

兵庫県南部地震で被災した鉄筋コンクリート校舎の 耐震性能と地震応答

(その1) 地震被害と耐震診断

正会員 ○ 北山和宏*1
同 横尾一知*2
同 小山明男*3

1. はじめに

兵庫県南部地震(1995)で大破に近い被害を受けた鉄筋コンクリート(RC)学校建物を対象として、その破壊原因を解明するために耐震診断および3方向地震力に対する地震応答解析を行なった。特に耐震壁の偏在によるねじれ振動の影響に注目した。

(その1)では被災状況と耐震診断の結果を報告する。

2. 対象建物の概要

対象建物は兵庫県立御影高校(神戸市東灘区御影石町)の特別教室棟である。各階の平面を図1に、代表的な軸組を図2に示す。この建物は桁行・張り間方向ともに耐震壁付きフレーム構造で、RC造4階建て5×4スパン(3階以上はセットバックし5×3スパンとなる)である。なお北側7通りは柱型のない連層耐震壁である。竣工は1970年で、当時は1階はピロティであったが居室として利用するために後にコンクリート・ブロックで仕切られた。2階は主に図書室であった。基礎は独立基礎である。

3. 被害状況

部材の被害状況と各階平面の重心と剛心の位置を図1および図2に示す。ローマ数字は損傷の程度を示し、数字が大きいほど損傷が激しい[1]。図には損傷度Ⅲ以上を示したが、これはR階梁を除いて全てせん断損傷であった。白抜きで×印の柱はX,Y両方向とも損傷度Ⅳ以上の被害を受けたものである。本建物は兵庫県南部地震によって2階が大きく損傷し、文献[1]に基づく損傷評価では「大破に近い中破」との判定を受けた。その後、本建物は取り壊された。

