

# 平成 27 年度シンポジウム 予稿集

「刻々と変化する緊急対応型地すべり・崩壊・落石事例とその教訓」

平成 27 年 4 月 24 日

会場：仙台市戦災復興記念館

公益社団法人日本地すべり学会東北支部

公益社団法人日本地すべり学会東北支部

平成 27 年度シンポジウム

「刻々と変化する緊急対応型地すべり・崩壊・落石事例とその教訓」

【シンポジウム趣旨】

近年、日本では度重なる大規模地震や局地的豪雨による斜面災害が多発し、これに携わる行政、コンサルタント、ゼネコンの役割が増大している。とりわけ、地すべり発生後にさらなる 2 次すべりの発生や地すべりの拡大が予想されたり、今まさに滑らんとし刻々と変化する地すべりや、崩壊・落石の危険がせまるとき、担当技術者には高度な技術力・判断力が要求される。しかしながら、一人の技術者がこのような緊迫する斜面災害に遭遇するのは一生のうち数度もない。

東北支部では上記に鑑み、このような迫真の現場に対応してきた技術者の報告から、得がたい多くの教訓と手法を学ぶとともに将来経験しうる緊急斜面災害に対し、シンポジウム参加者がこれらを経験知として冷静かつ適切に対処できる技術獲得を目的として本シンポジウムを開催するものである。

【テーマ】

刻々と変化する緊急対応型地すべり・崩壊・落石事例とその教訓

【開催概要】

日 時：平成 27 年 4 月 24 日（金）14：40 - 17：30

場 所：仙台市戦災復興記念館

スケジュール：

- 13：30-14：30 支部総会
- 14：40-17：30 シンポジウム（参加費無料）
- 18：15-20：15 意見交換会  
(仙台国際ホテル，参加費 7,000 円)

シンポジウム次第：

- (1) 開会 14：40
- (2) 支部長挨拶 14：40 - 14：45
- (3) 基調講演 14：45 - 15：15 (30 分)
- (4) 講演 1 - 講演 4 15：15 - 16：15 (各 15 分)
- (5) 休憩 16：15 - 16：25 (10 分)
- (6) 総合討論  
司会：濱崎英作氏，渡辺 修氏 16：25 - 17：30 (65 分)
- (7) 閉会 17：30

## 【 講 演 目 次 】

- 基調講演**----- P1-4  
2008 年岩手・宮城内陸地震と 2013 年秋田・岩手豪雨災害への対応と教訓  
大河原正文准教授（岩手大学）  
14 : 45 - 15 : 15 (30 分)
- 講演 1**----- P5-6  
地すべり発生前の地盤変動兆候と発生機構の解釈が難しかった事例  
－平成 19 年群馬県で発生した道路災害の事例－  
鈴木滋氏（日本工営株）  
15 : 15- 15 : 30 (15 分)
- 講演 2**----- P7-8  
下北半島易国間地区における落石災害への対応について  
能見忠歳氏（応用地質株）  
15 : 30 - 15 : 45 (15 分)
- 講演 3**----- P9-10  
肘折地区における緊急対応と崩壊予測  
伊藤和広氏（奥山ボーリング株）  
15 : 45 - 16 : 00 (15 分)
- 講演 4**----- P11-14  
白石地区のある地すべりの崩壊予測と管理基準値  
池田浩二氏（株東北開発コンサルタント）  
16 : 00 - 16 : 15 (15 分)
- 総合討論**  
司会：濱崎英作氏，渡辺 修氏  
16 : 25 - 17 : 30 (65 分)

## 2008 年岩手・宮城内陸地震と 2013 年秋田・岩手豪雨災害への対応と教訓

Responses and lesson to the Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake in 2008 and the Akita-Iwate Disaster caused by torrential rains in 2013

大河原 正文 (岩手大学)  
Masafumi OKAWARA (Iwate Univ.)

### 1. はじめに

近年、数キロから数十キロの狭い範囲に数時間にわたり激しい雨が降るケースが増加している。1900 年代後半には、1 時間に 50mm 以上の非常に激しい雨の年間発生回数は、全国年平均で 200 回を下回っていたが、2000 年以降の平均は 200 回を超えている。東北地方では、1 時間降水量 50mm 以上の非常に激しい雨の発生回数は、これまで年 10 回未満と少なかったが、今後も同じである保証はない。“豪雨に不慣れな地域”であるがゆえに甚大な被害を受ける可能性は十分にある。また、最近では、地すべり、斜面崩壊などの斜面運動の誘因として大地震が注目されるようになってきた。2008 年の岩手・宮城内陸地震のみならず M9 クラスの 2011 年東北地方太平洋沖地震が実際に起きたことのインパクトは大きい。本報では、甚大な斜面災害をもたらした 2008 年 6 月の岩手・宮城内陸地震ならびに 2013 年 8 月の秋田・岩手豪雨災害について、災害の概要と対応を紹介し、今後の教訓へとつなげたい。

### 2. 2008 年岩手・宮城内陸地震

#### 2.1 地震の概要

2008 年 6 月 14 日 8 時 43 分、岩手県内陸南部(北緯 39° 17′, 東経 140° 52.8′), 深さ約 8km を震源とするマグニチュード 7.2 の地震が発生した。地震の発生機構は逆断層型であり、岩手県奥州市と宮城県栗原市では最大震度 6 強を記録した。また、震源直近に設置されている防災科学研究所の KiK-net 観測点 IWTH25 のデータによれば、震度計により観測された地震加速度では過去最大を記録した。この地震により、奥羽山脈の栗駒山を中心とする中山間地帯で多数の地すべり、崩壊が発生した。

#### 2.2 斜面災害の事例

岩手県一関市と奥州市(図-1)で発生した地すべりの事例を 4 例紹介する。



図 - 1 斜面災害現場の位置

#### (1) 増沢地すべり

増沢地すべりは、岩手県奥州市の北股川上流域増沢地区において発生した地すべり<sup>1)</sup>で、滑落崖が尾根を越えて形成されるという特徴をもつ。地すべり規模は斜面長 240m, 幅 350 m で末端は北股沢の対岸まで達し、河道を閉塞して土砂ダムを形成していた。尾根は滑動により陥没し原形をとどめていない。地質は国見山安山岩, 安山岩凝灰角礫岩などからなり、瑞山層と推測される石英安山岩質凝灰岩も認められる。すべり面はデイサイトと凝灰角礫岩との境界に形成された。

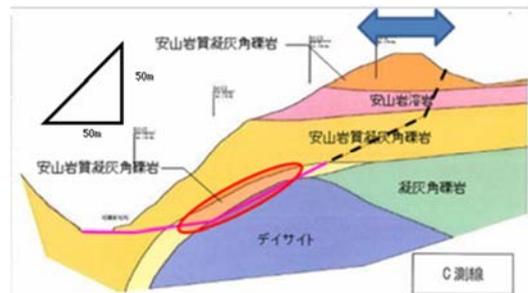


図 - 2 増沢地区の地すべり断面図 (一部加筆)<sup>1)</sup>

#### (2) 市野々原地すべり

市野々原地すべりは、一関市市野々原地区で発生した地すべりで、末端付近に民家があったため激甚災害指定地に指定された。磐井川を大規模にせき止めた土砂ダムで知られる地すべりの対岸に位置する。地震前の空中写真判読によると明瞭な地すべり地形が認められることから、過去の地震等により斜面上部に波及するようなせん断帯が形成されていたと考えられる。地すべり頭部の尾根付近で地震動が増幅し、安山岩が凝灰岩の上に載るキャップロック構造<sup>2)</sup>であったことから、密度の大きい安山岩が大きく揺すられたことで地すべりが発生した可能性がある。

