

## 論文 Original Paper

熊本地震による熊本市近見地区の液状化被害に対して  
アンケート調査分析

橋本 隆 雄\*

Questionnaire survey analysis on liquefaction damage in  
the Kumamoto city Chikami district by the Kumamoto earthquake

Takao Hashimoto\*

**Abstract:** About 2,900 residential land of Kumamoto City, received a severe damage by liquefaction of 2016 Kumamoto earthquake of 2 degrees. In particular, in the Chikami area, the building was markedly sunk and sloped linearly as it is said to be a "liquefied belt". In this paper, we analyzed the cause of housing damage by questionnaire survey for the Chikami area in Kumamoto City where liquefaction damage was remarkable.

**Key words:** liquefaction, earthquake, questionnaire survey, settlement

## 1. はじめに

2016年熊本地震では、2016年4月14日21時26分の前震M6.5の地震と4月16日1時25分の本震M7.3の強震動の作用によって、熊本市内で地盤の液状化による建物・宅地・道路・ライフラインの被害が発生した。特に熊本市では、地震の規模が大きくかつ震源深さが10kmと浅かったことから、長周期地震動が強く発生し、写真-1のように約2,900宅地<sup>1)</sup>において液状化による建物の沈下・傾斜等の甚大な被害を生じた。

図-1は村上ら地盤工学会が航空写真より判別された液状化による噴砂発生箇所をプロットした熊本地震による液状化発生箇所<sup>2)</sup>である。この赤点は、「液状化の帯」として新聞でも報道された熊本市南区の旧鹿兒島街道沿いの近見地区から川尻地区（以下、近見地区という）の液状化地点の分布で、幅50～100m、長さ5km近くにわたって噴砂が見られた<sup>1), 2)</sup>。

この近見地区では、前震で近見から南高江にかけて液状化が発生し、本震で分布範囲がさらに南方の川尻にまで広がり、両側の住宅・店舗、外構が著しく沈下・傾斜していた。

そこで、本論文では、熊本市の近見地区で液状化発生した箇所において建物構造・階数、基礎構造と建物の沈下・傾斜の関係について分析し、液状化被害原因を探ることを目的としている。



(a) 建物の傾斜 (b) 建物のめりこみ沈下

写真-1 近見地区の液状化による被害状況



凡例  
● 地盤工学会調査団液状化班で確認した地点  
● 地盤工学会空中写真判読結果の地点

図-1 熊本地震による液状化発生箇所<sup>2)</sup>

\* 国土館大学理工学部 まちづくり学系 教授

## 2. 熊本市内の既存の液状化被害分析

### (1) 気象庁震度階級の震度と液状化発生との関係

図-2及び図-3は、若松らが作成した前震（M6.5）及び本震（M7.3）の推定震度分布と液状化発生地点の関係<sup>3)</sup>である。近見地区は、前震の推定震度が北部で6強、その他は6弱、本震の推定震度が全て震度6強以上である。図-4は、若松らが低地における震度ごとの液状化発生率<sup>3)</sup>（液状化発生メッシュ数/総メッシュ数）を、250mメッシュ単位で整理したものである。近見地区の液状化発生率は、この図から本震が震度6強となるので、前震と本震を合わせて25%程度となる。

### (2) 微地形区分と液状化発生の関係

図-5は、若松らが作成した液状化地点と微地形区分の関係<sup>3), 4)</sup>で、前震・本震・余震のいずれかで震度6弱以上を観測した地域の後背湿地（緑色）・自然堤防（薄黄色）・三角州（空色）・干拓地（薄紫色）で液状化が発生しているとなっている。近見地区は、本地震による震度6強以上の地域で後背湿地（緑色）に全て含まれる。

### (3) 公共施設被害箇所と液状化発生箇所の関係

図-6は熊本地震による近見地区付近の道路、下水道、

電柱等の公共施設被害箇所と液状化発生箇所とを重ね合わせたもの<sup>4)</sup>である。図-7の近見地区における公共施設被害箇所と液状化発生箇所との重ね図<sup>4)</sup>では、液状化被害箇所と公共施設被害箇所がほぼ一致している。この液状化発生箇所を基に熊本市内の液状化被害の被害状況の把握を行う目的として、熊本市内の噴砂発生箇所に対して家屋の被害状況の現地調査を行ったものである。また、道路、下水道、電柱等の被害状況とも照らし合わせることで液状化の被害のあった地区を把握し、液状化被害との相関を確認した。