2~4階のY方向B3~B5通り間および3、4階のC3~C5通り間には高さ1900mmの高窓付き壁があるため、この柱はY方向に

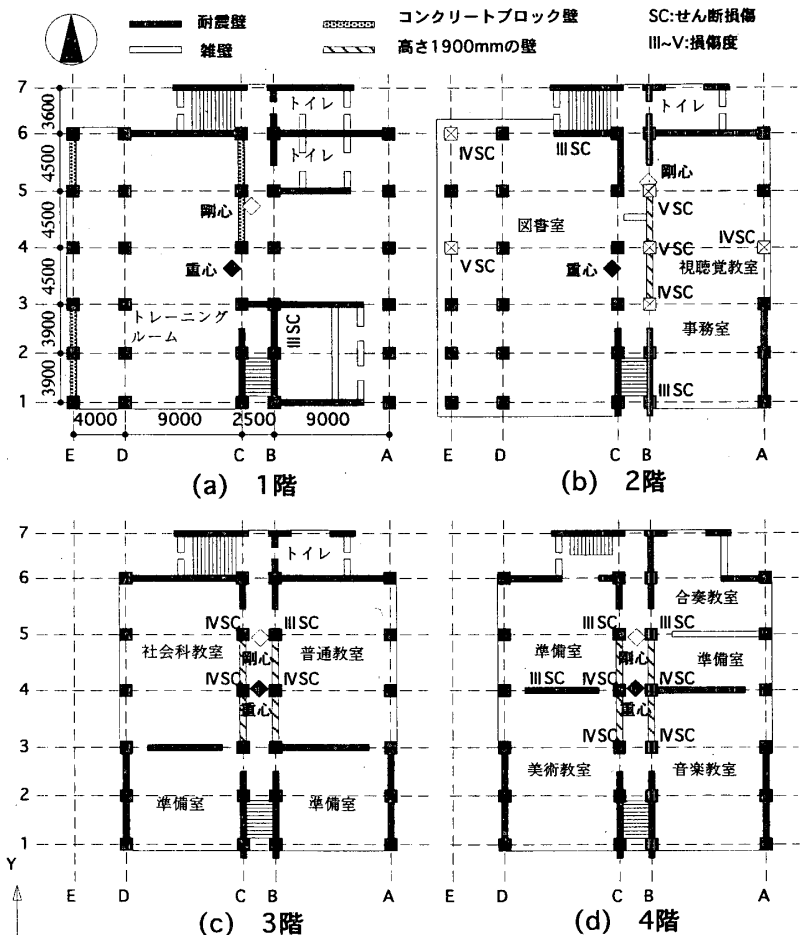


図1 各階平面と部材損傷度

図中のアラビア数字は壁厚(cm)、特記なきローマ数字はせん断損傷度

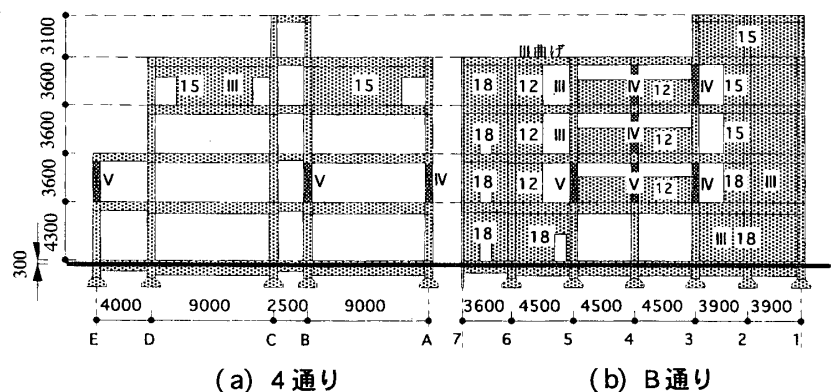


図2 軸組と部材損傷度

Seismic Resistant Capacity and Earthquake Response of R/C School Building Damaged by Hyogoken Nanbu Earthquake

Part 1 : Damage and Seismic Capacity Evaluation

KITAYAMA Kazuhiro, YOKOO Kazutomo and KOYAMA Akio

においては極短柱となり、この部分にせん断破壊が集中した。最も被害の大きかった2階では、極短柱とならないX方向においてもせん断破壊が生じた。また長柱となるE4、E6およびA4柱にもせん断破壊が見られた。2階の大きく破損した柱はほぼ共通して北面から東面にかけて連続した斜めひびわれが発生した。これは2方向せん断力またはねじれ・せん断力の相互作用による。また2階では耐震診断では曲げ柱と判定されたが、実際にはせん断破壊を起こした柱が数本あった。なお1階Y方向の耐震壁量は2階よりやや少ないが、コンクリート・ブロックやRC雑壁の非構造部材が多いため被害は軽微であった。そのため以後の耐震2次診断および地震応答解析では鉄筋コンクリートの1階雑壁を構造部材として扱うことにした。

4. 耐震診断

耐震診断基準^[2]に従って、1次・2次耐震診断を行った。ペントハウスは重量のみを考慮した。1階のコンクリート・ブロック壁は無視した。コア抜きによるコンクリート圧縮強度の平均値^[5]は、4階：21.6MPa、3階：22.9MPa、2階：22.8MPa、1階：26.0MPaであった。そこで診断用のコンクリート強度は文献^[2]に従って設計基準強度の17.6MPaとし、鉄筋の降伏強度として294.1MPa（材種SR24）、343.2MPa（材種SD30）を用いた。各階重量（4階：5939kN、3階：5710kN、2階および1階：6712kN）は単位面積重量を11.8kN/m²として計算した。

各階の1次・2次診断の保有性能基本指標E₀、形状指標S_D、経年指標T、構造耐震指標I_sおよび累積強度指標C_T・S_Dを表1および表2に示す。2次診断における経年指標値は1.0とした。各方向とも第2種構造要素はなかった。2階の強度指標C—靱性指標Fの関係を図3に示す。

