

## 4. 社寺建築物の詳細調査

瀧野敦夫（奈良女子大学）

### 4.1 はじめに

本節では、2016年5月21日から5月23日にかけて実施した3つの神社および寺院の詳細調査について報告する。

### 4.2 神社建築の詳細調査 1

#### 4.2.1 建物概要

宮山地区に現存する神社の境内にある2つの本殿と手水舎の詳細調査を実施した。なお、拝殿は完全に倒壊していたため、詳細調査の対象からは除外した。

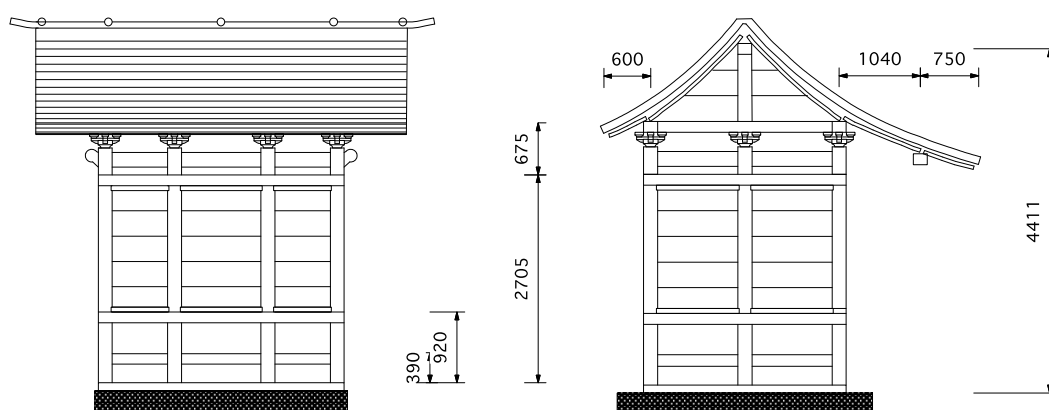


図 4.1 本殿 1 立面図

#### 4.2.2 被害の概要

写真 4.1 に倒壊した拝殿の様子を示す。小屋組が完全に地盤面に接しており、軸組等を確認することはできなかった。また、図面等を入手できていないため、元の建物の形状を把握することはできていない。



写真 4.1 倒壊した拝殿

写真 4.2 から写真 4.5 に拝殿に続く本殿（ここでは便宜上、本殿 1 と呼ぶ）の様子を示す。本殿 1 は、土台が礎石から大きく滑動するとともに、地盤変状により礎石が部分的に崩れ落ちているため、大きな残留変形を有しており、全体的に倒壊寸前の状態となっている。柱脚の滑動量は全面よりも後面の方が大きく、板壁が後面に集中していることから偏心による捩れ変形が生じたと予想される。また、一部の柱は柱頭の貫等の横架材が完全に引き抜けるほど傾斜しており、板壁がほとんど崩落していることがわかる。さらに、向拝部分の柱は虹梁から完全に抜け落ちている。



写真 4.2 本殿 1 の全体写真



写真 4.3 本殿 1 の内部の様子



写真 4.4 本殿 1 の柱脚部および礎石の様子



写真 4.5 向拝部分の様子

写真 4.6 から写真 4.8 に本殿 1 の隣にある本殿（ここでは便宜上、本殿 2 と呼ぶ）の様子を示す。本殿 2 は、本殿 1 と比較して一回り小さい建物である。本殿 2 も、本殿 1 と同様に土台が礎石から大きく滑動したために、全体的に残留変形が大きく残っていた。しかし、礎石の崩壊は生じていなかったため、建物の部分的な崩壊は見られなかった。また、本殿 1 と同様に偏心による振れ変形の影響で、後面の方が全面に比べて滑動量が大きかった。さらに、向拝を支える柱については、滑動に伴う全体的な変形に追従することができず、完全に倒壊していた。



写真 4.6 本殿 2 の全体写真



写真 4.7 ロッキングによる柱脚ほぞの引き抜け



写真 4.8 柱脚部の滑動の様子

写真 4.9 および写真 4.10 に手水舎の様子を示す。手水舎は軸組自体に大きな被害は生じておらず、全ての柱が束石から落ちていた。束石にはダボ用の穴が見られ、ダボがせん断破壊して柱脚が滑り落ちたものと思われる。なお、破損したダボは、調査時には発見できなかった。



