

# 1995年兵庫県南部地震で生き残ったRC中層建物の耐震性能

正会員	白井 遼	1*
同	北山 和宏	2**
同	青木 茂	2**

兵庫県南部地震	RC造建物	耐震性能
耐震診断	ジャンカ	構面外壁

## 1.はじめに

検討対象としたF医院は神戸市灘区に現存し、2008年に青木茂建築工房によってリファインされた建物である。地震直後の調査報告<sup>1)</sup>によれば、F医院は無被害と判定された。しかし、周辺の鉄筋コンクリート(RC)造建物には大破、中破のものが多くみられた。リファイン時に仕上げを撤去した際、施工不良、地震による損傷が多数みられ、その際に行われた3次診断では1~4階がY(梁間)方向で基準値 $I_{so}(=0.6)$ を満足せず、耐震性能は十分とはいえないことが判明した<sup>2)</sup>。本研究では、この建物の調査・分析を行い地震による実被害の詳細を把握し、大地震を生き抜いた原因を検討した。

## 2.建物概要

F医院は1972年竣工のRC造建物で兵庫県南部地震の際に震度7を経験した。東西(X方向)4スパン、南北(Y方向)2スパンからなる5階建ての中層部分と、東西2スパン、南北2スパンからなる2階建ての低層部分がL字形に配された構成であり、両者は構造的に一体である。なお、低層部分はY方向に耐震壁のないピロティである。1階と4階の平面図を図1に、1通りとC通りの軸組図を図2に示す。なお、両図中の斜線部はコンクリートブロック壁を示す。架構形式はX・Y方向ともに耐震壁付フレーム構造である。耐震壁はX方向には多く設置されているがY方向は少ない。下階壁抜け柱は1階のA通り3柱、1・2階のE通り2・3柱である。当該敷地は第2種地盤で直接基礎であった。主要な柱の断面寸法は600×600mmであり、柱のせん断補強筋の間隔は構造図と現地調査から1・2階:150mm(せん断補強筋比 $P_w=0.14\%$ )、3-5階:200mm( $P_w=0.11\%$ )であった。また、図4中にコア抜きによる各階のコンクリート圧縮強度を示す。

## 3.被害状況

### 3.1.被害の概要

兵庫県南部地震による1階と4階の柱及び耐震壁の損傷度<sup>3)</sup>を図1中にローマ数字で示し、1通りとC通りのひび割れ状況を図2中に示す。なお図1で、耐震壁の損傷度が0のものは記載していない。

柱の損傷は中層部分1階に多く、損傷度Iに分類した柱にはせん断ひび割れ・コアコンクリート欠損がみられた。



写真1 2階1通り B-C間構面外壁

下階壁抜け柱(A-3,E-2及びE-3柱)の損傷度はいずれもであり、下階壁抜けの悪影響が表れたと考えられる。また、耐震壁の他に構面外のRC壁(構面外壁)にもせん断ひび割れが見られた(写真1参照)。低層部分では鉛直部材の損傷はみられなかったが、中層部分と低層部分の境界梁にはせん断ひび割れを生じたものが複数あった。地震動によるひび割れが多数見られたものの、RC柱の軸縮みや鉄筋の座屈・破断といった甚大な損傷は見られなかった。

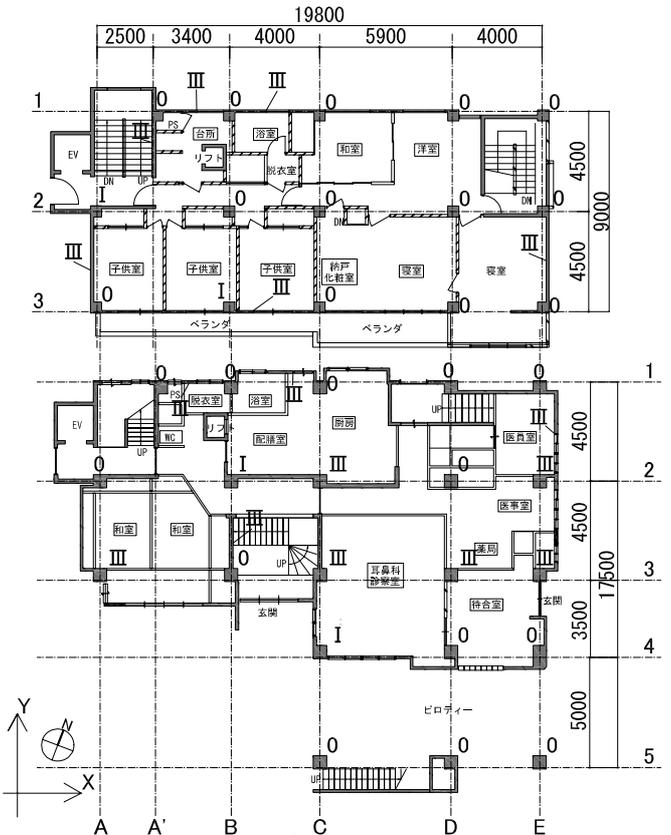


図1 平面図(上:4階 下:1階)

