

中越地震と中越沖地震の双方で被害を受けた RC 学校建築物の耐震性能
(その1 地震動及び被害概要と地震応答解析方法)

正会員 ○小久保拓哉^{*1}
同 長橋 鉄雄^{*2}
同 中村友紀子^{*3}
同 加藤 大介^{*4}

中越地震 中越沖地震 RC 学校建築
耐震診断 地震応答解析

1. はじめに

本建物は中越地震及び中越沖地震の双方の地震により被災している。その被災度は中越地震で 1,2 階が小破, 中越沖地震では 1,2 階が中破であった。本報告では建物の性能の紹介と両地震による建物の被害の報告, その元となるデータとして両地震の性質を示す。両地震の性質をより詳細に説明するために, 地震応答解析を行い解析結果について検討する。その 1 では, 地震動及び被害概要と地震応答解析方法について述べる。

2. 対象建物の概要

対象建物は新潟県長岡市小国町にある S 小学校教室棟である。本建物は 1963 年 (昭和 38 年) に建設され, 長辺方向 16 スパン, 短辺方向 2 スパンの RC ラーメン構造 3 階建である。基礎は杭基礎である。1 階平面図を図-1 に示す。柱の断面形状は C1~C5 までであるが, 代表的な 1 階柱の C1 と C4 の諸元を表-1 に示す。配筋調査では帯筋間隔が 200mm であったが, 90°フックであるため後述する診断の際には 400mm を採用している。建物の基本データである重量およびコンクリート強度を表-2 に示す。耐震診断では積載・積雪荷重を考慮した重量を用い, その際の積雪量は 320cm としている。

3. 地震動の概要

対象建物に最も近い JMA 小国町法坂の地震計は, 対象建物の南西方向約 3km に位置し, 中越・中越沖地震の双方で震度 6 強を観測した。表-3 に JMA 小国町法坂の地震計が観測した最大地動加速度および最大地動速度を示す。両地震ともに最大地動加速度および速度は EW 方向に卓越している特徴がある。図-2(a)(b)(c)に EW および NS 方向, さらに EW と NS 方向地震波を合成した建物桁行方向の加速度応答スペクトルを示す。図-2 をみると, 中越地震では 0.3~0.5 秒の周期が卓越しているのに対し, 中越沖地震では 0.5~0.7 秒の周期が卓越している。また, EW 方向の応答加速度は中越地震の方が大きく, NS 方向の応答加速度は中越沖地震の方が大きいことがわかる。桁行方向では中越, 中越沖地震ともに 0.4 秒付近の周期に卓越し, ほぼ同程度の大きさとなっている。

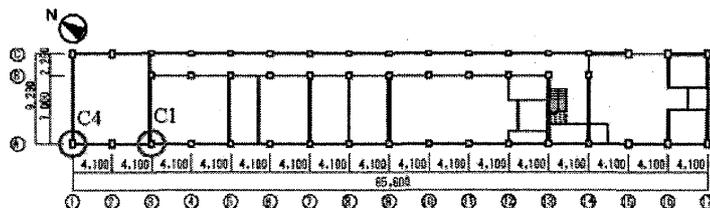


図-1 1階平面図

表-1 1階柱の主な配筋表

階	符号	C1	C4
1	断面		
	Dx×Dy	550×550	550×800
	主筋	8-φ19 σ _y =294 (N/mm ²)	10-φ22 σ _y =294 (N/mm ²)
	帯筋	□-φ9@200 σ _{wy} =294 (N/mm ²)	□-φ9@200 σ _{wy} =294 (N/mm ²)

90°フックであるので診断では@400とする。

表-2 建物の基本データ

階	重量 (kN) [*]		コンクリート強度 (N/mm ²)		
	積載・積雪 荷重あり	積載・積雪 荷重なし	設計基準 強度	診断採用値 (コア推定値)	コア 平均値
3	11015	8896	18	21.4	21.7
2	7820	6888	18	22.5	29.7
1	8920	8022	18	22.5	34.3

* 診断時に採用した積雪量は 320cm である。

表-3 中越・中越沖地震の最大地動加速度および速度

JMA 小国町法坂	中越地震		中越沖地震	
	EW	NS	EW	NS
最大地動加速度 PGA (gal)	692	395	613	504
最大地動速度 PGV (kine)	64.5	35.0	80.1 (3成分合成)	

Seismic performance of a R/C school building suffered during the Chuetsu and Chuetsu Oki Earthquake (Part1)

KOKUBO Takuya, NAGAHASHI Tetsuo,
NAKAMURA Yukiko, KATO Daisuke

4. 被害概要

本建物は 2004 年中越地震と 2007 年中越沖地震の双方で被災している。表-4 に被災度区分判定基準により求めた結果を示す。中越地震で 1, 2 階が小破, 中越沖地震では 1, 2 階が中破であった。中越地震被災後は耐震補強を実施していなかったが, 中越沖地震の被災により耐震補強を実施している最中である。

