

平成 28 年 6 月 3 日公開

平成 28 年 6 月 7 日修正

平成 28 年熊本地震調査報告書（速報）

～東北大学災害科学国際研究所 構造物・土砂災害調査チーム～

<調査対象>

土砂災害・地盤災害・構造物被害など

<調査対象地域>

熊本県阿蘇郡南阿蘇村

熊本県益城郡益城町

<調査実施日時>

平成 28 年 4 月 30 日（土）～ 5 月 1 日（日）

<調査メンバー>

森口周二（東北大学災害科学国際研究所）

寺田賢二郎（東北大学災害科学国際研究所）

1. 本報告の位置付け

本報告は、平成 28 年熊本地震に伴う土砂災害および構造物被害（特に橋梁）について調査した結果を報告するものである。また、調査によって得られた事実に基づいて工学的な知見の整理や被災メカニズムの分析を行っている。ただし、現段階では憶測を含む部分があることを予め了承されたい。

2. 調査地域

調査対象地域は、下記の 3 ヶ所であり、その位置を図 1 に示す。なお、以降の説明では、下記 3 地域に分けて報告する。

① 南阿蘇村立野・河陽地区（道路・橋梁，土砂災害）

阿蘇大橋の被害およびその周辺

② 南阿蘇村河陽地区（道路・橋梁，土砂災害，宅地被害）

南阿蘇橋とその周辺，宅地被害，京都大学火山研究センター周辺の表層崩壊

③ 益城町（道路・橋梁，地盤変状）

断層付近の道路・橋梁の被害，家屋被害



図 1 調査地域（Google Map に加筆）

3. 南阿蘇村立野・河陽地区（道路・橋梁，土砂災害）

ここでは，主に地震によって落橋した阿蘇大橋とその周辺について調査した結果を示す．阿蘇大橋の位置は図2に示すとおりであり，国道57号線から国道325号線への接続部に位置する．崩壊後の周辺の様子を図3に，地震前後の阿蘇大橋の様子を図4に示す．これらの図は，国土地理院が公開している資料やデータに加筆して作成したものである．阿蘇大橋は，黒川に架かる橋梁であるが，ほとんど跡形もなく落橋し，隣接する斜面で大規模崩壊が発生していることが確認できる．図5は阿蘇大橋周辺の赤色立体図であるが，この図より，崩壊が発生した阿蘇大橋に隣接する斜面には，今回の崩壊部分とは別の崩壊の形跡が確認される．これらの崩壊がいつ発生したものであるかは不明であるが，長い年月を遡れば，過去にも崩壊が発生していたことが伺える．



