

## 新潟県中越地震における十日町市の4階建てRC造建物の被害の概要

Damage of 4 story R/C building of Tokamachi city on the 2004 mid Niigata prefecture Earthquake

李 柱振<sup>1</sup> 本多 良政<sup>1</sup> 加藤 大介<sup>2</sup> 中村 友紀子<sup>3</sup>

抄録：2004年10月23日新潟県中越地震で被災した十日町市（震度6強）中心部の建物の被害の概要および耐震診断結果を報告する。建物Sは鉄筋コンクリート造4階建てで、1972年竣工である。階段室が建物の端部に位置し、耐震壁の配置が偏っている。また、ブロック造の間仕切り壁が多用されており、抜け易い構造になっている。被害は抜けにより一部の柱が大きく変形し、せん断破壊した。

キーワード：Mid Niigata prefecture earthquake, Tokamachi city, Reinforced concrete, shear failure, torsion  
耐震診断、新潟県中越地震、鉄筋コンクリート、せん断破壊、ねじれ、偏心率

### 1. はじめに

2004年10月23日新潟県中越地震において、十日町市は震度6強を受けた（ただし本震では震度6弱）。大破となった十日町市の中心部の建物（以下、建物S）の被害の概要および耐震診断結果を報告する。建物Sは現在取り壊し中である。

### 2. 建物の概要

表1に建物Sの概要を、写真1に建物全景を示す。建物Sは4階建て（ペントハウス1階）8×3スパンの一部耐震壁をもつラーメン構造であり、基礎は杭基礎である。図1には代表的な部材の配筋図を、図2には1階の

平面図を、図3には一部の軸組図をそれぞれ示す。軸組図には耐力壁とブロックを区別して示している。

表1 建物概要

竣工年	1972年
階数	4階（PH1階）
構造	鉄筋コンクリート造
スパン	8×3スパン
基礎	杭基礎（コンクリートパイル）



写真1 建物の全景

柱断面			
主筋	24 - 22	28 - 22	14 - 22
帯筋	9@300	9@300	9@300
b × D	550 × 700	550 × 700	500 × 650
梁断面			
主筋	17 - 22	14 - 22	11 - 22
あばら筋	9@300	9@300	9@300
b × D	450 × 700	400 × 600	350 × 600

図1 部材断面配筋図

\*1 新潟大学大学院 修(工)

\*2 新潟大学工学部建設学科 教授 工博

\*3 新潟大学工学部建設学科 講師 博(工)

Graduated student, Niigata Univ.

Professor, Dept. of Archi., Niigata Univ.

Lecturer, Dept. of Archi., Niigata Univ.

