

# 液状化に関する報告

## Report of liquefaction due to the Kumamoto Earthquake

村上 哲 (むらかみ さとし)  
福岡大学工学部 教授

永瀬 英生 (ながせ ひでお)  
九州工業大学工学部 教授

大里 重人 (おおさと しげと)  
土質リサーチ 代表

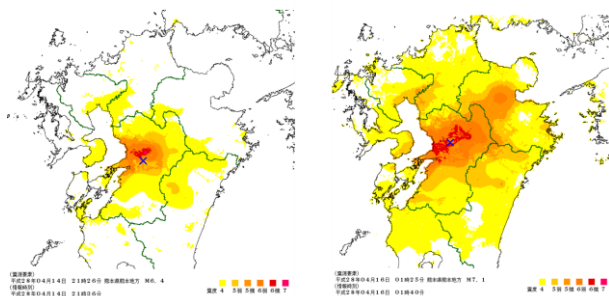
### 1. はじめに

平成 28 年熊本地震では熊本県内 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た。今回の地震の特徴でもある前震、本震と短期間に大きな地震外力が複数回作用したことや、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地盤における液状化だけでなく、旧河道部や自然堤防部の一部で液状化の帯として現れたような限定的に生じているのが特徴的である。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、この影響が液状化被害を甚大化した可能性も指摘される。

本文では、まず、熊本平野における液状化の状況と地形的特徴について、現地調査や資料調査結果に基づいて報告する。次に、噴砂試料の粒度試験結果から従来の液状化しやすい砂との対比を行う。そして、液状化の帯に着目し、地盤情報を用いた液状化被害分布と地盤特性の関係について考察する。最後に、対象地域の液状化対策に対する課題について述べる。

### 2. 前震と本震の地震動特性

平成 28 年熊本地震では、4 月 14 日 21 時 26 分熊本地方を震源とする M6.4 の前震と、4 月 16 日 01 時 25 分同地方を震源とする M7.1 の本震、および、その後の複数回の余震が特徴的である。特に、熊本県益城町では震度 7 の揺れが前震と本震で 2 回生じている。図-1 は気象庁による前震と本震の深度分布図であり、熊本平野部ではいずれも震度 6 弱以上の揺れが生じていたことが分かる。



(a) 前震 (b) 本震  
図-1 前震と本震での震度分布 (気象庁)

地盤の液状化被害も少なくともこの 2 回の地震の影響を受けていると考えられる。

図-2 は、熊本市春日 (気象庁) の前震、本震における加速度応答スペクトルを表している。同図には道路橋レベル II タイプ 1 および 2 地震動の III 種地盤における標準加速度応答スペクトルも示している。図より、熊本市春日 (III 種地盤) では、前震、本震ともレベル II タイプ 2 標準相当である。本震だけでなく、前震も十分大きな地震動であったと推測される。

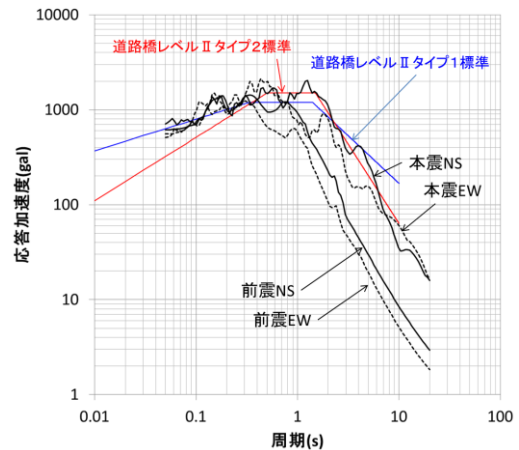


図-2 加速度応答スペクトル  
(熊本市春日 (気象庁))

このように今回の地震災害における特徴の 1 つは、前震、本震など大きな地震外力が複数回作用したことであろう。後述する液状化調査におけるヒアリングでも、前震で液状化した、またはしなかった。本震で初めて液状化した、または、再度液状化して被害が大きくなったなど様々である。このような違いは地域の地下水位と地盤状態などに起因すると思われる。

