

HDS027-01

会場:301A

時間:5月25日 08:30-08:45

豪雨によるランドスライドダムをともなう三重県宮川での岩盤崩壊 Rainfall induced rockslides with landslide dam at the course of Miyagawa River, Mie Prefecture, Japan

永田 秀尚^{1*}

Hidehisa Nagata^{1*}

¹ (有) 風水土

¹Fu Sui Do co. Ltd.

2004年台風21号による豪雨は三重県中南部で多数のランドスライドを引き起こした。それらのうち規模の大きなものは、その崩土がランドスライドダムを形成したことが知られている。ここでは宮川流域で発生した2つのランドスライド・ダムについて記載し、その特徴について述べる。

春日谷支流において発生した岩盤すべりは、体積330,000m³におよぶものである。秩父帯の、珪長質凝灰岩・砂岩をともなう泥岩の上盤側に厚いチャートが累重し、全体が斜面方向に緩く傾斜した地質構造を持つ。チャート層はゆるんでおり、透水性が大きい。泥岩層にはほとんど風化が及ばず、透水性は小さい。このような岩盤物性のコントラストにより、すべり面が地層境界に形成されたと推定される。移動体は谷に沿って1.0km流下し、春日谷本川の合流点で春日谷をせき止めた。流動経路に沿って、チャートの大きな岩塊からなり、上部に植生を載せたままの流れ山が存在する。したがって、移動体の運動は岩屑なだれであったと推定される。ランドスライドダムは高さ15m、せき止め幅75mの規模である。

持山谷において発生した岩盤すべりは、300,000m³の体積を持つ。ここでは風化して空隙の多い秩父帯の石灰角礫岩が崩壊した。下盤には泥岩が分布するが、すべり面が地層境界にあるのか石灰角礫岩中にあるのかは不明である。崩壊地は流れ盤斜面となっている。後方回転した移動体は直下で持山谷をせき止めてランドスライドダムを形成した。ダムの規模は高さ40m、せき止め幅60mである。移動体の一部は下流側に0.5km流下しているが、流れ山の存在から、ここでも移動体の運動は岩屑なだれであったと推定される。

2つのケースとも、流れ盤構造に起因する岩盤すべりであることが共通している。また、移動体の運動が岩屑なだれであることも同じである。さらに、両者とも形成後速やかに上流側に土砂が堆積しており、これはこの豪雨で生じた他のランドスライドダムにも共通する。このことは、ランドスライドの発生が、流送土砂の多い豪雨の最中あるいは直後であったことを示唆する。豪雨によるランドスライドで形成されたダムの例として1889年十津川災害や1953年有田川災害があるが、これらではともに、ランドスライドが豪雨のピークの半日から2日後に発生したことが知られている。2004年豪雨において、このような早期の崩壊発生となった理由は不詳であるが、先行降雨の影響や、24日前に発生した震度4の地震の影響が考えられる。

キーワード: 岩盤崩壊, ランドスライドダム, 豪雨, 2004年台風21号, 宮川

Keywords: rockslide, landslide dam, heavy rainfall, Typhoon Meari (No.0421), Miyagawa

HDS027-02

会場:301A

時間:5月25日 08:45-09:00

降雨浸透-斜面安定モデルを用いた2010年庄原災害における表層崩壊発生プロセスの検討

An analysis of shallow landsliding at Shobara 2010 disaster using a rainfall infiltration-slope stability model

松四 雄騎^{1*}, 千木良 雅弘¹, 小川 紀一郎²
Yuki Matsushi^{1*}, Masahiro Chigira¹, Kiichiro Ogawa²

¹ 京都大学防災研究所, ² アジア航測株式会社
¹DPRI, Kyoto University, ²Asia Air Survey Co., Ltd.

2010年7月16日, 広島県庄原市における局地的な大雨によって発生した表層崩壊について, 土層への降水の浸透および斜面の不安定化をモデリングし, 崩壊群発に至ったプロセスを明らかにした。土層の力学・水理特性は, 現場一面せん断試験および不攪乱試料を用いた透水試験によって決定した。崩壊した土層の厚さおよび崩壊斜面の傾斜は, 災害発生直後に計測された航空レーザー測量データを用いて求めた。表層崩壊の発生域および非発生域においてそれぞれ記録された10分間雨量を入力として, 浸透に伴う鉛直一次元圧力伝播による土層中の圧力水頭の上昇および斜面安全率の低下をシミュレートした。その結果, 今回の災害では, 降雨イベントの後半に, 極めて局地的に発生した大強度・短時間(44 mm/10 min)の降雨ピークが, 表層崩壊の直接的引き金となったことが示唆された。シミュレーションが示す崩壊発生タイミングは, 住民の証言や消防署等への緊急通報が相次いだ時刻とも一致しており, これらはモデリングの妥当性を支持する傍証となっている。

キーワード: 表層崩壊, 降雨浸透, 斜面安定解析, 航空レーザー測量

Keywords: shallow landslide, rainfall infiltration, slope stability analysis, airborne laser scanning

HDS027-03

会場:301A

時間:5月25日 09:00-09:15

自然電位法による降雨斜面崩壊過程把握の試み Rainfall-induced Landslide Monitoring Using Self-potential Approach

服部 克巳^{1*}, 矢部 修平¹, 大坪 大¹, 高野 瞳¹, 東條康成¹, 寺嶋 智巳³, 落合 博貴², 岡田康彦²

Katsumi Hattori^{1*}, Shuhei Yabe¹, Hiroshi Otsubo¹, Hitomi Kono¹, Yasunari Tojo¹, Tomomi Terajima³, Hiroataka Ochiai², Yasuhiko Okada²

