

発電施設における地すべりの地質リスクと対策検討事例

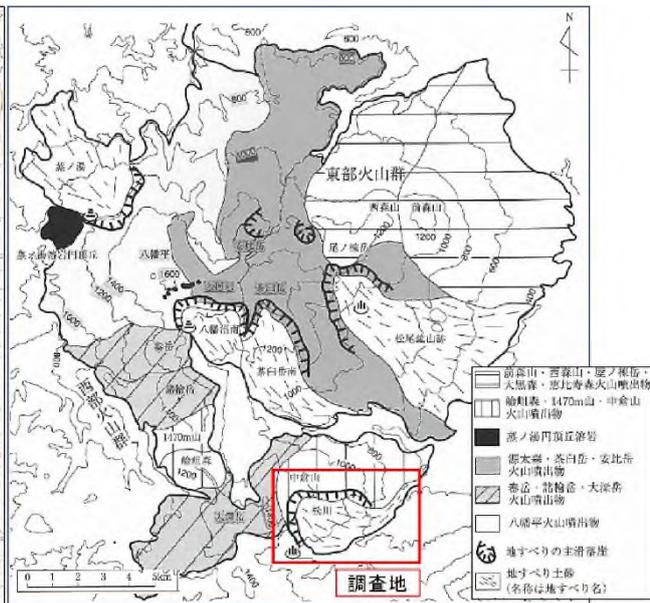
川崎地質株式会社 ○山田恵也・榊原信夫・高梨俊行・辻本雅治

1. 事例の概要

本松川発電所は、岩手県八幡平市松尾寄木に位置し、松川および焼切川から取水して発電を行う水力発電所である。当発電所は平成8年10月に運用を開始したが、平成12年に取水堰堤の構造物に変状が確認されたことから地質調査および法面对策工に着手した。

平成14年には地すべり対策として、アンカー工および排土工を施工したことで地すべり変動は一時的に沈静化したものの、アンカーの荷重が増大傾向を示すため観測業務を再開した。その後も地すべり変動が継続して確認され、平成25年には追加のアンカー工、平成20年から令和3年にかけて地下水排除工（集水井工2基、横ボーリング工2箇所）が施工された。

現在も融雪期に地すべり変動が発生しており、アンカー荷重が年々増加し過緊張となる箇所も確認されている。この原因は、当初の設計で想定していた地すべり面よりも深く、より大きい地すべり荷重が作用し抑止力が不足しているためである。このまま変動が進行した場合、アンカーの破断や取水施設への影響が懸念される。そこで本業務では、アンカーの破断やそれに伴う被災リスクを軽減するため対策工を検討した。

図1 業務位置図¹⁾図-2 八幡平火山群の噴出物の分布²⁾

2. 事例分析のシナリオ

(1) 地形・地質概要

当該地は八幡平を中心とする火山群に位置し、周辺には大規模な地すべりが多数発達している。松川発電所取水堰堤は、これらのうちの一つである松川地すべりの末端部に位置し、それに伴って分化した副次ブロックに相当する。

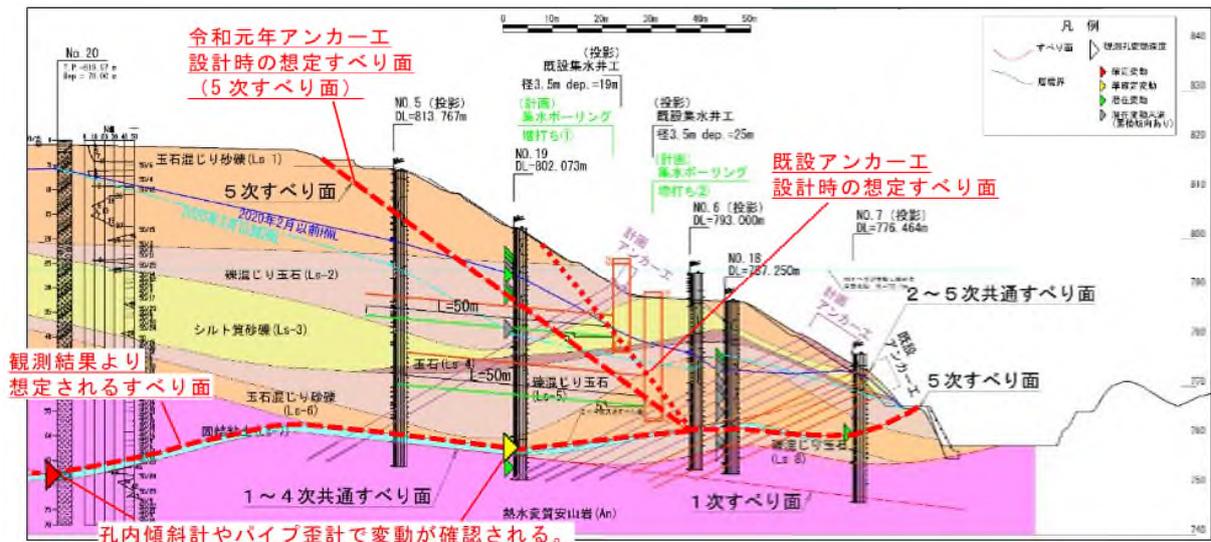


図3 地質推定断面図および想定すべり面

既往地質調査により得られた当該地すべりの推定地質断面図を図-2に示す。当該地は、熱水変質安山岩（An）を基盤岩とし、上位に安山岩塊や変質粘土が混合した崩積土層（Ls-1～6）が分布する。崩積土層と熱水変質安山岩の境界には固結粘土（Ls-7）が確認されており、すべり面と推定される。平成14年に施工したアンカー工および排土工は、最も末端の5次すべりを対象とした対策工である。