図2 崩壊部分の位置（Google Map に加筆）

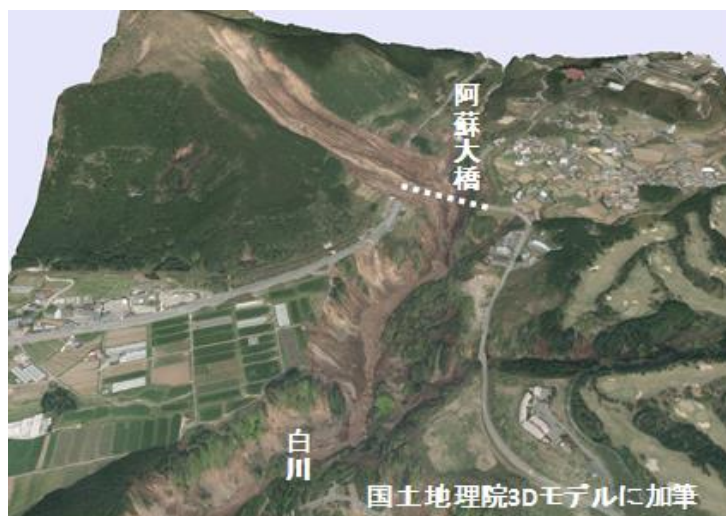


図3 崩壊部分の位置（国土地理院の公開資料¹⁾のキャプチャー画像に加筆）



図4 崩壊部分の位置（国土地理院の公開資料¹⁾に加筆）

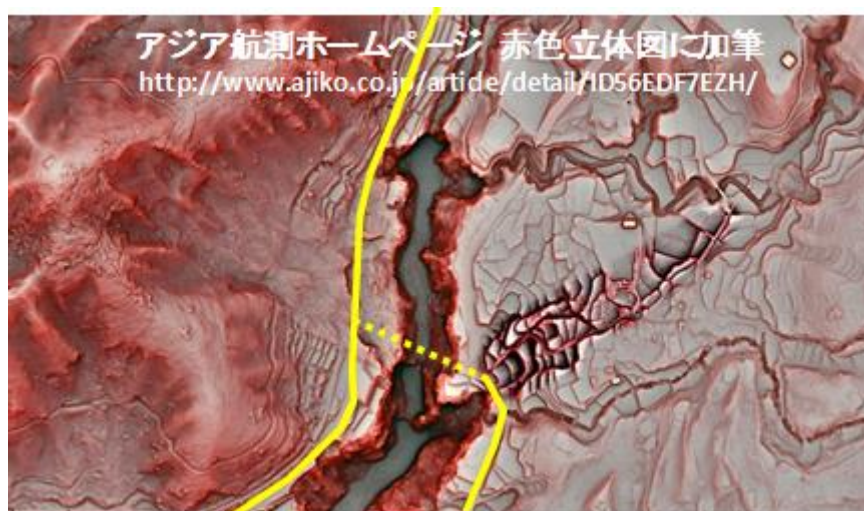


図5 赤色立体図（アジア航測作成の公開資料²⁾に加筆）

阿蘇大橋は、橋長 206m で片側 2 車線、1970 年に完成したトラス逆ランガー桁橋である。図 6 に示すように、斜面崩壊が発生した立野地区側に橋脚を 3 本有し、その他の部分は桁の下に設置されたトラスで支える構造である。大部分が落橋したが、右岸（立野地区側）と左岸で橋の一部が残っていた。図 7 は、右岸側に残った橋脚の写真であり、図 6 における 3 本の橋脚のうち、最も右岸側のものと思われる。残りの 2 本の橋脚は、現地で確認されなかったため、落橋に伴って河川へと落下したか、斜面崩壊によって発生した土砂で埋没したものと思われる。また、図 8 に示すように、左岸側には桁の一部が残っていた。図 9 は、左岸の橋台と桁のジョイント部の写真であるが、ジョイント部で複雑な変形の跡が確認されない。そのため、地震動によってジョイント部で大きな損傷を受けたということとは考えにくく、右岸側に向かって引っ張りを受けて落橋したのではないかと推察される。

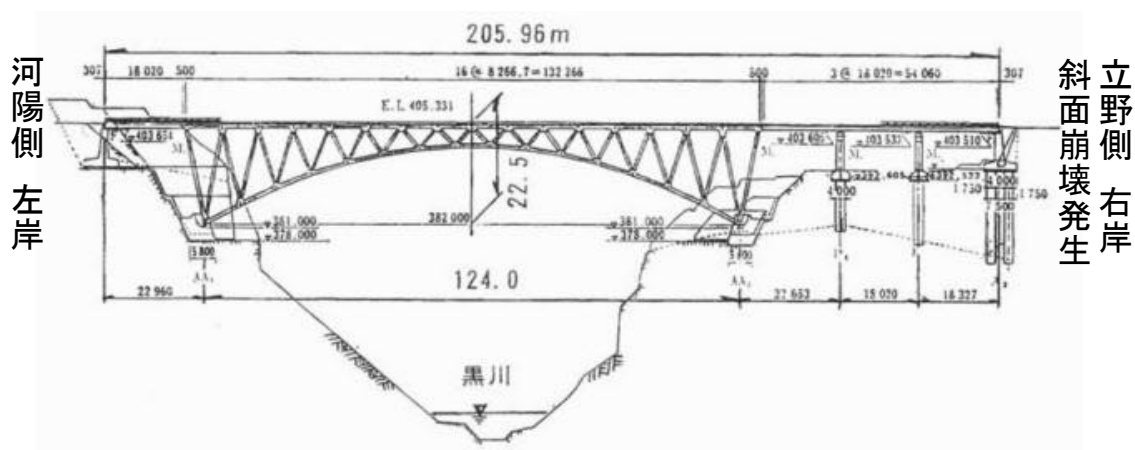


図 6 阿蘇大橋の図面（参考文献³⁾に一部加筆）



図 7 残った橋脚の一部（右岸：立野側）



図 8 残った桁の一部（左岸：河陽側）



図9 左岸側（河陽側）の橋台と桁のジョイント部

阿蘇大橋に隣接した斜面の崩壊の他にも、周辺では多くの崩壊が発生している。図11～14の写真は、図10の①～④の各箇所を撮影したものである。①は崩壊土砂に近接する箇所であり、その様子は図11に示している。土砂が堆積していない部分にはブルーシートが設置されていたため、表面の詳細な様子は確認できなかったが、ブルーシートの脇に見える亀裂の状態などから、この箇所は全体的に引っ張りを受けた様子が伺える。①の箇所から少し離れた②の箇所では、片側2車線で路肩崩壊が発生していた。この箇所の様子は図12に示している。この部分の亀裂は盛り上がるように発生しており、この箇所では圧縮力が作用したと思われる。この亀裂の他にも、この近辺には圧縮を受けたと考えられる形跡がいくつか見られたため、②の箇所の路肩崩壊は、水平方向に圧縮されることによって可能性が高い。③の箇所は、黒川を挟んで対岸（左岸）であり、その箇所の様子は図13に示している。この箇所でも多くの崩壊が発生しており、落下寸前の車両や建物の一部に滑落崖がかかっているなどの状況も確認された。また、崩壊せずに残った部分でも、大きな亀裂が発生しており、河川側に向かって崩壊が発生しそうになっている状況が確認された。④も斜面崩壊とは反対側の対岸に位置する箇所であり、③の箇所と同様の崩壊が発生していた。この箇所の様子は図14に示している。このように、阿蘇大橋周辺では、河川に向かって多くの崩壊が発生しており、崩壊に至っていない部分でも不安定化している箇所が数多く存在していることが確認された。なお、これらの崩壊箇所の大部分は、盛土や切土などの人工的なり面ではなく、地山部であると思われる。

