

2012年肘折地区地すべりの発生機構解析と次期崩壊予測について

独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ地すべり研究室 武士俊也*¹
 国土交通省東北地方整備局新庄河川事務所 ○花岡正明*², 齋藤信哉, 浅野目和明, 黒沼俊一*³
 奥山ボーリング株式会社 森屋 洋, 山田孝雄, 伊藤和広

1. はじめに

2012年4月10日、山形県大蔵村肘折地区、最上川水系銅山川の右岸斜面で地すべり(以下、1次すべりという)が発生し、銅山川を閉塞した(図.1)。

新庄河川事務所では、直ちに現地対策班を常駐させ、無人施工バックホウ等の災害対策機材を配備し、地盤伸縮計及び監視カメラ等の監視システムを整備した。また、地すべり調査と観測・解析を集中的に実施し、次期地すべり発生による想定浸水に対する応急対策計画を策定し、河川管理者である山形県と連携して大型土壌積みにより堤防を嵩上げた。あわせて、地すべりの挙動を解析し、住民避難に関わる情報も大蔵村に積極的に提供した。

5月13日に1次すべりの滑落崖が約70m後退する地すべり(以下、2次すべりという)が発生し(図.1)、再び銅山川を閉塞させた。

本稿では地すべり調査、地盤変状観測、地下水調査による地すべり発生機構の解析と2次すべりの監視体制、及び崩壊時期の予測結果について報告する。

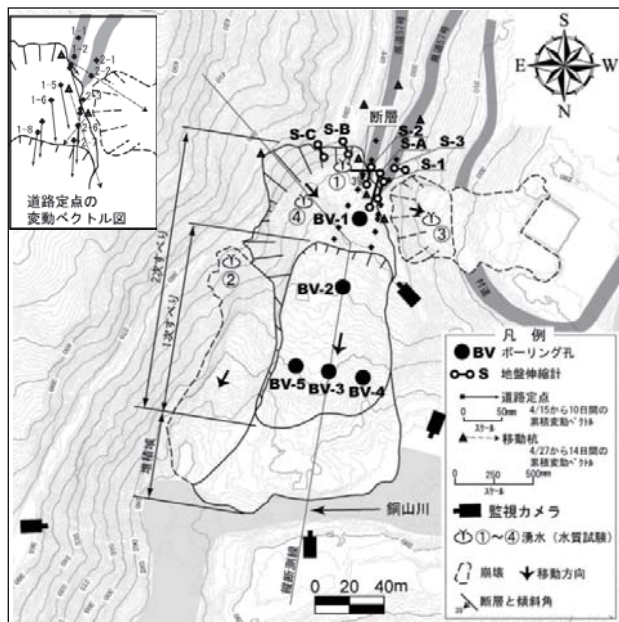


図.1 調査平面図(2012年5月計測LPデータ使用)

2. 地形・地質概要と地すべり誘因

1) 地形・地質

地すべりは肘折カルデラ内の東側内壁斜面にある傾斜約30°の馬蹄形斜面上で発生した。肘折カルデラは内径約2km、外径約3km、比高約200mを有し、内部には湖成

堆積物からなる平坦面が広く残っている。地質は新第三紀中新世の硬質泥岩と凝灰岩類で、これらの走向はN40°W、傾斜は20~30°東落ちで、地すべり斜面に対して流れ盤をなす。

2) 地すべりの発生と誘因

山形地方気象台の観測によれば、2011~2012年冬期の最大積雪深413cmは、1983年以降の30年間で第2位の記録であった。3月31日に県道57号線の舗装面に亀裂が確認されたが、その4日前から気温が上昇し積雪深が約40cm減少し、4月8日・9日にも気温が急上昇し、10日未明に1次すべりが発生した(図.2)。その後、降水量は多くなく、積雪深がほぼ同ペースで減少していることから、豪雪後の気温急上昇に伴う多量の融雪水の供給が地すべりの誘因と考えられる。

