

1. 東北地方太平洋沖地震による福島県白河市の地すべり性崩壊について

Landslides occurred by "The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake" in Shirakawa City, Fukushima Prefecture

○中井 真司（復建調査設計株式会社）、
笹原 克夫（高知大学農学部）
内村 太郎（東京大学大学院工学系研究科）
向井 信之、山部 哲、柳崎 剛（株式会社建設技術研究所）

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日午後 2 時 46 分、三陸沖を震源とする東北地方太平洋沖地震が発生した。その後も青森県から静岡県の広い範囲で、強い余震が繰り返し発生した。この地震では、岩手県から千葉県にかけて津波により甚大な被害が発生したが、それと同時に栃木県、福島県などで多数の死傷者を伴う斜面災害が発生している。国土交通省の情報によると、5 月 20 日現在で青森県から長野、静岡県に至る都道府県において、土石流等 12 件、地すべり 27 件、がけ崩れ 80 件の発生が報告されている。ここでは、5 月 3 日に福島県白河市の斜面災害を対象に実施した現地調査の結果を報告する。

2. 地震の概要と地震前の降雨状況

気象庁公表の気象統計情報によると、本震は三陸沖（38° 6.2'N, 142° 51.6'E）の深さ約 24km 地点において、マグニチュード(M)9.0 の規模で発生した。この地震により、宮城県栗原市の最大震度 7 をはじめ、青森県から静岡県までの 15 都県で震度 5 強以上、岩手県から千葉県までの 8 県で震度 6 弱以上が観測された。また、広範囲の強い揺れに伴い、東日本の太平洋沿岸部では巨大な津波が観測された。本震発生後、余震域は青森県沖から房総半島沖の非常に広い範囲にわたっている。5 月 3 日現在において、最大規模である 3 月 11 日 15 時 15 分頃に発生した M7.7 の余震をはじめ、M6.0 以上の余震が 75 回観測された。

気象庁 AMeDAS 観測データより調査地近傍の白河観測所、那須烏山観測所における 1 月から本震発生までの降水状況を整理した。

地震発生前の白河観測所における総降水量 5mm 以上の降水を表-1 に、日降水量及び累加降水量の時系列変化を図-1 に示す。表-1 によると、1 月以降本震までに 5mm 以上の降水を記録したのは 5 回で、このうち最大の降水量は 2 月 18 日に観測された 35.0mm であった。降水は 2 月 18 日のみ降雨を主とし、その他は降雪を含むものである。図-1 によると、1 月以降の累加降水量は 95mm 程度である。本震発生日の 3 月 11 日にまとまった降水はなく、地震発生直前の降水は 3 月 7 日～9 日にかけての 9.5mm である。なお、白河観測所では本震発生後より 12 日にかけて欠測が生じていたが、当日の天候が晴れであること、また周辺観測所においてもまとまった降雨・降雪が観測されていないことを確認した。

表-1 本震前の降雨状況(白河観測所・気象庁)
(総降水量 5mm 以上の降雨を抽出)

期間	総降水量	降水状況
1 月 15 日～17 日	8.0 mm	降雨, 降雪
2 月 14 日～15 日	9.0 mm	降雨, 降雪
2 月 18 日	35.0 mm	降雨
2 月 28 日～3 月 1 日	17.5 mm	降雨, 降雪
3 月 7 日～9 日	9.5 mm	降雨, 降雪

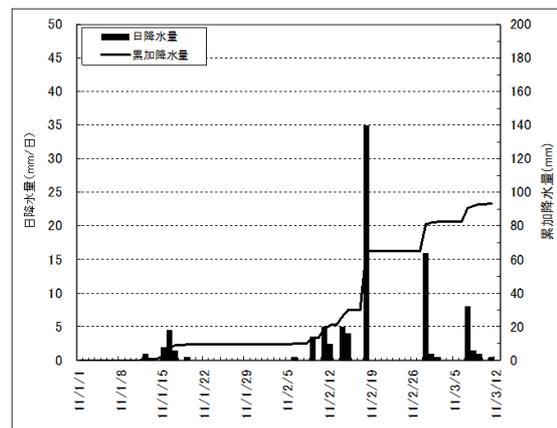


図-1 本震前の降水量(白河観測所・気象庁)

3. 福島県白河市周辺の現地調査結果

調査対象とした斜面崩壊地の位置を地質図に示す(図-2)。当該地の地質は、下位より白亜紀の花崗岩類、第三紀凝灰岩類、第四紀火山岩屑からなり、斜面崩壊は第四紀火山岩屑の箇所が発生している。以下に各地区の調査結果を述べる。