写真 4.9 手水舎の全体写真



写真 4.10 束石から落ちた柱の様子

#### 4.2.3 被害状況の分析ならびに今後の課題

2 つの本殿はともに全体的に板壁が多いため層全体のせん断抵抗は十分であったと推測されるが、柱脚部が滑動したことや礎石が崩落したことにより、建物の部分的な損傷ならびに大きな残留変形が生じたものと考えられる。また、いずれの本殿も向拝の柱が倒壊しており、全体的な礎石上での滑動による変形と束石上での柱の変形とが合致していないことが原因と思われる。対策としては、礎石の安定化、礎石-土台間の滑動防止（或いは滑動を前提とした対策）、捩れ変形の抑制、貫等の横架材の柱からの引き抜け防止、向拝部分の変形の抑制、等が考えられる。今後は、復元力特性を推定し、限界耐力計算や地震応答解析を実施して、建物の地震時挙動を詳細に分析し、修復における技術提案を試みたいと考える。

## 4.3 神社建築の詳細調査 2

### 4.3.1 建物概要

小森地区に現存する神社の境内にある拝殿および本殿の詳細調査を実施した。拝殿および本殿の立面図を図 4.2 および図 4.3 に示す。

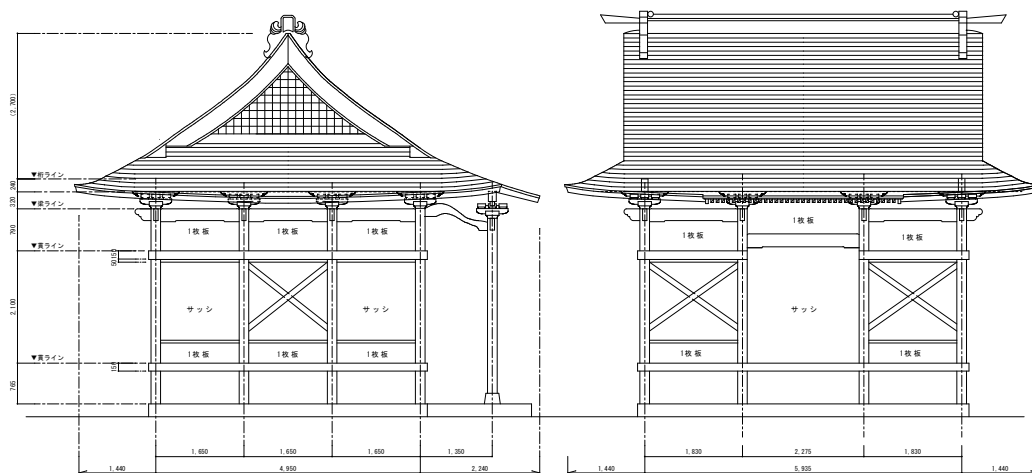


図 4.2 拝殿立面図

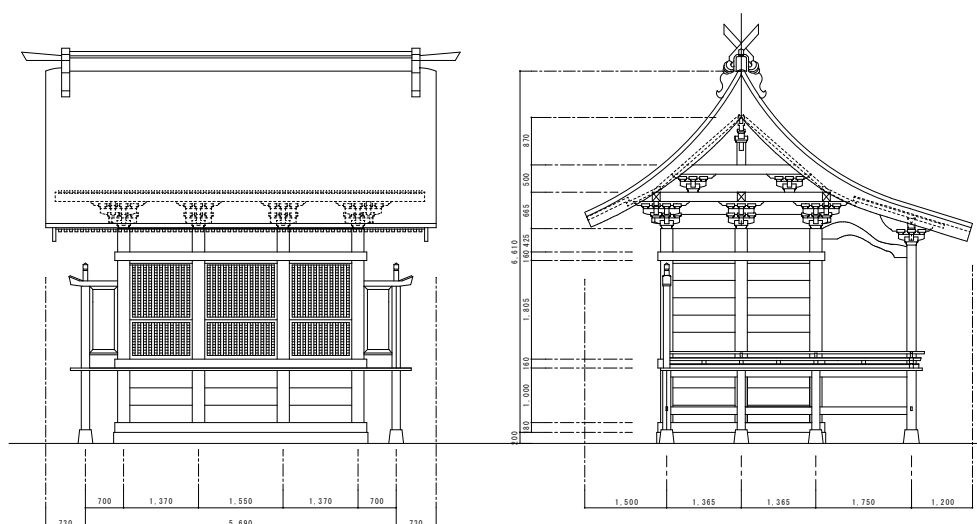


図 4.3 本殿立面図

### 4.3.2 被害の概要

写真 4.11 に全景の写真を、写真 4.12 から写真 4.16 に拝殿の様子を示す。拝殿は全周をガラス戸が覆っているため開放的な造りとなっているが、補強用の両筋かいが入っていることから、一部の板壁で面外座屈による亀裂を確認したが、他の部位では目立った損傷は見られなかった。一方、柱脚部が滑動したことにより一つの通りの柱が全て礎石から落下していた。しかし、反対側の柱は礎石の上に残っており、柱底面がうまく滑ることができなかつたために柱脚が割り裂けるような破壊を示した。また、向拝部分の柱については、柱脚部が建物本体と固定されていないため、大きな残留変形が確認された。