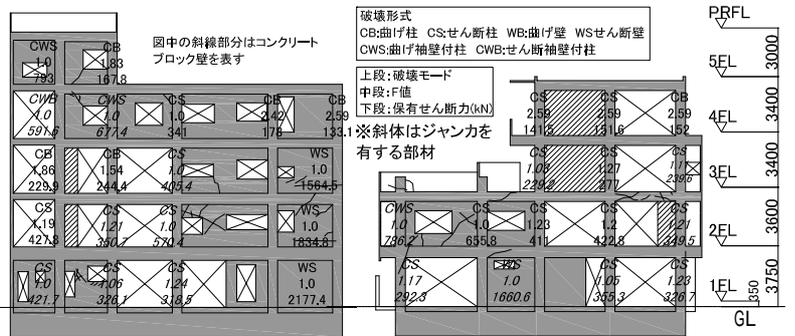


図2 軸組図(左:1通り 右:C通り)

3.2. 建物の耐震性能残存率 R と被災度区分

F 医院の耐震性能残存率 R<sup>3)</sup>を略算法で算出し被災度区分を求めたところ、R=79%で中破と判定された。R が 80%以上で被災度区分は小破となることから、F 医院の被災度区分は小破に近い中破で、実被害は比較的小さかったといえる。

4. 耐震性能

4.1. 施工不良

図 3 に各階の柱総数に対するジャンカを持つ柱の割合を示す。全階でジャンカ柱の割合が 20%以上あり、特に 1 階にジャンカ柱が多い。ジャンカを持つ RC 柱は健全な状態に比べてせん断強度が低下し靱性が劣化することが知られており<sup>4)</sup>、柱のジャンカが F 医院の耐震性能に影響したと考える。

4.2. 耐震診断

F 医院の耐震性能を把握するため、施工不良を無視した 2 次診断に加えて、ジャンカを考慮した場合、構面外壁を考慮した場合および両者とも考慮した場合の 2 次診断<sup>5)</sup>を実施した。なお、コンクリートブロック壁は診断では無視した。それぞれの診断結果を表 1 に、Y 方向の Is 値分布を図 4 に示す。なお、各診断とも全階の Is 値は靱性指標 F=1.0 で決定された。また、図 2 中に両者を考慮した場合の正方向時の部材の破壊モード、靱性指標、保有せん断力を記し、斜体表記はジャンカを有する部材であることを示す。

以下に両者を考慮する際の部材の評価方法を示す。ジャンカ柱のせん断強度は、診断基準<sup>5)</sup>によるせん断強度を 0.85 倍に低減<sup>4)</sup>して評価した。なお、対象のジャンカ柱はリファイン時に補修対象となったものとした。構面外壁は上下に梁があるものを対象とし、雑壁としてせん断強度と曲げ強度を算出<sup>5)</sup>した。なお、構面外壁の靱性指標は全て 1.0 とした。

表 1 から X 方向では 1, 4 階でジャンカの影響がみられ、Is 値が 0.06 減少したことで基準値 Iso を下回った。一方、壁厚が 120mm で単配筋であったことから構面外壁の影響は小さく、Is 値はほとんど変わらなかった。ジャンカ及び構面外壁を考慮した診断結果では、3, 4 階で Is 値が基準値 Iso を満たさなかったものの 0.6 に近く、X 方向で耐震性能が相当に劣った階はなかった。

Y 方向では 3, 4 階でジャンカの影響がみられ、Is 値が 0.04~0.05 減少した。しかし、それ以上に構面外壁の影響が顕著であり 2~4 階で Is 値は 0.12~0.18 増加した。X 方向に比べ

て構面外壁の影響が顕著であったのは、壁厚が 150mm か 180mm で複配筋であったことによる。ジャンカを考慮した 2 次診断では 1~4 階が基準値 Iso を満たさなかったが、ジャンカ及び構面外壁を考慮した診断では 1 階以外基準値 Iso を満たした。これより構面外壁が F 医院の耐震性能を大きく向上させたと判断する。