3.1 葉ノ木平地区

葉ノ木平地区では、長さ250m程度、幅70m程度の範囲に地すべりが発生し、民家が被災した(図-3)。地すべり範囲の比高は約60mで、崩壊頭部から崩土の到達点までの見通し角は 8° と小さく、流動性の高い崩壊であった(写真-1)。崩壊は尾根から発生し、沢地形なりに東北東へ250m程度流動している。また、崩壊土砂の一部は北西のゴルフ練習場へ流動している(写真-2)。頭部滑落崖は高さ3~5mであり、移動土塊の樹木は直立している。中腹には水の滲み出しがあり、移動土塊が粘土化している。周辺の地山には等高線に平行な方向の亀裂、段差や滑落崖が見られた。古くからの地すべり性変動を示しており、もともと斜面変動が発生していたと推察できる。

地質は、第四紀の那須火山噴出物が主体であり、軽石凝灰岩主体でスコリアが混じっている。軽石はポーラスで、水分を多く含むことができ、指圧により間隙水がにじみ出る状態であった。軽石の変質部は指圧で容易に粘土化するものであった。

火山噴出物、軽石層には層構造をなしている状況が確認された(写真-3)。本調査では、その性状より最下層の凝灰岩質粘性土と軽石質粘性土の境界をすべり面と考えた。なお、凝灰岩質粘性土の上には、すべり面と思われる条線が確認できる箇所も見られる(写真-4)。また、側壁には軽石層の堆積と変質粘土が確認できる。なお、ゴルフ練習場側の移動土塊には、移動に伴う底面でのせん断による軽石層の破碎で形成されたと考えられる粘土層(写真-5)が認められる。



図-2 斜面崩壊地(福島県白河市)
ベースマップは東北地方土地質図4(1988)¹⁾



図-3 地すべり概要(葉ノ木平地区)



写真-1 流動化した地すべり



写真-2 ゴルフ練習場への流動

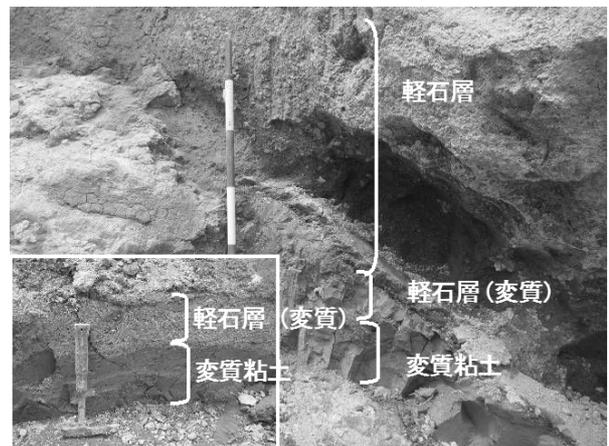


写真-3 葉ノ木平地区の層序



写真-4 すべり面境界に認められる削痕



写真-5 すべり面境界に認められる削痕

3.2 北ノ入地区

北ノ入地区では、尾根部で幅 40m、長さ 100m 規模の地すべり性崩壊が発生し、東南から南方向へと大きく方向を変えながら谷筋を 150m 程度流下し、勾配がほぼ平坦になる末端部の耕作地で停止している（図-4）。

地すべり頭部には、高さ 2~5m 程度のほぼ鉛直な滑落崖が馬蹄形に形成されている（写真-5）。地すべり発生域の勾配は約 15° と緩く、崩壊後の地表の一部には地表に沿って土塊の一部が滑った痕跡と考えられる条痕が認められる。

地すべり域には第四紀的那須火山噴出物が旧地形を覆って堆積しており、すべり面付近には非常に軟質化した軽石層の分布が確認される（写真-6）。この層は乱さない状態では数 mm~10mm の軽石の粒が噛み合っているが、軽石粒の内部に多くの水分を含有しており、指でつぶすと容易に高含水粘土状になる（写真-7, 8）。

火山噴出物層の下位には、溶結凝灰岩起源の粘性土が確認された。地すべり域直下の勾配約 40° の急斜面付近にも溶結度の高い硬質な凝灰岩が分布していることから、地すべり土塊の下位には、不動層である溶結凝灰岩が分布しているものと推察される。

