

斜坑におけるレイズボーラー掘削データによる地山評価について

九州電力(株)小丸川発電所建設所
ハザマ 九州支店

正会員 高森 重治
○ 正会員 三浦 智哉 正会員 河邊 信之

1. はじめに

近年、立坑や斜坑の施工では、掘削の高速化や安全性の向上のために、レイズボーラー工法による掘削が行われている。九州電力(株)が宮崎県木城町に建設中の小丸川発電所における水圧管路下部斜坑掘削工事では、レイズボーラー工法により導坑を掘削した後、発破方式による切詰め掘削により工事を進めている。本斜坑周辺では、ボーリングによる事前調査は実施しているものの、斜坑ルートを直接調査していないことから、レイズボーラー工法による導坑掘削時の地質情報を得ることは非常に重要である。しかし、レイズボーラー工法の場合、掘削面に近づけないために地山状況を目視にて把握することは困難なため、今回レイズボーラー工法で得られた導坑掘削時のデータを分析することにより斜坑の地山性状を概略的に把握し、切詰め掘削における支保パターンの想定を試みた。

2. 斜坑掘削の概要

小丸川発電所は西南日本地質構造区分のうち四万十帯南帯に位置し、新生代古第三紀始新世～漸新世前期の日向層群(砂岩・頁岩)とこれに貫入した新第三紀中新世の尾鈴山酸性岩類の木城花崗閃緑岩が基盤として分布している。このうち水圧管路下部斜坑ルートは花崗閃緑岩の貫入に伴う日向群層のホルンフェルス化が進んだ境界部に位置する。この境界部では調査段階から帯水層からの大量湧水の発生、ホルンフェルス化した脆弱な岩盤面の出現が懸念された。

水圧管路下部斜坑は掘削断面積 17m^2 、延長 140m 、斜坑角度 48° の急勾配斜坑で、先進導坑のレイズボーラーとしては $\phi 2,440\text{mm}$ を採用した。

3. レイズボーラーの施工

レイズボーラーによる導坑掘削はパイロット掘削($\phi 270\text{mm}$)→パイロット拡孔($\phi 350\text{mm}$)→リーミング掘削($\phi 2,440\text{mm}$)の順序で行った。

掘削時のデータはパイロット掘削、パイロット拡孔およびリーミング掘削時に掘進速度、給進力、回転数および回転トルクをコンピューターによりリアルタイムで収集した。また、掘削時には表-1 及び表-2 に示すような掘削管理基準値を設定し、リーミング掘削時にはパイロット掘削時に得られたデータから岩盤が不均一な箇所と考えられる区間においては、特に掘削データに注意し各値が管理基準値内に収まるように制御しながら掘削した。

4. 切詰め掘削における支保パターンの想定

前述したように斜坑掘削にあたっては、ホルンフェルス化が進んだ地質境界部に位置していたため、切羽からの異常出水および天端・切羽の崩落が懸念された。そこで、レイズボーラー施工時に得られた掘削データを分析し、切詰め掘削における支保パターンの想定を試みた。なお、支保パターンとしては表-3 に示すような支保パターンが設定されており、特に境界部の弱層部については注入式フォアポーリング(ウレタン式)を計画していた。

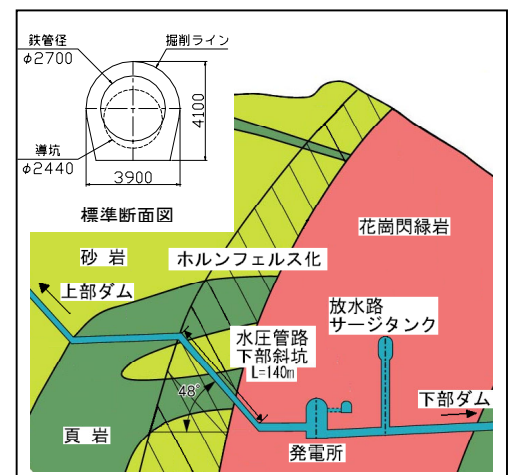


図-1 水圧管路縦断面図

表-1 パイロット掘削時の管理基準値

掘進速度	3～5cm/min
給進力※	200～500kN
回転数	30～55rpm
回転トルク	7～20kN-m

表-2 リーミング掘削時の管理基準値

掘進速度	0.6～1.0cm/min
給進力※	700～1000kN
回転数	7～12rpm
回転トルク	20～40kN-m

※給進力:ビット荷重, ビットを掘削面に押し付ける力

表-3 各種支保パターン

支保パターン	吹付けコンクリート	ロックボルト	鋼製支保工
1	t=10cm	—	—
2	t=12cm	L=2m(1.2mピッチ)	—
3	t=15cm	L=2m(1.0mピッチ)	H100*100

キーワード:斜坑, レイズボーラー工法, 掘削データ, 支保パターン, 注入式フォアポーリング

連絡先: 〒884-0104 宮崎県児湯郡木城町大字石河内字惣田 ハザマ・熊谷・飛島・鉄建JV, TEL0983-39-1185, FAX0983-39-1186

