

# 論文 1995年兵庫県南部地震により被災した西宮市内の学校建物の被害分析

今井 弘\*<sup>1</sup>・野本 勉\*<sup>2</sup>

**要旨**：兵庫県南部地震による西宮市内の小、中、高校及び養護学校の全 83 校の被害を調査し、被害の程度を各地区、建設年月、建物の方向、階数及び小・中・高校ごとに明らかにした。旧耐震基準による建物の被害が大きく、新耐震基準による建物の被害が小さいことが確認された。

**キーワード**：兵庫県南部地震、西宮市、学校建物、新旧耐震基準、被害程度

## 1. はじめに

兵庫県南部地震により被災した西宮市内の学校建物の被害を全数調査し、その被害度と、建物の地理的条件や設計基準等との相関を明らかにするために、被害分布の分析を行った。

## 2. 調査方法

被害の調査方法は、日本建築学会学校建物委員会 RCWG、西宮市教育委員会、及び筑波大学による各調査結果を集計したものである。各調査機関によって認定された被害度の差があった場合には、最終的に学会の判定結果を優先した。調査数は、市内の鉄筋コンクリート（以下 RC）造校舎全 366 棟、RC 造体育館 80 棟であり、調査率は全数の 100%である。古い建物の上への増築は一棟と見なしたが、建物の横への増築は、梁主筋が連続していても連続していなくても、別棟扱いとした。RC 造以外の教室棟、鉄骨（以下 S）造の体育館(4 棟)、管理棟、クラブ部室、給食室棟、渡り廊下、エキスパンションジョイント、犬走り、ガラス窓、書架等の転倒、周辺地盤などは本調査の集計対象外とした。また RC 造体育館では、RC 部分が被害度判定の対象であり、S 造の屋根は判定の考慮に入っていない。

## 3. 被害程度のカテゴリ

被害程度は主に 1 階の柱の各被害に対して、無被害（被害度：0）、軽微（I）、小破（II）、中破（III）、大破（IV）、倒壊（V）の 6 段階に分類した。棟の被害の程度については、主に 1

表- 1 損傷度分類基準

被害の程度	損傷度	損傷の内容
無被害	0	被害がない
軽微	I	近寄らないと見えない程度のひび割れ以下（ひび割れ幅 $w$ が 0.2mm 以下）
小破	II	肉眼ではっきり見えるひび割れ（0.2mm < $w$ < 1.0mm）
中破	III	大きなひび割れ（1mm < $w$ < 2mm）
大破	IV	ひび割れ幅約 2mm 以上が多数、又はコンクリートも落下し、鉄筋も露出している。
倒壊	V	柱や梁が崩壊したり、床が下がったり、あるいは建物が大きく傾斜している。

\*1 筑波大学構造工学系助教授、工博（正会員）

\*2 筑波大学大学院（現（株）エスパス建築事務所）、工修（正会員）

階の柱の損傷を基にして計算される構造躯体の損傷割合  $D_i$  の値により、棟の被災度の区分を原則として日本建築防災協会の被災度判定基準（1991年）[1]に従い、次のように判定した。 $\sum D_i=0$  が無被害、 $\sum D_i \leq 5$  が軽微、 $5 < \sum D_i \leq 10$  が小破、 $10 < \sum D_i \leq 50$  が中破、 $50 < \sum D_i$  が大破、 $\sum D_i=50$  が倒壊である。なお、 $D_i$  は損傷度分類基準によって分類された損傷部材の部材数を、全部材数で除したものに規定の係数をかけた値であり、損傷部材の存在割合を基にして計算される一つの指標である。添え字  $i$  は損傷度を表している。損傷度と損傷の内容、または、一様に損傷した場合の柱と棟の被害度との関係は、概ね、表-1 に示すものと考えてよい。しかし、判定結果は判定者の主観によるところがかなり大きい。

#### 4. 被害程度の集計結果と分析

##### 4. 1 年代別被害度

建物の完成年より、1971年(昭46)以前完成の「旧耐震設計法」で設計されたと思われるものを「旧」と、1972年(昭47)～1981年(昭56)の日本建築学会RC規準改定後のものを「中」と、また、1982年(昭57)以降完成の「新耐震設計法」施行後に設計されたと思われるものを「新」と区分して、年代別の被害度を求めた。

