

天山発電所上部調整池斜面の安定性

電力中央研究所

北原義浩

1. はじめに

九州電力株式会社は佐賀県松浦郡^{まうらぎ}厳木町に純揚水発電所（上ダムは九州電力建設のロックフィルダム（天山ダム）、下ダムは建設省建設の重力ダム（厳木ダム））の設計・施工を行った。主要構造物の一つである天山ダムの建設地点は三郡変成岩に属する黒色片岩、緑色片岩を主体とし一部にアブライト、蛇紋岩を含む岩盤からなり地形が急峻・狭隘な地点である。このため、ダム調整池容量（300 万 m^3 ）の大半を周辺の山腹を掘削することによって得なければならなかった。電力中央研究所は山腹の掘削を伴う長大斜面の安定性確保に関連して、設計、施工、保守の各段階で技術協力を行ってきた。

以下にその概要を紹介する。

2. 安定性の検討—設計段階—

安定性検討の前提条件は綿密な地質調査によって与えられる地形と斜面内部の岩盤等級の分布図である。これらの結果にもとづいて岩盤の調査試験が行われ（表-1）、その結果を数値解析の入力値として纏めた（表-2）。ここで重要なのは、地質調査

の段階で斜面安定の観点から見て岩盤のどの等級が鍵を握っているかとの指摘と安定解析の観点から必要となる数値として何が要求されているかという2点である。

この地点の場合は岩盤等級としてDおよびC_Lが指摘されたので、岩盤試験箇所の選定に際してはこの2つの等級に相当する場所を優先させた。

また解析手法として有限要素法による掘削過程を模擬した非線形弾性の逐次解析手法と剛体釣合いの仮定による円弧滑り面法とが用いられたので、変形および強度特性が要求された。特に変形特性については、掘削するという工程を除荷時の応力一ひずみ関係から岩盤試験結果を整理する事で対応させた。

安定性の検討は仕上がり斜面の勾配が異なる場合を想定（1:0.5～1:1.5）して行い、以下の結論が導かれた。

- ①掘削時と完成後の水位変動時を含め、深層滑りなどの大きな崩壊の恐れはない。
- ②のり面の勾配との関係はほとんど無い。
- ③掘削中に表面近くが緩んで局部的に崩壊することは予想される。

表-1 岩盤に関する調査試験

調査試験項目	調査試験の内容	数 量
弾性波速度	弘井井、湛水池内の弾性波探査 横坑内P波、S波速度測定	10測線8.5km 横坑 8箇所
ボーリング	コアボーリング	128孔延5,741m
調査横坑	力学試験、原位置密度、透水	31孔延1,869m
R Q D	ボーリングのRQDの調査	92孔分
密度調査	原位置密度、含水比の試験	153試料
一軸圧縮試験	横坑内不攪乱試料に関する試験 ボーリングコアに関する試験	84試料 25試料
三軸圧縮試験	横坑内不攪乱試料に関する試験	35試料
変形試験	横坑内における平板載荷試験	15箇所
剪断試験	横坑内における岩盤剪断試験 横坑内における接触面剪断試験 横坑内におけるカック剪断試験	3箇所 3箇所 1箇所
透水試験	横坑内における透水試験 不攪乱試料による試験 ボーリング孔によるパージ試験	8箇所 9試料 164箇所

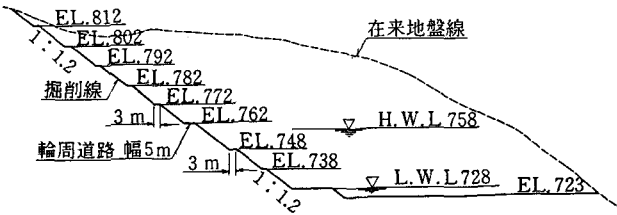
表-2 切取斜面の物性の基準値

場 所 項 目	D級		C _L 級		C _M 級		C _H 級
	全 体	左 岸	右 岸	左 岸	右 岸	全 体	
含 水 比 (%)	22.0	14.5	20.5	7.8	13.4	6.2	
乾燥密度 (g/cm ³)	1.43	1.59	1.46	1.77	1.62	1.82	
C (kgf/cm ²)	0.9	1.2	1.0	2.0	1.3	6.0	
φ (°)	31	35	32	40	40	40	
変形係数 (kgf/cm ²)	300	400	400	1,000	1,000	10,000	

