

2.3 流動化する地すべりの発生箇所・到達範囲の予測に関する研究 (2)

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：土砂管理研究グループ（地すべり）

研究担当者：石井靖雄、杉本宏之

【要旨】

地すべり土塊が流動化した場合、被害が通常よりも広範囲に及ぶことが予想される。そこで、雪崩・地すべり研究センターとの共同プロジェクトとして、流動化する地すべりの発生箇所と到達範囲の予測に関する研究を平成 23 年度から 5 年計画で開始した。平成 26 年度は、火山灰被覆丘陵において地震によって発生する崩壊性地すべりについて、(1)土塊の到達距離の予測手法、(2)崩壊性地すべりの発生に及ぼす地下水の影響、(3)崩壊性地すべりの発生に及ぼす地層の硬度不均質性の影響について検討を行った。

キーワード：流動化地すべり、地震、到達距離、地下水、地震応答解析

1. はじめに

地すべり土塊が流動化した場合、被害が通常よりも広範囲に及ぶことが予想される。しかしながら、その要因や発生機構に未だ不明な点が多いため、現行の土砂災害防止法でも区域指定に関して流動化した地すべりは考慮されていない。

そこで、雪崩・地すべり研究センターとの共同プロジェクトとして、流動化する地すべりの発生箇所と到達範囲の予測に関する研究を平成 23 年度から 5 年計画で開始した。本研究の達成目標は、①流動化する地すべりの発生要因の解明、②流動化する地すべりの発生箇所と到達範囲の予測手法の提案である。本研究では、まず過去に発生した地すべり事例から、流動化した地すべりの事例を誘因（融雪、豪雨、地震）ごとに抽出する。抽出された事例について、発生箇所の地形・地質の特徴から地すべり土塊の流動化の要因を明らかにする。さらに、地すべりの発生機構を分析することで、流動化する地すべりの発生箇所および地すべり土塊の到達範囲の予測手法を開発する。

地すべりチームでは、2011 年東北地方・太平洋沖地震によって発生した葉ノ木平地区等の崩壊性地すべりを対象として、平成 23 年度から発生箇所と到達範囲の予測手法について検討を行っている。また、過去に全国で発生した流動化した地すべり（誘因は、融雪・豪雨・地震と様々）を対象として、地すべり土塊の流動化のメカニズムや発生箇所の特徴について検討を行っている。

平成 23 年度に葉ノ木平地区等を対象とし、発生要因について調査を行った。その結果、葉ノ木平地区と同様の

タイプの崩壊性地すべりの発生箇所を予測するためには、遷急線の位置、火山灰に厚く覆われた斜面（流れ盤構造）、軟弱な粘土層、硬軟の土質境界という要素が重要であることが明らかになった。平成 24 年度は、過去の地震で発生した崩壊性地すべりを対象として、発生要因について調査を行った。その結果、葉ノ木平地区と同様の要素が重要であることが明らかになった。平成 25 年度は、それまでの調査結果に基づいて発生箇所における地形・地質の特徴の検討を行い、崩壊性地すべりの恐れのある斜面の抽出方法を提案した。

一方、過去に全国で発生した流動化した地すべり（誘因は、融雪・豪雨・地震と様々）に対しては、平成 24 年度に、土塊が溪流に流入して長距離を移動した土塊の底面の堆積構造を、樹脂固定標本等により詳細に観察した。その結果、地すべりが溪流へ流入して長距離移動した事例では、すべり面（土塊底面）において土砂と水が混合して液状になっていたこと、また、土塊先端では土塊と水の混合が著しく進行して土石流化したことが明らかになった。

平成 26 年度は、火山灰被覆丘陵において地震によって発生する崩壊性地すべりについて、(1)土塊の到達距離の予測手法、(2)崩壊性地すべりの発生に及ぼす地下水の影響、(3)崩壊性地すべりの発生に及ぼす地層の硬度不均一性の影響について検討を行った。

2. 研究目的

本研究の目的は、大規模な土砂災害の被害軽減と警戒及び避難体制の拡充を図るために、流動化する地すべ

りの発生箇所と到達範囲の予測方法を提案することである。

3. 火山灰被覆丘陵における地震起因の斜面変動の土塊到達距離

3.1 調査概要

火山灰被覆丘陵において地すべり・崩壊等の斜面変動が発生した場合、土塊が流動化して広範囲に広がる傾向があり、被害が大きくなりやすい。2011年東北地方太平洋沖地震によって白河市で発生した葉ノ木平地区等の崩壊性地すべり^{1,2,3)}は、流動性が高く、大きな被害を引き起こした。火山周辺の丘陵・山地においては、白河丘陵と同様に、地震によって崩壊性地すべりの発生する恐れがある斜面が存在すると考えられ、土塊の到達距離の予測手法を開発することは重要な課題と考えられる。そこで、2011年東北地方太平洋沖地震及び過去の地震によって火山灰被覆丘陵において発生した斜面変動を対象として、土塊の到達距離を調査した。

3.2 調査方法

調査対象としたのは、2011年東北地方太平洋沖地震による白河丘陵地区(5箇所)、1984年長野県西部地震による御岳高原地区^{4,5)}(5箇所)、1978年伊豆大島近海地震による見高入谷地区⁶⁾(5箇所)、1968年十勝沖地震による八戸地区^{7,8)}(60箇所)の計4地区75箇所である。白河丘陵地区、御岳高原地区、見高入谷地区で発生した斜面変動は規模が大きい崩壊性地すべりであり、八戸地区で発生した斜面変動は比較的小規模な崩壊が殆どであった。