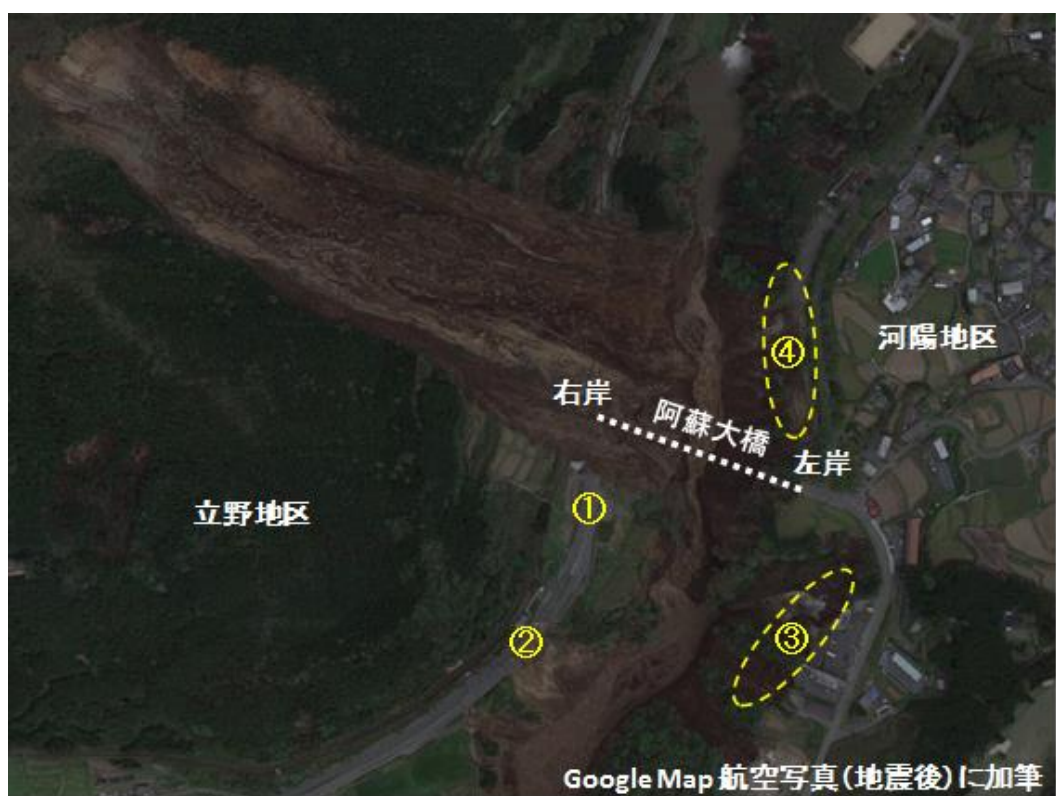


図 1 0 写真の撮影対象箇所（図 1 1 ～ 1 4 の写真に対応）



図 1 1 撮影対象箇所①の様子



図 1 2 撮影対象箇所②の様子



図 1 3 撮影対象箇所③の様子



図 1 4 撮影対象箇所④の様子

ここで、阿蘇大橋の落橋が発生した時刻について整理する。既に多くの報道で住民の証言などが紹介されており、それらから考えて地震の最中、またはその直後に落橋したことはほぼ間違いない。ただし、ここでは、工学的な観点から落橋の時刻を推定できる判断材料が存在するため、そのデータを示す。阿蘇大橋は、黒川に架かっていた橋梁であるが、黒川は阿蘇大橋の下流で白川に合流する。その白川の水位観測所（立野観測所）の地震前後のデータが図14である。図15は、水位観測所と阿蘇大橋の位置関係を示したものであり、水位観測所が阿蘇大橋から見て下流側にあることがわかる。河川水位は4/16の午前1～2時の間に急激に低下している。この原因は、阿蘇大橋付近で発生した崩壊によって天然ダムが形成され、河川が堰き止められたためと考えられる。実際に、阿蘇大橋があった位置の下には、調査実施時点でも天然ダムの形跡が確認されている。そのため、落橋は地震の最中、またはその直後と考えて問題ない。なお、水位低下の後に急激な水位の上昇が確認できるが、この理由は天然ダムの許容量を超えてオーバーフローし、一気に流れ下ったためと思われる。

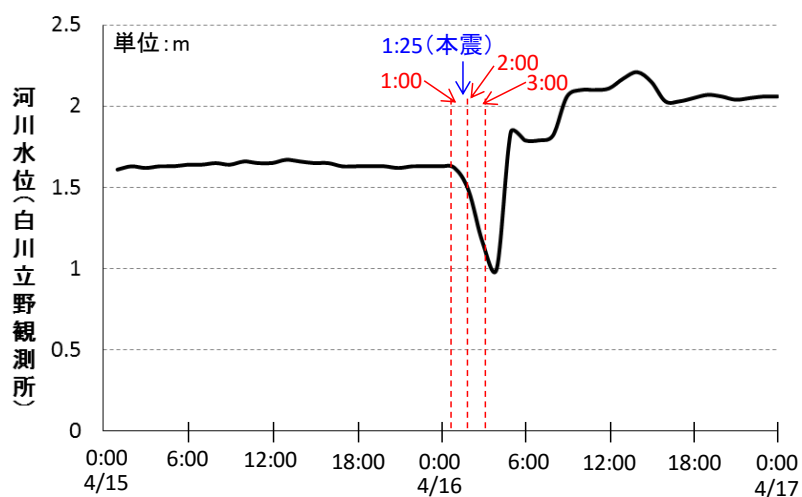


図15 本震（4/16 1:25）前後の白川の水位変動（立野観測所）⁴⁾



図16 立野観測所と阿蘇大橋の位置関係（Google map に加筆）

次に、阿蘇大橋周辺の地盤の動きについて整理する。図17は国土地理院が作成した試料であり、ALOS-2に搭載されているPALSAR-2のデータから作成した地盤の変動量を示す分布図である。この図の中に、阿蘇大橋の位置を加筆している。これより、布田川断層を境に地盤が逆方向に変動しており、布田川断層の先端に阿蘇大橋が存在していたことが理解できる。また、図18と図19に示すように、阿蘇大橋に近い河陽地区においても断層変位が地表面に現れていることが確認されている。この断層位置は、図20の黄色の線で表現した位置に存在し、阿蘇大橋とかなり近い位置関係にある。ただし、この断層は図16の中の布田川断層を延長した線から考えて少しずれた位置にある。そのため、必ずしも断言できるわけではないが、図20の断層の周辺で図17と同じような地盤変動の傾向があったのではないかと推察される。なお、図20には、図11と図12で説明した引張と圧縮の箇所も示している。断層の線の延長線を考えた場合、圧縮の箇所付近になるが、断層付近で地盤が逆方向に動いたとすれば、せん断によってこの部分が局所的に圧縮を受けたことと整合する。

