

## □平成28年熊本地震による地盤、土砂災害 と創造的復旧・復興に向けて

(公社)地盤工学会

平成28年熊本地震地盤災害調査団

副団長 安福規之

(九州大学)

### はじめに

2016年4月14日、および4月16日において、震度7を越える地震が熊本県益城町を中心にわずか28時間という短時間に相次いで発生しました。震源は、いずれも布田川断層帯と日奈久断層帯の会合部付近の深さ11-12kmにプロットされます。余震域も、北東-南西方向の両断層帯に沿うように分布することなどから、熊本地震は、この断層の運動にともない発生したと考えられています。この熊本地震では、益城町から南阿蘇村にかけて、右横ずれの地表地震断層が連続的に出現し、益城町堂園付近において、最大180 cmの変位が確認され、また、鉛直変位量は、布田川断層帯の北向山断層で60cmが計測されています。この地表に到達した断層運動は、熊本城をはじめ多数の構造物や宅地地盤に被害をもたらしたと同時に、傾斜地や阿蘇カルデラ内で多くの地表亀裂を発生させ、斜面崩壊や陥没による被害を引き起こしています。

本文では、(公社)地盤工学会の「平成28年度熊本地震地盤災害調査団(団長:北園芳人熊本大学名誉教授)」として今年の7月までに調査・分析した結果<sup>1)</sup>に基づいて、特徴的な地盤、土砂災害の状況を紹介するとともに、熊本の創造的な復旧・復興に向けて学術的視点、地盤工学的観点か

ら考えるところを述べたいと思います。

### 山岳部での特徴的な斜面災害と複合災害への備え

熊本地震では、本震によって山岳部の南阿蘇村や阿蘇市で斜面災害が多発しました。特に南阿蘇村河陽では震央から25kmも離れているにも係らず、益城町室園(震央からの距離6km)の最大加速度(654.2gal)を大きく上回る1316.3galを記録しています。そうした強い地震動が、南阿蘇村立野(阿蘇大橋地区)の大崩壊や河陽高野台(京都大学火山研究所地区)の緩傾斜斜面の崩壊をはじめ、この山岳部での多くの斜面崩壊に繋がった大きな誘因であったと考えられます。

写真-1に示すように阿蘇大橋地区で発生した深層崩壊の規模は、崩壊長:約700m、崩壊幅:約200m、崩壊土砂量:50万 $m^3$ 、最大崩壊深約20mと推定されています。地層構成としては表層が火山灰質粘性土(黒ぼく、赤ぼく)で岩盤は先阿蘇火山岩類に属する安山岩と火砕岩が互層をなしています。崩壊斜面上端部は35°前後の急勾配で斜面下部は崖錐堆積物が堆積する15°程度の緩勾配で畑として利用されていました。崩壊前との地形の比較から上部の尾根筋に形成されていた多亀裂