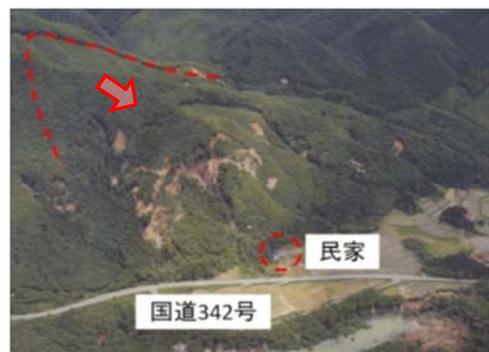


写真 - 1 市野々原地すべり全景

**(3)有浦岩盤すべり**

有浦岩盤すべりは、奥州市衣川区有浦地区の県道 37 号線沿いで発生した岩盤すべりである。岩盤すべり発生前の斜面は、第四紀の段丘堆積物が覆っていたことから緩い傾斜をなしており、明瞭な地すべり地形は認められなかった。しかし、分離丘地形をなしていたことから、もともと非常に不安定な状態にあった。側面にすべり面が露出しており、すべり面を直接観察することができる（写真-3）。露頭観察から岩盤すべりは凝灰岩を基盤とし上位の砂質泥岩が層理面付近をすべり面として 10° 程度の傾斜で移動したものと考えられる。



写真 - 2 有浦岩盤すべりのすべり面

**(4) 瓜木立地すべり**

瓜木立地すべりは、一関市巖美町瓜木立地区において発生した地すべりで、民家に隣接していたため早急な対応が迫られた（写真-3）。斜面は西方にある小衣森（標高 479.5m）に端を発し北東方向に流下する沢と、同じく南西から北東に流下する高畑沢の間に挟まれる丘陵地形の突端部に位置している。また、滑落崖のすぐ背後の斜面は 5° 前後の緩傾斜面が分布し、さらに背後は脊梁尾根と分離した小高い地形が認められる。

地すべりの発生原因は、調査報告書<sup>3)</sup>によると地震動により斜面下部が押し上げられ、続いて斜面上部が滑動したものとされている。また、斜面上部の立木の傾倒が山側を向いていることから、回転運動も加わっていたと考えられる。



写真 - 3 瓜木立地すべり被災状況

**2.3. 地震時地すべりのすべり面判定手法の一提案**

これら地震時に発生した地すべりは、コアや観測データに明瞭な変動検出箇所が得られないなど、すべり面判

定が困難な場合が多い。復旧対策に携わる中で定量的データに基づいたすべり面判定法の確立を痛感した。

既往の研究成果では、地すべり地形の三次元精密測量や、構成土の定量化学分析等からすべり面の位置を推定する試みがなされている。本報では、炉乾燥法による膨潤圧測定が地震時地すべりのすべり面判定のためのひとつの指標として提案したい。

膨潤圧をすべり面判定の指標とする考えは、膨潤性粘土鉱物を含む土塊が吸水膨張により潜在的な弱部となり、地震時にはその弱部をすべり面として滑動するとの仮定に基づいている。膨潤土の膨潤能力は、初期の含水状態により異なることが分子動力学法による体積膨張率 e の計算から求められている<sup>4)</sup>。そこで自然含水状態の湿潤試料と炉乾燥させた乾燥試料を用いて膨潤試験を実施し、得られる膨潤圧および吸水量の測定結果を比較した。その結果、増沢地すべりの風化砂質凝灰岩では、乾燥試料は湿潤試料に比べて膨潤圧が約 2.3 倍、吸水量が約 4.9 倍となることを確認した。炉乾燥法による膨潤試験から得られる膨潤圧が土が本来もっている膨潤能力をより正確に測定していると考えられる。

本報で紹介した増沢地すべり、市野々原地すべり、有浦岩盤すべり、瓜木立地すべりの構成土について、炉乾燥法による膨潤圧測定値とメチレンブルー吸着試験によるスメクタイト含有量との関係を調べた。紙面の都合上、増沢地すべりの試験結果のみを示す（図-3）。安山岩質凝灰角礫岩の深度 37.10-37.30m(No.6) とデイサイト層の深度 53.40-53.60m(No.11)でスメクタイト含有量、膨潤圧ともに極値を示している。深度 35.20-35.40m(No.5) はスメクタイト含有量が相対的に高いものの、膨潤圧は相対的に低い値である。すべり面は地形、地質、各種データから No.6 と判定されている。膨潤圧とスメクタイト含有量が他の深度に比べて大きい値を示す、あるいは極値を取る深度は、すべり面の可能性が高い。膨潤圧のみならず、その他の工学的根拠も考慮した上で、すべり面を判定することが肝要であるが、炉乾燥法による膨潤圧測定値がすべり面判定の定量的な指標として使える可能性を示している。

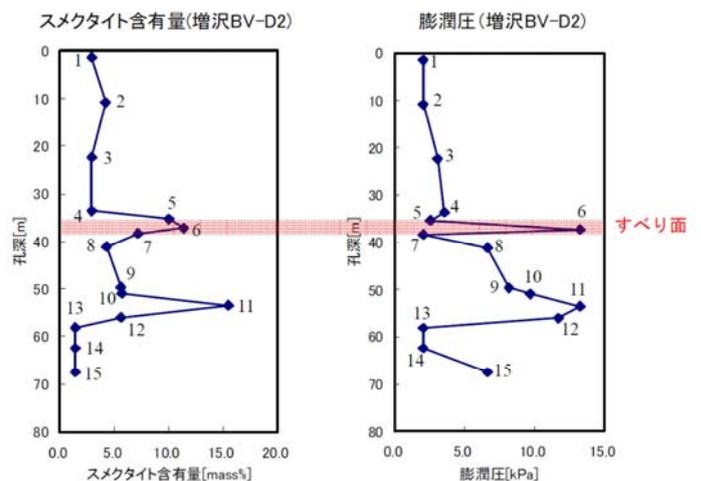


図 - 3 増沢地区の試験結果

### 3. 2013 年秋田・岩手豪雨災害<sup>5)</sup>

#### 3.1 災害調査

2013 年 8 月 9 日、秋田県と岩手県において集中豪雨による大規模な洪水、斜面災害が発生した。本災害の社会的な重要性を鑑み、地盤工学会では東北地方を中心とした産・学のメンバーから成る調査団（団長：及川洋，秋田大学大学院教授）を編成し、8 月 25 日から 8 月 27 日にかけて地盤災害の現地調査を実施した。本報では、当調査団による調査報告から秋田県および岩手県での代表的な災害事例を取り上げる。

#### 3.2 災害発生時の気象

図-4 に 8 月 9 日の 24 時間降水量のコンター図を示す。集中豪雨の範囲は、秋田県と岩手県にまたがっており、コンター図から累計雨量が特に多いことを示す赤色の範囲が確認できる。北から順に秋田県鹿角市付近，秋田県仙北市付近，岩手県雫石町付近である。

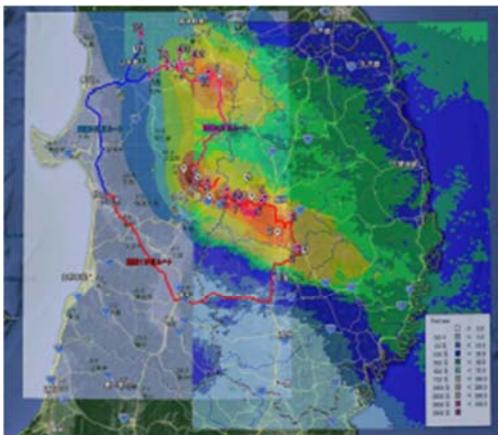


図 - 4 24 時間降水量のコンター図

#### 3.3 秋田県の豪雨災害の被害状況

##### (1)仙北市供養佛地区で発生した土石流

仙北市供養佛地区で発生した土石流は、崩壊域および流下・堆積域を含めて斜面長約 400m、幅約 40m の規模で（写真 - 4）、住宅の全壊 5 棟、半壊 1 棟、死者 6 名の被害をもたらした。ほぼ平坦な住居区域まで到達した土石流は、さらに区域内を約 300m にわたって流下し氾濫域を形成した。流下する土石流を待ち受ける形で高さ 4～5m 程度の盛土が施工されていたが、土石流はそれを乗り越え、一部は方向を変えた。土石流発生後の崩壊域および流下・堆積域の上部斜面側面には難透水～不透水の岩盤が露頭しており、これを覆う崖錐堆積物、黒ボク等の表土類との透水性の差異は明瞭である。基盤上部には部分的に河床岩盤にみられるような円形の流痕が認められ、降雨時には多量の地下水が基盤上を流下していたことを示している。今回の集中豪雨により雨水が谷地形部に集まり、浸透水が岩盤との境界を流下して一気に崩壊に至り土石流が発生したものと想定される。現在では復旧工事は完了しており、砂防ダムの他、土石流発生斜面全体にわたってのり面対策工が施工されている。