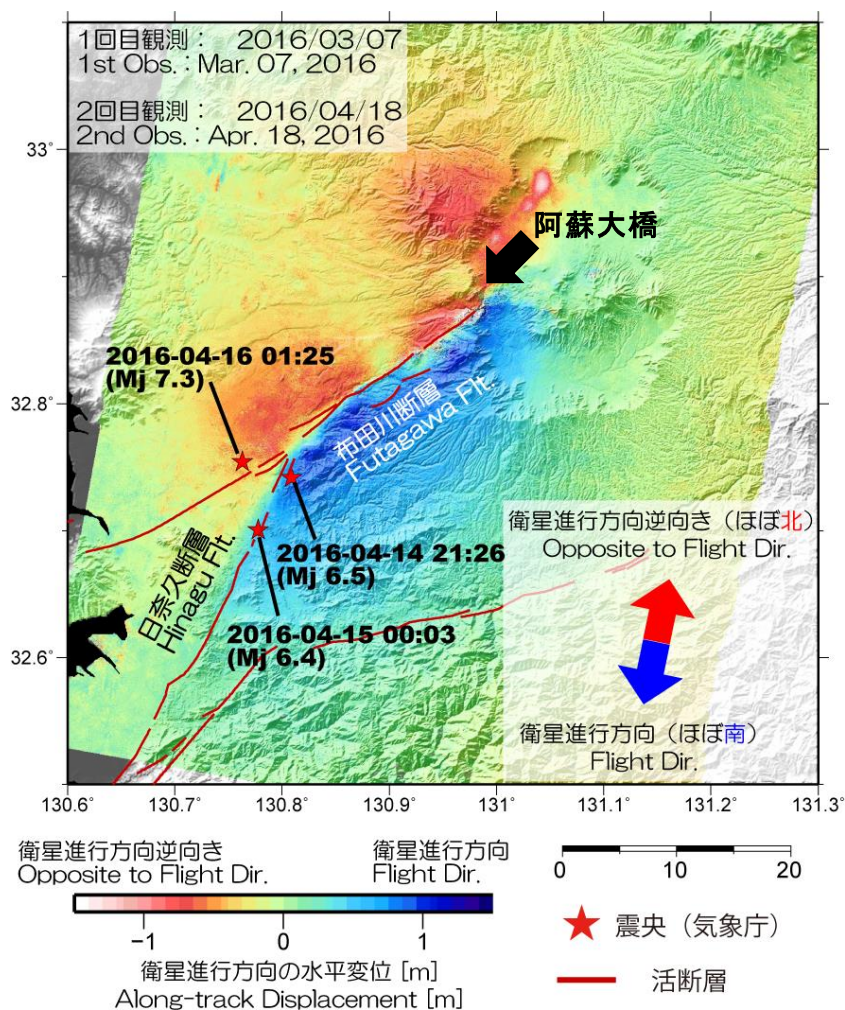


図17 国土地理院資料⁵⁾に加筆



図 1 8 河陽・黒川地区の地表面亀裂¹⁾



図 1 9 地表面に現れた断層⁶⁾



図 2 0 断層の位置 (Google map 航空写真に加筆)

ここまで整理した情報に基づいて阿蘇大橋の落橋のメカニズムの説明を試みる。まず、斜面崩壊の土砂が堆積して乗載荷重の限界を超えたことが考えられるが、この可能性は低いと思われる。図10からわかるように、阿蘇大橋は土砂の流出範囲の中心からずれて位置しており、崩壊土砂の大部分はそのまま白川に流れ込んでいる。阿蘇大橋の上に堆積したとしても、それが原因となって落橋が発生するほどの大きな被害が発生させるとは考えにくい。次に、地震動によって阿蘇大橋自体が大きな被害を受けて落橋したことが考えられる。本調査で確認した限りでは、周辺の他の橋梁でも大きな被害が発生しているものの、落橋にまで至っている橋梁は阿蘇大橋だけであり、そのことを考えると、地震動による直接的な落橋も可能性が低い。最後に、橋台を支える地盤の変状に伴って落橋が発生したということが考えられるが、現段階の分析ではこの可能性が高い。先述のように、落橋は地震に伴って発生し、阿蘇大橋の近辺では断層の運動も影響して、地盤が複雑な動きをしている。このために、白川の両岸の崖部で多くの崩壊が発生しており、阿蘇大橋の橋台付近の崖部が崩壊した可能性は大いにある。図21は、阿蘇大橋が存在した位置の右岸の様子であり、黄色の点線が阿蘇大橋のあった位置を示している。図7の説明で記載したように、橋脚が残っているが、最も右岸側のものと思われ、残りの2本の橋脚とトラス部を支える橋台については存在しない。つまり、まずこの部分で崩壊が発生し、橋台や橋脚が落下、それによって阿蘇大橋の落橋が発生したのではないかと考えられる。地震動により直接的に崩壊が生じたのか、上部から流動してきた崩壊土砂が橋脚や橋台に衝突して崩壊を誘発したのかは、どちらもその可能性が残るが、このように足下からすくわれて落橋に至ったのではないかと考えられる。



