

地下発電所空洞の 建設に伴う技術開発

天井アーチ、アンカーの
合理的設計をめざして

(奥美濃水力建設所 設計課)

Technical Development Involving a Cavern for Underground Power Stations

Toward a Rational Design of Ceiling
Arches and Anchors

(Okumino Hydro Power Plant Construction
Office, Design Section)

地下発電所のような大規模地下空洞の建設にあたっては、側壁を押えるPSアンカーやロックボルトなどの設計をはじめ、空洞自体の安定性などに最新の技術を用い検討を行っている。しかし、掘削に伴って生じる岩盤のゆるみなどの空洞周辺岩盤の挙動は、そのサイトの地質や空洞形状によって大きく支配される。そこで、地下空洞の安定解析精度を高めるため岩盤の変位やゆるみなどの計測を行ない、設計技術の向上に取組んだ結果、PSアンカー量やアーチ覆工費の低減を図ることができた。今後はさらに地質や空洞形状の異なるサイトへの適用性を検討する予定である。

When constructing a large scale underground cavern such as an underground power station, the latest technology is used to study the design of PS anchors and bolts to support side walls and the stability of the cavern itself. However, the behavior of the rock around the cavern including the relaxation of the rock resulting from excavation is significantly dominated by the geology of the site and the configuration of the cavern. Therefore, we measured the displacement and relaxation of the rock to improve the stability analysis precision of the underground cavern and addressed enhanced design techniques. As a result, we could reduce the number of PS anchors and the construction costs for each building. We intend to further study the adaptability to sites with different geology and cavern configurations in the future.

1 研究の背景と目的

大規模な地下発電所空洞は、当社においては高根第一発電所、馬瀬川第一発電所、奥矢作第二発電所を建設済みであり、現在奥美濃発電所において1～4号機(第1図参照)および5・6号機地下発電所空洞を建設中である。また、全国においても大小合せて40数例が建設されている。

それらの建設に際しては、最新技術を取り入れ、また、施工にあたり各種計測により細心の注意を払いながら空洞掘削やPSアンカーなどによる側壁保護を行っている。しかし、岩盤は節理・破碎帯などの不連続面を多く有していたり、母岩自体の強度も様々であるため、安定解析を精度良く行なうことはなかなか困難である。

そこで、従来では空洞掘削途中から変位やゆるみなどの計測を行なっていたが、より高い精度の解析を目指して第2図に示すように空洞掘削前から調査横坑などの周辺トンネルより計測機器を埋設し、解析に重要となる各種データを収集・分析することとした。また、AE (Acoustic Emission、固体が破壊する際にそれまで貯えられていたひずみエネルギーが解放されて弾性波の生じる現象) やボーリング孔の内側を観察するポアホールカメラなどの最新の計測手法を用い、ゆるみ域の特定や進展する現象の探求を行なった。

さらに、アーチ覆工設計において第3図に示すような従来の不等厚形状から等厚とすることについても検討した。

2 研究の概要

(1) 地下発電所空洞・アーチ形状

空洞形状による岩盤内応力・変位の予測解析を弾性係数の違いや不連続面を考慮するしないなどのケースを想定し、事前解析を行い最適形状を求めた。

また、従来のアーチ覆工形状は、上部からの荷重を支持することに重点をおいて、端部を厚くする不等厚アーチとしていた。しかし、空洞全体の安定という観点からはアーチ端部の切込みの少ない等厚アーチが有効であることが最近の計測事例および事前の検討によ



第1図 地下発電所掘削状況 (1～4号機地下空洞)

り解明できたため、奥美濃水力発電所1～4号機地下発電所に採用し、その妥当性もアーチコンクリート応力計測などにより併せて実証した。

(2) 新しい計測技術の導入

最近、岩盤の挙動（変位やゆるみ）の計測に利用することが検討され始めたAEセンサーを導入することにより、岩盤内のゆるみの進展メカニズムを明らかにした。

また、ボアホールカメラにより、ゆるみが進展する現象を直接捕らえた。（第4図）

(3) 自動計測・処理システムの開発

実際の岩盤の変位やアーチ覆工コンクリートの応力を自動で計測し、図化处理することにより一目で岩盤などの状態が把握でき、またそれらのデータを解析に役立てるシステムを空洞掘削に先立ち構築した。（第5図）

