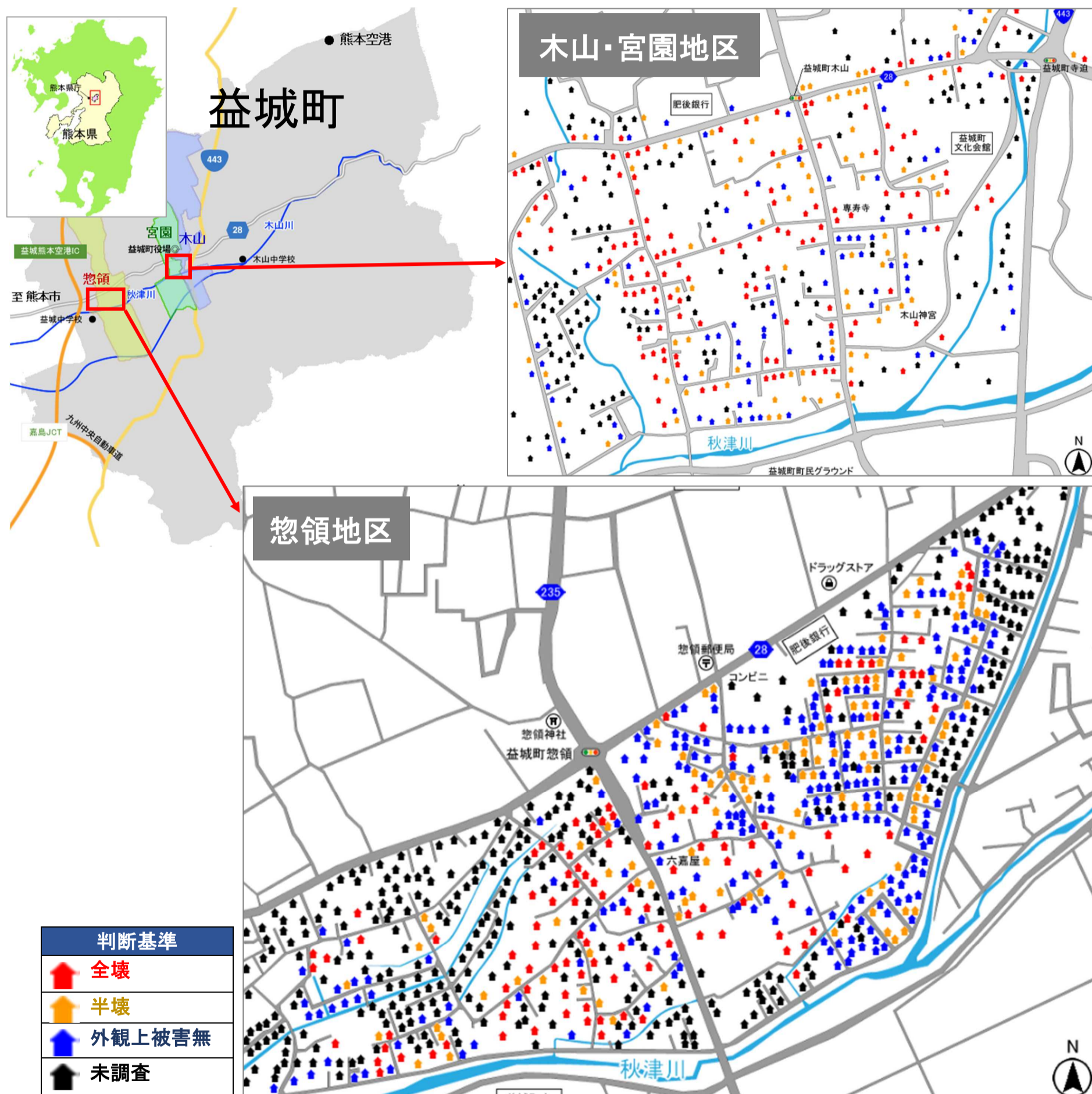


# 平成28年熊本地震 調査報告（木造住宅）

ホームズ君すまいの安心フォーラム

株式会社インテグラル

2016年6月23日



## ■調査概要

本調査は、平成 28 年熊本地震の被災地における木造住宅の竣工年代別の被害状況と特徴の分析を目的として、熊本県上益城郡益城町を中心に、現地調査を行ったものである。

表 1：調査日、調査者、調査対象など

調査日	2016年 5月2日(月)、5月20日(金)、5月26日(木)
調査地	熊本県上益城郡益城町 (木山地区、宮園地区および惣領地区の一部)
調査対象	木造住宅 (調査棟数:約820棟)
調査者	株式会社インテグラル 柳澤 泰男(一級建築士、茨城県木造住宅耐震診断士)、 藤間明美、木村良行、落合小太郎、坂入徹、渡辺真
調査報告 ホームページ	「ホームズ君ドットコム」 →「よくわかる耐震」→「平成28年熊本地震 調査報告」 <a href="http://jutaku.homeskun.com/taishin/jishin/2016_kumamoto_eq.html">http://jutaku.homeskun.com/taishin/jishin/2016_kumamoto_eq.html</a>

## ■倒壊分析マップ

インテグラルが調査を行った「辻の城地区」「木山・宮園地区」および「惣領地区」の 920 棟の木造住宅について、建物の位置、被害状況をまとめた。

### ▼倒壊分析マップ

URL : <https://mypage.homeskun.jp/contents/eq/kumamoto/>



宇土市役所



## ■地震の概要 (注1)

平成 28 年熊本地震の地震動や被害の概要は次の通り。

表 2：地震情報

※2016 年 4 月 14 日(木)～4 月 16 日(土)に益城町周辺で震度 5 弱以上を観測した主な地震

地震発生日時	「前震」 2016/4/14(木) 21:26	2016/4/14(木) 22:07	2016/4/14(木) 22:38	2016/4/15(金) 00:03	「本震」 2016/4/16(土) 01:25
最大震度 (地点)	<b>震度 7</b> (益城町宮園)	<b>震度 6弱</b> (益城町宮園)	<b>震度 5弱</b> (宇城市小川町)	<b>震度 6強</b> (宇城市豊野町)	<b>震度 7</b> (益城町宮園、 西原村小森)
マグニチュード	M 6.5	M 5.8	M 5.0	M 6.4	M 7.3
震源の深さ	11km	8km	11km	7km	12km
最大加速度 (観測点)	1,580ガル (KiK-net益城)	710ガル (KiK-net益城)	(不明)	606ガル (KiK-net益城)	1,362ガル (KiK-net益城)
震央	熊本県熊本地方	熊本県熊本地方	熊本県熊本地方	熊本県熊本地方	熊本県熊本地方

