

氏名	見 掛 信一郎
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	工 学
学位授与番号	博甲第2536号
学位授与の日付	平成15年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科システム科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	亀裂性岩盤におけるグラウトの止水効果に関する研究
論文審査委員	教授 西垣 誠    教授 花村 哲也    教授 名合 宏之

### 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

ダムの適地の少なくなった今日、新しい技術によってダム基礎の岩盤の止水工法を施工する必要性が出てきている。そのような中で、亀裂性岩盤の亀裂の種々の調査の情報が得られているが、現状ではその結果が実際のグラウト技術にほとんど反映されていない場合が多い。この点を鑑み、従来経験的に実施されてきた亀裂性岩盤を対象としたグラウト技術の高度化を目的として一連の研究を行った結果を本論文で論述した。また、グラウトの技術開発として、より効率の良い注入方法である動的グラウト工法や、地層処分技術の研究開発に関して新しい材料によるグラウト工法の研究も行った。本論文では、従来の土木工事などでグラウト材料として用いられているセメントモルタル系材料と、高レベル放射性廃棄物の地層処分技術の研究開発の観点から数万年の品質管理に耐えられるものとして期待されるベントナイトに着目し、これらを注入材料として用いたグラウトの止水効果に関する研究を行った。

グラウトの亀裂への注入特性や浸透挙動について、平行平板亀裂モデルを用いた実験を行い、その亀裂開口幅、グラウトの粘性、水セメント比等の種々の条件が、注入特性や浸透挙動に及ぼす影響を解明した。また、グラウト注入孔と交差する複数の亀裂に注入されるグラウトの浸潤メカニズムについて理論を構築し、その理論の妥当性を検証するためにグラウトの浸潤実験を実施した。その結果に対して、グラウトの浸潤挙動についてベルヌーイの式を適用することにより、実験での現象を理論にもとづいた説明を行い、経験的に行われている従来のグラウト手法がきわめて有効であることを証明し、有意義性を理論的に示した。

さらに、亀裂性岩盤の空隙構造を3次的にとらえ、有効空隙率と注入範囲の評価についての理論を構築した。その妥当性は、碎石モデルと、一辺5cmの立方体ブロックを積み上げて作成した3次元亀裂ロックマスモデルとを用いてグラウト注入実験にもとづき検証した。グラウトの注入範囲の評価に関しては、理論解にHele-Shaw Modelの理論を適用し、実験で示されたグラウトの浸潤挙動を説明し、理論的な評価を行った。

グラウト技術の研究開発として、ベントナイトを用いた新しいグラウト材料について適用性の検討を行った。できるだけ高濃度のベントナイトを注入するために、より効果的な方法として、ベントナイトスラリーの溶液にエタノールを使用した。エタノールは、水を溶液とした場合よりもベントナイトの膨潤を抑制する性質があり、少量の溶液でスラリー化することができる。これにより、高濃度のベントナイトスラリーを微小な亀裂へ注入することが可能であることを示した。このエタノール溶液によるベントナイトスラリーについて、浸透特性、注入可能領域、置換膨潤特性、拡散現象などを実験により把握した。さらに、高濃度のグラウトを亀裂へより高密度で充填できる技術の開発を目的として、動的注入による亀裂モデルへの注入実験を実施し、静的注入よりも高密度で充填できることを示し、動的注入による十分な効果を明確に示すことができた。

本論文で得られた成果や提案した方法は、今後、理論的根拠にもとづいたより効果的なグラウトの設計方法の確立および精度の向上に寄与できるものと考えられる。

## 論文審査結果の要旨

本研究は、岩盤の上にダムを建設する際に問題となる岩盤を通っての漏水をいかに防止するかという古くからの課題に対して、室内実験を繰り返して、その最も効率の良い止水工法（グラウト工法）を提案しているものである。

具体的な内容として、亀裂性岩盤へのセメントと水を混合したセメントミルクを注入する際に生じる目詰まりに対して、ボアホールテレビで実験岩盤内の亀裂を調査した結果を用いて、セメントの粒径と水とセメントの混合比とを考慮して、目詰まりを起こさない配合比を提案している。この方法は、超微粒子セメントまで拡張して、実務できわめて有用な手法との評価を受けている。

実際に亀裂性岩盤にセメントミルクを注入する際に経験的に薄いミルクから濃いミルクへとその濃度を変化させていた。この効果に関して、流体力学的な考察を加えて多層の室内での3次元注入実験結果を説明するきわめて斬新な理論を求めた。これらの方法はきわめて優れた研究と評価され、我が国でも権威のある土木学会論文賞に推薦されている。

グラウトに関する研究を現在世界中で最も大きな課題になっている高レベル放射性廃棄物の地層処分の分野にまで展開し、止水材として用いられているベントナイト粘土をエチルアルコールでスラリーにして膨潤させないで亀裂性岩盤中に注入するという新しい方法を開発した。しかも、そのスラリーを静的に注入するのではなく、振動を加えながら注入することによって一層効率よく密に深く注入できることを多くの室内実験より証明した。この研究は、2002年の日本地下水学会若手優秀講演賞に選ばれている。

同氏の研究はきわめて独創的で、その成果は社会的な貢献度も大きなものである。これらの成果より、本論文は博士学位論文に値するものと認定する。