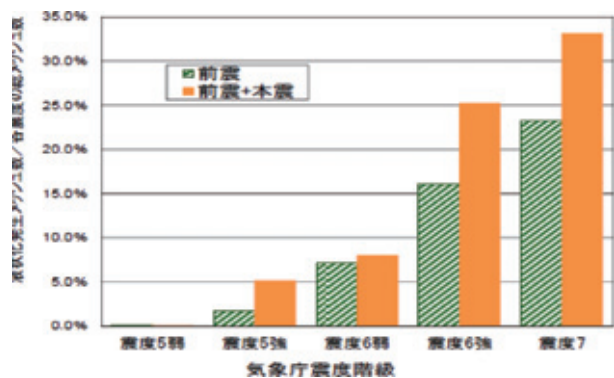


図-4 低地における震度ごと液状化発生率<sup>3), 4)</sup>

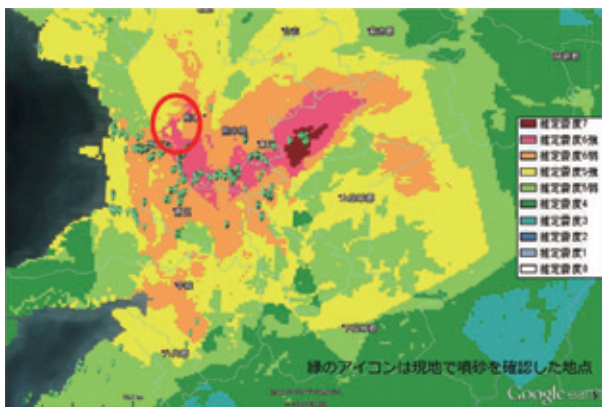


図-2 前震の推定震度分布と液状化発生地点の関係<sup>3), 4)</sup>

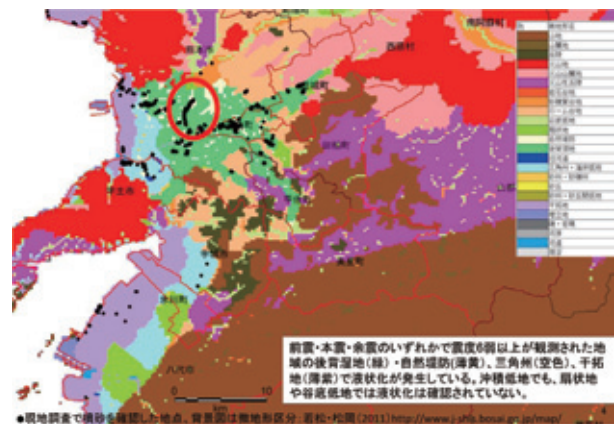


図-5 液状化地点と微地形区分の関係<sup>3), 4)</sup>

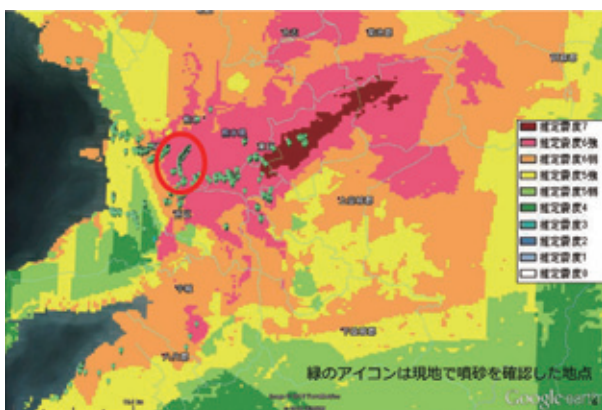


図-3 本震の推定震度分布と液状化発生地点の関係<sup>3), 5)</sup>

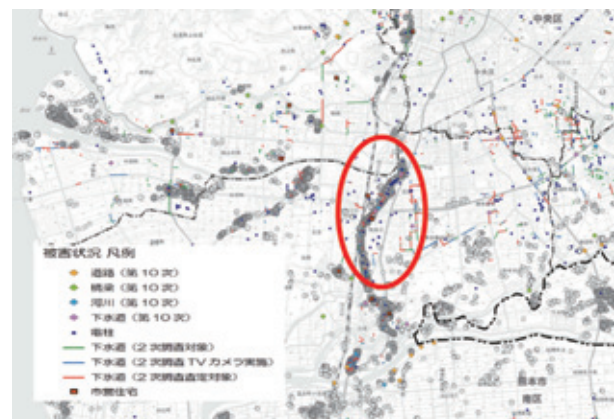


図-6 公共施設被害箇所と液状化発生箇所との重ね図<sup>5)</sup>

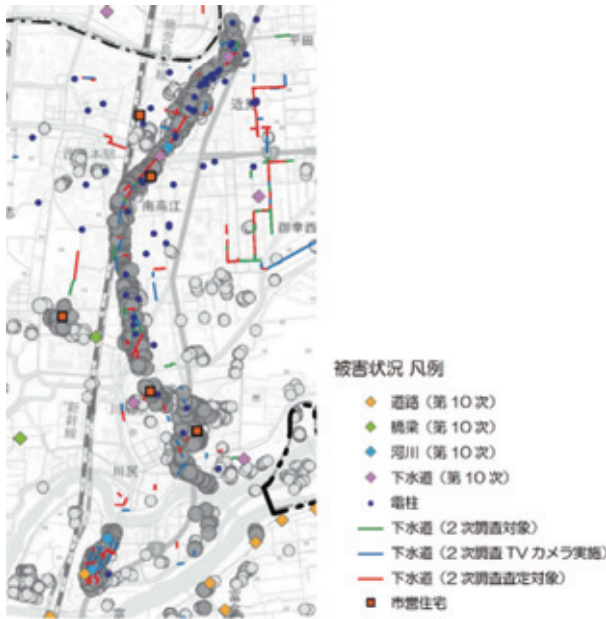


図-7 近見地区における公共施設被害箇所と液状化発生箇所<sup>5)</sup>

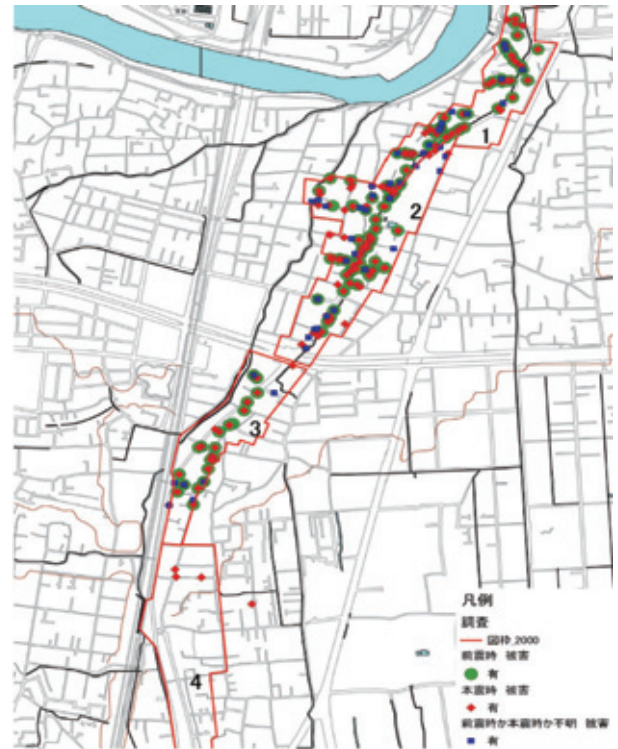


図-8 近見地区の液状化被害発生時の状況平面図