表 3：被害総数 ※2016 年 6 月 7 日(火)14:00 時点

	死亡	重軽傷		全壊	半壊	一部破損
人的被害(人)	49	1,663	建物(住宅)被害(棟)	7,151	21,181	102,031

(このほか、分類未確定分の住家被害数：3,330 棟)

## ■住宅の被害の概要

### ●1981 年以前に建てられた住宅

外観や仕様などから推測すると、調査した被災地域の住宅の多くが、1981 年以前に建てられたものと推測される。これらのほとんどは、倒壊など全壊相当の被害を受けたと見受けられる。



### ●1981 年～2000 年に建てられた住宅

1981 年の建築基準法の大幅改正により耐震基準が強化された。

この基準が適用された 1981 年～2000 年に建てられたと推測される住宅においても、やはり多くの住宅が、倒壊を含め、全壊あるいは半壊相当の被害を受けたと見受けられる。



### ●2000 年以降に建てられた住宅

2000 年の建築基準法の改正により耐震基準がさらに強化された。しかし、2000 年以降に建てられた住宅の一部でも、倒壊の被害が確認されている。



## ■建築基準法の耐震基準の変遷

大地震が起こるたびに、建築基準法は大幅に改正され、耐震基準が強化されてきた（表 4）。このため、建物の竣工年すなわちどの年代の建築基準法に適合しているかによって、建物の耐震性が異なり地震被害の程度や要因も異なる。

なお、本報告では、各耐震基準を表 4 に記した名前で呼称する。

建築基準法関連の法令・告示や、国土交通省の資料などによると、新耐震基準（1981 年）および現行の強化新耐震基準（2000 年）の想定は次の通りである。（注 2、注 3）

（本報告では、下記想定にある大地震について、「大規模の地震動」という呼称を主に用いる）

### 「大規模の地震動（震度 6 強～7 に達する程度）で倒壊・崩壊しないこと」

⇒建築物の存在期間中に1度は遭遇することを考慮すべき極めて稀に発生する地震動に対して倒壊・崩壊するおそれのないこと（注 2）

### 「極めて稀に（数百年に一度程度）発生する地震（建築基準法施行令第 88 条第 3 項に定めるもの）による力に対して倒壊・崩壊等しない」

※極めて稀に発生する地震による力は、例えば、東京を想定した場合、気象庁の震度階で震度 6 強から 7 程度（中低層の建物に作用する地動の最大加速度で 300～400cm/s<sup>2</sup> 程度）に相当するといえる。（注 3）

また、住宅の耐震性能については建築基準法とは別の指標として、2000 年施行の「住宅の品質確保の促進等に関する法律」（以下、品確法）による住宅性能表示制度の耐震等級がある。この耐震等級 2 および耐震等級 3 は、建築基準法より大きい地震力を想定している（表 5）（注 3）。

表 4：建築基準法の耐震基準の変遷（注 2）

建築基準法の耐震基準 （本報告での呼称）	建築基準法の改正日	改正の概要 （木造住宅に関する内容）
旧耐震基準（1981 年以前）	—	—
新耐震基準（1981 年）	1981 年（昭和 56 年）6 月 1 日	旧耐震基準（1981 年以前）に比べ、必要とされる耐力壁の量（必要壁量）が、最大 38% 増加。
強化新耐震基準（2000 年） （現行の基準）	2000 年（平成 12 年）6 月 1 日	新耐震基準（1981 年）に次の項目が追加された。 1) 基礎の仕様規定の明確化 （地耐力に応じた基礎形式の選定等） 2) 耐力壁配置規定 （4 分割法または偏心率 0.3 以下） 3) 継手・仕口の仕様の明確化 （柱頭柱脚接合金物必須等）

表 5：品確法による住宅性能表示制度の耐震等級（注 3）

品確法による 住宅性能表示の耐震等級	耐震等級の想定する耐震性能
耐震等級 1（相当）	建築基準法程度 ↓ 極めて稀に（数百年に一度程度）発生する地震による力 に対し倒壊、崩壊等しない （耐震等級 2 および等級 3 に該当しない建物）
耐震等級 2	極めて稀に（数百年に一度程度）発生する地震による力の 1.25 倍の地震力 に対し倒壊、崩壊等しない
耐震等級 3	極めて稀に（数百年に一度程度）発生する地震による力の 1.5 倍の地震力 に対し倒壊、崩壊等しない

## ■建物の竣工年別の被害状況

建築基準法の耐震基準と、品確法による住宅性能表示制度の耐震等級をふまえ、竣工年と耐震等級別に、被害の状況をまとめた。（表 6）

表 6：建物の竣工年別・耐震等級別の被害状況

記号	竣工年	建築基準法の耐震基準	品確法による住宅性能表示制度の耐震等級	被害状況（現地調査で確認した状況）	
A	1981年以前	旧耐震基準（1981年以前）	（未施行）	全壊相当の被害が多い	
B	1981年～2000年	新耐震基準（1981年）	（未施行）	全壊や半壊相当の被害が多い	
C	2000年以降	強化新耐震基準（2000年）	耐震等級1（相当）	<b>建築基準法程度</b> ↓ 極めて稀に（数百年に一度程度）発生する地震による力 に対し倒壊、崩壊等しない （耐震等級2および等級3に該当しない建物）	被害はA・Bに比べ少ないが、一部で倒壊（全壊）した建物も確認した
			耐震等級2	極めて稀に（数百年に一度程度）発生する地震による力の1.25倍の地震力 に対し倒壊、崩壊等しない	被害はA・B・耐震等級1相当に比べ少ないが、一部で倒壊（全壊）した建物も確認した
			耐震等級3	極めて稀に（数百年に一度程度）発生する地震による力の1.5倍の地震力 に対し倒壊、崩壊等しない	被害の有無は不明