2. 掘削と補強—施工段階—

斜面の基本形状（図－1）を定めるに当たっては、安定は確保されているとの設計段階の提言を受けて、

- ①調整池の所要容量
- ②関連工事の掘削土量
- ③ダム の盛立て所要量
- ④土砂処理場の包容量



図－1 切取斜面構造図(左岸部)

表－3 切取斜面の補強工事および地下水低下工総括表

工 種	単 位	調 整 池 内		2 の 山	
		設計数量	施工数量	設計数量	施工数量
法面仕上げ工	m ²	73,000	73,000	4,030	3,800
法面保護工	m ²	38,000	41,580	4,380	3,880
同上コンクリート工	m ³	24,270	22,580	3,280	2,710
コンクリート吹付工	m ²	—	2,640	—	—
ロックアンカー工	本	684	850	560	453
アースアンカー工	本	5,400	1,635	120	102
	m	22,800	15,900	1,260	1,071
地下水低下工					
水抜トンネル		4箇所、延長545m			
坑内水抜ボーリング		72本、延長2,279m			
表面水抜ボーリング		深度15(φ70mm) 2,535本、延長36,426m			
		深度30m(φ100mm) 11本、延長330m			
		深度50m(φ136mm) 50本、延長2,500m			

の観点が主体となり、工事全体の調和を配慮した。また、表層の補強、表面保護、排水孔により安定性向上に努めた（表－3）

掘削工事は二段階に分けて行った。まず仕上り面の前方に20～30mの緩衝帯を残した掘削を行い、次ぎに上部から順次薬量制限下の発破工法で所定の形状に仕上げた。なお必要と思われた場合には、仕上り面の奥に予め水抜き用のトンネルを設けて工事中に地下水が滲出するのを防いだ。

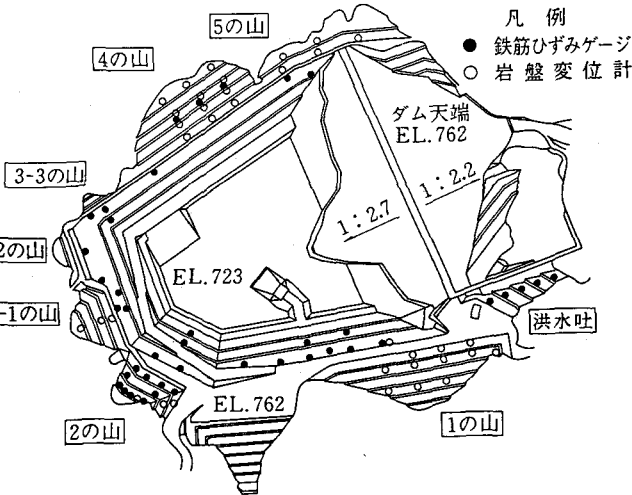
また、代表的な断面には挙動観測用の計器を配置した。これらは工事中は施工管理用として、工事完了後は保守管理用として活用した。

3. 挙動の観測—保守段階—

工事中に施工管理用に配置された計器を含めて保守点検の目的で多くの計器が配置された。斜面を対象としたもの（図－2）を含め、計器が提供する情報はダム右岸の管理事務所内で集中管理されている。

これらの情報は経時変化として図化され、異常な変化は目で見て判断できる。また、通信ケーブルによって佐賀支店と本店端末機とも結ばれているので、異常値検出の場合の対応策の判断や指令が迅速に行える。

施工時から現時点までの計測値の変化は、予想されていたそれに近い。貯水池周辺の斜面は安定である。



図－2 計器配置図

参考文献

1)北原義浩他；“天山発電所上部調整池切取斜面の安定解析”、電中研依頼報告376552、昭和52年8月
2)田野襄一郎他；“天山ダムの切取り斜面の設計と施工”、土と基礎、35-3、March、1987