

| | |
|--------------------|-----------------------------|
| Title | 2016年熊本地震での地盤被害報告 |
| Author | 大島 昭彦 |
| Citation | 都市防災研究論文集. 3巻, p.65-74. |
| Issue Date | 2016-11 |
| ISSN | 2189-0536 |
| Type | Departmental Bulletin Paper |
| Textversion | Publisher |
| Publisher | 大阪市立大学都市防災教育研究センター |
| Description | |
| DOI | 10.24544/ocu.20191220-001 |

Placed on: Osaka City University

2016年熊本地震での地盤被害報告

大島 昭彦¹⁾

1) 大阪市立大学 大学院工学研究科 e-mail: oshima@civil.eng.osaka-cu.ac.jp

2016年熊本地震における地盤被害として、熊本市，益城町，大津町，南阿蘇村，阿蘇市における液状化被害，斜面崩壊，地震断層変形について報告する。

Key words : 2016年熊本地震，地盤被害，液状化，斜面崩壊，地震断層変形

1. はじめに

2016年熊本地震では，4月14日21時26分の前震（M6.5）を経て，その28時間後の4月16日1時25分には本震（M7.3）が発生した。前者で益城町が，後者で益城町と西原村が震度7を記録している（一連の地震で同じ地点で震度7を2回記録したのはこれが初めて）。前震は日奈久断層帯の，本震は布田川断層帯の活動による右横ずれ断層型（正断層成分を含む）の内陸直下型地震である。地震被害は，死者88名，負傷者2,173名，住宅の全壊8,125棟，半壊28,424棟，一部破損133,140棟と報告されている（2016年8月15日現在）¹⁾。

熊本地震の最大の特徴は震度7が連続して生じたことである。前震で耐えていた構造物も耐力が落ちた状態でさらに大きな揺れの本震で倒壊したと考えられる。一方，地盤災害としては内陸部の液状化，阿蘇山周辺での斜面崩壊，地震断層変形などが起きている。これらには熊本地方の特有の阿蘇火山性堆積物の影響が少なからず現れていると考えられる。本稿では，熊本県内の地盤被害例を示し，その原因について考察する。

2. 調査概要

熊本地震の地盤被害の調査を5/14・15及び8/29に実施した。図1に5月の調査ルートを示す。以下では熊本市，益城町，大津町，南阿蘇村，阿蘇市の液状化被害，斜面崩壊，地震断層変形について報告する。



図1 5/14, 15の調査ルート（Google Map 使用）

3. 調査結果

3.1 液状化被害

熊本市，嘉島町，益城町，及び阿蘇市の広い範囲で液状化が発生した。図2に村上²⁾による熊本平野部の液状化マップを示す（赤い点ほど液状化の程度が大きい）。白川，緑川及びその支流である加勢川，木山川，秋津川沿いで液状化が発生している。特に，熊本市南区の新幹線と国道3号線の間となる白川沿いから緑川沿いにかけての南北長さ4km，幅100m前後の帯状の範囲で液状化被害が大きく，1m程度沈下が発生した箇所もある。これは旧河川跡と言われている。写真1～10に液状化被害状況を示す。液状化の原因としては，河川沿いの堆積した砂質土や火山灰質砂が緩い状態にあったため，地下水位が浅かったためと考えられる。前震で液状化し，本震でさらに液状化被害が広がったようである。その例として，写真11に国土地理院地図³⁾掲載の前震後，本震後の益城町営グラウンド付近の空中写真を示す。本震後の噴砂が広がっていることがわかる。



図2 空中写真からの液状化判読結果（熊本平野部）²⁾



写真1 液状化による噴砂状況（熊本市南区元三町）



写真2 液状化による噴砂状況（熊本市南区元三町）



写真3 液状化による噴砂状況（益城町秋津川沿い）



写真4 液状化による噴砂状況（益城町営グラウンド）



写真5 液状化による堤防の沈下（益城町秋津川沿い）



写真6 液状化による建物の抜け上がり（益城町総合体育館）



写真7 液状化によるマンホールの浮上（益城町総合体育館）



写真8 液状化によるマンホールの浮上（益城町秋津川）



写真9 液状化による河川堤防の崩壊（阿蘇市）



写真10 液状化による河川堤防の噴砂（阿蘇市）



(1) 前震後(4/15撮影)

(2) 本震後(4/16撮影)

