

福島県金山町で発生した地すべりとそのすべり層の 一面せん断試験結果について

日本大学工学部 学生会員 長谷川 隆之 ・ 渡邊 恵一
正会員 梅村 順

1.はじめに 平成19(2007)年2月7日未明、福島県大沼郡金山町小栗山地区(図 - 1)で地すべり性の崩壊に伴う土砂災害が発生した。その後、同月21日未明に、同じ箇所が再崩壊した。著者らは、この地すべり性崩壊について、特に二回目の崩壊は、この地域に分布する地質に起因すると考えた。そこでこの地すべりのすべり面が通ると考えられる層から乱さない試料を採取して、一面せん断試験装置を用いた実験を行った。本文ではその実験で得られた結果から、この崩壊のプロセスを検討した結果について述べる。

2. 災害発生地の地質と崩壊の状況 山元¹⁾によれば、この地域の地質は凝灰角礫岩と岩屑なだれ堆積物から構成される上井草層と呼ばれる層を、沼沢湖火砕流堆積物が覆っている(図 - 2)。崩壊地では、滑落崖の直下に上井草層を構成すると考えられる凝灰角礫岩が認められ、地すべりのすべり面は、この凝灰角礫岩を通ると考えられた。



写真 - 1 土砂災害地全景

崩壊は、集落から牛兵衛沢に沿って約300m上流の左岸斜面で、幅約80m、斜面長65mにわたって生じた。崩壊した土砂の一部は牛兵衛沢に沿って集落まで流下し、住家二棟、非住家二棟を押しつぶした。この一回目の崩壊では、流下した土砂の含水状態が低い点で特徴的であった。二回目の崩壊では初回時の滑落崖が崩壊した。この崩壊で滑落崖は5～10m程度後退した。崩壊した土砂は、一回目の崩壊で堆積した土砂の一部が背後から玉突き状に押し出され、先端部分が離れて流下した。流下した土砂は、一回目と比べて流動性が高く、一回目の堆積土砂先端位置を約100m超え、野尻川にまで達した。

3. 試験方法 試料は、すべり面が通ると考えられた凝灰角礫岩を、シンウォールチューブを用いて乱さない状態で採取した。その試料の物理的性質を図 3に示す。試験はまず、試料を直径6cm高さ2cmのカッターリングにナイフで丁寧に成形して納め、それを供試体とした。その供試体を一面せん断試験装置にセットした後、崩壊前の状況を想定し、まず自然含水状態のまま崩壊前のすべり面付近の推定土被り圧に相当する500kN/m²の上載圧で圧縮した状態で水浸後、所定の上載圧に除荷してせん断する試験 および、崩壊後の状況を想定し、10kN/m²の上載圧で水浸してから500kN/m²で圧密後、所定の上載圧にしてせん断する試験、の2つの試験を行った。いずれの試験も、CU条件、せん断箱間隔を0.2mm、せん断速度を0.02mm/min、せん断終了変位を9mm以上とした。



図 - 1 災害発生地位置図

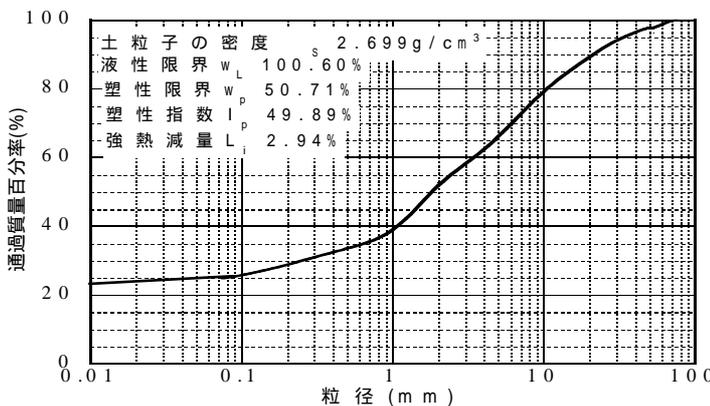


図 - 3 試料の物理的性質



図 - 2 災害発生地付近の地質(山元¹⁾に加筆)