表-2 RC造校舎の年代別被害度

RC造校舎についてみると、表-2に示すように旧耐震設計法による建物の被害率が最も大きく、新耐震設計法による建物の被害は少ない。大破と倒壊の

設計年代	完成年	棟数	被害度別棟数				
			0, I 無被害軽微	II 小破	III 中破	IV 大破	V 倒壊
旧	～1971	177	123	23	25	1	5
中	1972～1981	124	98	5	11	8	2
新	1982～	65	62	2	1	0	0
合計		366	283	30	37	9	7

表-3 大破と倒壊の建物と柱の帯筋

設計年代	大破 (IV)	倒壊 (V)
旧 旧耐震	上ヶ原小 北棟 (昭33.3) 9 φ @250	上ヶ原小 管理棟 a(昭34.3) 9 φ @250 上ヶ原小 管理棟 b(昭35.3) 9 φ @250 甲陵中 南東棟 a(昭36.3) 8 φ @230,370 甲陵中 南東棟 b(昭36.9) 8 φ @230,370  香櫛園小 南東棟 (昭41.2) 10 φ @240
中 S46.6 規準改定	上ヶ原中 北棟 a(昭47.3) @150 上ヶ原中 北棟 b(昭47.3) @150 上ヶ原中 中棟 a(昭47.8) 13 φ @100 県立西宮北高 南棟 (昭48) 13 φ @100 上ヶ原中 北棟 c(昭49.5) @150 上ヶ原中 中棟 b(昭49.5) 13 φ @100 県立西宮北高 北棟 (昭49) 13 φ @100 県立西宮高 C棟 (昭50.3) 13 φ @100	県立西宮高 E棟 (昭47.2) 13 φ @100      県立西宮高 D棟 (昭53.7) D10@100
新 S56.12 新耐震		

( ) 内は完成年月を示す。

棟数は16棟であり、全体の5%弱である。

表-3に大破及び倒壊の建物を示す。倒壊(被害度V)と判定された校舎は、旧基準のものでは、上ヶ原小の2棟(管理棟, 竣工 昭34.3, 昭35.3)、甲陵中の2棟(南東棟, 昭36.3, 昭36.9)、香櫨園小南東棟(昭41.2)であり、中間の年代のものでは、県立西宮高D, E棟(芸術棟, 昭53.7, 昭47.2)である。大破(被害度IV)と判定された校舎は、旧基準のものでは、上ヶ原小北棟(昭33.3)であり、中間の年代のものでは、上ヶ原中の3棟(北棟, 昭47.3~昭49.5)、2棟(中棟, 昭47.8, 昭49.5)、県立西宮北高南棟(昭48)、北棟(昭49)、県立西宮高C棟(理科棟, 昭50.3)である。

表-3の各建物の後に示した数値は、被害調査により判明した柱の帯筋の径と間隔である。旧耐震設計の柱の帯筋は丸鋼で8~10φと細く、間隔も@230以上と大きい、「中」世代のものは、13φと太くなり、かつ、間隔も@150以下と密になっている。本調査結果に限ってみると、法改正時のいわゆる「かけ込み確認申請」はなかったものと推定される。

RC造体育館についてみると、表-4に示すように、全体的に大きな被害に至ったものは少ない。また、年代による差も小さい。

大破(IV)と判定されたものは苦楽園中の体育館である。写真-1, 2に示すように、PC屋根が落下した甲東小の体育館は1階部分(中廊下の4構面形式の特別教室)が無被害だったので中破(III)と判定されている。部分崩壊した建物の被害度の評価には、新しい工夫が必要と考えられる。

表-4 RC造体育館の年代別被害度

年代	完成年	棟数	被害度別棟数				
			0, I 無被害 軽微	II 小破	III 中破	IV 大破	V 倒壊
旧	~1971	20	15	2	3	0	0
中	1972~1981	29	25	0	3	1	0
新	1982~	31	26	5	0	0	0
合計		80	60	7	6	1	0

#### 4.2 地域別被害度分布

地理的特徴、学校の集中度を考慮して、西宮市を図-1に示すように7つの地域に分割し、地域別被害度を調べる。

- A : 阪神電鉄本線より南
- B : 阪神電鉄本線とJR線の間
- C : JR線と阪急神戸線の間
- D1 : 阪急線より北側で夙川より西
- D2 : // 夙川と阪急今津線の間
- D3 : // 阪急今津線より東
- E : 西宮市北部地区



