

# 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

○白井 遼<sup>1)</sup>・北山 和宏<sup>2)</sup>・青木 茂<sup>3)</sup>・神本 豊秋<sup>4)</sup>

1)学生会員 首都大学東京, 東京都八王子市南大沢1-1, shirai-haruka@ed.tmu.ac.jp

2)正会員 首都大学東京, 東京都八王子市南大沢 1-1, kitak@tmu.ac.jp

3)非会員 首都大学東京, 東京都八王子市南大沢 1-1, shigeruaoki@aokou.jp

4)非会員 青木茂建築工房, 東京都港区南麻布 4-5-6, tokyo@aokou.jp

## 1. はじめに

検討対象としたF医院は神戸市に現存し, 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。リファイン時に仕上げを撤去した際, 1995年の兵庫県南部地震による損傷や施工不良が多数みられた。地震直後の調査報告<sup>1)</sup>によれば, F医院は無被害とされている。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。さらに, リファインの際に行われた耐震診断では特にY方向で基準値(Iso=0.6)を満たしていない階が多く, 耐震性能も十分とはいえないことが判明した。そこで本研究では, この建物について調査・分析を行い, 地震による実被害の詳細を把握し, なぜ生き残れたかを検討することを目的とした。

## 2. 建物概要

F医院は1972年竣工のRC造建物で, 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階建ての低層部分からなる。なお, 低層部分はY方向に耐震壁のないピロティである。所在地は兵庫県神戸市灘区森後町3丁目で, 兵庫県南部地震の際には震度7を経験した地域である。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, 両図の斜線部はコンクリートブロック壁を示す。平面形状はL字型で中層部分と低層部分は構造的に一体となっており, 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。なお, 中層部分屋上はプールを設計する予定であった。また, 低層部分屋上は土を入れた庭園で重くなっていた。地盤種別は第2種地盤で, 基礎形式は直接基礎

であり, GL-1.8m付近の砂礫層を支持層としていた。表1に耐震診断に用いた各種材料特性を示す。主要な柱の断面寸法は1・2階で600mm×600mmであり, せん断補強筋の間隔は構造図と現地調査から

表1 材料特性	
コンクリート圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
5階	17.3
4階	15.7
3階	13.9
2階	21.0
1階	17.0
鉄筋引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
主筋(D22)	344
せん断補強筋(9φ)	294

1・2階:200mm(せん断補強筋比Pw=0.11%), 3-5階:150mm(Pw=0.14%)であった。

## 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>2)</sup>を図1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に示す。なお図1で, 梁

