

平成 28 年熊本地震
災害調査報告書（第 1 報）

名古屋工業大学・豊橋技術科学大学
合同調査グループ

平成 28 年 6 月

1 調査概要

1.1 調査目的

平成 28 年 4 月 14 日および 16 日に発生した熊本県を中心とする地震被害について、特に、土構造物及び自然斜面の被害を中心とした被災事例の収集とその分類、要因分析することで被災地の長期復興計画の支援と我が国全体において今後想定される巨大地震に対する検討課題を整理することを目的とする、被害調査を行った。地震の詳細等については、すでに多くの機関で報告されているため、本報告では割愛する。

1.2 調査日程

平成 28 年 6 月 11 日（金）～平成 28 年 6 月 13 日（月） 計 3 日間

調査箇所

- 1 日目：阿蘇くまもと空港 → 南阿蘇村（阿蘇大橋周辺） → 益城町堂園地区
- 2 日目：熊本城 → 宇土市（宇土市役所周辺） → 益城町田原地区 → 西原村
- 3 日目：国土交通省九州地方整備局熊本河川国道事務所白川出張所 → 白川右岸（蓮台寺橋付近）

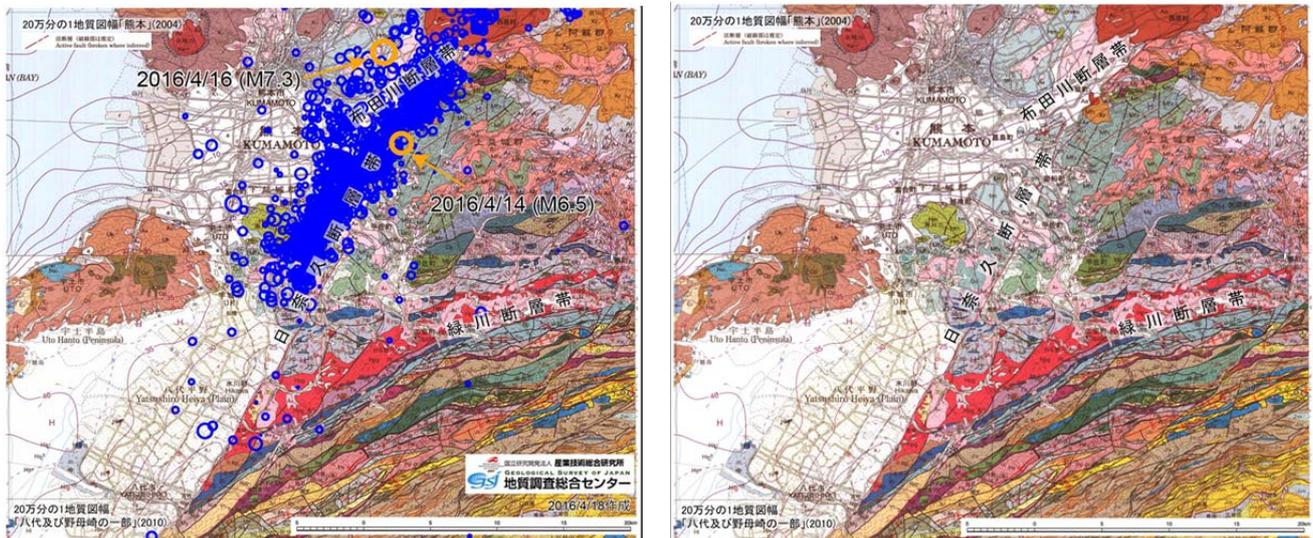
1.3 調査メンバー

- 前田 健一：名古屋工業大学社会工学科 教授，高度防災工学センター
- 檜尾 正也：名古屋工業大学 特任准教授，高度防災工学センター
- 森河 由紀弘：名古屋工業大学社会工学科 助教，高度防災工学センター
- 松田 達也：豊橋技術科学大学建築・都市システム学系 講師，安全安心地域共創リサーチセンター
- 内藤 直人：名古屋工業大学大学院工学研究科 博士後期課程（学生）