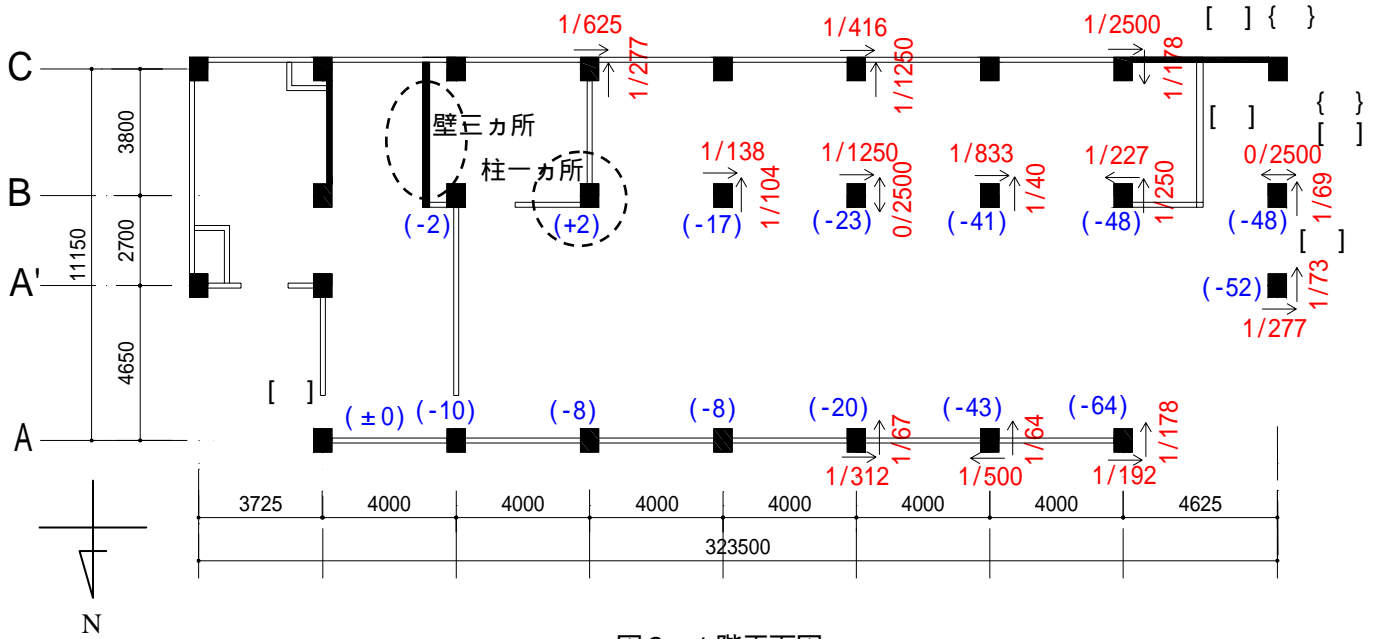


図2 1階平面図

{ }は3階、[ ]は2階、は1階の被害損傷度を示し、(±数値)はレベルを用いて測定した2階床の沈下量を示している。その上、下げ振りで測定した柱の両方向の傾斜も示している。矢印は柱頭が柱脚に対する傾斜方向を示す。