写真11 益城町営グラウンドの液状化による噴砂跡（国土地理院地図³⁾より）

3.2 斜面崩壊

斜面崩壊は阿蘇山周辺の白川，黒川沿い及び阿蘇カルデラ内に多数発生している。図2に南阿蘇村周辺の斜面崩壊状況を示す。代表的なものとして，阿蘇大橋上部の崩壊，京大火山研究所（高野台地区）の地すべり，火の鳥温泉の崩壊，山王谷川の土石流，垂玉温泉付近の崩壊が挙げられる。写真12～21に各地区の斜面崩壊・地すべりの被害状況を示す。

今回の斜面崩壊地の主な地質は，阿蘇山の火山噴出物である溶岩及び火砕流の溶結凝灰岩，降下火砕物と言われている。阿蘇大橋上部の斜面の勾配が大きいため，尾根部の岩盤が地震動により大崩壊し（幅約200m，長さ約700m），崩壊土砂が阿蘇大橋を巻き込んで黒川に崩落した。一方，京大火山研究所周辺，他のカルデラ内は緩傾斜であるが，表層部に堆積している火山灰や軽石層が崩壊原因と言われている。



図3 南阿蘇村周辺の斜面崩壊状況（Google Map 使用）



写真 12 斜面崩壊（大津町つつじ霊園）



写真 13 斜面崩壊（南阿蘇橋付近）



写真 14 斜面崩壊（阿蘇長陽大橋付近）



写真 15 阿蘇大橋付近の斜面崩壊



写真 16 阿蘇大橋付近の斜面崩壊（南側）



写真 17 阿蘇大橋付近の斜面崩壊（北側）



写真 18 京大火山研究所の地すべり（全景）



写真 19 京大火山研究所の地すべり土砂（赤ぼく，黒ぼく）

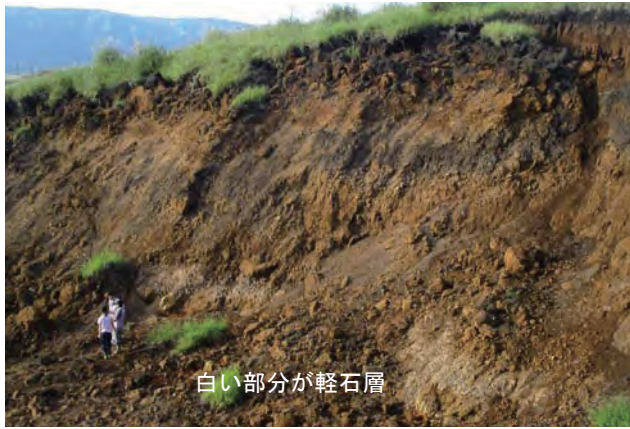


写真 20 京大火山研究所の地すべり（滑落崖）



写真 21 京大火山研究所の地すべり土砂（上部から）

3.3 地震断層変形

地震時の震源断層により地表に出現した連続したずれや割れ目を「地震断層」という。1. で述べたように熊本地震の前震は日奈久断層帯の、本震は布田川断層帯の活動による右横ずれ断層型（正断層成分を含む）と言われている。地震断層では雁行変形が見られ、構造物に被害が生じる。写真 22, 23 は益城町堂園で現れた地震断層（布田川断層帯上のもの）で、約 2m の横ずれ変形が生じており、今回の地震で最も大きい変形量と考えられる。写真 24, 25 は益城町木山の市街地で新たに現れた地震断層で、変形量は約 30cm と小さいものの、この断層方向（ほぼ東西方向）での住宅被害が特に大きかった。写真 26, 27 は南阿蘇村河陽地区の地震断層で、やはり断層沿いの住宅に大きな被害が生じている。



