



2014年長野県神城断層地震における建物被害調査

石川理人¹⁾、久田嘉章²⁾

1) 非会員 前田建設工業株式会社 工修

e-mail : ishikawa.ay@jcity.maeda.co.jp

2) 正会員 工学院大学建築学部、教授 工博

e-mail : hisada@cc.kogakuin.ac.jp

要 約

2014年長野県神城断層地震(M_J6.8)では長野県北部を中心に最大震度6弱を記録し、地表地震断層が数多く確認され、液状化や地盤変状による被害が生じた。特に震源断層南側の堀之内地区では多くの木造住宅が倒壊するなど甚大な被害が発生した。著者らは建物被害調査を実施し、堀之内地区を除くと地表地震断層近傍では強震動による建物被害は殆どなく、断層ズレに起因する地盤変状による基礎への被害を確認した。一方、堀之内地区では主に老朽化した建物に強震動や盛土崩壊等による被害が集中したが、新築の建物被害は比較的軽微であった。

キーワード： 長野県北部地震、地表地震断層、建物被害調査、木造家屋

1. はじめに

近年、1995年兵庫県南部地震や2005年福岡県西方沖地震、2016年熊本地震など活断層帯の地震により甚大な建物被害が生じており、東京都の立川断層や大阪府の上町断層帯等の地震発生が懸念されている活断層に対する耐震対策が焦眉の課題となっている。活断層における震源断層近傍では、断層破壊の進行方向に指向性パルスなど破壊力ある地震動が生じる場合があり、1995年兵庫県南部地震の「震災の帶」における住宅倒壊など甚大な被害を生じた主な原因であると指摘されている¹⁾⁻³⁾。また地表地震断層の近傍ではフリングステップによる長周期速度パルスが生じ、断層ズレに起因する建物やライフラインに甚大な被害が生じる場合がある。例えば1999年台湾集集地震や2011年福島県浜通り地震では、地表地震断層直上では断層ズレによる多数の建物被害が報告されている⁴⁾⁻⁶⁾。このため、海外では活断層近傍での新築が禁止されているケースがあり、我が国でも活断層直上では断層調査を行ったうえで重要施設の建設を実施する条例⁷⁾を制定している自治体もある。最近では、地震調査研究推進本部が全国の主要活断層の調査を行い、発生確率や地震規模の評価結果を公表し、国土地理院等では詳細な活断層地図を公開⁸⁾している。このため、活断層近傍の建物は、その危険性を評価し、適切な対策を行う必要が生じている。

以上の背景より、活断層により地表地震断層の出現した際、その近傍の強震動や断層ズレの特性と建物の被害状況を調べ、今後に向けた耐震対策を検証することが重要になる。これまでいくつかの調査が行われており、地表地震断層の近傍では強震動ではなく、断層ズレによる被害が顕著に見られる場合があることが報告されている（例えば文献^{4), 6)}）。著者らは2014年長野県神城断層地震で出現した地表地震断層の近傍の建物被害調査を実施しており、本報告でその結果を報告する。

2. 2014年長野県神城断層地震の概要

長野県北部地震は2014年11月22日22:08に発生し、長野県北部を震源とするマグニチュード6.8の地震である。震源深さは約10km、北西-南東方向に圧縮軸を持つ逆断層型の震源であり、震度は長野県長野市、小谷村において最大震度6弱、白馬村や信濃町で震度5強を観測した。防災科学技術研究所の強震観測網(k-net)のNGN005(白馬)では最大加速度589galを観測している。今回の地震は、糸魚川静岡構造線断層帯北部区間の神城断層の区域にあたり、地震調査研究推進本部ではマグニチュード7.7程度の地震を予測⁹⁾していた。

3. 建物被害の調査結果

3.1 建物被害調査の調査概要

建物被害調査は2名の調査員(久田・石川)により2014年11月30日に図1に示す地域で実施した。被害調査は外観目視により岡田・高井¹⁰⁾の建物被害調査シートを用いて建物情報(築年数、構造種別、建物階数、基礎形式、屋根形式)と破壊パターン(D0:無被害、D1:軽微、D2:一部損壊、D3:半壊、D4:全壊、D5:一部倒壊、D6:完全倒壊)を実施した。また、地盤変状、建物傾斜方向、基礎ずれの値についても確認された地域については記録した。調査地区は地表地震断層(図1内実線)が確認されている大出地区、城山地区(図1(a))、震度5強を観測した白馬村の南側に位置し、多くの建物被害が報告されている堀之内地区、堀之内地区の東側の大字神城地区(図1(b))を対象として実施した。