### 3. 熊本平野における液状化の状況とその被害

#### 3.1 液状化の地域的特徴

図-3 は平成 28 年熊本地震により生じた現地調査による液状化被害等確認地点 (赤) と空中写真判読による液状化確認地点 (青) を国土地理院提供の治水地形分類図上にプロットしたものである。

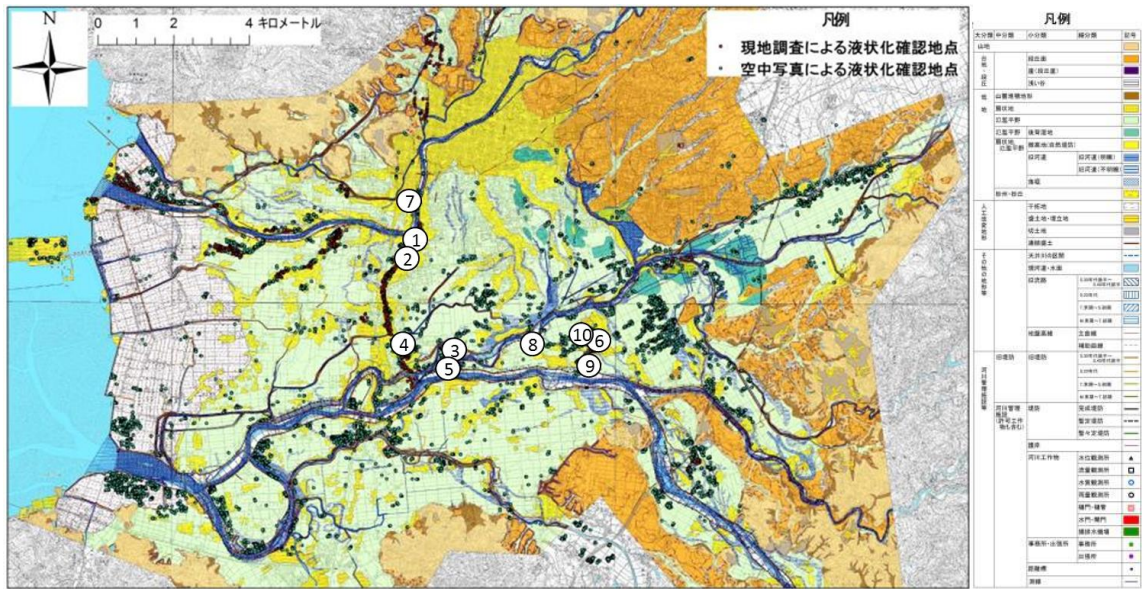


図-3 熊本平野における液状化地点  
「治水地形分類図更新画像データ」(国土地理院技術資料D1-585, 586)をもとに作成

現地調査はこれまでに平成28年4月22日より同年7月2日まで計12回実施した。現地調査は、まず、空中写真による液状化の噴砂状況の把握と旧版地形図や治水地形分類図等で従来液状化しやすいと言われている旧河道など微地形箇所をあらかじめ特定し、その地域を調査対象地域としている。現地調査では、噴砂の確認ができた場所は液状化発生と断定し、噴砂は確認できていなくても液状化に起因すると思われる建物周りの沈下や段差などが生じた場合も液状化による地盤変状と考えてプロットしている。

一方、空中写真判読に用いた情報は、国土地理院提供の空中写真(4月16日撮影)と(4月22日撮影)の2種類の空中写真を重ね合わせて利用した。空中写真による液状化による噴砂を判読し、地図上にプロットした。

今回の液状化発生地点における特徴は、まず、白川沿岸部であり、液状化地点が白川から枝分かれするように伸びているのが特徴的である。これらの3つの枝は、微地形的には、自然堤防あるいは旧河道上に位置するものの、自然堤防上の一部で帯として生じている。この液状化の帯での被害は、建物沈下・傾斜、建物周りの沈下や段差、地中埋設物の浮き上がり、用水路底部の破損や壁体構造物の変位など、甚大な被害が限定的に生じている。