### ▼A：旧耐震基準（1981年以前）で建てられた建物の被害について

1981年以前に竣工した建物は、旧耐震基準（1981年以前）で建てられたと考えられる。これらの建物の被害の状況は、全壊相当の被害が多数見られた。その原因として、旧耐震基準（1981年以前）では建築基準法における必要壁量が新耐震基準（1981年）に比べて少なく、基礎が無筋であること、接合部の金物も使われていないことが考えられ、「大規模の地震動」（震度6強～7に達する程度）に耐えられなかったと考えられる。

### ▼B：新耐震基準（1981年）で建てられた建物の被害について

1981年から2000年以前に竣工した建物は、新耐震基準（1981年）で建てられたと考えられる。全壊・半壊相当の被害が多く見られた。その原因として、新耐震基準（1981年）は必要壁量が旧耐震基準（1981年以前）に比べ最大38%増加しているが、壁の配置のバランスが考慮されていないことや、接合部の緊結強度の不足が考えられる。

### ▼C：強化新耐震基準（2000年）で建てられた建物の被害について

2000年以降に竣工した建物は、強化新耐震基準（2000年）で建てられたと考えられる。これらは、AやBに比べて倒壊の被害が少なかった。

しかし、2016年5月14日付の日本建築学会の熊本地震の被害調査速報会によれば、強化新耐震基準（2000年）で建てられた400～500棟の住宅のうち、「倒壊」が4～9棟、「全壊」が6～8棟、合わせて最大17棟の被害を確認したと報告している。日本建築学会はこれらの原因については、追跡調査を行い、2016年の8月に発表するとしているが、インテグラルは次項の要因イ～トによると考える。

## ■強化新耐震基準（2000 年）で建てられた建物の被害の要因

### 【要因イ】「大規模な地震動」が複数回発生（28 時間以内に震度 7 が 2 回、震度 6 強が 1 回）

平成 28 年熊本地震では、「大規模の地震動」相当の地震が 28 時間以内に計 3 回観測されている。（震度 7 が 2 回、震度 6 強が 1 回）熊本県の災害対策本部会議の資料（注 4）によれば、熊本県上益城郡益城町における住宅の全壊棟数は、前震（2016 年 4 月 14 日 21 時 26 分）直後の資料（2016 年 4 月 15 日 24 時 30 分）では 10 棟と報告されている（ただしこの数は、益城町の安永地区(9 棟)と宮園地区(1 棟)の合計であるが、その時点で判明していた限りの数であり、全地区を網羅的に調査した上での数ではないと推測される）。これに対し、本震の後である直近の資料（2016 年 6 月 12 日 13 時 30 分）では、2309 棟と報告されている。ここから、前震直後には全壊棟数はそれほど多くなかったが、本震により全壊棟数が大幅に増加したと推測することができる。

「大規模の地震動」が複数回発生した場合の建物の倒壊の可能性については、2005 年 11 月に国立研究開発法人 防災科学技術研究所の兵庫耐震工学研究センター「E ディフェンス」（兵庫県三木市）で行われた実大建物振動台実験で報告されている。（注 5）

#### 【実験の概要】

耐震性能が異なる次の 2 物件に対して、震度 7 の地震動（JR 鷹取波）を 2 回加える実験



- ・旧耐震基準（1981 年以前）相当の建物  
（耐震診断の評点：0.50 「倒壊する可能性が高い」）
- ・新耐震基準（1981 年）相当の建物  
（耐震診断の評点：1.84 「倒壊しない」）

この実験から、1 回目の「大規模の地震動」により、見た目の被害は無くても建物全体の耐震性能がおよそ 65%程度低下し、そこへ直後に発生する 2 回目の「大規模の地震動」を受けると、倒壊などの被害が発生する可能性が示されている。

このため、今回の平成 28 年熊本地震においても、強化新耐震基準（2000 年）で建てられた建物や、耐震等級 2 に適合した建物（大規模の地震動の 1.25 倍の地震力を想定）であっても、1 回目の「大規模の地震動」では倒壊に耐えたとしても、実際には耐震性能の大幅な減少が起り、2 回目の「大規模の地震動」で倒壊に至った建物が発生したと考えられる。

### 【要因ロ】地震動の周期（1～2 秒）の継続時間が長かった

平成 28 年熊本地震の本震は、周期 1～2 秒における加速度応答が大きかった（注 6）。

この周期の地震動は、木造住宅に大きな被害を及ぼす。過去の大地震においても、例えば「兵庫県南部地震」（最大震度 7）でもこの周期 1～2 秒における加速度応答が大きく、木造住宅の地震による被害が大きかった。しかし、「岩手・宮城内陸地震」（最大震度 6 強）では、周期 1～2 秒における加速度応答が小さかったため、震度に比べ建物被害が少なかった。

「震度階級＝建物被害の程度」と捉えがちであるが、地震動の周期と継続時間によって建物被害に大きな差が出てくることが知られており、震度階級と被害の関係は全体的な傾向としては合っているが、詳細には、震度と木造住宅の被害は必ずしも比例しない。

【要因ハ】地震動の加速度が「大規模の地震動」の中でも大きかった可能性がある

気象庁が発表する「震度」は通常、「震度階級」を指す。「震度階級」は、実際に計測された「加速度」から求める「計測震度」をもとに決められている（表 7）。また、「計測震度」と「加速度」の関係を図 1 に示す。これらをもとに「大規模の地震動」（震度 6 強～7 に達する程度）を計測震度で言い直すと、「計測震度 6.0 以上」である。

表 4 と図 1 から、建築基準法が想定する「大規模の地震動」（震度 6 強～7 に達する程度）と照らし合わせると、次のことが言える。

- ・「震度 6 強」は「計測震度 6.0 以上 6.5 未満」
- ・「震度 7」は「計測震度 6.5 以上」

さらにここから、次のように言える。

- ・「計測震度 6.0」（震度 6 強）と「計測震度 6.5」（震度 7）では加速度が約 1.7 倍異なる
- ・「計測震度 6.0」（震度 6 強）と「計測震度 7.0」（震度 7）では加速度が約 3.1 倍異なる