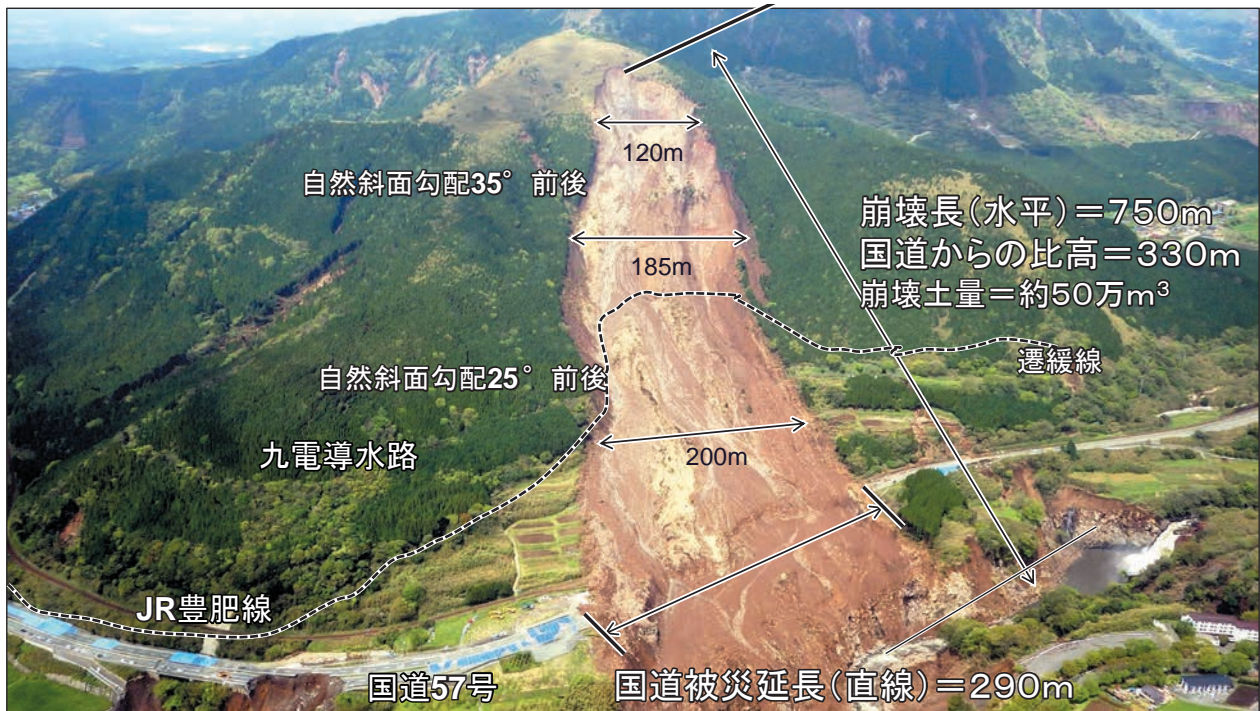


写真-1 阿蘇大橋を飲み込んだ斜面崩壊の全貌

性の安山岩からなる風化帯が強震動によってボトルネック的な崩壊を発生させたと推察されています。この斜面崩壊によって、国道57号、JR豊肥線、九州電力導水路が寸断され、また阿蘇大橋が落橋するなど、この地区での斜面崩壊は基幹となる社会インフラに大きなダメージを与えています。こうした中、熊本の創造的復旧に資する早急な対策が求められますが、滑落崖周辺部には今回の地震で形成された開口亀裂や段差が多数あり、不安定化した状態に今もあるのが現状です。このため、安全性を十分に確保した上での一日でも早い対応が必要となります。現在、応急復旧対策として、この不安定土砂を取り除く作業がわが国の最先端の技術を導入した遠隔操作による無人化施工によって鋭意行われており、安全性が十分に確保できた段階で有人での対策が施される計画となっています。

写真-2に示す高野台地区で発生した地すべり性崩壊は、斜面勾配が15°前後と降雨による土砂災害警戒区域の指定には該当しない地域で発生しています。崩壊土砂は写真中に示すように3方向に

ブロック状化して原形をある程度維持しながら移動・堆積しています。表層は火山灰質粘性土が厚く堆積しており、深さ7～8mのところ約10-20cmの厚さで草千里ヶ浜軽石層と呼ばれる粘土化した火山灰質層が分布していることが調べられています。地震力による滑動力が大きかったことに加え、高含水比のこの層が地震動により繰返しせん断力を受けることで、層内部で間隙水圧が過剰に上昇し、結果として、層全体での抵抗力を低下させたことが、すべりを引き起こした大きな要因のひとつとして考えられています。似たような地質層序でのすべりは、例えば、東北地方太平洋沖地震の際に福島県白河市葉ノ木平でも発生しています。効果的な対策に資するためには、過去の調査結果も踏まえ、なぜこのような緩斜面ですべりが発生したのか、今後の地盤工学的な更なる分析が待たれます。

多くのクラックが顕在化していたり、また、表層には表れていないものの潜在的なダメージを受けている斜面は数多く存在します。今後の余震や降雨などによる被害の拡大、いわゆる複合災害へ



