

(24) 東北地方太平洋沖地震により被災した SRC 造・RC 造集合住宅の被災要因に関する研究

庭野 健太¹・土井 希祐²

¹正会員 新潟大学大学院自然科学研究科 博士前期課程 (〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町8050番地)
E-mail: f12e047c@mail.cc.niigata-u.ac.jp

²正会員 工博 新潟大学工学部建設学科教授 (〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町8050番地)
E-mail: mare@cc.niigata-u.ac.jp

2011 年 3 月に東北地方太平洋沖地震が発生した。東日本太平洋側の多くの地域が被害を受け、多数の建物が被災した。高層で多くの居住者がいる集合住宅の被災要因を明らかにすることは重要である。そこで被災地の SRC 造・RC 造の集合住宅を対象として被災状況を調査し、今回の地震の被害の特徴及び要因を明らかにする。調査対象地域は福島県郡山市と宮城県仙台市としている。計 63 棟の SRC 造・RC 造集合住宅のデータを使用した。

Key Words : the 2011 Tohoku-Chiho Taiheiyo-Oki Earthquake, SRC, RC, apartment houses, earthquake resistance standards

1. 研究背景・目的

2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分に東北地方太平洋沖地震が発生した。この地震はマグニチュード 9.0、最大震度 7 という大規模なものであり、東日本太平洋側の東北から関東にかけて多くの地域が被害を受け、建物が被災した。その中で居住の場である住宅、特に高層であり多くの居住者がいる集合住宅の耐震性の確保は必要不可欠である。

1978 年 6 月に発生した宮城県沖地震では、宮城県仙台市の SRC 造建物においては構造材に被害を受けた建物はあったが、殆どの被害が非構造材に被害を受けるに止まった¹⁾。1981 年の耐震基準改正は、それ以前は SRC 部材には非充腹型の鉄骨部材が使用されていたが、それ以降は充腹型の鉄骨部材が使用されるようになった。その後 1995 年 1 月に発生した兵庫県南部地震では、非充腹型の SRC 造建物は 32 棟が倒壊する被害を受け(充腹型は倒壊例無し)²⁾、さらに 2005 年 3 月に発生した福岡県西方沖地震では、多くの非構造壁にせん断破壊が見られた³⁾。

このように地震が発生すると様々な被害が起こるが、構造設計が次に発生した地震に生かされているか、また何故被害が発生するのか、ということは非常に重要である。

そこで本研究では 2011 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震により被災した SRC 造の集合住宅を対象として、どのような被害を受けたか調査し、今回の地震の被害の特徴を明らかにしていくことを目的とする。

2. 調査概要

調査対象地域の選定は、被災地の中で SRC 造・RC 造集合住宅が数多くある地域とし、宮城県仙台市、福島県郡山市とした。郡山市では、10 棟の集合住宅を調査し、調査建物の内訳は SRC 造 6 棟、RC 造 4 棟である。仙台市では、53 棟の集合住宅を調査し、調査建物の内訳は SRC 造 38 棟、RC12 棟、混合構造が 3 棟である。本研究では、郡山市の集合住宅 10 棟と、仙台市の集合住宅 53 棟、計 63 棟の SRC 造・RC 造集合住宅について詳しく分析する。

3. 被害状況

(1) 郡山市の被害状況

郡山市において被災した集合住宅の被害状況を表 1 及び表 2 に示す。表 2 の被害についての英文字は、表 3 の被害形態の英文字と対応する。無被害であった建物は 1 棟あった。被害のあった建物の内、2 棟は構造材、非構造材共に被害を受けていた。構造材の被害内容は、RC

造の建物で、軽微な柱のせん断ひび割れが見られたものが1棟³⁾、SRC造の建物で、1階の柱にせん断破壊及び付着割裂ひび割れ、また1階の柱脚部の破壊が見られたものが1棟あった³⁾。他7棟は構造材に被害は無く、非構造壁にせん断破壊及びせん断ひび割れの被害が多く見られた。なお郡山市の東北地方太平洋沖地震発生時の震度は、震度6弱であった。

表 1. 郡山市被害状況(被災棟数)

	SRC造	RC造	合計
調査棟数	6	4	10
被災棟数	6	3	9
構造材被災棟数	1	1	2
非構造材被災棟数	6	3	9

表 2. 郡山市被害状況(被災建物)