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 森林総合研究所, ³ 京都大学防災研究所

¹Chiba University, ²FFPRI, Japan, ³DPRI, Kyoto University

斜面崩壊は、人命や土地家屋等の財産を一瞬にして奪ってしまう自然災害であり、豪雨や地震などの地殻変動に伴って発生することが多い。斜面崩壊は雨期に多く、人命はもとより、ライフラインや交通要所の遮断により社会基盤や経済にも大きな影響を与える大きな脅威である。本研究では斜面崩壊の過程正確に把握し、地下水の流動や挙動と斜面崩壊の関係を解明し、斜面崩壊の簡易な監視・予測技術を創生する。従来行われている水文学的手法での斜面崩壊の監視は、斜面毎に地下水圧や地盤変動を計測する測器を埋設するなど、斜面内部における水や土に生じる変動現象を直接観測しなければならない。コスト面から必ずしも実用的・効率的な方法ではない。一方、地表付近にセンサを設置する自然電位(SP)計測は、地表の2点間の電位差測定に基づく受動的な手法で、容易に連続観測が可能である。SP計測により比抵抗分布や土中水分の時空間的変動を可視化することで、従来困難であった土中水分の分布を遠隔的に把握できる可能性が高い。このことは、簡易で有効な斜面監視技術の提供可能性を示している。本研究の目的は、水文学、地盤工学、地質学、電磁気学的視点から崩壊前駆現象を整理・融合させ、電磁気学的手法(SP法)による土砂災害軽減に資する簡易な斜面崩壊の監視・予測技術を開発する。具体的には、(1)土の比抵抗分布と土中水分の関係およびトモグラフィ手法によるその分布と時間的な変化を把握・可視化するための基礎実験、(2)中規模人工斜面を用いた室内降雨崩壊実験(人工降雨に伴い変動する土中水分(飽和度)の分布とその時間的変動を電位計測による比抵抗分布の計測結果と比較し、両者の関係を調査)、(3)水槽実験による詳細な土壌・地下水挙動と電気発生との結合機構の調査、(4)実斜面による検証(地質学による斜面崩壊のハザードマップの作成、水文観測と電磁気観測を行い、野外における適合度の検討を通して崩壊発生に至る変動過程の把握)を行う。地質学的な土壌の相違や土壌の粒径等による電気と力学や水文学的な振舞い相違等を体系的に整理し、普遍的なシステム開発を国際共同研究として実施している。なお、人工降雨斜面崩壊実験はつくばの森林総合研究所の降雨実験施設を利用する。室内降雨実験は、水文学的パラメータと電磁気学的パラメータの結合機構解明のために必用不可欠である。水槽実験装置は千葉大にあり、地下水位を制御でき、地下水挙動と自然電位との関係を定性的、定量的に把握することが可能である。土壌自体のもつ電気発生のパテンシャルを推定するためには不可欠な実験である。取得データ等の詳細は講演時に紹介する。

斜面の地形変位観測と崩壊発生に向けた監視観測体制の構築 - 山形県姥湯温泉地区における検討 -

Observing topographical displacement of the slope and distributing real-time hazard information in Ubayu hot spring

佐藤要¹, 手代木裕司¹, 須田洋平¹, 岩崎 智治^{2*}, 稲葉 千秋², 手束宗弘², 西村智博², 武智国加², 戸上愛²
Sato Kaname¹, Yuji Tesirogi¹, Yohei Suda¹, Tomoharu Iwasaki^{2*}, Chiaki Inaba², Munehiro Tezuka², Tomohiro Nishimura², Kunika Takechi², Ai togami²

¹ 国土交通省福島河川国道事務所, ² 国際航業株式会社
¹Fukushima office of River and National H, ²KokusaiKogyo Co.,Ltd.

1. 検討の概要

山形県米沢市南東部に位置する姥湯温泉周辺は、大規模な温泉変質地帯となっており、岩盤の風化・変質による裸地化の進行と経年的な落石・崩落に伴う岩壁・岩峰や崖錐斜面の不安定化が顕著で、平成以降でも大規模な斜面崩壊が2回発生し、温泉施設に大きな被害を与えている。また、温泉施設は最も近い集落から10km以上離れた山間地に位置しており、豪雨等による広域土砂災害が発生すると孤立する可能性が指摘されている。

本検討では、斜面崩壊に関連する斜面の変位を事前あるいは直後に検知し、住民・観光客が自主避難を行う際の判断に役立つ情報を提供することを目的として、以下のような実証検討を行った。

- 地上型レーザースキャナを用いた地形計測により2年間の地形変化量を把握
- 高精度 GPS センサーによる斜面の地形変位に関する継続的な観測
- 斜面崩壊検知センサーによる崩壊発生の直接監視
- 雨量計による雨量観測および地形変位との関連の検討
- 監視観測情報の即時配信による情報共有

2. 斜面の地形変化量の把握

斜面を直接監視するにあたって、機器の設置箇所や不安定化しやすい部分を特定する目的で、地上型レーザースキャナにより高精度な地形データを取得した。また、経年的な地形変化を把握するために、1回目のデータ取得から約2年後に同じ範囲のデータを再取得し、差分解析を行うことにより地形変化量を可視化した。

その結果、平成18年の崩壊で生じた馬蹄形の崩壊地周辺で、急崖部では侵食が進行し、その直下では鉛直方向に最大50cm程度土砂の堆積が進行している状況が確認できた。また、単発的な落石の発生源や崩落規模についても精度良く把握できた。

3. 最新の機器を利用した斜面の監視観測

温泉湧出地点周辺で継続的に不安定化が進行していると考えられる斜面内に、高精度 GPS センサーを4基設置し、斜面の変位進行状況を観測した。また、同様の範囲に斜面崩壊検知センサーを25基設置し、崩壊発生を瞬時に検知する監視体制を構築した。これらの監視観測機器と併せて雨量計を設置することにより、崩壊発生や斜面の変位と雨量の関係についても検討できるようにした。

機器設置から2年間観測を続けているが、GPS センサーでは各地点とも斜面下方に向かって十数 mm 変位していることが観測され、降雨時に変位が進行するケースも観測された。一方、斜面崩壊検知センサー設置範囲では崩壊が発生していないため、現時点では崩壊の検知情報は取得できていない。

4. 監視観測情報の共有

高精度 GPS センサーの観測データは、専門の監視センターにて24時間監視しており、基準値以上の変位が観測された場合には関係者にメール・電話で通報することとなっている。また、雨量が一定の基準を超過した場合や斜面崩壊検知センサーが発報した場合には、現地でサイレンおよび回転灯が作動して警報を発するほか、メールにて自動的に関係者に情報が送信される仕組みを採用しており、即時に情報が共有できる体制となっている。

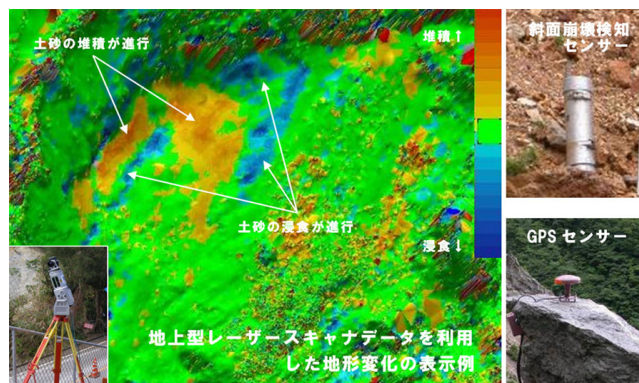
5. まとめと今後の展望

地上型レーザースキャナでは数 cm オーダーの地形まで詳細に取得できることから、計測対象範囲が限定的であれば精度良く地形状況を記録できる。また、計測時期の異なるデータを用いて差分解析を行うことにより、地形の経年変化が精度良く把握でき、斜面が不安定化する地形変化プロセスを面的・三次元的に可視化することが可能となった。

監視観測機器を用いた観測では、高精度 GPS センサーにより斜面の断続的な変位が観測された。変位の発生は季節や降雨との関連が示唆されるデータが得られていることから、さらに長期の観測によりその特性が明確になる可能性がある。また、雨量計と斜面崩壊検知センサーを含む監視観測機器、その情報を即時配信するシステムを実用化したこと

