

氏名	やまもと しんや 山本 眞哉
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	工博第2303号
学位授与の日付	平成15年7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	深部地質環境評価のための合理的な地質モデルの構築法に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 青木謙治 教授 齋藤敏明 教授 松岡俊文

論文内容の要旨

高レベル放射性廃棄物の地層処分場の安全評価及び設計においては、処分サイトにおける地質環境の把握と変動の予測、処分坑道周辺の水理学的特性ならびに掘削影響領域(EDZ)の力学的特性の評価など大深度地下における地質環境の評価とモデル化を高精度かつ合理的に行わなければならない。本研究は、大深度地下における合理的な地質モデルの構築法の提案を目的とした研究成果をまとめたものであり、序論、結論を含め6章から構成されている。

第1章は序論であり、研究の背景としての高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全評価にあたっての課題を説明し、それぞれの課題を解決するために重要な深部地質環境の評価のための合理的な地質モデルの構築の手法を明らかにし、本研究の目的と内容の概要を記述している。

第2章では、本研究に関連する既往の研究について調査し、本研究の位置付けを明確にすると共に、主要なツールとして、自然界における空間データの取得・解析・可視化を行うための地球情報学(Geoinformatics)的手法のうち、地球統計学ならびに地理情報システム(GIS:Geographic Information System)について詳細に研究動向を分析評価している。さらに、高レベル放射性廃棄物の地層処分場の安全性確保に対して、支配的な影響を及ぼす処分坑道周辺の掘削影響領域の力学的評価ならびに水理学的評価に関する研究について現況を分析している。

第3章では、坑道掘削に伴って発生する掘削影響領域の高精度な推定とともに、坑道周辺地山の力学的な物性値を定量的に評価するための力学的地質モデルの構築法を提案している。岩盤評価の為の物性値は、TBM機械データおよび削孔検層データから算定した岩盤強度および掘削体積比エネルギーを用い、データの空間分布を予測・評価するため地球統計手法を利用して、①データの空間構造のモデル化(球型バリオグラムモデル)、②データの空間分布の推定(通常型クリギング)、③不確定性の評価(逐次インディケータシミュレーション)によって合理的な力学的地質モデルを構築する方法について論じている。

提案した手法の適用性を検証するために、実際のトンネル現場で得られたTBM機械データ・削孔検層データ・地質観察結果を用いて検討を行い、実測結果との対比により明瞭なコントラストで断層破碎帯部などの脆弱部を特定できることを確認している。さらに、通常型クリギングと逐次インディケータシミュレーションによる推定結果の比較を行い大局的な傾向の評価には通常クリギングの推定結果を用いるのが至便であるが、推定値の不確定性を評価するには、逐次インディケータシミュレーションが有効であることを明らかにしている。

第4章では、掘削影響領域周辺の水理地質構造評価の為、クロスホール透水試験から得られる水頭拡散率を用いて、水理学的地質モデルを合理的に構築する方法を提案している。この手法は、まずクロスホール透水試験により水圧の経時変化を測定し、注水区間と各観測区間との間の水頭拡散率を算出し、多次元尺度構成法(MDS)と空間補間法(逆距離補間法)を用い水理地質構造のイメージングを行うものである。提案した方法の妥当性を検証するために、高透水層が存在するいくつかの水理地質構造モデルを用いたシミュレーション(数値実験)を行い、各種の水理地質構造を適切に再現できることを

明らかにすると共に、実際の岩盤を対象としたクロスホール透水試験結果を用いて水理地質構造を評価し、比抵抗トモグラフィにより判明した地質構造と対比することによって、その有用性を確かめている。

第5章では、時間的・空間的変動を有する多量の地質環境データを対象として、これらを統合して体系的に評価することが可能な深部地質環境評価システムを、地理情報システム（GIS）を用いて構築する手法について論じている。構築したシステムは、地理情報システムによって、計測結果（多変量時空間データ）や施工情報（3次元空間データ）など様相の異なるデータセットを統合して、体系的に取り扱うものである。このような統合地質環境評価システムを実際の地下発電所空洞掘削時のデータを用いて空洞周辺掘削影響領域（EDZ）の評価に適用した結果、EDZ形成のメカニズム、地質構造との関連性、各種の計測方法の検知精度などを判定できることを明らかにしている。

第6章は本論文の結論であり、深部地質環境評価のための合理的な力学的、水理学的地質モデルの構築法についての理論的、実証的な研究成果を要約し、提案した統合地質環境評価システムの今後の活用の方向性を示している。

論文審査の結果の要旨

大深度地下における地質構造は、岩盤内構造物の力学的挙動ならびに地下水の水理学的挙動に対する支配的な要因となる。特に深部地質環境の合理的な評価のためには様々な地質情報に基づく高精度の地質モデルの構築が不可欠である。本論文は、特に高レベル放射性廃棄物の地層処分における最重要課題である大深度地質環境の評価を目的として、時間・空間的広がりを持つ様々な地質データから Geoinformatics（地球情報学）の概念に基づいた合理的な地質構造モデルを構築するために行った研究成果をとりまとめたものであり、得られた主な結果は以下の通りである。

1. 岩盤の力学的特性を評価する手段として、実際のトンネル掘削時に得られた削孔検層、TBM機械データなど、調査、施工の進展と共に逐次増加する地質情報を用いて、岩盤強度などの力学的パラメータを予測し、力学的地質モデルを構築した。Krigingおよび Sequential Indicator Simulation による推定により、多くの推定値マップを作成し、実測の岩盤強度との対比により、予測精度の検証を行った結果、上記の地球統計手法により構築した地質モデルの妥当性を確認した。
2. 岩盤の水理地質構造を高精度に把握するため、クロスホール透水試験の概念を再構築し、地球物理学的なトモグラフィ手法とは異なる新しい観点から、多次元尺度構成法（MDS）によるイメージング手法を提案した。この手法により卓越した透水経路を伝搬する地下水の水圧応答値から、高精度の水理地質モデルの構築を行い、実際の試験により得られた水頭拡散率の調査結果などとの対比によりこのようなイメージング手法の有用性を明らかにした。
3. 深部地質環境の評価に用いる統合地質モデルを構築も対し、様々な地質情報をGISにより体系化すると共に、実際の大規模岩盤空間掘削時の実測データを用いて3次元統合地質モデルを構築し、現実の地質構造との対比によりモデルの精度を検証すると共に、GISデータベース上での情報処理により、空洞周辺岩盤の力学的・水理学的な性状の時間・空間的变化の様相を精度よく検知・表現できることを明らかにした。

以上要するに、本論文は高レベル放射性廃棄物の地層処分施設などの重要構造物の設計及びモニタリングにおける深部地質環境の評価のため、多様な地質データに対する情報科学的なアプローチにより、合理的に力学的・水理学的地質モデルの構築が可能となることを明らかにしたものであり、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6月20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。