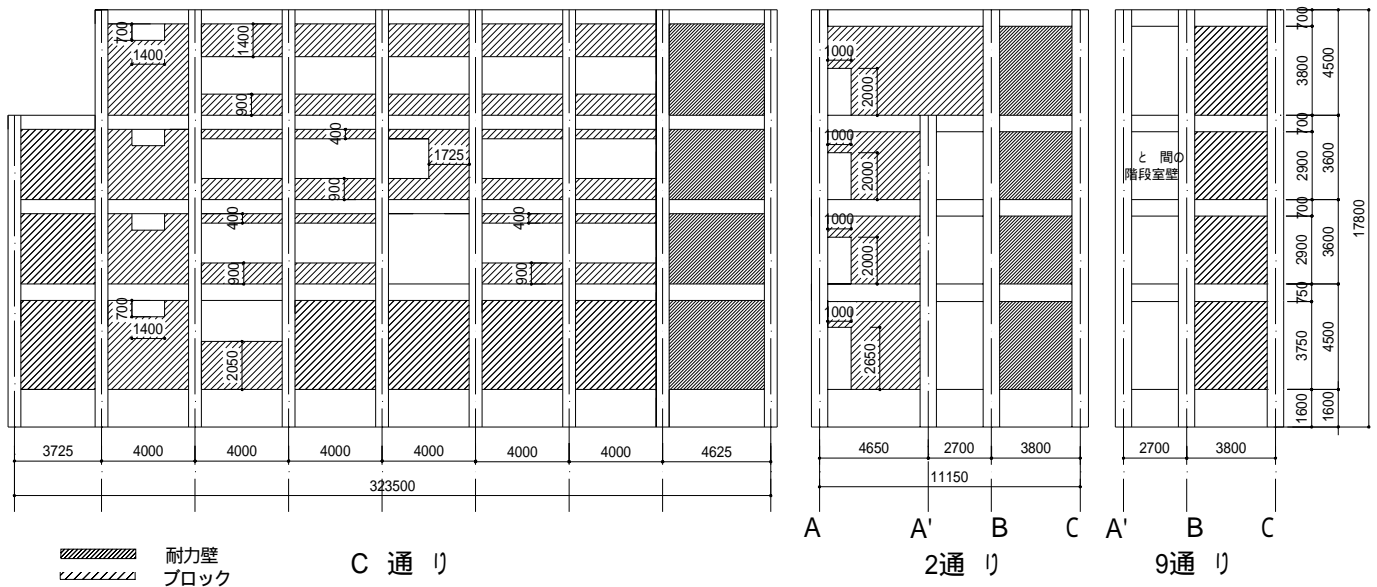


図3 軸組図

建物Sは昭和41年(1966)4月に設計され、1972年に建てられたため、柱の帯筋も、梁のあばら筋もその配置間隔は300mmである。柱、梁の主筋は22と25の二種類、せん断補強筋は9である。柱は梁間方向に扁平な長方形断面であった。1階は耐震壁は階段室周りの

梁間方向に2枚、桁行きはCラーメンの端部に1枚のみであり、ねじれ易い構造になっている。さらに、図3の軸組み図をみてもわかるように、C通りを中心に多くのブロックが設置されているため、さらにねじれる要因となっている。



(a)柱東面  
写真2 柱9B

表2 コアコンクリート強度

採取場所	高さ (mm)	直径 (mm)	最大荷重 (kN)	強度 ((N/mm <sup>2</sup> ))	平均強度 ((N/mm <sup>2</sup> ))
壁	171.5	94.4	139	19.6	20.0
壁	167.3	94.2	131	18.5	
壁	164.6	94.3	127	17.8	
柱	195.6	94.4	168	24.0	

被災後に1階の4箇所でコンクリートコアを抜



(b)柱東南面上部

(c)柱南西面上部詳細

(d)柱西面下部詳細

写真2 柱9Bの詳細

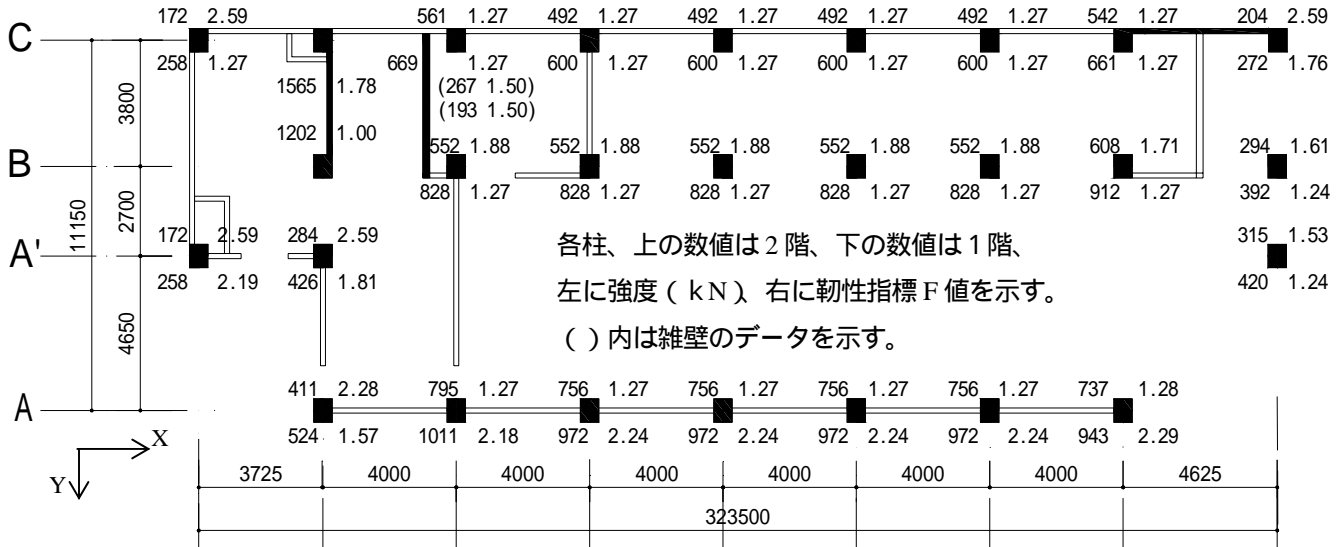


図4 1,2階Y方向のCとF値

き取り、圧縮強度の調査を行った。抜き取り箇所は図2の点線で囲まれている壁で3箇所、柱で一箇所である。その結果を表2に示す。圧縮強度の平均値は20 N/mm<sup>2</sup>であり、悪くはなかった。