3.2 堀之内地区における建物被害調査

図2と表1に堀之内地区の建物被害調査結果を、写真1~8に被害状況を示す。この地区の西部には地表地震断層が確認され、国道沿いにおいてはマンホールの浮上やアスファルトの亀裂から噴砂が確認できるなど液状化が発生していた(写真1, 2)。調査建物数は22棟であり、内訳はD5(倒壊)が7棟(32%)、D4(全壊)は3件(14%)、D3(半壊)は7件(32%)、D2・D1(一部損壊)が3件(14%)、D0(無被害)が2件(9%)であった。建物被害は古い木造家屋(30年程度より古い)に集中する傾向がみられ、新しい建物

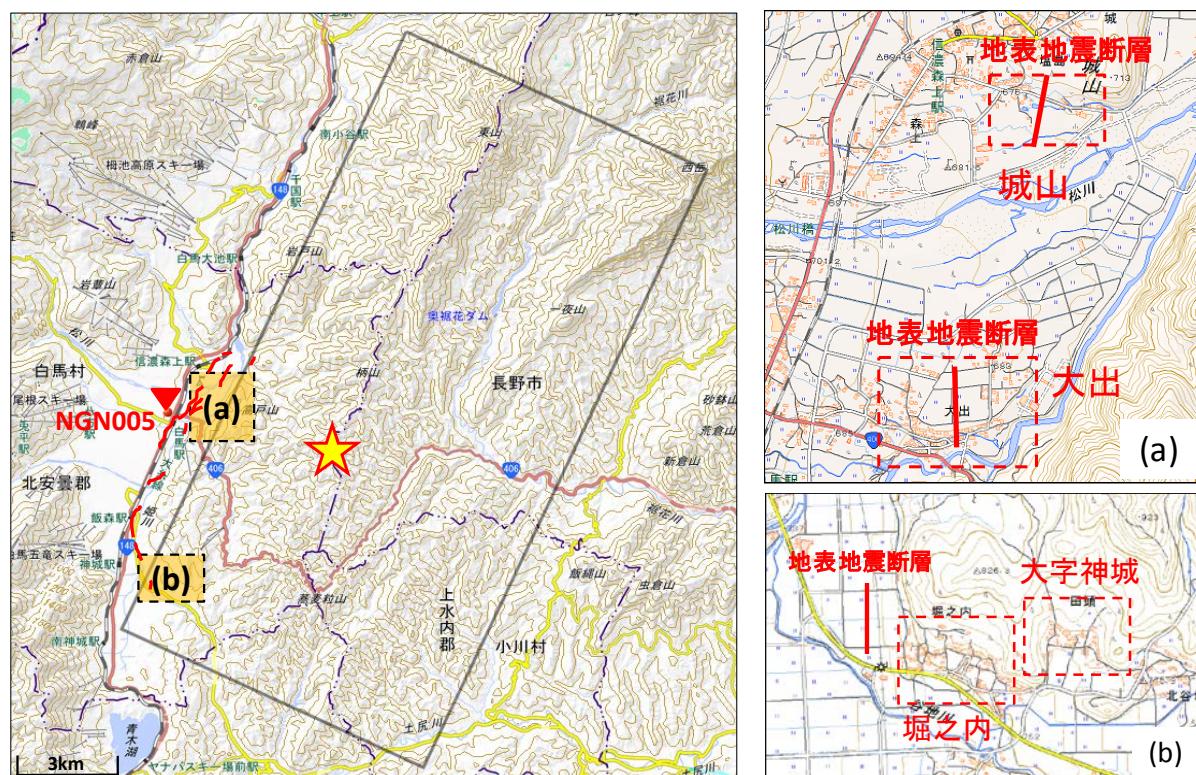


図1 被害調査範囲と地表地震断層位置(国土地理院地図⁸⁾に加筆)

(10年程度より新しい)への全壊など甚大な被害は確認されなかった。例えば、写真3,4は隣接している建物(図2の建物番号8,9)であるが、新しい建物(写真3)の被害は軽微であり、非常に古い建物(写真4)は柱が傾斜するなど甚大な被害が生じていた。図2の建物番号16の住宅では、東側に非常に古い伝統木造家屋があり、その西側に新しい建物を増築していた(写真5)。既設の木造建物は半壊であり、応急危険度判定において赤とされていたが、増築部はガラス等の破損はあるものの軽微な損傷は見られなかった。写真6は比較的新しい建物(古い:10から30年程度)であったが、柱が基礎から抜けて倒壊していた。その他、建物全体が盛土の擁壁からずれ落ちている場合(写真7)、傾斜地上の建物の基礎のずれ変位を生じた場合(写真8)など、盛土上の地盤変状に起因する被害が多く確認された。