表-1 調査対象地区

		2011年 東北地方太平洋沖 地震	1984年 長野県西部地震	1978年 伊豆大島近海地震	1968年 十勝沖地震
発生 地域	地域名	福島県 白河丘陵地区	長野県王滝村 御岳高原地区	静岡県河津町 見高入谷地区	青森県 八戸地区
	震度	震度6強(白河)	推定震度6(王滝村)	推定震度5~6	震度5(八戸)
	降雨	-	-	-	前日まで降雨 (3日間雨量約 200mm)
発 生 規 模	面積	10 ³ ~10 ⁴ m ²	10 ³ m ²	10 ² ~10 ⁴ m ²	10 ³ m ²
	深さ	約10m	約10m	約5m	約2m

調査方法は、斜面変動の発生後に撮影された空中写真を用いて崩壊発生域と土塊到達域を判読し、地形図上に範囲を移写し、発生域の長さL₁、最大移動距離L₂を計測した。八戸地区については、縮尺1/2.5万の地形図を用いたが、それ以外の地区はLPデータから作成した地形図を用いた。

3.3 調査結果

調査対象とした75箇所の最大移動距離L₂/発生域の長さL₁を計算した結果を図-1に示す。75箇所のL₂/L₁の平均は1.8、最大は9.6(御岳高原地区)であり、累積比率が8割となるL₂/L₁は2であった。崩壊規模が小さな八戸地区を除き、崩壊性地すべり15箇所の最大移動距離L₂/発生域の長さL₁を計算した結果を図-2に示す。15箇所のL₂/L₁の平均は2.3であり、累積比率が8割となるL₂/L₁は2となり、ほぼ同様の結果となった。

今回対象とした斜面変動の到達距離は、既往の地すべりの到達距離の統計⁹⁾と比べて土塊が長距離流動する傾向がみられる。また、流下経路別に見ると、土塊が谷中を流下した箇所は、そうでない箇所よりも到達距離が長い傾向にあった。谷中を長距離流下した事例の中には、土石流化した事例も含まれていると考えられる。例えば、L₂/L₁が9.6となった御岳高原地区の事例などである。これらについては、今後は分けて検討する必要があるものと考えられる。

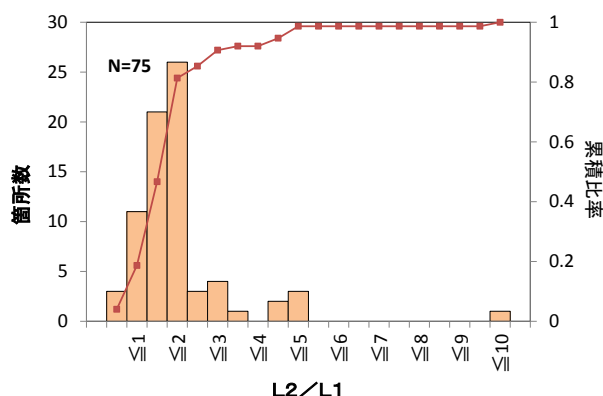


図-1 最大移動距離L₂/発生域の長さL₁
(全箇所の斜面変動)

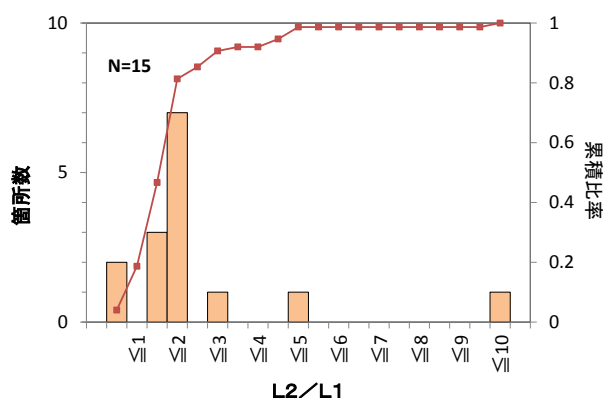


図-2 最大移動距離L₂/発生域の長さL₁
(崩壊性地すべりのみ)

3.4 到達距離の予測手法

到達距離の予測手法としては、(1) 過去に発生した地すべり発生域の長さ到達距離の統計的な関係に基づいて予測する方法、(2) 力学モデルに基づいてシミュレーション等の計算によって予測する方法がある。(1)の方法は、実務では土砂災害防止法による警戒区域の設定に用いられており、予測のためのデータや計算量が多くなるため、迅速に実施する必要がある場合や、多数の箇所を実施する必要がある場合に適している。

3.3. で示した調査結果に基づいて (1) の方法で予測を行う場合、予測による捕捉割合をどのように設定するかが課題となる。例えば、捕捉割合を8割とすれば、土塊の到達距離は最大で地すべり長の2倍までと予測することが考えられる。

4. 崩壊性地すべりの発生に及ぼす地下水の影響

4.1 調査概要

崩壊性地すべりが発生した斜面には、軽石層や火山灰層、風化火山灰土等が成層構造をなして堆積し、流れ盤の状態になっている。各地区に共通して、すべり面となった軽石や火山灰土の層は、風化が進行して粘土含有率と自然含水比が高くなっている(図-3: 白河地区葉ノ木平の例)。白河地域での現地調査においても、すべり面となった風化軽石層の付近で水分が滲み出てくる様子が見られ、崩壊性地すべりの発生に及ぼす地下水の影響については、先行降雨が多かった八戸地区については、透水層と不透水層の境界が地下水をためやすかったことが指摘されているが^{10,11)}、それ以外の地区については、未だ明らかになってはいない。崩壊性地すべりの発生機構における地下水の影響を明らかにすることは、発生危険度の評価をする上で重要と考えられる。

