

# 5. 中越地震で発生したすべり面からのサンドダイクとすべり面の凝灰質砂岩

Sand dyke derived from tuffaceous sandstone as slip surface in Yokowatashi landslides caused by The Mid Niigata pref. Earthquake

○稲垣秀輝・齋藤華苗・小坂英輝（株式会社環境地質）  
Hideki Inagaki, Kanae Saitoh, Hideki Kosaka

## 1. はじめに

2004年新潟県中越地震に伴って発生した横渡地すべりでは、齋藤他（2008）<sup>1)</sup>により、移動体のシルト岩盤のクラックにすべり面となった凝灰質砂岩のサンドダイクが見つかった。今回、その移動体の岩盤の底まで掘削し、すべり面とサンドダイクが連続していることを確かめた。つまり、すべり面からのサンドダイクの発生は、地震時に斜面のシルト岩内の砂岩挟み層などで、すべりのせん断に伴う過剰な間隙水圧が発生することを示し、その岩盤が高速で滑り出す危険があることを示している。

さらに、横渡地すべりの周辺を踏査すると、中越地震ですべり面となった凝灰質砂岩の他にさらに多くの計4枚のすべりを起こしやすい凝灰質砂岩を発見した。これら凝灰質砂岩の分布を追跡すると、2004年中越地震に伴って発生した横渡地すべりより以前に2つの古い地すべりが発生していたことがわかった。これらの地形・地質解析により横渡地すべり周辺の地すべり地形発達史を説明する。

## 2. 横渡地区の凝灰質砂岩層の分布と地すべり

横渡地区には、新第三紀鮮新世のシルト岩を主体とする白岩層が分布する。北北西-南南東方向の尾根を境に西側は25度の緩斜面、東側は60度の急斜面からなるケスタ地形をなし、シルト岩内には凝灰質砂岩層が挟在している。これらの凝灰質砂岩層をすべり面として中越地震の際に2つの横渡地すべりが動いたことは良く知られている。ここで、問題となる凝灰質砂岩層がどの層準にあり、何枚あるのか調査した。

本地区に分布する凝灰質砂岩層はTuff-1~7の7枚で、この中で厚さが10~80cmと比較的厚く粒度が中粒以上の地震時に間隙水圧が発生しやすいものはTuff-1とTuff-5~7の4枚である（Tuff-2~4は凝灰質シルト岩）（図-2）。写真-1に示した中粒の軽石を含むTuff-1とTuff-5では、針貫入試験から凝灰質シルト岩Tuff-2, 3, 4に比較してかなり低い強度を示した。

したがって、中越地震時にはある程度の層厚を有し、強度の弱く、砂質分の多いTuff-1とTuff-5をすべり面としてLS-1とLS-2の地すべりが発生したと考えられる。また図-1より、さらに上位の凝灰質砂岩層Tuff-6とTuff-7をすべり面とするLS-3とLS-4の地