により、住民が身の回りで起きている状況を知り、自ら判断して避難行動を起こすための支援という、土砂災害の減災に向けた新たなソフト対策の選択肢を示せた。

なお、検討対象地区は豪雪地帯に位置しており、冬期の立ち入りが制限されることから、冬期のデータが取得できていないのが課題である。



キーワード: レーザー計測, 差分解析, GPS センサー, 斜面崩壊検知センサー
Keywords: Laser Scanning, Increment, GPS Sensor, Slope failure Detection Sensor

HDS027-05

会場:301A

時間:5月25日 09:30-09:45

温暖化が積雪地帯における土砂災害の発生危険度を与える影響 Effect of global warming on the hazard of sediment-related disasters in snowy regions of Japan

松浦 純生^{1*}, 岡本 隆²

Sumio Matsuura^{1*}, Takashi Okamoto²

¹ 京都大学防災研究所, ² (独) 森林総合研究所

¹DPRI, ²FFPRI

The area along the Sea of Japan is known as one of the world's heavy snowfall regions, and is likely to be affected by global warming because of the low latitude of the Warm Temperate Zone. The changing snow environment is likely to affect the hazard of sediment-related disasters such as slush flows and meltwater-induced landslides. Therefore, we examined the effect of global warming on the hazard of sediment-related disasters in the snowy regions of Japan.

To clarify the mechanism of sediment-related disasters and evaluate their hazard, the water reaching the ground surface (MR) should be observed throughout the year. We conducted perennial field observation of MR using lysimeters, not only during the non-snow cover season but also during the snow cover season in a mid-land area where sediment-related disasters such as landslides occur frequently. The results of observations showed that the timing and intensity of MR vary depending on the large deviations in the seasonal snowpack environment.

In comparison with the heavy snow season and the light snow season, a high intensity of MR was observed at the beginning of snow cover and during the snow-melting period, and a large quantity of MR was recorded almost every day just before the snowpack disappeared. In the case of the light snow season, the snow accumulation was thin even in the coldest season of January or February. MR was observed intermittently throughout the snow-cover period and a large MR of 60?70 mm^d⁻¹ was recorded even in mid-winter.

Global warming will not bring a light snow environment but will lead to larger oscillations between heavy and light snow environments compared with at present. Therefore, in a heavy snow season, huge amounts of accumulated snow will remain till April and May when the air temperature and solar radiation increase rapidly, resulting in a higher hazard of sediment-related disasters with a longer time delay than usual. In a light snow season, MR will be observed in mid-winter in January and February due to the substitution of rainfall for snowfall and intense snowmelting, resulting in a high hazard of sediment-related disasters during this period. Therefore, the hazard of sediment-related disasters is likely to vary greatly as a result of global warming.

The regime of rain on snowpack and meltwater generated on the snow surface change during the infiltration processes of snow accumulation. If it rains with high intensity and short duration on snowpack, a regime of water from the bottom of the snowpack is transformed into low intensity and longer duration due to the buffering function of the snow. Therefore, the rainwater reaches the ground surface in a similar form of rainfall as when there is little snow accumulation.

The intensity and duration of MR affect the quantity of water infiltrating the ground. MR with moderate intensity but longer duration could infiltrate the deeper underground with larger amount of water and generate excess pore pressure resulting in deep-seated landslides. On the other hand, MR with short duration but high intensity may cause shallow landslides and debris flows. Therefore, the type and form of sediment-related disasters are expected to change since the precipitation and snow environment will fluctuate heavily as a result of global warming.

キーワード: 温暖化, 積雪地帯, 土砂災害, 地表面到達水量

Keywords: global warming, snowy regions, sediment-related disasters, meltwater and/or rainfall

HDS027-06

会場:301A

時間:5月25日 09:45-10:00

赤石山地・鳳凰山東麓で見いだされた歴史時代の大規模岩屑なだれ Debris avalanche deposits in historical-time found from the east side of Mount Ho-ou, the Akaishi Range, central Japan

苅谷 愛彦^{1*}

Yoshihiko Kariya^{1*}

¹ 専修大学

¹ Senshu University

<はじめに> 中部山岳各地から報告されてきた氷河成またはアウトウォッシュ成の地形・堆積物の一部は、実際は地すべりで生じたことが最近知られてきた(富田他 2010, 第四紀研など)。このことは、氷河や氷期を強調した従来説を修正するだけにとどまらず、山地の地形発達論や古環境論、流域防災論にも新たな波紋を投げかけうる。本発表では、鳳凰山東面に分布する厚い礫層が最終氷期の氷河に関係した堆積物とする従来説とは異なり、歴史時代の岩屑なだれ(DA)堆積物であることを報告する。

<地域・方法> 小武川沿いの青木鉱泉周辺が踏査範囲である。付近には糸静線が走り、中新世砂岩泥岩互層(巨摩層群)と新第三紀火成岩類(甲斐駒ヶ岳花崗岩)が露出する。

<地質記載> 調査地域に複数の河成面と、それらをなす厚い礫層が分布することは以前報告されていた(平川 1981; 山梨大教紀)。このうち低位段丘(T2)面とされた地形とその構成層は最終氷期に氷塊が崩落して生じたと考えられ、地すべりの可能性は否定されていた。後に、礫層は土石流成とされ、その年代も改められた(田力 2002, 活断層研)が、記載と年代資料が少なく、追試は依然必要だった。演者が得た主な事実は次のとおりである[礫層の層相] 既報どおり礫層は下部・上部層からなる。下部層は花崗岩を主とする基質支持の垂角・垂円礫層で、層理を認める。上面に埋没土層が発達する。上部層は花崗岩のみでなる基質支持の角礫層である。巨礫に富む。礫はジグソーパズル状に破碎している。以下、特徴的な層相をもつ上部層を議論の対象とする[上部層の分布] 上部層はT2面構成層とされたものに概略一致するが、新たに確認された地点もある[上部層を覆う砂層] 大棚沢沿いで上部層を覆う砂層と、砂層に没する大型樹幹を発見した[年代] 既報では、上部層中の木片の年代は727-975 cal AD(演者再較正值)とされた。今回、下部層上面の埋没土層から得た炭化木片3点(試料A, B, C; 地点W)と、砂層に挟まれる大型樹幹1本の樹皮直下1点(試料D; 地点L)を年代測定に供した。結果は全て既報を裏づけるものだった。ただし、これらの年代は2群に大別できる。既報の木片、試料B, 同Dが群1に、試料A, 同Cが群2である。群1は770-990 cal AD頃に、群2は670-890 cal AD頃に集中して約100年ずれる。