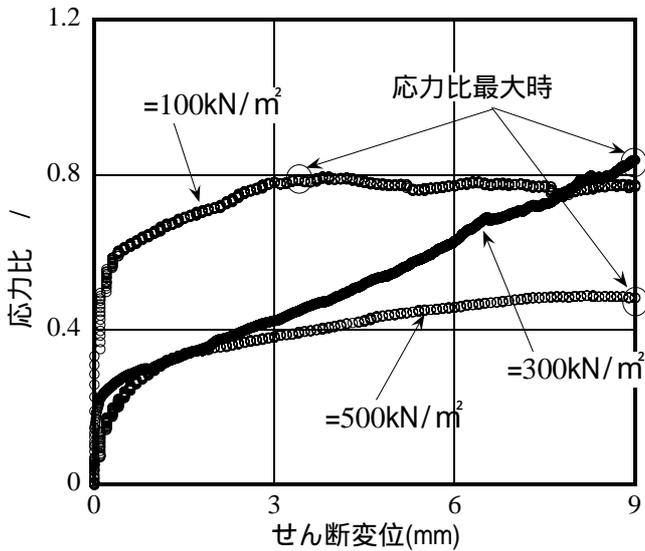


図 - 4 崩壊前を想定した試験の σ / τ 曲線

4. 実験結果と考察 試験結果の一例として、 $\sigma = 100 \text{ kN/m}^2$ の条件での応力比 - せん断変位関係を図 - 4 に示す。これから、応力比最大時のせん断応力の値から破壊規準線を求め、 $\sigma = 500 \text{ kN/m}^2$ の条件で $c' = 60.0 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi' = 18.6^\circ$ 、 $\sigma = 300 \text{ kN/m}^2$ で $c' = 77.3 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi' = 12.3^\circ$ をそれぞれ得た。これらの試験結果は、応力開放状態で水浸を与えた $\sigma = 100 \text{ kN/m}^2$ の条件の方で c' が大きく、通常の知見と異なる結果になった。

図 - 4 中には応力比最大時を呈したときの位置を示したが、それらはせん断変位の値が上載圧条件それぞれで大きく異なっていた。これは乱さない試料を用いたために試験ではせん断面に礫が挟まっている状態がしばしば観察され、特にせん断後半でその影響が顕著になったと考えられた。そこで図 - 5 のように、せん断初期に着目し、その変位が急増し始める点を破壊点として評価した。そして、この点から破壊規準線を求めたところ、 $\sigma = 100 \text{ kN/m}^2$ の条件で $c' = 30.0 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi' = 17.0^\circ$ 、 $\sigma = 500 \text{ kN/m}^2$ で $c' = 2.0 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi' = 19.5^\circ$ を得た。これらの結果は、通常の知見に合う傾向になっており、妥当な結果であると思われる。この結果は、この場所の凝灰角礫岩が、応力が解放された状態で水浸を受けると ϕ' が大きくなるので、地山に比べ、水圧の上昇に対してせん断抵抗力が大きく変化することを示している。この点は、この場所での対策を進める上で、考慮すべき点であると考えられる。

以上のことから、この土砂災害は図 - 8 に示すように、まず、沢の河岸浸食で徐々に不安定化した当該斜面に、気温の急激な上昇で融雪水が大量に供給されたために崩壊。崩壊跡地は形状が不安定化、かつ、応力が解放され、さらに融雪水の影響を受けて地山は水圧に対してせん断抵抗力が敏感に反応する状態に変化。堆積土砂も、融雪水の影響で、泥濁化。そこに、1 回目同様気温の上昇に伴う融雪水の供給を受けたために、地山が再崩壊。崩壊土砂が堆積土砂背後に衝突し先端部を押し出したために一部が離れ、再度土砂が沢を流下。というプロセスが推定された。

参考文献 1) 山本孝広・駒沢正夫(2004): 地城地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅)宮下地域の地質, 地質調査総合センター, 71p.