今年度は、崩壊性地すべりの発生に及ぼす地下水の影響について検討するため、白河丘陵地区においてすべり面周辺の各層の透水試験、御岳高原地区においてハンドオーガー掘削中の水位変動調査を行った。

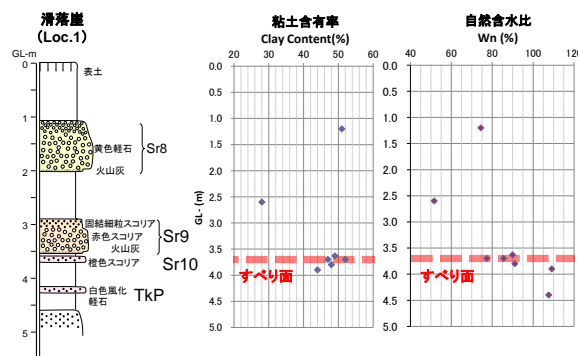


図-3 葉ノ木平地区の滑落崖で観察された地質柱状図及び土質特性

4.2 透水試験 (白河丘陵地区)

4.2.1 調査方法

調査を実施したのは、大規模な崩壊性地すべりが発生した葉ノ木平地区に隣接する斜面である。切土法面の露頭観察により、この斜面においても軽石や火山灰土等が成層構造をなして堆積していることが確認された。ここでは崩壊性地すべりは発生していないが、葉ノ木平地区ですべり面となった軽石層 (Sr-10¹²⁾ より下の層準は、風化によって粘土化が進み、湿潤な状態となっていた。

この法面の5箇所から不攪乱試料を採取し、透水試験を実施した。試料②はブロック試料を採取し、それ以外はサンプリングチューブで採取した。試験方法はJIS A 1218 (土の透水試験法) に従い、赤色スコリア (Sr-9¹²⁾ 下部) を定水位法、それ以外を変水位法で実施した。



図-4 試料採取箇所

4.2.2 調査結果

試験結果を、表-2、図-5に示す。想定すべり面とされるSr10 (試料④) 上層 (赤色スコリア, Sr9 下部) の試料③の透水係数が大きく、周囲の地層と比較して透水性が高い。火山灰土については、風化が進んでいない試料①と風化によって粘土化が進行した試料④、⑤を比較すると、試料④、⑤の透水係数が小さく、透水性が低いこ

とが確認された。また、試料②の黒色砂質火山灰（Sr9上部）も透水性が低い、これは固結が進んでいるためである。しかし、亀裂が多く生じている部分もあるため、それらの場所では透水性が高いことも予想される。

表-2 透水試験結果

試料番号	地質	層準	試験法	透水係数	
				cm/s	m/s
①	褐色砂質火山灰土	Sr8とSr9の間	変水位	4.45×10^{-4}	4.45×10^{-6}
②	黒色砂質火山灰	Sr9上部	変水位	1.09×10^{-6}	1.09×10^{-8}
③	赤色スコリア	Sr9下部	定水位	1.74×10^{-2}	1.74×10^{-4}
④	褐色粘土質火山灰土	Sr10直下	変水位	3.94×10^{-6}	3.94×10^{-8}
⑤	褐色粘土質火山灰土	TkPとSr11の間	変水位	1.15×10^{-5}	1.15×10^{-7}

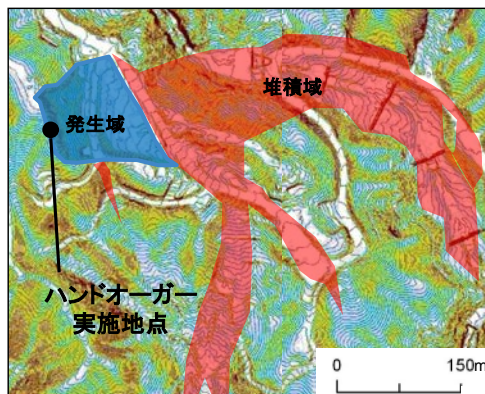


図-6 調査実施箇所

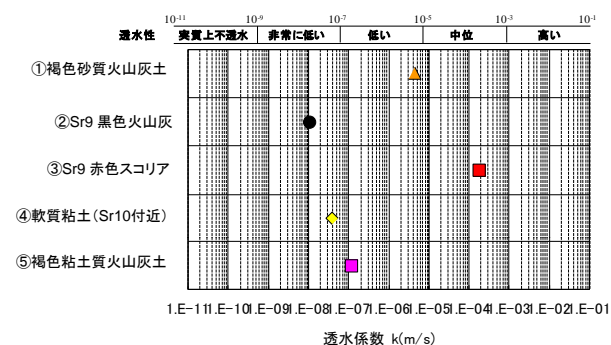


図-5 透水試験結果

4.3 ハンドオーガーの掘削中の水位変動調査（御岳高原地区）

4.3.1 調査方法

調査対象地区は、御岳高原地区のA地区である（図-6）。1984年長野県西部地震で崩壊性地すべりの滑落崖において、ハンドオーガーによる掘削を実施した。使用機材は、Daiki社のハンドオーガーで、先端は多石質用（採取長20cm）を使用した。1回の掘削で15~20cmの攪乱試料を採取し、ハンドオーガーを取り出した後に、速やかに孔底深度と孔内水位（水位が形成されている場合）を毎回計測した。孔内水位の計測は自然水位での計測とし、汲み上げは行っていない。

