

氏名	ひびやけいすけ 日比谷 啓 介
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	論工博第3639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	岩盤空洞周辺の水理地質構造の評価技術に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 足立紀尚 教授 大西有三 教授 青木謙治

論文内容の要旨

地下水挙動評価手法としての数値解析手法の進展にはめざましいものがあるが、解析に必要な水理物性を決定する調査試験法や解析結果を検証する試験技術の立ち遅れはいなめない状況にある。本論文は、地下水制御を目的とする水理地質構造評価技術の開発に関する研究成果をまとめたもので、序論・結論を含め7章から成っている。

第1章は、序論であり岩盤内の地下水挙動が支配する岩盤内構造物を建設する際に必要な岩盤の水理地質構造調査技術がいかに立ち遅れているかを論じ、本研究の目的と内容の概要を示している。

第2章では、岩盤の水理地質構造評価のための調査技術をその具体的な目的に応じて広域 (Regional scale)、構造物規模 (Site scale)、局所 (Block scale) に分類し、それぞれに有望な技術を原位置に適用することによって各々の性能を調査している。すなわち、広域とは、構造物全体を含みさらに構造物の建設・稼動による地下水の影響が及ぶ範囲を対象としている。また、構造物規模とは、構造物の大きさに見合った、構造物の建設によって周辺の岩盤に与える水理的擾乱を未然に防ぐための対策の立案等に生かされる情報を収集する領域である。局所は0 m からせいぜい 20 m 程度といった、不連続面の影響を考慮した水理物性の把握を目的とする調査で対象とする範囲である。本研究で対象とした具体的な調査手法は、広域水理地質構造評価技術として地球化学的地下水調査法、構造物規模の水理地質構造評価技術として比抵抗トモグラフィー探査技術および電磁波トモグラフィー探査技術、また局所水理地質構造評価技術としてはサイナソイダル試験法である。

第3章では、地球化学的地下水調査法が、広域を対象とする調査法として他に代替法を見出すことが困難であるという意味で唯一に近い調査法であることを論じ、2箇所の花崗岩からなる岩盤を対象に原位置実証実験を行っている。その結果、採取した地下水の主要化学イオンの多変量分析により地下水が涵養されてからの時間経過の長短を判定できること、地下水の酸素および水素の安定同位体の高度効果に着目することで地下水の涵養域が把握できること、また上述の2項目に基づき総合的に判断することで岩盤内の大局的な地下水流動形態を確認できることを実証している。

第4章では、構造物規模の調査技術として、複数孔井間の岩盤の構造調査を目的とするジオトモグラフィーが、情報を伝達する媒体によって分類され、弾性波トモグラフィー、比抵抗トモグラフィー、電磁波トモグラフィーが実用化されているが、さらなる改良の必要性を述べている。すなわち、本研究においては、不連続面を含む部分では弾性波速度が小さいこと、不連続面中の地下水の比抵抗が岩石実質部の比抵抗とコントラストを有すること、さらに誘電率も大きなコントラストを有することを利用した、弾性波トモグラフィー、比抵抗トモグラフィーおよび電磁波トモグラフィーを適用することによって、詳細な地下水の胚胎状況に関わる情報を入手できることを明らかにしている。また、水理的にアクティブな不連続面の調査法として、岩盤中に塩水を注入しての比抵抗トモグラフィー法を提案し、実施することにより水みちのイメージを可視化できることを確認してその性能を検証している。ついで、電磁波トモグラフィーは、100 MHz オーダーの高周波帯を用いているため分解能が高く、不連続面の構造を細部まで調査できることに基づく、岩盤の間隙率分布の測定法を提案し、その性能を検証するとともに電磁波トモグラフィーの減衰が大きいという欠点を解消するため、連続波で信号を発信する装置を開発して、測定範囲を1 オーダー拡大することに成功している。

第5章では、局所水理地質構造評価技術として高度なクロスホール透水試験であるサイナソイダル試験法を詳細に検討することにより、理論上の解析解の条件を理想的に満たす試験装置をはじめて開発するとともに、この装置を用いた室内試験、原位置試験を実施している。その結果、不連続面が主な透水経路となる岩盤では、求められる水理物性にスケール効果があることを明らかにしている。すなわち、同じ不連続面でもフラクタル次元は構造物のスケールによって異なること、またサイナソイダル試験がスケール効果に関わる情報を提供すること、さらに不連続面のフラクタル次元が流れの次元と等価であることを明らかにしている。

第6章では、実原油地下備蓄基地の岩盤タンク空洞建設において実施した大規模な地下水制御を目的とする水理地質構造の調査について記述している。本基地では175万klの原油を水封方式によって備蓄するため、建設時から岩盤の地下水挙動に留意しながら施工を進める、地下水制御を目的とした世界にも例をみない情報化施工システムを構築している。すなわち、水封原理に基づく備蓄方式が機能するように、備蓄タンク空洞の掘削に伴って出現する過大湧水ゾーンに対して効果的な止水を行うため、掘削前に当該ゾーンを推定することを目的として、前述の広域、構造物規模ならびに局所水理地質構造の調査を実施し、それらの有用性を実証している。

第7章は、結論であり、本研究により得られた結論を要約するとともに今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、岩盤内の地下水挙動が機能を支配する岩盤構造物を建設する際に重要な岩盤の水理地質構造評価技術を室内実験および原位置試験等により詳細に検討し、評価技術の確立に関する研究成果をまとめたもので、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 岩盤の水理地質構造評価のための調査技術を、目的に応じて広域 (Regional scale)、構造物規模 (Site scale)、局所 (Block scale) に分類し、原位置試験等によりそれらの性能を調査することで、それぞれに有効な技術を提示している。
2. 広域を対象とする地球化学的地下水調査法の適用により、採取した地下水の主要化学イオンの多成分分析により地下水が涵養されてからの時間経過の長短を判定できること、地下水の酸素および水素の安定同位体の高度効果に着目することで地下水の涵養域が把握できること、また上述の2項目に基づき総合的に判断することで岩盤内の大規模な地下水流動形態を確認できることを実証している。
3. 構造物規模の調査技術としては、弾性波トモグラフィー、比抵抗トモグラフィーおよび電磁波トモグラフィーの適用によって、詳細な地下水の胚胎状況に関わる情報を入手できることを明らかにしている。また、水理的にアクティブな不連続面の調査法として、岩盤中に塩水を注入しての比抵抗トモグラフィーを提案し、実施することにより、水みちのイメージを可視化できることを確認してその性能を検証している。
4. 局所水理地質構造評価技術としては、高度なクロスホール透水試験であるサイナソイダル試験法を詳細に検討して、理論上の解析解の条件を理想的に満たす試験装置をはじめて開発するとともに、本装置を用いた室内試験および原位置試験を実施した結果、不連続面が主な透水経路となる岩盤では、求められる水理物性にスケール効果があることを明らかにしている。

以上要するに本論文は、地下水制御を必要とする岩盤地下構造物の建設において重要な地下水理物性評価法の開発、進展に貢献する研究であり、学術上、実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14年1月28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、合格と認められた。