3 研究の結果および効果

(1) アーチ覆工設計における効果

アーチ覆工形状は不等厚より等厚の方が有効であることが実証できたため、今後のサイトにおいても合理的に設計できる。

(2) PSアンカーなどの支保設計における効果

AE計測によりゆるみ域やその進展メカニズムが解明可能である見通しを得たので、今後のサイトにおけるPSアンカーなどの支保設計が合理的に行える。（第6図）

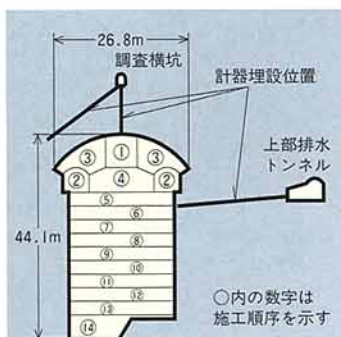
(3) 自動計測・処理システムの導入効果

膨大な計測データを自動計測処理システムでリアルタイムに処理することにより計測要員を削減できた。

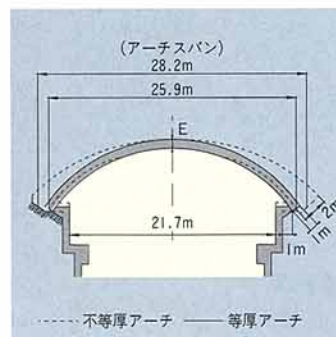
4 今後の展開

空洞建設に伴い、今回得られた諸技術を次期の揚水地点に活用したい。

今後、ますますサイトの岩盤性状が悪くなる可能性



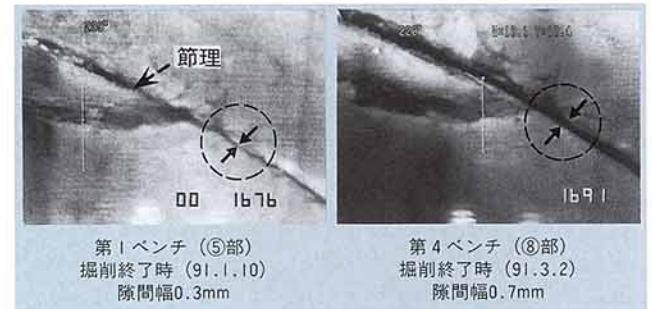
第2図 空洞の掘削順序と計器埋設位置図



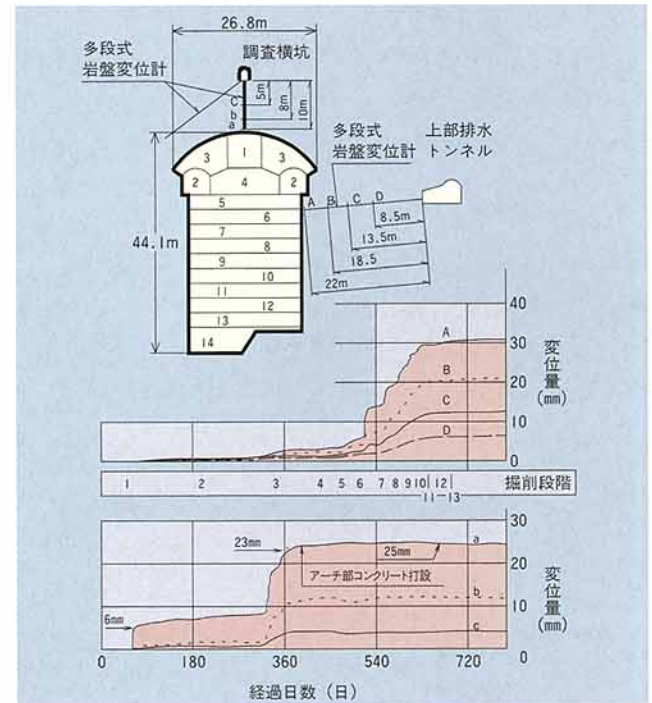
第3図 アーチ形状比較図

は高いため、調査から設計・計測および施工の分野に潜在する課題について更に究明・解決していくことが重要である。

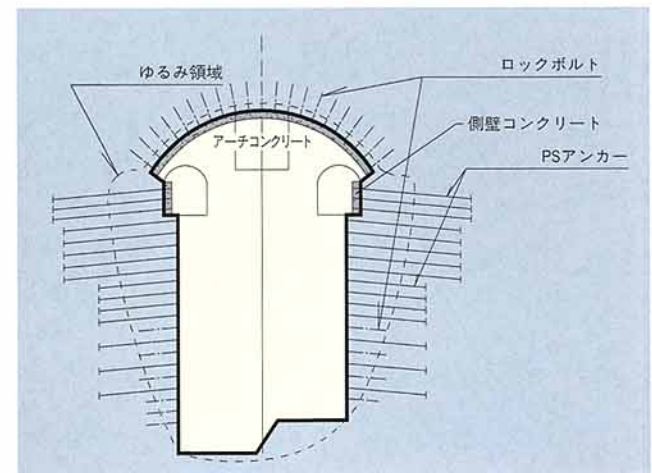
さらに、空洞形状の基準化に取組んだり、機械化施工や新工法・新材料の開発を進めることによりさらなるコストダウンに努めたい。



第4図 ボアホールカメラが捕らえたゆるみの進展状況



第5図 掘削に伴うアーチ及び側壁部岩盤変位の推移



第6図 標準支保パターン(1～4号機地下発空洞)