

氏名	井 尻 裕 二
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3640 号
学位授与の日付	平成 14 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	割れ目系岩盤中の核種移行評価に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 大西有三 教授 嘉門雅史 教授 青木謙治

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、高レベル放射性廃棄物地層処分場の安全評価技術に関するものであり、特に割れ目系岩盤中の核種移行評価手法について論述したものである。本論文は、序論および結論を含めて6つの章から構成されている。

第1章では、既往の高レベル放射性廃棄物地層処分の安全評価の事例に基づいて、割れ目系岩盤中の核種移行評価における問題点として、(1)割れ目トレース長のスケール依存性について評価がなされていないことと、(2)割れ目ネットワーク構造の不均質性が安全評価に反映されていないことを指摘し、本研究の位置付けと目的について記述している。

第2章では、まず、岩盤内の不連続面である亀裂や断層などの割れ目の方向性、大きさ、頻度、空間分布などの幾何学的特性の中でも、割れ目の大きさを表すトレース長は、観察断面の大きさの影響を受けやすく、岩盤内の割れ目の連続性や透水性に及ぼす影響が大きいことを指摘している。そこで、わが国における既往のトンネルや地下空洞の壁面およびダム基礎岩盤など8つの大小様々なスケールで観察された割れ目トレースデータから割れ目トレース長の頻度分布を求めた結果、割れ目トレース長の頻度分布は場所や岩種に関係なくべき乗数が2.0から3.0のべき乗分布に従うことを示している。

第3章では、典型的な割れ目系岩盤である花崗岩を対象として第2章で得られた割れ目トレース長分布(割れ目半径分布に変換)と既往の文献から得られたトレース長分布以外の割れ目特性(方向分布、形状、頻度分布、空間分布、透水量係数分布)に基づいて、一辺100mの不均質な3次元割れ目ネットワークモデルを構築するとともに、構築した割れ目ネットワークモデル内の割れ目の幾何学的特性や割れ目ネットワークモデルの水理特性の妥当性について検討を行っている。その結果、割れ目半径分布のべき乗数が小さいほど、構築した割れ目ネットワークモデル中に大きな割れ目が多くなり、割れ目ネットワークモデルの透水係数は大きく、割れ目ネットワークモデル内の地下水移行時間は小さくなることを明らかにしている。

また、割れ目ネットワークモデル中の割れ目の頻度分布特性や透水係数を花崗岩岩盤での実測値と比較を行った結果、花崗岩中の割れ目の構造や透水性を割れ目ネットワークモデルにより再現できることを示し、割れ目系岩盤のモデル化手法を確立している。

第4章では、第3章で構築した割れ目ネットワークモデルを用いて高レベル放射性廃棄物の地層処分を対象とした不均質な割れ目系岩盤における核種移行評価手法を確立している。すなわち、既往の文献に基づいて核種移行評価に必要な割れ目の開口幅分布、割れ目内の縦方向分散長、割れ目開口部の面積比率、マトリクス拡散深さ、岩石基質特性(有効間隙率、乾燥密度、実効拡散係数)および掘削影響領域の特性(掘削影響領域の幅と透水性)を設定し、構築した割れ目ネットワークモデルをチャンネルネットワークモデルに変換し、ラプラス変換有限要素法を用いて、ブロックスケール領域での不均質な3次元ネットワーク構造中の核種移行計算を実施している。その結果、核種は、不均質な3次元割れ目ネットワークモデル中の流速や移行経路長の異なる様々な経路を移行するため、割れ目系岩盤においては分散効果が大きいことを明らかにしている。また、チャンネルネットワークモデルとラプラス変換有限要素法を用いることによって、不均質な3次元割れ目ネットワークモデル中の数千万年に及ぶ長期の核種移行計算を1核種につき約10分で効率的に解析する手法を確立している。