<上部層の成因と時代> 上部層の礫にはジグソーパズル状の破碎構造が発達する。本構造はDAやそれに先行する岩盤クリープに伴う基盤岩の破碎・移動過程で生じたとみられる。また上部層の主分布域が堆積岩地域にあるにもかかわらず、上部層の礫は花崗岩だけでなり水流円磨されたものを含まない。これらの特徴や年代から、上部層は土石流や融氷水流ではなく、DA成の堆積物と判断される。DAの発生源はドンドコ沢左岸の2216 m峰南東にある岩壁で、発生直後のDA堆積物の容量は $1.8 \times 10^7 \text{ m}^3$ (仮定平均層厚20m)以上と推定される。地形の状況から地点Lの砂層は塞き止め性の湖沼・氾濫原堆積物に相違ない。年代試料群1はDA堆積物の下敷きになった樹木や塞き止め湖沼の漂流木で、群2はDA発生前から存在した古枯死木や大型樹幹の心材だった可能性がある。試料Dが現時点で最も信頼できるとすれば、DAの発生時期は群1の範囲となる。

<誘因> 堆積物の量的規模を考えれば、DAの誘因は強震動だった可能性が高い。時代性・地域性から、次の古地震・歴史地震が想定される: 1) 糸静線活断層系釜無山断層群・市之瀬断層の最新活動, 2) AD762 美濃-飛騨-信濃地震, 3) AD841 信濃地震, 4) AD841 伊豆地震, 5) AD878 関東諸国地震, 6) AD887 五畿七道地震。1)は掘削調査等で解明され、2)や3)が対応する歴史地震とされる。4)は丹那断層のpenultimate事件に対応するとされる。6)は駿河-南海トラフで起きた海溝型巨大地震とみられ、八ヶ岳の大規模DAや、それによる千曲川の塞き止めをもたらしたとされる。AD887には八ヶ岳で小噴火が起きた可能性も指摘されている(大石他 2010, 第四紀要旨)。

キーワード: 岩屑なだれ, 更新世の氷河作用, 地すべり, 歴史地震, パラグレイシャル

Keywords: Debris avalanche, Pleistocene glaciation, Landslide, Historical earthquake, Paraglacial

HDS027-07

会場:301A

時間:5月25日 10:00-10:15

2010年,北海道で発生したランドスライド Landslides in Hokkaido, 2010

田近 淳^{1*}, 石丸 聡¹, 川上 源太郎¹, 岡崎 紀俊¹, 田村 慎¹

Jun Tajika^{1*}, Satoshi Ishimaru¹, Gentaro Kawakami¹, Noritoshi Okazaki¹, Makoto Tamura¹

¹ 北海道立総合研究機構地質研究所

¹ Geological Survey of Hokkaido

北海道では2010年夏,停滞前線の活発化により,局地的な豪雨が頻発し,河川の増水による災害のほか,斜面崩壊や地すべりなどによる災害が多発した。また,12月には札幌市清田区で内陸地震(M4.6)に伴う斜面崩壊が発生した。この報告では,北海道で2010年に発生した主なランドスライドの地形地質条件について紹介する。

8月13日~14日には,集中豪雨により,天塩町・遠別町の町境付近の丘陵山地で斜面崩壊が多発した。崩壊は鮮新世勇知層(細粒砂岩泥岩互層),次いで中新世遠別層(珪藻質泥岩)の分布域に多く,そのほとんどは斜面堆積物等の表層崩壊-土石流であった。遠別層分布域では風化岩盤でやや深い崩壊(岩盤崩壊-土石流)も発生した(石丸ほか,2011)。8月22日には芦別市野花南で,白亜紀のエゾ層群の泥岩凝灰岩の斜面で地すべりが発生している。

8月から12月にかけて,胆振の壮瞥町上久保内で幅250m,奥行き350mの小規模な地すべりが滑動した。この地すべりは,新第三系泥岩凝灰岩の上に洞爺火砕流堆積物などを載せる地すべりで,12月3日の豪雨で活発化し,冬季でも1cm/dayの移動量を維持している。

12月2日の内陸地震(M4.6)に伴う斜面崩壊は,震源域の直上に位置するゴルフ場で発生したものである。このゴルフ場は支笏火砕流台地に造成されており,コースの一部は谷を埋めて造成されている。3箇所の崩壊のうち,2か所は支笏火砕流堆積物によって谷を埋めた盛土斜面で発生した。このうちの少なくとも1箇所は,移動体の移動量が大きく,流動した可能性が大きい。

キーワード: 地すべり, 地質素因, 豪雨, 地震

Keywords: landslide, geologic cause, heavy rain fall, earthquake

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



HDS027-08

会場:301A

時間:5月25日 10:15-10:30

那覇市中心部における人工斜面の地すべり Landslides on artificial slope in city center of Naha

釜井 俊孝^{1*}

Toshitaka Kamai^{1*}

¹ 京都大学防災研究所

¹ DPRI, Kyoto University

2004年那覇市首里で発生した地すべりについて議論する。この地すべりは、戦後の那覇市拡大の過程で形成された典型的な盛土の地すべりである。

キーワード: 地すべり, 盛土, 相互作用, 那覇

Keywords: landslide, embankment, interaction, Naha

HDS027-09

会場:301A

時間:5月25日 10:45-11:00

福井・岐阜県境稜線にみられる山体重力変形地形について Sagging geomorphology on ridges along the Fukui-Gifu prefecture boundary, central Japan

小嶋 智^{1*}, 徳永 浩之¹, 山城屋 誠一¹, 大谷 具幸¹

Satoru Kojima^{1*}, Hiroyuki Tokunaga¹, Seiichi Yamashiroya¹, Tomoyuki Ohtani¹

¹ 岐阜大学工学部社会基盤工学科

¹Dept. of Civil Eng., Gifu Univ.

国土交通省中部地方整備局越美山系砂防事務所より提供された1mメッシュのDEMおよびそれから作成された等高線図・陰陽図を用いて、岐阜・福井県境の稜線の地形判読を行い、二重山稜、山向き小崖といった山体重力変形地形を記載するとともに、その地質構造との関係を考察した。本地域には、美濃帯のジュラ紀付加体に属するチャート・メランジュ・玄武岩、新第三紀の糸生層（安山岩溶岩・火砕岩）および能郷白山花崗閃緑岩が分布する。解析した県境稜線の長さは49.8kmで、合計182箇所の上体重力変形地形がみられ、その総延長は8.9kmであった。山体重力変形地形の分布にはばらつきがあり、火山岩・花崗閃緑岩分布域では密度が高いのに対し、チャート・メランジュ分布域では低い。二重山稜の延びの方向は尾根の延びの方向と平行な場合がほとんどであるが、山向き小崖の中には、尾根と斜交したり直交するものもある。面構造を持つ地層の層理面が尾根と平行になると、山向き小崖の規模は大きくなる。二重山稜の間、あるいは山向き小崖と斜面の間の線状凹地は、多くの場合泥質堆積物によって埋積されている。この堆積物の解析により、本地域の上体重力変形地形の発達の歴史を明らかにすることが可能となると期待される。

