

孔間弾性波調査による地下発電所周辺岩盤のゆるみ領域について

九州電力(株)小丸川発電所建設所 正会員 日高 英介
 ハザマ 九州支店小丸川作業所 正会員 ○西村 毅
 ハザマ 技術研究所 正会員 前田 信行、蓮井 昭則

1. はじめに

大規模地下空洞の掘削時における周辺岩盤のゆるみ領域を評価するために、孔間弾性波調査を実施した。実施地点は、九州電力(株)小丸川地下発電所空洞であり、空洞アーチ部中央導坑掘削中に水平ボーリング孔を設けて、アーチ拡幅の前後および2リフト掘削後の計3回弾性波調査を行った。また、同時にボーリング孔のボアホールカメラ観察による亀裂の変化状況、および近傍に設置された地中変位計の計測結果と比較して、空洞掘削に伴うゆるみ深さの検討を行った。

2. 調査概要

調査地点は、九州電力(株)が宮崎県木城町に建設中である小丸川発電所の地下発電所本体空洞であり、掘削断面は幅24m、高さ48.1mの弾頭型の形状を有し、長さ188m、掘削量16万 m^3 におよぶ大規模地下空洞である¹⁾。当地点の地質は、節理等の不連続面の発達する C_H 級を主体とする花崗閃緑岩であり、空洞は地下約400m地点に位置する。掘削方法はNATMの考え方に基いて行われ、施工手順としては初めにアーチ部の中央導坑を掘削し、側壁の切上げを行った後、盤下げ掘削を行った。発電所空洞の掘削工事は平成13年4月に開始し、平成15年2月に終了している。

調査は図-1に示すアーチ肩部の側壁面で行われ、まず中央導坑掘削完了時に長さ16mの水平ボーリング孔を1.5m間隔で2本掘削した。ボーリング長16mのうち孔口から8mは側壁拡幅により消滅し掘削前後の比較ができないため、ゆるみ領域の調査対象としたのは拡幅後に残る8m~16mの8m区間である。孔間弾性波の測定方法は壁面に掘削した2本のボーリング孔を用いて、壁面に平行な測線を設定し、それらのボーリング孔間の岩盤の弾性波速度分布を測定するものである。この調査は掘削段階に応じ全部で3回実施した。1回目は中央導坑掘削完了時(空洞幅8m、高さ7.5m)であり、地山の初期状態の調査である。その後2回目をアーチ拡幅完了時(空洞幅24m、高さ7.5m)、3回目を盤下げ2リフト完了時(空洞幅24m、高さ13.5m)に実施した。

ボアホールカメラによる観察は、中央導坑掘削前後と側壁拡幅後の2回実施し、新規亀裂の発生や既存亀裂の開口などの変化を観察した。また、この断面は発電所の情報化施工の計測主断面となっており、地中変位計等の計測機器が重点的に配置されている。弾性波調査と比較した地中変位計は図-1に示すように、発電所空洞に平行して設けた空洞から設置したものであり、アーチ拡幅後に初期値の計測を開始し、その後の盤下げ掘削に伴う変位の発生状況を計測している。地中変位計の測点は、発電所空洞から1, 3, 5, 7, 10, 15mの6点となっている。

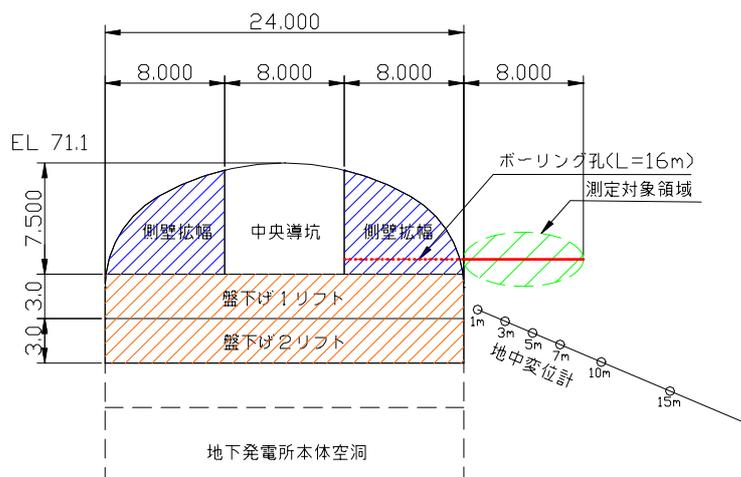


図-1 測定位置断面図

キーワード 弾性波調査、大規模地下空洞、ゆるみ領域、変位測定、BTV

連絡先 〒884-0104 宮崎県児湯郡木城町石河内惣田 ハザマ・熊谷・飛島・鉄建JV TEL.0983-39-1185

3. 調査結果

孔間弾性波調査の結果を図-2 に示す。これは弾性波速度の分布を示したものであり、横軸は拡幅後の空洞壁面からの距離である。中央導坑掘削後の弾性波速度分布は、ほぼ地山の初期状態の弾性波速度であると考えられ、4,200~4,800m/sec の良好な花崗閃緑岩の弾性波速度が得られている。側壁拡幅後の弾性波速度分布をみると、壁面から 1m 以浅では弾性波速度が 20%以上減少している。また、壁面に近いほど速度の減少率が大きく、空洞掘削による損傷度合いが大きい。1m 以深の地点では初期状態とほぼ同様の弾性波速度が得られていることから、アーチ拡幅時点での掘削影響範囲は 1m と判断される。ボアホールカメラによる観察でも壁面から 1m までの範囲で新規亀裂の発生と既存亀裂の開口が見られ、それ以深では変化がほとんど見られないことから、弾性波速度低下域と亀裂変化域がほぼ一致する。