写真 4.11 全景



写真 4.12 拝殿の全体写真



写真 4.13 板壁の面外座屈による割れ



写真 4.14 柱脚の滑動



写真 4.15 柱脚部の割り裂け



写真 4.16 向拝の柱の傾斜



写真 4.17 内部の様子



写真 4.18 筋かい接合部

写真 4.19 から写真 4.22 に本殿の様子を示す。本殿には部分的に板壁が剥離している様子が見られたものの、特に目立った損傷は確認されなかったが、土台が礎石から大きく滑動し、一部が宙に浮いている状態となっていた。また、本殿直下の地盤に地盤変状が確認された。



写真 4.19 本殿の全体写真



写真 4.20 土台の滑動



写真 4.21 背面の壁面の仕上げ用鋼板の歪み



写真 4.22 地盤変状

#### 4.3.3 被害状況の分析ならびに今後の課題

拝殿および本殿ともに、筋かいや板壁を有していたことから層全体のせん断抵抗は十分であったと推測されるが、柱脚部の滑動量が礎石幅を大きく超えていたため、礎石からの柱の落下や土台が宙に浮いている様子が確認された。また、向拝を支える柱が頂部で虹梁と繋がっているだけであるため、特に柱脚部が自由に変形してしまい、柱に大きな傾斜が残留していた。対策としては、礎石-柱脚あるいは礎石-土台間の滑動防止（或いは滑動を前提とした対策）、向拝部分の変形の抑制、等が挙げられる。拝殿については、両筋かいを用いた剛強な補強が施されているが、結果として柱脚部が滑動しているため、柱脚部の滑り挙動と層全体のせん断抵抗力との耐力バランスを考慮しつつ、筋かいの有無についても検討の余地がある。今後は、復元力特性を推定し、限界耐力計算や地震応答解析を実施して、建物の地震時挙動を詳細に分析し、修復における技術提案を試みたいと考える。

#### 4.4 寺院建築の詳細調査

##### 4.4.1 建物概要

西原村に現存する寺院建築の詳細調査を実施した。

##### 4.4.2 被害の概要

写真 4.23 から写真 4.27 に被害の様子を示す。外観からは瓦のずれが生じたと推測される屋根面のブルーシートが確認された。また、外壁にも損傷があったと思われ、養生シートを確認した。内観からは目立った損傷は確認されず、小さな亀裂や小壁の歪みなど部分的な損傷のみを確認することができた。ただし、向拝の柱については、柱脚部が若干束石上で滑動しており、柱の傾きを確認した。





写真 4.23 建物外観



写真 4.24 建物内観



写真 4.25 小壁の歪み



写真 4.26 外壁の損傷



写真 4.27 向拝の柱の傾き

#### 4.4.3 被害状況の分析ならびに今後の課題

今回の寺院建築においては、部分的な損傷は確認されたものの、倒壊に至るような際だった損傷は確認されたなかった。今後は、復元力特性を推定し、限界耐力計算や地震応答解析を実施して、建物の地震時挙動を詳細に分析する予定である。

#### 4.5 まとめ

本節では神社および寺院建築の詳細調査について述べた。神社においては、板壁などの十分な耐震要素が含まれていると顕著な層間変形は見られなかったものの、礎石上での柱脚部や土台の滑り挙動が見られ、柱が礎石から落下したために、部分的な崩壊や全体の傾斜等が確認された。礎石建ちであるが故に、建物上部への入力地震動の軽減には効果があると推測されるが、滑動量が礎石の幅を大きく超えると建物の大きな損傷へと繋がるため、柱脚や土台の固定化、或いは滑動を前提とした対策を施す必要があると考える。また、礎石が崩落している箇所も見られたため、礎石を安定させることは必要不可欠であると思われる。寺院においては、今回の調査では目立った損傷は確認されなかった。

