2013年10月伊豆大島豪雨災害調査速報

京都大学防災研究所流域災害研究センター流砂災害研究領域 竹林洋史(調査者)・藤田正治・宮田秀介

1. はじめに¹⁾

東京都大島町では、台風26号がもたらす湿った空気の影響で、2013年10月16日午前2時ごろから1時間100mmを超 える猛烈な雨が数時間降り続き、24時間の降水量が800mmを超える大雨となった.この豪雨により、東京都大島町 では大規模な土砂災害が発生し、2013年10月20日時点で、死者27名、行方不明19名となった².本調査は、土木学会 緊急災害調査団として、2013年10月18日に現地調査を実施し、その調査結果の概要を示すものである.

主な調査地を図1に示す.調査地は、大島東部の神達地区周辺で発生した土砂災害の発生地域であり、斜面崩壊の 源頭部付近と遊砂地の南の神達地区である.



図1 主な調査地点



(日) 図 2 降水量の時間変化¹⁾

2. 気象条件¹⁾

20

10

0 - 14

2013年10月11日3時にマリアナ諸島付近で発生した 台風26号は,発達しながら日本の南海上を北上し,大 型で強い勢力のまま,16日明け方に暴風域を伴って関 東地方沿岸に接近した.その後,台風は関東の東海上 を北上し,16日15時に三陸沖で温帯低気圧に変わった. 10月14日から16日までの総降水量は,東京都大島町大 島で824.0mm,静岡県伊豆市天城山で399.0mmとなる など,関東地方や東海地方では300mmを超えた.

0月の月降水量平年値:282.9r

15

図2に大島観測地点と北ノ山観測地点の1時間降水 量の時間変化を示す.図1に示すように、大島観測地 点は、多くの人的被害が発生させた斜面崩壊発生地点 の北西に位置している.一方、北ノ山観測地点は、斜 面崩壊発生地点の北に位置しており、両観測地点の距 離は約4kmである.図2より、降水量の時間変化特性は、 両地点は非常によく似ている.しかし、降水量の値は 大きく異なっており、大島の降水量は北ノ山の約2倍 となっている.このような降水量の違いが発生した原 因は、現時点では十分な検討はできていない.また、 斜面への降水量についても大島とほぼ同程度の量で あったのかどうかも今後の検討が必要であるが、以下 の検討では、大島観測地点と同程度の雨が斜面崩壊が 発生した斜面でも降ったことを前提として考察する. 大島支庁によると、斜面崩壊の発生時刻は午前3時



16

200

100 0

図3 土砂災害発生地域の全体の様子⁴⁾



図4 源頭部周辺の様子

頃である.また,東京大学地震研究所の地震計が観測した斜面崩壊による震動と思われる揺れの観測値を解析した 土井によると³⁾,2013年10月16日午前2時03分,午前2時22分,午前2時32分,午前2時37分,午前3時02分に常時微動 とは異なる様相の比較的大きな揺れを観測している.これらの結果から,ちょうど100mm/h以上の雨が降った前半の 時間帯に斜面崩壊が発生したことが推察される.また,斜面崩壊発生後も100mm/h以上の降雨が続いたことがわかる.

3. 斜面崩壊

3.1 斜面崩壊の概要

図3に土砂災害発生地域の全体の航空写真を示す⁴⁾. 斜面崩壊は大きく二つ発生している. 一つは, 神達地区に泥 流が流れ込んだ斜面崩壊であり, もう一つは遊砂地に流れ込んだ北側の斜面崩壊である. 両方を合わせると, 南北 約600mの広い範囲から斜面崩壊が発生しており, 複数の場所から斜面崩壊が発生したことが分かる. 火山灰性の地 質であるため, 地質の空間的な変化が少ないことを考えると, これらの斜面崩壊は比較的近い時間に発生した可能 性が高いが, 起点が異なるため同時に発生して一気に下流に流れたとは考えにくく, 比較的短い時間間隔で数波に 分かれて下流に流下したと考えられる. 実際, 地震計も複数回の揺れを観測している³⁾.