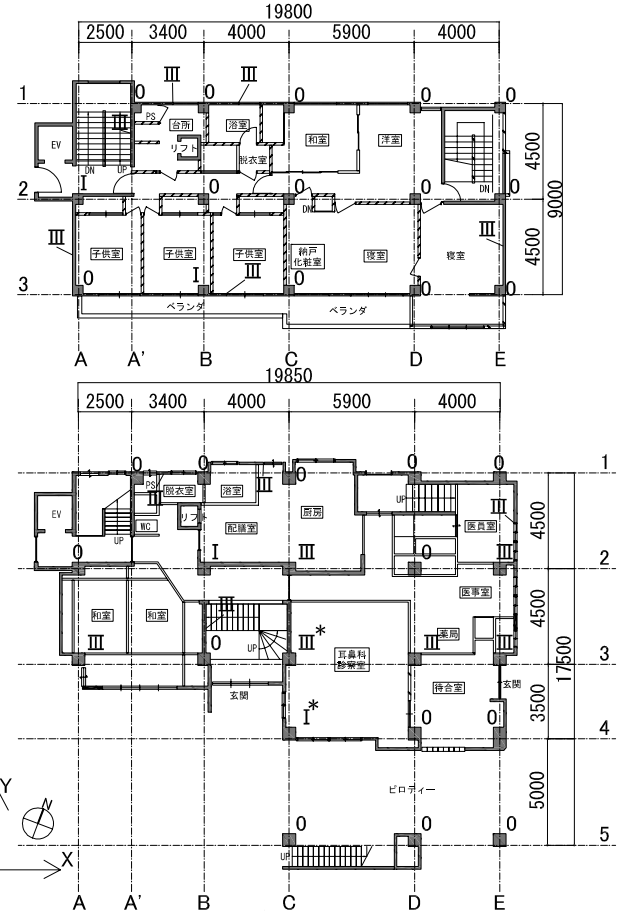


図1 平面図(上:4階 下:1階)

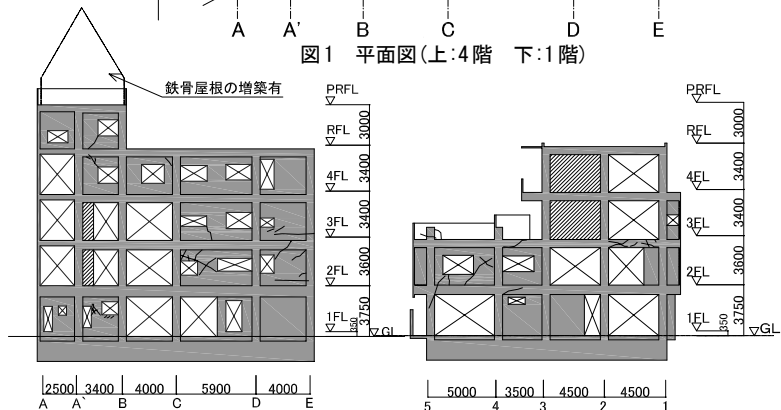


図2 軸組図(左:1通り 右:C通り)



写真1 1階D-3柱



写真2 3階1通りB-C通り間の開口壁

の損傷が顕著な場合は隣接する柱の損傷度に読み替えた(図中の\*を付した柱の損傷度). また, 耐震壁の損傷度が0のものに記載していない.

柱の損傷は中層部分1階に多く, 損傷度Ⅲ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1参照). 下階壁抜け柱(A-3, E-2及びE-3柱)の損傷度はいずれもⅢであり, 下階壁抜けの悪影響が表れたと考えられる. また, 中層部分のA通りと1通りの耐震壁には全階に渡ってせん断ひび割れが見られた(写真2参照). 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の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.

### 3.2 建物の耐震性能残存率Rと被災度区分

中層部分, 低層部分, 両者一体とした場合のそれぞれの耐震性能残存率Rと被災度区分を表2に示す. なお, 耐震性能残存率Rは文献<sup>2)</sup>の略算法に従い算出した.

	R(%)	被災度区分
中層	73	中破
低層	98	軽微
一体	79	中破

中層部分と両者一体とした場合の被災度区分はそれぞれ中破, 低層部分は小破となった. Rが80以上だと被災度区分は小破となることから, 建物全体の地震による被害は小破に近い中破であったといえる.

中層部分と両者一体とした場合の被災度区分はそれぞれ中破, 低層部分は小破となった. Rが80以上だと被災度区分は小破となることから, 建物全体の地震による被害は小破に近い中破であったといえる.

### 4. 耐震診断

第3次耐震診断の結果を表3に示す. 耐震診断は, 文献<sup>3)</sup>に準拠した電算プログラムを使用して行われ, 耐震性能に関する指標値を算出した. なお, 改修計画時に中層部分と低層部分の2棟の建築物に分離することから, 耐震診断は2棟にゾーニングして行われた.

表3から, 中層部分Y方向のIs値が, 1階:0.37, 2階:0.52, 3階:0.49, 4階:0.43, 低層部分Y方向のIs値が1階:0.53で, 基準値(Iso=0.6)を満たさなかった. 中層部分Y方向1階のIs値が特に小さく, 耐震性能は相当に劣ると判断する.