図21 阿蘇大橋（右岸）の様子（国土地理院のUAV動画¹⁾のキャプチャー画像に加筆）

4. 南阿蘇村河陽地区（道路・橋梁，土砂災害）

まず，先述の阿蘇大橋から少し離れた位置に存在する南阿蘇橋とその周辺の被害について報告する．南阿蘇橋の位置は図2-2に示すとおりであり，阿蘇山の方向から白川に流れ込む河川に架かる橋梁である．図2-5に示すように，道路と橋梁のジョイント部で何かしらの変状があったようであるが，調査を実施した時点で既に応急対策が施されていた．図2-3からわかるように，先述の阿蘇大橋とは異なり，落橋にまでは至っていない．ただし，左岸側で免振ダンパーが破壊される被害が発生していた．図2-4に免振ダンパーの被害の様子を示す．また，図2-5は，左岸下流川の緩衝装置付近の様子である．緩衝装置はゴム製であり，そのゴムが橋台に接触した後が確認された．地震の最中に緩衝装置が機能したと考えられ，接触の痕跡から，左岸側では下流側へ移動するような動きがあったことがわかる．

図2-6は南阿蘇橋周辺の航空写真である．阿蘇大橋周辺と同じく，南阿蘇橋周辺でも多くの崩壊が発生していることがわかる．図2-6中に示した①の箇所（上流側）の様子は図2-7に示しており，この写真から，特に上流側では多くの崩壊が発生していることが確認できる．また，②の箇所は南阿蘇橋の下方の白川沿いに位置するキャンプ場（村営碧流キャンプ場）の様子であり，その様子は図2-8に示している．崩壊した土砂が建物やキャンプ場の敷地内に流れ込んで大きな被害が発生していることが確認できる．③の箇所は南阿蘇橋の左岸側の崖部であり，図2-6からも判別できるように，大きなクラックが発生している．この箇所に近づいてみると，図2-9に示すような状況であり，クラックの幅は50cm以上ある部分もあった．この箇所は非常に危険な状態と考えられ，今後，不安定化がさらに進む可能性も大いにあると考えられる．



図2-2 南阿蘇橋の位置
(国土地理院の公開資料¹⁾のキャプチャー画像)



図2-3 南阿蘇橋の写真
(右岸から撮影)



図 2 4 免振ダンパーの様子



図 2 5 左岸下流側の緩衝材が橋台に衝突跡



図 2 6 写真の撮影対象箇所 (図 2 7 ~ 2 9 の写真に対応, 国際航業資料に加筆)



図 2 7 写真対象箇所①の様子



図 2 8 写真対象箇所②の様子



図 2 9 写真対象箇所③の様子

次に、南阿蘇橋から少し離れたところに位置する宅地の被害について説明する。調査対象とした宅地の位置を図 3 0 に示す。この宅地には亀裂幅が大きく、亀裂長さの長い地表面亀裂が多く発生しており、図 3 1 に示したように、航空写真からこれらの発生状況が判読可能であった。この亀裂発生を調べることも含めて、この箇所を調査対象として選定した。図 3 2 は、年代の異なる航空写真でこの地域の変化を示したものである。1970 年代には宅地として造成されていないが、2004 年には概ね今回の地震前の状態になっている。住民の証言によれば、造成地として建設が終了したのが 20 年程度前とのことであり、1980～1990 年代に造成されたものと推察される。図 3 3 は、この地域周辺の 3D モデルのキャプチャー画像に加筆したものである。図 3 3 からわかるように、宅地造成地に隣接して河川があることがわかる。この河川の下流に先述の南阿蘇橋が存在し、河川の両岸が図 2 7 に示したような崖になっている。つまり、調査対象である宅地造成地は河川沿いの崖に隣接するように位置している。このために、図 3 4 に示すように、崖部付近で河川側に向かって崩壊や地盤変状が多数発生しており、家屋被害が生じていた。



図 3 0 調査対象の宅地造成地の位置



図 3 1 宅地造成地およびその周辺の地表面亀裂 (Google map に加筆)



図 3 2 宅地およびその周辺航空写真（地理院地図航空写真 1974-1978 年，2004 年）⁸⁾



図 3 3 宅地およびその周辺の様子（地理院地図 3 D モデルのキャプチャー画像⁸⁾ に加筆）



図 3 4 宅地造成地およびその周辺の航空写真⁷⁾

宅地造成地の内部では、地盤変状に伴う多くの家屋被害が発生していた。その様子を図 3 5～3 8 に示す。これらの図には、震災前の様子と撮影箇所の地図上での位置を示している。図 3 5～3 7 は河川沿いの崖部に隣接する家屋であり、大きな地盤変状に伴い、家屋が傾いたり、変形したりしている。図 3 6 に示した家屋では、1 階部分が押しつぶされており、家屋自体が大きな被害を受けているが、この宅地造成地全体でこのような被害形態は多くはなく、地盤変状に伴う家屋の傾きや一部損壊が多く見られた。図 3 7 に示した被害が特に特徴的であり、家屋は大きく傾いているが、家屋そのものには大きな亀裂や変形が見られなかった。大部分がコンクリート製であり、地震動に対しては十分な強度を有していたと考えられるが、地盤の変状に伴って大きく傾きが生じたものと推察される。図 3 7 の家屋の所有者によれば、4/16 の本震の前まではほとんど被害がなく、この宅地造成地の被害の大部分は本震で発生したものとのことであった。図 3 8 は、河川から離れた位置に存在する家屋であるが、図中に示すような大きな段差を伴う亀裂が発生していた。この亀裂は家屋の一部を通るように発生しており、河川側とは反対側に傾きが生じていた。家屋の所有者によれば、4/16 の本震直後には本調査時よりも大きな亀裂の段差が発生していたとのことで、その段差が徐々に解消されるように地面が動いているように感じられるとのことであった。なお、この家屋の周辺には、図中に示した亀裂の他に、家屋を挟んでこの亀裂に並行するようにもう 1 本の亀裂が発生しており、その 2 本の亀裂に沿ってその相田の家屋の部分が落ち込むような地盤変状が発生していた。