また、震度階級は「震度 7」が上限であり、加速度や計測震度がどれだけ大きいても同じ「震度 7」と表現されることである。

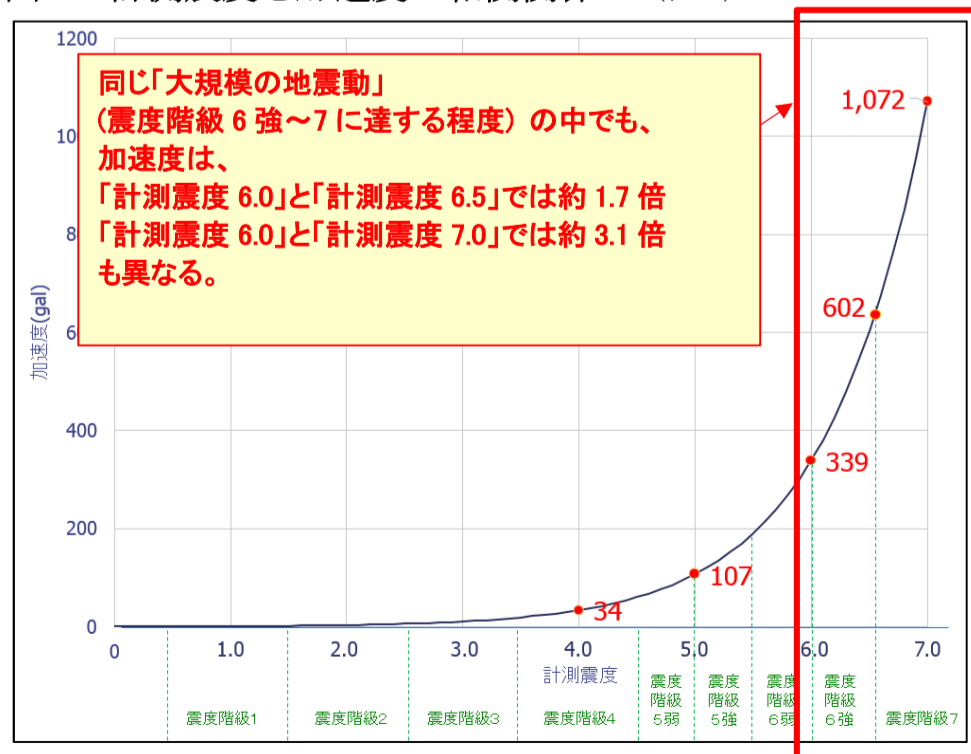
しかし、新耐震基準（1981 年）、強化新耐震基準（2000 年）で想定する「大規模の地震動」は、前述の通り、「震度 6 強から 7 に達する程度」であるが、震度 7 の範囲としてどの程度の加速度や計測震度までを想定しているかまでは示されていない。

以上から、平成 28 年熊本地震では、「大規模の地震動」の中でも加速度が大きい「計測震度 7.0」と同等かそれ以上の加速度が発生した可能性があり、そのために被害が大きくなった可能性が考えられる。

表 7：「震度階級」と「計測震度」（注 7）

計測震度	震度階級	人の体感・行動	本造建物(住宅)の状況	
			耐震性が高い	耐震性が低い
0.5未満	0	人は揺れを感じないが、地震計には記録される。	-	-
0.5以上1.5未満	1	屋内で静かにしている人には、揺れをわずかに感じる人がいる。	-	-
1.5以上2.5未満	2	屋内で静かにしている人の大半が、揺れを感じる。眠っている人の中には、目を覚ます人もいる。	-	-
2.5以上3.5未満	3	屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる。歩いている人の中には、揺れを感じる人もいる。眠っている人の大半が、目を覚ます。	-	-
3.5以上4.5未満	4	ほとんどの人が驚く。歩いている人のほとんどが、揺れを感じる。眠っている人のほとんどが、目を覚ます。	-	-
4.5以上5.0未満	5弱	大半の人が、恐怖を覚え、物につかまりたいと感じる。	-	壁などに軽微なひび割れ・亀裂がみられることがある。
5.0以上5.5未満	5強	大半の人が、物につかまらなさと歩くことが難しいなど、行動に支障を感じる。	-	壁などにひび割れ・亀裂がみられることがある。
5.5以上6.0未満	6弱	立っていることが困難になる。	壁などに軽微なひび割れ・亀裂がみられることがある。	壁などのひび割れ・亀裂が多くなる。壁などに大きなひび割れ・亀裂が入ることがある。瓦が落下したり、建物が傾いたりすることがある。倒れるものもある。
6.0以上6.5未満	6強	立っていることができず、はわないと動くことができない。揺れにほんろうされ、動くこともできず、飛ばされることもある。	壁などにひび割れ・亀裂がみられることがある。	壁などに大きなひび割れ・亀裂が入るものが多くなる。傾くものや、倒れるものが多くなる。
6.5以上	7		壁などのひび割れ・亀裂が多くなる。まれに傾くことがある。	傾くものや、倒れるものがさらに多くなる。

図 1：計測震度と加速度の相関関係（注 7）



【要因ニ】被害を受けた建物において軟弱地盤相当であった可能性

軟弱な地盤に大地震が発生した場合、地震力の増幅や液状化現象が発生する恐れがある。そのため、建築基準法では軟弱地盤である前提で建物を設計する場合、建築基準法施行令第 46 条の壁量計算における必要壁量が 1.5 倍になるなど、軟弱地盤でない場合に比べ、大幅に高い耐震性能が必要になる。

参考) 建築基準法施行令 第 46 条（構造耐力上必要な軸組等）第 4 項 ※いわゆる壁量計算に関する記述

4 (中略) (特定行政庁が第 88 条第 2 項の規定によって指定した区域内における場合においては、表二に掲げる数値のそれぞれ一・五倍とした数値) (以降略)

