにコンソリデーショングラウチングの概要を述べている。

第3章は、ダム技術におけるコンソリデーショングラウチングの位置づけと現状について言及し、コンソリデーショングラウトの目的に対する効果の確認方法が不明確となっている現状を示した。これに対してこれまでのコンソリデーショングラウチングに関する研究事例を紹介し、近年までの研究動向における問題点を述べ、今後明らかにして行くべき方向性を検討している。さらにコンソリデーショングラウチングによる岩盤の力学的改良効果を定量的に把握する意義について言及した。

第4章は、コンソリデーショングラウチングの注入効果、特に岩盤の力学特性の変化を評価する方法について考察した。評価する媒体として用いた物理量は、孔間弾性波探査による弾性波速度と孔内打撃応答試験による打撃応答量であり、さらにグラウチングの注入範囲の推定に孔間電磁波探査を検討した。まず弾性波探査については、亀裂などの不連続面を含む岩盤やグラウト注入前後による弾性波伝播速度の差が把握可能か否かについて、室内実験を行った。その知見をもとに孔間弾性波探査装置を開発した。これによりグラウチング前後の原位置岩盤の物性変化を明らかにする方法を提示した。また孔内打撃応答試験機を用いて、岩盤物性、特に岩盤の変形係数・弾性係数との関係を示し、グラウチングによる岩盤改良効果判定方法の評価手段としての有効性を確認した。さらに孔間電磁波探査では、電磁波振幅の距離減衰特性に着目し、グラウチング前後の変化によりセメントミルクの注入範囲を推定した。これらの特性から、従来評価できなかった力学的改良効果について、打撃応答量で示される「点」の情報、孔間弾性波探査による「面」の情報を組み合わせ、電磁波探査による「質」の変化で岩盤の改良効果を確認することによる評価システムの基本設計を行っている。

第5章は、この評価システムの基本設計を用いて、2力所のダムサイトにおいて実施した現場適用実験の内容を示した。原位置試験は、地質工学的特性を勘案して、堆積岩系の基礎岩盤として音羽治水ダム(京都市)、火成岩系の基礎岩盤として木瀬ダム(愛知県)を選定している。実験は、実施工と同様のコンソリデーショングラウチングの注入パターンを適用し、孔間弾性波探査・孔内打撃応答試験・孔間電磁波探査、ならびに岩盤の力学特性を評価する一般的な手法として広く用いら

れている孔内水平載荷試験を実施している。

第6章では、現場適用実験における各種物理探査・原位置試験結果を示すとともに、注入前後または注入次数別の各物理量に着目し、岩盤物性の変化を検討している。まず孔間弾性波探査の結果では、注入次数が進むにつれて弾性波伝播速度が上昇していること、また $n$ 次孔注入後の弾性波伝播速度に対する初期状態の弾性波伝播速度（ $n$ 次孔注入後弾性波伝播速度 / 初期状態弾性波伝播速度）を弾性波速度改良比と定義し、弾性波速度改良比の上限線を岩盤の改良可能限界とする改良限界線の考えを示している。次に打撃応答試験では、注入前後での打撃応答量の増加、初期状態の打撃応答量が小さいほど注入後の打撃応答量の変化が大きいことが判明した。さらに孔間電磁波探査においては、グラウチング注入前後にボーリング孔中に塩水を注入して岩盤中の不連続面に滲入させ、この位置での電気伝導度すなわち誘電率に変化をつけることにより、高透水ゾーンとなる部分ならびにグラウト注入範囲を考察している。またこれらの探査・試験と平行して実施した孔内載荷試験を用いて岩盤の力学的改良効果を確認し、さらに岩盤レオロジーモデルを用いてグラウチングによる弾性係数の変化を検討している。

第7章では、第6章の実験結果のうち特に孔間弾性波探査結果による弾性波速度分布と孔内打撃応答試験による打撃応答量の変化に着目して、孔内水平載荷試験の結果とこれらを相互に比較し、基づき各物理量からみた岩盤の力学的改良傾向について論じている。さらに岩盤の力学的改良傾向を把握するために考案した評価システムの妥当性を述べるとともに、現場適用のための具体的な力学的改良効果の評価システムを構築した。

第8章は結論であり、各章の主要な結果を要約し、本研究により得られた知見をまとめている。

#### 論文審査の結果の要旨

ダム基礎岩盤の基礎処理工法であるコンソリデーショングラウチングは、土本構造物、特にダム着岩部付近の浸透流の抑制と力学的性状の改良を目的として行われているが、このうち、力学的性状の改良効果の評価する手法が確立されていないのが現状である。本論文は、ダム基礎岩盤のコンソリデーショングラウチングを対象として、簡易な原位置試験機を用いた力学的改良効果の評価システムの構築とその適用性に関する研究結果についてとりまとめたものであり、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 高周波弾性波波動を用いた伝播速度を用いることにより、グラウチング注入前後の岩盤の力学的改良効果、ならびに注入次数別の改良傾向の評価を可能にしている。弾性波伝播速度は、岩盤の変形係数・静弾性係数と高い相関性を有しており、岩盤の力学的改良度を評価する指標として有効であることが示されている。

2. 孔内打撃応答試験によって得られる打撃応答量を用いることにより、グラウチング注入前後の岩盤の力学的改良効果を明瞭に評価できることを示している。また弾性波伝播速度と同様に、打撃応答量は岩盤の変形係数・静弾性係数と高い相関性を有しており、岩盤の力学的改良度を評価する指標として有効であることを確認している。

3. 電磁波振幅の距離減衰特性は、伝播速度の距離減衰特性と比較して、媒質の差を敏感に評価できることを確認し、セメントミルクの注入範囲の評価に有効であることを明らかにしている。

4. 孔間弾性波探査、孔内打撃応答試験ならびに孔間電磁波探査を組み合わせた力学的改良効果の評価システムを試案した。このシステムを実施工のダム基礎岩盤に適用し、コンソリデーショングラウチングによるダム基礎岩盤の力学的改良効果を確認している。この結果に基づき、地質特性を考慮した汎用的かつ具体的な力学的改良効果に関する評価システムを構築している。

以上のように本論文は、ダム基礎岩盤におけるコンソリデーショングラウチングによる力学的改良効果の評価手法の検討および評価システムの構築ならびに検証を行ったものであり、学術上、実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1月17日に論文内容とそれに関する試問を行った結果、合格と認めた。