4.3.2 調査結果

ハンドオーガー調査によって得られた地質柱状図を図-7に示す。深度6.91mまで掘削したが、それ以深は、硬くてハンドオーガーが入らなかったために掘削を終了した。同じ箇所でも実施したSH型簡易貫入試験¹³⁾の結果では、深度6.70m以深（調査は8.50mまで）で10cm当たりの打撃回数が20~30となっていることから、岩盤に到達したと考えられる。

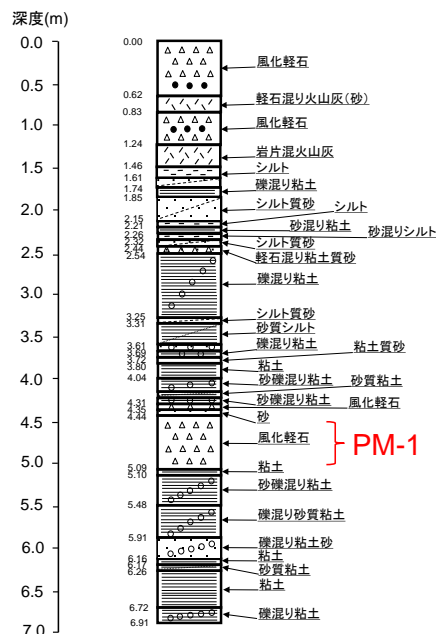


図-7 ハンドオーガーによる地質柱状図

図-8に、ハンドオーガーによる孔内水位変動解析図を示す。深度3.81m付近で最初の水位が形成された。孔底が3.91mから4.09mに変わっても水位が一定であることから、これが、最も浅い帯水層と考えられる。

次に、深度4.44m~4.97m付近において、掘削を進めて

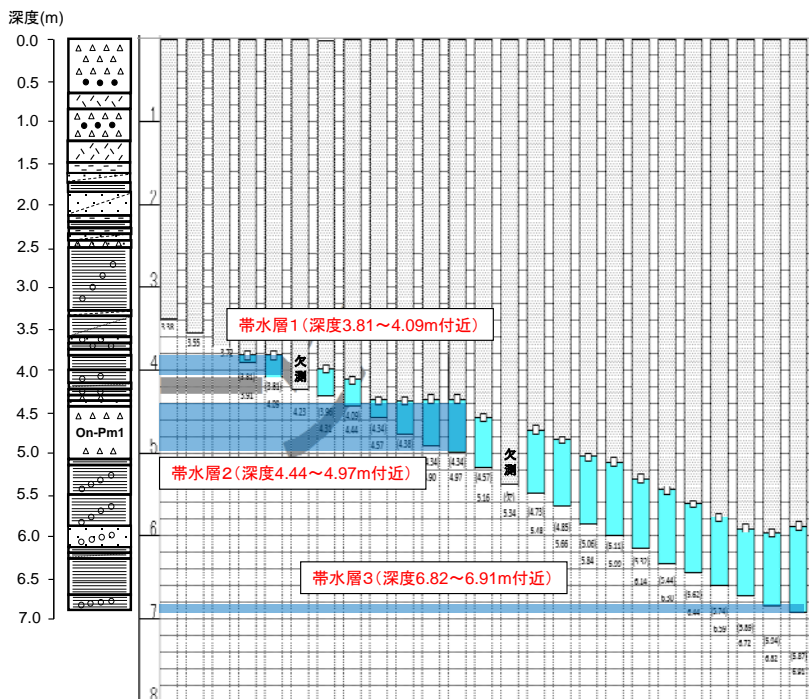


図-8 ハンドオーガーによる孔内水位変動解析図

も一定の水位が形成されており、調査位置が尾根付近であったにもかかわらず、地下水の流入が優勢な帯水層と考えられる。この深度は、崩壊性地すべりのすべり面ともなった On-Pm1 の層準（深度 4.44m～5.09m）と、ほぼ重なっている。ハンドオーガーで採取した On-Pm1 は攪乱されているため、この地点においての性状は直接的には確認できないが、近隣の崩壊性地すべりの滑落崖のトレンチで確認した On-Pm1 は、風化は進んでいるものの、軽石の粒は残存していることが確認されている。

その後の掘進に伴って孔内水位は低下していくことから、4.97m～6.82m 付近では帯水層は存在しないことが伺える。この水位は孔内の溜まり水によるものと考えられる。孔底深度が 6.91m に達したところで、水位が 7cm（深度 5.94m から 5.87m）上昇していることから、深度 6.82～6.91m 付近が 3 つ目の帯水層と考えられる。これは、基盤岩が不透水層となり、その上面に存在する帯水層であると考えられる。

4.4 崩壊性地すべりの発生に及ぼす地下水の影響

葉ノ木平地区における透水試験結果からは、すべり面直上のスコリア層が透水層となっていることが分かった。また、そのスコリア層の直下まで、火山灰土や軽石の風化によって粘土化が進行していることから、透水層となるスコリア層とその直下での風化による粘土化に関することが示唆される。

御嶽高原地区におけるハンドオーガーの掘削中の水位

変動調査結果からは、すべり面となった軽石層が帯水層となっていることが明らかになった。調査孔が尾根付近であったにもかかわらず、優勢な地下水が認められたことから、斜面のより上部から地下水が流入していることが考えられる。そのため、斜面の下部で、かつ、軽石層の上位が不透水層になっているような場合は、被圧する可能性も考えられる。

これらのことを総合して考察すると、地震によって発生する崩壊性地すべりへの地下水の影響としては、主に次の 2 つが考えられる。1 つめは、軽石やスコリア等の透水性の高いテフラに沿って流れる地下水によって、それらのテフラの直下の風化による粘土化が進行し、弱層が形成されるというプロセスである。2 つめは、軽石やスコリア等の透水性の高いテフラに沿って地下水が存在することで、