「軟弱地盤である場合、必要壁量を 1.5 倍にする」事を示す

参考) 建築基準法施行令 第 88 条（地震力）第 2 項 ※構造計算における地震力の計算に関する記述

2 標準せん断力係数は、0・二以上としなければならない。ただし、地盤が著しく軟弱な区域として特定行政庁が国土交通大臣の定める基準に基づいて規則で指定する区域内における木造の建築物（第四十六条第二項第一号に掲げる基準に適合するものを除く。）にあつては、0・三以上としなければならない。

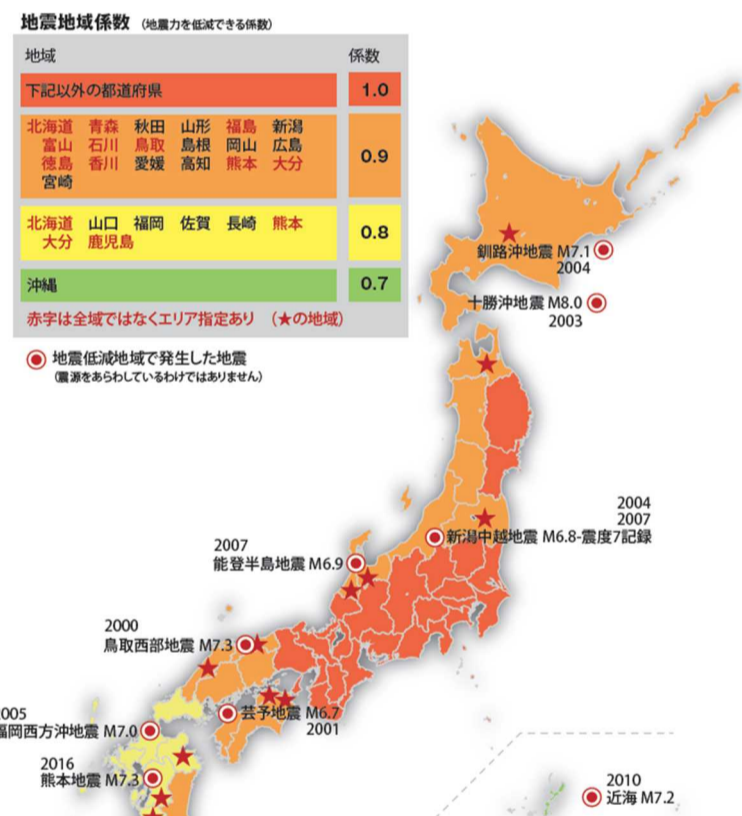
「軟弱地盤である場合、地震力を 1.5 倍 (0.3÷0.2) にする」事を示す

平成 28 年熊本地震で住宅の被害が多く見られた益城町は、被災地の一部地区の地盤は軟弱地盤相当であった可能性が指摘されている。仮に設計が軟弱地盤でない前提である状態で、実際には軟弱地盤の状態であったならば、建物の耐力が不足し、想定（軟弱地盤でない想定）以上の被害が発生した可能性が考えられる。

【要因ホ】熊本の地震地域係数が「0.9」であった

建築基準法では、通称「地震地域係数」として、地域ごとに地震の頻度を考慮した上で、地震力に乗じて低減する値を定めている。低減しない場合の通常値が「1.0」であるのに対し、値が小さいほど耐震性能を低減させてもよい事を示している。（地震地域係数は、建築基準法における許容応力度計算を含む構造計算や、耐震等級における地震力の算定に用いられるが、建築基準法施行令第 46 条の壁量計算では使用されない）

熊本県は、地震の発生頻度が低いとされ、「0.8」～「0.9」と定められている。このことにより、地震に対する安全性の認識を低め、耐震性能が低い建物が多く存在していた可能性が考えられる。



【要因ヘ】設計上の配慮不足

建築基準法では規定されていないが、設計上、考慮すべきとされている次の検討が行われていない物件が見られた。

○バルコニーの張り出し部分等が考慮されていない

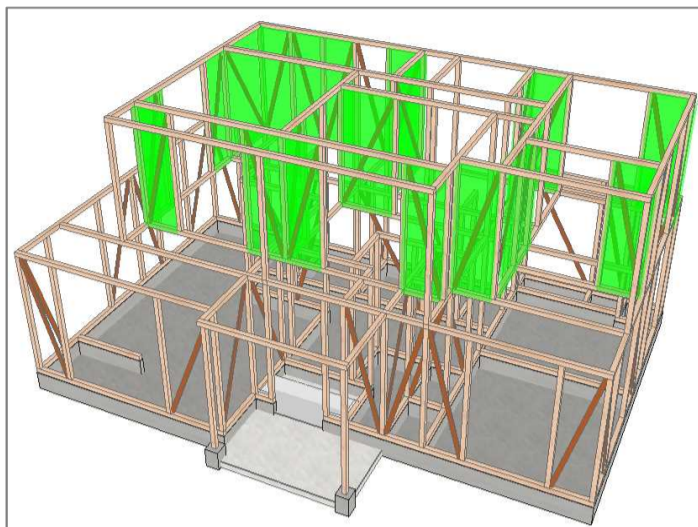
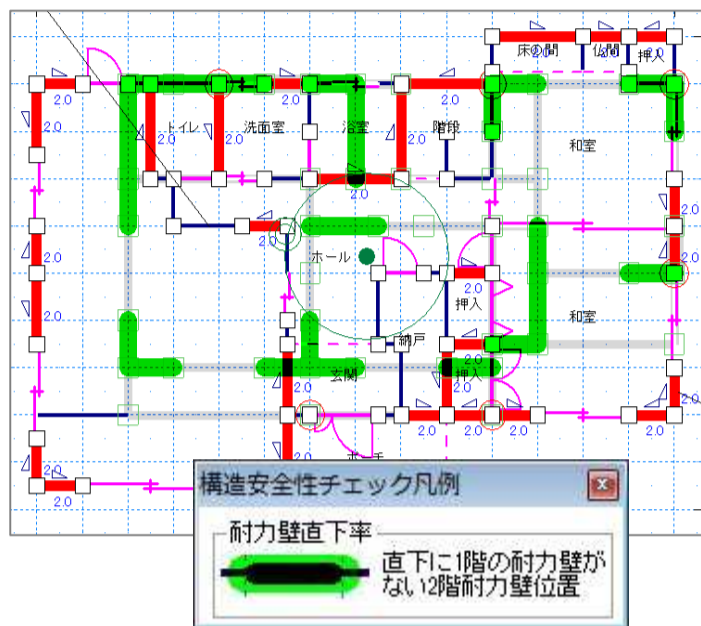
建築基準法施行令第 46 条の壁量計算では、各階の必要壁量を計算するにあたり、各階の床面積をもとにしている。（この計算の考え方は、床面積によって、建物の重量およびそれから求める地震力を推定し、必要壁量を導き出す、というもの）しかし、床面積に、バルコニー張り出し部分やオーバハング、吹抜、ポーチを含める事にはなっていない。