2 リフト掘削後の弾性波速度分布では、速度の低下域は 2つの領域に分けられる。空洞壁面近傍の約 1.5m までの領域とそれから 5.5m までの領域である。前者は、アーチ拡幅時の弾性波速度の低下範囲が拡大した領域であり、後者は弾性波速度が 5~10%低下している領域である。この速度低下の割合の相違は、壁面近傍は発破衝撃による亀裂の発生、開口が著しい発破損傷範囲であり、その外側の領域は掘削による応力解放および応力の再配分により亀裂の開口や密着度が変化した掘削影響範囲と捉えることができる。

また、地中変位の計測結果を図-3 に示す。当該変位計はアーチ拡幅後に設置したものであるため、その後の盤下げ掘削による変位増加を計測している。各測点のうち壁面から 1m 地点が 1, 2 リフト掘削後の変位増加が最も大きく、次いで 2 リフト掘削により 3m 地点が若干増加しているが、5m 以深の測点では変位はほとんど発生していない。これは、発破損傷範囲の変位量が大きく、次に掘削影響範囲で変位が発生し、掘削影響範囲外ではほとんど変位しないことを表している。

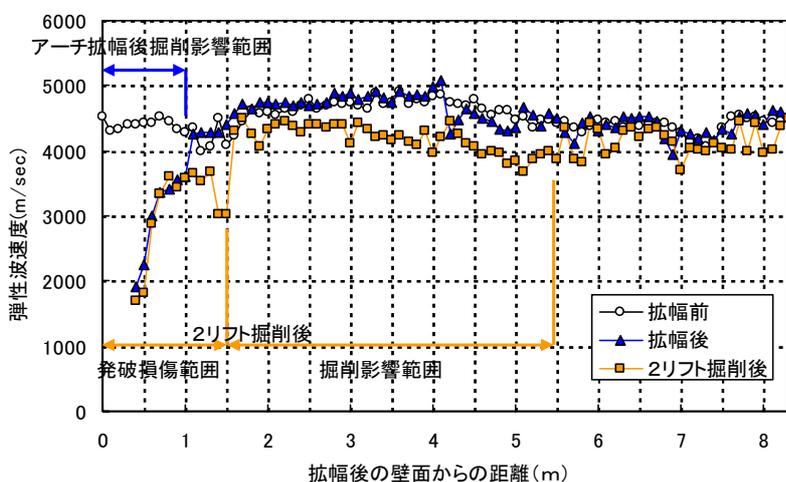


図-2 孔間弾性波測定結果

4. まとめ

大規模地下空洞のアーチ掘削時に、孔間弾性波調査を実施し、ゆるみ領域について以下のような調査結果を得た。

- 1) 2 リフト掘削後におけるゆるみ領域は、発破損傷範囲が壁面から 1~1.5m 程度、掘削影響範囲が 5.5m 程度であった。
- 2) ボアホールカメラによる孔壁面観察結果によれば、弾性波低下が見られた範囲（壁面から 1m 程度）では新規亀裂の発生や既存亀裂の開口が観察された。
- 3) 地中変位の計測結果では、壁面近傍での変位が顕著であり、孔間弾性波調査の結果と一致する挙動がみられた。

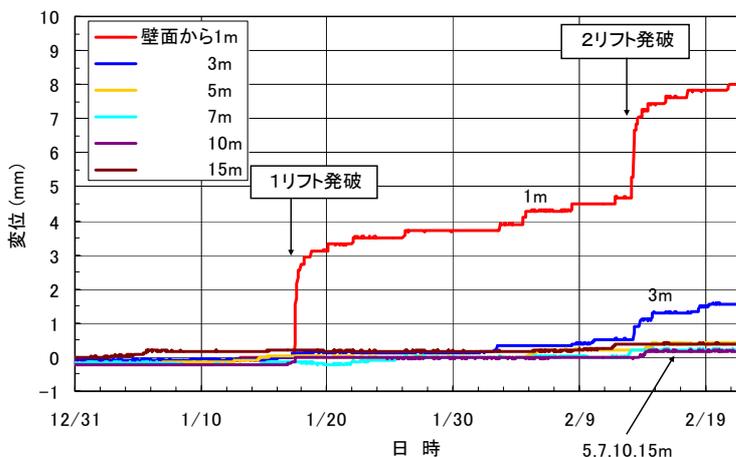


図-3 地中変位計計測結果

参考文献

- 1) 「小丸川地下発電所の設計解析と情報化施工計画」, 電力土木, No. 300, pp114-118, 2002. 7