写真 - 4 供養佛地区土石流の全景

##### (2)JR 花輪線と県道 317 号線の被害

JR 花輪線では陸中大里～東大館駅間の約 37 km の区間で、盛土流出，土砂流入，流木堆積などが 40 カ所で発生した。県道 317 号 西目屋二ツ井線（図-1 参照）では、山間部を通過する青森県境までの約 15km の区間を主として、59 箇所斜面災害が発生している。その内訳は斜面崩壊が 28 箇所，土石流が 20 箇所，地すべりが 1 箇所，護岸擁壁の崩壊が 1 箇所，路肩決壊が 9 箇所である。被災した JR 線，県道はこの地域の重要な交通ルートであったことから早期に復旧された。

#### 3.4 岩手県の豪雨災害の被害状況

##### (1)花巻市亀ヶ森・盛岡市乙部で発生した斜面崩壊

花巻市大迫町亀ヶ森で住宅裏の斜面が崩壊幅約 5m、すべり面深さ約 2m、斜面長約 20m の規模で崩壊し、住人 1 名が死亡した。また、盛岡市乙部地区では崩壊幅約 30m、高さ約 20m にわたり斜面が崩壊した。崩壊土砂により住宅が全壊し、5 名の重軽傷者を出した（写真-5）。



写真 - 5 盛岡市乙部地区の被災状況

##### (2)盛岡市田面野木地区・繁地区で発生した土石流

県道盛岡鶯宿線に面する田面野木地区では、過去にも豪雨により県道まで達する土石流が発生している。今回の豪雨では治山ダムを越流し、県道盛岡鶯宿線を越え対岸の住宅付近まで石礫型の土砂が到達した。



写真 - 6 繫地区土石流の全景

繫地区は三方を標高 200m 級の急峻な山地に囲まれた地区で立石沢を中心とした溪流が温泉街の中心部へと流入し扇状地地形を形成している（写真 - 6）。上流には砂防施設があったが土石流がそれらの施設を越流し温泉施設に甚大な被害をもたらした。

### (3)JR 田沢湖線・国道 46 号線の被害

豪雨によって、雫石町春木場駅から赤湊駅間で道床の流出や路線内への多量の土砂流入、赤湊駅から秋田県田沢湖駅間では高盛土の土留め壁の崩壊など、復旧までには長時間を要するような被災状況であったが、僅か 3 日で鉄道は再開した。復旧内容は山腹からの土砂流入を防止するための鋼製自在枠の設置、崩壊した斜面には吹付法枠工の施工といった対策がとられている。さらに山間部の各溪流には鋼製のリングネットを複数段設置したうえで土石流センサーを取り付け、万が一の土石流発生に備えているケースもある。

国道 46 号線では、岩手県側だけでも 10 カ所以上でのり面が崩れ、仙北市田沢湖生保内から岩手県雫石町橋場までの 15km が 9 日の午前 11 時から 12 日の午前 7 時まで通行止めになった。路肩部の現況復旧が済んでいるが、JR 線と同様に山腹部から生じた土石流による山腹崩壊に対する崩土除去と山腹緑化工等の対策工が行われている。

### 3.5 豪雨に伴う斜面運動のメカニズムの検討

豪雨に伴って発生する地すべりなどの斜面運動は、地下水位の上昇によって間隙水圧が増加し、すべり面での摩擦抵抗が低下することにより発生すると考えられている。しかし、実際のすべり面を観察すると、含水比はそれほど高くなく、塑性限界付近であることが知られている。

スメクタイトなどの膨潤性粘土は含水比の増加に伴って、層間に水分子を取り込んで層間距離を増加させる。X 小角散乱法を用いて Na 型スメクタイトの層間距離と含水比の関係を調べたところ、塑性限界付近で層間距離が急激に増加することが分かった。さらに、自由水と層間水の存在比を計算したところ、自由水の存在比は塑性限界付近で極大値をとるという結果を得た。塑性限界付近における自由水の存在比の増加は、豪雨に伴う地すべりのメカニズムを議論する上で重要な知見となり得る。地すべりと自由水量の関係については今後の課題である。

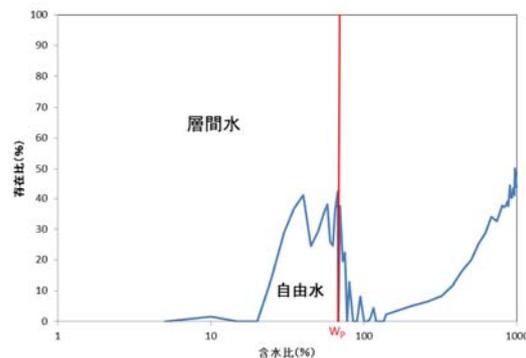


図 - 5 Na 型スメクタイトの自由水と層間水の存在比

## 6. おわりに ～教訓として～

本報では、2008 年岩手・宮城内陸地震と 2013 年秋田・岩手豪雨により発生した斜面災害を中心に災害の概要と対応について述べてきた。このような災害に対しては、迅速かつ適切な行政の対処や、ハザードマップ等を利用して地域住民が事前に危険箇所を把握しておくことが大切である。教訓につながる復旧対策の例として、岩手県増沢地すべりの例を挙げたい。増沢地すべりは、発生した土砂が河道を塞ぎ土砂ダムを形成したため、土砂ダムの決壊に伴う二次災害の発生が懸念された。岩手県農林水産部により詳細調査が実施され、比較的安定性が高いことが判明したため、最小限のハード対策でもって竣工した現場である。精度の高い詳細調査により対策費を大幅に削減できることを実証した事例である。

### <参考文献>

- 1) 黒川将・岩田英也・柴崎達也・大野亮一・小澤幸彦・寺村保(2010)：平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震で発生した増沢地区の地すべりと地すべりダムの調査結果，地すべり，第 47 巻，第 6 号，pp.33-40.
- 2) 大河原文正，太田正裕，小澤幸彦，佐藤達也，斎野崇(2012)：市野々原地すべり構成土の物理的・化学的特性とすべり面判定，日本地すべり学会誌，第 49 巻，第 5 号，pp.251-258.
- 3) 岩手県南広域振興局一関総合支局(2009)：平成 20 年度柞木立地区治山調査測量設計業務委託報告書，98p.
- 4) 中西正樹 (2013)：分子動力学法による粘土のミクロ物性値 ( $\tau$ ,  $\eta$ ,  $K$ ,  $D$ ) 計算，岩手大学修士論文，71p.
- 5) (公社)地盤工学会「秋田・岩手豪雨災害調査団」(2013)：平成 25 年 8 月 9 日秋田・岩手豪雨災害調査報告，89p.