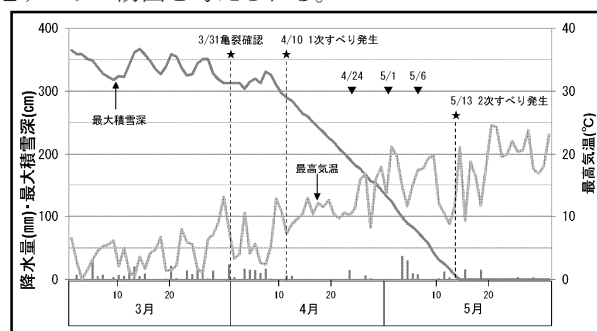


図.2 肘折気象データと崩壊等の発生

3. 地すべり概要と監視体制

1) 1次すべりの概要

1次すべりの土塊は約60m移動し対岸の段丘に達した(図.3)。2009年10月計測のLPデータとの比較により、移動した土塊量は5.2万m³で、閉塞させた土砂ダム高は3.0mと推定される。これは河道閉塞に伴う水位上昇が、地すべり地の約0.4km上流で、13時25分に最大1.58mが観測されたことから想定した。また、同日11時15分に地すべりブロックの東側斜面で1.2万m³の土砂が崩壊し、7千m³の土砂が流出した(図.1)。

2) 監視システムの整備

1次すべり頂部から約50mの県道路面上に発生した亀裂が顕著に拡大し続け、東側の急崖にも変状があらわれたため、新庄河川事務所では地すべり斜面と河道の監視のため、4台の監視カメラを設置し、衛星通信機器を介して24時間監視を行った。

地すべり発生機構解析と次期崩壊を監視するため、山

形県で設置した地盤伸縮計 S-1・2・3 に加え、地盤伸縮計 S-A・B・C を左側面亀裂を跨いで設置し、変動データを Web 上で閲覧し銅山川への渡河施設設置作業の安全管理にも活用した。2 次すべりの範囲を予測するため道路定点により変動を計測した。また、地すべりの規模を把握するために LP 計測を直ちに行った。さらに調査ボーリングを地質やすべり面深度及び地下水状況を把握するために実施した。

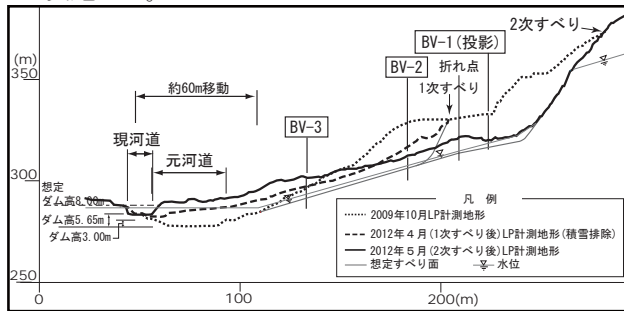


図.3 地すべり縦断面

4. 調査結果

1) 地すべり機構の解明

ボーリングコア鑑定と歪計の観測結果から、図.3 に示す層面すべりを想定した。すべり面は泥岩と礫混り粘土層の地層境界に存在する。すべり面付近には、軟質な凝灰質粘土が分布している。

2) 土砂ダム高の推定

土砂ダム高は、2 次すべりによる移動土塊の厚さと河床と地すべり斜面对岸の平坦地との比高差を考慮して 8m と推定した。

3) 斜面変状の推移

定点観測結果(図.1)から、土塊の移動方向を確認したが、N 方向に累積し最大で 289.1 mm/10 日の累積移動が確認されている。2 次すべりの亀裂に近づくほど移動量は小さく、左側壁に作用する摩擦力の影響を捉えたものと推察される。

図.4 に地盤伸縮計 S-A と S-2 の変動図を示す。S-A は 1.1mm 程度の時間変位量であったが、5 月 4 日より増大傾向が見られ、11 日以降には指数関数的な増加を示している。2 次すべりが発生した 13 日の時間変動は 2 次すべり発生時の約 60 時間前に 10 mm を超え始め、約 3 時間前に 100 mm に達し、40 分前に 288 mm を記録した。観測を開始してから 2 次すべり発生までの総移動量は 2843.7 mm であった。

