

熊本地震による木造住宅の被害とその原因

東京大学大学院農学生命科学研究科講師 青木 謙治

1. はじめに

2016年4月14日の21時26分、熊本県を中心とした最大震度7の地震が発生した。筆者はちょうど職場から自宅に帰る途中の電車の中でこの一報を聞き、帰宅後はニュースをつけて被害状況を知ろうとしたが、夜間だったこともありなかなか現地でも被害状況が把握できなかつたようで、翌朝以降の情報を待つこととなった。朝になり、具体的な被害状況が入ってくるようになる、この地震で最大震度7を記録した益城町にて木造住宅を中心に倒壊などの被害が多数出ていることが分かってきた。しかし、ニュースで流れてくる映像を見る限り、築年数がかなり古く、明らかに老朽化した住宅あるいは納屋などが倒壊している様子だったので、地震のマグニチュードはそれなりに大きいものの、木造住宅に対する被害は局所的でそれほどひどいものではないだろうと判断した。

かなり大きな地震（震度6弱以上）が起きると何かしら構造物にも被害が出てくるので、その被害調査に行くのは研究者の使命とも言える重要な仕事ではあるのだが、被害程度が小さい場合は現地周辺で活動している研究者に調査は任せて、こちらは結果報告を待つだけということも少なくない。国土交通省国土技術政策総合研究所（以下、国総研）や国立研究開発法人建築研究所（以下、建研）のように業務として調査に行かなければならない機関は別として、大学や他の研究機関では、現場の混乱も考慮して無闇に調査に行かないことも重要なのである（大抵の場合、調査者が見に行くのは被害の大きい所であり、同じ被害建物に研究者が入り替わり立ち替わり訪れること

になるため、被災者感情的にもあまり好ましくないという意見がある)。そんな事もあって、今回は熊本県や九州地区の研究者に基本的には調査は任せておけば良いかなと思っていたその矢先の4月16日1時25分に、この一連の地震の本震とされる大地震が再び熊本を襲ったのである。再び最大震度7を記録し、14日の地震よりも多くの被害を生じさせる結果となった。

この一連の地震は、“平成28年熊本地震”と名付けられたが、気象庁発表による震度6弱以上の地震は表1のように7回もあった。一般的には、最初に最も大きな地震(本震)が発生し、その後は徐々に規模の小さな地震(余震)が続くものだが、今回の熊本地震の最大の特徴は、震度7を記録した4月14日夜の地震(これは前震だった)のあとに、さらに大きな本震が発生した点である。そのことが、被害要因の分析を難しくしている点もあるのだが、これについてはまた後ほど述べることにする。

表1 2016年4月14日以降に発生した震度6弱以上の地震

発生日時	震央の地名	マグニチュード	最大震度	最大震度を記録した町村
4/14 21:26	熊本県熊本地方	6.5	7	益城町
4/14 22:07	熊本県熊本地方	5.8	6弱	
4/15 0:03	熊本県熊本地方	6.4	6強	
4/16 1:25	熊本県熊本地方	7.3	7	益城町、西原村
4/16 1:45	熊本県熊本地方	5.9	6弱	
4/16 3:55	熊本県阿蘇地方	5.8	6強	
4/16 9:48	熊本県熊本地方	5.4	6弱	

2. 木造住宅の被害調査(益城町を中心に)

本震の後、益城町や西原村、あるいは南阿蘇村において木造建築物の倒壊が相次いでいるという情報が入ってきた。国総研や建研の研究者は既に現地入りしており、本震をまともに受けた人もいたようであるが、そういった方々からの速報を見る限り、局所的ではあるものの、かなり被害が大きそうだ

いう感触を掴むことができた。

その後、日本建築学会九州支部を中心に調査隊を組織し、最も被害が大きいとされる益城町について、ある範囲に含まれる建物を全て調査する“悉皆調査”を行う予定であることや、それにあたり調査員が足りないので全国から協力者を募るといった情報が流れてきた。調査実施時期はゴールデンウィークの真ただ中であつたが、連休後は建物の解体なども始まる恐れがあるため、なるべく早くとのことで連休中の調査に協力することとなった。2016年5月3日～8日にかけて全国から熊本に研究者が集結し、2～3日程度ずつの協力ではあつたが、延べ2652棟の建物の調査を行い、記録シートにまとめる作業を行った。