2 地質構成

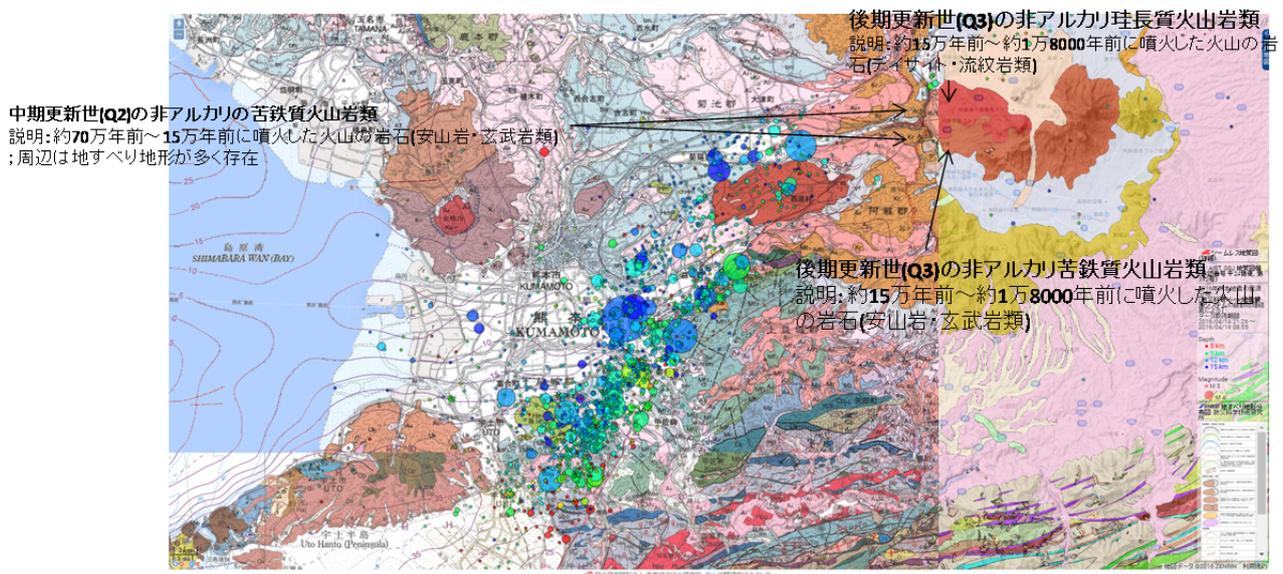
2.1 震源地と地質構成

日奈久断層帯や布田川断層帯は、白亜紀の付加体やジュラ紀の変成岩からなる丘陵部と熊本平野や八代平野との境界に位置する活断層である。4月14日の地震（M 6.5）の震源は日奈久断層帯上に、4月16日の地震（M 7.3）は布田川断層帯上に位置している。



(引用 : <https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/kumamoto2016/index.html>)

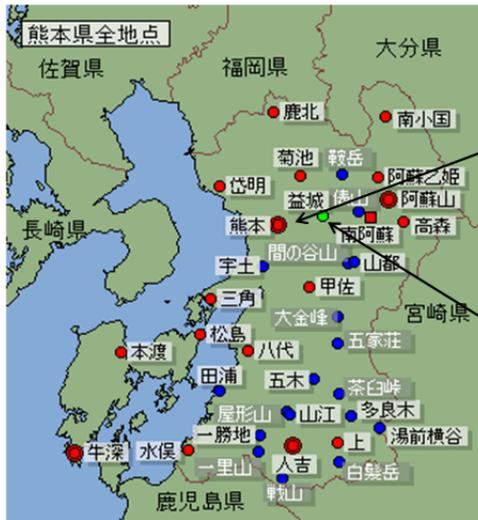
下図は、熊本県内の地質図を粟原している。斜面崩壊が多く発生した山間部では、火山岩類に分類される。また、平野部の下流域は海成または非海成堆積岩類に分類される。