# 地すべり発生前の地盤変動兆候と発生機構の解釈が難しかった事例 -平成 19 年道路災害復旧の事例-

Case where relation between the ground change symptom and landslide mechanism is analyzed before occurring the landslide

鈴木滋（日本工営株式会社）

キーワード：地すべり、災害復旧、地表変状、側線設定

Keywords : landslide, road disaster, abnormality in surface of the earth, setting of siding

## はじめに

平成 19 年 9 月に北関東地方の県道で、台風の影響を誘因とした地すべり（幅約 70m、奥行き約 70m、深さ約 10m）が発生した。当該地すべりは、変動確認直後の変の状分布、地形状況から移動方向の推定が難しく、変動が加速するなか、後日、大規模に滑動した地すべりである。本件は、緊迫する斜面災害に遭遇した事例（緊急対応型地すべりの事例）である。

## 1. 地すべりの概要

平成 19 年 9 月 6 日、当該地域は台風による豪雨（累加雨量 568mm）に見舞われ、翌 7 日、県道の山側擁壁目地および路面に開口亀裂発生した。9 月 13 日には開口亀裂の拡大が確認され、全面通行止の措置がとられた。9 月 18 日、18 時頃に地盤伸縮計の変動量が時間 2mm を超過、翌々日の 20 日、20 時ごろ、地すべりが大規模に滑動、一部区間の県道が完全に崩落した。地すべり発生機構は以下のとおり考えられた。

- ・基盤岩の泥岩・凝灰岩に粘性土化した弱層（粘土層）が存在する。地質構造が流れ盤構造を呈し、弱層をすべり面とする、風化岩すべりの地質的素因があった。
- ・9 月 5 日からの台風 9 号による集中降雨により斜面の地下水位が上がり、すべり面（弱層）付近の間隙水圧が上昇し、地すべり（主ブロック）の滑動が開始した。

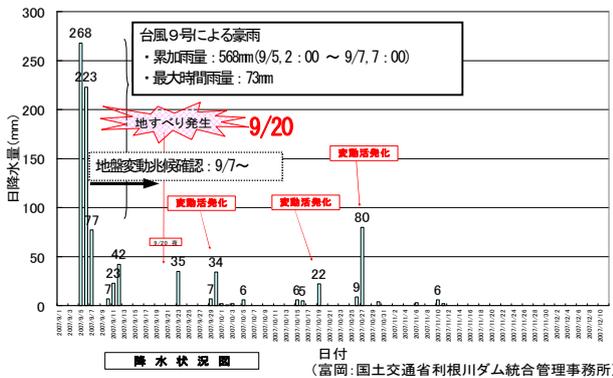


図 1 被災前後の降水量

## 2. 地すべりの変動兆候 7 候と発生機構

### 2.1 刻々と変わっていく地盤変状

9 月 14 日

最初の変動確認から 7 日後、地表の変状は、図 2 の [A] の位置に擁壁と図 2 の [B] の路面の亀裂であった。図 2 の [A] の擁壁の亀裂は目地部が開口し、地すべり圧縮域にあると考えられた。地すべりの変動方向は、斜面状部から擁壁にむかって V-V 側線方向に想定した。この方向は、大局的な地形の最大傾斜方向に整合していた。図 2 の [B] 付近の路面に発生した開口亀裂は、路肩の沈下が認められたため、地すべり変動による地盤の緩みが原因となり、路肩盛土部が局所的にゆるんだ変状と考えた。擁壁（県道）上部の自然

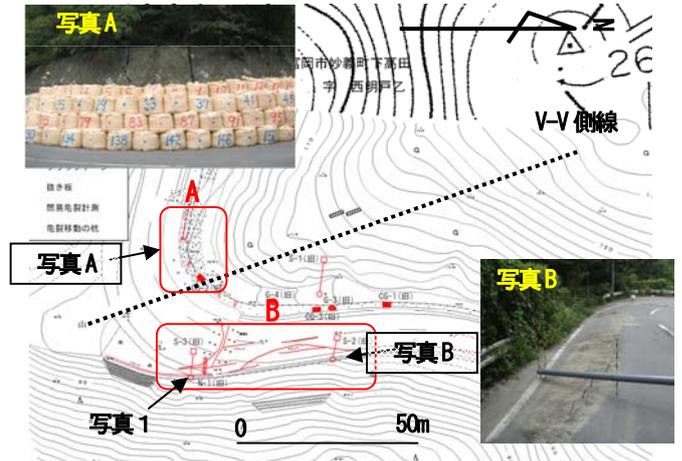


図 2 地すべりブロックと移動方向お解析結果

斜面に亀裂は認められず、圧縮変状の原因となっている地すべりの範囲を想定することができなかった。

9 月 16 日

図 2 の [B] の亀裂に変化が認められた。路肩の沈下傾向は収束し、変わって右横ずれの変動とともに、地盤の圧縮によるアスファルトの隆起が認められた。



写真 1 路肩の亀裂の変化

この段階で、図 2 の [A] の擁壁目地の開きも同時に拡大しており、変動方向は V-V 側線方向から変更しなかったが、図 2 の [B] の顕著な圧縮傾向を技術的に整理できなかった。

9 月 20 日

地すべりが大きく滑動・変位し、これまで確認できなかった地表変状が出現した。変状（滑落崖、側方崖）は明瞭で、地すべりブロックの輪郭明らかになった。地表面象から類推した変動方位は、設定した側線方向（V-V 側線）と大きく異なっていた。また、図 2 の [B] 付近の道路（地盤）は東側に大きく変位し、谷に向かって崩壊した。

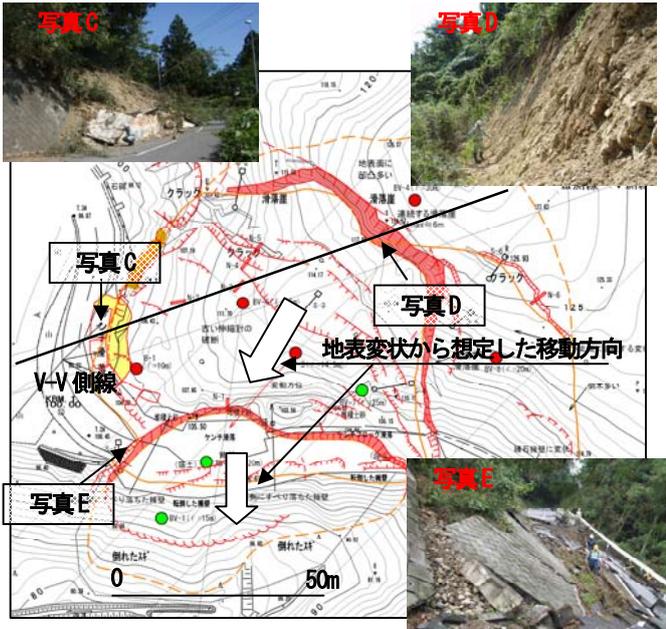


図3 9月20

### 2.2 詳細調査で解析された発生機構

詳細な調査で解明された地すべり機構は以下のとおりであった。

- ・主ブロックのすべり変動により、県道付近の地盤が押出され、その下位にある末端ブロックの頭部に土塊が载荷、末端ブロックが滑動した。
- ・主ブロックの滑動で北側斜面が緩み、主ブロックに追従・拡大した。
- ・移動方向は当初に想定した変動方向 (V-V側線方向) と、約 60° 東側に斜交していた。