一方、緑川とその支流にあたる加勢川、木山川、秋津川では旧河道や氾濫原、自然堤防での被害が顕著である。坪井川の旧河道では大量な噴砂は確認できないものの建物の沈下・傾斜、建物周りの沈下が生じており、液状化の帯と同様に限定的である。

島原湾沿岸部の干拓地は緑川および白川の河口部付近で液状化による噴砂が確認できるものの、建物被害はそれほど顕著ではない。これは表層地盤が軟弱であることから杭基礎や柱状改良などを施工していることも考えられる。埋立地では多量の噴砂が確認され、特に、白川河口部では長径280cm、短径170cmの楕円の噴砂孔も確認

された。このように干拓地と埋立地による液状化の違いが明瞭に表れている。

旧水田の埋立造成地と思われる下江津湖の熊本市動物園、熊本市東区沼山津から益城町にかけての秋津川と県道28号線間の低地でも液状化による被害が確認された。特に、沼山津から益城町にかけての被害は、震度7を前震と本震で経験した地域でもあり、地盤変状が多様化しており液状化だけの被害とは言い難い地区である。

このように、微地形区分だけでは、液状化の可能性は判別できず、自然堤防でも地盤の違いによって、液状化するかもしれないかが分かれることが今回の地震でも分かる。

### 3.2 噴砂の粒度特性

現地調査において噴砂を採取した。噴砂の多くは灰黒色の砂であり、土粒子の一部には軽石を含んでいることから、噴砂は火山性由来の土質、すなわち、火山灰質砂と思われる。採取試料に対し、簡易粒度試験(沈降分析を行わないふるい分けのみの試験)を実施した。得られた結果を図-4に示す。図より噴砂試料の粒径加積曲線は、港湾基準の液状化しやすい砂の分布範囲に収まっており、火山灰質砂だから液状化したということはこの図からは言えない。ただし、共通して言えることは、工学的分類では細砂あるいは細粒分混じり細砂に分類されることか

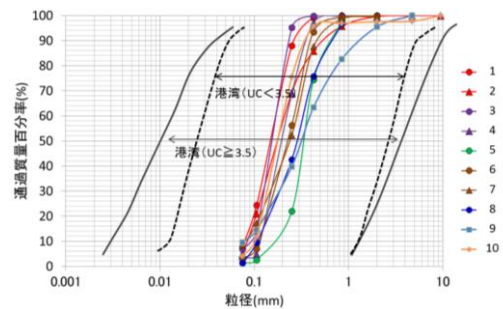


図-4 噴砂試料の粒径加積曲線  
(試料番号は図-3の地点番号に一致)



ら、河川流下により分級され堆積した土質と推察される。

### 3.3 液状化の帯と地盤特性

上述した液状化の帯は、地盤の堆積構造の違いが被害に表れたと考え、近見から川尻にかけて生じた液状化の帯の一部の地点で、既存の地盤情報を用いて道路橋示方書（平成24年）レベルIIタイプ2地震動による液状化判定を行い、液状化の帯の内外での液状化層の違いを検討した。図-5はその結果である。まず、図-5(a)の刈草付近の結果を見ると、いずれの地点も地下水位が高いところは共通している。また、液状化層（ $FL < 1.0$ ）は、いずれの地点も下部に液状化層が存在するが、液状化の帯の地点では上部にも液状化層が存在する点特徴的である。図-5(b)の城南中学校付近の地盤も液状化の帯へ向かうに従い、上部で液状化層が厚くなっている傾向が確認できる。この地点の20mまでの堆積状態は不明であるが、おそらく、図-5(a)と同様、下部層にも液状化層があると思われる。以上のように、液状化の帯で上部の液状化層が厚くなっていることが確認されることから、液状化の帯として現れた地盤では表層に液状化の可能性がある砂質土層が堆積したためであると考えられる。すなわち、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の有無、層厚が重要であり、また、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か鍵であると思われる。