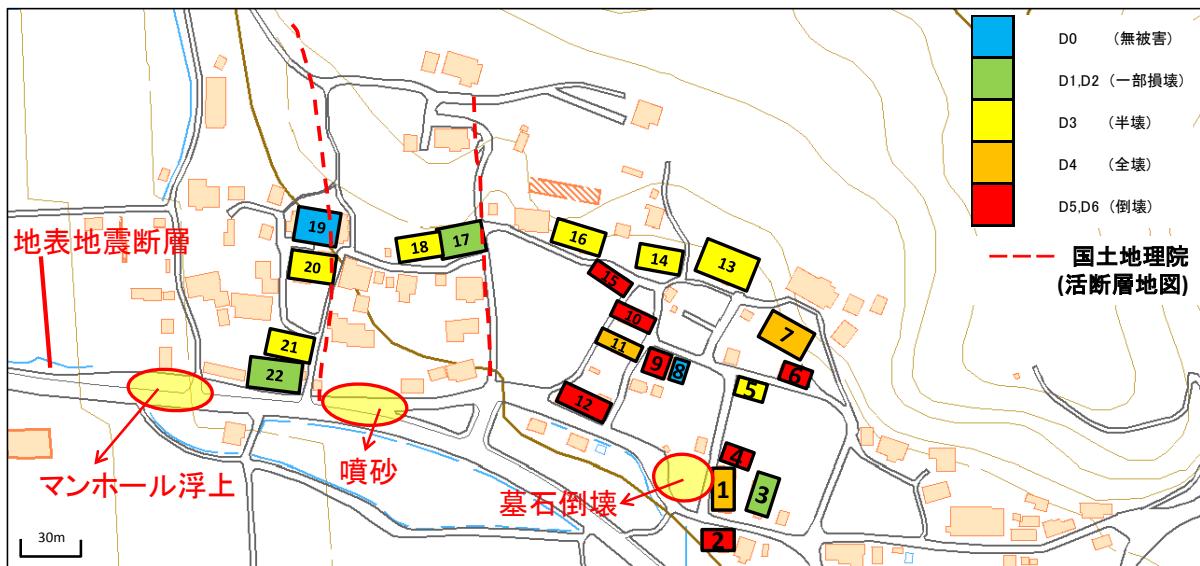


図2 堀之内地区の建物被害分布(国土地理院地図に加筆)

表1 堀之内地区における建物被害データ

構造種別	割合
伝統	3 14%
在来	15 68%
壁式	2 9%
その他	2 9%
合計	22 100%

地盤変状	割合
あり	2 9%
なし	18 82%
不明	2 9%
合計	22 100%

屋根被害	割合
無被害	17 78%
著しいずれ	2 9%
全面的ずれ	2 9%
測定不能	1 4%
合計	22 100%

建物階数	割合
平屋	3 14%
2階	18 82%
3階	1 4%
合計	22 100%

基礎形式	割合
独立基礎	4 18%
布基礎	11 50%
高基礎	1 5%
杭基礎	2 9%
直接基礎	2 9%
その他	2 9%
合計	22 100%

基礎被害	割合
無被害	2 9%
部分亀裂	8 34%
著しい	4 22%
基礎ずれ	2 9%
基礎傾斜	1 4%
その他	5 22%
合計	22 100%

屋根形式	割合
土葺瓦	0 0%
土無瓦	1 5%
金属	19 85%
スレート	1 5%
その他	1 5%
不明	0 0%
合計	22 100%

主被害階	割合
1階	17 77%
2階	0 0%
3階	0 0%
全階	1 5%
なし	4 18%
合計	22 100%

築年数	被害グレード						合計
	D0	D1	D2	D3	D4	D5	
30年以上	0(0%)	0(0%)	0(0%)	4(33%)	2(17%)	6(50%)	12(100%)
10~30年	1(13%)	2(25%)	0(0%)	3(38%)	1(13%)	1(13%)	8(100%)
10年以下	1(50%)	0(0%)	1(50%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	2(100%)



写真1 マンホールの浮上



写真2 アスファルト亀裂からの噴砂



写真3 在来木造住宅 (D0)



写真4 木造平屋住宅 (D5)



写真5 伝統木造住宅 (左:増築 右:既設) (D3)



写真6 在来木造住宅 (D5)



写真7 在来木造住宅 (D5)



写真8 在来木造住宅 (D3)