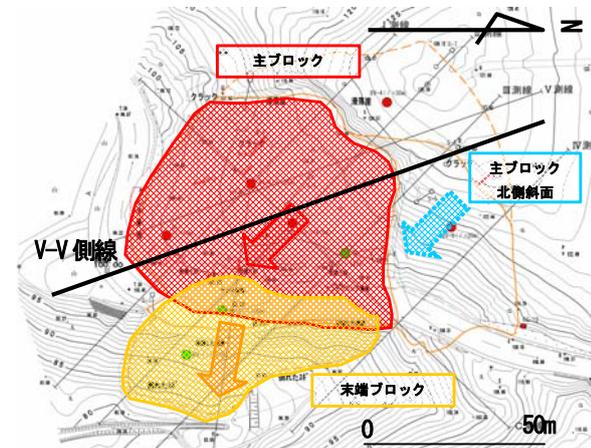


図4 地すべりブロックと移動方向お解析結果

### 3. 地すべり移動方向を的確にとらえる調査

地すべり防止技術を展開する上で、正しく移動方向を正しく調査・解析することは極めて重要である。当該事例のように、複数の移動ブロックが複合している場合、地表の変状や構造物の変形だけで、正しい移動方向を類推することが難しく、移動方向 (解析する主側線の方向) の設定を誤る可能性が高い。当該事例では難解な移動方向を調査するために、以下を用いた。

#### 3.1 抜き板

抜き板は、木材を地盤に打ちこみ加工したもので、簡易的に亀

裂の移動量・移動方向を計測することができる。構造が簡易であるため、迅速かつ複数の位置に整備することができ、面的に移動方向を整理することができる。今回は、地すべり移動地内外に 7 箇所の抜き板を 9 月 20 日の大変位直後整備し、的確に移動方向を解析できた。

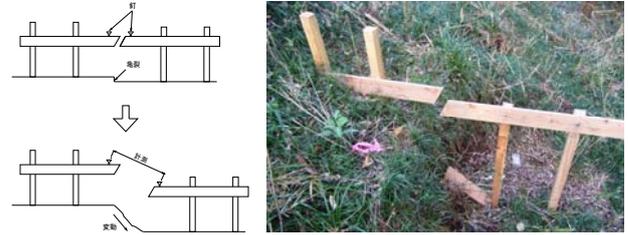


図5 抜き板の構造(左)配置図・設置写真(右)

#### 3.2 移動杭観測

移動杭測量は、面的に移動量把握するという点で、「抜き板」と同じであるが、高さ方向も計測でき、より精密な計測方法といえる。今回は、被災した道路の中心線測量の線形に併せ測定点を設定した。末端ブロックの移動方向を正確の捉え、上部ブロックとの変動順序を解析する基礎資料となった。

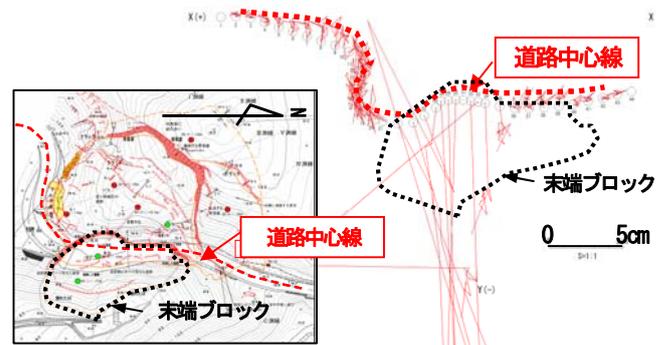


図6 移動杭観測結果 (末端ブロックの動き)

#### 4. 交通規制のありかた (通行止めのタイミング)

一般的に地すべりの滑動速度が 2mm/h を超過すると「避難・通行止め」の判断をしている。今回の場合、2mm/h を超過して約 48 時間後に、地すべりが大きく変位しており、通行止めの判断基準として一般的な管理基準を適用 (採用) できた事例であった。

一方、地質調査結果から、今回の場合、道路の掘削によって地すべり末端の土塊が除荷されていたと考えられ、一端滑動を始めた地すべりの加速性は高かった可能性がある。道路土工やダム湛水等、人工的な改変行為を伴った斜面では、変動速度・加速タイミングの予測が難しいと理解し、変形の進行 (累積性) が認められた段階で、一端通行止めの措置をとることが望ましいと考える。

#### 5. おわりに

今回の事例は、①初期の地表変状から、地すべり機構が的確に類推できなかった。②地表変状が加速するなか、変状が刻々と変化していた。という点で、緊迫した事例であった。斜面对策に携わる技術者は、変動機構の正しい解釈、それに係わる技術提供とともに、二次災害、第三者への被害を防止することも重要な責務であること痛感した。今回の発表が、地すべり対策技術の一助となれば幸いである。

# 下北半島易国間地区における落石災害への対応について

Response to falling rocks disaster at the Ikokuma district in Shimokita Peninsula

能見 忠歳 三嶋 昭二 \*  
Tadatoshi Noumi Souji Mishima

キーワード：落石災害、斜面監視システム、通行止め、

## 1. はじめに

落石災害は、突発的に発生し、通行人や車両・構造物等への被害を及ぼす危険性が高く、人命を脅かす大きな問題である。本稿でまとめた青森県下北郡風間浦村易国間地区は国道に面した急崖斜面からの落石が多く発生する箇所であり、落石防災事業を進める



図-1 易国間地区位置図 (KenMap で作製)

一環で、落石の前兆現象を捉えた現場経験を得ることができた。

本稿ではその貴重な現場経験を通じて、今後の現場対応の一助となれればと考える。

## 2. 易国間地区における落石対応事例

### 2.1 落石の予兆を捉えた落石現象

#### (1) 監視体制にいたる経緯

当地区では、平成 15 年 5 月 1 日に発生した大規模な落石 (6m×4m×3.5m) が標高 120m 付近から発生した。幸い、通行人・通行車両への被害は無かった。調査の結果、当地区の約 2.7km 区間には標高 80m~120m 付近に溶結凝灰岩から構成される急崖部が形成され、不安定化しており、同様な落石が今後も発生する可能性があった。

そのため、落石前兆を把握し、崩壊の危険が有る場合は、自動的に道路を封鎖 (遮断機が下りる) する斜面監視システムを構築し、平成 17 年 4 月より試験運転を実施していた。

\* 応用地質株式会社

平成 17 年 4 月 20 日午前 11 時 12 分頃、標高約 100m 付近の急崖部斜面に分布する不安定岩が、標高約 40m 付近の堰堤背面に崩落した。崩落した岩塊は約 621 (kN) (3m×3m×3m) であった。急崖部易国間地区の落石は道路延長約 2.7km 区間に崩落した岩塊には、伸縮計・傾斜計・張力形の 3 つの計測機器が設置され、平成 17 年 4 月初旬から継続する変位の増加を捉えていた。



図-2 不安定岩塊 計測結果図 1) 2) 引用

当時の観測・監視体制について、表-1にまとめた。

表-1 現場体制

体制	期間	対応
初期	H17.4.6~H17.4.19 午後3時頃	観測結果の確認・現地確認。 道路背面にポケットの構築 (土堤)
緊急	H17.4.19午後3時頃~ H17.9.19午後7時	伸縮計の変位が急増・現地へ急行
通行止め	H17.4.19午後7時頃~ H17.4.20午後4時頃	午後7時~通行止め処置。翌日午後4時まで

4月19日を境に、事態は大きく様変わりしている。当日は、今後の対応を道路管理者と協議中に事態の変化に直面し、当社3名の職員が現地に急行した。当社は午後4時頃に現地に到着し、現地確認後に今後の対応の判断を行う予定であった。しかし、道路管理者側は、通行止めの判断の遅延は、各関係機関・公共交通機関・周辺の保育園や小中高校への対応・迂回路の看板準備・配置に時間を要することや、通報が深夜となれば、地域住民への周知が困難になると判断し、現地の判断を待たずに、同日午後7時から通行止めにする事と決定した。

地域住民には、マスコミや各市町村の防災無線で周知し、通行止めは実施された。現地には青森県・風間浦村役場・当社職員が合わせ 10 名以上常駐し、斜面監視にあたり、周辺迂回路への案内を青森県・道路維持管理業者が通行車両に対して案内・周知を行った。