建物名	構造形式	建築年代	階建	構造材の被害	非構造材の被害	文献
K1	SRC	1991年	13		a	○
K2	SRC	1989年	8		a	○
K3	SRC	1990年	14		a	○
K4	SRC	1996年	13		a	○
K5	SRC	1989年	12		a	○
K6	SRC	1991年	9	a,b	a,c	○,1
K7	RC	2001年	7		a	○
K8	RC	2000年	10	a,b(軽微)	a	1
K9	RC	不明	14		a,b	1

※○は著者が収集したもの。

表 3. 郡山市及び仙台市の被害形態

(1)構造材の被害形態
(a)柱の曲げひび割れ及びせん断ひび割れ
(b)柱の柱脚部のせん断破壊
(c)梁の曲げひび割れ及びせん断ひび割れ
(d)梁の曲げ降伏(柱フェイス位置でのコンクリートの圧壊)
(e)境界梁(有孔梁を含む)のせん断破壊や付着割裂破壊
(f)ブレースのコンクリートのひび割れ
(g)耐震壁のせん断ひび割れや脚部のコンクリート圧壊
(h)EVシャフトの一部大破
(i)杭基礎の損傷
(j)棟屋の損傷
(2)非構造材の被害形態
(a)非構造壁(垂壁・袖壁・腰壁・方立壁)のせん断破壊やせん断ひび割れ
(b)階段のコンクリート打ち継ぎ部の水平ひび割れ
(c)ドアや窓サッシの損傷
(d)タイルの剥落
(e)エキスパンションジョイント部の破損
(f)天井パネルの損傷・落下
(g)ALCパネルの損傷・落下
(h)渡り廊下のコンクリートの損傷
(i)ガラスブロックの破損
(j)手すり部の損傷
(k)地盤沈下による建物周辺部の被害

(2)仙台市の被害状況

仙台市で被害を受けた集合住宅の地区別の被害状況を表4に示す。また集合住宅の一覧及び被害の内容は表5に示す。表5の被害についての英文字は、表3の被害形態の英文字と対応する。仙台市では構造材に被害を受けている建物は21棟ある。なお東北地方太平洋沖地震発生時の仙台市各区の震度は、表4に示す通りである。

表 4. 仙台市被害状況(地区別)

建築年代	地区	仙台市					合計
		泉区	宮城野区	若林区	太白区	青葉区	
	震度	6弱	6強	6弱	5強	6弱	
全年代	調査棟数	9	19	11	4	10	53
	被害棟数	9	16	11	3	10	49
	構造材の被害棟数	2	11	1	0	7	21
	非構造材の被害棟数	9	13	11	3	10	46
1981年以前	調査棟数	0	10	1	1	4	16
	被害棟数	0	10	1	0	4	15
	構造材の被害棟数	0	8	1	0	4	13
	非構造材の被害棟数	0	9	1	0	4	14
1981年以降	調査棟数	9	9	9	3	6	36
	被害棟数	9	6	9	3	6	33
	構造材の被害棟数	2	3	0	0	3	8
	非構造材の被害棟数	9	4	9	3	6	31