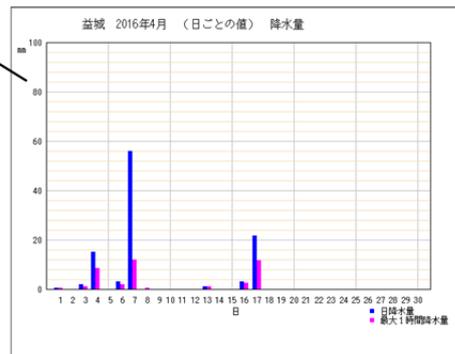
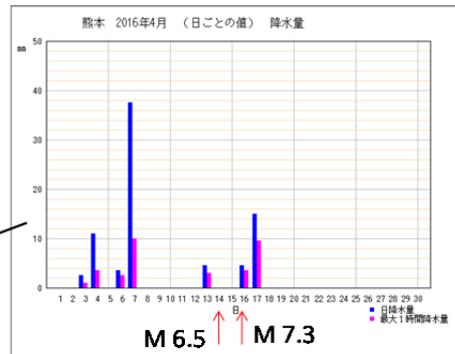
(引用・加筆 : 地質図 Navi : <https://www.gsj.jp/>)

2.2 地震前後の降雨状況

気象庁の発表資料より、熊本地方と益城町地方の2016年4月の1か月分の降雨量を示す。震災の約1週間前に纏まった雨が降っている。また、震災発生付近においても降雨が観測されており、比較的表層は水を含んだ状態であったことが考えられる。