この宅地全体を踏査した結果、河川側とその反対側で大きな地盤変状が発生しているが、その間の一部の範囲では大きな地盤変状が発生しておらず、家屋被害も小さい範囲があることがわかった。この理由は次のように考えられる。図 3 9 は宅地造成地の等高線図であるが、崖部の手前の宅地部分が最も高くなっていることがわかる。このため、図 4 0 と図 4 1 に示すように、高くなっている部分を境にして、河川側とその反対側へ地盤の変状が発生しているのではないかと推察される。このため、その中間に位置する部分では、大きな変位が発生せず、被害が小さくなったものと思われる。これを裏付けるものとして、図 4 2 を示した。図 4 2 は、この宅地の本震前後の航空写真を重ねたものであり、中央には道路のズレが確認できるが、この結果からも宅地の河川側とその反対側で異なる動きをしていることが確認できる。

ここまで説明した状況から考えて、この宅地（特に河川側）では地盤が非常に不安定な状態にあると推察される。今後の梅雨や台風時期には、不安定化がさらに進む可能性があり、対策が望まれる。ただし、図 4 1 に示したように、不安定化している領域がかなり広範囲に及んでいると考えられ、抜本的な対策は非常に難しいのも事実である。詳細な調査を実施した上で、時間をかけてでも適切な対策を講じる必要がある。



図 3 5 地盤変状と家屋被害（その 1）（Google map に加筆）



図 3 6 地盤変状と家屋被害（その 2）（Google map に加筆）



図 3 7 地盤変状と家屋被害 (その 3) (Google map に加筆)



図 3 8 地盤変状と家屋被害 (その 4) (Google map に加筆)



図 3 9 等高線図(国土地理院資料¹⁾に加筆)



図 4 0 地盤の動き (Googlemap に加筆)



図 4 1 地盤の動き (地理院地図 3D モデルのキャプチャー画像⁸⁾ に加筆)



図 4 2 地震前後の道路のズレ (国土地理院資料¹⁾ に加筆)

次に、阿蘇大橋の東側に位置する京都大学火山研究所周辺（高野台地区）の大規模斜面崩壊について報告する．図4-3は崩壊箇所の位置を示しており，図4-4はその周辺の航空写真を示したものである．図4-5は地震前後を比較したものであり，黄色の線は崩壊土砂の流出範囲を示している．図4-5に示したように，最も大きな崩壊は火山研究所から見て南西の方向で発生しており，3方向に土砂が流出していることが確認できる．非常に緩勾配な斜面でありながら，流出距離は非常に長いのが特徴であり，3方向に流出したうちの1方向で家屋が土砂に巻き込まれる被害が発生している．図4-6～4-9は，崩壊箇所内部の様子と家屋被害の写真である．基盤となる岩盤層が崩壊したのではなく，火山灰土と黒ぼくで構成される表層が動いたものであり，崩壊形態は表層崩壊に部類されるが，規模が大きいため，内部では非常に大きな変状が発生している．火山研究所を頂上として，小高い丘になっており，溶岩ドームの表面に火山灰土が堆積して形成されたものと推察される．

図5-0は，南阿蘇村河陽の土砂災害と地盤変状の発生箇所を示している．既に，国土地理院¹⁾や地盤工学会⁹⁾からも報告されているが，この地域では非常に多くの土砂災害や地盤変状が発生している．今後の梅雨や台風の時期には，降雨による地下水の上昇に伴う地盤の更なる不安定化や土砂災害の発生のリスクが高まると思われるが，全ての箇所に対する対策にはかなりの時間を要すると思われる．今後の被害を最小限にとどめるためには，行政の努力だけでなく，降雨時の早期避難などの住民レベルの対応が極めて重要になると考えられる．



