

2016年熊本地震における建物被害調査に関する雑感 Sense about Building Damage Survey on the 2016 Kumamoto Earthquake.

池本 敏和
Toshikazu IKEMOTO

金沢大学地球社会基盤学系、講師、博士（工学）、E-mail:tikemoto@se.kanazawa-u.ac.jp
Kanazawa University, College of Science and Engineering, Associate Professor, Doctoral Engineering

2016年熊本地震では、震度7の地震が28時間の間隔をおいて活動したため、震源に近い地区では極めて甚大な被害であった。金沢大学では前震後に調査団を結成し、熊本市内の調査を行った。熊本市内の調査に入ったのが本震の午後であった。本稿に掲載されている写真は本震後のものである。本稿では「建物の地震被害状況」に焦点を当て、他研究者の撮影写真を含めてまとめた。さらに、その時感じた構造設計法について演習問題を通して整理し、地震層せん断力係数について一考した。/In the 2016 Kumamoto earthquake, Kanazawa University formed an investigation team after the pre-quake and conducted structural damages in Kumamoto city. It was the afternoon of the main shock that entered the survey in Kumamoto city. The pictures shown in this paper are those after the main shock. In this paper, we focused on the "earthquake damage of the building" and summarized it including photographs taken by other researchers. In addition, the structure design method felt then was arranged through exercise problems, and the earthquake shear force coefficient was mentioned.

2016年熊本地震、建物の地震被害、構造設計法、地震層せん断力係数

2016 Kumamoto earthquake, earthquake damage of the building, structure design method, earthquake shear force coefficient

1. はじめに

2016年熊本地震では、大地震が間隔をおいて発生したため、震源に近い益城町周辺や熊本城内では過去に例を見ないほどの被害が生じた。金沢大学では前震後に調査団を結成し、熊本市内の調査を行った。熊本市内の調査に入ったのが本震の午後であった。本稿に掲載されている写真は本震後のものとなっている。その時の建物の被害状況を他研究者の写真も含めてまとめた。さらに、調査中に感じたことを紹介する。

一般に、木造住宅には布基礎が使用されている場合が多いが、この地区は布基礎とベタ基礎が一体となっていた。水平構面の剛性を上げることで倒壊を免れたと考えられる。建築時期が比較的若かったことも理由の一因であろう。筋違いの木造住宅が全壊していることを考えると、両筋における地盤状態にはそれほど差のないものと考えられる。

2. 建物の被害状況

(1) 木造住宅

多数の木造住宅が倒壊に至った。特に、益城町周辺における被害が著しく、住宅が倒壊することによって道路閉塞も至る箇所が発生した。写真1は前震時(14日)には損壊状態であったものが16日には倒壊した例である。住民家族は道路反対側のスーパーの駐車場にテント生活中であった。16日未明に発生した本震において、駐車してあった自動車は住宅の下敷きになった。熊本地震においては、このような状況はめずらしいことではなかった。

同地区を踏査すると、写真2のように倒壊せずに残っていた住宅群を発見した。この一角は住宅生活ができる程度の被害に留まった。住民にヒアリングしたところ、住宅内の窓や戸の開閉に若干の問題があるとのことである。また、地震の17年前ほぼ同時期に地区内の住宅は建てられ、同じ建設会社が設計、施工を行っていた。外見上は他同時期に建てられた住宅と変化はみられないものの、基礎の種類に違いが見られた。



写真1 木造倒壊住宅(益城)



写真2 非倒壊の住宅群地区(益城)

(2) 液状化による原因

地盤の液状化による建物の被害例を写真 3 に示す。写真 3 は熊本駅南部の南区刈草地区における被害である。右上側の被害は両側の建物が最終的に密着する方向に傾斜したものである。左上下側は建物が鉛直方向に 30cm 沈下した。これらは建物重心や局所的な液状化の有無、液状化層厚が関係していると考えられる。



写真 3 熊本駅南部 (南区刈草)

また秋津川・木山川東区の間島地区では、写真 4 左下のような河川背後地盤における大規模な側方流動が発生した。地震前の状況 (右上) が 2015 年の Google 写真である。河川法面の側方流動により建物も河川側に流動した (左上)。電柱の上部が取り残され、下部だけが川の方向に移動している。住宅横のスペースでは (右下)、住宅敷地内に地盤の移動距離が見られる。