表1に示すように、堀之内地区においては倒壊率（D5以上）が32%、全壊率（D4以上）が45%であり、その中でも築30年以上と考えられる建物では全12棟中、6棟が倒壊、2棟が全壊であり、倒壊率と全壊率はそれぞれ50%と67%と被害が集中した。一方、新しい建物（10年より新しい）には倒壊・全壊が確認されなかった。この地震による地表地震断層から約100m西に離れた地域にあり、国土地理院の活断層地図における活断層の位置（図2では点線にて記載）とは一致していなかった。建物の主な被害原因は断層ズレというよりも、主に強震動や盛土崩落などによる地盤変状に起因すると推定された。

3.3 大出地区における建物被害調査

大出地区は白馬駅の東に位置し、明瞭な地表地震断層が確認されている（図3(a), 写真9, 10）。既往の調査では地表地震断層近傍では強震動の被害ではなく、断層ズレによる地盤変状による被害が多いとされている^{4), 6)}。大出地区でも同様に、断層から数十mの地点にある木造の住宅（写真11）や倉庫には大きな被害は確認されなかった。一方、墓石の転倒に関しては、主に南北方向に転倒する傾向が見られた（写真12）であった。K-net白馬の強震観測記録にも東西よりも南北方向に強い揺れが確認されており、この点についてはシミュレーション等による解析での詳細な検討が必要と考えられる。

墓石の倒壊地区の南側の地域（図3(b)）で実施した建物被害調査では、D3が3棟、D2・D1が1棟と、D4以上の甚大な建物被害は確認されなかった。地表地震断層は住宅の間に現れており、側溝などの変形（写真10）や地盤変状等が確認された。D3と判断された建物は、いずれも強震動ではなく断層ズレに起因する基礎の変形や建物の傾斜による被害であった。地区内に石柱がいくつか確認されたが、転倒したものは無く、やはり地震動は強くなかったと推測される。一方、国土地理院の活断層の位置は、図3の点線であり、今回の地震で出現した地表地震断層とは一致しなかった。

3.4 城山地区における建物被害調査

白馬駅の北東方向に位置し、大出地区の北側にある城山地区でも1m近い段差で東側が隆起する明瞭な地表地震断層が確認された。この地区は他機関の速報^{例えば12)~14)}等においても報告されているが、約1mの永久変位（写真13）が現れた地点である。大出地区と同じくこの地区も断層近傍であるが、断層から数m離れた地点にある建物（写真14）は被害や損傷は確認されなかった。写真13に確認される建物も断層から数mの地点にあるが、外観からは被害はなく無被害（D0）である。また写真13の南側に位置し、建物敷地内に地盤変状が確認された工場（写真17）についても、倉庫や建屋も含めて倒壊などの被害はなく無被害（D0）であった。この地区についても大出地区と同様に断層ズレに起因する顕著な地盤変状が生じたが、強震動による被害は確認されなかった。

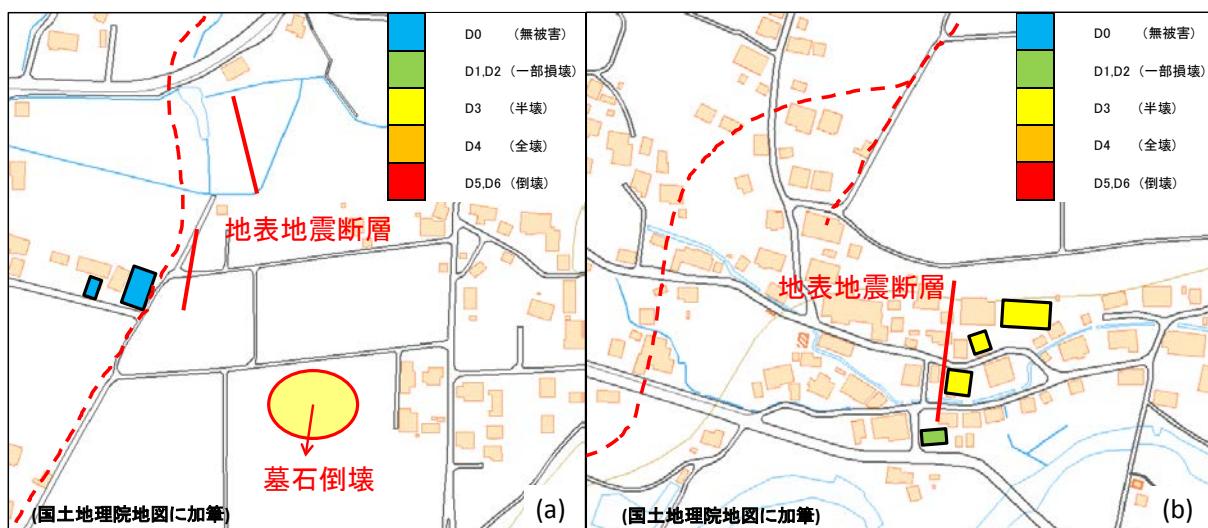


図3 大出地区における地表地震断層位置（国土地理院地図に加筆）



写真9 農地内の地表地震断層



写真10 住宅地域の地表地震断層



写真11 地表地震断層近傍の建物 (D0)