頭部に発生した地すべりは、この急斜面の上部に抜け出し、発生した土塊が流動化して谷筋を流下したものと考えられる。下流では谷筋は大きく屈曲しているが、流動性の高い崩土は地形に沿って流下し、末端部の耕地にほぼ平坦に堆積している（写真-9, 10）。

流下域左岸側の浅い谷からの湧水で、調査時には流下域に残存する土砂が非常にぬかるんでいたことから、もともと谷筋は水の多いところであったものと考えられる。

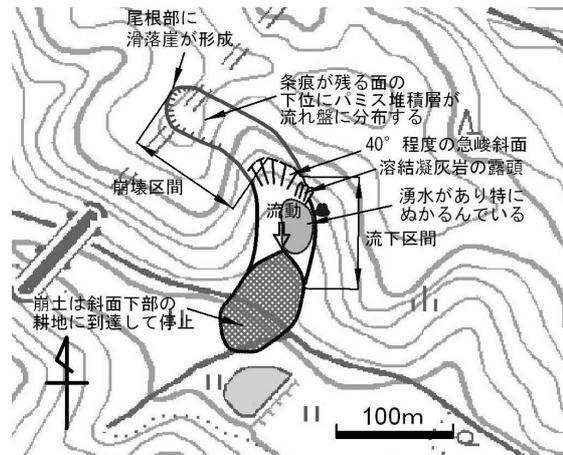


図-4 北ノ入地区の地すべり概要



写真-5 地すべり発生域の状況



写真-6 すべり面付近に分布する軽石層

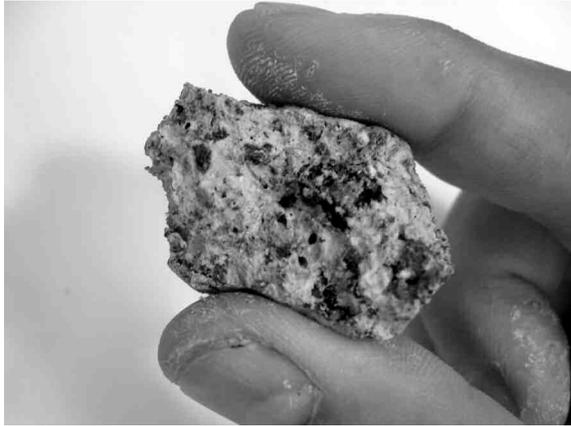


写真-7 つぶす前の軽石の状態
(数 mm~10mm の軽石の粒が噛み合っている)



写真-8 軽石をつぶしたところ
(高含水粘土状になる)



写真-9 流下域の状況
(流動性の高い崩土が地形に沿って流下する)



写真-10 末端部の堆積状況
(耕地にほぼ平坦に堆積している)

3.3 推定される地すべり機構

両地区とも、地すべり発生域は尾根部に近い位置にあたるが、崩土の性状を見ると、発生域にはルーズな火山噴出物が厚く堆積していたものと考えられる。今回の崩壊は、地震動を誘因としてこれらのルーズな堆積物が地すべり的に崩壊したものである。

白河市周辺の地震前の1~2月の降水量は平年並みであり地震直前の降水はなかったが、崩土は非常に多くの水を含んだもので、谷地形を流動化して谷出口の平坦地まで到達した。発生箇所はいずれも谷地形の上部に該当するため、地盤内には地下水が集まりやすい埋没谷的な構造が形成されていた可能性も高い。また、調査で明らかになったように、当地区の火山噴出物の軽石層は非常に多くの水分を多く含むことができる性質を有している。これらのことから、2月後半の降水(50mm程度)やそれ以前の降水により地下に浸透した水は、地下構造により崩壊箇所付近に集められ、軽石の間隙に貯留されていたものと考えられる。

崩壊時には、すべり面付近の高含水比の軽石層が急激なせん断(非排水に近い条件)で体積圧縮し、含まれていた水が空隙を充てんとするとともに、過剰間隙水圧が発生して流動化したものと考えられる。

4. まとめ

以上のように、ここでは東北地方太平洋沖地震により発生した斜面災害のうち、火山噴出物が崩壊して流動化し、崩壊土砂が長距離移動した事例について報告した。流動性の高い土砂移動現象は甚大な被害につながることが多い。このため、今後はこれらの火山噴出物堆積域での、地震による崩壊および流動化のメカニズムをさらに解明していく必要があると考えられる。

【引用文献】 1) 東北地方土木地質図編纂委員会(1988):「東北地方土木地質図4」