### 6. アンケート調査結果の分析

#### (1) アンケートについて

熊本地震による液状化被害調査のアンケートは、液状化による噴砂があり建物沈下・傾斜が顕著だった付録-1, -2に示すように熊本市を通じて図-8に示すように近見①～④地区で行った。アンケートの項目は以下の4項目である。

##### a) 被害時の状況について

- ① 前震・本震時における被害の有無はどうだったのか？
- ② 被害があった場合は液状化又地盤沈下が原因だったのか？

##### b) 自宅の取水状況について

- ① 井戸水は使用しているのか？
- ② 使用している場合は飲用水又雑用水として使用しているのか？
- ③ 井戸の深さはどれくらいあるのか？

##### c) 被害にあわれた住宅について

- ① 基礎形式はどうなっているのか？
- ② 地震前の宅地についてはどうなっているのか？
- ③ 震災時の被災状況はどうなっているのか？

##### d) 地震発生時に写真・ビデオなどをお持ちの方で情報提供可能か？

このd)を除いた3つの項目について分析した。

#### (2) 近見地区の液状化被害発生地震時の状況

図-8は上記(1)のアンケートa)①の回答数224件の内不明12件を除く212件の結果を平面図にしたもので、図-9はこれを棒グラフにしたものである。●は前震時に

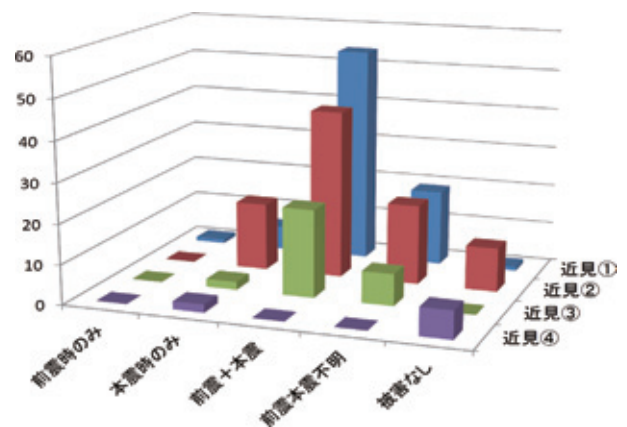


図-10 液状化被害発生時毎の分類 (212件)