土砂が流れた領域を見ると、遊砂地の北西側は被災していないことが分かる.斜面崩壊発生前の時点では、遊砂地は空の状態であり、25000m³の貯砂容量を有していた.この貯砂効果によって、北西側は守られた可能性が高い. 3.2 源頭部

図4に,源頭部周辺の様子を示す.調査は山頂から少し降りた道路(御神火スカイライン)から行った.道路の上 方斜面(東側斜面)では,近くで3ヶ所の斜面崩壊が発生していた.これらの斜面崩壊は小規模であり,崩壊厚さは 約50cm,それぞれの崩壊幅は5m以下であった.これらの斜面崩壊によって,図4(c)と(d)に示すように,道路



(a) 道路が無い斜面(b) 道路が設置された斜面図 5 道路の存在と斜面崩壊の関係





(b) 道路が設置された斜面

図6 道路による流れの拡散

上の電柱,ガードレール,道路標識などが破壊され,道路上には土砂と樹木が氾濫していた.流出した土砂は,図4 (b)に示すように,平均粒径約0.5mmの火山灰であった.調査地の崩壊斜面からは,火山灰層の下に存在すると思 われる溶岩層は見られなかった.

3.3 御神火スカイライン

これらの崩壊が発生した斜面には道路(御神火スカイライン)が設置されている.国内でよく見られる斜面崩壊 現場とは異なり,道路の損傷はあまり大きくなく,図3に示すように,御神火スカイラインの線形は明確に確認でき る.これは,流動した水と土砂の混合物の中に岩などが含まれるときは,混合物が道路に衝突する時に,岩は慣性 力によって直線的に移動するため,道路に大きなインパクトを与えることとなるが,今回のように粒径の細かい火 山灰で構成された混合物の場合,土砂は水の流れとほぼ同じ方向に流れるため,土砂の衝突による道路へのインパ クトが小さく,道路の損傷が少なかったと考えられる.また,斜面崩壊の深さが非常に浅く,道路の基礎の下まで 崩壊が達していないことと,流動した土砂量が比較的少ないことも道路の損傷が少なかった原因と考えられる.

また,道路を上流端とした斜面崩壊がいくつか見られる.そこで,道路の存在と斜面崩壊の関係について考察する.なお,斜面崩壊後も100mm/h以上の豪雨が継続したことを考えると,御神火スカイラインの有無は斜面崩壊の発生時刻を若干前後させるが,御神火スカイラインが無かったとしても斜面崩壊が発生した可能性が高い. 道路の存在と斜面崩壊の関係として,以下の点が考えられる.

・道路上に降る雨の一部は、道路が無ければ地中に浸透する.しかし、道路があることにより、雨は地中に浸透せず、道路の下り方向に流れるとともに図5(b)のように、道路の斜面下方側(ガードレール側)から下流斜面に供給される.図4(c)に示すように、源頭部の道路には側溝が設置されていない.そのため、側溝が設置されている場合よりも道路を横断して斜面下方側から下流斜面に供給される水の量は多くなっていたと思われる.ただし、側溝が設置されていたとしても、一般に、50mm/hよりも少ない雨に対応できるような側溝しか設置しないた



```
溶岩
```

(f) 溶岩の露出と約2mのステップ地形

図7 道路による流れの拡散

め、非常に長い時間、側溝から水が溢れていたと思われる.