写真 22 益城町堂園の地表断層（水平ずれ約 2m）



写真 23 益城町堂園の地表断層（水平ずれ約 2m）



写真 24 益城町木山で新たに現れた地表断層



写真 25 益城町木山の地表断層（断層沿いの建物被害大）



写真 26 南阿蘇村河陽の地表断層



写真 27 南阿蘇村河陽の地表断層



写真 28 阿蘇市狩尾の北側陥没変形（鉛直ずれ約 1.5m）



写真 29 阿蘇市狩尾の北側陥没変形（鉛直ずれ約 1.5m）



写真 30 阿蘇市狩尾の南側陥没変形（鉛直ずれ約 1.5m）



写真 31 阿蘇市狩尾の南側陥没変形（鉛直ずれ約 1.5m）

写真 28～31 は阿蘇市狩尾（県道 175 号線付近）で起きた特異な陥没変形で、南北約 30m の幅で東西方向にはほぼ鉛直に約 1.5m 沈下しており、他の地震断層とは異なる現象である。地震断層であれば正断層となるが、今回の地震が右横ずれ断層といわれているので、整合しない。他の原因として旧河川跡であるとの指摘⁴⁾もなされているが、1.5m もの沈下が何故起きたかを説明できるか不明である。また、液状化による沈下の可能性も考えられるが、やはり局所的に 1.5m もの沈下が生じるか不明である（近傍の地盤調査データでは火山灰質粘性土主体の地盤となっている）。正しい原因の究明は当該地の地盤性状の把握を含めて今後の課題である。

4. 益城町での地盤調査

4.1 地盤調査の内容

先に述べたように、益城町では2度の震度7を記録し、特に戸建住宅に大きな被害が生じた。また、益城町南部の秋津川沿いでは液状化による被害も生じている（写真4, 11参照）。これらは当地の地盤性状（土質，硬軟，層厚など）に依存すると考えられる。そこで、益城町から図4に示す町民グラウンドの敷地を借用して、平成28年9月19日～9月26日の8日間で種々の地盤調査法の一斉試験を行った。今回の地盤調査では、秋津川沿いの地盤の液状化危険度の評価及び各サウンディング試験の相関性の検討を目的とした（図5に各種地盤調査の配置を示す）。また同時に、住宅の被害が大きかった益城町内で常時微動観測（図6に示す231地点）を行い、地盤性状による揺れやすさと住宅被害との関係も調べた。写真32に地盤調査状況を示す。



図4 地盤調査地点（益城町民グラウンド）

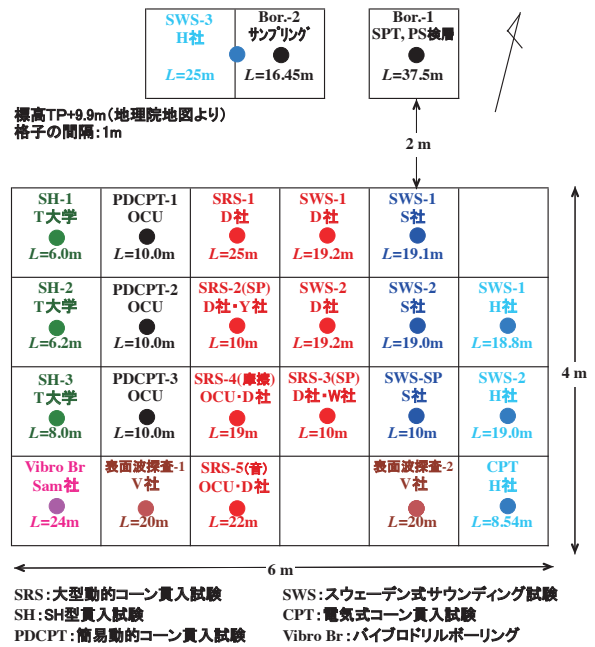


図5 各種地盤調査の配置



図6 益城町内の常時微動観測地点（計231地点）

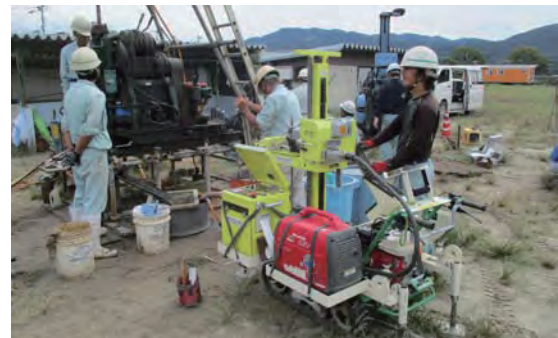


写真32 地盤調査の状況

4.2 地盤調査結果

本報告の執筆時点が調査を終えた直後であるため，調査結果の一部しかあがっていない。

まず，ボーリング調査（標準貫入試験を含む）による土質柱状図を図7に示す。実際には37.5mまで掘削した（その後PS検層も実施）が，ここでは20mまでの結果を示す。表層4mまでが非常に緩い砂質シルト～シルト質砂～砂質シルトであり，この表層部が液状化した層と考えられる。深度4～8.5mが砂礫であるが，比較的緩いものである。深度8.5～16.5mまでは火山灰質粘性土で，この層が北側の住宅被害が大きかった敷地の表層を覆っている層と考えられるので，この層の土質特性が重要と考えている。深度18.5m以深は火山灰質砂礫が厚く続く。