液状化が発生し、●は本震時に液状化が発生し、両方の重ねたものは前震時及び本震時の両方で液状化が発生したものである。

近見①～③地区は全体的に被害が広がっており、前震時と本震時の両方で被害が顕著である。一方、近見④地区は前震時の被害がなく、本震時でも北側部分にわずかにあるだけで少ない。

図-10は、近見地区の4地区における被害状況である。被害状況は、近見①地区>近見②地区>近見③地区>近見④の順に大きくなった。近見①～③地区は被害が多く前震時と本震時の両方で被害が顕著である。近見④地区は他の地区に比べて被害が少なく、他の地区とは正反対の結果になった。

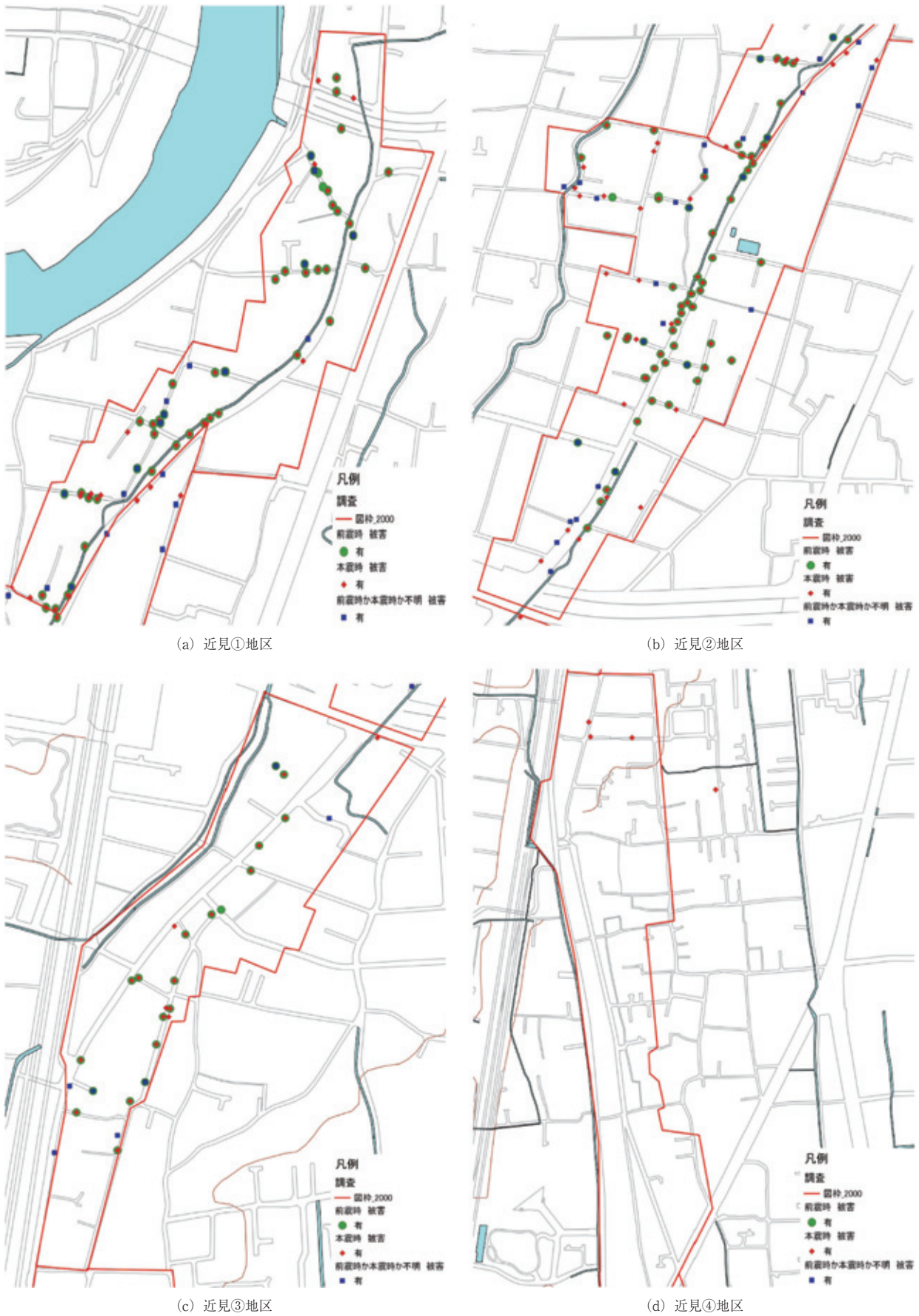


図-9 液状化被害発生時の状況平面図

(3) 井戸水位の利用状況

図-11は近見地区全体の住宅の取水状況である。井戸を使用している住宅は269件中41件であった。近見①地区では83件中14件、近見②地区では122件中15件、近見③地区では40件中12件あった。近見④地区では井戸は確認できなかった。利水状況は、雑用水が多くを占めている。