20 日の午前 11 時 12 分の崩落数分前から観測数値がばらつきはじめ、不安定岩塊周辺の岩塊が崩落し始めたことから、国道より遠方目視していた監視員は全員撤収後、不安定岩塊は崩落した。崩落確認後、現地岩盤周辺の安定性を目視確認と計器測定結果から確認し、崩落の危険性がないと判断し、午後 4 時に通行止め解除とした。



不安定岩塊

崩壊前

崩壊後



写真—1 左側崩落前 右側崩落後の斜面状況（上段）  
左側 崩落した岩塊全景 右側側面状況（下段）

## （２）課題点

### ①通行止めの判断

当社は、現地確認を踏まえ、最終判断を道路管理者側へ伝える予定であった。道路管理者側は、平日であり通行止め処置に伴う影響範囲・周辺への周知に要する時間を含め、早めの判断を求めている。

本来は、計器を用いた斜面監視システムに設定された管理基準値に基づき、システム側が自動判断で道路に遮断器を降ろし、道路の通行止めを行うケースであった。具体的な管理基準値を決めるための基礎データを取得中であったため、本来の目的利用を達することは出来なかった。

### ②落石の崩落予測

通行止めとした国道は、周辺の町村にとって唯一の生

活道路であり、周辺住民への影響は大きいため、一刻も早い通行止め解除が求められていた。

通行止め解除のタイミングについて、不安定岩塊が崩落后、周辺斜面の安定性が確認された事を前提として、道路管理者が最終決定することとした。

しかし、落石の崩壊予想自体の事例が少ないことから、落石予測は困難を極めた。図—2 に示したような地すべり的な変動をした場合における、崩落までの予測時間については、今後の研究が必要である。

## 3. 落石現場における必要な現場対応力

本事例では前述したように、いくつかの課題点がある中で通行止めの判断が非常に重要であった。

### （１）通行止めの判断

本地区を通過する国道は、住民の生活道路としての唯一の幹線道路であり、むつ市から大間へ向かう場合、通常約 1 時間のところが、迂回路経由では 2 時間半以上かかることになり、通行止めの社会的な影響は非常に大きい。また、通行止め処置で迂回路の通知場所の選定や現場看板類の準備などが整わない状態での通行止めであったことから、対応完了までに多くの時間を要した。

そのため、斜面監視システムの管理基準の運用にあたり、本事例で得られた教訓を踏まえ、管理基準値の設定・迂回路・看板の設置場所の位置図等も運用マニュアルに盛り込み、緊急事態に備える工夫を行っている。

## 4. まとめ

多くの落石災害が事象発生後の対応で進められるケースが多い中、本事例のように落石に対する準備・対応を実施することが出来た事は、システムの本格運用に向けた貴重な経験となった。一方で刻々と変化する現場状況に対して臨機応変な対応力が必要であることを痛切に感じた。本現場では、これまでに多くの落石が発生し、その際の対応にも、本事例で経験した事が役に立っている。今後は、経験で得られた暗黙知を後進に伝えていく取り組みが必要である。

## 引用文献

- 1) 木村龍人・三宅淳一・能見忠歳・山本益男・佐藤 史・三嶋昭二(2005): 国道 279 号における防災システムが捉えた落石現象, 日本道路会議, 第 26 回, 20031
- 2) 能見忠歳・三嶋昭二・佐藤 史・山本益男・山田 隆宏・木村龍人・多田康一郎(2006): 張力計を用いた落石監視システムの開発とその有効性について, 地盤工学研究発表会, 第 41 回, pp1985-1986
- 3) 能見忠歳・三嶋昭二・佐藤 史・山本益男・山田 隆宏・小笠原健二・熊崎直樹(2007): 統報張力計を用いた落石監視システムの開発とその有効性について, 地盤工学研究発表会, 第 42 回, pp2043-2044

## 肘折地区における緊急対応と崩壊予測

伊藤和広 Kazuhiro Ito / 奥山ボーリング株式会社 OKUYAMA BORING Co.,Ltd

山田孝雄 Takao Yamada / 奥山ボーリング株式会社 OKUYAMA BORING Co.,Ltd

キーワード：変動監視, 崩壊予測, 被害想定

### 1. はじめに

本報告は、平成 24 年 4 月 10 日に発生した山形県大蔵村の肘折地区（図-1）の崩壊斜面において、国土交通省東北整備局新庄河川事務所の御依頼により、緊急対応として変動監視や崩壊予測を含む調査業務を実施した事例を紹介するものである。



図-1 肘折地区崩壊箇所の位置

### 2. 発生した崩壊の概要

平成 24 年 4 月 10 日の崩壊（以下、1 次すべりと称する）は長さ約 100m、幅約 60m（図-2）、最大深度約 25m、移動した土量は約 5.2 万 m<sup>3</sup> と推察され、約 60m 移動し銅山川を閉塞した。さらにその後、5 月 13 日、東側の背後斜面に拡大する形で崩壊（以下、2 次すべりと称する）し、崩壊土砂は再度銅山川を閉塞した。2 次すべりの規模は、長さ約 170m、幅約 60m（図-2）、最大深度約 35m で、新たに移動した土量は約 7.8 万 m<sup>3</sup> と推定された。



図-2 地すべり発生範囲

### 3. 緊急対応としての変動監視

緊急対応として、我々の業務としては、まずは実態把握と崩壊の拡大を踏まえた斜面の変動監視を実施するものであった。以下に時系列的な対応状況を列挙する。

- ◆4月 14～15 日：初回打合せ・現地調査・定点の設置及び観測開始
- ◆4月 16 日：現地調査結果報告
- ◆4月 20 日～22 日：ボーリング調査 1 孔実施，歪計・水位計設置・観測開始
- ◆4月 21 日：光波ミラー観測点の設置・観測開始
- ◆4月 26 日：定点の追加設置，地盤伸縮計の設置・観測開始，崩落の危険あり歪ロガー撤去
- ◆5月 2 日：崩壊拡大により，現地調査及び状況報告
- ◆5月 2 日～5 月 13 日：現地及び変動監視報告，崩壊拡大の予測，被害想定など継続
- ◆5月 13 日：20 時半頃，2 次すべり発生，翌日現地調査及び崩壊状況報告

この期間においては、事務所の方々も 24 時間体制で現地での点検と監視カメラでの監視が継続された。我々もこれに合わせて現場監視と変動監視結果の報告を毎日 2 回定時に継続して行った。

具体的な対応を以下に示す。

#### 1) 定点観測

最も簡易で監視を開始できるため、アスファルト路面へピンを複数箇所設置して、トータルステーションで移動量及び移動方向を計測した（図-3）。

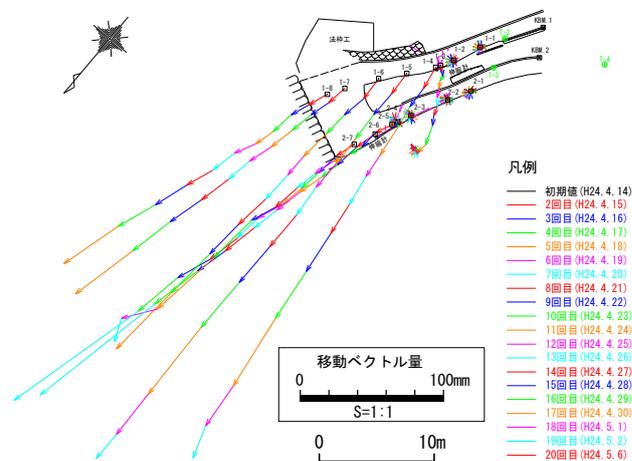


図-3 定点観測結果（4月 14 日～5 月 6 日）

2) ボーリング調査

1 次すべりの拡大が想定されたため、その規模の推定を目的として実施した。作業は、変動を監視しながら 24 時間体制で短期間に掘削し撤去した。歪計・水位計を設置し、地下水検層を実施、観測を開始したが、変動拡大のため、6 日間で観測を取りやめた。その後、この調査地点も崩落に至っている。