キーワード: 山体重力変形地形, 二重山稜, 山向き小崖, 福井, 岐阜

Keywords: sagging geomorphology, double ridge, uphill-facing scarp, Fukui, Gifu

HDS027-10

会場:301A

時間:5月25日 11:00-11:15

古地形面の下刻と山体重力変形と崩壊

Gravitational slope deformation and catastrophic landslide controlled by the incision of a paleosurface

千木良 雅弘^{1*}, 平石 成美², Tsou ChinYing¹, 松四 雄騎¹
Masahiro Chigira^{1*}, Narumi Hiraishi², Tsou ChinYing¹, Yuki Matsushi¹

¹ 京都大学防災研究所, ² 深田地質研究所

¹DPRI, Kyoto University, ²Fukada Geological Institute

隆起や侵食の活発な山岳地においては、斜面が重力的に不安定な場におかれ、そのため大規模な重力変形や深層崩壊が発生してきた。特に、古地形面が河川の侵食復活による下刻を受けると、凸型で突き出た斜面が形成されるため、規模の大きな不安定領域が生ずる。我々は、複数地域でこのような現象を見出してきた。西南日本外帯の紀伊山地で、十津川支流の中原川を中心とした地域、台湾北部の大漢川流域、台湾南部の旗山川流域では詳細な調査を行ってきており、現在、その地形発達に年代目盛を入れた研究を進めている。河川による古地形の下刻は、遷急点を作り、それが後退し、古地形面の足元を切断し斜面を不安定化させ、流れ盤斜面では斜面の重力変形が開始する。

紀伊山地の十津川支流中原川流域には、標高およそ 650m 以上の高標高部に傾斜 33° に平均値を持つ古地形面があり、それを穿って最大深さ 250m の谷中谷が形成されている。この古地形は、Davis の提唱したような隆起準平原ではなく、傾斜も起伏も大きな領域である。谷中谷の受け盤斜面ではその縁として遷急線が形成され、流れ盤斜面では、足元をさらわれる形になり、重力変形が生じて結果的に遷急線自体は不鮮明になっている。予察調査によれば、同様の地形は四国山地や九州山地の西南日本外帯一帯に認められるものであり、これらは同様のテクトニックな背景を持つことから、変動地形の一つとしてとらえることもできるかも知れない。2005 年九州の耳川の豪雨災害時に発生した大規模な崩壊も四万十帯の谷中谷に発生したものである。

台湾北部の大漢川流域の新第三系分布地域には高標高部に古地形面があり、それが新しい河川侵食を受け、遷急線と谷中谷を形成している。山体重力変形と崩壊は、これらの遷急線と関係した分布を示している、つまり地形発達過程を反映したものである。また、2009 年台風モラコットによって発生した台湾小林村の深層崩壊も、古地形面の縁に発達した重力変形斜面に発生したものである。

キーワード: 古地形面, 下刻, 山体重力変形, 地すべり, 崩壊

Keywords: paleosurface, incision, gravitational slope deformation, landslide, slope failure

HDS027-11

会場:301A

時間:5月25日 11:15-11:30

台湾北部の石門ダム流域で川の若返りによって起きた斜面の不安定化 Slope destabilization induced by river rejuvenation in Shihmen reservoir watershed, northern Taiwan

鄒青穎^{1*}, 千木良雅弘¹, 松四雄騎¹, 陳樹群²

Ching-Ying Tsou^{1*}, Masahiro Chigira¹, Yuki Matsushi¹, Su-Chin Chen²

¹ 京都大学防災研究所, ² 中興大学

¹DPRI, Kyoto University, ²SWC, National Chung Hsing University

Steep incised landscape of Shihmen reservoir watershed was sculpted by rapid uplift and erosion in a tectonically active setting in northern Taiwan, where geomorphic features such as knickpoints, terraces, slope breaks and paleosurfaces are developed. We conduct field investigation and analyses of a 12-m DEM to study the distribution of the geomorphic features and to integrate slope development, gravitational deformation, and landslide occurrence for the purpose of making hazard zonation map of landslides.

The Dahan River has three major tributaries, which have four or five major knickpoints each, and one knickpoint along one major tributary can be correlated to a knickpoint along another major tributary. This is indicative that knickpoints propagated upstream along the major tributaries. The minor tributaries of the major tributaries also have knickpoints, which could be correlated to each other and to the knickpoints along the major tributaries. This again supports an idea that knickpoints propagated upstream along these tributaries. Corresponding to these knickpoints, there are two groups of convex slope breaks, higher and lower slope breaks. The higher slope breaks bound a paleosurface, which is widely developed in higher elevations in the watershed; the formation and retreat of this group of slope breaks accompanied many large landslides, particularly on the outfacing slopes. The lower slope breaks appear to grade to the terraces traced several tens to a few hundred meters above trunk channels and major tributaries associated with the most recent base-level lowering; many shallow landslides have occurred below these lower slope breaks.

キーワード: 川の若返り, 斜面の不安定化

Keywords: river rejuvenation, slope destabilization

HDS027-12

会場:301A

時間:5月25日 11:30-11:45

レーザー測量データを用いた岩盤クリープが斜面表面形状に及ぼす影響の解明 The role of mass rock creep on surface shape revealed by LiDAR.

横山 修^{1*}, 内田 太郎¹, 中野 陽子¹, 石塚忠範¹, 笠井美青², 鈴木 隆司³

Osamu Yokoyama^{1*}, Taro Uchida¹, youko nakano¹, ISHIZUKA Tadanori¹, KASAI Mio², Ryuji Suzuki³

¹ 独立行政法人, ² 北海道大学, ³ 防災減災技術事務所

¹Public Works Research Institutes, ²Hokkaido University, ³Disaster Prevention and Mitigation Eng

崩壊面が岩盤の深部にまでおよぶ深層崩壊は、大規模な土石流の発生や天然ダムの形成により、周辺地域に甚大な被害を及ぼすことがある。このような深層崩壊の発生箇所を事前に予測することは、防災の観点から極めて重要である。深層崩壊の発生機構は様々ではあるが、岩盤クリープが生じていた斜面で深層崩壊が多く発生することが報告されてきた(例えば Chigira & Kiho, 1994, 横山ら, 2011)。したがって、深層崩壊の発生予測のためには、岩盤クリープ斜面の抽出が不可欠である。広域に岩盤クリープ斜面を抽出する方法として空中写真による地形判読があるが、岩盤クリープ斜面を空中写真により判読する際には、判読者の技量が必要となる。これは、樹木により微地形の判読を困難にしているばかりでなく、岩盤クリープ斜面の実態が明らかになっていないためと考えられる。一方、近年、航空レーザー測量が急速に発達し、森林が繁茂する山間部においても詳細な地形の把握が可能となっている。本研究では、岩盤クリープ斜面とそうでない斜面の詳細な地表面形状を把握する目的で、レーザープロファイラーデータ(以下LPデータ)を用いて実態把握を行った。