図-12は近見地区井戸の深さで、近見①地区が14件、近見②地区が5件、近見③地区が5件、近見④が0件の合計24件であった。井戸の深さは、10m以下の浅井戸が11件、深さ10m以上の深井戸が6件であった。

以上から、井戸の利水は10m以下の浅井戸から雑用水として利用しているものが多い。

図-13は近見地区における井戸の深さを棒グラフにしたものである。近見①地区は白川の氾濫地域で地下水が豊富で一番井戸の件数が多く、体積砂層下部粘土層下の飲料水に適した礫層が深いため井戸の深さも一番多い地区となった。10mの井戸がわかっているのが4件となった。次に近見③地区が深い地区となっている。こちらは10m以上が2件となっている。

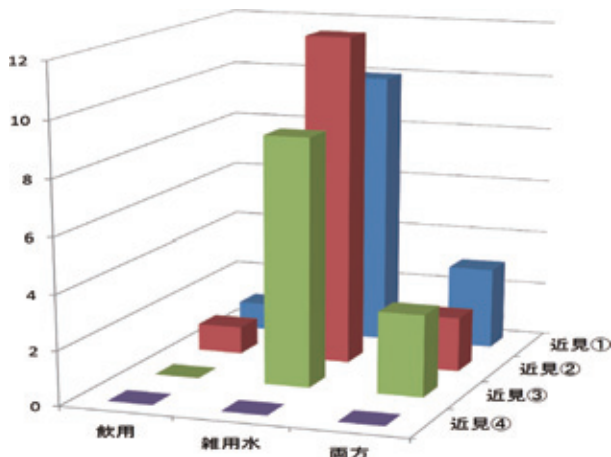


図-11 住宅の取水状況

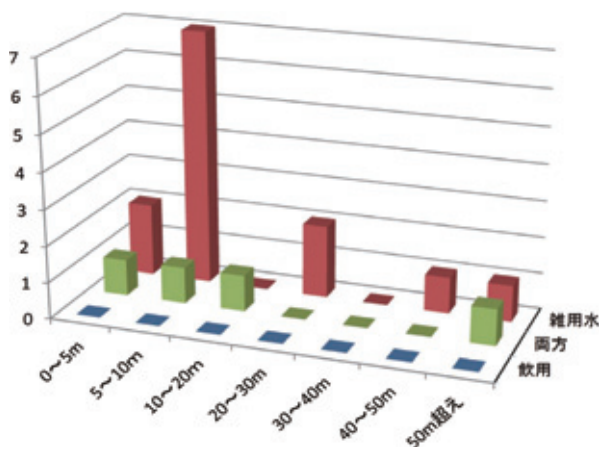
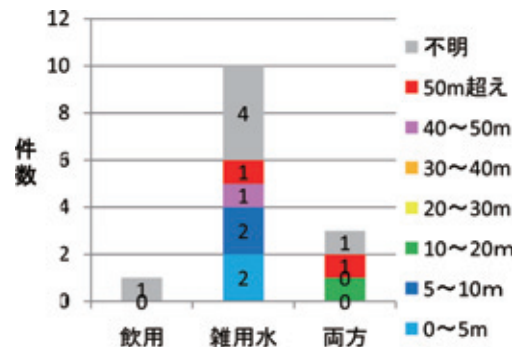
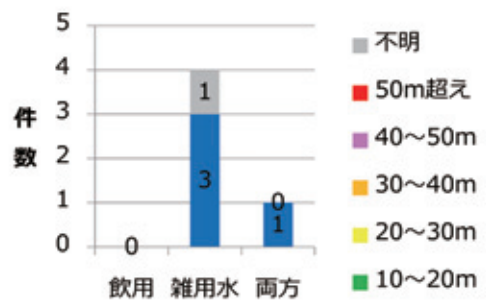