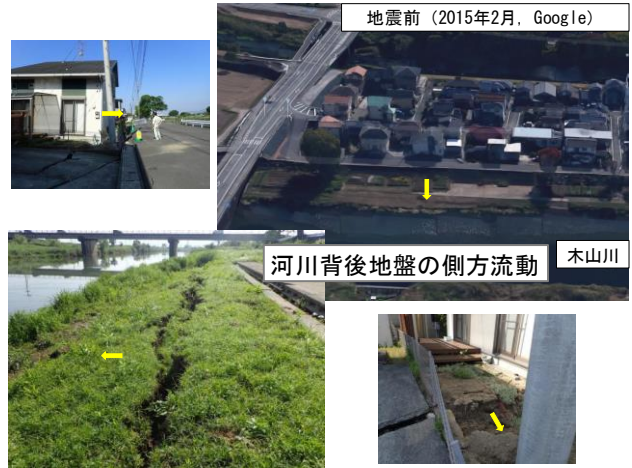


写真 4 秋津川・木山川東区の間島地区



写真 5 益城町 R28 沿線における S 造の被害例²⁾

熊本市西区の集合住宅の 1 階駐車場の層崩壊を写真 7 に示す。1978 年宮城県沖地震の教訓から言われている「駐車場を 1 層部のピロティーに使用」した場合の層崩壊例である。教訓による補強法 (1 層部に補強壁を増設) が行なわれていたなら、このような崩壊を未然に防げた。しかし、熊本から TV 等を通じ、仙台の被害を傍観するだけでは、「新耐震設計法も補強法も絵に描いた餅」と感じた。

(3) S 造

益城町 R28 沿線においては S 造の被害があり、前震では非倒壊であったが、本震では倒壊した。その一例を写真 5 に示す (地震後の初動調査において AIJ に投稿された写真 (京都大学建築保全再生学講座撮影))。

地震前後の写真を比較してみると、4 階建の 2 層部分において完全に崩壊した。本住宅は前震には非倒壊であり、本震には倒壊したと報告されている。

(4) RC 造

熊本市内の RC 造の被害を AIJ に投稿された写真 (東京工業大学河野進教授撮影) を写真 6、7 に示す。写真 6 は熊本市東区に建つ RC 造 4F 建ての商業施設であり、竣工年は 1976 年である。南東側柱の柱頭部においてせん断破壊が見られた。柱のフープ筋は丸鋼の 90 度フックであり、鉄筋間隔は 100mm であった。前震で建物の構造体にダメージを受け、さらに本震によって柱が崩壊した。



写真 6 熊本市東区・商業施設の RC 造の被害例³⁾

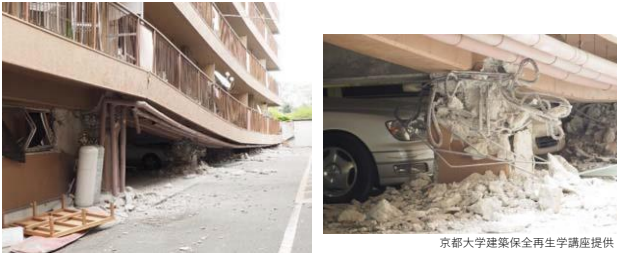


写真7 集合住宅の1階駐車場の層崩壊

宇土市役所は5階建てRC造である。特に、4階の被害が著しく、その影響が5階にも現れた。宇土市では、宇土市役所が崩壊することで、災害対策拠点を消失した。熊本地震では、このように多くの行政機関が使用できなくなることで、災害復旧に大きな影響を及ぼしものと考えられる。また市民、職員が集う時間帯に地震が起こっていたならば、さらに深刻な問題になったと考えられる被害である。



写真8 宇土市役所の倒壊

一方、菊池郡大津町に建つRC造6階建てのマンション（竣工2009年）は軽微な被害に留まった。

3. 耐震設計法

ここでは、新耐震設計法について考えてみたい。周知のことではあるが、宇土市の耐震設計が間違っているとは思っていないし、合っているかもわからない。当時、調査中に建築構造を教えている立場から、このままでいいのかと疑問に思った。多くの議論を経て現在の基準法がある。まったくの私見ではあるが、各種の建物にもプライオリティがあり、それらを考慮した設計法への改正も必要であろう。以下は雑感として読んでいただけたら幸いである。



写真9 マンションの軽微な被害

我が国の耐震設計の歴史は関東大震災から始まる。皆が知る「河角マップ」を習ったことを覚えているだろうか。地震力を科学的に考える上で、日本には、これまでどのような地震がどこで発生したのかを文献調査し、まとめたのが、東京大学地震研究所の河角先生である。写真でしか見たことがない。

河角先生は「西暦679年から1948年(1269年間)までの地震記録」に基づいて地震ハザードマップを作成された。世に言う「河角マップ」である。「河角マップ」と地震地域係数を図1に示す。これはすばらしい業績であると感嘆し、我々はこれを利用した合理的な設計法の道へと歩みだす。

等高線の表現では利用しにくいので、同図右の地震地域係数（国土交通省告示1793号）⁴⁾へ移行する。地震地域係数に関して1952年に告示されて以来、様々な議論がなされた⁵⁾。1979年に、これをもう少し精密にしたものが作られることになった（昭和53年建設省告示第1321号）。これが現在、私たちが目にしている地震地域係数である。1952年、1979年にも設計法に変更が加えられるが、地震地域係数については変更はない。

