

地下空洞における地山分類に応じた支保パターンの適用について

九州電力

園田 利美津

相良 健一

ハザマ

○正会員

三浦 智哉

正会員

河邊 信之

1. はじめに

線状構造物である山岳トンネルの支保パターンの設計は、複雑に変化する地質状況に対応するため地山分類に応じた支保パターンを設定している。一方、比較的施工延長の短い地下空洞では、地山状況が良好な箇所を選定して計画されることが多いため、当初の支保設計として1パターンであることが多く、掘削時の地中変位計測データ等による情報化施工により、支保を追加していく手法が用いられることが多い。この手法については、最小限の支保で掘削を開始し、必要な箇所に支保を配置することで合理的な一面もあるものの、変位の増加等の変状が見られた場合に、施工が進行して最も効果的な位置での対策工を実施することが難しい場合があるなどの課題を抱えている。特に地下空洞の掘削においては空洞アーチ掘削完了後、盤下げ掘削が中心になるため、高さ方向の制約により最適な位置での支保追加が難しい面も見受けられる。

このような状況のなかで、同一形状の地下空洞を2基掘削する工事において、先行して掘削した空洞の地質状況、支保実績を整理し得られた地山分類に応じた支保パターンを、2基目の地下空洞掘削時に切羽観察結果に基づいて適用した実績について報告する。なお、適用は空洞盤下げ掘削部分において行った。

2. 対象空洞の概要

今回、対象とした地下空洞は九州電力(株)が建設中の小丸川発電所新設工事のうち放水路サージタンク上部水室工事である。当工事は空洞幅 17m、空洞高さ 26m、延長 35m、掘削量 15,000m³の地下空洞を2基掘削するものである。空洞が位置する花崗閃緑岩は一軸圧縮強度 170MPa 程度、岩級としては概ね C_H 級であり、部分的に C_M 級、C_L 級岩盤が介在していた。なお、当初の支保パターンは吹付けコンクリート (t=16cm) + ロックボルト (L=4m, 1.5m ピッチ) であった。また、掘削工法はアーチ部を中央導坑先進側壁切掘工法で掘削後、1 リフト 3.2m を基本とした全 6 リフトの盤下げ掘削を行っている。図-1 に水室部支保パターン図を示す。

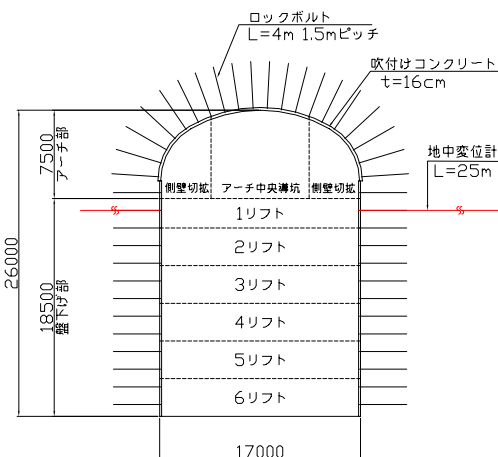


図-1 水室部支保パターン図 (当初)