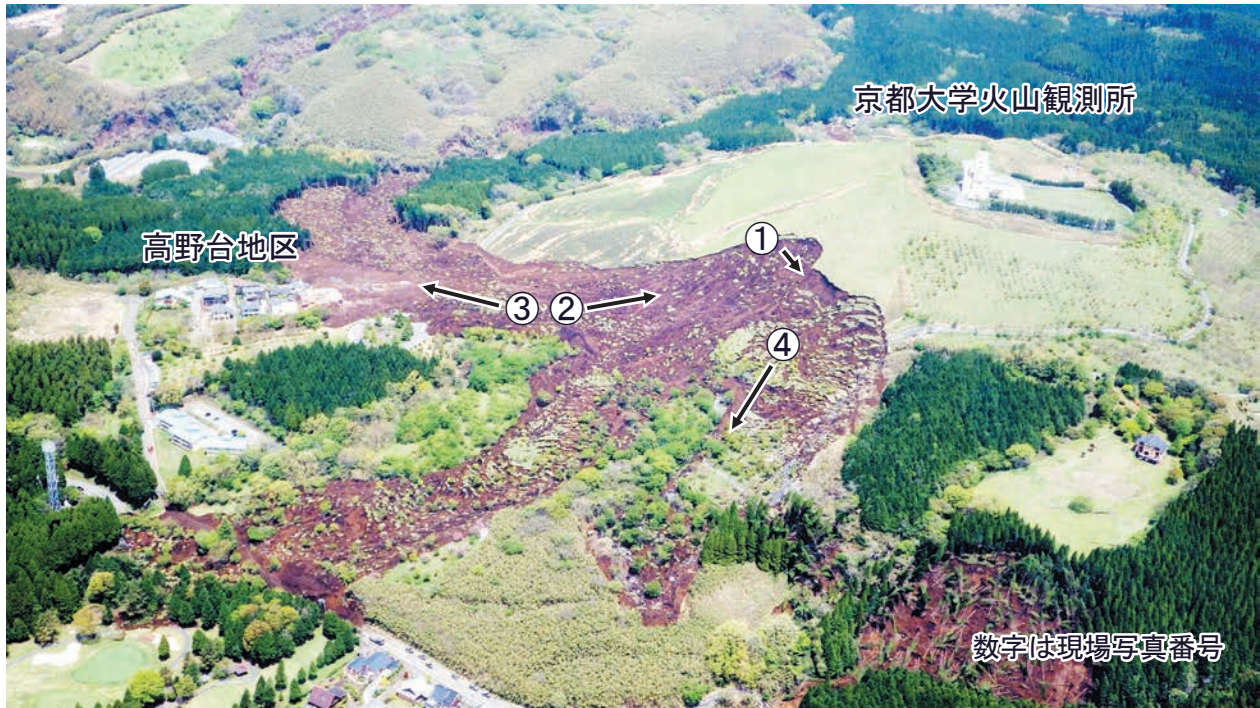


写真-2 高野台地区の緩斜面での地すべり性すべり



写真-3(a) 阿蘇外輪のラピュタへの道における斜面崩壊  
(先阿蘇の亀裂を多く含む溶岩類の崩壊が卓越)



写真-3(b) 左の写真で崩壊した土砂が豪雨によって  
土石流化した状況(複合災害)

の事前の備えが必要であり(写真-3参照)、崩壊形態と堆積環境を十分に調査・分析した上で、複合災害のことを念頭におき、地域性を適切に反映した耐震性と耐降雨性に留意した対策工の検討が早急に求められるところです。