### 3. 被害概要

図2の平面図には、文献(1)により評価した各部材の損傷度(判定が0もしくは判定不可能だったのは示していない)と下げ振りにより測定した柱の傾斜角、さらに、2階の床をレベルで測定した1階柱の軸変形を示している。

1階の柱の傾斜角を見ると、東西方向(桁行き)では、ほとんどが西に傾いており、最大傾斜角は柱5Bの1/138radであった。南北方向(梁間)では、柱8C以外、南に傾き、柱6A、7A、7B、9A、9Bでは1/100rad以上が観測され、最大1/64radであった。

その傾斜角の分布から分かるように、1階の西方向の妻面の通り、およびその隣接ラーメンの柱の梁間方向の変形角が大きく、損傷度もとなっている。写真2に

通りBラーメンの被害状況を示すが、激しいせん断破壊を起こしており、その破壊により軸方向に変形を起こしていた。レベルで2階床で観測した軸変形(図2(数値))は、北西隅角部が最大で、64mm沈んでいた。写真を見ると柱9Bは両方向にせん断破壊を起こしており、その破壊により帯筋のフックが外れていた。フックは90度折り曲げフックであった。その詳細写真を見ると、最大のせん断ひび割れはジュースの紙バックが入るくらいで7cmほどであった。

一方、東側の階段室がある構面の損傷はほとんどなく、建物が大きくねじれたことがわかる。文献(1)による耐震性能残存率Rは、1階がR=62の中破であったが、これは大きく損傷した部分が建物の約1/3であり、それ以外の部材はほぼ無損傷だったことによる。2階以上の損傷は少なく、Rは2~4階がR=99、97、99の軽微であった。

### 4. 耐震診断の結果

文献(2)に従って、第2次診断を行った。計算は(有)