図-1 西宮市の地域分割図



写真-1 甲東小学校体育館西側面

RC校舎についてみると表-5に示すように、B, C, E地区の被害は小さく、D2地区に被害が集中している。A地区で倒壊と判定されたものは香櫨園小南東棟であり、D1地区で大破(IV)と判定されたものは県立西宮北高北棟と南棟であり、D2地区で倒壊(V)又は大破(IV)と判定されたものは、甲陵中の2棟(南東棟)、上ヶ原小の2棟(管理棟)、及び県立西宮高D棟とE棟(芸術棟)、上ヶ原小北棟、上ヶ原南小南棟、上ヶ原中の3棟(北棟)、2棟(中棟)、及び、県立西宮高C棟(理科棟)である。写真-3に示すように、部分崩壊した市立西宮高A棟(南棟)は無被害の柱の数が多かったため、棟の被害としては中破(III)と判定されている。ここでも、部分倒壊した建物の被害度評価の難しさが再認識される。

被害の最も激しかったD2地区についてさらに年代別に被害度を分類したものを表-6に示す。D2地区では、新耐震設計法以前の建物の割合が9割と他地区より多

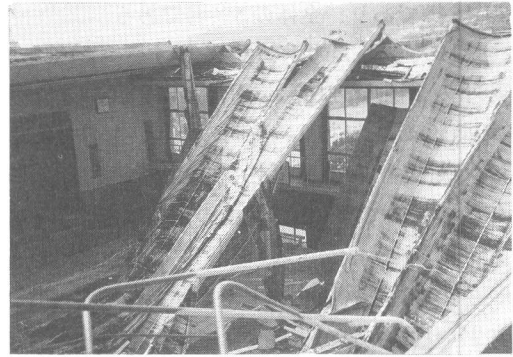


写真-2 甲東小学校体育館 PCa 屋根の脱落

表-5 RC造校舎の地域別被害度分布

地域	棟数	被害度別棟数				
		0, I 無被害 軽微	II 小破	III 中破	IV 大破	V 倒壊
A	106	80	17	8	0	1
B	55	53	1	1	0	0
C	24	23	0	1	0	0
D1	24	20	0	2	2	0
D2	71	33	11	14	7	6
D3	49	37	1	11	0	0
E	37	37	0	0	0	0
合計	366	283	30	37	9	7



写真-3 市立西宮高校 A 棟 (南棟)

表-6 D2地区 RC造校舎の年代別被害度

年代	完成年	棟数	被害度別棟数				
			0, I 無被害 軽微	II 小破	III 中破	IV 大破	V 倒壊
旧	~1971	30	9	7	9	1	4
中	1972~1981	32	16	3	5	6	2
新	1982~	9	8	1	0	0	0
合計		71	33	11	14	7	6

く、その被害率も他地区より大きいことが認められる。なお、D2 地区は、後で震度 7 と発表された所でもある。

RC 造体育館についてみると、表-7 に示すように、全体的に被害は小さいが、D2 地区の被害が比較的大きい。

#### 4. 3 建物配置の方向別被害度

RC 造校舎のみについて、建物の配置方向による被害度を求めた。配置方向は建物の桁行方向によって、東-西、南-北、+45 度(北東-南西)、-45 度(北西-南東)の 4 つに分けた。表-8 に示すように、全体の 65% が東-西配置であり、方向による有意な分析を行うことは難しいが、被害割合からみると、東-西配置と北西-南東配置の校舎の被害程度は激しい。

松田と竹村の木造家屋の倒壊方向の調査 [2]によると、図-2 に示すように、神戸地区では南北方向であるが、西宮地区では東西方向となっており、本調査の結果と一致する。また、この方向(東西方向または北西-南東方向)は、同図に示すように、大きな活断層線にほぼ直行していることが認められる。

西宮市で学校被害の激しかった D2 地域は、緩やかな丘陵地に位置する住宅地である。超高層建物や特殊な建物がないためか、観測された地震動がないので D2 地域の地震動の特性と被害の特徴との関係は現段階では論じることができない。

表-7 RC 造体育館の地域別被害度分布

地域	棟数	被害度別棟数				
		0, I 無被害 軽微	II 小破	III 中破	IV 大破	V 倒壊
A	27	23	3	1	0	0
B	8	7	1	0	0	0
C	4	4	0	0	0	0
D1	4	3	0	0	1	0
D2	17	12	1	4	0	0
D3	12	9	2	1	0	0
E	8	0	0	0	0	0
合計	80	66	7	6	1	0