例えば、バルコニーが 1 階の外周線より張り出している場合、実際は、1 階にその荷重がかかってくるはずだが、前述の通りバルコニー張り出し部分は 1 階の床面積に含めることになっていないため、1 階床面積から求める 1 階の必要壁量が少なくなり、結果的に 1 階の壁量が充分でなくなる可能性が考えられる。



○柱や壁（耐力壁）の上下階での直下率が低い（直下率：上階の壁・柱の直下に下階の壁・柱が存在する割合）2階の壁や柱の直下に1階の壁や柱をできるだけ配置することが、構造設計上は望ましい。しかし、平面計画上の要望を優先するために、2階の壁や柱の直下に1階の壁や柱が少ない建物も見られた。

このような建物は地震を受けた場合に、より大きな負担が床や梁にかかる恐れがあるが、建築基準法施行令第46条の壁量計算ではここまでは規定されていない。



○筋かいの向きが偏っている

筋かいの向きは、通常、異なる向きの筋かいが対になるように設計するが、向きが偏っている住宅が見られた。このような状態では、地震動の方向によっては、設計上の耐震性が発揮できず大きな被害を受ける可能性が考えられる。

#### 【要因ト】耐震要素が適切に設計・施工されていなかった可能性

個別の建物の倒壊物件の分析では、次のような状況が見られた。倒壊や損傷の直接的な原因であったかは不明であるが、耐震性能の低下を招いていた可能性が考えられる。

○構造用合板耐力壁を施工困難な位置に設計（仮に施工不良の場合、床倍率や耐震等級2をクリアできなくなる可能性がある）

○筋かい端部の金物の取付不良（漏れ）



○筋かいに切り欠き



## ■まとめ

平成 28 年熊本地震は、現行の強化新耐震基準（2000 年）の施行から 16 年が経過した 2016 年に発生した。現行基準で建築された住宅が十分に存在している状況で発生した地震といえる。いわば、強化新耐震基準（2000 年）の耐震性が試された初めての大規模な地震となった。

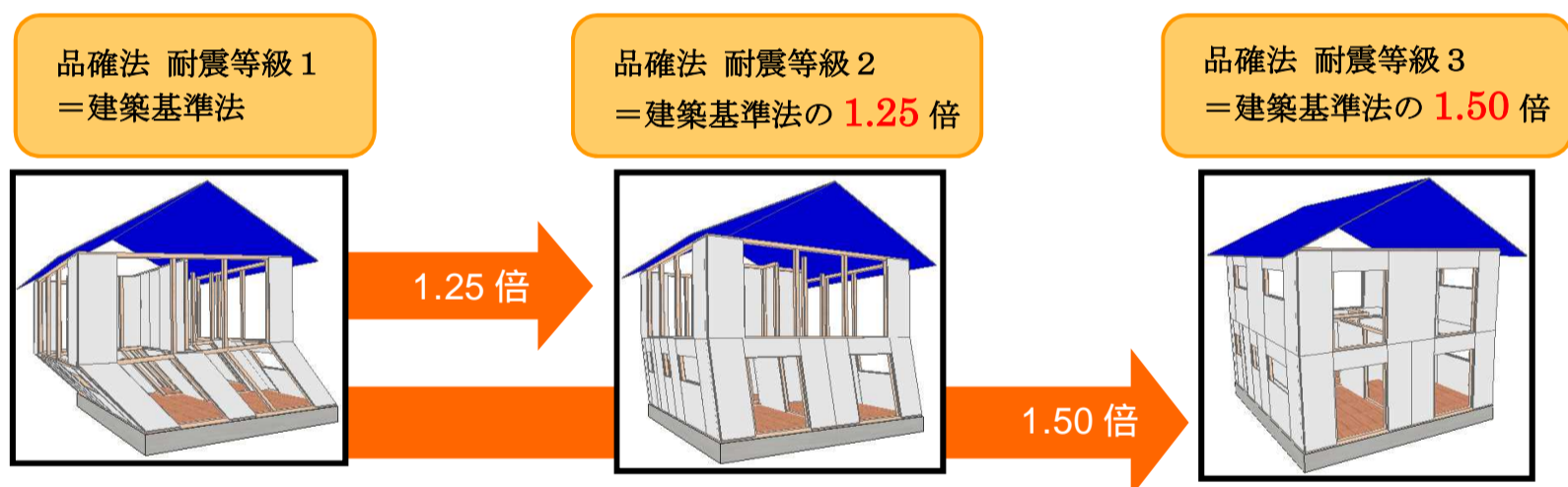
現行の強化新耐震基準（2000 年）の建物は、大規模の地震動に対して倒壊しないことを想定しているが、1 回目の地震動（今回の場合は前震）で耐震性能が大幅に減少し、2 回目以降の大地震動（今回の場合は本震）で倒壊に至る可能性を示した。

今後、より詳細な分析調査等により、耐震基準の見直しも議論されると思われるが、これに対して、耐震等級 3 の耐震性能の建物は、強化新耐震基準（2000 年）の 1.5 倍の地震動に耐える設計基準を示している。設計者がすぐにでもできることとしては、強化新耐震基準（2000 年）は最低レベルの耐震性の確保でしかないことを認識し、今後も大規模の地震動の発生の可能性を想定すれば、まずは自己評価でもよいので、耐震等級 3 または荷重や耐力を精緻に計算可能な許容応力度計算による設計を行うことが、人命や住宅の被害を減らすことにつながると言える。