図4-3 崩壊箇所の位置（Google map に加筆）



図 4 4 崩壊箇所およびその周辺の航空写真 ㉞

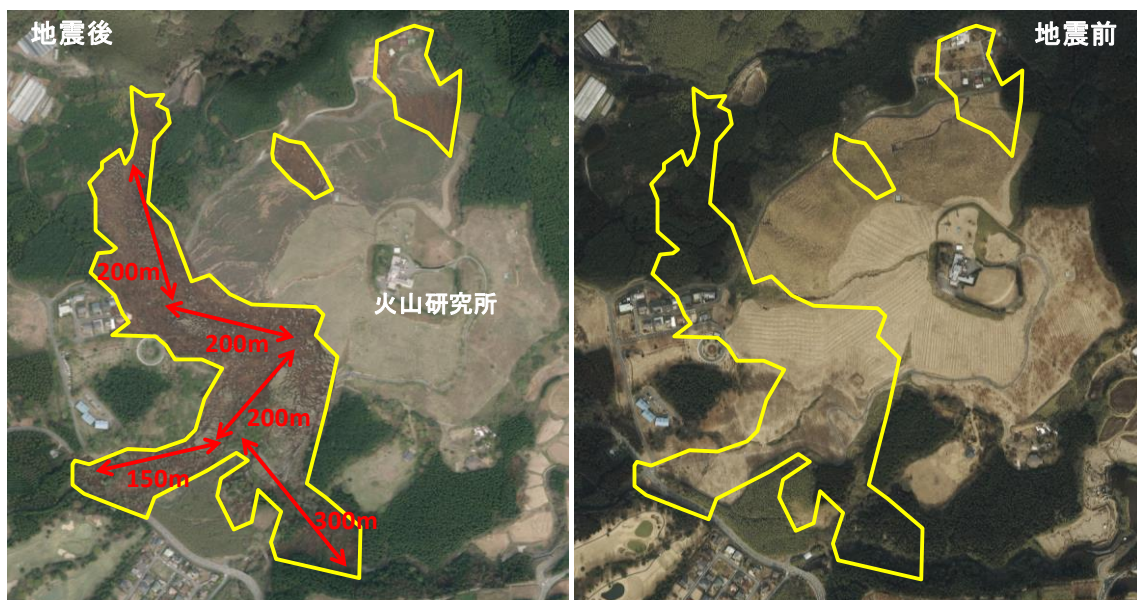


図 4 5 地震前後の比較（国土地理院資料¹⁾ に加筆）



図 4 6 崩壊箇所内部の様子



図 4 7 崩壊箇所内部の土



図 4 8 崩壊箇所内部の道路の段差



図 4 9 崩壊土砂による家屋被害

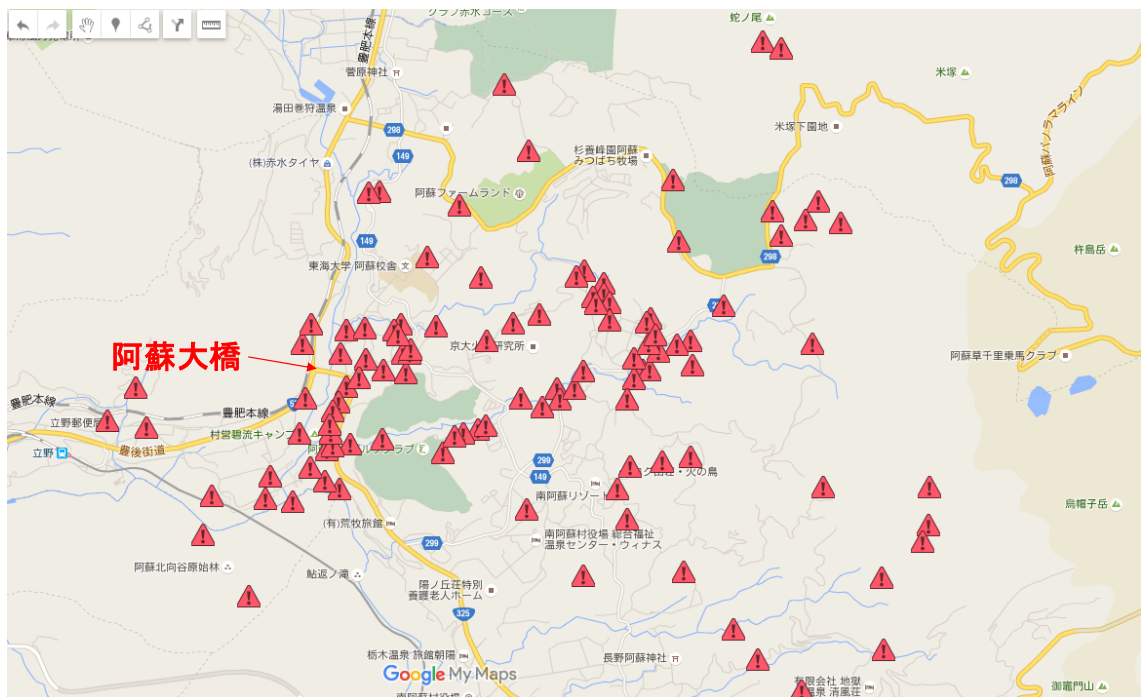


図 5 0 南阿蘇村の土砂災害と地盤変状の発生個所（Google map 衛星写真から判読）

5. 益城町（道路・橋梁、地盤変状）

今回の地震で甚大な被害が発生した益城町についても、橋梁の被害を中心に調査を行った。特に布田川断層に近い被害の大きかった地域について調査を行っており、主な調査対象箇所は図5-1に示すとおりである。調査では、図5-1に示す範囲以外も確認しているが、被害は断層沿いに集中しており、断層からの距離と被害の大きさに強い関係があることが伺えた。

図5-2と図5-3に示した木山橋と畑中橋では、一部損傷が確認されたものの、大きな被害には至っておらず、調査時点で通行止めなどにはなっていなかった。図5-4と図5-5に示した新木山橋と第一畑中橋は、隣接して存在するが、被害の程度に大きな差が確認された。どちらの橋梁も、堤防の変状により、堤防と橋梁の接続部で大きな段差が生じている。新木山橋については、アスファルトのオーバーレイによる応急対策が施され、調査時点で通行が可能となっていた。これに対して、第一畑中橋は、特に応急対策は施されずに通行止めになっていた。第一畑中橋は図5-5に示すように、橋脚が損傷しており、非常に危険な状態であり、簡易的な応急対策による復旧は難しいためにこのような措置がとられているものと推察される。図5-6の第二畑中橋でも堤防と橋梁の接続部で段差が発生したと思われるが、砂を敷くことによって応急的な手当てがされており、走行可能な状態であった。