図-12 井戸の深さ

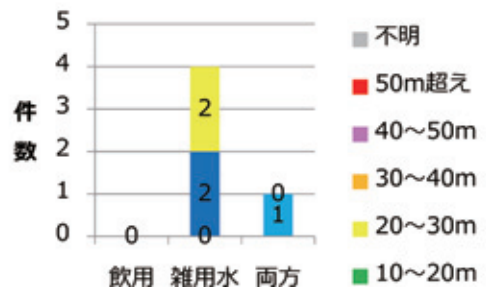
注) 全体24件中不明7件を除いている



(a) 近見①地区



(b) 近見②地区



(c) 近見③地区

図-13 近見各地区における井戸の深さ

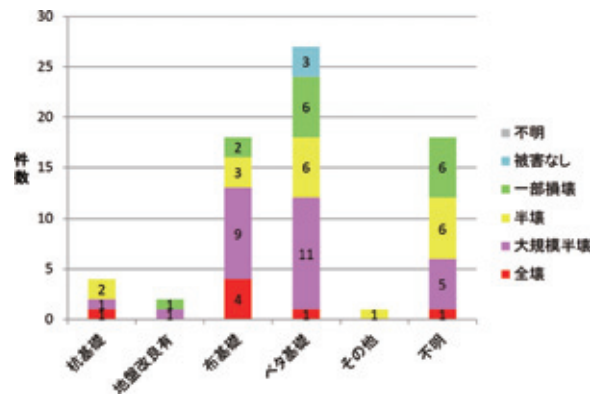
(4) 近見地区全体の被災住宅の基礎構造

図-14は近見地区全体の基礎構造と被害状況を合わせた図である。図-15は被災住宅の基礎による影響比をグラフにしたものである。その他は13件あるが、具体的な記載はないので不明である。被害の程度は、杭基礎>布基礎>ベタ基礎>地盤改良の順となった。杭基礎が被害が大きかったのは、東日本大震災と同様に杭が支持地盤まで到達していないため、液状化層の中にあっただけと考えられる。一方、地盤改良の被害の程度は、東日本大震災と同様に小さく、効果的である<sup>5)</sup>と考えられる。

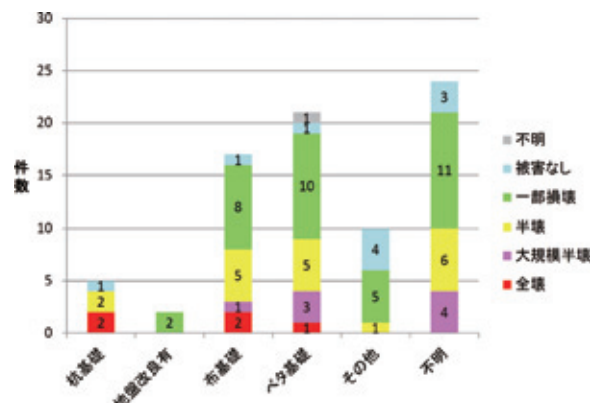
図-16では被災住宅の基礎による影響棒グラフで近見①地区と近見②地区に集中していることがわかる。特に被害が大きいのが近見①地区で半壊以上の被害が52件確認出来た。近見②地区は一部損壊の項目が一番多くなった。相対的に近見④地区は被害なしの項目が多く一部損壊の項目がほとんどとなった。



図-14 住宅基礎構造と被害状況の重ね図



(a) 近見①地区



(b) 近見②地区

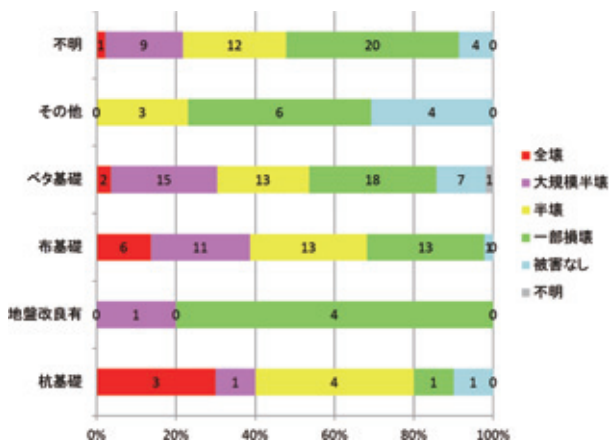
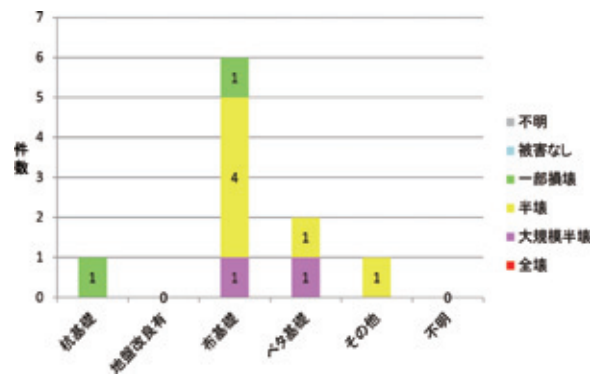