地震動によって過剰間隙水圧が発生して風化した軽石等の弱層の破壊を招くというプロセスである。

これらを考慮すると、崩壊性地すべりが発生しやすい斜面の水文地質的特徴として、①地下水帯となる透水性境界（風化の進行、地震時の過剰間隙水圧発生）、②地下水を貯めやすい形状の透水性境界（凹型縦/横断形状）ということが重要な要素として考えられる。

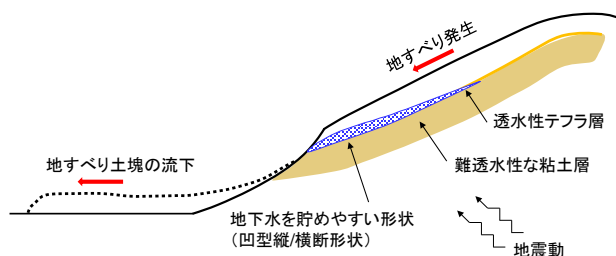


図-9 崩壊性地すべりが発生しやすい斜面の水文地質的特徴

5. 崩壊性地すべりの発生に及ぼす地層の硬度不均質性

5.1 調査概要

崩壊性地すべりが発生した斜面には、軽石層や火山灰層、風化火山灰土等が成層構造をなして堆積している。白河丘陵地区と見高入谷地区では、すべり面の付近は、硬軟の異なる地盤材料が成層している状態であった。図

-10 に、白河地区葉ノ木平の滑落崖において、土壤硬度計で計測した支持強度を例として示す。硬度が不均質な地盤においては、局所的に地震動による応力が大きくなる可能性が指摘されているが^{1,14)}、その詳細については明らかになっていなかった。崩壊性地すべりの発生機構における硬軟の不均質の影響を明らかにすることは、発生危険度の評価をする上で重要と考えられる。

今年度は、崩壊性地すべりの発生機構における硬軟の不均質の影響について検討するため、白河丘陵地区における標準的な地質層序を参考にして複数の検討モデルを作成し、一次元等価線形化法による地震応答解析を行った。解析プログラムはSHAKE と同等のLIQUEUR ver. 14. 1B (富士通エフ・アイ・ピー) を使用した。

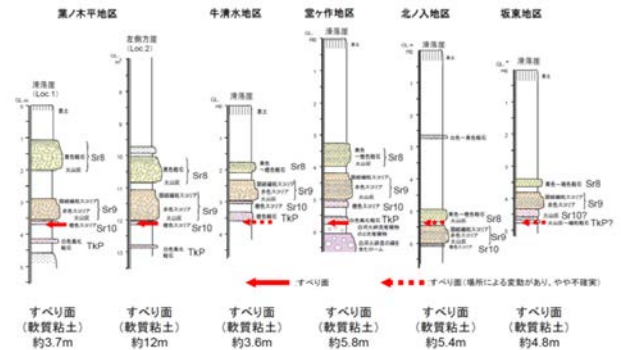


図-11 白河丘陵地区の各箇所地質柱状図

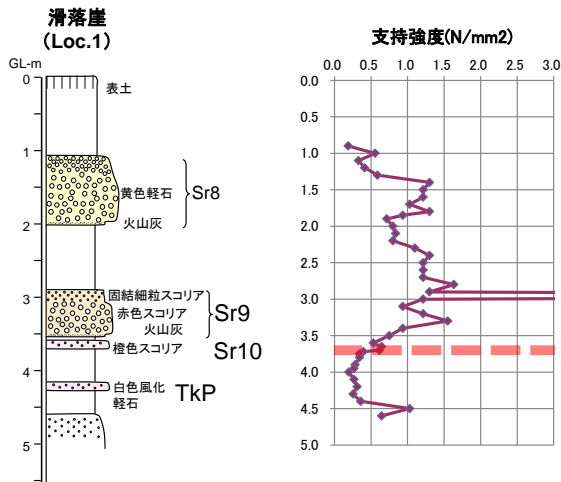


図-10 葉ノ木平地区の滑落崖で観察された地質柱状図及び支持強度

地層区分は、砂質ローム層、硬質テフラ層、軟弱粘土層、粘土質ローム層、基盤の5層を標準とした。

5.2.2 入力パラメータ

解析パラメータは、葉ノ木平Bブロックで採取した試料の室内土質試験値(表-1)をもとに設定した。試料採取位置及び採集方法は、透水試験と同じである(4.2.1参照)。また、変形特性を求めるため、地盤工学会基準(JGS0542)に準拠して地盤材料の繰返し三軸試験を実施した(図-12)。