以下に、今後の被害を防ぐための具体的な対策を提案する。

### ●品確法 耐震等級 3 相当を目標に設計する

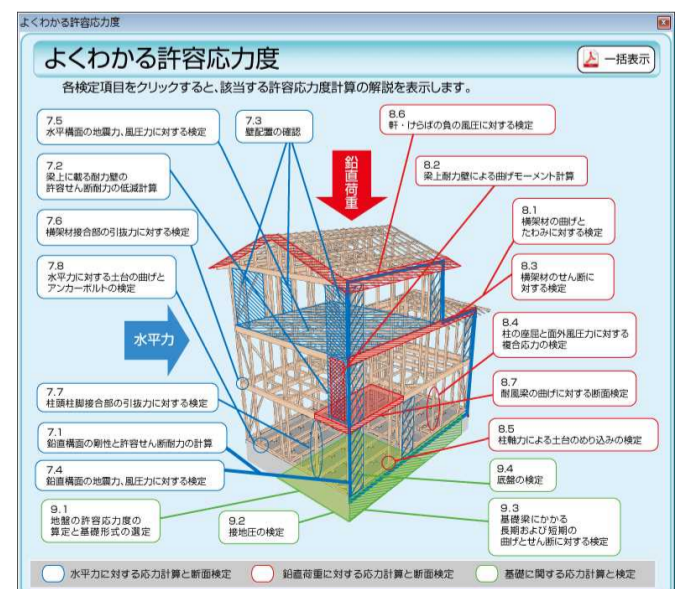
「大規模の地震動」が複数回来ても、木造住宅が倒壊・崩壊を免れるために、耐震等級 3 を目標に設計する。耐震等級 3 が想定する「大規模の地震動の 1.5 倍の地震力で倒壊・崩壊しない」設計・施工となっていれば、耐震性能に余裕が生まれ、今回の地震のように、震度 7 クラスの地震が複数回発生して、仮にその過程で建物にダメージが蓄積されて耐震性能が低下したとしても、倒壊や崩壊を免れ、住宅の目的である生命と財産を守れる可能性が高い。耐震等級 3 にするために新築時に発生するコストは、安全性や将来の被災時の復旧コストを考えれば、十分に意義がある。技術的にも、特殊な技術や部材が無くても、設計・施工が充分可能である。



### ●2 階建て以下の木造住宅でも許容応力度計算（構造計算）を行う

2 階建て以下の木造住宅の多くは、建築基準法第 6 条第 1 項第 4 号で規定する「4 号建築物」である。4 号建築物は、いわゆる「4 号特例」により、確認申請時において、構造安全性チェックである構造計算の審査や図書提出を簡略化することが認められている。これにより実質的には、構造安全性チェックに必要な計算は、壁量計算・壁配置（四分割法または偏心率）・柱頭柱脚接合部（N 値計算）などを行えばよいことになっている。

しかし、これらの計算は、構造計算に比べて大幅に略算的なものであり、建物全体を見て構造的に弱い部分を精緻に把握できない。一方、3 階建ての木造住宅では、許容応力度計算（構造計算）が義務化されている。この許容応力度計算は、4 号建築物である 2 階建て以下の木造住宅でも適用できる構造安全性チェックであり、建物の荷重やその伝達、各部位の耐力を正確に計算できるため、構造的な弱点を詳細に検討し、より高い安全性を担保することができる。したがって、2 階建て以下の木造住宅においても、許容応力度計算を行うことが望ましい。梁せい算定や基礎の配筋についても、スパン表ではなく許容応力度計算を行えば、より精緻な設計が可能になる。



## ●水平構面の検定を行う

建築基準法施行令第 46 条の壁量計算などでは水平構面（床面や屋根面）に関する検定は行っていない。それに対し、耐震等級 2、耐震等級 3 および許容応力度計算では、必須となっている重要な検定項目の一つである。水平構面の検討が重要である理由は、地震力や風圧力などの水平力を各耐力要素（主に耐力壁）に均等に伝えるためには水平構面の剛性が確保されていることが必要になるからである。また、壁線の間隔が大きい場合や、水平構面の剛性が充分でない場合、水平力がかかった時に水平構面が変形する恐れがあり、このような被害を防ぐためにも水平構面の検定を行うべきである。したがって、水平構面の検定が含まれる耐震等級 2、耐震等級 3（共に床倍率として検定。耐力壁線間距離は 8m 以下。）、あるいは許容応力度計算のいずれかを行うべきである。

## ●壁量充足率を 1.50 以上にする

強化新耐震基準（2000 年）で建てられた建物であっても、壁量計算の基準をギリギリでクリア（壁量充足率 1.00～1.10 程度）しているような建物は、「大規模の地震動」により倒壊する恐れがある。壁量は余裕のある設計、つまり壁量充足率を 1.50 以上にするべきである。

## ●軟弱地盤が疑われる場合、軟弱地盤割増として地震力を 1.5 倍する

たとえ特定行政庁から軟弱地盤と指定されていなくても、設計者は、地盤調査の結果や過去の地形や地震の記録を調べて軟弱地盤であることが疑われる場合は、軟弱地盤として計算するべきである。具体的には、次の通り。

- ・ 建築基準法施行令第 46 条の壁量計算 : 必要壁量を 1.5 倍する。
- ・ 品確法耐震等級 : 必要壁量を 1.5 倍する。
- ・ 許容応力度計算 : 地震力を 1.5 倍にする。  
(標準せん断力係数  $C_0$  を「0.2」から 1.5 倍の「0.3」へ変更する)

これにより、万一、軟弱地盤による地震力の増幅が発生したとしても、建物の倒壊や崩壊を免れる可能性が高くなる。また、仮に液状化や地盤沈下が発生したとしても、倒壊・崩壊を免れれば、建物が傾斜する程度で済み、生命や財産を守れる可能性が高くなる。

## ●地震地域係数を「1.0」で計算する

今回のように、地震地域係数が「0.9」と定められていた熊本地域でも「大規模な地震動」が頻発した事は、日本全国において例外無く同様の大地震に備える必要があることを示唆している。日本全国いずれの地域でも地震地域係数を「1.0」で計算するべきである。

