

氏名	武藤光
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	工博第1877号
学位授与の日付	平成12年1月24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	節理性岩盤におけるグラウト充填メカニズムに関する地質工学的研究

論文調査委員 (主査) 教授 菊地宏吉 教授 齋藤敏明 教授 大西有三

### 論文内容の要旨

本論文は、大型土木構造物基礎岩盤の基礎処理工法として広く用いられているセメントグラウチングに関する研究であり、節理性岩盤におけるグラウト充填メカニズムについて論じ、効率的かつ質の向上を目指した新たなグラウチング工法の開発について取りまとめたもので、9章からなっている。

第1章は序論であり、まず、グラウチングに関する基本的な用語を定義し、本論文の研究対象を明確にしている。次に、現状のグラウチングが抱える問題点を提起し、本論文の研究目的を述べるとともに、関連研究を総括し、本研究の位置付けを明確にしている。

第2章は、本論文における検討内容と深く関連する既往研究の知見を引用し、岩盤内浸透経路に関して考察している。その結果、岩盤節理面におけるグラウトミルクはチャンネル状で流れ、これをモデルに置きかえて検討する場合は、円管の集合体として考慮することに妥当性があることを示し、円管モデルを用いる場合の規模と透水性について言及している。さらに、岩盤節理面内チャンネル流路におけるグラウト充填メカニズムに関する予察を行っている。

第3章は、グラウトミルクの基本的な水理特性に関する検討を行っている。その結果、滑面管流路におけるグラウチング係数は  $W/C=2$  のグラウトミルクがもっとも高いことを示すと同時に、ニュートン流体としての性質を示すことを明らかにしている。また、流況を層流に維持することが効率的かつ高品質なグラウト注入のための必要条件であることを導き、そのための配合別最大流量を提案している。さらに、グラウトミルクの粘性特性実験ならびに沈降特性実験を行っており、水理学的検討を対象とした粘性係数を導くとともに、高濃度配合グラウトミルクの優位性について示している。

第4章では、岩盤節理面内チャンネル流路における単一管路を模擬した透明管供試体(滑面管流路)を用いた室内注入実験を行い、実験結果について検討している。その結果、ブリージングが大きくグラウチング効果に影響することを確認し、効率的かつ高品質グラウチングの必要条件に、ブリージングが発生しにくい注入条件を加味する必要性を示している。また、透明管供試体におけるチューブ内では、グラウトの沈殿領域が流入側から排出側に向かって連続的に伸び、閉塞・充填が進むことを確認し、この結果からグラウトの閉塞・充填メカニズムについて考察し、3種類の沈降モデルを提案するとともに、これら一連のモデルを透明管供試体注入実験結果に適用し、グラウトの閉塞・充填過程が再現可能であることを検証している。さらに、本モデルを用いることによって、グラウト注入が制御可能であることを示している。

第5章では、岩盤節理面内チャンネル流路における管路内粗度を模擬したモルタル供試体(粗面管供試体)を用いた2種類の室内注入実験を行い、その結果について検討している。これらの検討結果から、粗面管流路と滑面管流路における閉塞・充填過程やグラウトミルクの挙動における類似点を整理することによって、滑面管流路におけるグラウト充填メカニズムに関する考察結果を、粗面管流路に適用することに妥当性があることを示している。さらに、岩盤節理面内チャンネル流路におけるグラウト充填メカニズムに関する考察を行っている。

第6章では、グラウチングを効率的に制御する目的で、3種類の提案沈降モデルから、岩盤節理面内チャンネル流路におけるグラウトの閉塞・充填過程をもっともよく再現可能な2次元沈降モデルを選定し、これを現場施工データに適用するこ

とによって、ルジオン値・注入圧力・グラウト配合と、このモデルの2つの未知パラメータである $\alpha$  (初期注入量)・ $\beta$  (沈降係数) の関係を統計学的に分析している。その結果、ルジオン値・注入圧力・グラウト配合から初期注入量が概ね予測可能であること、注入時間を最小とするルジオン値・注入圧力・配合の関係が存在することを示している。さらに、数量化理論I類を用いて分析を行い、グラウトミルクの到達距離は注入圧力に強い影響を受けることを示し、効率的注入圧力を概ね0.1 [MPa] ~ 0.3 [MPa] に設定するのが妥当であるという結論を導いている。

第7章では、ここまでの検討結果を踏まえ、効率的かつ高品質グラウチングをめざした新たな注入工法 (高濃度-低圧型注入工法; High Thickness-Low Pressure Grouting Method; HTLP 工法) を提案している。

第8章では、HTLP 工法の実施工への適用性を検討するために2種類の現場実証実験を行い、その結果について検討している。その結果、在来工法と比較してHTLP 工法の方が、遮水性の改良度・注入効率・注入時間・力学特性の改良度のいずれについても優れていることを確認している。

第9章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、土木・岩盤構造物基礎の主たる岩盤改良工法であるグラウチングを対象としたものであり、各種実験や統計解析を通して、節理性岩盤におけるグラウトの充填メカニズムを解明し、これに基づいてより効率的かつ質の向上を目的としたグラウチング工法である高濃度・低圧型グラウチング工法 (HTLP 工法) を構築・検証したもので、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 注入グラウト材料となるセメントミルクについての各種実験の結果、低濃度のセメントミルクほど、ブリージングが発生しやすく、また、粘性が低いために低圧力下においても乱流に移行しやすいことを把握している。

2. 岩盤節理面内のチャンネル流路を模擬した透明管供試体 (滑面管流路) を用いたグラウト注入実験、および流路内の粗度を反映させたモルタル管供試体 (粗面管流路) を用いたグラウト注入実験の結果から、管流路内におけるグラウトの閉塞・充填過程について考察し、この過程を表現するモデルを提示している。また、本モデルによって得られるグラウト注入時間-注入量曲線は実測値とよく対応することを確認している。すなわちグラウト注入量は、注入時間に関する指数関数モデルによってよく再現できることを示している。

3. グ라우チングを効率的に制御する目的で、提案モデルを実際のグラウチング施工データに適用し、モデルの未知パラメータと注入条件 (ルジオン値・注入時間・注入圧力・配合) との関係を統計学的に分析している。これらの検討結果からより効率的かつ質の向上を目的とした新たなグラウチング工法 (High Thickness Low Pressure Grouting Method; HTLP 工法と略称) を提案している。

4. HTLP 工法の実施工への適用性ならびに有用性の検証を目的とし、現場実証実験を行った結果、在来型の工法と比較してHTLP 工法の方が、遮水性の改良度・注入効果・注入時間・力学特性の改良度のいずれについても優れていることを確認している。

以上要するに、本論文は、節理性岩盤におけるグラウトの充填メカニズムを解明することによって、より効率的かつ質の向上を目的としたグラウチング工法を提示するとともにその有用性を実証したものであり、その成果は学術上、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11年12月20日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。