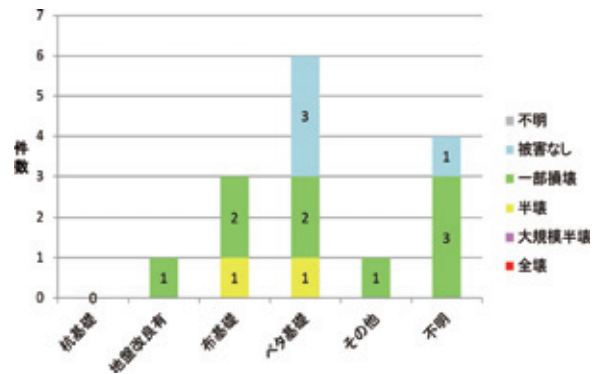
図-15 被災住宅の基礎による影響

(5) 近見地区全体被災住宅の地震前の宅地高さ

ここで「地盤高さ」とは、地震前における周辺道路からの宅地地盤の高さである。図-17は地震前の宅地高さ被害状況平面図である。地震前の宅地高さは、各地区とも「ほぼ同じ」が一番件数が多い結果となった。各地区と比較すると近見①地区が宅地が高く、近見③地区が低い傾向にあることが分かった。ただし、一般的には非液状化層である宅地高さが高いほど被害が少なくなるが、近見地区では液状化層が厚く地下水位が高いため宅地高さが高いほど被害が大きい傾向になっている。



(c) 近見③地区



(d) 近見④地区

図-16 地区毎の被災住宅の基礎による影響

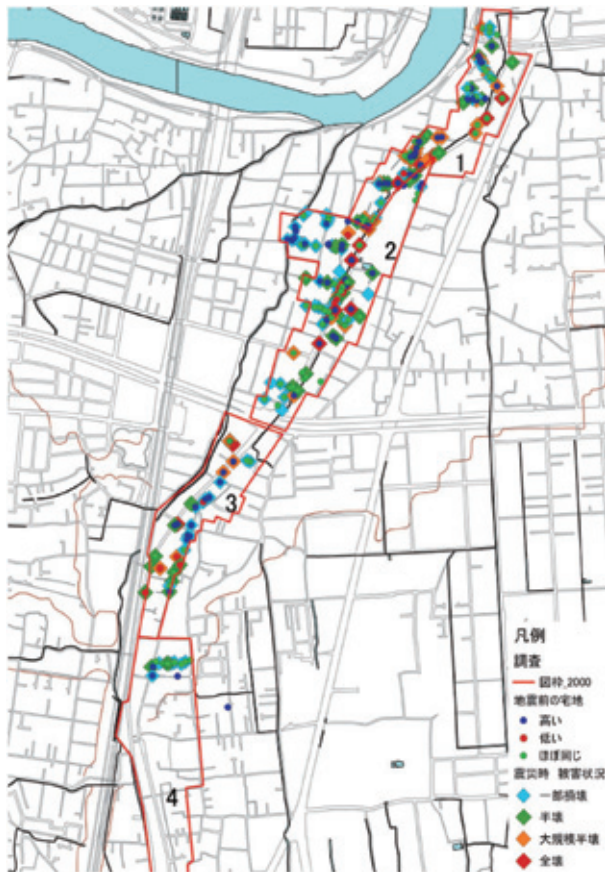


図-17 地震前の宅地高さと被害状況平面図

#### 4. ま と め

アンケート調査結果の分析は、以下ようになった。

- ① 液状化被害発生地震時の状況：近見①～③地区は全体的に被害が広がっており、前震時と本震時の両方で被害が顕著である。
- ② 井戸水位の利用状況：井戸の利水は10m以下の浅井戸から雑用水として利用しているものが多い。
- ③ 近見地区全体の被災住宅の基礎構造：被害の程度は、杭基礎>布基礎>ベタ基礎>地盤改良の順となった。杭基礎が被害が大きい結果となったのは、東日本大震災と同様に杭が支持地盤まで到達していないため、液状化層の中にあつたためと考えられる。一方、地盤改良の被害の程度は、東日本大震災と同様に小さく、効果的であると考えられる。
- ④ 近見地区全体被災住宅の地震前の宅地高さ：一般的には非液状化層である宅地高さが高いほど被害が少なくなるが、近見地区では液状化層が厚く地下水位が高いために宅地高さが高いほど被害が大きい傾向になっている。