(2) 地すべりの素因・誘因

既往資料や文献の収集整理、動態観測結果より考えられる当該地すべりの素因・誘因は以下の通りである。

- 素因：大規模地すべりの末端部で、副次ブロックが発達しやすい地形
- 熱水変質作用を受けた基盤岩や崩積土が分布する脆弱な地質体
- 過去の地すべり活動による平坦地や窪地、沼といった涵養域の形成
- 誘因：融雪や豪雨に伴う地下水位（間隙水圧）の上昇と土質強度の低下

3. データ収集分析

(1) 既往対策工検討

平成14年施工アンカーの荷重増加を踏まえ、令和元年度にすべり面の見直しと追加対策工の検討が行われた。想定すべり面は既設アンカー工設計時よりも背面側に見直され、安定解析を基に追加対策工が検討された。その結果、既設アンカー工の斜面上部に抑止工（アンカー工）を追加することで所定の安全率を満足することが確認された。

(2) 地すべり動態観測

地すべり変動を把握するため、孔内傾斜計、地中伸縮計、パイプ歪計、地下水位計が設置されている。アンカーの維持管理として荷重計が設置され、5年ごとにアンカーリフトオフ試験を実施して残存緊張力を観測している。

孔内傾斜計やパイプ歪計の観測結果より、既設アンカー工設計時や既往対策工検討時（5次すべり面）より背面側のすべり面における変動が示唆されている。特に融雪期に変動が確認されており、変動C～B（潜在～準確定変動）を示す。アンカーは最も荷重が増大している箇所では健全度Cまで進行しており、今後破断の危険性がある。

(3) 対策工の検討

対策工は既設対策工の機能維持・向上を目的に応急対策工として検討を行った。比較検討した対策工は、令和元年度で検討されたアンカーの増打ちと既設集水井における集水ボーリングの増打ちである。動態観測結果より、令和元年度検討時よりも大規模な地すべり変動が示唆されること、既設アンカー工と同様に破断によるリスクが生じることから抑制工による対策工を提案した。

アンカー増打ちは、抑止力を増大させることに加え、既設アンカーにかかる荷重の軽減や分散の効果が期待される。一方、集水ボーリングの増打ちは、移動土塊内に分布する地下水を排水させ、地すべり活動の安定化が期待される。

4. マネジメントの効果

それぞれの概算直工費を算出した結果を以下に示す。集水ボーリング工の場合、アンカー工と比較して概算直工費だけでも4,250万円の削減となる見込みとなった。

概算直工費

- ・集水ボーリング工：4,250万円（税抜）
- ・アンカー工：8,840万円（税抜）

また、アンカーの増打ちは令和元年度業務で検討された結果であるため、現在の既設アンカー工の機能や荷重分布状況を確認した上で、増打ちの位置・数量等の検討および設計を行う必要がある。

5. データ様式の提案

本事例は、「地質リスクが発現した事例（B型）」として、次頁に様式を示す。

B. 地質リスクが発現した事例

大項目	小項目	データ	
対象工事	発注者	発電所の維持管理者	
	工事名	—	
	工種	—	
	工事概要	—	
	①当初工事費	—	
	当初工期	—	
リスク発現事象	リスク発現時期	リフトオフ試験、地すべり動態観測時	
	トラブルの内容	将来的な既設アンカーの破断リスクとそれに伴う法面変状	
	トラブルの原因	想定より大規模な地すべり変動	
	工事への影響	—	
追加工事の内容	追加調査の内容	地すべり動態観測、地表踏査	
	修正設計内容	アンカー詳細設計	
	対策工事	アンカー工	
	追加工事	—	
	追加費用	追加調査	1,200 万円
		修正設計	440 万円
		対策工	8,840 万円
		追加工事	—
		②合計	10,920 万円
	延長工期	4 年	
間接的な影響項目	—		
負担者	発電所の維持管理者		
リスク管理の理想像	対応(すべき)時期	アンカー法面の変状前	
	対応(すべき)者	発電所の維持管理者	
	対応(すべき)内容	対策工、地すべり動態観測、地表踏査	
	判断に必要な情報	地すべり動態観測結果	
	対応費用	調査	1,200 万円
		対策工	4,250 万円
		③合計	5,450 万円
	想定工事	工事概要	—
		④工事費	—
		工期	—
リスクマネジメントの効果	費用((①+②)-(③+④))	5,470 万円	
	工期	3 年	
	その他	調査は対策工施工後の地すべり動態観測を想定	

《引用・参考文献》

- 1) 国土地理院地図 GSI Maps (に加筆), (最終閲覧日 2025 年 6 月 5 日)
- 2) 日本の地形 3 東北 (2005): 東京大学出版会, p. 155.