悉皆調査では1チーム4名程度に分かれ、写真係、記録係、判定係を分担して1物件15～20分程度をかけて様々な記録を取った。ここでは特に着目した木造住宅の建設年代と被害状況の関係について述べてみたい。木造住宅の耐震性に関する国の基準は、1981年の建築基準法改正（俗に“新耐震設計法”と言われる。以下、新耐震基準）を境に大きく変化している。耐震性を確保するためには、住宅の中に筋かいを入れた壁や面材料を釘打ちした壁（これらを耐力壁という）を必要な量だけ設ける必要があるのだが、その耐力壁の量が1981年の新耐震基準で大きく引き上げられたのだ。よって、それまでの古い基準で建てられた住宅は耐震性が低いこととなり、1995年の阪神大震災でもこの1981年以前に建てられた古い木造住宅が大きな被害を受けたことから、国としては積極的に耐震補強して耐震性を上げる事を推奨している。また、2000年の建築基準法改正においても、木造住宅に関しては必要な耐力壁の量は変わらなかったものの、柱の上下を留める金物の選び方や留め付け方法を中心に、曖昧だった基準が厳格化された。これらの法改正に対応するように木造住宅の耐震性は徐々に高まってきていることが実大サイズの木造住宅の振動台実験などにより分かっているのだから、被害を受けた建物がどの年代に建てられた建物なのかを把握することにより、耐震性のレベルと建物の被害程度の大雑把に見ることができるのである。そのような視点で被害地域の調査を行う際、木造住宅の建設年代を見分けるのに最も分かりやすい指標が、接合部の金物の留め付け方である。前記の法改正に対応するように、柱の端部や筋かい端部に留め付ける金物の種類が変わっ

てきているため、主に接合部を中心に調査をすることによって、大体の建設時期を推定することが可能なのである。

2.1 1981年以前に建設された古い住宅

そのような視点で悉皆調査を行うと、益城町の木造住宅（特に筆者が調査した地域）は1981年以前の古い住宅が非常に多く、そのため大破あるいは全壊・倒壊といった甚大な被害を受けている住宅が多かった（写真1、



写真1 1階が倒壊した古い木造住宅



写真2 1、2階共に大きな残留変形があり倒壊寸前の古い木造住宅

2)。これらの住宅の特徴は、木造軸組構法住宅で耐力壁は筋かいを使った壁や土塗り壁が中心であること、筋かいの端部は釘2、3本で柱や土台に留め付けた程度であること、柱の上下端部にも“かすがい”が付いている程度であること、などが挙げられる。建設年代が古いために元々耐力壁の量が不十分であった可能性が高い上に、接合部の留め付けが不十分であるために地震動を受けて柱が引き抜かれたり、筋かいの端部が外れてしまったりして壁としての機能を果たさなくな

り、結果として倒壊してしまったものと考えられる。

また、この年代の木造住宅は壁の配置に気を配っていない建物も多いため、家の南面が一面大開口のような壁の平面的配置の偏りがあったり、2階が1階よりも小さい造りの場合に2階外壁の下に1階の壁や柱が無いような立面的な不整合があったりするのだが、このような住宅は地震動を受けた際に建物が振れたり、局所的に力が集中して破壊を早めるなど、構造計画の不備に基づくと思われる被害も多く見られた。さらに、築40～50年以上経過した古い建物が多いため、腐朽や蟻害などの生物劣化により木材の強度や接合部の強度が低下していたとみられる事例も数多く存在した。

このように、耐力壁の不足、接合部の不備、壁配置の不備、劣化の影響など、様々な要因が考えられるのだが、いずれも阪神大震災の頃から言われ続けている被害原因であり、今回の地震で新たに露見したものは一つもない。また、幾つかの要因が複合的に影響して倒壊に至っているため、どの影響が最も大きかったかを予測するのも非常に難しくなっている。

2.2 1981年から2000年の間に建てられた住宅

次に、1981年以降2000年以前に建てられた住宅についてであるが、この建物の判定が実は一番難しい。なぜなら、1981年の基準法改正と時を同じくして接合部の仕様が変わったわけではなく、住宅金融公庫（現在の住宅金融支援機構）の標準仕様書で推奨されたことによって徐々に金物の使用が浸透していったためである。そのため、ここでは明らかに1981年以降と判定できる建物の被害状況について述べたい。