表-8 RC 造校舎の方向別被害度

方向	棟数	被害度別棟数				
		0, I 無被害 軽微	II 小破	III 中破	IV 大破	V 倒壊
東-西	238	183	14	29	7	5
南-北	43	41	0	1	1	0
+45	39	28	8	3	0	0
-45	46	31	8	4	1	2
合計	366	283	30	37	9	7

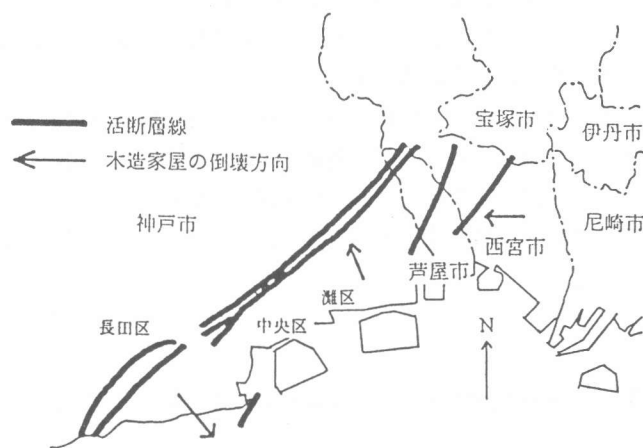


図-2 木造家屋の倒壊方向と断層線 ([2]による)

#### 4. 4 階数別被害度

RC造校舎の階数の違いによる被害度を求めた。表-9に示すように、RC造校舎は、3階建と4階建が全体の80%以上を占めている。倒壊（被害度V）と判定されたものは3階建に多かったが、大破（IV）まで含めると4階建の被害が比較的大きいと考えてよい。古い校舎は主に3階建てであり、その後、4階や5階建てが多くなってきたことによく対応する。5階建ての校舎は新耐震基準によるものであり、被害は軽かった。

表-9 RC造校舎の階数別被害度

階数	棟数	被害度別棟数				
		0, I 無被害 軽微	II 小破	III 中破	IV 大破	V 倒壊
1	5	5	0	0	0	0
2	40	36	2	1	0	1
3	202	163	16	18	1	4
4	108	71	11	16	8	2
5	11	8	1	2	0	0
合計	366	283	30	37	9	7

#### 4. 5 小学校・中学校・高等学校別被害度

小学校・中学校・高等学校別の被害度を求めた。中等部と高等部の利用区分がはっきりしない中高一貫校の建物は、中学と高校にそれぞれ1棟として数えた。

表-10 RC造校舎の小・中・高別被害度

校種	棟数	被害度別棟数				
		0, I 無被害 軽微	II 小破	III 中破	IV 大破	V 倒壊
小	191	160	9	18	1	3
中	112	85	15	5	5	2
高	56	28	9	14	3	2
合計	359	273	33	37	9	7

表-10に示すように、小学校に比べ、高等学校の被害の割合が大きい。高校では、特別教室などの大きい部屋が多いためと推定される。

#### 5. まとめ

西宮市内の学校建物の被害状況は次のようにまとめられる。

- (1) RC造校舎では、旧耐震設計法による建物の被害率が最も大きく、新耐震設計法による建物の被害は軽微である。大破と倒壊と判定された棟数は全棟の5%弱である。
- (2) 体育館の被害度は、校舎に比べると小さい。
- (3) 阪急神戸線以北で、夙川と阪急今津線に挟まれた地域に被害が集中している。
- (4) 建物の桁行方向が東-西と北西-南東の配置となっている建物の被害率は、他より大きい。
- (5) 被害の割合は、高校で比較的高く、小学校では低い。
- (6) 部分倒壊した建物の被害度の評価には、部分倒壊した部位ごとに分類するなどの新しい工夫が必要である。

#### [参考文献]

- [1] 日本建築防災協会：震災建築物等の被災度判定基準および復旧技術指針（鉄筋コンクリート造編）、1991
- [2] 松田高明、竹村厚司：兵庫県南部地震における木造家屋の倒壊方向と分布、シンポジウム「阪神・淡路大震災と地質環境」論文集、pp. 181 - 186、1995. 6