5. まとめ

震災から 10 余年使われ続けた F 医院の実被害を報告し、その耐震性能を検討した。地震動による損傷度は耐震壁、柱ともに最大であり、耐震性能残存率 R による被災度区分は小破に近い中破であった。

2 次診断結果から、ジャンカによる影響は X 方向 1, 4 階、Y 方向 3, 4 階でみられ Is 値は最大で 0.06 低下した。構面外壁の影響は Y 方向で顕著であり、2~4 階で Is 値が 0.1 以上増加した。リファイン時に行われた 3 次診断および施工不良を無視した 2 次診断では Y 方向の耐震性能が劣ると判定されたが、ジャンカ及び構面外壁を同時に考慮すると Y 方向は 1 階以外 0.6 以上の Is 値を有していた。構面外壁が地震力に有効に抵抗したことによって F 医院は兵庫県南部地震に生き残れたと考える。しかし、Y 方向 1 階の Is 値は 0.48 と小さく、今後さらなる検討が必要である。

謝辞

本研究の実施にあたり、青木茂建築工房所員神本豊秋氏に本建物に関する貴重なデータを頂きました。ここに記して謝意と致します。

参考文献

- 1) 日本建築学会: 1995年兵庫県南部地震災害調査速報, 1995.3
- 2) 白井遼, 北山和宏, 青木茂, 神本豊秋: 1995年兵庫県南部地震で生き残ったRC中層建物の被害状況と耐震性能, 日本地震工学会大会梗概集, pp48-49, 2009
- 3) 日本建築防災協会: 震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針, 2001.9
- 4) 大和田義正, 梅村魁, 野口信義: ジャンカのあるコンクリート部材の弾塑性挙動に関する研究(3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp475-476, 1985.10
- 5) 日本建築防災協会: 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準同解説, 改訂版, 2001.10

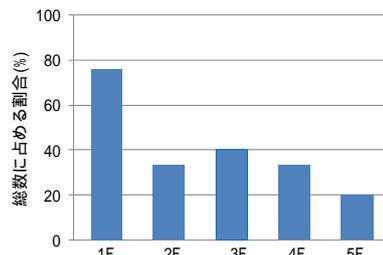


図 3 各階の柱総数に対するジャンカを持つ柱の割合

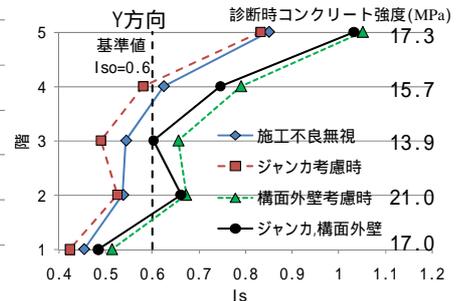


図 4 Y 方向 2 次診断 Is 値

表 1 2 次診断結果

階	SD	T	X方向								Y方向							
			施工不良無視		ジャンカ考慮時		構面外壁考慮時		両者考慮時		施工不良無視		ジャンカ考慮時		構面外壁考慮時		両者考慮時	
			Is	Ctu*SD	Is	Ctu*SD	Is	Ctu*SD	Is	Ctu*SD	Is	Ctu*SD	Is	Ctu*SD	Is	Ctu*SD	Is	Ctu*SD
5	0.9	0.95	0.78	0.82	0.76	0.80	0.80	0.84	0.78	0.83	0.85	0.89	0.83	0.88	1.05	1.11	1.03	1.09
4	0.81		0.62	0.66	0.56	0.59	0.64	0.66	0.58	0.60	0.62	0.66	0.58	0.61	0.79	0.83	0.75	0.79
3	0.81		0.58	0.61	0.55	0.58	0.62	0.65	0.59	0.62	0.54	0.57	0.49	0.52	0.66	0.69	0.60	0.63
2	0.81		0.66	0.69	0.66	0.69	0.69	0.73	0.69	0.73	0.54	0.57	0.53	0.55	0.67	0.71	0.66	0.70
1	0.9		0.64	0.67	0.58	0.61	0.65	0.68	0.60	0.63	0.45	0.48	0.42	0.45	0.51	0.54	0.48	0.51

SD:形状指標 T:経年指標 Is:構造耐震指標 Ctu:終局時累積強度指標 Ctu\*SD 0.3でOKとする。 Y方向SDはX方向と同値により省略

\* 1 首都大学東京大学院都市環境科学研究科建築学域, 大学院生

\* 1 Graduate student, Graduate School of Architecture and building, Tokyo Metropolitan Univ.

\*\*2 首都大学東京, 教授, 工学博士

\*\* 2 Professor, Tokyo Metropolitan University, Dr. Engineering.