1、3および4階のX方向では比較的壁量が多いためI_s値は大きかった。これは、実被害においても1、3および4階のX方向では大きな損傷が生じなかったことと対応する。2階は耐震壁量が若干少ないこと以外に、耐震壁の偏在による建物の重心と剛心とのずれ量が大きくなり（図1参照）、ねじれ性状が卓越すると判断された（S_D指標算出の際に定義する偏心率が0.15を超えるという例外事項に該当した）ため、2次診断によるI_s値は0.26、C_T・S_D値は0.24と、他の階と比較して極めて小さくなった。偏心部材を無視した時の強度（6、7通りの耐震壁を無視、図3(a)の実線）はF=1において偏心を無視した場合（同図の破線）の半分以下であり、偏心の悪影響が顕著だった。

Y方向の2次診断I_s値は上階ほど大きくなった。2～4階に極脆性柱があるが柱の全本数に比べてその数は少なく、I_s値算出ではこれらを無視した場合を採用した。Y方向2階の2次診断I_s値は1階よりも若干大きかったが、2

階のC_T・S_D値が0.36と最小であったために、現実には2階の損傷が最も激しかった。また診断では無視した1階のコンクリート・ブロック壁も水平抵抗に寄与したと考える。

5. まとめ

兵庫県南部地震によってRC4階建ての御影高校特別教室棟では、2階の長柱および極短柱が拮行き・張り間両方向ともにせん断破壊し、大破に近い損傷を受けた。耐震2次診断の結果、2階X方向の偏心率が大きく、ねじれによる悪影響を考慮することによって構造耐震指標値が最小となった。1階はRC雑壁とコンクリート・ブロック壁とが水平力に対して有効に機能し、損傷は軽微であった。

謝辞 地震応答解析プログラムCANNY-Eの使用に際して、多くの助言をいただいた地震防災フロンティア研究センター・李康寧博士に厚く御礼申し上げる。また本研究の一部は1997年度東京都立大学特別研究としてNTT-IT・高塚慶則氏が実施した。

参考文献（その2と共通） [1]（財）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、1991。 [2] 日本建築防災協会：改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準同解説、1990。 [3] 壁谷沢寿海：鉄筋コンクリート壁フレーム構造の終局型設計法に関する研究、東京大学博士論文、1985。 [4] 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針(案)・同解説、1997。 [5] 日本建築学会：文教施設の耐震性能等に関する調査研究報告書、1996。

表1 1次診断の結果

階	X方向				Y方向			
	E ₀	S _D	T	I _s	E ₀	S _D	T	I _s
4	0.99	0.90	0.90	0.80	1.24	0.90	0.90	1.00
3	1.01			0.82	0.70			0.57
2	0.58			0.47	0.78			0.63
1	0.80			0.65	0.43			0.35

表2 2次診断の結果

階	X方向					Y方向				
	E ₀	S _D	T	I _s	C _T ・S _D	E ₀	S _D	T	I _s	C _T ・S _D
4	0.91	0.81	1.00	0.74	0.79	1.47	0.90	1.00	1.32	1.39
3	1.03	0.81		0.83	0.88	0.85	0.90		0.77	0.78
2	0.36	0.72		0.26	0.24	0.63	0.90		0.57	0.36
1	1.10	0.81		0.89	0.89	0.64	0.81		0.52	0.47

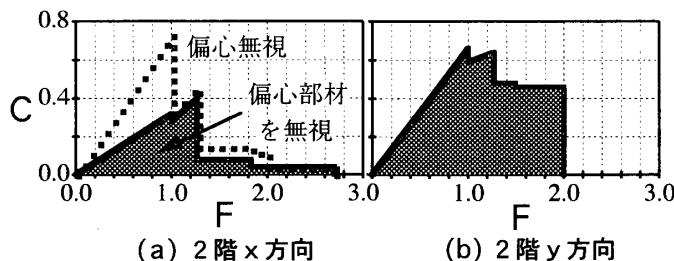


図3 2階C—F図

*1 東京都立大学大学院工学研究科助教授・工学博士
 *2 (株)ポラテック・修士(工学)
 *3 明治大学理工学部建築学科専任講師・博士(工学)

*1 Associate Professor, Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.
 *2 POLUS-TEC, Ms. Eng.
 *3 Assistant Professor, Department of Architecture, Meiji Univ., Dr. Eng.