いずれの建物においても、今後は復元力特性を精査し、限界耐力計算や地震応答解析により詳細な分析を進める予定である。

## 5. 地表地震断層近傍の被害

向坊 恭介（鳥取大学）

### 5.1 はじめに

今回の一連の地震では、各所で地表地震断層の表出が報告されている。ここでは、地表地震断層の近傍における建築物被害について概観する。調査地点を図 5.1 に示す。

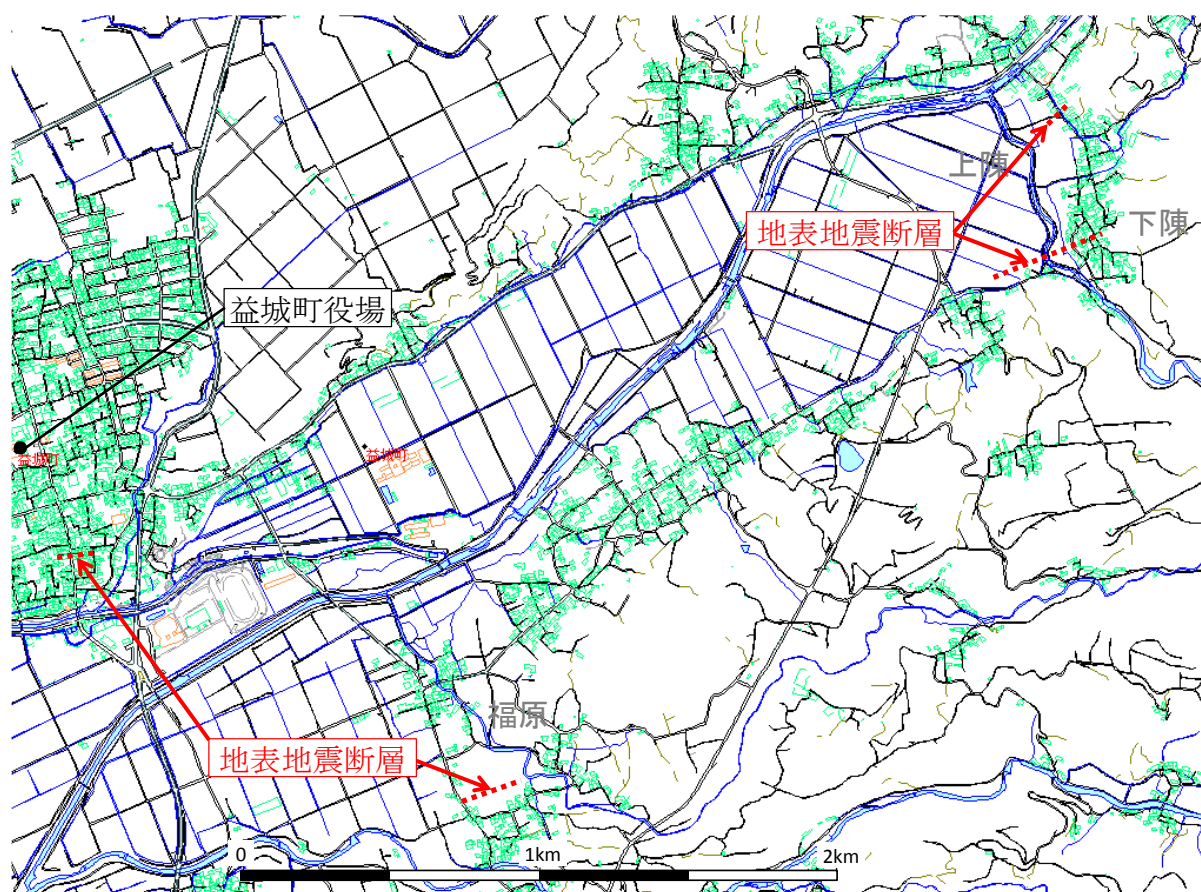


図 5.1 周辺の被害状況を調査した地表地震断層の位置

### 5.2 各地の被害状況

#### 5.2.1 益城町木山・宮園

益城町木山・宮園地区の状況を図 5.2、写真 5.1～5.3 に示す。建築物に甚大な被害が出た地域の一角であり、県道 28 号線と秋津川の間で断層変位が報告されている。断層直近の比較的新しい建築物で被害が軽微であるが、周辺の建築物の倒壊率・大破率は高い。この地域は、日本建築学会九州支部が 5/3-5/8 に実施した悉皆調査範囲に含まれており、追って詳細な被害分布の情報が得られる見通しである。

### 5.2.2 益城町福原

益城町福原地区の状況を図 5.3、写真 5.4～5.6 に示す。農地上に明瞭な断層変位が見られていたが、周辺の建築物の被害は限定的であるため、この地域の地震動は建築物に大きな被害を及ぼすものでは無かったと考える。

### 5.2.3 益城町下陳

益城町下陳地区の状況を図 5.4、写真 5.7～5.9 に示す。集落の西端に位置する 1 軒の家屋の基礎が、断層変位あるいは断層変位に伴う地割れによって被害を受けており、外壁の亀裂を生じさせている。地表断層はさらに南西方向に伸びており、河川堤防に亀裂が生じていた。周辺の建築物を概観すると被害は限定的であり、前述の福原地区と同様に、この地域の地震動は建築物に大きな被害を及ぼすものでは無かったと考える。