謝辞：最後に、液状化の調査の資料は、熊本市から提供していただきました。GISの使用に当たって、(株)日測の西川穰氏に御指導をいただきました。図面作成に当たって、国士舘大学まちづくり学系西川直希氏に御協力をいただきました。多くの方々にご尽力を頂き、誠にありがとうございました。これらの機関・関係者にこの誌面を借りまして深く感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 熊本市 震災宅地対策課：資料-1 第2回熊本市液状化対策技術検討委員会 説明資料，熊本市液状化対策技術検討委員会 [https://www.city.kumamoto.jp/common/UploadFileDsp.aspx?\\_id=5&id=16165&sub\\_id=26&flid=122682](https://www.city.kumamoto.jp/common/UploadFileDsp.aspx?_id=5&id=16165&sub_id=26&flid=122682)
- 2) 村上哲，永瀬英生：平成28年熊本地震液状化被害，地盤工学会平成28年熊本地震地盤災害調査団液状化班報告（平成28年5月11日）[https://www.jiban.or.jp/images/saigai/H28Kumamoto\\_jisinsai\\_gai\\_0511ekijoka.pdf](https://www.jiban.or.jp/images/saigai/H28Kumamoto_jisinsai_gai_0511ekijoka.pdf)，2016/6/16閲覧。
- 3) 若松加寿江，先名重樹，小澤京子：平成28年（2016年）熊本地震液状化調査報告（第1報，第2報），<http://home.kanto-gakuin.ac.jp/~wakamatu/wakamatsu/jishin.html>，2016/5/14，2016/5/30公開。
- 4) 若松加寿江，先名重樹，小澤京子，藤原広行：平成28年熊本地震による液状化被害，第13回地盤工学会関東支部発表会2016.10
- 5) 熊本市 震災宅地対策課：議事資料熊本市液状化対策技術検討委員会（第1回），熊本市液状化対策技術検討委員会，[https://www.city.kumamoto.jp/common/UploadFileDsp.aspx?\\_id=5&id=16165&sub\\_id=18&flid=132416](https://www.city.kumamoto.jp/common/UploadFileDsp.aspx?_id=5&id=16165&sub_id=18&flid=132416)
- 6) 谷 和夫・松下克也・橋本隆雄・山本 彰・竹内秀克・野田利弘・規矩大義・大林 淳・清田 隆：浅層盤状改良工法による戸建て住宅の液状化被害軽減効果の検証と経済性評価，地盤工学ジャーナル Vol.9, No.4, 533-553, 2014.7

付録-1 アンケート用紙 (1)

### 熊本地震による液状化被害調査

#### 住民の皆様

このたび、調査地区に土地または建物等をお持ちの皆様へ、熊本地震発生時の状況等について、アンケート調査を行います。御協力いただきますよう、お願い申し上げます。

住所： 熊本市南区

氏名：

#### Q1、被災時の状況について教えてください。

前震時 (4/14 21:26)	被災時にいた場所： ( 自宅 or 自宅以外 )		
	被害の有無	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 液状化(噴砂) <input type="checkbox"/> 地盤沈下 <input type="checkbox"/> 上記の両方
備考			
〔 〕			

本震時 (4/16 1:25)	被災時にいた場所： ( 自宅 or 自宅以外 )		
	被害の有無	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 液状化(噴砂) <input type="checkbox"/> 地盤沈下 <input type="checkbox"/> 上記の両方
備考			
〔 〕			

前震か本震か 不明な場合	被災時にいた場所： ( 自宅 or 自宅以外 )		
	被害の有無	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 液状化(噴砂) <input type="checkbox"/> 地盤沈下 <input type="checkbox"/> 上記の両方
備考			
〔 〕			

#### Q2、自宅の取水状況について教えてください。

井戸水の使用	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 飲用水	井戸の深さ =	m
		<input type="checkbox"/> 雑用水	井戸の深さ =	m
震災後の井戸水の変化		<input type="checkbox"/> 両用	井戸の深さ =	m
〔 〕				




付録-2 アンケート用紙 (2)


## Q3、被害に遭われた住宅について教えてください。

・基礎形式

不明	<input type="checkbox"/>	ベタ基礎	<input type="checkbox"/>	布基礎	<input type="checkbox"/>
杭基礎	<input type="checkbox"/>	その他	<input type="checkbox"/>	地盤改良 (有)	<input type="checkbox"/>
				地盤改良 (無)	<input type="checkbox"/>



(布基礎)



(ベタ基礎)

・杭基礎、その他、地盤改良有と答えの方で、具体的な工法名が分かる方は教えてください。

・地震前の宅地について

周辺道路より高い	<input type="checkbox"/>	(		cm)
周辺道路より低い	<input type="checkbox"/>	(		cm)
周辺道路とほぼ同じ	<input type="checkbox"/>			

・その他、建物基礎・宅地について特別な液状化対策を行った方は記入願います。

・震災時の被災状況(罹災)—— 全壊  大規模半壊  半壊  一部損壊  被害なし

## Q4、地震発生時に写真・ビデオなどをお持ちの方で情報提供可能な方はお知らせ願います。

提供できる  提供できない

例えば、自宅周辺の液状化(噴砂、噴水)の状況のビデオがある。等 記入願います。

ご協力ありがとうございました。