さらに、ブロックスケール領域での核種移行計算結果に基づいたサイトスケールの岩盤の性能評価計算手法を提案し、その評価結果より、小さな割れ目が互いに連結したネットワーク構造よりも断層や破碎帯などの大きな割れ目構造が処分場全体からの核種移行率に及ぼす影響が大きく、性能評価上は大きな割れ目構造が重要であることを指摘している。

第5章では、第4章の性能評価計算から得られた知見に基づいて、割れ目系岩盤の性能評価における今後の課題としては、断層や断層破碎帯などの大きな割れ目構造の空間分布特性、構造特性およびスケール効果を含む核種移行特性を把握し、決定論的に評価することによって性能評価の不確実性を低減して信頼性を向上させることが重要であることを指摘している。

また、サイト特性調査、処分場の設計および性能評価が密接にリンクした処分概念を構築することが重要であることを明らかにしている。例えば、サイト特性調査や建設時に同定された断層が性能評価上問題となるような場合には、処分坑道の掘削を回避したり、プラグを設置するなど工学的な対策が講じられるような処分概念が必要であることを指摘している。

第6章は、結論であり、本研究により得られた結果を要約するとともに、高レベル放射性廃棄物の地層処分における割れ目系岩盤中の核種移行評価に関する総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、割れ目系岩盤で観察される割れ目トレース長の頻度分布を用いて不均質な3次元割れ目ネットワークモデルを構築する方法を示し、それを放射性廃棄物地層処分の岩盤性能評価へ適用した研究をまとめたものである。それらの概要は以下のとおりである。

- 1) トンネル壁面やダム基礎岩盤など8つの大小様々なスケールで観察された割れ目トレース長データに基づいて割れ目トレース長の頻度分布を解析し、割れ目トレース長の頻度分布が、場所や岩種に関係なくべき乗数が2.0から3.0のべき乗分布に従うことを明らかにした。
- 2) 得られた割れ目トレース長の頻度分布と既往の文献に基づいて、わが国の花崗岩を対象として一辺100mの割れ目ネットワークモデルを構築し、その幾何学的特性と水理特性について評価した。その結果、割れ目トレース長の頻度分布のべき乗数が小さいほど、割れ目ネットワークモデル中には大きな割れ目が多くなり、それにつれて割れ目ネットワークモデルの透水係数は大きくなり、モデル内の地下水移行時間が小さくなることを示した。また、本研究によれば花崗岩中の割れ目の構造や岩盤の透水性を割れ目ネットワークモデルにより再現できることを明らかにした。
- 3) 構築した割れ目ネットワークモデルをチャンネルネットワークモデルに変換し、ラプラス変換有限要素法を用いて、ブロックスケール領域での不均質な3次元ネットワーク構造中の核種移行計算を行う方法を開発した。また、不均質な割れ目ネットワーク構造においては、流速や移行経路長が異なる様々な経路を移行するため、割れ目系岩盤における分散が大きく影響することを明らかにした。
- 4) ブロックスケール領域での核種移行計算結果に基づいて、高レベル放射性廃棄物地層処分場を対象としたサイトスケールの岩盤の性能評価計算を実施した結果、小さな割れ目が互いに連結したネットワーク構造よりも断層などの大きな割れ目構造の方が、処分場全体からの核種移行率に及ぼす影響が大きいことを明らかにし、性能評価上は大きな割れ目構造が重要であることを示した。
- 5) 以上の評価結果にもとづき、今後は断層や断層破碎帯などの大きな割れ目構造の空間分布特性、構造特性、さらに核種移行特性を把握し、大きな割れ目構造を決定論的に取り扱うことによって性能評価の不確実性を低減し信頼性を向上させることが重要であることを提案した。

以上要するに本論文は、今後建設される高レベル放射性廃棄物地層処分場の安全評価に不可欠な割れ目系岩盤中の核種移行評価手法を確立するとともに、安全評価に係わる今後の課題を指摘した研究であり、学術上、実際上寄与することが少なくない。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14年1月21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。