

## 新潟県におけるRC造学校建物の耐震性能と地震被害の関係

T O 8 K 9 3 9 D 三浦 昂  
指導教員 中村 友紀子講師

### 1. 背景・目的

1995年兵庫県南部地震を契機として1995年12月に耐震改修促進法が施行され、学校建物を中心に、耐震診断・耐震補強が実施されている。文部科学省の調査<sup>1)</sup>によれば、平成21年度における全国の公立学校施設の耐震化率は、67.4%、新潟県内の公立学校施設では62.5%にとどまっており、学校施設の耐震化には依然として多くの課題が残っている。

耐震性能と地震における被害の関係においては、同程度の耐震性能を有している建築物においても、地震時の挙動や被害程度は多分に異なり、耐震補強等、建物の耐震化を進める上で、地震被害と耐震性能の関係は理解を生みにくいものとなっているといえる。

以上の背景より本研究では、耐震性能の違いによる被害確率の差異を示すことで、耐震補強等、建築物の耐震化推進における知見を得ることを目的として行なう。

### 2. 研究方法

本研究では、既往の論文<sup>2)</sup>を基に、1995年兵庫県南部地震、2004年新潟県中越地震、2007年新潟県中越沖地震で被災したRC造学校建物の構造耐震指標 $I_s$ ・耐震性能残存率 $R$ といった耐震性能・被害程度等の建物情報より、計測震度( $I_{JMA}$ )、地動最大速度(PGV)などの地震力パラメータとの被害確率の関係を求めていく。

### 3. 対象建築物

本研究で対象とした建築物は、参考文献<sup>2)</sup>より取得した前述の3つの対象地震において被災し、構造耐震指標 $I_s$ 値、耐震性能残存率 $R$ または損傷割合 $D$ の判明している、もしくは建設年、上部構造被災度など $I_s$ 及び $R$ の程度が予測できるRC造学校建築物、175棟を対象とした。表1に対象地震と建築物数の一覧を示す。

表1 対象地震と建築物数一覧

発生日時	地震名	マグニチュード	最大震度	対象建築物数	使用強震観測点数
1995/1/17	1995年兵庫県南部地震	7.3	7	33	3
2004/10/23	2004年新潟県中越地震	6.8	7	121	14
2007/7/16	2007年新潟県中越沖地震	6.8	6強	21	8

### 4. 計測震度( $I_{JMA}$ )と耐震性能残存率 $R$ の関係

本梗概では、例として計測震度( $I_{JMA}$ )と耐震性能残存率 $R$ の関係から被害確率を求めていく。

本研究では、対象建築物の $I_s$ 値区分を $I_s \leq 0.63$ を耐震性能の低い建物、 $I_s > 0.63$ を高い建物と設定した。

また、各建築物の計測震度などの各パラメータは三角形線形補間法<sup>2)</sup>により求めた。

対象建物のデータから $I_{JMA}$ と $R$ の関係を求め、計測震度6.0を境界として、 $I_s$ 値区分ごとに近似直線を求めた。図1に $I_{JMA}$ と $R$ の関係と近似直線を示す。

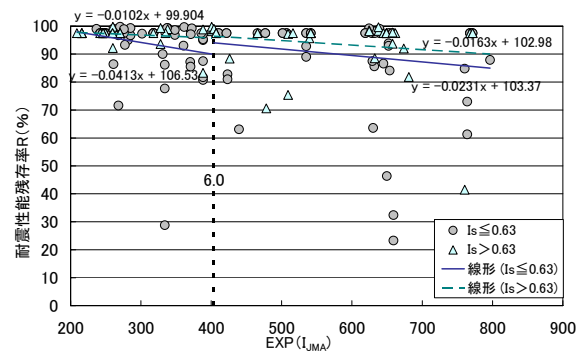


図1  $I_{JMA}$ と $R$ の関係と近似直線

次に図1で求めた近似直線から算定される耐震性能残存率 $R_e$ と、実際の耐震性能残存率 $R$ との差分、 $\Delta R = R_e - R$ の頻度分布を正規分布(式1)と仮定した。表2に正規分布の平均 $\mu$ 、標準偏差 $\sigma$ 、分散 $\sigma^2$ を示す。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2} \quad (1)$$

表2 正規分布のデータ一覧

EXP( $I_{JMA}$ )	$I_{JMA} \leq 6.0$	$I_{JMA} > 6.0$
平均 $\mu$	4.78E-03	-3.58E-04
標準偏差 $\sigma$	8.60	14.26
分散 $\sigma^2$	73.98	203.25

## 5. 被害確率の算定

被害確率を算定するにあたり、対象建築物がある地域の無被害や未調査の建物を考慮する必要がある。

本研究では全数調査が行われていない 2004 年新潟県中越地震と 2007 年新潟県中越沖地震での被災地の学校数を参考文献 3) から調べ、無被害の学校数と仮定した。Is 値は対象建築物の Is 値の割合で分配し、計測震度などの数値は強震観測点で記録された値の平均値で設定した。表 3 に無被害と仮定した建築物の棟数を示し、無被害の建築物を考慮した  $I_{JMA}$  と R の関係を図 2 に示す。