表 5. 仙台市集合住宅リスト及び被害内容

建物名	構造形式	建築年代	階建	構造材の被害	非構造材の被害	区	文献
I1	北棟 1～6層:SRC 7～8層:RC	1996年	8	g,h,j	a,h,k	泉区	○,4
I2	1～6層:SRC 7～10層:RC	1988年	10		a,b,k	泉区	4
I3	SRC	1989年	10		a	泉区	4
I4	SRC	1991年	13	c	a	泉区	4
I5	SRC	1994年	8		a,k	泉区	4
I6	SRC	1996年	10		a,e,g	泉区	4
I7	RC	1996年	7		a,k	泉区	4
I8	SRC	1997年	11		a,e	泉区	4
I9	SRC	2004年	14		a,k	泉区	4
M1	SRC	1976年	14	a,c,g,i	a,c,e,f	宮城野区	○,4
M2	SRC	1970年	9		a,c,k	宮城野区	4
M3	SRC	1970年	9		a,c,k	宮城野区	4
M4	SRC	1971年	11	a,c	a,c,k	宮城野区	○,4
M5	SRC	1973年	11	g	a,k	宮城野区	4
M6	SRC	1977年	11	f		宮城野区	4
M7	SRC	1977年	11	a	a	宮城野区	4
M8	SRC	1978年	11	d	a	宮城野区	4
M9	RC	1982年	6	a		宮城野区	4
M10	SRC	1982年	9	a		宮城野区	4
M11	SRC	1982年	10		a	宮城野区	4
M12	SRC	1982年	12		a	宮城野区	4
M13	RC	1982年	5			宮城野区	4
M14	SRC	1986年	10	c,g	a,f	宮城野区	4
M15	RC	1986年	4			宮城野区	4
M16	RC	1991年	4		e	宮城野区	4
M17	SRC	1974年	7	a,i	a,c,h,j,k	宮城野区	○
M18	RC	1984年	5			宮城野区	4
M19	RC	1970年	5	g	a	宮城野区	6
W1	SRC	1973年	11	c	a	若林区	4
W2	SRC	1986年	14		a	若林区	4
W3	SRC	1986年	12		a	若林区	4
W4	SRC	1987年	11		a	若林区	4
W5	SRC、一部RC(詳細不明)	1987年	11		a	若林区	4
W6	SRC	1988年	12		a	若林区	4
W7	SRC	1991年	9		a	若林区	4
W8	SRC	1991年	13		a,d,i	若林区	4
W9	SRC	1992年	14		a,d,j	若林区	4
W10	SRC	1992年	13		a	若林区	4
W11	SRC	不明	10		a	若林区	4
T1	SRC	1989年	15		a,d,h,j,k	太白区	○,4
T2	SRC	1989年	15		a,d,h,j,k	太白区	○,4
T3	SRC	1989年	15		a,h	太白区	○,4
T4	RC	1978年	11			太白区	7
A1	RC	1993年	10	c,g	a	青葉区	4
A2	RC	1993年	10	c,g	a	青葉区	4
A3	RC	1972年	8	c	a	青葉区	5
A4	SRC	1981年	12	a	d	青葉区	5
A5	SRC	1975年	10	c	a,c	青葉区	5
A6	SRC	1986年	10and15		a,e	青葉区	5
A7	RC	1988年	8		a,c	青葉区	5
A8	SRC	1996年	10		a,c	青葉区	5
A9	SRC	1968年	11	a,b,c	a,d	青葉区	6
A10	SRC	1974年	17	a,b,c	a,g,h	青葉区	6

※○は著者が収集したもの。

(3)被害写真

東北地方太平洋沖地震によって被害を受けた、郡山市と仙台市の建物の被害状況写真を載せる。

a)郡山市の被害写真



写真. 1 非構造壁のせん断破壊



写真. 4 非構造壁のせん断破壊

b)仙台市の被害写真



写真. 2 非構造壁のせん断破壊



写真. 5 ドアの変形



写真. 3 1階柱のせん断ひび割れ



写真. 6 地盤沈下による建物周辺部への被害



写真. 8 間柱のせん断ひび割れ



写真 11 塔屋部の損傷



写真. 9 短スパン梁のせん断ひび割れ⁴⁾



写真. 12 非構造壁のせん断破壊



写真. 10 RC 耐震壁のせん断ひび割れ⁴⁾

4. 被害分析

(1)郡山市の被害分析

調査した郡山市の集合住宅の中で被害を受けた建物は 1 棟が不明だが、他全てが 1981 年以降に建設されており、新耐震基準で設計されていた。被害が非構造材だけで止まった建物が多かったのは、新耐震基準で設計されていることと、震度が 6 弱であったことが理由に挙げられるのではないかと考えられる。

(2) 仙台市の被害分析

a) 区別による被害分析

仙台市の被害を受けた集合住宅の区別の被害状況は表 4 のようになる。最も震度が大きかった宮城野区では構造材に被害を受けている棟数が多い。次に青葉区、泉区・若林区、太白区の順に構造材の被害棟数が多かった。これより構造材の被害は震度に関係していると考えられる。また同じ震度 6 弱でも青葉区の構造材の被害棟数が多かったのは旧耐震基準の建物棟数が泉区・若林区より多いのが原因だと考えられる(表 6 参照)。

b) 建築年代別による被害分析

仙台市の被害を受けた集合住宅の建築年代別の被害状況を表 4 に示す。非構造材の被害については、建築年代による影響はあまりないが、構造材の被害については、やはり旧耐震基準の建物の方が被害を受けている棟数は多い。