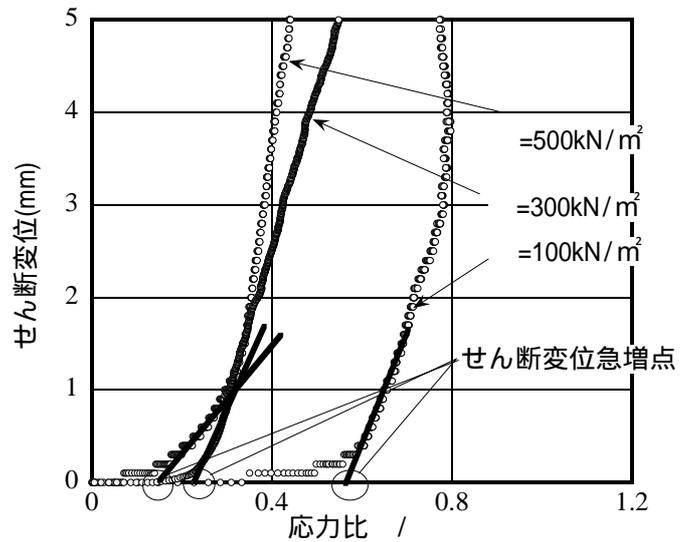


図 - 5 崩壊前を想定した試験の τ / σ 曲線

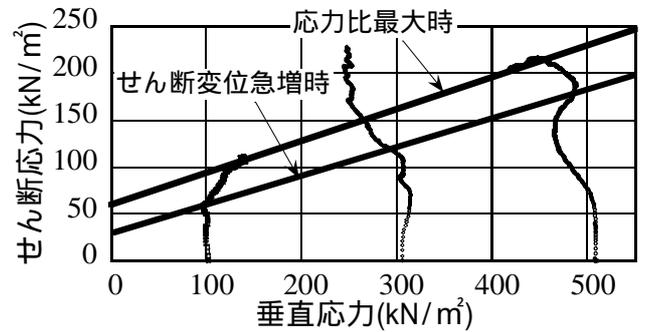


図 - 6 崩壊前を想定した試験の応力経路

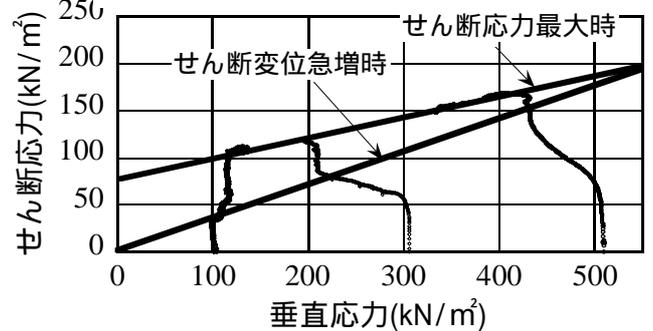


図 - 7 崩壊後を想定した試験の応力経路

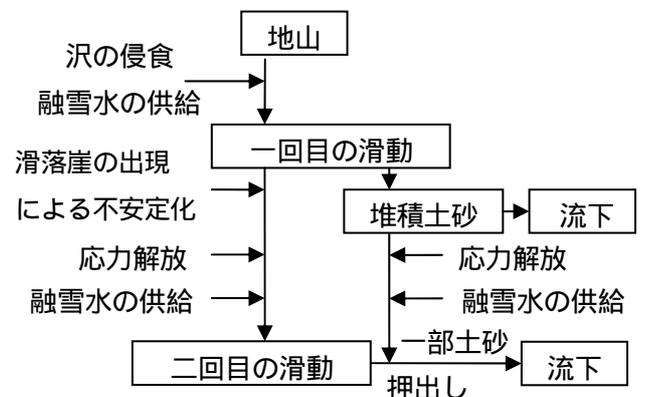


図 - 8 今回の災害の推定されるプロセス