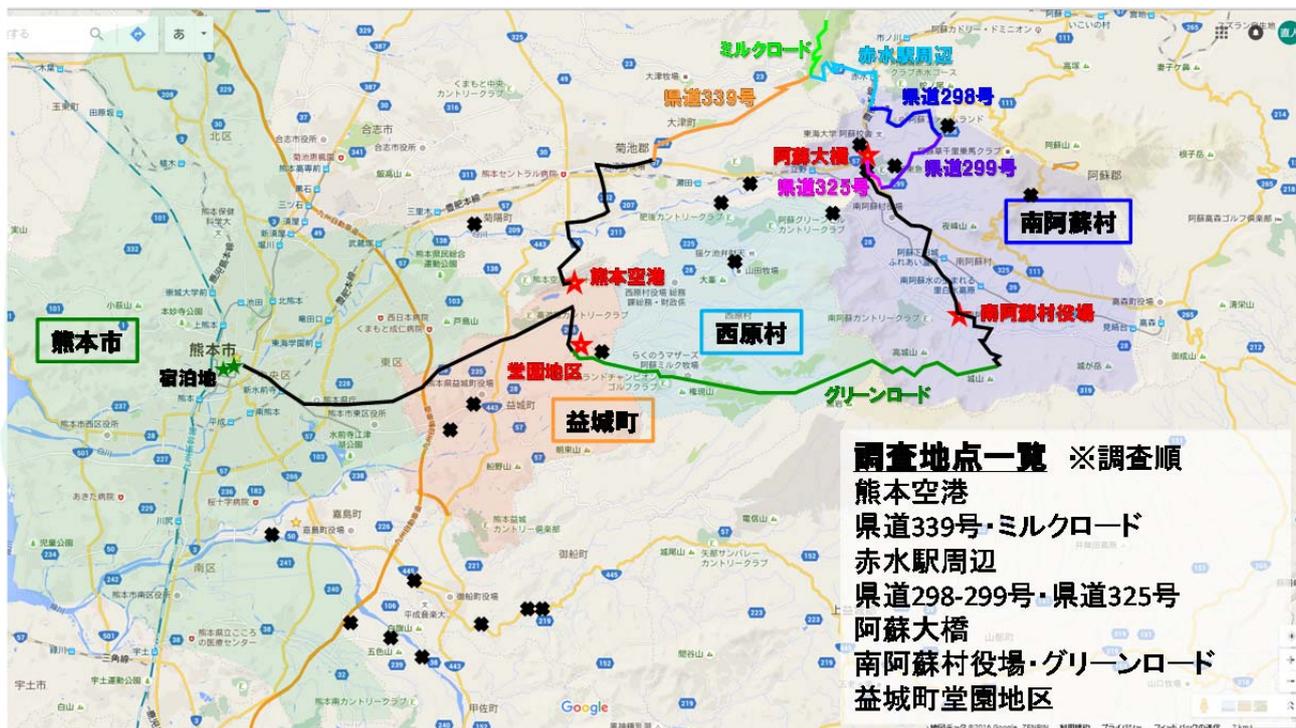


気象庁: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>



3 調査結果

1日目（平成28年6月11日（土））



■熊本空港



天井の崩落と壁のひび割れによる空港内立ち入り禁止区域

■ミルクロード



表層に数十 cm の植生を有する斜面の小規模崩壊



小さなすべりが同じ場所で複数回発生したことによる階段状の崩壊

(この破壊形態に至る過程として考えられるシナリオ：植生を有するため表層は強度が強く崩壊領域と未崩壊領域の境目が明瞭に残る，複数回の外力作用，階段状の崩壊)

■ 県道 298-299 号



2013 年 11 月時の崩壊箇所 (Google map)



片側車線崩壊による全面通行止めと迂回路



崩壊箇所 (Google map)



沢地形で崩壊斜面の法尻付近には水流有り

(この破壊形態に至る過程として考えられるシナリオ：斜面法尻の液状化に伴う支持力の低下による法面及び法肩の流動)



斜面崩壊部の樹木の傾斜方向が上流側と下流側に分かっている (傾斜方向が一方ではない理由はどうのように説明できるのか)



2013年11月時の崩壊箇所（Google map）



橋梁-道路接合部に生じた段差の修復



道路擁壁下部のひび割れ及びはらみ出し

■南阿蘇橋



2013年11月時の様子（Google map）



支承損傷による通行止め

■県道 325 号 南阿蘇橋周辺



沢地形の崩壊



2013年11月時の沢地形の様子（Google map）



2013年11月の右岸側斜面 (Google map)



斜面法肩に見られた段階的な亀裂・すべり上端



崩壊後の右岸側斜面



崩壊側の亀裂ほど開口幅が大きい (下側が河川側)



河川沿いの斜面崩壊



コンビニ裏側斜面の崩壊



未崩壊部分に見られた岩盤節理の流れ盤構造



コンビニ駐車場に見られた複数の亀裂, 部分的に隆起しているようにも見える



コンビニ駐車場の平面状況



亀裂幅は大きいところで 30cm 以上



コンビニ周辺の崩落 (Google map)



排水パイプの上に室外機が載る (縦方向の振動によるものか)

■阿蘇大橋崩壊斜面



2013年11月時の阿蘇大橋の様子 (Google map)



対岸より撮影した崩落現場 (向かって写真左側が下流)