5. 耐震診断結果

中越地震被災前の耐震診断結果を X (桁行き) 方向と Y (梁間) 方向別に表-5(a)(b)に示す。耐震診断は, 2001 年改訂版耐震診断基準により第 2 次診断を行っているが, この表の I_s 値は地域係数 $Z = 0.9$ で除した値となっていることに注意を要する。耐震診断の結果を学校建物の構造耐震判定指標 $I_{50} = 0.7$ を用いて必要な耐震性能を有していたかを判断すると, 表-5(a)の X 方向診断では 1, 2 階の I_s 値が I_{50} 値を下回っており, 被災前の建物の耐震性能が十分でなかったと判断することができる。表-5(b)の Y 方向診断では全階で I_s 値が I_{50} 値を上回っており, 十分な耐震性能を有していたと判定できる。

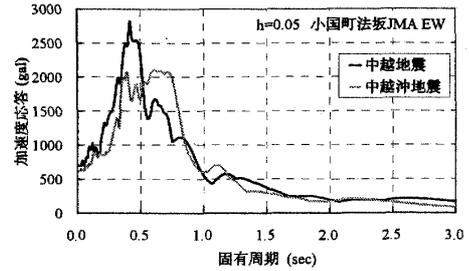
6. 地震応答解析

6.1 入力地震動

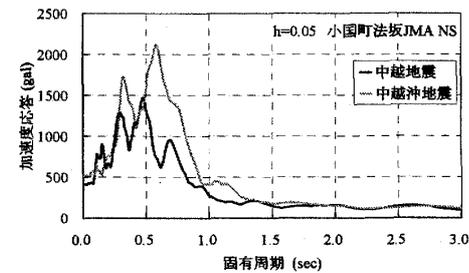
地震応答解析で使用する入力地震動は長岡市小国町に設置されている JMA 小国町法坂で計測された中越地震および中越沖地震の本震の地震動である。さらに, S 小学校は両地震で被災しているため, 中越地震と中越沖地震を連結した地震動も使用することにする。JMA 小国町法坂の地震計は, S 小学校の南西方向約 3km に位置している。S 小学校の桁行方向の軸はほぼ南北方向よりに向いているが, 表-1 に示したように南北方向に比べ東西方向で計測された地震動の最大加速度が大きくなっているため, 両方向について解析を行なう。EW と NS 方向地震波を合成した建物軸方向の地震動についても解析を行なう。さらに, 上下方向地震動が軸力に及ぼす影響を検討するため上下方向解析も行なう。

6.2 解析方法

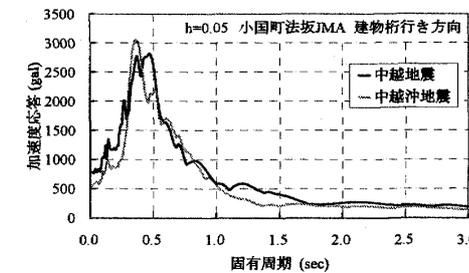
建物のモデル化は, 鉛直部材を曲げ柱, せん断柱, 曲げ壁, せん断壁, 柱型付曲げ壁の 5 つの部材群に分けて行なった。各部材のせん断力-変形関係はトリリニア型とし, 第一折れ点をひび割れ点, 第二折れ点を降伏点とする。履歴特性は武田モデルである。解析に用いた建物の重量は表-2 に示した積載・積雪荷重なしの値である。降伏強度は耐震診断時の値を使用する。ひび割れ強度は降伏強度の 1/3 とした。



(a) EW 方向



(b) NS 方向



(c) 建物桁行方向

図-2 中越・中越沖地震の加速度応答スペクトル

表-4 中越・中越沖地震の際の被災度区分判定結果

階	中越地震		中越沖地震	
	耐震性能残存率 略算法 R(%)	被災度 区分	耐震性能残存率 略算法 R(%)	被災度 区分
3	95.8	軽微	95.7	軽微
2	88.4	小破	77.0	中破
1	92.0	小破	63.1	中破

表-5 中越地震被災前の診断値

(a) X 方向正加力

階	C	F	破壊形式	E_0	I_s	判定
3	0.80	1.75	CB	1.05	1.14	OK
2	0.46	1.27	CB	0.51	0.55	NG
1	0.47	1.00	CB,CS,WS	0.47	0.51	NG

(b) Y 方向正加力

階	C	F	破壊形式	E_0	I_s	判定
3	1.74	1.00	CB,WS	1.26	1.37	OK
2	0.81	1.00	CB,WS	0.69	0.75	OK
1	0.69	1.00	CB,CS,WS,WCB,WCS	0.69	0.75	OK

*1 新潟大学大学院自然科学研究科 修士課程
 *2 新潟大学大学院自然科学研究科 博士課程
 *3 新潟大学工学部建設学科 講師 博士(工学)
 *4 新潟大学大学院 教授 工博

*1 Graduate student, Niigata Univ.
 *2 Graduate student, Niigata Univ.
 *3 D.Eng., Lec., Dept.of Arch.And Civil Eng., Niigata Univ.
 *4 D.Eng., Prof., Graduate school of Niigata Univ.