表-3 室内土質試験結果

試料番号	①	②	③	④	⑤
試料名	褐色砂質火山灰土	黒色砂質火山灰	赤色スコリア	褐色粘土質火山灰土	褐色粘土質火山灰土
土粒子の密度	ρ_s g/cm ³ 2.704	2.708	2.736	2.747	2.787
含水比	w % 66.0	36.0	98.5	98.0	86.3
湿潤密度	ρ_w g/cm ³ 1.351	1.455	1.114	1.437	1.445
乾燥密度	ρ_d g/cm ³ 0.816	1.076	0.572	0.728	0.759
間隙比	e 2.315	1.514	3.783	2.775	2.672
飽和度	Sr % 76.7	82.9	68.6	96.5	94.2
粒度	塵分	3.6	0.9	53.9	0.2
	砂分	43.0	83.0	37.2	8.0
	シルト分	26.8	9.4	4.2	27.0
	粘土分	26.6	6.7	4.7	64.8
	細粒分含有率	Fc % 53.4	16.1	8.9	91.8
	最大粒径	D _{max} mm 4.75	4.75	26.5	4.75
	60%粒度	D ₆₀ mm 0.119	0.471	2.88	0.00385
	50%粒度	D ₅₀ mm 0.0513	0.391	2.24	0.00232
	30%粒度	D ₃₀ mm 0.00744	0.231	1.06	-
	20%粒度	D ₂₀ mm 0.00241	0.119	0.610	-
	10%粒度	D ₁₀ mm -	0.0133	0.119	-
	均等径数	U _c -	35.4	24.3	-
	曲率径数	U _{c'} -	8.52	3.28	-
コンシステンシー	液性限界	w _L % 72.5	NP	93.1	83.1
	塑性限界	w _p % 47.9	NP	79.1	36.7
	塑性指数	I _p 24.6	NP	14.0	46.4
	液性指数	I _L 0.7	NP	1.4	1.3
地盤材料の分類名	砂質火山灰質粘土土 (I型)	火山灰質砂	火山灰質土まじり砂質礫	砂まじり火山灰質粘土土 (II型)	砂まじり火山灰質粘土土 (II型)
動的変形特性	初期せん断剛性 ^{※1} G ₀ MN/m ² 21.0	165.0	77.0	17.0	21.0
透水特性	透水係数 k m/s 4.45E-06	1.09E-08	1.74E-04	3.94E-08	1.15E-07

※1 本表に示した初期せん断剛性は、1回目の繰返しサイクルの等価せん断剛性率である。

5.2 調査方法

5.2.1 解析地盤モデル

白河丘陵地区における標準的な地質層序を参考にして、地震応答解析のための地盤モデルを設定した。白河丘陵で発生した崩壊性地すべりの地質柱状図を図-11に示す。これらの柱状図によれば、各地すべりにより若干の土層構成や層厚の違いはあるものの、それらは概ね共通している。そこで、解析地盤標準モデルの土層構成は、上から①ローム層(上)(褐色砂質火山灰土:試料①)、②硬質テフラ層(赤色スコリア:試料③)、③軟質粘土層(褐色粘土質火山灰土:試料④)、④ローム層(下)(褐色粘土質火山灰土:試料⑤)、⑤基盤の5層構成とした。条件を単純化することを考慮して、地下水位は基盤中にあるものとした。

2.3 流動化する地すべりの発生箇所・到達範囲の予測に関する研究

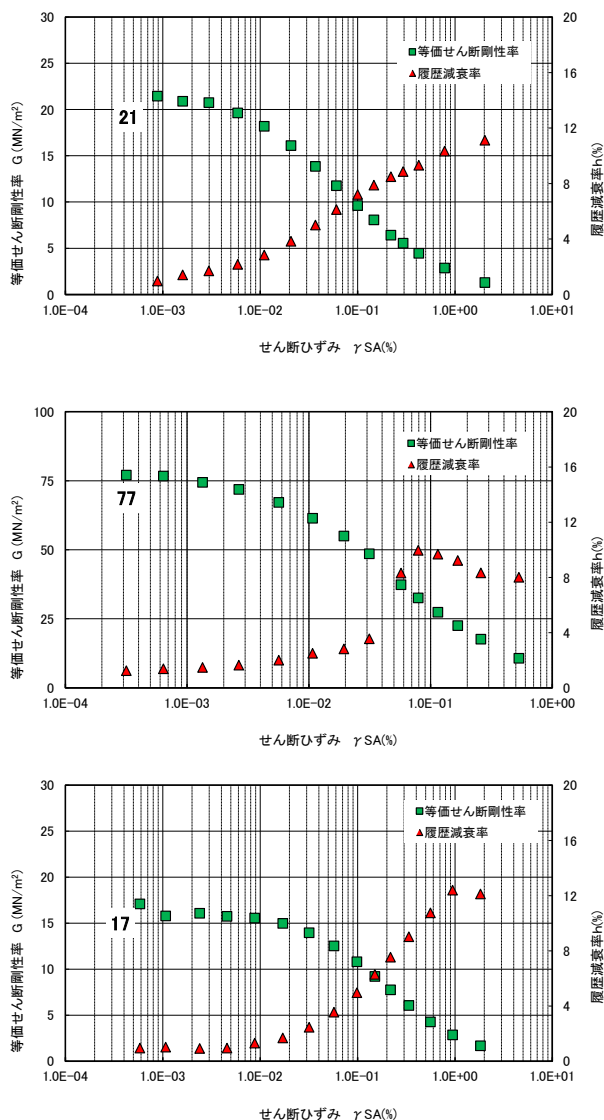


図-12 変形特性を求めるための繰返し三軸試験結果
(上：試料①、中：試料③、下：試料④)

5.2.3 入力地震波形

入力地震波形は、K-NET 白河観測点の平成 23 年東北地方太平洋沖地震のデータ (図-13) を斜面方向 (北東-南西方向) の水平成分に変換して設定した。但し、K-NET 白河観測点の地震データは地表に設置された地震計により得られたものであるため、観測点の地盤モデルを用いて、一次元の線形計算により、地震動を入力する工学的基盤相当の位置まで引戻した上で、入力地震波形として用いた (図-14)。