調査対象としたのは、九州南部の鰐塚山地で、2005年9月の豪雨により多数の深層崩壊が発生し、そのうち7箇所は岩盤クリープ斜面で発生したものと考えられる。まず、空中写真判読及び地表踏査により、岩盤クリープと認められる斜面とその周辺を対象に微地形・地質構造について現況を調査した。次に、LPデータから2mサイズのDEMを作成し、斜面勾配と固有値比を算出した。固有値比は表面の凹凸の度合いを表現する指標であり、固有値比が高いほど平滑で、低いほど凹凸が大きくうねっていることを表す。また、各標高点に対して4m, 10m, 20m, 30m, 50m, 100mサイズのウィンドウでも勾配と固有値比を算出した。例えば、ウィンドウサイズ20mの場合、算出地点の上下左右10m離れた地点の標高データを用いている。

斜面勾配は、岩盤クリープ斜面で緩く、非岩盤クリープ斜面で急であった。ウィンドウサイズを変えてもこの傾向は変わらなかった。一方、固有値比では、ウィンドウサイズを変えると岩盤クリープ斜面と非岩盤クリープ斜面の頻度分布に差異があった。2mサイズでは、岩盤クリープ斜面と非岩盤クリープ斜面とも同じ頻度分布であったのに対し、20~30mサイズでは非岩盤クリープ斜面では、違いは大きかった。さらに、50mを使ったとき、違いは小さくなった。ウィンドウサイズによる固有値比分布の変化は、岩盤クリープ斜面と非岩盤クリープ斜面の谷や尾根形状の違いを表していると考えられる。すなわち、岩盤クリープ斜面が浅く緩い谷や丸みを帯びた遷急線、遷緩線を多く有するのに対し、非岩盤クリープ斜面は深く急峻な谷が多く形成された斜面であると考えられる。このように、LPデータを用いることにより、定量的に岩盤クリープ斜面の状況が把握でき、固有値比の分布特性を利用すれば、精度良く岩盤クリープ斜面を抽出できる可能性が高いことが分かった。

Chigira, M. and Kiho, K. (1994): Deep-seated rockslide-avalanches preceded by mass rock creep of sedimentary rocks in the Akaishi Mountains, central Japan. *Engineering Geology*, 38, 221-230.

横山 修・内田太郎・田村圭司・鈴木隆司・井上亨郁(2011) 宮崎県鰐塚山地における深層崩壊と微地形・地質的特徴の関係, 砂防学会誌, 63, 5, 3-13

キーワード: 岩盤クリープ, 深層崩壊, レーザープロファイラ, 固有値比

Keywords: mass rock creep, deep catastrophic landslide, LiDAR data, eigenvalue ratio

HDS027-13

会場:301A

時間:5月25日 11:45-12:00

SAR 干渉画像で検出された地すべり域におけるボーリング・電気探査等の結果について

Result of boring, electrical resistivity and some surveys in the landslide area detected by SAR interferometry

佐藤 浩^{1*}, 岡谷 隆基¹, 中埜 貴元¹, 小荒井 衛¹, 岩橋 純子¹, 宇根 寛²

Hiroshi, P. Sato^{1*}, Takaki Okatani¹, Takayuki Nakano¹, Mamoru Koarai¹, Junko Iwahashi¹, Hiroshi Une²

¹ 国土地理院, ² 国土交通大学校

¹GSI of Japan, ²College of MLIT

宇根ほか (2008) は合成開口レーダー干渉画像を使って, 平成 19 年能登半島地震 (M6.9) により東向きにわずかに移動した地すべりを明らかにした。この地すべりは, 受け盤の緩傾斜の丘陵性斜面に 1.5km × 700m の広さを持ち, 縁辺とその内部に亀裂と小規模な斜面崩壊が見られた。その地すべり域でボーリング調査を行うと共に, 露頭観察, 電気探査, 溪流の pH, 電気伝導度の計測を実施した。ボーリング調査と電気探査, pH の計測結果は明瞭なすべり面の存在を示さなかったが, 電気伝導度の計測結果は地すべり域の斜面下方端を示した。これらの結果は, 明瞭なすべり面を伴わない地すべり土塊群がわずかに変形して東向きに移動したことを示唆している。そして本研究の結果は, 研究対象地区で地震によって生じた地すべりの特徴を示唆したものとなった。

引用文献

宇根 寛・佐藤 浩・矢来博司・飛田幹男 (2008): SAR 干渉画像を用いた能登半島地震及び中越沖地震に伴う地表変動の解析, 日本地すべり学会誌, Vol.45, pp.125-131.

キーワード: 地震, ボーリング, 電気探査, 電気伝導度, 合成開口レーダー

Keywords: earthquake, boring, electrical resistivity survey, electric conductivity, SAR

HDS027-14

会場:301A

時間:5月25日 12:00-12:15

新鮮な再滑動地すべりの変形プロセス - 塩の川地すべりのIT地盤傾斜計及び変位ベクトル観測結果に基づく推定 -

Deformation process estimate of a remobilized landslide based on IT Ground Tiltmeter observation and displacement vector

宇都 忠和^{1*}, 千田容嗣¹, 藤澤和範², 山中僚³, 二瓶昭弘³, 高梨俊行⁴, 西條敦志⁵, 藤元亮⁶

Tadakazu Uto^{1*}, Yoji Chida¹, Kazunori Fujisawa², Ryo Yamanaka³, Akihiro Nihei³, Toshiyuki Takanashi⁴, Atsushi Nishijo⁵, Ryo Fujimoto⁶

¹ 独立行政法人土木研究所, ²NEXCO 総研 (前 土木研究所), ³ 国土交通省東北地方整備局, ⁴ 川崎地質株式会社, ⁵ 曙ブレーキ工業株式会社, ⁶ 日本工営株式会社

¹Public Works Research Institute (PWRI), ²Nippon Expressway RI (formerly PWRI), ³MLIT, ⁴Kawasaki Geological Engineering Co., Ltd, ⁵Akebono Brake Industry Co., Ltd., ⁶Nippon Koei Co., Ltd.

