

【学位論文審査の要旨】

薬液注入工法は、地盤の強度や遮水性の向上を主な目的とした地盤改良工法のひとつで、比較的簡易な設備で施工が可能なることから、様々な目的で広く活用されている。一方で、地盤内の水みちやストレナと地盤の間隙に沿った薬液の逸走、障害物となる巨礫や介在粘土層による注入不足が生じる場合があり、改良効果の確実性において十分な信頼性が確保できているとは言えない。現状では施工後にボーリング調査を実施し、薬液の注入範囲や遮水性などの評価を行っているが、評価できるのはボーリング地点に限られることから、未改良箇所が残り、最悪の場合、出水や崩壊などの事故につながることもある。したがって、薬液注入工法の信頼性を向上させるためには、薬液が計画通り注入されていること、そして、期待通りの改良効果が得られていることを精度良く評価する手法の開発が重要な課題といえる。この課題を解決するための有望な技術として、単位断面積に対する単位長さ当たりの電気抵抗である比抵抗の分布を、面的あるいは立体的に可視化する技術、比抵抗トモグラフィがある。薬液注入に伴う比抵抗分布の変化を正確に推定できれば、薬液の注入範囲や改良体の遮水性を評価できる可能性がある。しかし、従来の比抵抗トモグラフィでは、地盤の比抵抗を定常なものとして解析を行っているため、薬液注入により地盤内の比抵抗が時々刻々と変化する場合には大幅な精度低下が懸念される。

そこで本研究では、比抵抗の時間変化にも対応した比抵抗トモグラフィの新しい解析法として時系列解析法を開発し、時間変化する地盤の比抵抗分布をリアルタイムでモニタリングすることを可能にするとともに、施工中の薬液注入範囲を把握する方法、そして、施工後に改良体に潜在する水みちを検出する方法を提案し、数値実験、模型実験、そして、土槽実験によりその適用性を示した。

本研究で得られた主な成果は、以下のとおりである。

(1) 薬液注入工法の現状と課題を整理し、薬液注入工法の信頼性を向上するためには次の二つの課題を解決することが極めて重要であることを示した。第一の課題は、施工中に薬液注入範囲をリアルタイムで把握すること、第二の課題は、施工後に改良体内部に潜在する水みちを検出することである。さらに、これら二つの課題を解決するために、比抵抗分布の面的あるいは立体的なモニタリングが有効であることを示した。

(2) 薬液注入時には薬液の浸透に伴い地盤の比抵抗が時々刻々と変化するため、比抵抗トモグラフィにおいて、比抵抗の時間変化を考慮可能な新しい解析手法である時系列解析法を開発した。半無限地盤に塩水を注入する数値実験により時系列解析法の基本性能を評価した結果、理論値とよく一致し、従来法に比べ平均二乗誤差が約 40%低減することを確認した。また、解析における時間ステップは、注入所要時間の 5~12%程度とすると時系列解析法が最も有効に機能することを示した。

(3) 時系列解析法による比抵抗分布のモニタリングを行い、薬液注入範囲をリアルタイムで把握する方法を提案した。飽和砂地盤内に薬液と同程度の比抵抗を有する 3%の塩水を注入する模型実験により適用性を検討した結果、地盤が均質なケースと塩水の浸透を妨げ

る障害物を有する不均質なケースの両者において時系列解析法による比抵抗分布は実測値とよく一致しており、提案した方法が施工中の薬液注入範囲の把握に有効であることを示した。

(4) 時系列解析法による比抵抗分布のモニタリングを行い、水みちが潜在する改良体の漏水箇所である水みち末端位置を検出する方法を提案した。塩水トレーサを用いた土槽実験により適用性を検討した結果、比抵抗トモグラフィで検出不可能な細い水みちであっても、比抵抗分布をリアルタイムモニタリングすることにより、電極間隔の 2 倍程度以内の誤差で、水みち末端位置を検出できることを示した。さらに、様々な地盤物性に対して数値実験を実施することにより、提案方法が適用できる透水係数の範囲を明らかにした。

以上要するに、本論文は、比抵抗分布のリアルタイムモニタリングにより、施工中の薬液注入範囲の把握方法と、施工後の水みち末端位置の検出方法を提案したものであり、地盤工学分野における貢献は極めて大きい。

よって、本論文は、博士（工学）の学位を授与するに十分な価値を有するものと認められる。