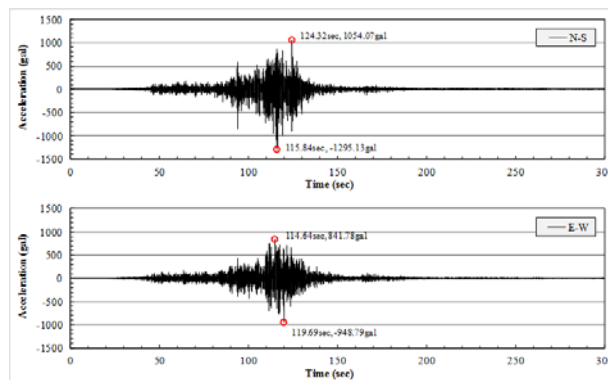


図-13 K-NET 白河観測点における平成 23 年東北地方太平洋沖地震の加速度時刻歴

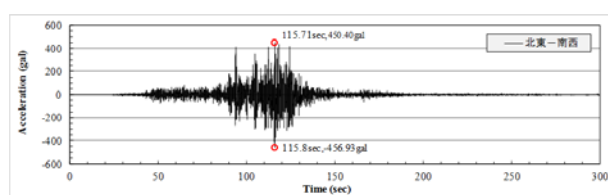


図-14 地震応答解析入力地震動 (工学的基盤、2E、方向変換後)

5.3 調査結果

5.3.1 硬質層の有無の影響

図-15 に最大応答値深度分布の比較図を示す。まず、ケース 1 とケース 2 の比較によって、硬質層の有無の影響について確認する。

地表における絶対加速度、速度は、両ケースともほぼ同等である。相対変位については、深度 10.0m~14.0m の区間でケース 1 の方が大きく、深度 9.0m より浅い区間でケース 1 の方が小さい。せん断応力及びせん断ひずみについては、硬質層の上下の深度 5.0m~9.0m 区間と深度 10.0m より深い区間でケース 1 の方が大きい。これは硬質層が存在することにより、その上下において、応力とひずみが増加することを示している。

5.3.2 硬質層の層数の影響

つぎに、図-15 のケース 1 とケース 3 の比較によって、硬質層の層数の影響について確認する。

地表における絶対加速度、速度は、両ケースともほぼ同等である。深度 8.0m より深い区間の相対変位は、両ケースともほぼ一致し、深度 8.0m より浅い区間でケース 3 の方が小さくなる。せん断応力については、深度 8.0m より浅い区間では両ケースともほぼ一致するが、深度 8.0m~10.0m ではケース 3 が大きくなり、深度 10.3m~

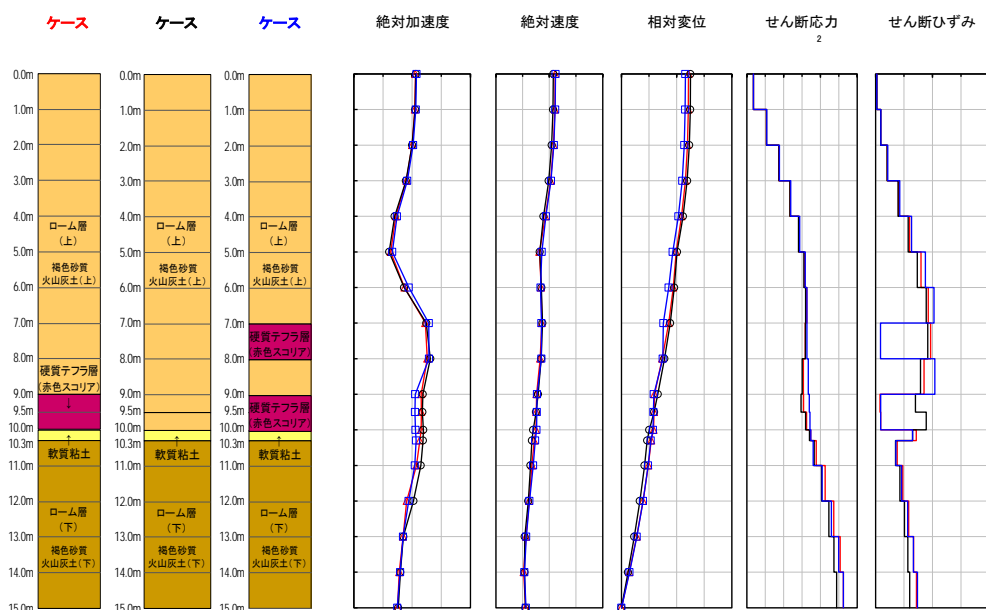


図-15 最大応答値の深度分布

14.0m でケース 1 が大きくなる。せん断ひずみについては、深度 3.0m~7.0m 区間と深度 8.0m~9.0m 区間でケース 3 の方が大きく、深度 10.0m~13.0m でケース 1 が大きくなる。これも硬質層の上下で応力とひずみが増加した結果と考えられる。特に、硬質層に挟まれた深度 8.0m~9.0m 区間は、上下それぞれの硬質層の影響を受け、応力とひずみの増加が大きい。

5.4 地層の硬度不均質性の影響

白河丘陵地区における標準的な地質層序を参考にして複数の検討モデルを作成し、一次元等価線形化法による地震応答解析を行った結果、次のことが明らかになった。①地盤中に硬質層が存在すると、その上下において、応力とひずみが増加する。②複数の硬質層が存在する場合、それら硬質層に挟まれる区間は、上下それぞれの硬質層の影響を受けて、応力とひずみが、より増加する。これらの解析結果から、このような条件を有する斜面では地震動による応力やひずみが大きくなる可能性があり、崩壊性地すべりの発生しやすさを評価するにあたっては、重要な要素であると考えられる。

