板倉発電所水圧鉄管路脇地すべりに関する対策について

東北電力（株）　正会員　○西村　創　　関原　昭彦　　長谷川　健吾

１．はじめに

東北電力（株）板倉発電所（出力 9,810kW，1～4 号機 使用水量：19.9m³/s）は，新潟県上越市板倉区に位置し，発電所の発電放流は直接，かんがい用水に供給する設備構成となっている。用水は下流域の高田平野に広がる水田農業地帯に広がり，古くから水力発電と農業が共存してきた歴史がある。2018 年 3 月 22 日（木）発電所水圧鉄管脇の斜面において，地すべりが発生し発電所を緊急停止した。発電所停止により用水不足が生じ稲作に多大な影響を与えることから早期の設備復旧が要求された。

２．地すべり概要・被災状況

地すべりは，発電所水圧鉄管脇の右側斜面約 100m四方で深度 10mの規模（写真-1，2 参照）で発生し，主地すべりの滑落崖は，最大で高さ約 2mにおよんだ。設備被害は主に地すべりの土塊移動を起因とした水圧鉄管路面（コンクリート敷）の隆起ならびに 1 号水圧鉄管の一部変位（水圧鉄管中心線が左側に最大 48 ㎜のズレ）など発電停止に至る被害（写真-3 参照）を受けた。

写真-1　地すべり発生状況（発生範囲）

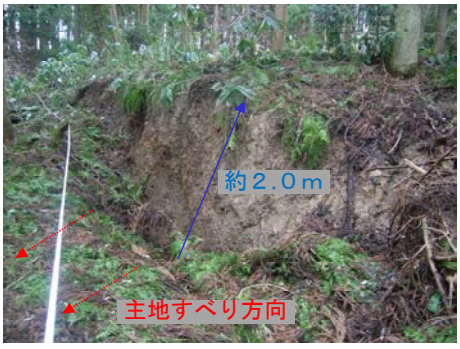

写真-2　主地すべり滑落崖

写真-3　水圧鉄管路被災状況

３．地すべり評価と対策

（１）地すべり評価

地すべりの評価として，地表踏査やボーリング調査等により地すべりブロックの推定と発生機構を推測した。地すべりが発生した発電所水圧鉄管脇の右側斜面の基岩は，後期中新世から前期鮮新世の須川層（塊状黒色泥岩）からなり，中期から後期更新世の中位段丘堆積物が被覆している。地すべりの発生機構は，例年よりも急激に暖かくなったとことにより，融雪の速度が速く，融雪水が短期間のうちに大量に発生，地下に浸透し，すべり面に過剰な間隙水圧が作用したことにより，主ブロックが滑動し押し出されるように 2 次地すべりブロックが水圧鉄管側に押し出されたものと推測した。

（２）地すべり対策

本調査結果を踏まえ，緊急対策として水圧鉄管への地すべり影響を抑制するため，押えコンクリートブロック設置，大型布団篭敷設の対策工（写真-4 参照）を講じるとともに，1 号水圧鉄管小支台が地すべりの影響を受け水圧鉄管に変位を与えていることから，小支台を取壊し水圧鉄管への変位を除去（最大 48 ㎜→42 ㎜）した。

また，地すべりの主ブロックの対策については，新潟県が

写真-4　押えｺﾝｸﾘｰﾄ・布団篭設置状況

キーワード　地すべり，水力発電所，リスク管理

連絡先　〒943-0824　上越市北城町３丁目５－１５　東北電力（株）上越発電技術センター　ＴＥＬ025-523-3296

抑制工として，すべり面に働く間隙水圧の低減や地すべり土塊の含水比を低下させる目的で水抜水平ボーリング工（4 個所，23 孔，L=965m）を実施した。

対策工事期間中は，設備の保安確保ならびに第三者への公衆災害防止を目的に，地すべりの進行を把握するため地盤伸縮計（4 個所）による連続監視（写真-5 参照）を行うとともに，パイプ歪計によるひずみ観測（5 個所），地下水位観測（5 個所）を実施した。

