

氏 名	もり おか ひろ し 森 岡 宏 之
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3920 号
学位授与の日付	平 成 19 年 1 月 23 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	AE 計測を用いた大規模岩盤空洞の挙動評価及び情報化設計施工システムに関する研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 青 木 謙 治 教 授 大 西 有 三 教 授 松 岡 俊 文

論 文 内 容 の 要 旨

近年、主としてエネルギー貯蔵を目的とする大規模岩盤空洞の、より合理的な設計施工システムの重要性が注目されている。本論文は、岩盤の破壊時における応力状態の変化を AE (Acoustic Emission : 微小破壊音) が鋭敏に示していることに着目し、AE 計測を用いた新しい大規模岩盤空洞掘削時の挙動評価手法を提案すると共に、これらに基づく情報化設計施工システムを構築し、実際の岩盤空洞掘削時の計測データを用いてその実用性を検証した結果をとりまとめたものであり、序論および結論を含め 8 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、本研究の背景としての大規模岩盤空洞掘削における現状の課題を明らかにすると共に、本研究の契機、研究の目的、研究の特長とその意義について述べ、論文全体の概要を記述している。

第 2 章では、従来の大規模岩盤空洞掘削における情報化設計施工技術として、岩盤空洞の設計・解析技術、岩盤の計測技術、計測管理技術および情報化設計施工システムに関する既往の研究成果について述べると共に、本研究で着目した AE 計測に関して、それを利用した研究およびその計測技術に関する既往の研究成果について概括し、現状での課題について分析している。

第 3 章では、実際の大規模地下発電所空洞の掘削時に計測された AE 挙動について概括すると共に、掘削影響領域 (EDZ) の評価に関して空洞周辺の岩盤挙動を予知・把握する手段としての AE 計測の有効性を明らかにしている。

第 4 章では、岩石供試体を用いた高剛性岩石三軸圧縮試験およびそれらの粒状体モデルを用いた個別剛体要素法 (DEM: Distinct Element Method) によるシミュレーション解析を通じて、「AE パラメータ・応力変化・破壊現象の進展過程」相互の関連性を分析することにより、AE 発生数、卓越周波数および m 値の 3 つの AE パラメータによって、岩石の破壊過程を明瞭に評価できることを明らかにしている。

さらに、実際の地下空洞掘削時に原位置で計測された岩盤内応力などの計測結果と AE 計測結果を比較し、原位置岩盤内での応力状態の変化と AE 挙動の関連性について分析を行い、空洞周辺の岩盤挙動の評価手法としての適用性を確認している。

また、岩石の微視的な破壊の進行を破壊メカニズムに関する解析手法として、粒状体モデルを用いた個別剛体要素法 (DEM) の有効性を確かめている。

第 5 章では、原位置で計測された AE 挙動と数値解析による応力変化を対比・分析することにより、空洞掘削時の周辺岩盤における応力経路は、AE の発生との関連で幾つかの典型的なパターンに分類できることを見い出し、空洞周辺岩盤における掘削の進行に伴う AE 発生数の変化は、AE 発生およびその進展に関わる応力レベルとスポーリング限界を設定することで、空洞周辺応力経路上の破壊挙動と関連付けて、定量的かつ明確に解釈できることを明らかにしている。

第 6 章では、空洞掘削時の挙動解析精度の向上を目的とした新たな解析スキームとして、原位置 AE 計測データを用いて空洞周辺岩盤の強度定数を同定する逆解析手法を提案すると共に、掘削影響領域 (EDZ) を高精度に評価する個別剛体要素法 (DEM) と有限差分法 (FDM: Finite Difference Method) のカップリングによる予測解析手法を構築している。

逆解析手法については、岩盤からの AE の発生がピーク強度に至る前段階でのマイクロクラックの発生や成長といった微視的な岩盤の破壊メカニズムを反映し、その AE 発生応力レベルが岩盤の一軸圧縮強度 σ_{cm} の関数として定量的に表わされることに着目して、原位置での AE 計測データから岩盤強度定数を同定する手法としてとりまとめると共に、実際の空洞掘削時に取得した原位置 AE 計測データを用いてその有用性を検証している。

第 7 章では、以上の研究成果を整理・統合し、大深度に建設される大規模岩盤空洞の設計・施工への適用を念頭に置いた、AE 計測と岩盤応力変化を基準とする新しい情報化設計施工システムを体系的に構築し、その実用性について示している。

ここで構築した情報化設計施工システムは、調査・試験サブシステム、基本設計サブシステム、計測計画サブシステム、情報化設計施工サブシステムの 4 つのサブシステムによる構成となっており、実際に地下発電所大規模岩盤空洞の掘削に適用することによって岩盤の破壊メカニズムを考慮した合理的な設計施工システムとしての有用性を確かめている。

第 8 章は本論文の結論であり、本研究により得られた成果を要約すると共に、今後の大規模岩盤空洞掘削への適用に関する展望について示している。

論文審査の結果の要旨

大深度岩盤内の空洞掘削に伴う周辺岩盤の力学的、水理学的挙動の解明には、掘削影響領域（Excavation Damaged Zone, EDZ）の評価が支配的な原因となる。本論文は空洞掘削時の微小破壊音（AE）計測による、EDZ の形成メカニズムの解明とそれらに基づく新しい情報化設計施工システムの体系化を目的とした研究成果をまとめたもので、今後のエネルギー備蓄施設、高レベル放射性廃棄物地層処分施設などの大深度岩盤空洞の合理的な設計に対する、多くの新しい知見を与えている。本研究により得られた主な成果は以下のように要約される。

- (1) 高剛性岩石三軸圧縮試験および粒状体モデルを用いた個別剛体要素法（DEM）によるシミュレーション解析を通じて、AE パラメータと岩石の破壊進展過程の関連性を分析・解明すると共に、微小破壊音（AE）に着目した新しい AE 計測システムを提案している。さらに実際の岩盤空洞掘削時の計測により AE 発生源が空洞壁面浅部から深部に移行する過程を詳細に捉え、地圧変化の計測結果との対比により掘削影響領域の形成メカニズムを明らかにした。
- (2) AE 発生応力レベルとスポーリング破壊限界の概念に基づき、原位置 AE 計測データから空洞周辺の岩盤強度定数を同定する逆解析手法を提案すると共に、掘削影響領域（EDZ）を高精度に評価する DEM/FDM カップリング解析法を新たに構築し、原位置計測データを用いてその有用性を明らかにした。
- (3) これらの掘削影響領域の計測ならびに解析手法を適用し、掘削過程における応力変化及び岩盤応力再配分のプロセスに着目した設計規範を提示し、実測データによってその妥当性を検証すると共に、空洞周辺応力評価に基づく新しい情報化設計施工システムを構築した。

以上、要するに本論文は岩盤空洞周辺の掘削影響領域の性状とその形成メカニズムを多くの原位置計測結果により明らかにし、主として微小破壊音（AE）に着目した合理的な計測・評価手法ならびに、応力再配分過程を考慮した解析手法を提案し、それらの有用性を実証したもので学術上、実際に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 18 年 11 月 17 日、論文内容とそれに関連した事項についての試問を行った結果、合格と認めた。