3) 光波ミラー観測

変動中の斜面に立ち入る事なく、広範囲に変動有無を確認するため、光波ミラーを観測位置に固定して、安全な位置からトータルステーションにより観測を継続した。

4) 地盤伸縮計

山形県で設置済みの地盤伸縮計 2 基に加え、亀裂発生箇所へ計器を追加し、観測を継続した。変動が大きくなってからは、毎日の観測の都度、インバー線の調整や保護管の修繕が必要となり、変動中の斜面での作業のため、監視員を置いての作業となった。観測データは web 閲覧システムを介した監視及び警報システムを導入して監視が継続された。

4. 崩壊予測

崩壊斜面下方での渡河施設応急工事への影響、隣接斜面への影響、肘折温泉街への影響とその対応検討のため、我々には、変動監視結果に基づく崩壊予測と崩壊時の被害想定が求められた。

1) 崩壊予測

現地踏査及び観測データに基づき、次の段階で崩壊拡大する範囲、土量、土砂流下方向及び範囲を想定し(図-4)、随時報告を行った。また、斎藤(1986)の図解法の基礎方程式を用い地盤伸縮計の観測データから崩壊時間を想定し、随時報告した(図-5)。



図-4 崩壊拡大予測(5月4日報告)

2) 被害想定

1 次すべり崩壊直後に計測された LP データを用い想定したすべり面での崩壊後地形の検討により河道閉塞高さを想定、また、崩壊シミュレーションを実施して、崩壊が拡大した場合の土砂到達範囲を予測した(図-6)。

想定した河道閉塞高さをもとに、上流域にある肘折温

泉街も含めた湛水被害予想範囲を報告した(図-7)。この湛水予想等に基づき、銅山川上流右岸への大型土のうによる応急的な築堤、排水ポンプ設備等の検討が実施された。

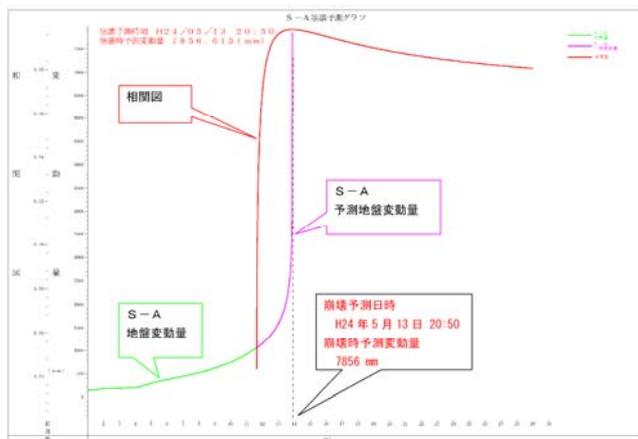


図-5 斎藤(1986)の図解法の基礎方程式を用いた崩壊時間の予測図(5月11日報告)

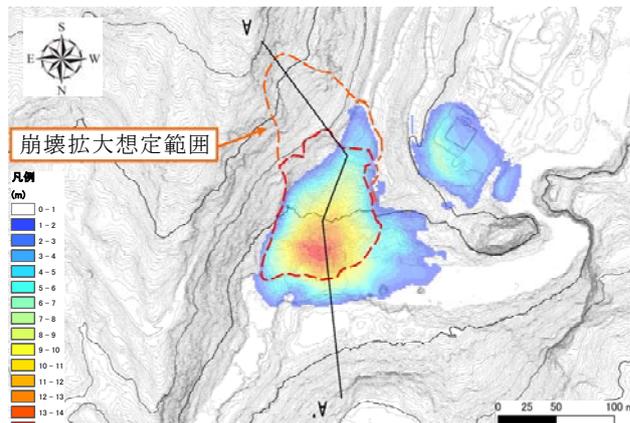


図-6 崩壊シミュレーション結果図(5月4日報告)



図-7 湛水被害予想範囲(4月24日報告)

参考文献

国土交通省東北地方整備局新庄河川事務所(2012):平成24年度大蔵村肘折地区地すべり崩壊地質調査 報告書  
 斎藤迪孝(1986):斜面崩壊発生時期の予知に関する研究, 鉄道技術研究報告, No. 626(施設編第 267 号), pp. 1-53.

## 白石地区のある地すべりの崩壊予測と管理基準値

池田浩二 / 東北開発コンサルタント

### 1. はじめに

平成 19 年 7 月 15 日夕方、台風 4 号に伴う大雨により、白石市道小久保平線で大規模な地すべりが発生した。

地すべりの規模は、幅約 150m、長さ約 300m（推定地すべり土塊量：約 98 万 m<sup>3</sup>）で、大規模な滑動により市道が寸断され、末端部では土塊が白石川支流蝦夷倉川に押し出した。

白石市では、事前の厳戒態勢のもと、市道にあらかじめ設置していた雨量計が基準値を越えたため、全面通行止めの処置をとっていた。

地すべり発生箇所と同市道の北側で発生した土砂崩れにより、一時、計 14 世帯 35 人が孤立したが、人的被害はなかった。これは、調査により地すべり兆候を事前に捉え、関係各署と連携・協議し、適正な監視体制と管理基準値を設定していたことが人的被害抑制につながったと考えられる。

本報では、調査から地すべり発生までの時系列を追い、管理基準値の設定と崩壊予測に至った経緯を報告する。



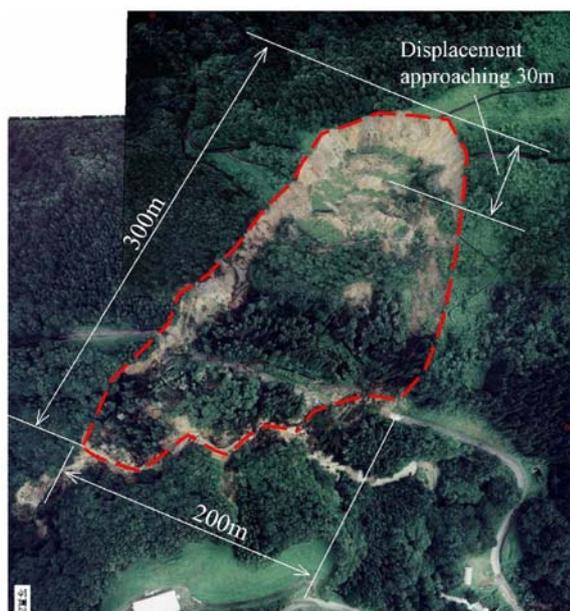
図—1 位置図

### 2. 地すべり発生地の地形・地質的背景

#### 2.1 災害状況

今回の地すべりは、白石川支川の蝦夷倉川に面する斜面で発生した。移動土塊は最大幅約 250m、最大長さ約 300m の規模を有し、比高が最大 30m に達する滑落崖と、これに連続する一連の側方崖で周辺斜面と完全に分離していた。（写真—1）

地すべりの発生に伴い、地すべり地内を横断していた白石市道小久保平原線の延長約 250m の区間が、土塊の移動により寸断された（写真—2）。



写真—1 地すべり全体写真



写真—2 市道の被災状況  
（地すべり地上空西側から撮影。平成 19 年 7 月 18 日撮影）



### 3.1 地すべり兆候の把握

平成 19 年 2 月 16 日、宮城県白石市市道小久保平原線において、除雪作業中、市道のアスファルトに陥没や亀裂などの変状が確認された(写真-3)。

確認された変状の原因を明らかにするため、翌 2 月 22 日～23 日にかけて現地踏査を行った結果、市道の変状の他に、山側の上方斜面にあるパイロット道路(農道)や農地内にも段差を伴う亀裂が各所で見られた(写真-4)。さらに、谷側の沢部にある堰堤や護岸に背後の土砂の押し出しに伴う変状が認められたため、この時点で大規模な地すべりの可能性が予見された。