## ●壁や柱の直下率を上げる

建築基準法のみで検討する場合は、2 階の壁や柱の直下に 1 階の壁や柱をできるだけ配置することが、構造設計上は望ましい。（推奨値：柱直下率 60%以上、壁直下率 65%以上）

しかし、平面計画上の要望を優先するために、2 階の壁や柱の直下に 1 階の壁や柱が少ない建物も多く見受けられる。このような建物は、地震を受けた場合に、床や梁により大きな負担がかかる恐れがあるが、建築基準法ではここまでは規定されていない。

**脚注**

※(国研)は「国立研究開発法人」の略称、(公財)は「公益財団法人」の略称

(注 1) 出典：地震、被害の概要

- ・内閣府「熊本県熊本地方を震源とする地震に係る被害状況等について」 <http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/index.html>
  - ・「平成 28 年(2016 年)熊本県熊本地方を震源とする地震に係る被害状況等について」(平成 28 年 6 月 7 日 16:30 現在)  
[http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/pdf/h280414jishin\\_30.pdf](http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/pdf/h280414jishin_30.pdf)
- ・気象庁「震度データベース検索」 <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>
- ・(国研) 防災科学技術研究所
  - ・「2016 年 04 月 14 日 平成 28 年(2016 年)熊本地震による強震動」平成 28 年 5 月 9 日 14 時 13 分  
[http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/html20160414212621/main\\_20160414212621.html](http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/html20160414212621/main_20160414212621.html)
  - ・「2016 年 04 月 16 日 平成 28 年(2016 年)熊本地震による強震動」平成 28 年 5 月 27 日 15 時 00 分  
[http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/html20160416012405/main\\_20160416012405.html](http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/html20160416012405/main_20160416012405.html)

(注 2) 出典：建築基準法の耐震基準について

- ・国土交通省「住宅・建築物の耐震化について」『1 建築基準法の耐震基準と耐震化の必要性について』  
[http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/jutakukentiku\\_house\\_fr\\_000043.html](http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/jutakukentiku_house_fr_000043.html)

(注 3) 出典：建築基準法、品確法の耐震等級が想定する地震について

- ・建築基準法施行令第 88 条第 3 項
- ・(公財) 日本住宅・木材技術センター  
「2015 年版 木造住宅のための住宅性能表示 ー基本編ー ー構造編ー ー申請編ー」(平成 27 年 10 月 第 5 版) 構造編 P.6
- ・平成 13 年国土交通省告示第 1346 号 (最終改正：平成 18 年国土交通省告示第 1129 号)  
「日本住宅性能表示基準」『別表 1 (新築住宅に係る表示すべき事項等)』  
<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/torikumi/hinkaku/061001hyouji.pdf>

(注 4) 出典・参考：前震と本震の住宅の被害について

- ・熊本県「平成 28 年熊本地震に関する災害対策本部会議資料」 [http://www.pref.kumamoto.jp/kiji\\_15459.html](http://www.pref.kumamoto.jp/kiji_15459.html)

(注 5) 参考資料：地震を受けた建物の耐震性能の低下について

- ・日経 BP 社「日経アーキテクチュア」 2016 年 6 月 9 日号 P.17
- ・NHK「サイエンス ZERO 緊急報告 熊本地震～被害解明に挑む～」(2016 年 5 月 1 日放映)  
【内容(概要)】2005 年 11 月に(国研) 防災科学技術研究所の兵庫耐震工学研究センター「E ディフェンス」(兵庫県三木市)で行われた実大建物振動台実験の一部が収録されている。  
【実験の概要】耐震性能が異なる次の 2 物件に対して、震度 7 の地震動 (JR 鷹取波) を 2 回加える実験
  - ・旧耐震基準 (1981 年以前) 相当の建物 (耐震診断の評点：0.50 「倒壊する可能性が高い」)
  - ・新耐震基準 (1981 年) 相当の建物 (耐震診断の評点：1.84 「倒壊しない」)詳細は、下記の防災科学技術研究所の資料を参照。
- ・(国研) 防災科学技術研究所
  - ・実験の映像 (2005 年 11 月付) <http://www.bosai.go.jp/hyogo/research/movie/movie-detail.html#2>
  - ・実験の概要 (2005 年 11 月 21 日付) <http://www.bosai.go.jp/hyogo/research/movie/pdf/20051121.pdf>
  - ・「平成 17 年度 大都市大震災軽減化特別プロジェクト II 木造建物実験 ー震動台活用による構造物の耐震性向上研究 ー」(平成 20 年 3 月) [http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied\\_tech\\_note/pdf/n320.pdf](http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/pdf/n320.pdf)
  - ・「木造建物実験の評点について」(平成 26 年 6 月 2 日付) ※評点の修正資料  
<http://www.bosai.go.jp/hyogo/research/movie/pdf/20140602.pdf>

(注 6) 出典：地震動の周期について

- ・筑波大学 境有紀 教授 (筑波大学システム情報系教授)  
「熊本地震(4/16 01:25)における KiK-net 益城, 益城町宮園震度計と過去の強震記録との比較」(2016 年 4 月 27 日付)  
[http://www.kz.tsukuba.ac.jp/~sakai/kmm\\_hk2\\_jp.htm](http://www.kz.tsukuba.ac.jp/~sakai/kmm_hk2_jp.htm)
- ・日経 BP 社「日経アーキテクチュア」 2016 年 6 月 9 日号 P.12

(注 7) 出典・参考：「震度階級」「計測震度」について

- ・気象庁
  - ・「気象庁震度階級関連解説表」(平成 21 年 3 月 31 日 運用開始) <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/shindo/kaisetsu.html>
  - ・「計測震度の算出方法」 [http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/kaisetsu/calc\\_sindo.htm](http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/kaisetsu/calc_sindo.htm)

**平成 28 年熊本地震 調査報告(木造住宅)**

2016 年 6 月 23 日 作成

※記載内容の複写、複製(コピー等)を禁じます

【著作 / 発行】

株式会社インテグラル  
株式会社インテグラルテクノロジー  
茨城県つくば市東 2-31-18  
電話: 029-850-3331