この時期の木造住宅は、柱の上下接合部に“かど金物”と呼ばれる接合金物が、筋かいの端部にも“筋かい金物”が付いている事が特徴である。そして新耐震基準に則って耐力壁をバランス良く配置していると、震度7の地震を2回受けた場合でも、**写真3**のように大きく傾斜はしているものの倒壊は免れている事がわかる。もちろん、耐力壁が基準法で要求されているギリギリの量だったり、平面的配置のバランスが悪かったり、金物が適切に付いていなかったりすると倒壊に繋がるため、この年代の建物であっても倒壊した建物はそれなりに見られるのだが、1981年以前の建物と比べるとその割合は明らかに減少していた。



写真3 1階が傾いた新耐震基準以降の木造住宅



写真4 座屈して折れてしまった筋かい耐力壁

なお、特にこの年代の建物被害で特徴的なのが、筋かいを使った耐力壁の被害例が多かったことである(写真4)。筋かい壁の特徴として、筋かいの長さが長すぎたり、断面寸法が小さすぎたり、途中で接いでいたりすると、耐力壁としての性能は低下してしまう。さらに、前震時に筋かいが座屈して折れてしまったり、端部の金物が外れてしまったりして、本震時にはその機能を果たせなくなっていたために倒壊してしまった住宅が多かったのではないかと推測している。

2.3 2000年以降に建てられた住宅

最後に、2000年の建築基準法改正以降に建てられた住宅であるが、これは接合部が金物でより強固に留め付けられており、建設年代的に新しいこともあって大きな被害を受けている住宅は少ない。しかし、中には写真5のように倒壊しているものもあった(2652棟中7棟程度)。我々研究者としては、このように現在の建築基準で建てられた新しい住宅が何故倒壊してしまった

のかという点に一番関心があり、多くの研究者がこれら数少ない事例を見に行き、図面を入手したり解体調査をしたりしてその原因究明を行っている。筆者は悉皆調査で訪れただけであり詳細な調査はできていないが、外観上をザッと眺めただけでも接合部にはきちんと金物が施工されており（写真6）、耐力壁の量も特段少ないようには見えないため、何故倒壊してしまったのか不思議であった。前震時には残留変形はほとんど無かったにも拘わらず本震で倒壊したそうなので、



写真5 2000年以降に建てられた木造住宅の倒壊



写真6 きちんと金物が留め付けられていた接合部

前震時にそれなりに大きな変形を経験して接合部が緩んだり部材が一部破壊したりしていた可能性はある。また、外壁の仕上げ材がかなり重たい仕様のもので使っていたようなので、本来であればもう少し耐力壁の量を増やして耐震性に余裕を持たせておくべきだったのかもしれない。

この物件以外にも6棟ほど倒壊物件があったが、各種調査結果による被害原因について大まかな傾向を纏めると、接合部の仕様が不十分なものが3棟、地盤の崩壊が原因だったものが1棟で、あとは現段階で原因不明との



写真7 外観上無被害の木造住宅

ことである。

一方で、この年代の建物は非常に耐震性が高くなっているのも事実なので、外観上は無被害の建物も沢山見られた。特に、全国展開する大手住宅メーカーの物件は大きな被害報告は皆無であるし（写真7）、きちんと構造計算をして建てられ

た建物についても被害報告はほぼ無い（地盤の影響や、隣の住宅が倒れてきた影響などは除く）。近年は「住宅の品質確保の促進等に関する法律（2000年施行）」や「長期優良住宅の普及の促進に関する法律（2009年施行）」など、住宅の様々な性能を高める事を推進する法律が制定されていることもあり、耐震性を高めた住宅も多くなってきている。そのため、耐震性のレベルが建築基準法で要求されているレベル（これを耐震等級1という）の1.5倍（これを耐震等級3という）確保している建物も多く、中にはそれ以上の実力を持っている住宅も存在する。そのような建物であれば、今回のような震度7を2回受けるような地震であっても建物の被害はかなり少なく抑えることができるだろう。

2.4 被害調査のまとめ

以上、最も被害の大きかった益城町の被害について建設年代別に被害傾向を見てきたが、建設年代と被害程度を見ると図1のようになる。同図は、益城町で悉皆調査を行った2652棟のうち、木造住宅の1940棟（納屋などを除く）を分類したものであるが、最も古い新耐震基準（1981年）以前の住宅は大破と倒壊・全壊を合わせた割合が約50%に達しており、無被害が5%以下であることを合わせて考えると、やはり基本的な耐震性が劣る仕様であった事がわかる。次に新耐震基準以降2000年改正以前の住宅では、大破・倒壊・全壊が20%弱と大きく減少するが、小破などを含め何らかの