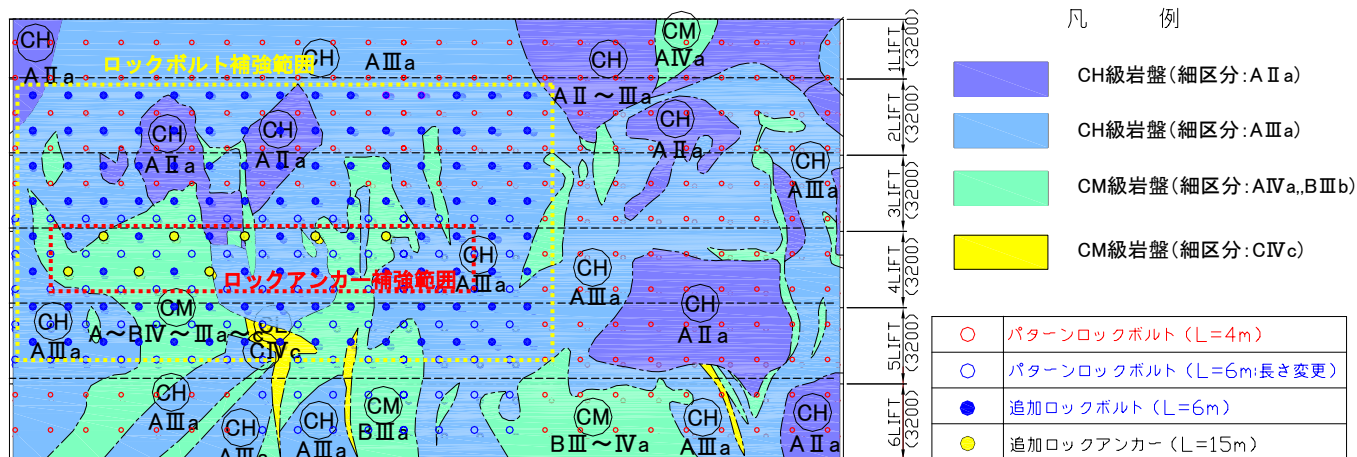
3. 先行空洞掘削工事の施工実績

図-2 に先行空洞の盤下げ掘削時の地質観察結果と支保実績を整理した。空洞の変位状況等は花崗閃緑岩中の節理状態 (割れ目の間隔、割れ目の状態) に大きく影響を受けるため、地山分類については細区分を設けて分類している。なお、支保については、当初の基本支保パターンを施工後、地中変位計、A 計測内空変位測定結果に基づき長尺ロックボルト (L=6m)、対策効果として最も効果の高いロックアンカー (L=15m) の追加打設を実施している。先行空洞の盤下げ掘削時に得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 形状的に空洞側壁上部 (2~3 リフト) あるいは中間部 (4~5 リフト) が最も変位が発生しやすい箇所であり、追加支保もその箇所を重点的に実施している。
- (2) C_H 級で細区分 AⅡa の場合は、当初設計の支保パターンで対応できている。
- (3) C_H 級で細区分 AⅢa においては、長尺ロックボルト (L=6m) の追加を必要としている。
- (4) C_M 級で細区分 AⅣa~BⅢb においては最も対策効果の高いロックアンカーの追加打設を必要としている。

キーワード：地下空洞、支保パターン、地山分類、盤下げ掘削

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



岩盤分類細区分基準表

硬さ		割れ目の間隔		割れ目の状態	
A	極硬	I	50cm以上	a	密着し、新鮮である
B	硬	II	15~50cm	b	面は褐色化している
C	中硬	III	5~15cm	c	割れ目沿いに変質が認められる
D	軟	IV	5cm未満	d	開口している
E	極軟				

図-2 先行空洞側壁部における地質観察結果と支保実績のまとめの一例

4. 地山分類に応じた支保パターンの配置及び施工実績

上記, 先行空洞の施工実績をもとに, 施工位置および割れ目間隔に着目した支保パターンを設定した. 表-1に設定した支保パターンを示す. 2基目の地下空洞については掘削時の切羽観察結果を基に表-1に示す支保を配置した.

表-1 見直し後の水室空洞部支保パターン設定表

施工位置	支保部材	C _H 級		C _M 級
		AIIa	AIIIa	AIVa~BIIIb
側壁部上部 (2~3リフト)	吹付けコンクリート	t=16cm		
	ロックボルト	L=4m, 1.5m ピッチ	L=6m, 1.5m ピッチ	L=6m, 1.5m ピッチ
	ロックアンカー	—	—	(別途検討)
側壁部中間 (4~5リフト)	吹付けコンクリート	t=16cm		
	ロックボルト	L=4m, 1.5m ピッチ	L=4m, 1.5m ピッチ	L=6m, 1.5m ピッチ
	ロックアンカー	—	—	(別途検討)
側壁部下部 (6リフト)	吹付けコンクリート	t=16cm		
	ロックボルト	L=4m, 1.5m ピッチ	L=4m, 1.5m ピッチ	L=4m, 1.5m ピッチ

なお, 図-3に先行空洞および2基目の地下空洞における地中変位計の計測結果を示す. 掘削当初から地山状況に応じた最適な支保を配置することで, 地中変位計の計測データは先行空洞と比べ1/3以下に収まっており, 追加支保も必要としなかった.

5. おわりに

海外の地下空洞においてはQ値を用いた岩盤評価により初期支保設計を行う手法等が行われているが, 国内の地下空洞では切羽での地質観察結果を基に支保パターンを選定している事例は少ない. しかし, 切羽状況に応じ掘削当初の段階で最適な支保を行うことは, 全体としての支保量を低減する可能性があることから, 今後, 適用性拡大に向けて研究を進めていきたい.

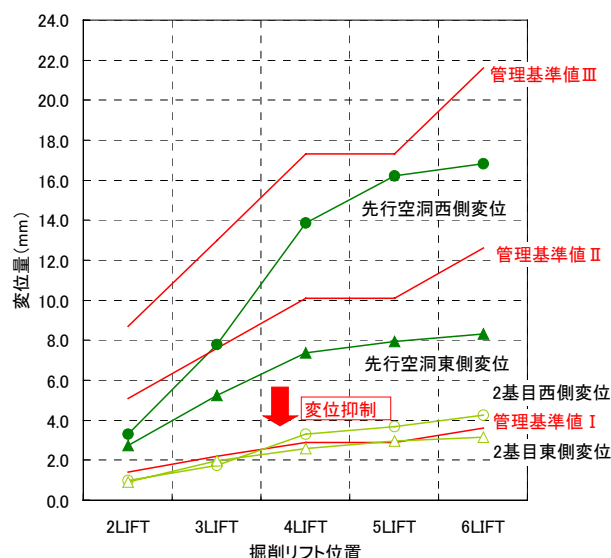


図-3 先行空洞との地中変位結果の比較