地盤傾斜計による地すべりの移動観測は、これまで数多く実施されてきたが、回転速度を変位速度と併せて定量的に比較した事例は少ない。本稿では、再滑動地すべりにおいて、IT地盤傾斜計、光波測距儀による移動杭観測、空中写真や地形図の判読を併せて用い、地すべり土塊の変形プロセスを推定した事例を紹介する。

吾妻火山東麓には、複数の地すべり地形が分布する(原田, 1983など)が、そのうち、塩の川地すべりは、比高が最大約70mに達する明瞭な滑落崖を持つ活動的な地すべりである。基盤と地すべり土塊は第四紀安山岩で構成され、層厚7~11mの凝灰岩層が、弱層としてすべり面の形成に関係したと考えられている。地すべり上部では、原平坦面がよく保存されており、2列~4列の分離小丘・陥没帯が認められる。ただし、地すべり全体を横断している陥没帯は滑落崖直下のものを除いては1列のみであり、地すべり上部は部分的に断裂を受けながらも、ブロックの細分化は極端には進んでいない。一方、地すべり下部は末端部の河川侵食の影響を受け、傾斜30~37°程度で平坦面は残されていない。なお、ボーリングコアでは旧河道堆積物が認められ、過去の河道位置の根拠とされる。

2006年5月から地盤伸縮計、2009年6月から移動杭観測も加えての監視が開始された。それ以来最大5カ年にわたる観測データが蓄積されている。頭部滑落崖の地盤伸縮計では、年間350mm(約1.0mm/日)の変動速度であり、豪雨時や融雪期には変動速度が変化しながらも、年度ごとにはほぼ一定となっている。移動杭観測での観測結果から概算すると、沈降変位成分の卓越する頭部に関しては約120年(図中式(1))、水平変位成分の卓越する末端部に関しては90年(図中式(2))で、概ね100年前後で現在の地すべり地形が形成されると試算できる。ただし、移動土塊末端の河川侵食の影響は考慮していない。

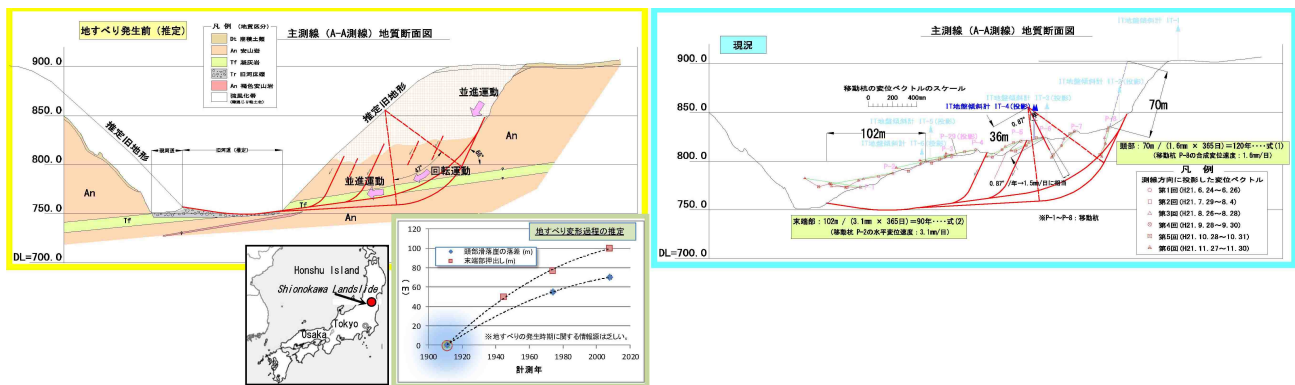
国土地理院の5万分1地形図「福島」、2万5千分1地形図「土湯温泉」、空中写真から、過去の地形変遷を参照した。1911年の5万分1地形図では河川の屈曲も地すべり地形も記載されていない。1945年の米軍による空中写真では、地すべり地形と河川の屈曲の両方が認められる。地形図上では、1972年の空中写真に基づく1973年の2万5千分1地形図で初めて地すべり地形が記載されている。これらの情報源から、末端部の河川の屈曲と、地すべり滑落崖の落差を読み取り、変遷を推定してグラフとして図に付した。

塩の川地すべりには、土木研究所および曙ブレーキ工業株式会社、川崎地質株式会社の共同研究により開発したIT地盤傾斜計(土木研究所ほか、2009)を、「特殊な地すべり環境下で使用する観測装置の開発研究会」(共同研究の改名)により、地すべりの主滑落崖背後から下部にかけて6基設置し、1時間おきの観測を実施している。主滑落崖背後に設置した1基を除いて、いずれも傾斜変動が記録され、後方回転運動と前方回転運動の両方の挙動をする計器が認められる。最も大きな傾動を示すのがIT-4であり、年間0.87°(3117秒)の速度で、滑落崖側に向かい後方回転運動している。図のように半径36mの円での回転運動を想定すると、543mm/年(1.5mm/日)となり、実際の移動杭観測での動き(移動杭P-6で1.9mm/日)と、オーダーとして合致している。

このように、IT地盤傾斜計および移動杭観測による変位ベクトルを組合せて、塩の川地すべりの発生時から現在までの地すべり土塊の変形プロセスを、整合的に推定した。つまり、初生時には急激な変位は顕著ではなく、並進すべりと回転すべりを複合して内部構造を残したまま、徐々に変形してきたと推定される。断面形状の変化から推定すると、安全率が徐々に上昇し、変位速度は徐々に緩やかとなったかもしれない。

再滑動地すべりへのIT地盤傾斜計の適用は、本調査地のように、回転運動の成分を持つ場合は有効性が高いと考えられる。ただし、今回、平坦面の部分的に残された分離小丘周辺に設置した地盤傾斜計IT-4では、変形プロセスとよく合致した観測データが得られたが、その他の地盤傾斜計では、谷側に累積する傾斜(IT-3, IT-5)あるいは、傾動の断続的な回帰(IT-2)が認められている。並進運動をする地すべり、あるいは、分解されつつある再滑動地すべりのIT地盤傾斜計の配置については、十分な検討を行い、地すべり活動を代表する動きを観測するための注意が必要である。

参考文献：(独)土木研究所、川崎地質(株)、曙ブレーキ工業(株)、坂田電機(株)、(株)共和電業: 厳しい条件下での使用に耐えうる地すべり観測装置の開発 共同研究報告書、独立行政法人土木研究所、共同研究報告書 第393号、2009



キーワード: 地すべり, IT 地盤傾斜計測システム, 回転すべり, 変位ベクトル, 変形プロセス
 Keywords: landslide, IT Ground Tiltmeter System, rotational slide, displacement vector, deformation process

HDS027-15

会場:301A

時間:5月25日 12:15-12:30

Numerical Analysis for Permeability of Clay on Natural Terrane Numerical Analysis for Permeability of Clay on Natural Terrane

CHOI JungHae^{1*}, Byung-Gon Chae¹, Katsuyuki Kawamura², Yasuaki Ichikawa³
JungHae CHOI^{1*}, Byung-Gon Chae¹, Katsuyuki Kawamura², Yasuaki Ichikawa³

¹KIGAM, ²Tokyo Institute of Technology, ³Okayama University

¹KIGAM, ²Tokyo Institute of Technology, ³Okayama University

A landslide on natural terrane is mainly occurred by rainfall, snowmelt, earthquakes and construction works. Especially, the role of rainfall or snowmelt in slope stability is very important because it causes decreased in shear strength by reducing the soil cohesion. As water content in soil increases, the shear strength in soil or other unconsolidated material usually decrease.