(上：下流側，下：上流側) 下流側の構造体は手前に押されるようにクラックが生じ，上流側は反時計周りに捻じれて破壊している。

住民の方（50歳）の話によると、これまでどんな大雨が降ってもこの斜面が崩れることはなかったそうである



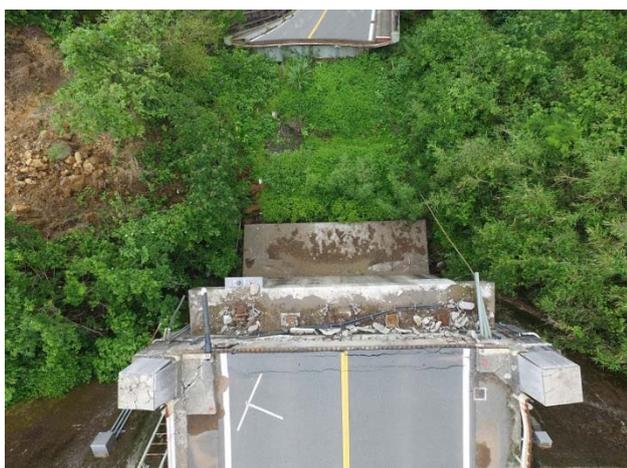
復旧作業



左車線側は盛り上がり、右車線側は引っ張られている



引張りによる亀裂は盛土底部まで進行している



東海大学側（左岸側）の橋台



東海大学側（左岸側）に落下した橋桁



左車線側のアスファルトずれの痕跡と盛り上がり

■ 益城町堂園地区



多くの住宅被害が発生



水平方向に 1m程度のずれが確認できる
現地で調査されていた地質調査会社の方の話によると、今回のずれは水平方向であったが過去のずれは鉛直方向のずれもあったそうである