### 5.2.4 益城町上陳

益城町上陳地区の状況を図 5.5、写真 5.10～5.12 に示す。前述の下陳地区の集落はやや高台に位置しているのに対して、北に向かって下ってきた所に地表地震断層が見られる。断層直近および周辺の建築物の被害は限定的である。さらに北に向かって下りきって津森小学校周辺までくると次第に被害が大きくなり、木山川を挟んだ対岸の益城町田原地区では倒壊建築物が散見されるようになる。



図 5.2 地表地震断層と写真撮影位置（益城町木山・宮園）



写真 5.1 断層近傍の様子 1 (益城町木山・宮園)



写真 5.2 断層近傍の様子 2 (益城町木山・宮園)



写真 5.3 断層近傍の様子 3 (益城町木山・宮園)

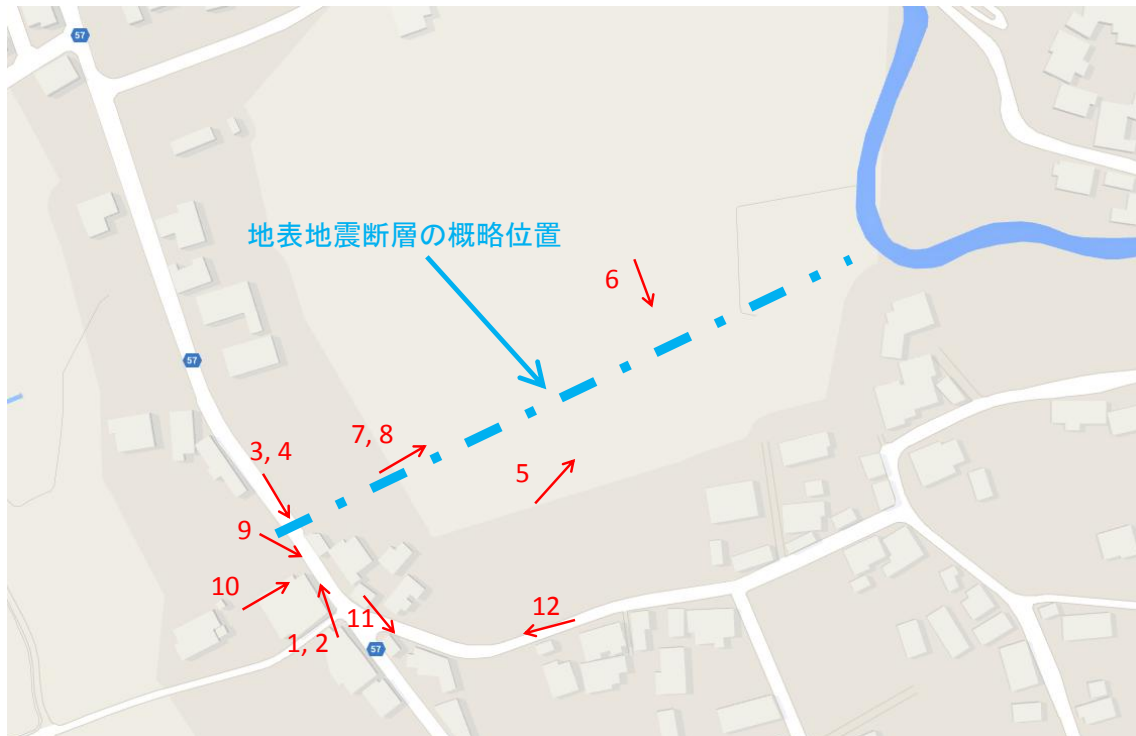


図 5.3 地表地震断層と写真撮影位置 (益城町福原)