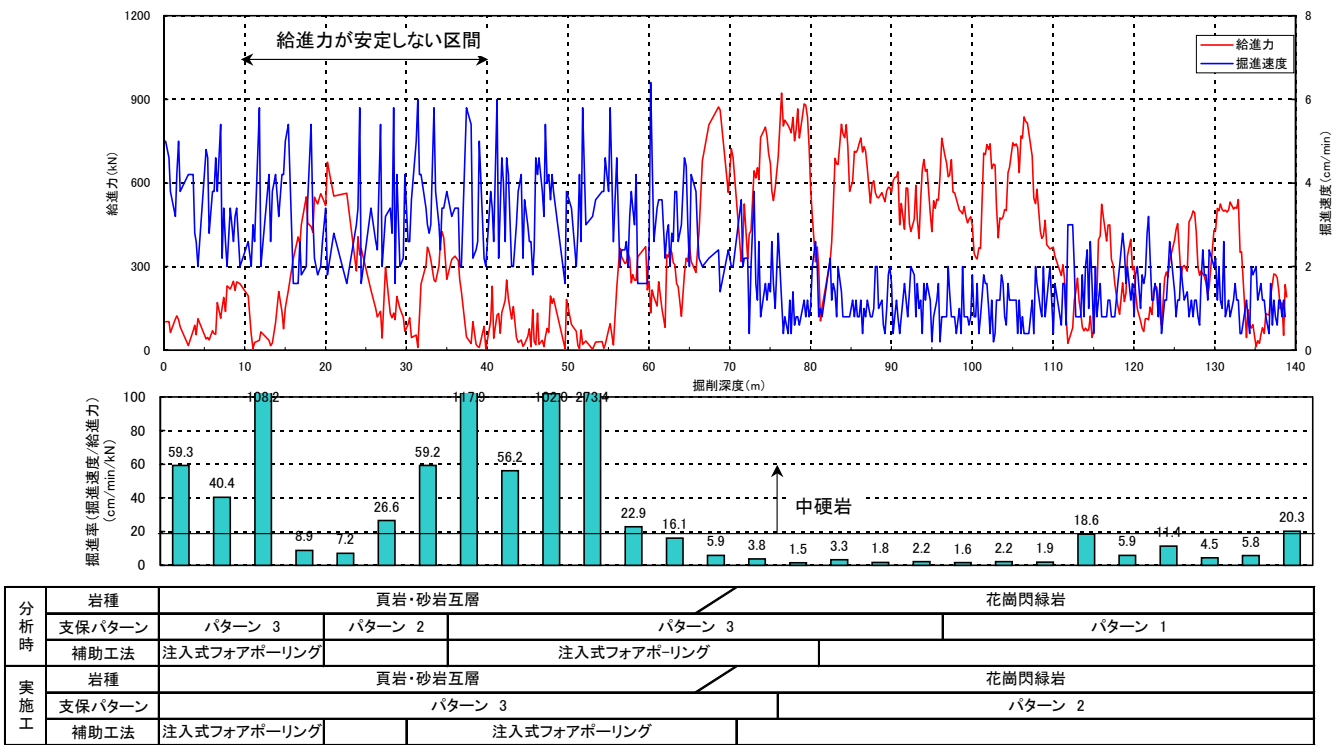


図-2 リーミング掘削データ

図-2 に示すリーミング掘削時のデータから以下のように分析した。

- 掘削深度 65m～70m を境に給進力と掘進速度の関係が逆転しており、同区間が地質境界と予測される。また、掘削深度 0m～65m までは給進力を与えなくても掘進速度が速いため、対象地山は中硬岩（頁岩・砂岩互層）と推測され、掘削深度 70m～140m では給進力を与えても掘進速度が遅いため、対象地山は硬岩（花崗閃緑岩）であると推測される。また図-2 に示す掘削データとは別に、レイズボーラー掘削ずりにおいても地質状況を確認することができた。
 - 掘削深度 10m～40m 区間においては、給進力が安定していないため亀裂が発達した地山状況であると推測される。また図-2 に示す掘削データとは別に、同区間においてリーミング掘削時に回転トルクの上昇が認められた。
 - 掘削深度 95m以降で湧水量が増加しており、地質境界よりも下部側の花崗閃緑岩に帯水層が存在すると予測される。
- 以上の結果から支保パターンとしては掘削深度 70m～140m の花崗閃緑岩を主体とする区間にパターン 1 の支保パターンを配置し、掘削深度 0m～65m の頁岩・砂岩の互層区間においてパターン 2 及び 3 の支保パターンを配置した。また、特に掘進率の高い区間においてはホルンフェルス化により地山が変質していると判断し、補助工法として注入式フォアボーリング（ウレタン式）を設定した。

5. おわりに

今回レイズボーラー工法により得られた掘削データを解析し、支保パターンの想定を行い、切掘り掘削を行った。切掘り掘削時には想定したとおり、掘削深度 65m～70m において地質境界が出現し、花崗閃緑岩部において湧水量の増加が確認できた。また、掘進率が特に高い区間（掘削深度 0m～20m, 30m～70m）では特に地山が脆弱なことを確認したため、注入式フォアボーリング（ウレタン式）を採用した。また、レイズボーラー掘削データから切掘り掘削時の地山評価を行う場合、以下に示す評価方法が適用できると考える。

- 対象地山の種類を想定する場合、掘進率（掘進速度／給進力）に着目し、特に掘進率が高い区間については地山が変質していると考えられる。また、今回の場合、中硬岩と硬岩の境界は掘進率が 20 程度であった。
- 対象地山の亀裂間隔を想定する場合、給進力、回転トルクに着目し、給進力が安定せず回転トルクの上昇がある場合、対象地山は不均一な地山で、亀裂が発達していると判断する。

今後、地下発電所のほか、地下廃棄物処理場、地下エネルギー貯蔵施設などにおいて立坑、斜坑の需要が高まると予想され、安全性、高速掘削に優れたレイズボーラー工法の採用が高まる。今後はレイズボーラー工法で得られた掘削データから岩盤の一軸圧縮強度、弾性係数等、岩盤の詳細な物性値を解析する手法の開発に取り組んでいきたい。