

氏 名	まえ じま とし お 前 島 俊 雄
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3700 号
学位授与の日付	平 成 15 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	大規模岩盤空洞の情報化設計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 齋 藤 敏 明 教 授 大 西 有 三

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、揚水式地下発電所などの大深度で高地圧下に建設される大規模岩盤空洞の合理的な設計システムの体系化を目的とした研究成果をとりまとめたもので、序論および結論を含め7章から構成されている。

第1章は序論であり、大規模岩盤空洞を合理的に建設するためには、掘削に伴う周辺岩盤の応力変化やゆるみ領域に着目した設計ならびに計測管理のシステムを構築することが重要であることを論じ、本研究の目的と内容の概要を示している。

第2章では、従来の大断面岩盤空洞建設に関する技術として、空洞の基本計画、岩盤の調査・試験、空洞の安定性評価および解析・設計、計測管理に関する研究成果を概観し、課題を抽出すると共に、本研究の目的・位置付けを明確にしている。

第3章では、地下空洞の掘削に伴うゆるみ領域の形成とその解析手法について、亀裂性岩盤内に建設された発電所空洞で実施した AE 計測や岩盤応力測定などの計測データにより、ゆるみ領域の発生・進展のメカニズムを考察するとともに、空洞周辺のゆるみ領域に対する解析手法として、応力再配分過程を考慮したひずみ軟化解析を適用することが適切であることを示している。

第4章では、原位置において併設空洞を掘削し、ピラー部の岩盤挙動を詳細に計測し、応力再配分を考慮したひずみ軟化解析による岩盤ピラー部の応力状態と比較検証することによってこの解析手法の適用性を確認している。次に、PS アンカーの導入力による岩盤への拘束効果が、空洞周辺岩盤の応力集中域において、破壊に達するまでの岩盤の支持力を大幅に増加させることを実測データから論じ、ひずみ軟化解析により予測した応力集中域に PS アンカーを重点的に配置することにより、ゆるみ領域の進展が効果的に抑制されることを明らかにしている。さらに、3次元解析により岩盤ストラット部の形状を適切に設計することにより、岩盤ストラット近傍のゆるみ領域が抑制されることを示している。以上の結果から、空洞掘削に伴う周辺岩盤の応力変化やゆるみ領域を把握する設計及び計測管理システムを新たに構築し、AE、応力及び不連続面の挙動の計測結果を用いたひずみ軟化解析による情報化設計システムを提案している。

第5章では、高地圧下の地下発電所大規模岩盤空洞の建設時に、情報化設計システムを適用した結果について論述している。建設地点の地質と岩盤特性を分析し、空洞形状とレイアウトならびに、ひずみ軟化解析を用いた支保設計により PS アンカーを応力集中域に重点配置した支保パターンを設計し、さらに、AE 並びに応力の計測を自動化することにより、地質や初期地圧などの不確実性に対する最適設計修正を行なえる情報化設計システムの構築を行なっている。次に、これらの情報化設計システムを適用した実績として、空洞周辺岩盤の AE や応力などの計測結果を分析することによりゆるみ領域の進展挙動ならびに3次元形状効果などを確認している。掘削時の岩盤挙動に対する不連続面の影響についても、異方性パラメーターを用いて支保効果を考慮したひずみ軟化解析による逆解析により、岩盤応力やゆるみ領域の形状メカニズムを確認し、掘削完了時の挙動を予測することで支保設計を合理的に修正することに成功している。

第6章では、情報化設計システムを適用した成果を総合的に評価して、AE 計測や応力測定などからゆるみ領域の発生・進展のメカニズムを明確にし、さらに、適切な支保設計修正によりゆるみ領域の進展が抑制される効果について確認している。逆解析により算出した不連続面の物性を用いたひずみ軟化解析による空洞の挙動予測結果は、空洞掘削完了時の周辺岩

盤の応力やゆるみ領域の実際の挙動とよく対応することを確認し、支保の効果を考慮したひずみ軟化解析による設計手法の妥当性を検証している。また、岩盤ストラットによる3次元形状効果を支保設計に反映する手法についても実測値との対比によりその妥当性を示している。以上の結果 AE 及び地圧の計測と、変位等の岩盤挙動の計測結果を最大限に活用した従来にな情報化設計システムを構築し、その有効性を実証している。大規模岩盤空洞の設計システムの体系化に成功している。

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、今後の展望について言及している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、揚水式地下発電所などの大規模な岩盤空洞を合理的に建設するための設計及び計測管理システムの体系化を目的とした研究成果をとりまとめたもので、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 大規模岩盤空洞掘削に伴う空洞周辺のゆるみ領域について、地下発電所空洞掘削時に計測した AE 発生数・周波数ならびに岩盤応力測定結果などを総合的に分析し、掘削に伴う応力再配分により応力集中域が空洞側壁近傍から深部に進展するメカニズムを明らかにした。
2. 空洞の支保としての PS アンカーによる岩盤の拘束効果が、掘削に伴う空洞周辺の応力集中域における岩盤の支持力を大幅に増加させることを実測結果から明らかにし、応力集中域に PS アンカーを重点的に配置することによって掘削時のゆるみの進展を効果的に抑制できることを示した。この結果を実際の発電所空洞の設計・施工に適用し、空洞掘削に伴う周辺岩盤の応力、変位、AE などの計測データからゆるみ領域の抑制効果を確認すると共に、不連続面の挙動を考慮したひずみ軟化解析による逆解析によって掘削時の岩盤挙動を適確に評価できることを実証した。
3. 空洞内の岩盤ストラット部近傍においては、空洞の形状効果によりゆるみ領域の進展が抑制されることを3次元解析ならびに実測結果から確認すると共に、この効果を評価するための解析モデルを提案し実測結果によってモデルの妥当性を確認した。
4. 空洞掘削時の計測管理手法としての AE 計測について、発電所空洞掘削に適用し、応力測定などの実測結果との総合的な評価を行い、AE 発生数と周波数の変化が岩盤の力学特性の変化と対応することを明らかにし、岩盤内でのゆるみ現象の発生・進展を迅速に把握する手段としての有用性を確認した。
5. 様々な不確定性を内在する岩盤内大空洞の掘削に対する新しい設計・計測管理システムを構築し、実際の建設時に適用することで、計測情報を最大限に活用した空洞設計の合理化を図ると共に、当システムの有用性を実証した。

以上、要するに本論文は大深度かつ高地圧条件下に設けられる岩盤空洞の、掘削に伴う空洞周辺地圧の再配分過程に着目した合理的な設計及び計測管理の手法を提案し、最適な支保設計を可能とする設計システムとしての有用性を実証したもので、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14年12月18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。