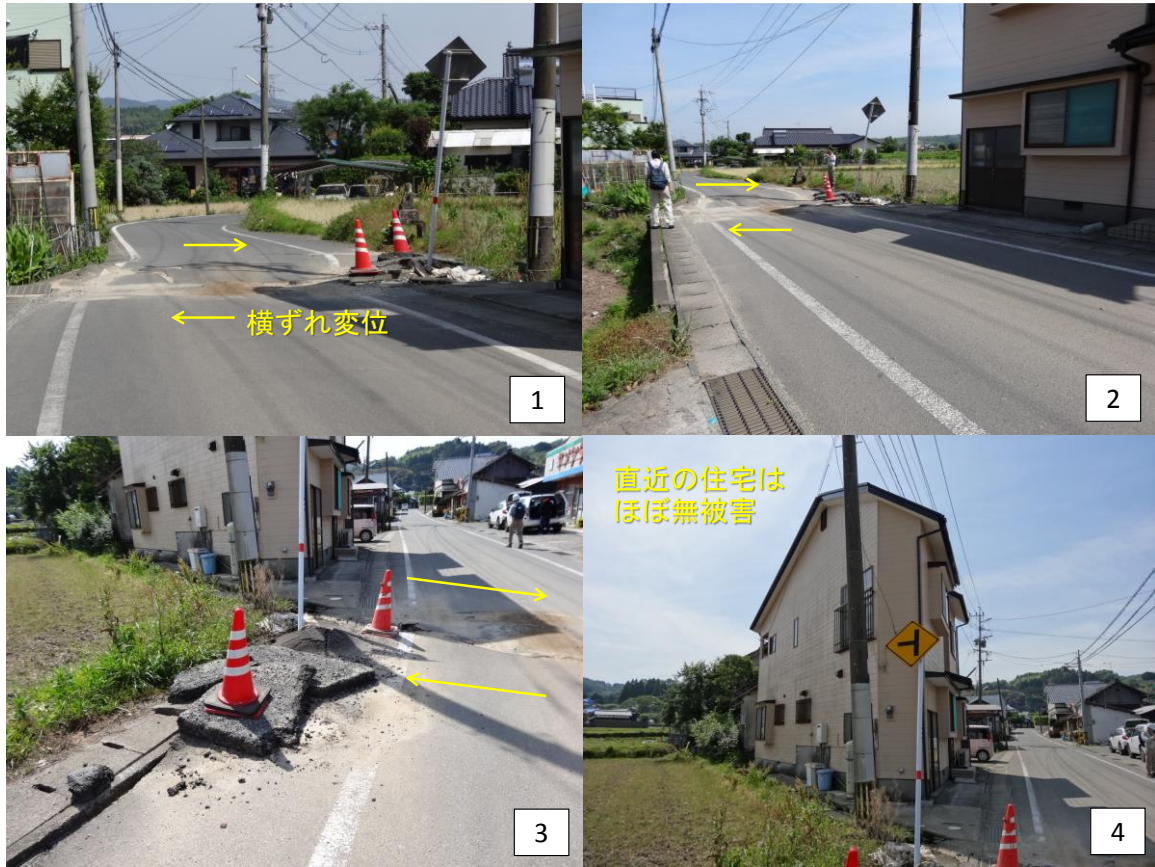


写真 5.4 断層近傍の様子 1 (益城町福原)