図5-7に示したのは第一畑中橋と第二畑中橋の間の堤防の様子を撮影したものであり、トラックの割合が多く、渋滞が発生していた。これは、図5-8に示した震災ゴミ集積場へと続いた渋滞である。この近辺にある益城町総合体育館は避難所になっており、震災ゴミ集積場も近くにあることから、多くの人が集中してアクセスする状態になっていた。その意味で周辺の橋梁は重要なアクセス網の一部になっている。これらの橋梁は第一畑中橋を除いて調査時点で既に応急対策が施されていたものの、地震直後には通行が困難であったと推察される。震災後の早期復旧を考える上で、重要拠点の周辺の橋梁の耐震化は重要な課題である。ただし、今回の被害形態を考えると、橋梁自体の被害よりも、堤防の変状に伴って発生した被害が特徴的であり、そのような被害形態に対する事前の対策についても考えることが課題として挙げられる。

最後に、橋梁に関するものではないが、家屋被害が特に甚大であった範囲についても報告しておく。図5-1に示した範囲では、いたるところで家屋被害が発生していたが、その中でも特に被害が大きかった範囲があった。図5-1の調査対象箇所⑧の範囲であり、その様子は図5-9に示している。この範囲では、地震動による直接的な家屋被害と、地盤変状による家屋被害が重なって被害が甚大になっていると推察される。大きな地盤変状が発生した理由について調べるために、図6-0に示すように土地利用の変遷をたどってみたが、現状の分析では、その理由について明確な説明ができるまでには至っていない。今後、より詳細な調査が必要である。



図 5 1 益城町の調査対象箇所（Google map に加筆）



図 5 2 木山橋（撮影対象箇所①）



図 5 3 畑中橋（撮影対象箇所②）





図 5 4 新木山橋（撮影対象箇所③）



図 5 5 第一畑中橋（撮影対象箇所④）



図 5 6 第二畑中橋（撮影対象箇所⑤）



図 5 7 堤防沿いの道路(撮影対象箇所⑥)



図 5 8 震災ゴミ集積場 (撮影対象箇所⑦)



図 5 9 特に建物被害が甚大な範囲の様子 (撮影対象箇所⑧)

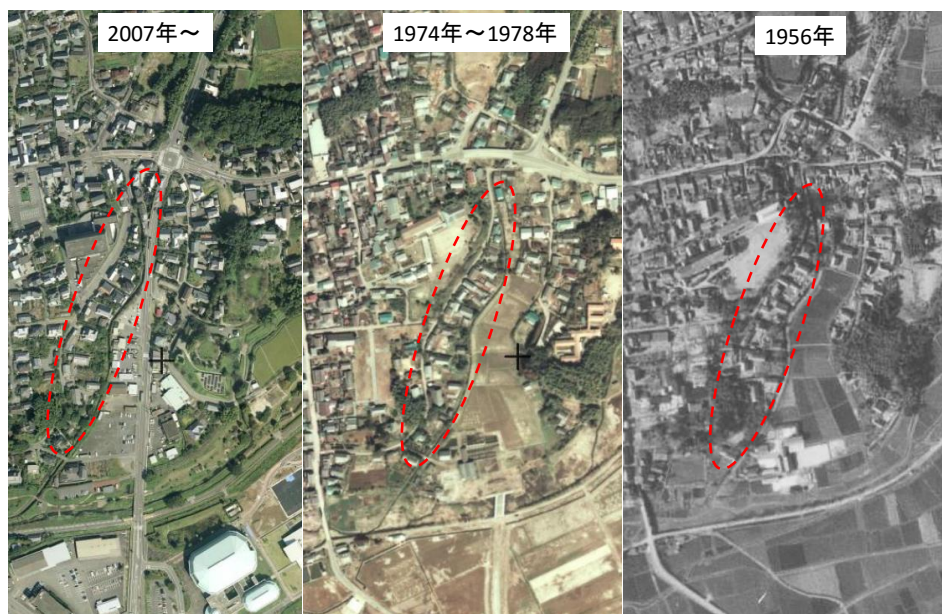


図 6 0 航空写真による土地利用形態の変遷の確認¹⁰⁾

<参考文献>

- 1) 平成 28 年熊本地震に関する情報, 国土交通省国土地理院,
<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27-kumamoto-earthquake-index.html>
- 2) 「平成 28 年熊本地震」災害状況 (2016 年 4 月), アジア航測株式会社,
<http://www.ajiko.co.jp/article/detail/ID56EDF7EZH/>
- 3) 熊本県下における近代橋梁の発展史に関する研究, 戸塚誠司, 熊本大学, 1999.
- 4) 河川の防災情報, 国土交通省,
<http://www.river.go.jp/kawabou/ipSuiiKobetu.do?obsrvId=2282500400026&gamenId=01-1003&stgGrpKind=survOnly&fldCtlParty=no&fvrt=yes&timeType=10>
- 5) 平成 28 年 (2016 年) 熊本地震に伴う断層近傍の地殻変動, 国土地理院,
<http://www.gsi.go.jp/common/000140142.png>
- 6) 熊本地震による地表地震断層調査, 遠田晋次・岡田真介・石村大輔, 平成 28 年(2016 年) 熊本地震に関する調査報告会(第 4 階),
<http://irides.tohoku.ac.jp/event/2016kumamotoeq.html>
- 7) 【速報】平成 28 年 (2016 年) 熊本地震 2016 年 4 月, 国際航業,
http://www.kkc.co.jp/service/bousai/csr/disaster/201604_kumamoto/
- 8) 地理院地図, 国土地理院, <http://cyberjapandata.gsi.go.jp/3d/browse.html>
- 9) 熊本地震調査結果報告, 地盤工学会,
https://www.jiban.or.jp/index.php?option=com_content&view=article&id=1845:2016-4-14-kumamotojishin-top&catid=52:2008-09-15-02-30-46&Itemid=29
- 10) 国土地理院地図・航空写真閲覧サービス, <http://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#1>