(b) 道路に堆積した火山灰

- ・道路によって、上方の斜面と下方の斜面が分離される.そのため、斜面下部の不安定によって斜面の崩壊が発生した場合、道路が破壊されない限り斜面の崩壊が道路よりも上方には伝わらない.そのため、道路の設置は、斜面崩壊の規模を小さくした可能性がある.また、道路上方で斜面崩壊が発生した場合、道路が破壊されない限り、図5(b)に示すように、崩壊した土砂の一部が道路で堆積するため、下流斜面への土砂の供給が減少し、斜面崩壊の規模を小さくした可能性がある.
- ・図5(b)に示すように、斜面上の道路は、斜面から張り出すように設置されることが多く、今回の現場も斜面から張り出して設置されている。そのため、道路の斜面下方側の勾配(道路の擁壁の斜面方向の勾配)は、元斜面の勾配よりも急となる。その結果、図5(b)に示すように、道路を横断して、斜面下方側に供給される流れの流速は速くなる。これにより、道路の下流斜面の上流端で表面浸食が促進される可能性がある。また、道路の斜面下方側の擁壁は、火山灰層の下の溶岩まで根入れしていると考えられる。そのため、擁壁に沿って、溶岩の表面と火山灰層の境界に水が供給され、斜面崩壊の発生を促した可能性はある。ただし、火山灰や溶岩の透水特性については現時点では不明である。
- ・図6(b)に示すように、道路は水の流れを斜面横断方向に拡散する効果もある.道路が無ければ谷筋に集中して水が流れるが、道路があることにより、道路上で水が斜面横断方向に拡散し、薄く広い水流となって斜面下方に水が流れる.水の斜面横断方向の拡散は掃流力を減少させるため、道路が無いときに比べて下流斜面の表面浸食を抑制する効果がある.今回の現場は、粒径が細かい火山灰であるため、水が拡散しても最大降雨量時の掃流力は限界掃流力以上であったと考えられる.その結果、道路による流水の拡散によって、表面浸食の浸食量は減少されたと思われるが、表面浸食は発生したと考えられる.よって、浸食域が斜面横断方向(南北方向)に広がっているのは、このような道路による水の拡散が影響している可能性がある.

このように、斜面への道路の設置は、斜面の崩壊を促進させる効果と抑制させる効果がある.また、ここで示した以外の影響も考えられる.よって、道路が斜面崩壊に与える影響については、それぞれの影響について定量的な評価を行い、総合的に検討する必要がある.

4. 神達地区

図7に神達地区の被災状況を示す.図7(a)および(b)に示すように,道路や住宅の敷地内には,約50cmの厚さで火山灰が堆積した痕跡があった.また,図7(c)に示すように,住宅の敷地内には,塀を乗り越えて侵入した多



くの流木が堆積していた.流木は流路工の下流から海 岸付近まで、河川沿いの長い区間に堆積していた. こ れらの流木に火山灰があまり付着していないことや 斜面崩壊の発生時刻などから、土砂や流木は、斜面崩 壊発生時に一気に海岸域まで流れたのでは無く、斜面 崩壊発生後も続いた豪雨によって流された可能性が ある. また, 図7 (e) に示すように, 流路工の中には 土砂がほとんど堆積していない.これは、上流の遊砂 地が多くの土砂を捕捉したことだけで無く,斜面崩壊 発生後も豪雨が続いたことも大きな要因と考えられ る. なお、遊砂地は調査時点では満砂であったため、 土砂流出時の途中からは土砂が流路工に供給された と考えられる. また, 図7 (e) に示すように, 流路工 は周辺の地盤よりも数m低い. そのため、斜面崩壊発 生時に土砂や流木が南の神達地区から一時的に流入 したと思われる.しかし、その後の豪雨によって土砂 濃度の低い水と土砂の混合物が大量に流れ込み、土砂 及び流木を流下させたものと思われる.



図9 ステップ状の地形4)

図8に図1の赤い破線に沿った海岸から源頭部付近までの縦断形を示す.神達地区は海岸から約1100mであり,海岸から神達地区までの勾配は約0.1 (1/10勾配)である.神達地区よりも上流は,標高が高くなるにつれて勾配が大きくなり,源頭部付近は0.4を越えている.なお,泥流は斜面を海岸に向かって真っ直ぐ西に流下したのではなく,わずかに蛇行しながら流下しており,流れに沿った勾配はこれよりも緩やかである.現時点では,火山灰の比重や発生した泥流の特性に関する十分な情報が無い.そこで,一つの目安として,以下のEgashira and Ashida⁵⁾による平衡河床勾配の式を用いて,土砂の堆積・浸食範囲を考える.

$$\tan \theta_e = \frac{(\sigma/\rho - 1)c}{(\sigma/\rho - 1)c + 1} \tan \phi_s \tag{1}$$

ここに、 $tan\theta_e$ は河床の浸食・土砂の堆積がともに発生しない平衡状態の河床勾配、 σ は土砂の密度、 ρ は水の密度、 ϕ_s は土砂粒子間の摩擦角、cは土砂の濃度である.