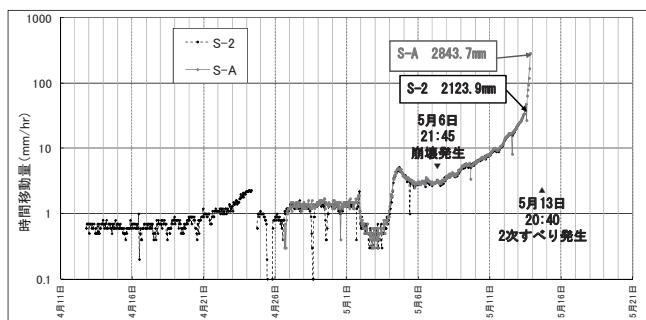


図.4 地盤伸縮計 (S-A, S-2) 時間変動図

4) 2 次すべりの概要

13 日 20 時 40 分に、長さ 150m、幅 60m、最大深さ 35m、土塊量 7.8 万 m³ が新たに移動し、流動性の高い土砂が銅山川河道を再び閉塞した。水位観測により閉塞した土砂ダム高は、前回より 2.65m 高い 5.65m に達したが、高さ 8m の河道閉塞を想定した大型土囊積みによる堤防嵩上げにより、氾濫には至らなかった。

5) 地下水調査

ボーリング孔の地下水位は全体的に低く、すべり面付近に存在する。水位変動も緩慢である。

5 月 6 日夜の地すべりブロック西側斜面の崩壊前に多量の湧水が認められていた。

2012 年秋に山形県が行った県道復旧工事に伴う掘削により、S-2 付近の切土法面に東西に走る北落ちの正断層が確認された(図.1)。落差は 0.5m 程度と小さく、破碎部や湧水は認められなかった。断層の延長線上に崩壊斜面の左側壁が位置することから、断層が地下水の供給路となっていた可能性が考えられる。

5. 大変位地盤伸縮計の計測と 2 次すべりの崩壊予測

地盤伸縮計は地すべり変動の状況によっては調整や再設置が必要となりその作業には危険を伴う。ここでは変動が激しいため、インバー線の張り直し回数を少なくするよう 1m までの引張変位が計測可能な器材を使用した。

3 次クリープによる崩壊予測式(式.1; 齊藤, 1987)に基づく五大開発株のソフトを用い、2 次すべりの崩壊時間の予測を行った。

$$\ln (tr-t) = a+b \cdot \varepsilon (t) \dots \text{式.1}$$

$\varepsilon (t)$: 予測変位量, tr : 崩壊予測時間, t : 3 次クリープ開始時刻, $a \cdot b$; 回帰直線の係数

2 次すべりの崩壊予測は 3 次クリープの開始時刻を 5 月 4 日 4 時とし、11 日 15 時までのデータを用いた 3 回目の解析結果から、13 日 20 時 50 分と予測したところ、実際とほぼ一致した。

6. まとめ

突発的に発生した地すべりに対し、調査データを集中的・効率的に解析し、土砂ダム高の予測及び次期地すべり発生予測が迅速かつ的確に実施できた。また、地盤伸縮計の観測は細心の安全管理のもとにインバー線の張り直しや保護管の補修を繰り返しながら、変動開始初期から地すべり発生までの貴重なデータを得ることができた。

引用文献

齊藤彦孝(1987) : 斜面崩壊時刻予測のためのクリープ曲線の適用について—崩壊予測の批判に答えて—, 地すべり, Vol. 24, No. 1, pp30-38.

*1 : 現 国土交通省 大臣官房付

*2 : 現 一般財団法人 砂防フロンティア整備推進機構

*3 : 現 国土交通省 東北地方整備局 仙台河川国道事務所
古川国道維持出張所