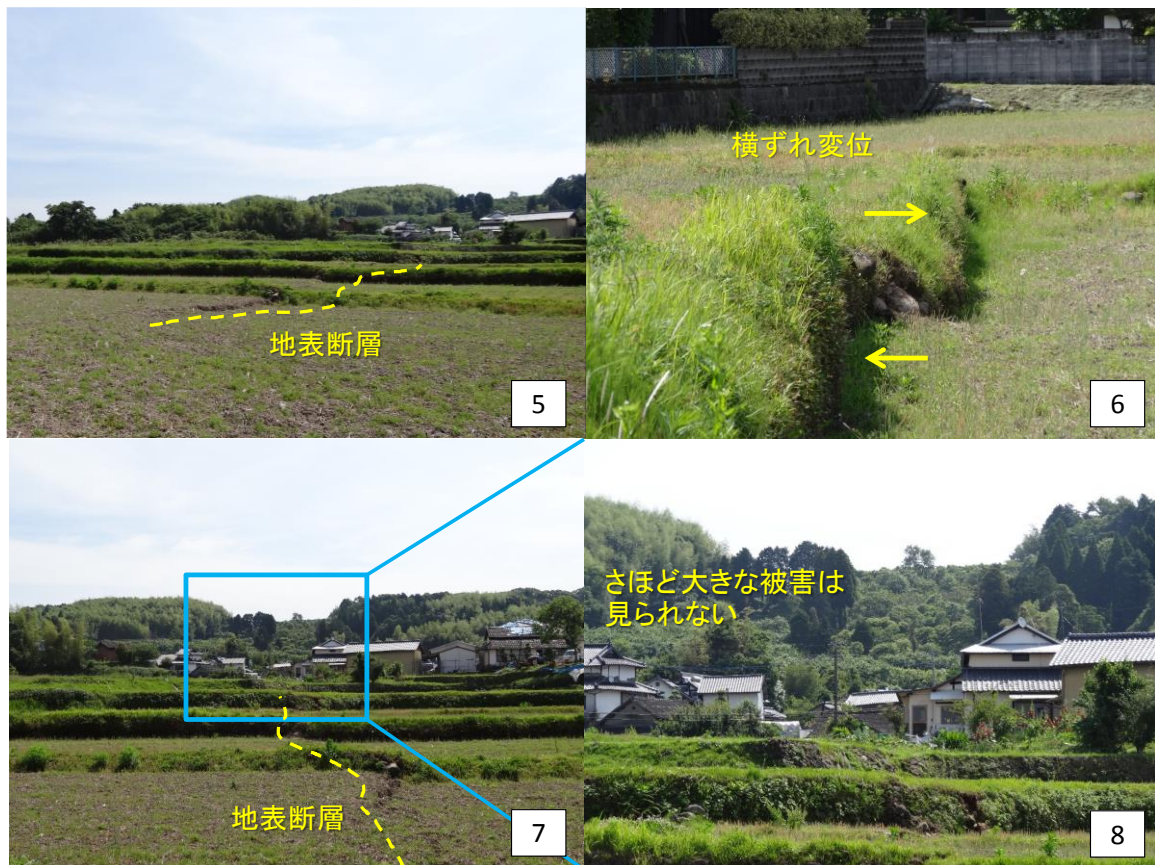


写真 5.5 断層近傍の様子 2 (益城町福原)



写真 5.6 断層近傍の様子 3 (益城町福原)

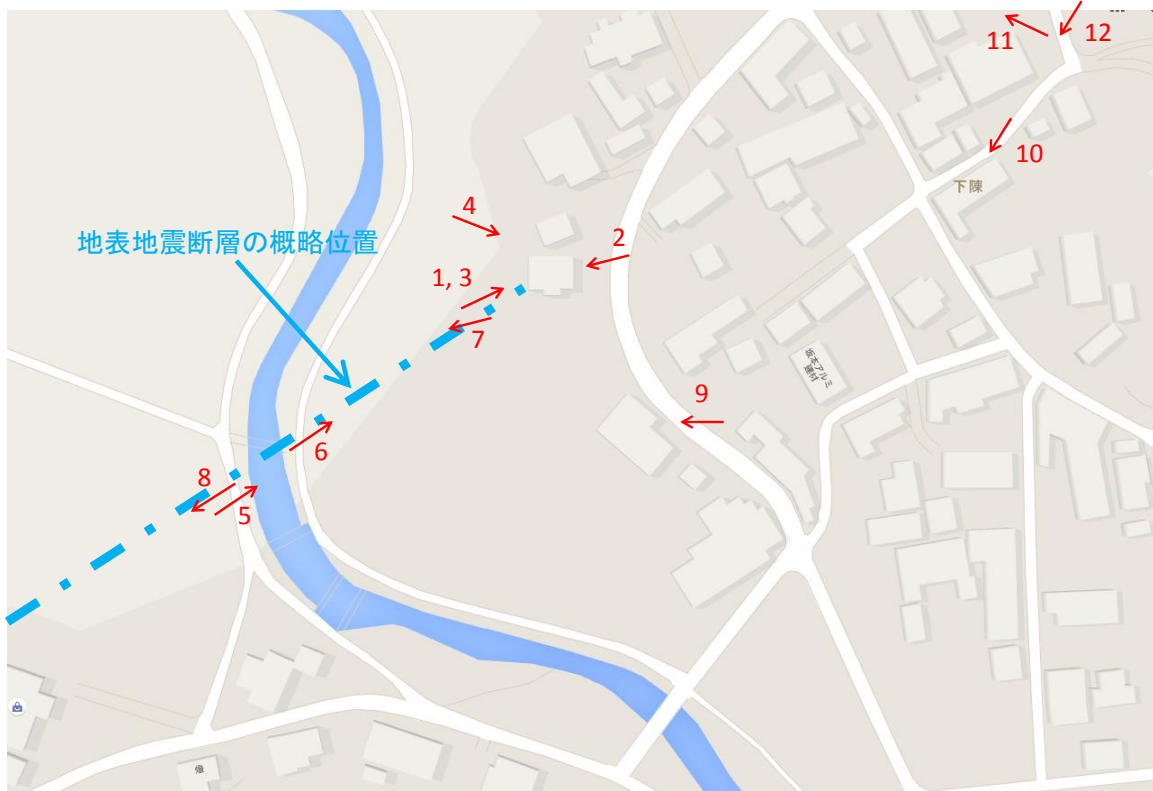


図 5.4 地表地震断層と写真撮影位置 (益城町下陳)





写真 5.7 断層近傍の様子 1 (益城町下陳)