すべりが過去に起こったことがわかる。

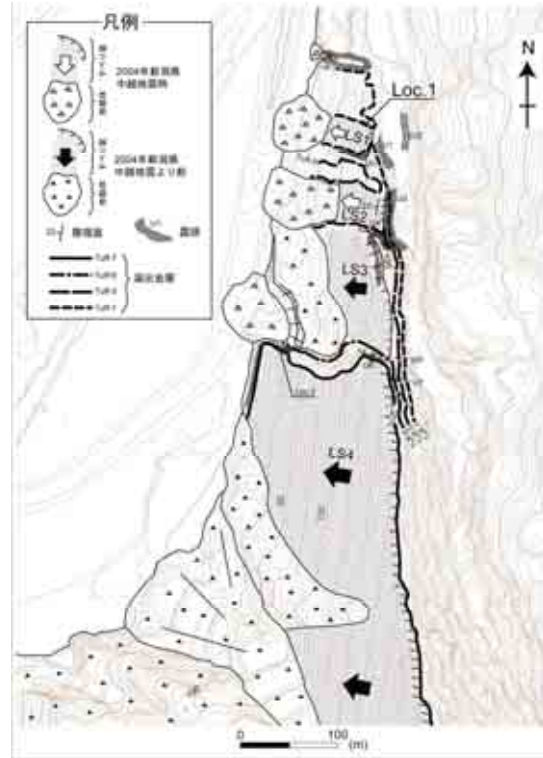


図-1 地すべりと凝灰質砂岩の分布  
各露頭の柱状図

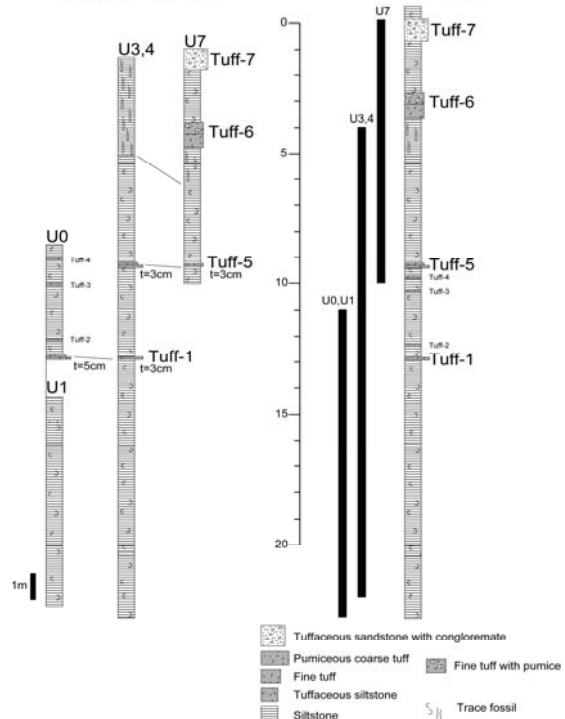


図-2 横渡地すべり周辺の層序とすべり面

### 3. 地震時に凝灰質砂岩層から発生したサンドダイクと過剰間隙水圧の発生

凝灰質砂岩層が、どうして地震時のすべり面になったのか。Tuff-1 と Tuff-5 の針貫入強度は周辺の岩盤に比較してきわめて小さく、これらの凝灰質砂岩層は、空隙が多く水を多量に含む挟み層であった。Tuff-1 をすべり面とした LS-1 の北側側部にはやや動いたものの落ち残ったシルト岩からなる移動岩体がある (Loc. 1, 図-3)。この岩体を不動岩盤までトレンチしたところ、写真-2 に示したように Tuff-1 から連続した凝灰質砂岩のサンドダイクがシルト移動岩盤の割れ目内に観察された。

サンドダイクが見つかった割れ目は、その間隔 50~100cm, 開口幅 2cm 以下の開口割れ目である。この割れ目に沿って上昇したサンドダイクの根元付近のパミス粒子は Tuff-1 と同様に 0.5mm 程度、無色透明~白色でスポンジ状パミス粒子であり、淘汰が良い。その上の割れ目内に付着しているパミスの粒子は Tuff-1 層の粒子よりも細粒化しており、径 0.03mm 程度、無色透明でバブルウォール型のパミス粒子片から構成されていた。表土付近まで上昇したものは、割れ目沿いに伸びた植物根にパミス粒子片が取り込まれて、割れ目壁によく保存されていた。

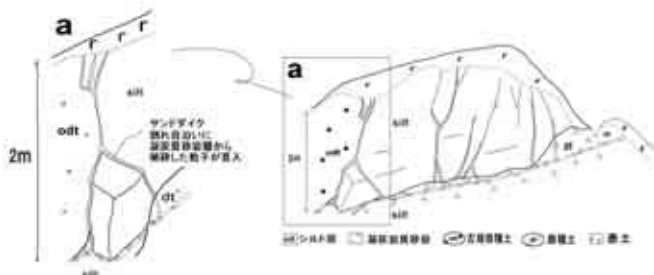


図-3 地震時にすべり面の凝灰質砂岩層から発生したサンドダイク (Loc. 1)

LS-1 の北側移動岩体の割れ目にサンドダイクを確認したが、南側の同層序の不動シルト岩内の割れ目にはサンドダイクは確認できなかった。つまり、強度の弱い凝灰質砂岩層 (Tuff-1) 内で地震時の押しによってすべりが発生し、そのすべりによるせん断を受けて凝灰質砂岩層は細粒子化する。すると、瞬時に空隙の縮小に伴う負のダイランシーが発生し、凝灰質砂岩層に過剰間隙水圧が発生し、サンドダイクと高速すべりが同時に起こったと考えられる。



写真-1 凝灰質砂岩層内の軽石写真-2 サンドダイク分布の崖  
このとき、すべりに伴う粘土層は発生せず、実際に

すべり粘土層はなかった。地すべり粘土層を探しても無駄のことが良くわかる。地震時に砂層をすべり面にする場合には、すべり粘土がないのである。

### 4. 横渡地すべり移動ブロックの移動経路と移動速度

前述したとおり、LS-1 の移動ブロックは、強度の弱い中粒凝灰岩中で地震時のすべりによるせん断を受け、負のダイランシーを発生し、過剰間隙水圧が発生した。このため、この中粒凝灰岩をすべり層として、ほとんど摩擦抵抗のない状態で高速運動をしたのではないかと考えられる。



ちなみに、k-net 小千谷の観測データによるほぼ北方向の最大速度は 1.36(m/s) であることから、北側への水平移動の初速度を 1.36(m/s) とし LS-1 の A ブロックの北側へのずれを計算すると 6.9m であった。実際のずれは図-4 のとおり 6.8m である。つまり、LS-1 はほとんど摩擦抵抗のない状態で高速運動したことになる。その最

図-4 LS-1 の移動経路

大速度を計算すると、約 10m/s であることがわかった。

### 5. まとめ

横渡地区で、4 層の凝灰質砂岩層を確認した。このうち、上位 2 層の凝灰質砂岩層は過去の地震で地すべりを発生させた。下位 2 層の凝灰質砂岩層は中越地震の際、地すべりを発生させた。

また、すべり面となった凝灰質砂岩層からサンドダイクが発生している露頭を見つけた。つまり、降雨時のすべり粘土を伴うようなゆっくりすべる地すべりでなく、地震時には、砂岩層がせん断されて、瞬時に空隙の縮小に伴う負のダイランシーが発生し、過剰間隙水圧が発生することで、移動体が、高速で斜面下部まで滑り落ちるのである。このとき、すべり粘土は形成されない。すべり粘土はないのである。

### 文献

- 1) 齋藤華苗・小坂英輝・稲垣秀輝・横山俊治・井口 隆・大八木規夫 (2008) : 2004 年新潟県中越地震で発生した横渡地すべりの移動ブロックの復元と移動経路, 第 47 回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp. 283-286.
- 2) 齋藤華苗・小坂英輝・稲垣秀輝 : 中越地震で発生した横渡すべり面のサンドダイクと過剰間隙水圧の発生, 第 48 回地すべり学会研究発表会講演集 (印刷中)