写真12 断層近傍の墓石



図4 城山地区における地表地震断層位置



写真13 城山地区における地表地震断層
(断層を実線で記載)



写真14 断層近傍に立つ建物 (D0)



写真15 断層近傍の建物 (D0)

4. まとめ

2014年長野県神城断層地震の発生後、堀之内地区をはじめとする地表地震断層の近傍での建物被害調査を実施した。甚大な建物被害が集中した堀之内地区では、強い地震動や盛土の崩壊などにより古い建物に被害が集中したが、新しい建物や補強がなされている建物について被害は少なかった。一方、明瞭な地表地震断層が出現した大出地区や城山地区では、断層の直上の建物には断層ズレに起因する基礎への被害(破壊やクラック)や建物傾斜が見られたが、断層直上以外ではほとんど被害は確認されず、強い地震動は生じなかつたと推定された。この結果は既往の調査結果^{4), 6)}と調和的であった。

一方、国土地理院などで公開されている活断層の位置と、出現した地表地震断層の位置は建築スケールでは一致せず、事前に正確な断層位置を特定することは困難であることが分かった。従って、トレーニング調査などにより正確な活断層位置が特定可能な場合は地表地震断層を回避する対策は有効であるが、そうでない一般の場合は、断層ズレに起因する地盤変状やフリングステップ(長周期速度パルス)等が生じた場合への耐震的な配慮(フェールセーフ等)が必要になる。また長野県神城断層地震の断層の走向が南北と推定されるが、強震記録や墓石の倒壊方向は南北方向への卓越が確認されており、今後は現地調査結果等を踏まえ、シミュレーション等のより詳細な検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 久田嘉章：震源近傍の強震動－改正基準法の設計用入力地震動は妥当か？－、第29回地盤震動シンポジウム、日本建築学会、2001、pp. 99-110.
- 2) 久田嘉章：活断層と建築の減災対策、活断層研究、No. 28、2008、pp. 77-87.
- 3) 素嶺一起：カリフォルニアの被害地震と兵庫県南部地震、科学、70(2), 93-97 (1996)
- 4) 日本建築学会：1999年台湾・集集地震、第I編 災害調査報告書、「第1章 地震及び地震動」、2000、pp. 1-11.
- 5) 境有紀、吉岡伸悟、素嶺一起、壁谷澤寿海：1999年台湾集集地震に基づいた建物被害
- 6) 久田嘉章・久保智弘・松澤佳・松本俊明・田邊朗仁・森川淳：2011年福島県浜通り地震の地表地震断層の近傍における建物被害調査、日本地震工学会論文集 第12巻、第4号(特集号)、2012
- 7) 徳島県防災・危機管理情報「徳島県南海トラフ巨大地震等に係る震災に強い社会づくり条例」について(<http://anshin.pref.tokushima.jp/docs/2013082700049/>)
- 8) 国土地理院、都市圏活断層図 <http://www.gsi.go.jp/>
- 9) 地震調査研究推進本部、糸魚川-静岡構造線断層帯 <http://www.jishin.go.jp/>
- 10) 岡田成幸・高井伸雄：地震被害調査のための建物分類と破壊パターン、日本建築学会構造系論文集論文、第524号、pp. 【65】-【72】、1999
- 11) 後藤浩之・土井一生：2014年長野県北部の地震とその被害調査、京都大学防災研究所年報、第58号A、平成27年6月、2015
- 12) 気象庁：災害時地震速報 平成26年11月22日の長野県北部の地震、東京管区気象台 災害時自然現象報告書 2014年 第3号
- 13) 廣内大助・杉戸信彦・清水龍来：2014年11月22日長野県北部の地震(長野県神城断層地震)に伴う地表変位と活断層、活断層研究、41号、i～ii、2014
- 14) 岡田真介・石村大輔・丹羽雄一・遠田晋次：長野県北部地震にともなう地表地震断層、東北大学災害科学国際研究所、2014年11月22日長野県北部の地震 調査レポート、2014年12月9日
- 15) 笠松健太郎・森川淳・友澤裕介・川角佳嗣・江藤公信・古川拓人：2014年11月22日長野県北部の地震の被害調査(その1)墓石店頭率の調査、日本建築学会大会学術講演梗概集、2015