6. まとめ

平成 26 年度は、(1) 地すべり土塊の流動化の要因について検討を行い、また、火山灰被覆丘陵において地震によって発生する崩壊性地すべりについて、(2)土塊の到達距離の予測手法、(3)崩壊性地すべりの発生に及ぼす地下水の影響、(4)崩壊性地すべりの発生に及ぼす地層の硬度不均質性について検討を行った。以下に結果

をまとめる。

(1) 火山灰被覆丘陵において地震によって発生する崩壊性地すべりの土塊の到達距離は、地すべりを対象として既往調査事例と比べて、土塊が長距離流動する傾向がみられる。到達距離の予測手法としては、地すべり発生域の長さ到達距離の統計的な関係に基づいて予測する方法が考えられる。

(2) 崩壊性地すべりが発生しやすい斜面の水

文地質的特徴として、①地下水帯となる透水性境界（風化の進行、地震時の過剰間隙水圧発生）、②地下水を貯めやすい形状の透水性境界（凹型縦/横断形状）ということが重要な要素として考えられる。

(3) ①地盤中に硬質層が存在すると、その上下において、応力とひずみが増加する。②複数の硬質層が存在する場合、それら硬質層に挟まれる区間は、上下それぞれの硬質層の影響を受けて、応力とひずみが、より増加する。崩壊性地すべりの発生しやすさを評価するにあたっては、これらは重要な要素であると考えられる。

7. 今後の課題

今後も引き続き、地震・融雪・豪雨により流動化する地すべりの機構解明を進め、流動化する地すべりの発生箇所と到達範囲の予測手法について検討し、流動化地すべりによる被害の軽減策につなげていく計画である。

参考文献

- 1) 杉本宏之、宇都忠和、本間宏樹、武士俊也 (2012) 東北地方太平洋沖地震により白河丘陵で発生した地すべりの発生斜面の地形・地質的特徴、土木技術資料、Vol.54、No.10、pp.18-22.
- 2) Sugimoto, H., Uto, T., Honma, H., Takeshi, T. (2012): Geomorphologic and Geologic Features of Landslides Induced by the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, in Shirakawa Hills, Fukushima Prefecture.,

2.3 流動化する地すべりの発生箇所・到達範囲の予測に関する研究

- Earthquake Induced Landslides (Ugai, K., Yagi, H. and Wakai, A., eds.), Springer, 189-201.
- 3) 杉本宏之 (2014) 地震によって火山灰被覆丘陵で発生する崩壊性地すべりの危険斜面の抽出、平成 26 年度日本地すべり学会シンポジウム「大規模地震に備えた地すべり技術の展望」、日本地すべり学会、pp. 18-21
 - 4) 田中耕平、国土防災科学技術センター(1985)昭和 59 年(1984 年) 長野県西部地質調査報告書、pp67-69
 - 5) 植原ら (1985) 昭和 59 年 (1984 年) 長野県西部地震調査報告書、pp67-69
 - 6) M. CHIGIRA (1982) Dry debris flow of pyroclastic fall deposits triggered by the 1978 Izu-Oshima-Kinkai earthquake the collapsing landslide at Nanamawari, Mitaka-Iriya. *Natural disaster science* 4(2), 1-32, 1982
 - 7) 堀田報誠、三浦修、田村俊和 (1968) 十勝沖地震による青森県南東部の斜面崩壊、*東北地理*、Vol.20、No.4、pp.195-201.
 - 8) 東北大学理学部地質学古生物学教室災害調査グループ (1969) 地震に伴う自然現象と災害青森県東北部における 1968 年十勝沖地震の実例について、*東北大地質古生物研報*、No.67、pp.1-98.
 - 9) 網木亮介、小嶋伸一、中村浩之 (1990) 地すべり土塊の到達危険範囲の推定、シンポジウム「地すべり災害発生危険箇所の把握に関する諸問題」論文集、地すべり学会.
 - 10) 吉田昌弘、千木良雅弘 (2012) 1968 年十勝沖地震によって降下火砕物層に発生した崩壊と風化の関連について、*応用地質*、Vol.52、No.6、pp.213-221.
 - 11) 公益社団法人日本地すべり学会 (2013) 類型化に基づく地震による斜面変動発生危険箇所評価手法の開発報告書概要版 (http://japan.landslide-soc.org/news/2013/kasen_02.pdf) (参照日 2015 年 3 月 28 日)
 - 12) 鈴木毅彦 (1992) 那須火山のテフロクロロジー、*火山*、Vol.37、No.5、pp.251~263.
 - 13) 吉松弘行、川満一史、瀬尾克美、長谷川秀三、村中重仁 (2002) 斜面の表層構造調査用の簡易貫入試験機について、平成 14 年度砂防学会研究発表会概要集、pp.392-393.
 - 14) 若井明彦 (2014) FEM 地震応答解析と地すべり発生メカニズムについて、平成 26 年度日本地すべり学会東北支部シンポジウム予稿集、pp.2-4.

Research on prediction of occurrence sites and runout ranges of landslides with high mobility

Budget : Grants for operating expenses General
account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Erosion and Sediment Control
Research Group (landslide)

Author : ISHII Yasuo

SUGIMOTO Hiroyuki

Abstract : Because of impacts of landslides with high mobility threaten to reach further than generally expected, the government's concerns for risks of such landslides has grown. Through the concern, 5-years collaborative research with the Snow Avalanche and Landslide Research Center started in 2011. In the last year (FY2014), we conducted study about prediction method of travel distance of earthquake-induced landslides. We also examined an influence of groundwater and heterogeneous of hardness of the stratum to earthquake-induced landslides.

Key words : landslide with high mobility, earthquake, travel distance, groundwater, earthquake response analysis