写真-5　地盤伸縮計設置状況

（３）水圧鉄管健全度確認

地すべりに伴い，変位量が最大となった１号水圧鉄管管胴について，「浸透探傷検査」により変状が懸念される溶接ビードの検査を実施し，表面に開口した傷が生じておらず健全性に問題がないことを確認した。併せて，中心線測量データを基に「平面解析プログラム」を用いて，フレーム解析による鉄管許容応力度の照査を行い，管胴本体の継続使用について問題ないことを確認するなど，技術的根拠を蓄積すると共に保全対策が必要な最小限の範囲を特定し工事を実施した。

４．リスク管理体制の構築

地すべりが発生した同年，用水への供給要請を受け，地すべりの進行がないこと，設備の健全性が確認されたことから期間限定で運転再開し用水供給を行った。発電所運転再開後における水圧鉄管損壊時のリスク管理として，（一財）電力中央研究所が開発した「浸水解析プログラム」を活用し，シミュレーション結果（図-1～3 参照）を基に，関係行政機関ならびに地元地区との危機管理体制を構築するほか，リスク管理説明に活用した。また，地すべり個所に設置した地盤伸縮計の監視基準値が超過した場合は，関係者へ自動メール配信するシステムを整備し監視体制を強化することで，２次的被害想定を考慮したリスク管理の高度化を図った。

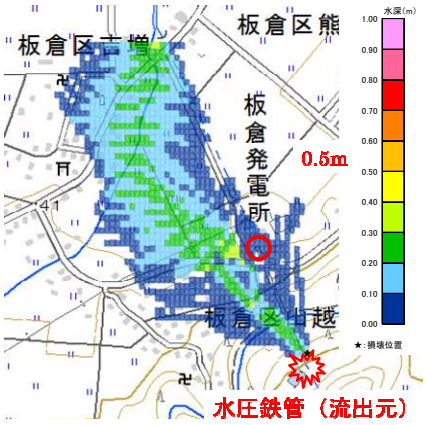

図-1　浸水ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ（水深）

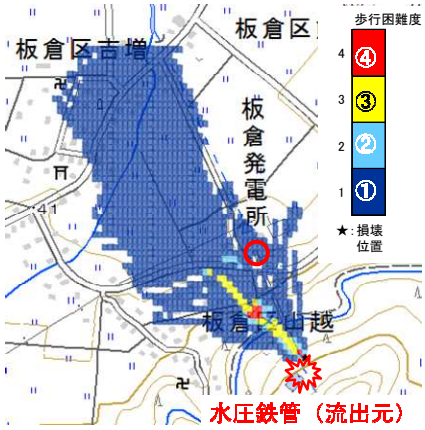

図-2　浸水ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ（歩行困難度）

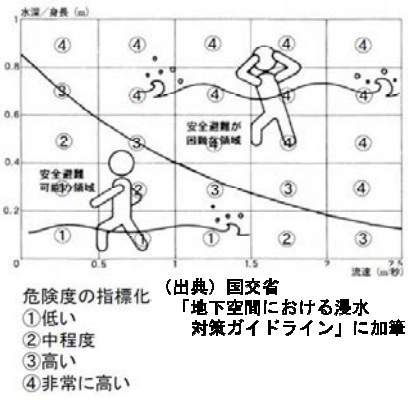

図-3　歩行困難度　設定図

５．おわりに

今回，地すべりの活動機構や発生機構を短期間で明らかにし，地すべりの素因と誘因に対応した対策を実施するとともに，地すべり監視体制を構築し関係個所の理解を得て，2019 年 4 月，地すべり発生から約 1 年という短期間で全号機の発電を再開した。また，用水への供給要請を受けた期間においては，必要とする用水量を安定的に供給し，稲作に影響を与えることはなかった。

2020 年 1 月現在，緊急対策として設置した押えコンクリートブロックについて排水性を考慮し大型布団篭に置換えるとともに，水圧鉄管路面にコンクリートを打設し対策工事（写真-6 参照）は完了した。また，各種観測装置を用いた地すべり観測においても，これまで地すべりの進行は確認されていない。

写真-6　本復旧状況