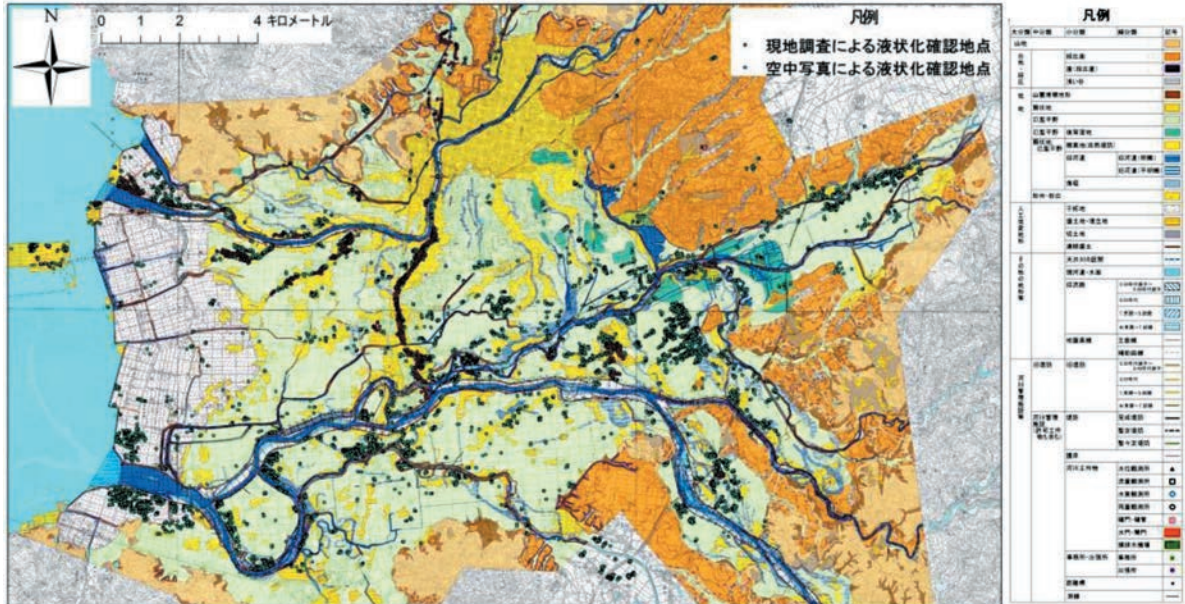
### 平野部での地盤災害とその対応

液状化の特徴と防止・軽減：平野部の特徴的な

被害として、熊本県内11市町村で液状化が確認され、とりわけ、熊本平野においては広範囲で液状化が生じています。図-1は、熊本平野における液状化地点を図上に示したものです<sup>1)</sup>。5年前の東北地方太平洋沖地震で生じた面的な広がりをもつ埋立て地盤における液状化だけでなく、今回の液状化現象は、図中に示すように旧河道部や自然堤防部の一部で液状化の帯として限定的に現れたことが特徴として挙げられています。これには、液



# 白川沿岸に表れた液状化の帯



「治水地形分類図更新画像データ」(国土地理院技術資料 D1-585,586) をもとに作成

図-1 熊本平野における液状化地点

状化が懸念される層（砂層）の堆積状態が大きく影響していると考えられています。また、噴砂を確認したところ、その多くが火山性由来の土質と思われる火山灰質砂であり（写真-4参照）、この影響が液状化被害を甚大化した可能性も指摘されています。

一般に、液状化の危険度を評価するためには、その地盤における液状化層（砂層）の有無やその



写真-4 近見での液状化現象（電柱が沈んでいる）

基本的性質、層厚が重要であり、被害の甚大化については、液状化層が表層付近に存在するかどうか鍵となります。このため、熊本地震における液状化の帯や旧河道における液状化被害では、液状化層厚が不連続に変化している場合や、地盤内で堆積状況が急変していることも考えられ、丁寧な地盤調査を実施し、液状化による地盤の沈下や変状を適切に分析することが効果的な対策を考える上で大切になります。熊本市では、熊本市地下水保全条例で地下工事における地下水への影響防止が義務づけられており、地下水位低下工法における地下水流動への影響や地盤改良による地下水への影響が無いように工夫した施工が求められています。

過去に液状化の発生した記録がない場所でも液状化層としての砂層が存在し、地下水が高いところでは、地震動の大きさに依存して、液状化の生じる可能性があります。例えば、こうしたことが

懸念される場合には、まずこれまでに調べられている地盤情報などを参照し地歴を調べ、必要であれば地盤の調査・分析を丁寧に実施し、そして状況にあった対策を講じることが必要です。現状の液状化対策で被害ゼロは保証されていませんが、少なくとも被害を大きく低減することはできる状況にあります。