表 6. 仙台市全棟数⁹⁾

	仙台市					合計
地区	泉区	宮城野区	若林区	太白区	青葉区	
全棟数(旧耐震)	3	11	18	8	63	103
全棟数(新耐震)	46	72	73	99	278	568

c) 建物階数による分析

仙台市の被害を受けた建物を階数に分けて分析する(図 2、図 3 参照)。旧耐震基準の建物に関しては、構造材の被害は 11 階の建物に被害が多く、非構造材の被害も 11 階の建物に被害が多い。新耐震基準の建物では、構造材の被害は、10 階以下の建物の方が若干ではあるが、被害棟数は多い。非構造材の被害については、10~15 階の建物に被害が多い。新耐震基準の建物は保有水平耐力の検討の有無が構造材の被害に影響を与えている可能性があると考えられる。また仙台市の加速度応答スペクトル(図 1)を見ると、約 0.6 秒がピークになっている。そこで 10 階建の SRC・RC 集合住宅の固有周期は約 0.6 秒程だと想定され、一致している。仙台市における新耐震基準の建物全棟の階数の内訳は分からないが、10 階、11 階の建物の被害が多いのは、この影響があるためではないかと考えられる。

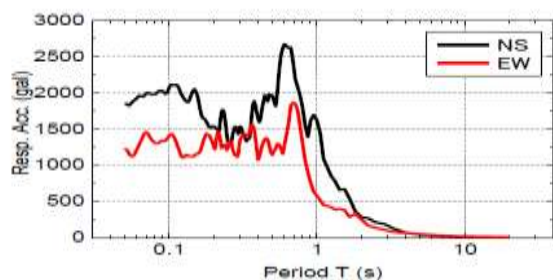


図 1. 仙台市加速度応答スペクトル(MYG 013 仙台)⁹⁾

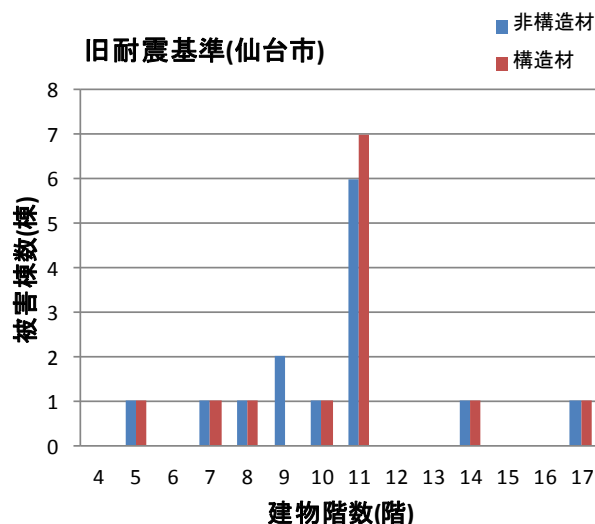


図 2. 階数別被害(旧耐震基準)

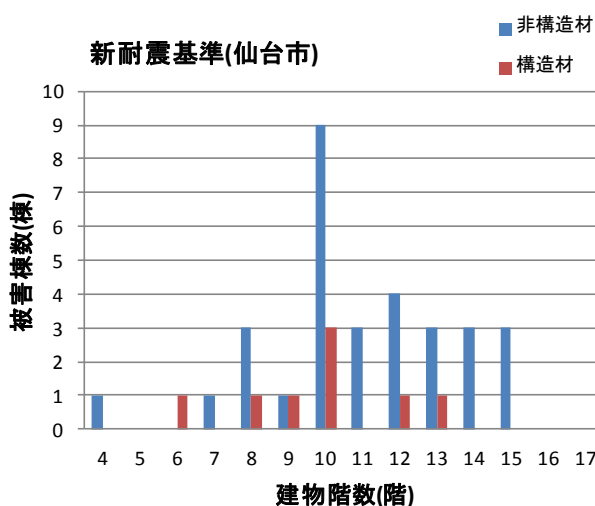


図 3. 階数別被害(新耐震基準)

(3) 郡山市と仙台市の被害の比較

郡山市は仙台市に比べて、旧耐震基準の集合住宅が少ない。それは郡山市で集合住宅が多く建てられ始めたのが、1981年以降になってからであるためである。そこで郡山市(震度6弱)と、郡山市と震度が同じ、仙台市泉区、若林区、青葉区の3区の新耐震基準の建物の被害と比較してみる。構造材の被害棟数は、郡山市で2棟、仙台市3区で5棟である。非構造材の被害棟数は郡山市で9棟、仙台市3地区で24棟である。仙台市の方が集合住宅の棟数は多いと思われるので、被害の差はあまりない。郡山市、仙台市共に、新耐震基準の建物では、構造材の被害が少なく、非構造材の被害に止まった建物が多かった。