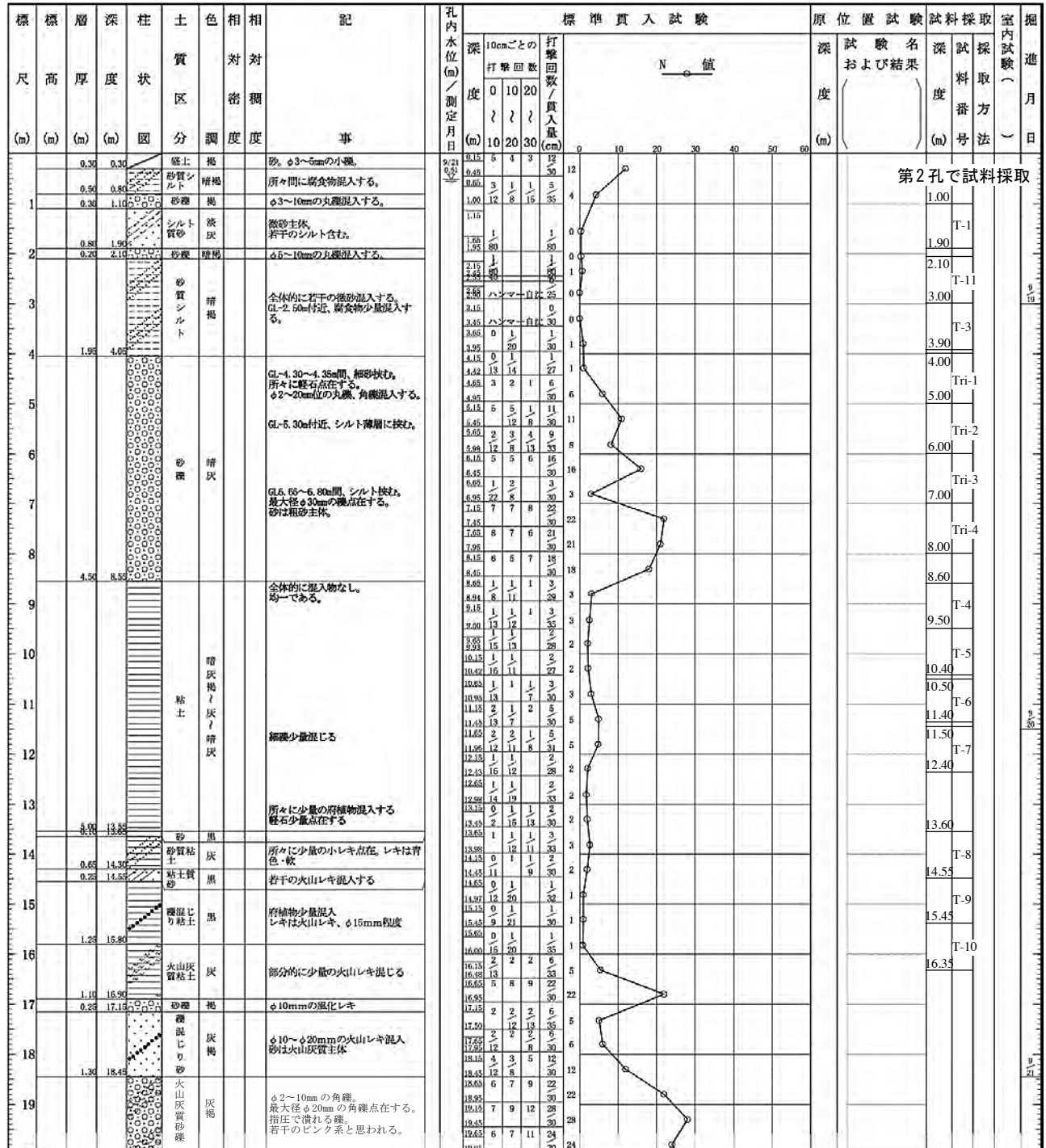


図7 益城町民グラウンドでのボーリング柱状図

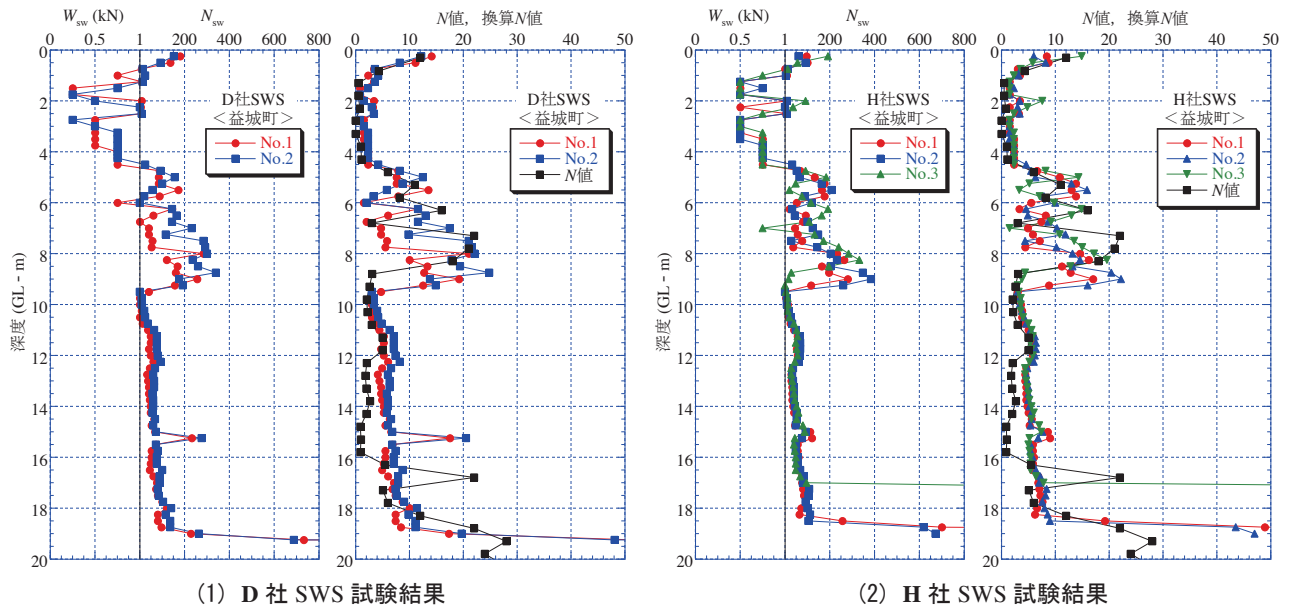


図8 スウェーデン式サウンディング試験結果

次に、スウェーデン式サウンディング（SWS）試験結果を図8に示す。SWSによる換算N値（稲田式⁵⁾による）はN値と比較的よく整合しており、図7の柱状図と同様な結果が得られている。

なお、ボーリング第1孔に隣接する第2孔でGL-1.0m～16.35mまでの土試料を不攪乱状態でサンプリングしている。特にGL-1.0～2.1m及びGL-4.0～8.5mの液状化対象層については、繰返し非排水三軸試験によって液状化強度を求め、この地点での液状化危険度の程度を把握する予定である。また、サンプリング試料を用いて物理試験（含水比，土粒子密度，湿潤密度，粒度，液性限界・塑性限界など），力学試験（圧密試験，一軸圧縮試験，一面せん断試験など）を実施し，それらの土質性状の詳細を調べる予定である。

最後に，他の地盤調査結果及び常時微動観測結果については，別の機会に報告する予定である。

参考文献

- 1) <http://www.fdma.go.jp/bn/1608150930> 【第72報】 熊本県熊本地方を震源とする地震.pdf, 2016.9 参照.
- 2) <http://www.tec.fukuoka-u.ac.jp/tc/labo/drr/gis/H28KumamotoEQ/KumamotoLiqueJGSAIR2-MESH.html>, 2016.9 参照.
- 3) <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27-kumamoto-earthquake-index.html#1>, 2016.9 参照.
- 4) http://committees.jsce.or.jp/eec2/system/files/kiyota_WEB.pdf, 2016.9 参照.
- 5) 稲田倍穂：スウェーデン式サウンディング試験結果の使用について，土と基礎，Vol.8，No.1，pp.13-18，1960.