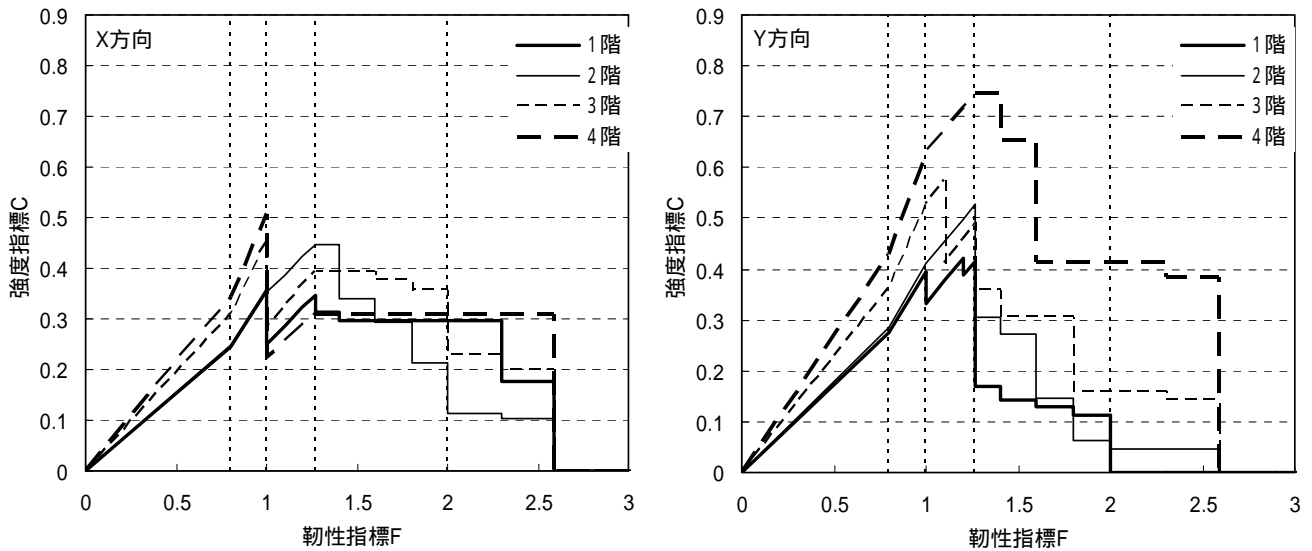


図5 診断結果 (C-F 図)

ST ニューテック研究会の screen-1・2 を用いた。以下に計算仮定を示す。

- (a)重量は  $12 \text{ kN/m}^2$  を仮定した。
- (b)ブロックの強度と剛性 (SD 指標) は無視した。また、柱の内法高さの算出にもブロックの影響は無視した。
- (c)材料強度は丸鋼が  $294 \text{ N/mm}^2$ 、コンクリートは抜き取り試験から得られた  $20 \text{ N/mm}^2$  とした。
- (d) $S_D$  指標は診断基準に従った。
- (e)曲げは最外の主筋のみ有効とした。

耐震診断の結果を表3に示す。また、図4に被害の大きかった梁間方向の1, 2階の鉛直部材の強度とF値を示す。さらに、図5に桁行き(X)と梁間(Y)方向のC-F関係を示す。

表3 耐震診断結果

階数	X方向					Y方向				
	C	F	SD	E0	Is	C	F	SD	E0	Is
4階	0.31	2.59	0.80	0.80	0.64	0.65	1.60	0.80	1.05	0.84
3階	0.39	1.60	1.00	0.63	0.63	0.49	1.27	1.00	0.63	0.63
2階	0.45	1.40	1.00	0.63	0.63	0.53	1.27	1.00	0.67	0.67
1階	0.35	1.27	1.00	0.44	0.44	0.42	1.20	1.00	0.51	0.51

図5のC-Fグラフをみると、X方向では若干靱性指標が高くなっていることがわかる。これは柱が扁平でX方向が弱軸であるからである。また、 $I_s$  値の決定されるF指標は1階でX方向がF=1.27 Y方向がF=1.20であった。その結果、1階の $I_s$  指標は、X方向が0.44、Y方向が0.51となった。被害の大きかったY方向の $I_s = 0.51$ は十日町市(震度6強)において大破の被害を受けた建物としては大き目の値と思われる。これには2つの理由が考えられる。

第1に、図4の1階の柱のF値をみてみると、F値は

高めに評価されている。すなわち、せん断で決まっているものもあるが、曲げ破壊であるものが増えてしまっていることがあげられる。これは曲げ補強筋として最外のもののみ有効としていることもあるが、せん断補強筋が90度フックであることによりせん断強度を過大評価していることも考えられる。

第2に、 $S_D$  指標に低減がないことがあげられる。すなわち、明らかにねじれを生じて破壊しているが、計算結果にはそれが考慮されていない。これは、偏心率の計算法そのものの問題の他に、今回は重量を平米あたりで与えていることや、ブロックを考慮していないことがあげられる。

## 5. まとめ

(1)S 建物は耐震壁とブロックの配置が偏り、大きくねじれることにより、西側の梁間方向のフレームが大きく変形した。その結果、西側の柱がせん断破壊し、軸方向変形を生じ、大破となった。

(2) 被害の大きかったY方向1階の $I_s$  値は0.51であったが、これは十日町市(震度6強)において大破の被害を受けた建物としては大き目の値と思われる。これには、90度フック付きのせん断補強筋の有効性や偏心率の計算に問題があり、今後の検討を要する。

## 参考文献

- (1)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
- (2)日本建築防災協会：「2001年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説」