### 3.4 液状化対策に対する課題

宅地を対象とした液状化危険度評価<sup>1)</sup>は主としてめり込み沈下による影響について検討される場合が多く、その評価方法には、上部の非液状化層厚が3m、5mを閾値として区別される。上部非液状化層厚が厚くなれば、めり込み沈下による被害は小さくなることから、建物被害も小さくなるという考え方である。水平堆積地盤においては、この考え方を適用することが可能と思われるが、深部液状化層厚が変化する場合には、敷地内における沈下量の大きさが変化することも考えられるため注意を要する。すなわち、熊本地震において被害が生じたような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、急変していることも考えられるため、しっかりした地盤調査と液状化による地盤の沈下や変状を予測することが必要である。また、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施工することが必要であり、従来の液状化対策に加えて、検討すべき項目は多い。

## 4. まとめ

本報告では、熊本平野における液状化の現地調査と空中写真による噴砂地点の判読結果を用いて、発生状況とその被害の概要について説明した。次に、粒度特性から

は火山灰質砂が特に液状化しやすいとは判断できなかったこと、液状化の帯や本震、前震など地震動の影響は地盤の堆積構造に大きく依存していることを示した。今後、さらに詳細検討を実施し、災害復旧・地域復興に役立ちうる知見を得たい。

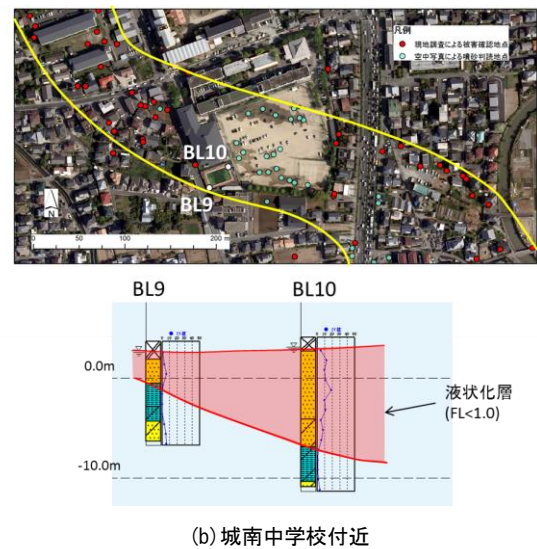
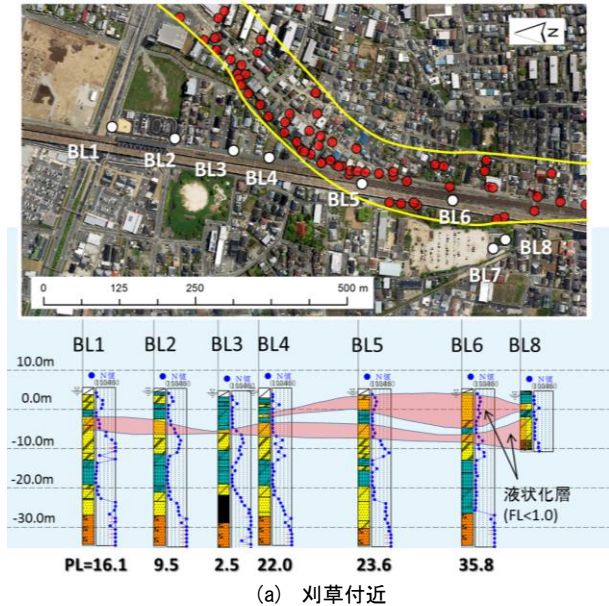


図-5 液状化の帯と地盤内液状化層の分布

上図背景図には空中写真（2016/4/16 撮影 国土地理院提供）を利用。下図柱状図作成には中央開発提供のソフトを利用。

### 謝辞

本研究を進めるに当たり、熊本市土木部および九州旅客鉄道（株）に地盤情報データの提供をいただいた。また、国土地理院より空中写真および治水地形分類図のデータを提供いただいた。さらに気象庁の地震観測記録を使用させていただいた。付記して謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：市街地液状化対策推進ガイドンス（本編）、p.180, 2016.