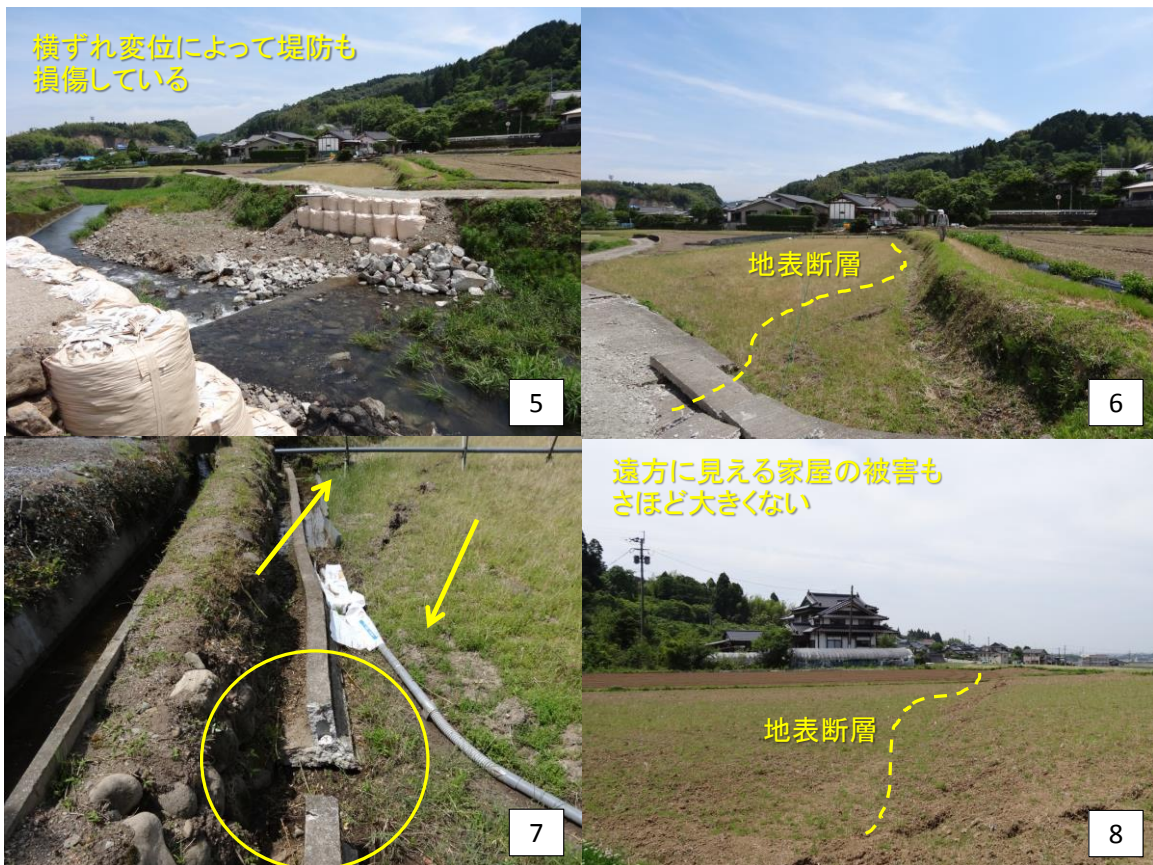


写真 5.8 断層近傍の様子 2 (益城町下陳)



写真 5.9 断層近傍の様子 3 (益城町下陳)



図 5.5 地表地震断層と写真撮影位置 (益城町上陳)



写真 5.10 断層近傍の様子 1 (益城町上陳)



写真 5.11 断層近傍の様子 2 (益城町上陳)



写真 5.12 断層近傍の様子 3 (益城町上陳)

### 5.3 まとめ

本章では、地表地震断層が表出した地点の建築物の被害について概観した。益城町木山地区、宮園地区では、断層直近の比較的新しい建築物で被害が軽微であるが、周辺の建築物の倒壊率・大破率は高かった。一方、福原、上陣、下陣地区では、断層変位による基礎や敷地地盤の亀裂などの被害は見られるものの、振動による建築物の被害は限定的であった。

地表地震断層が前震によるものか本震によるものか区別した上で判断する必要があるが、今回の調査範囲においては、地表地震断層の直上あるいは直近で地震動が特に大きくなるということは必ずしもないことが分かった。

平成 28 年(2016 年)

熊本地震による木造建築物の被害調査報告会 資料集

---

2016 年 8 月

編 集  
著作人

日本建築学会近畿支部木造部会  
〒550-0004 大阪市西区鞠本町1-8-4  
大阪科学技術センター内  
TEL 06-6443-0538  
FAX 06-6443-3144  
<http://kinki.aij.or.jp/>

印刷所 神戸大学生生活協同組合

---