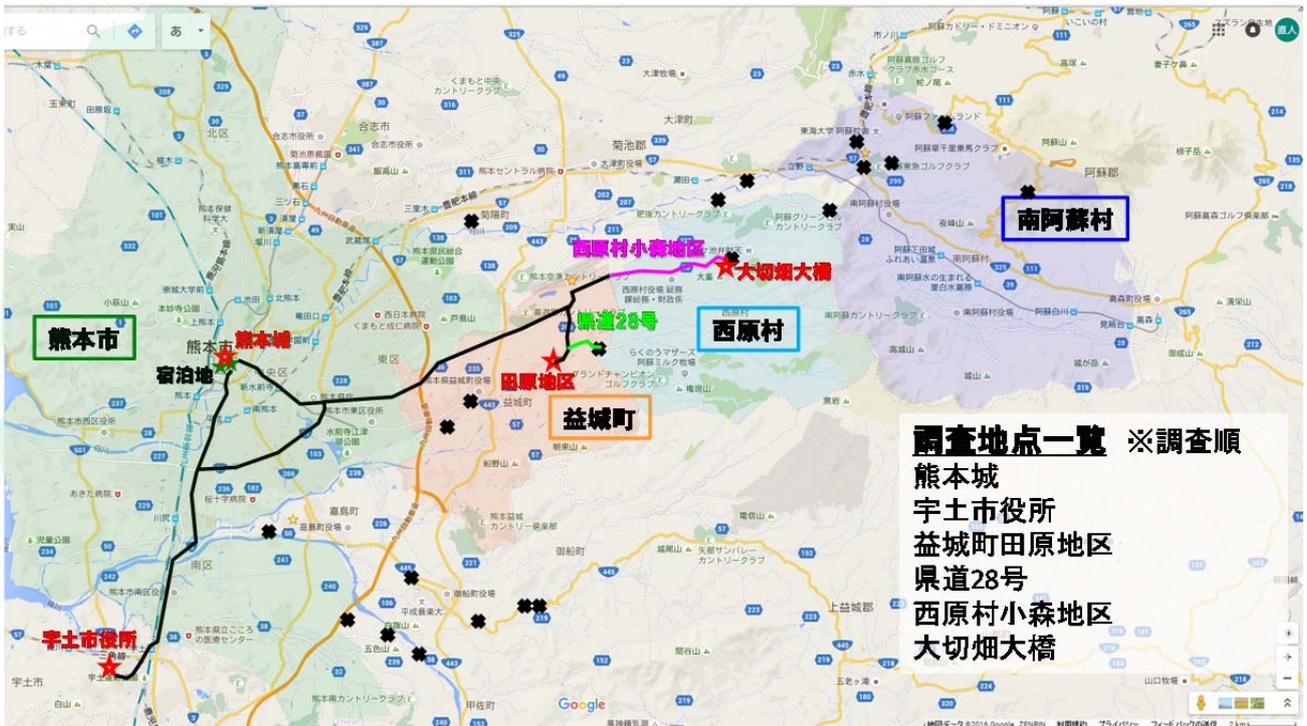
石垣のはらみ出し・崩壊
住民の方が補修作業を行っていた



家屋の崩壊
高齢者の方が多く住まれている印象を受けた

これら 4 枚の写真の地表面のずれはほぼ直線上に位置する（地表面に表れた断層のズレ）

2日目（平成28年6月12日（日））



■熊本城



馬具櫓付近の石垣のはらみ出し



馬具櫓付近の石垣崩壊



備前堀周辺の被災前の状況（Google map）



備前堀周辺の被災後の状況



御客方櫓跡周辺の被災前の状況（Google map）



南大手御門の被災前の状況（Google map）



御客方櫓跡周辺の被災後の状況

上載荷重がなければ石垣の角部も崩壊する



五階櫓の被災前の状況（Google map）



南大手御門の被災後の状況

南大手御門を支える隅角部の石垣は上載荷重があるためか、形状を保持して構造物を支えている。また、隅角部の石垣は比較的直方体で大きい石が使用されており、その長手方向が90°ずつ互い違いになるように組まれている。

石垣の崩壊については、大凡石垣の高さと同程度の幅の崩壊距離となることが多く見受けられた。



五階櫓の被災後の状況（Google map）



戌亥櫓の石垣崩壊



崩壊した石垣は落下高が大きくても斜面法尻や斜面中腹の水平部分で停止しており、崖錐堆積物や表土による運動エネルギー減衰効果が発揮されている



場内のほとんどの石垣が被災していたが勾配が緩ければ石垣も崩壊していない



本丸御殿の崩壊の様子

■宇土市役所



市役所の崩壊



■県道 28 号 通行止め箇所



熊本県には多く見られる特徴

- ・湧水が豊富な斜面（熊本県はほとんど）
- ・斜面崩壊部（またはその付近に）は竹林

平成 28 年 6 月 20 日から 21 日未明にかけての熊本県の記録的豪雨（時間雨量 150mm 等）では竹林が崩壊し民家に土砂が流れ込んだ
周辺地域住民の証言では「地震後に竹が傾いていた」という（地震+豪雨外力への性能は・・・）



2013年11月の県道28号 (Google map)



斜面の崩壊に伴い、道路面に生じたクラック



斜面崩壊により生じたガードレールの湾曲変状



変位計測



EPS ブロックの露出



落石防護柵の転倒（落石捕捉）



EPS 盛土に亀裂を生じさせた地盤の移動は、下方まで続いていることがわかった。



その他多数の災害要因

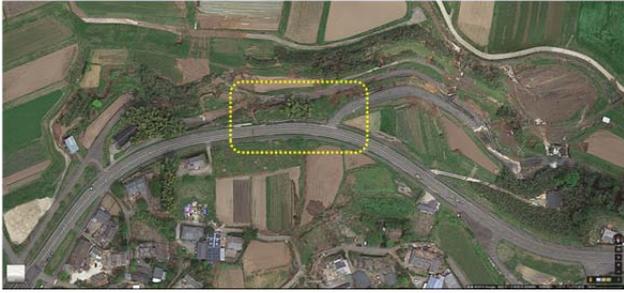


落石防護柵の貫通



河道閉塞現場の復旧作業

■西原村小森地区



Google map による被災後の様子



斜面崩壊と流動による土砂流出 (Google map 図の黄色点線で囲まれたエリア)