(4)非構造壁の被害

1981年の耐震基準改正以前から非構造壁の被害は問題になってきた。今回の地震においても、非構造壁のせん断破壊、せん断ひび割れは多く見られた。仙台市では44棟、郡山市では9棟が非構造壁に被害があった。新耐震基準による設計も、非構造壁の被害の防止には繋がっていない。住民の安全を守るためにも、今後は非構造壁の被害の防止にも努める必要がある。

表 7. 非構造壁被害棟数

地区	仙台市	郡山市
非構造壁被害棟数	44	9

(5)SRC造とRC造の被害の比較

SRC造とRC造の被害を比較する。表8を見ると、今回調査した中では、仙台市、郡山市共に、構造材の被害棟数に明確な差はないと言える。

表 8. RC 造と SRC 造の比較

地区	仙台市		郡山市	
構造形式	RC	SRC	RC	SRC
調査棟数	12	38	4	6
構造材被害棟数	5	15	1	1
非構造材被害棟数	7	36	3	6

5. まとめ

今回調査した中では、旧耐震基準の建物が構造材に被害を受けている棟数が多かった。また震度が大きい地域は被害が多く見られた。新耐震基準で被害を受けた要因は、保有水平耐力の検討の有無、そして仙台市では加速度応答スペクトルのピークが、10 階建程度の集合住宅の想定される固有周期と一致している事が影響を与えている可能性があると考えられる。また仙台市と郡山市で

は明確な被害に差はなく、非構造材の被害に止まった建物が多く見られた。

参考文献

- 1) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告, 建築編 - 2, 1998. 8
- 2) 日本建築学会：2005 年福岡県西方沖地震災害調査報告, 2005. 9
- 3) 国土技術政策総合研究所：平成 23 年東北地方太平洋沖地震による建築物被害 第一次調査 二本松市、郡山市、福島市における RC 造、鉄骨造及び非構造部材を中心とした建築物被害調査(速報), 2011. 3
- 4) 日本建築学会：2011 年東北地方太平洋沖地震災害調査速報, 2011. 7
- 5) 国土技術政策総合研究所：平成 23 年東北地方太平洋沖地震による建築物被害 第一次調査 白河市、須賀川市、仙台市における RC 造、S 造、非構造部材を中心とした建築物被害調査(速報), 2011. 4
- 6) 渡辺一弘：東日本大震災における RC 集合住宅の被害, 2012 年度日本建築学会大会(東海) 構造部門(鉄筋コンクリート構造) パネルディスカッション資料, p32～p41, 2012. 9
- 7) 源栄正人：東日本大震災における地震動と建物被害の実態と教訓, 東日本大震災に関する技術講演会 論文集, pp21-39, 2012. 2
- 8) 株式会社東京カンテイ：東日本大震災 宮城県マンション被害状況報告,
<http://www.kantei.ne.jp/release/PDFs/71sinsai-area.pdf>, 2012. 5
- 9) 國生剛治, 加藤達也：2011. 3. 11 東北地方太平洋沖地震加速度および速度応答スペクトル,
http://www.civil.chuo-u.ac.jp/lab/doshitu/eq_reports/2011/RespACC_VEL.pdf, 2011. 3
- 10) 大沼正昭：東日本大震災における建築物の被害報告 Part.1 東北 SRC 造建築物の被害状況 SRC 造建築物の被害状況, 建築技術, pp118-123, 2011. 9

Study on damage factor of SRC and RC apartment houses due to the 2011 Tohoku-Chiho Taiheiyo-Oki Earthquake

Kenta NIWANO and Mareyasu DOI

The 2011 Tohoku-Chiho Taiheiyo-Oki Earthquake occurred in March, 2011. Many areas in the East Japan Pacific Ocean suffered damage, and many buildings suffered a great deal of damage. In this study, it has been examined the damage of SRC and RC apartment houses due to the 2011 Tohoku-Chiho Taiheiyo-Oki Earthquake, and it has been clarified the typical damage of the SRC apartment houses. The research zone is made into Koriyama-shi, Fukushima and Sendai-shi, Miyagi. The data of SRC and RC apartment houses of a total of 63 buildings was used.