そこで、当該地区の空中写真判読を行ったところ、現地に生じていた亀裂や陥没が、判読により抽出された地すべり地形と一致した。従って、調査地周辺で確認された変状が地すべり変動に由来するものという確証を得た。



写真-3 路面の隆起部(平成 19 年 2 月 22 日撮影)



写真-4 地すべり頭部の農地に発達する引張亀裂(平成 19 年 2 月 22 日撮影)

### 3.2 地すべり監視体制の構築と管理基準値の設定

市道小久保平原線は、13 戸の集落に通じる生活用道路であり、集落の主要な道路となっていた。そのため、大規模地すべりが発生した場合の緊急時の予防処置として、地表面伸縮計と雨量計を組み合わせた防災警報システムを構築し、3 月 11 日から運用を開始した(図-3)。

システムの構築に際し、通行規制(道路閉鎖)の管理基準値の検討を行った。

まず、降水に対しては災害復旧事業で異常な天然現象の基準とされている「最大 24 時間雨量 80mm 以上、時間雨量 20mm 程度以上」と宮城県の気象の注意報基準「1 時間雨量 35mm 以上かつ総雨量 60mm 以上」を参考に、雨量の基準値を道路管理者と協議した。その結果、管理基準値としては、道路の重要度と現場に向かい道路閉鎖処置を行う時間を考慮し、安全側の「連続雨量 60mm・時間雨量 20mm」とした。

伸縮計変位量の管理基準については、渡(1985)<sup>3)</sup>の緊急避難・地区内立ち入り禁止基準「2~4mm/h 以上」、西嶋(1991)<sup>3)</sup>の避難体制基準「2~3mm/h 以上」、建設省河川砂防技術(案)・調査編<sup>4)</sup>の警報基準「1~4mm/h 以上」を参考にした。設定にあたっては、基準値を低めに設定すると地すべり変動とは関係のない異常変動でも通行規制が頻繁に発生し、住民の生活に支障がでる可能性があることを考慮した。従って、今回は地すべり変動を確実に捉えることとし、伸縮計の管理基準値として「4mm/h」を採用することとした。



図-3 地すべり発生前の亀裂配置と観測機器



写真-5 地表伸縮計(S-4)の設置状況

### 3.3 地表伸縮計の観測結果

S-1～S-4 の地表面伸縮計の変位グラフを図-3に示す。S-1 および S-4 では、奇跡的に地すべり発生時点までのデータを回収することができた。変位グラフより確認された変動の特徴を以下に整理する。

- ・伸縮計 S-1～S-4 は、地すべりの上部、下部の亀裂位置の違いにより、引張と圧縮の違いはあるが、いずれも経時的に同様な累積変位を示した。
- ・計器設置当初の 3 月上旬～4 月中旬までは、ごくわずかな変位しか見られない状態であったが、4 月中旬以降、徐々に変位が累積し、6 月上旬以降は断続的な降雨もあり、変位速度が徐々に加速していった。
- ・7 月 5 日以降からは、日変位速度が 1mm 以上を超えるようになり、藤原 (1979) <sup>5)</sup> の変動種別でいう、変動 A の状態となった。
- ・滑落直前の降雨が最も強かった PM3:00～PM5:00 ころの伸縮量について、速度的に変位が増大し、崩壊にいたったと考えられる。

### 3.4 地すべり発生に至るまでの対応

地すべりを監視する中で、伸縮計の変動傾向が、斎藤・上沢 (1966) <sup>6)</sup> のクリープ破壊曲線と同様の破壊経路をたどることに気が付いた (図-4)。

ただし、伸縮計の変位絶対値は極めて小さく (mm オーダー)、地すべり発生時間を予測するには極めて困難な状況にあったが、数日～数週間の間崩壊に至ることが予想された。7 月 5 日以降の「3 次クリープ」を確認した時点で道路管理者と協議を行い、警戒態勢を強化 (密な監視と緊急時に迅速な対応ができるように体制の強化) することで合意し、その数日後に地すべりが発生した。

なお地すべり発生時は崩壊 5 時間前に連続雨量 60mm を記録し、通行規制 (道路閉鎖) の処置がとられ、人的被害はなかった。

また、観測期間中に地表面伸縮計が「管理基準値」を越えたのは、地すべりが生じた時点のみである。

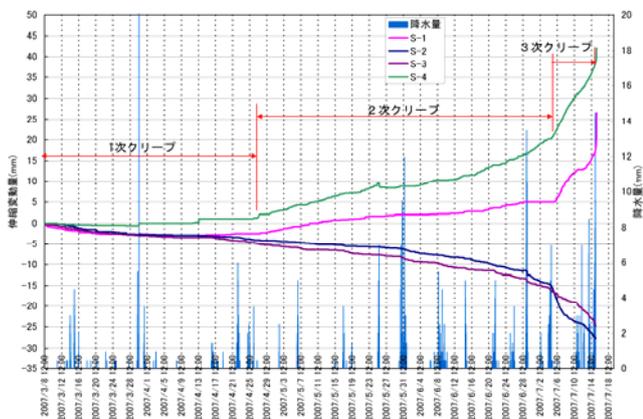


図-4 地表伸縮計変動図

### 4. おわりに

生活道路で土砂災害が発生した場合、利用頻度の高い主要道路であればあるほど人的な被災リスクが高くなるものと考えられる。今回被災した白石市市道小久保平原線は集落から白石市中心部に抜ける重要な生活道路となっており、人的被災リスクがかなり高い状況にあった。

今回の管理基準値は、地すべり変動状況、道路の重要度を考慮し、道路管理者と協議の上、決定したものである。今回のケースでは崩壊発生前の約 5 時間前に、雨量が基準値を超えたことで警報システムが作動し、人的被害を回避できたと考える。ただし、伸縮計の管理基準値については、変位量 4 mm/h を超えたのは崩壊直前であった。そうした意味で、警報システムの構築の際に、雨量計と伸縮計の 2 重の予防線を張っていたのは幸いであった。

今回の地すべりについて、当初の現地踏査の段階では、大規模地すべり発生に至ることは予想できなかった。しかし、警報システムを構築し、地すべり変動を監視していく中で崩壊が予見され、道路管理者と連携し、適切な対応をとることができたことは、今後の災害防止を考える上で大きな意味をもつものとなった。ただし、伸縮計の閾値の設定に課題も残ったため、管理基準値の設定に当たっては、地すべり状況や現場状況を十分吟味した上で設定し、状況が変化する中で基準値を変更することも必要であると考えている。

### 謝辞

今回の発表にあたり、株式会社テクノ長谷の早坂 功氏、加藤 彰氏、前田修吾氏 (現：仙台市職員) には、資料の提供と有益な助言を頂いた。ここに記して、厚く感謝申し上げます。

### 参考文献

- 1) (社) 日本地すべり学会東北支部白石市追久保地すべり調査チーム (2007) : 2007 年 7 月 15 日に宮城県白石市で発生した地すべり、国内ニュース、日本地すべり学会誌、第 44 巻、第 3 号、pp. 44.
- 2) 檜垣大助・千葉則行・梅村 順・(社) 日本地すべり学会東北支部白石市追久保地すべり調査チーム (2008) : 2007 年 7 月 15 日に宮城県白石市で発生した追久保地すべりの特徴と機構—既往危険度判定結果との対比—、日本地すべり学会誌、第 45 巻、第 3 号、pp. 41-47.
- 3) 地すべり対策技術協会 (1996) : 地すべり観測便覧、pp371-372.
- 4) (社) 日本河川協会編 (1997) : 建設省河川砂防技術基準 (案) 調査編、山海堂、pp211.
- 5) 藤原明敏 (1979) : 地すべりの対策と防止対策、理工図書.
- 6) 斎藤迪孝・上沢弘 (1966) : 斜面崩壊時期の予知、地すべり、vol. 2, No. 2, pp. 7-15.