宅地地盤の被害とスクリーニングの薦め：震度7を2回経験することになった益城町では家屋の倒壊被害が顕著に表れている一方で、液状化や擁壁の倒壊による宅地地盤の被害（写真-5のような陥没、不等沈下、地割れなど）も多く生じています。7月23日の熊本県の被災宅地応急危険度判定によると、5000件ほどの宅地地盤について、何らかの対策が必要であるとの判断が示されています。

戸建ての宅地地盤では、標準的な調査・対策で事足りて、設計上、地盤への特別な配慮が敬遠される場合が多くあります。一方で、平成26年8月の広島土砂災害、今回の熊本地震での地盤災害に見られるように、地盤は命を脅かす危険性をはらんでいます。現時点で、すべての宅地地盤で地盤調査を実施することは現実的ではありませんが、宅地地盤内にどのような課題が内存しているかを、専門の地盤技術者と協働しながらスクリーニング検査によって明らかにし、調査の絞込みを進めることが効果的です。スクリーニング検査を通して、



写真-5 内牧地区の陥没（段差は約1m）  
アパートが向かって左側へ傾いている



写真-6 益城町で擁壁から溢れ出す地下水

甚大な被害のリスクが高いと判断されるのであれば、その土地を回避する選択をしたり、十分な地盤調査と対策でリスクを回避した宅地地盤を構築する選択ができることとなります。また、逆に特別な問題がないと分かれば、標準的で低コストの調査・対策で十分に安心ということになります。こうした役割を担える地盤技術者として、地盤品質判定士の存在があります。この判定士は地盤をキーワードにして社会と市民を結ぶ担い手になり得るものであり、今後の創造的な復旧・復興に向けて、適切に活用できる仕組みを早急に創っていく必要があります。

加えて、被圧地下水を利用している地域では、地震によるパイプの破損により常時水が湧き出す状況となり、これが不圧地下水へ流入するとともに周囲の地下水位を押し上げている状況にあります（写真-6参照）。このパイプの破損が前震で起こり、地下水浸入により脆弱化した宅地が本震でさらなる被害をもたらしたとの指摘がなされています。一般に、戸建ての宅地地盤では、このように、耐震性の低い、あるいは、脆弱な宅地が存在することを考えれば、地域性を反映した宅地耐震性の評価と簡易な保守・補強技術の開発を急がなければなりません。

おわりに - 創造的な復旧・復興に向けて -

この6月、「熊本地震からの創造的な復興にむ



けて」とする緊急提言がくまもと復旧・復興有識者会議（座長：五百旗頭 真）からなされました。そこで謳われている理念は、二つです。ひとつは、災害は日本中のどこでも起こりうるという観点に立って、「防災・減災の主流化」を図ること、他のひとつは、「旧に戻すだけではなく、より良いものを創る」ということです。こうした考え方に基づき、地震を含む自然災害に立ち向かって行かねばならないとしています。そして具体的な創造的復興に資する事項として、1. 住民に寄り添い、住民との協働による復興、2. 短期的・局所的視点にとらわれない将来を見据えた復興、3. 次の地震に備える、さらには次世代に継承する復興など大きく4項目を掲げています。

先の二つの理念を念頭に置いたとき、地盤技術者である個人として、あるいは地盤工学会調査団のメンバーとして、どういった学術的あるいは社会的な貢献ができるのか、産・官・学・民の協働

で深くまた、継続的に考え、取り組んで行かなければなりません。

（公社）地盤工学会「平成28年熊本地震地盤災害調査団」では現在、創造的な復旧・復興に資する災害調査・分析を継続中であり、その成果は4月15日（土）に熊本にて市民を対象とした報告会で報告する予定にしています。

**謝辞：**本寄稿文の主たる部分は、（公社）地盤工学会の「平成28年度熊本地震地盤災害調査団」の調査結果に基づいています。また、調査・分析を進めるに当たり、国土交通省九州地方整備局はじめ熊本県には多くのご支援をいただきました。ここに、深くお礼申し上げます。

**参考文献：**第51回地盤工学会全国大会 特別セッション（一般開放セッション）「平成28年熊本地震地盤災害調査報告会」配布資料、（公社）地盤工学会、2016年9月。