If clay exists in the weathered soil, the physical characteristics such as viscosity and permeability are generally different from the condition without the clay. In this case, changes of permeability or viscosity due to the rainfall or snowmelt are dependent on the content of clay in soil. In order to calculate the permeability variation according to the content of clay in soil, many researchers already investigated using laboratory experiments or in-situ tests in the field. However, it is difficult to determine the property of the clay such as a viscosity because of its poor crystalline property. In order to solve this problem and to calculate permeability of clay under various dry densities, we used molecular dynamic (MD) simulation to examine the viscosity of micro scale and homogenization analysis (HA) method to expand micro material property to macro scale. In this research, we determined the permeability of clay under various dry densities due to the rainfall or snowmelt conditions by using MD/HA method.

We determined the viscosity of micro scale material using the MD because the viscosity is heavily dependent on the amount of interlayer water and it cannot be calculated by the experimental method. And then, in order to calculate the macro scale permeability of clay under each dry density condition we made a unit model using the result of MD analysis as input data. Finally, macro scale permeability of clay was determined under various dry density conditions using the HA method. we also examined the applicability of the method to the natural terrane including clay.

キーワード: Molecular Dynamics, Homogenization Analysis, Viscosity, Permeability, Clay

Keywords: Molecular Dynamics, Homogenization Analysis, Viscosity, Permeability, Clay

地震による高速長距離運動地すべりにおける水理条件の影響 The influence of hydrogeological condition on earthquake-induced rapid and long runout landslides

汪 発武^{1*}

Fawu Wang^{1*}

¹ 島根大学総合理工学部地球資源環境学科

¹Dept of Geoscience, Shimane University

最近十数年以来、地震によって、高速長距離運動地すべりによる災害が注目されるようになってきている。たとえば、1995年兵庫県南部地震による仁川地すべりと宝塚ゴルフ場地すべり、1999年の台湾集集地震による草嶺地すべりと九分二山地すべり、2003年三陸南地震による築館地すべり、2004年中越地震による東竹沢地すべりや寺野地すべりをはじめとする群発地すべり、2008年5月中国四川大地震による青川県東河口地すべり、北川県王家岩地すべり、2009年9月インドネシアスマトラ沖地震による Tandikek 地すべりと Malalak 地すべりなど、水理条件の強い影響が示されている。これらの事例研究より、地すべりの発生しやすい場所、また、地すべり運動速度と運動距離は降雨、台風、地下水の存在に影響されていることが統計的に見れば、分かる。

本発表は、これらの事例について、地震発生前の降雨状況、あるいは地下水存在状況から、地震時の潜在すべり面における飽和状況、そして、崩壊した運動土塊の運動経路における地下水の存在状況を検証する。2008年5月中国四川大地震による青川県東河口地すべり、及び2009年9月インドネシアスマトラ沖地震による Tandikek 地すべりと Malalak 地すべりに対して、地震時地すべり再現試験機を用いて実験研究を実施し、地震による地すべりの発生メカニズムと運動機構を究明する。

1. 2008.5.12 中国四川大地震による地すべりから見た傾向

2008.5.12 中国四川大地震によって、長さ約 300 km の龍門山断層帯に沿って、地すべり・斜面崩壊が多数発生した。現地調査結果によると、崩壊土砂の運動速度、そして運動距離は地すべり運動域の地下水条件と密接な関連性を示している。北川県庁所在地で発生した二つ災難性の地すべりを比較すれば分かるように、古い地域で発生した王家岩地すべりは地下水の浅い泥岩の崩積物の上で長距離運動し、新しい地域で発生した景家山地すべりは地下水の深い苦灰岩のなかで短距離運動した。その原因の一つは地下水状況によるものと認識できる。東河口地すべりの発生域の構造からも、すべり面が飽和しやすく、流下経路も集水地形に当たることが分かる。図1は実地震波形を入力信号とした、東河口地すべりの再現試験の結果の一部である。

2. 2009.9.30 インドネシアスマトラ沖地震による群発流動性地すべり

インドネシア・スマトラ島南西部において、地震活動が活発である。2004年から2009年の間、この地域周辺ではマグニチュード M7.6 以上の大地震が四回発生している。その中に、2009.9.30 M7.6 の地震が一番小さいマグニチュードを有しているものの、地震動が降雨中に発生したため、Padang 地域において Tandikek 及び Malalak 地区で多くの地すべり災害が発生し、地すべりが高速長距離運動したことによって、地域に甚大な災害を及ぼした。

2009.9.30 の M7.6 地震によって、Tandikek 地すべり周辺では、数多くの流動性地すべりが発生した。高速で長距離運動したため、家屋が完全に壊滅され、住民多数が犠牲になった。中には、Tandikek 地すべりと Malalak 地すべりは代表的である。

地すべり発生地域は赤道近くの熱帯に位置し、集中豪雨が頻繁に経験したはずである。また、強い地震が頻繁に発生している西スマトラ島に位置しているため、もっと強い地震動を経験したはずである。例えば、2004年12月26日の M9.3 のスマトラ大地震はこの地域を大きく揺らしたに違いない。2009.9.30 の地震によって発生した両地すべりをはじめとする群発地すべりに対して疑問となったのは、どうしてこの地震によって流動性地すべりが発生したのか。

両地すべりの共通点としては、崩壊土砂は源頭部からすべて滑り出し、発生域のすべり面がすべて露出し、滑落崖となった。崩壊は 2m ぐらい厚さの軽石層が硬い粘土層との境界で発生したと見られ、斜面勾配は約 35 度であった。地元の人によると、地震が発生する（午後 5:12）前に、午後 2 時から中程度の降雨が地震発生するまでずっと降っていた。

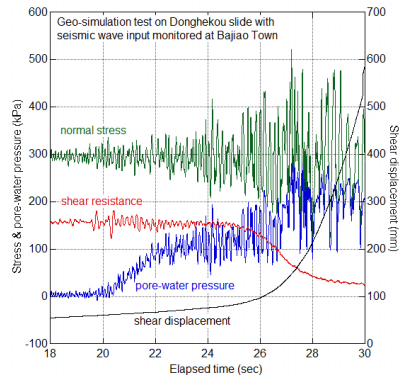
この状況から判断すると、降雨による影響は大きい。軽石層はもともと透水性の高いものであり、降雨が発生している時に、水が軽石層の中に浸透しやすく、外への流出もしやすい。両地すべりの場合、軽石層の底面に硬い粘土層があったため、軽石層を浸透した水は粘土層に達した後、水位の上昇に貢献したと推定される。このような状況下で、強い地震動の揺れによって、軽石層の中で液状化が発生し、斜面を流下することによって、大きな被害をもたらしたこと

になった。

このような推定を検証するために、Tandikek 地すべりから軽石層の試料を採取し、リングせん断試験を実施し、水理条件による地震時地すべりの高速運動への影響を確認した。

3. 結論

水理条件は地震時高速長距離運動地すべりへの影響は非常に大きいものである。これを評価することによって、災害の軽減につながる可能性は高い。



キーワード: 地震, 地すべり, 水理条件, 事例研究

Keywords: earthquake, landslide, hydrogeological condition, case study