一方、地震学者と地震工学者の間では、2000年以上に1度しか起こらない地震があることも周知のこととなった。しかし設計法が生まれ、歩き始め、規定変更されながら使われている地震地域係数を簡単に止めることはできない。まして、経済的な事情も絡んでくるのであれば、誰が止められるか？と思う。

地震地域係数の例を表1に示す。表から宇土市の地震地域係数は0.8であることがわかる。一般の構造設計では、*i*階の地震層せん断力に、この値を使用する。

【演構造設計の場合】

*i*階の地震層せん断力係数 C_i は、以下のように求める。

$$C_i = Z \cdot R_i \cdot A_i \cdot C_0$$

ここに、

Z : 地震地域係数

R_i : 振動特性を表す数値 (係数)

A_i : 地震層せん断力係数の分布係数

C_0 : 標準せん断力係数

さらに、*i*階の地震層せん断力係数が求めれば、*i*階の地震層せん断力 Q_i は、

$$Q_i = C_i \cdot \Sigma W_i$$

と求められる。

建物の一次固有周期は、 $T_1 = 0.02 \cdot h$ (建物の高さ) で求められる。これらの数値を用いて、金沢市内に表2内の左側に示す諸元の建物 (高さ=10.3m) の層せん断力を計算した。その結果も表2中に掲載した。

計算の過程からも明らかなように、地震地域係数は地震層せん断力にダイレクト (掛け算) に効いてくる係数

であり、層せん断力の低減に大きく寄与している。また手順通り構造計算を進めれば何の疑問もなく解にたどり着く。

我々は2000年以上に1度しか起こらない地震があることも知っている今も、設計者は「地震力を低減してもいいのだろうか」という疑問に悩まされる。そのような状況の中で「崩壊していない建物」も多数存在していることを目にとると、ますます頭が混乱した建物被害調査であった。

た富樫先生、写真を使わせていただいた関係各位に謝意を表します。

- 1) 山尾敏孝：熊本城跡および石橋の被害，土木学会西部支部「熊本地震」地震被害調査報告会資料，2016.
- 2) 京都大学建築保全再生学講座，AIJ速報，2016.
- 3) 東京工業大学 河野進教授撮影，AIJ速報，2016.
- 4) 昭和 55 年建設省告示第 1793 号，地震地域係数，1981.
- 5) 日本建築学会「地震荷重—その現状と将来の展望」，p. 86，1987.

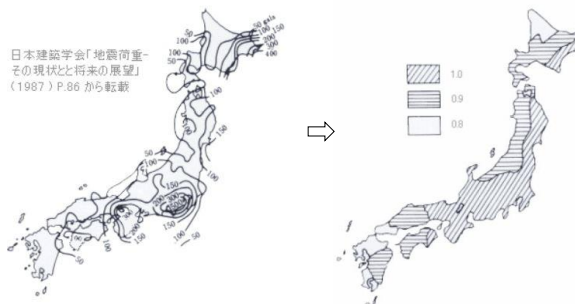


図1 河角マップと地震地域係数

表1 地震地域係数の例

石川県のうち	輪島市 珠洲市 鳳至郡 珠洲郡	0.9
熊本県のうち	八代市 荒尾市 水俣市 玉名市 本渡市 山鹿市 牛深市 宇土市 飽託郡 宇土郡 玉名郡 鹿本郡 葦北郡 天草郡	0.8
熊本県	上記に掲げる市及び郡を除く。	0.9

表2 地震層せん断力の計算例

階	Wi (kN)	ΣWi (kN)	αi	Ai	中地震時 Co=0.2		大地震時 Co=1.0	
					Ci	Qi(kN)	Ci	Qi(kN)
3	3179	3179	0.315	1.385	0.277	881	1.385	4403
2	3472	6651	0.658	1.150	0.230	1530	1.150	7649
1	3452	10103	1.000	1.000	0.200	2021	1.000	10103

4. おわりに

2016年3月14日に震度7の熊本地震前震が発生した。28時間後(16日)に再び震度7を経験した。金沢大学では前震後に調査団を結成し、熊本市内の調査に入った。その日は本震の午後であった。本稿に掲載されている写真は本震後のものとなった。その時の被害状況を他者の研究者の写真も含めてまとめた。

調査時に感じた雑感をもとに、帰学してから思ったことをまとめた。建物のプライオリティを考慮した設計法への移行を考える時期かもしれない。そうすれば実質的に、地震地域係数に関する問題から解放される日がくるかもしれない。

著者の私見と偏見に満ちていることをお詫び申し上げます。

謝辞：本稿を書くに当たり、背中を強く押ししていただい