火山灰の比重については、一般的な土砂の比重2.65よりも小さいことが予想されるため、ここでは1.5を用いる. また、土砂の濃度としては、斜面崩壊発生時として0.5を想定し、斜面崩壊後の豪雨時として0.1を想定する.このよ うな値を用いて平衡河床勾配を計算すると、斜面崩壊発生時は0.168、斜面崩壊後の豪雨時は0.040となる.よって、 図8に示すように、斜面崩壊発生時は、海岸から約1400m地点より上流が浸食域、下流が堆積域となる.また、斜面 崩壊後の豪雨時は、全ての領域で浸食域となる.よって、海岸から約1100mの神達地区は、斜面崩壊発生時に土砂が 堆積し、その後の豪雨時にそれらの土砂を浸食し、流木等と一緒に下流に流出したと考えられる.なお、本計算は 概算であり、建物による土砂の捕捉などは考慮していない.また、堆積量や浸食量の計算ではないため、流路工の 下流域の建物周辺における土砂の堆積などを評価するものではない.

このように、神達地区では、土砂の堆積と浸食の両方の作用を受けたものと推察される.調査時の神達地区の地盤の様子を見ると、多くの領域で地盤は浸食されており、図7(f)のように、溶岩層が露出している場所も見られ、約2mのステップ状の地形となっていた.また、この地点よりも上流域においても図9に示すように、多くのステップ状の地形が見られた.これらは、被災前の地盤形状の影響を受けているとともに、火山灰層の下の溶岩表面の形状を反映している可能性もある.

5. おわりに

2013年10月に発生した台風26号による伊豆大島豪雨災害の緊急調査の結果を報告した.本調査により,火山灰堆 積斜面の崩壊特性,泥流や流木の流動特性を再認識するとともに,道路が火山灰質斜面に与える影響や斜面崩壊発 生後の豪雨が発生させる現象について明らかとなった.本報告は速報版であり,ここに記載されたものの多くは, 現時点では十分に検討できていない.これらについては,データ収集を行うとともに詳細な解析を実施して,詳し く検討が行われる予定である.

現地では、いまだ多くの方が行方不明となっている.行方不明者全員の発見が早期に行われることをお祈り申し 上げます.

謝辞

本調査の実施において、国土交通省から多くのサポートを頂いた.東京都大島支庁からは、調査の前に現地の状況について情報をご提供頂いた.ICHARM・江頭進治教授からは、泥流の流動特性についてご教授頂いた.京都大学防災研究所・井口正人教授からは、火山噴出物の特性についてご教授頂いた.土木学会緊急調査団の団員および京都大学防災研究所・福岡浩准教授とは、現地で情報交換させて頂いた.また、本調査は土木学会による調査費のサポートを受けて実施された.ここに記して、関係各位に御礼申し上げます.

参考文献

- 1) 国土交通省気象庁:台風第26号による大雨, 2013.
- 2) 読売新聞: 2013年10月20日読売新聞朝刊台, 2013.
- 3) 土井一生: 2013/10/16 伊豆大島の斜面崩壊に伴う震動, 2013年10月16日未明の伊豆大島における斜面崩壊に関す る報告(その3), 京都大学防災研究所HP, 2013.
- 4) 株式会社パスコ・セコム株式会社: 2013年10月台風26号豪雨災害(東京都大島町), http://www.pasco.co.jp/disaster info/131016/, 2013.
- 5) Egashira, S. and Ashida, K. Unified view of the mechanics of debris flow and bed-load, Advances in Micromechanics of Granular Materials, (Edited by H.H.Shen et al.) Elsevier, pp. 391-400, 1992.