### 5. 施工不良

各部材の施工不良状況及び損傷状況

を図3に示す. 柱は本数, 梁は1スパンごとにその部材数をカウントした. 図3の各損傷の定義は次の通りである. コンクリートの損傷: ジャンカ・打設不良等, 鉄筋の損傷: 錆び・露筋等, 地震による損傷: ひび割れ・コアコンクリートの欠損, その他: 貫通口等. なお, 点線は各部材の総数を示している.

中層部分1階柱は5割近くが地震動によって損傷したが, 低層部分1階柱は地震による損傷はない. これは表2と対応する. 図3から, 全体的にジャンカ等を有する部材が多かった. 既往の研究<sup>4)</sup>ではジャンカを持つRC柱は健全な状態に比べてせん断強度が低下することも知られている. 以上より, 地震当時のF医院の耐震性能は本来のものよりさらに低かったと考えられる.

### 6. まとめ

震災から10余年使われ続けたF医院の実被害とその耐震性能を報告した. 地震動による損傷度は耐震壁, 柱ともに最大Ⅲであり, 耐震性能残存率Rによる被災度区分は中破であった. しかし耐震診断の結果に, RC柱のジャンカによる耐力低下を考慮すると, 本建物の構造躯体の保有する耐震性能は相当に劣っていたと判断できる.

それでは, この建物はなぜ兵庫県南部地震で倒壊・大破を免れたのか. その理由として, 耐震診断では考慮されない構面外のRC壁が多く存在し, これらが実際には地震力に抵抗したことが挙げられる.

#### 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) 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
- 3) 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
- 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

表3 第3次耐震診断結果

階	X方向							Y方向							
	F	Eo	SD	T	Is	Iso	Ctu*SD	F	Eo	SD	T	Is	Iso	Ctu*SD	
中層棟	5	0.85			0.81		0.85		0.63	1		0.60		0.63	
	4	0.83	1		0.80		0.83		0.68	0.67		0.43		0.45	
	3	0.6			0.95	0.60	0.60	1	0.7	0.74	0.95	0.49	0.60	0.52	
	2	0.85			0.81		0.85		0.54	1		0.52		0.32	
	1	0.83	0.96		0.76		0.80		0.46	0.84		0.37		0.39	
低層棟	X方向							Y方向							
	階	F	Eo	SD	T	Is	Iso	Ctu*SD	F	Eo	SD	T	Is	Iso	Ctu*SD
	2	2.25	1.6	1	0.95	1.53	0.60	0.71	1	1.38	0.72	0.95	0.95	0.60	0.64
	1	1.5	1.25	0.9		1.08		0.42	1.2	0.78	0.71	0.95	0.53		0.46

F: 靱性指標 Eo: 保有性能基本指標 SD: 形状指標 T: 経年指標 Is: 構造耐震指標 Iso: 構造耐震判定指標 Ctu: 終局時累積強度指標 Ctu\*SD ≥ 0.3 でOKとする.

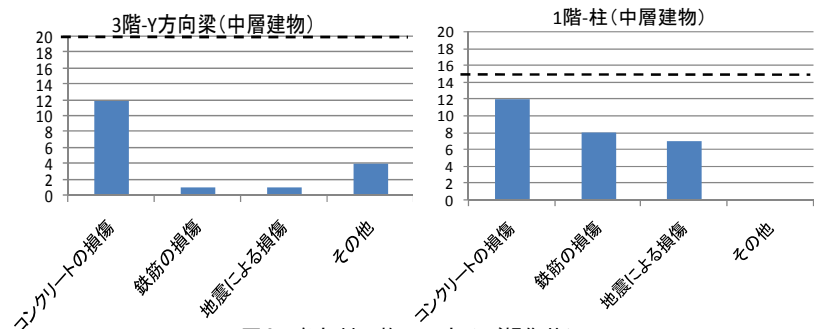


図3 各部材の施工不良及び損傷状況