被害を被った住宅の割合は約80%にも上ることから、接合部の緊結が不十分だったり筋かい壁が十分に機能しなかったりしたことにより震度7クラスの大きな地震に対しては十分な耐震性を備えていなかったとみる事ができるだろう。最後

に、2000年改正以降の新しい住宅に関しては、大破・倒壊・全壊が10%以下で無被害も50%以上あることから、基準法の改正に伴って徐々に耐震性のレベルが上昇してきたことが見て取れる。

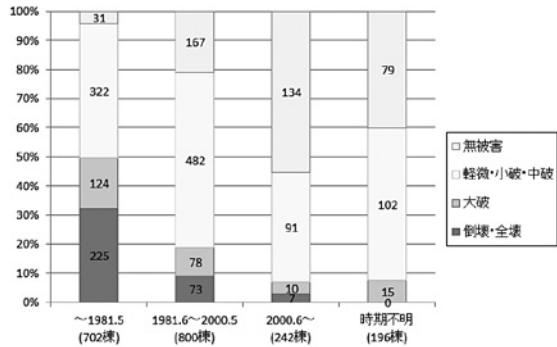


図1 建設年代別の木造住宅の被害状況
(データ提供：国総研 中川貴文氏)

3. 熊本地震の特徴と教訓

以上、熊本地震の被害調査結果から木造住宅の建設年代と被害傾向の関係を見てきたが、本章では熊本地震の特徴とそれに伴う今後の課題あるいは教訓について少し述べてみたい。

今回の熊本地震は、震度7が2回記録されるという珍しい地震であり、益城町の木造住宅でも、前震には何とか耐えたが本震で倒壊してしまったという事例が数多く見られた。そのため、倒壊原因などを調査しようにも、どちらの地震でどの程度の被害を受けたのかがよく分からなくなってしまい、原因究明がしづらくなったように感じた。

現在の建築基準法は震度7レベルの地震に1回は何とか耐えられるが、2回目に倒壊しないことは保証しておらず、そういう意味では今回の地震で2000年以降の住宅でも倒壊事例が出てしまったのはある意味致し方ないところである。しかし、住宅を建てる人々の気持ちからすれば、苦勞して建てた自分の家が地震によって大きな被害を受け、建て直したり解体したりする羽目になるのは絶対に避けたいだろうし、なるべく被害を小さくして地震後

も安心して住み続けられるようにしたいと思うだろう。

そういう意味では、これまで以上に木造住宅の耐震性に対する要求が強まるだろうし、震度7を数回受けても被害を受けないくらいの耐震性を確保したいという声が大きくなっていくだろう。木造住宅の場合、そのような高い耐震性を確保するのはそれほど難しいことではなく、耐力壁自体を強くしたり、耐力壁を配置する量を増やしたりすることによって比較的簡単に耐震性を上げる事が出来る。もちろん、材料費や施工費が若干増えるだろうし、周辺部材や基礎なども多少強くしないといけないかもしれないが、金額はせいぜい数万円から高くても数十万円程度で、住宅全体の建設費に占める割合はそれほど高いものではない。

そういった観点から今後の木造住宅の耐震性の目標値を考えると、既報(青木 2016)にも書いたことではあるが、建築基準法の要求レベルの最低でも1.5倍の耐震性を持たせる(耐震等級3に相当する)ことが重要で、我々研究者側は、その意味や効果について声を大にして社会に発信していくべきだし、住宅メーカー等の施工者側も耐震等級3のレベルを標準仕様とするくらいの事をして頂きたい。また、既存の木造住宅に住んでいる方々に関して言えば、自治体などに相談して耐震診断を受けると共に、必要性能の1.5倍を確保するように適切に補強・改修をすることを目標として頂きたいと考えている。建築基準法よりも高い性能を当たり前要求し実現すること、それこそが、熊本地震の教訓として後世に伝えていくべき事ではないだろうか。

〔参考文献〕

青木謙治 (2016) 益城町の被害から見えてくる木造住宅の課題、グリーン・パワー 451、6-7.



青木 謙治 (あおき・けんじ)

東京大学大学院農学生命科学研究科講師。東京大学助手、独立行政法人森林総合研究所研究員等を経て現職。専門は木質材料学、木質構造学。木材・木質材料の性能評価や壁・床等の構造要素の耐力評価を通じて、より安心で安全な木質構造を実現する事を目指している。1972年生まれ。