流れたような跡があるため地震後の降雨による流

出と地震時の液状化による流動の可能性が考えられる



表層の植生の影響 (?) による斜面崩壊時のブロック化



斜面崩壊に伴う片側車線のひび割れはおおよそ説明可能であると考えられる



小森地区の随所で見られた道路延長方向の周期的なひび割れはどのように説明できるか

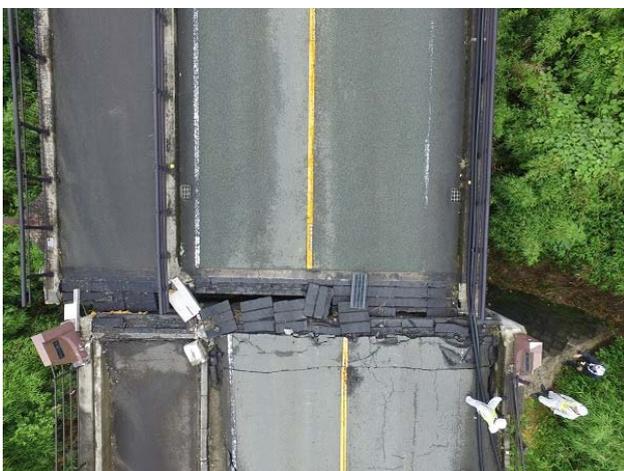
■ 大切畑大橋



Google map による大切畑大橋周辺の被災後の様子



大切畑大橋：奥手側は至南阿蘇村方面



橋桁が支承から落ちるほどの水平方向のずれ（約92cm程度のズレが確認されている）



大切畑大橋周辺も家屋の被害が多数



斜辺上部に大切畑ダム（大切畑溜池）が存在



大切畑大橋手前の道路の盛り上がり
(道路軸方向のひずみ)

大切畑大橋手前の擁壁のずれ



大切畑大橋手前の水路付近の被災前道路状況
(Google map)



大切畑大橋手前の健全時の擁壁(Google map)



大切畑大橋手前の水路付近の道路被災状況





堤内側の噴砂痕



天板より擁壁の方が下がっている箇所



噴砂口と見られる穴



短い区間の中でも天板と擁壁の高さが逆転



堤内側の擁壁のひび割れ

■蓮台寺橋 白川左岸



コンクリートのひび割れ



擁壁よりも天板の方が下がっている箇所



コンクリート擁壁と土間の隙間 (10~15cm)



地盤の沈下 (約 15cm)



堤内側の住宅の基礎周辺に噴砂痕



堤内側に位置する橋脚周辺地盤の沈下



堤内側の空き地にも噴砂痕



堤内側の道路および住宅壁の変状



樋門の浮き上がり（周辺地盤の沈下）



水門付近のもたれ壁に生じたクラック

3 結言

本地震により、熊本県内では非常に多くの地盤災害が発生している。

山間部では、斜面の至る箇所で崩壊が生じており、特に、表層破壊とみられる破壊形態が多数見受けられた。破壊規模が大きく、土木構造物を巻き込むような形態も見られた（例えば、阿蘇大橋）。また、崩壊した土砂の表層が舗装や植生の影響を受けたのか、表層下が崩壊したり、舗装面等に引張による亀裂が生じているケースが多数発生していた。また、山間部では落石の発生も確認され、直径 1m を超えるような比較的大きい石の移動が見られた。

平野部では、特に河川周辺において液状化による噴砂と思われる箇所が多数見られた。それに伴い、河川堤防の沈下、周辺道路の変状が見られた。噴砂した地盤は砂質土で川砂と考えられ、可能性としては、河川浚渫土を用いて堤防に腹付けした砂質土が、本地震により液状化したことが考えられる。

今回の災害において、亡くなられた方々に謹んでお悔やみを申し上げますとともに、余震が続くなか、避難を余儀なくされておられます被災された皆様に心よりお見舞い申し上げます。一日でも早く復興が進むことを切に願うとともに、私たち土木技術者がその船頭を切って、お力添えできるよう、努める所存でございます。