表 3 無被害と仮定した建築物の棟数一覧

地震名	震度	小学校	中学校	高校	計	Is 値の分類	
						Is ≤ 0.63	Is > 0.63
新潟県中越地震	6強	20.2	6.1	0.0	26	16	10
	6弱	134.4	71.1	29.0	234	146	88
新潟県中越沖地震	6強	38.6	24.4	24.2	87	54	33
	6弱	23.5	12.2	14.5	50	31	19

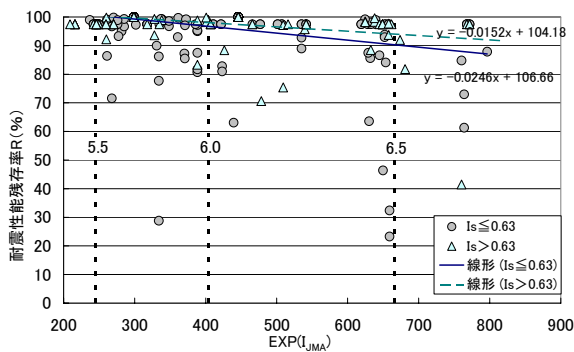


図 2  $I_{JMA}$  と R の関係(無被害あり)

次に図 2 の近似直線と正規分布(式 1)から正規分布表を使い被害確率を求めた。

被害の程度は、無被害 ( $100 \leq R$ )、軽微 ( $95 \leq R < 100$ )、小破 ( $80 \leq R < 95$ )、中破 ( $60 \leq R < 80$ )、大破・倒壊 ( $R < 60$ ) の 5 つに分類した。表 4、表 5 と図 3、図 4 に Is 値区分ごとの被害確率の算定結果を示す。

## 6. まとめ

今回、被害確率を算定した結果、計測震度と耐震性能の関係においては、計測震度が大きくなるに連れて被害が大きくなる傾向が読み取れた。

また、計測震度 5.0 の時、被害確率が Is 値の大きさと逆転したが、これは図 2 の近似直線が計測震度 5.0 の時点で逆転したためと思われる。

今回使用したデータには、近似直線から推定される耐震性能残存率より大きな被害が生じているものが地震動が比較的大きくない地点でもあり、算定結果に大きく影響を与えていると考えられる。

表 4  $Is \leq 0.63$  の被害確率

計測震度	無被害	軽微	小破	中破	大破・倒壊
5	59.9%	20.1%	19.6%	0.5%	0.0%
5.5	49.6%	21.6%	27.7%	1.1%	0.0%
6	38.6%	13.8%	34.3%	12.8%	0.6%
6.5	22.7%	12.2%	39.7%	23.5%	2.0%
7	6.7%	5.8%	33.9%	44.1%	9.5%

表 5  $Is > 0.63$  の被害確率

計測震度	無被害	軽微	小破	中破	大破・倒壊
5	56.4%	21.0%	22.0%	0.6%	0.0%
5.5	49.6%	22.0%	27.4%	1.0%	0.0%
6	42.9%	13.9%	32.3%	10.5%	0.4%
6.5	32.3%	13.3%	37.0%	16.4%	0.9%
7	17.6%	10.8%	40.0%	28.6%	3.0%

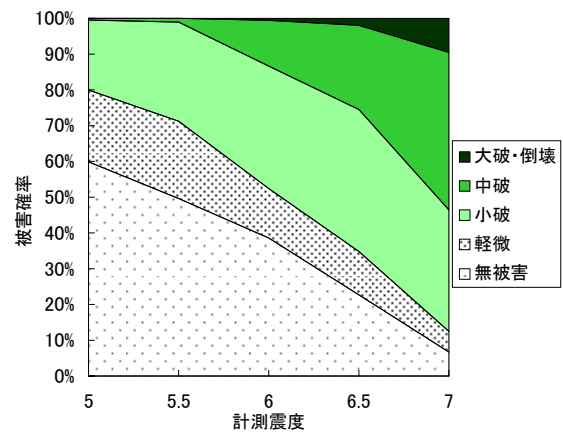


図 3  $Is \leq 0.63$  の被害確率

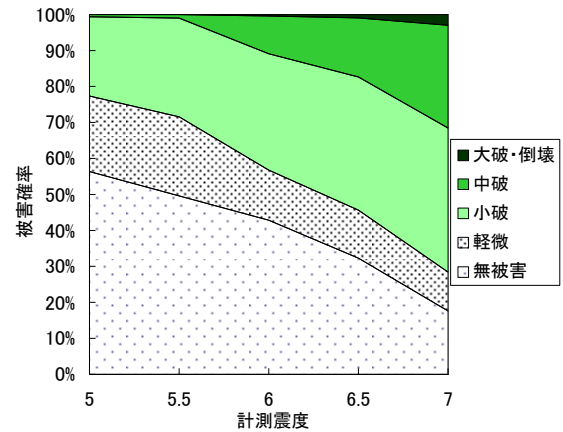


図 4  $Is > 0.63$  の被害確率

## 参考文献

- 1) 文部科学省：  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyosei/taishin/index.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyosei/taishin/index.htm)
- 2) 佐藤健一：「地震動強さ指標をパラメータとした RC 造建築物の被害確率算定プロセスの構築に関する研究」, 2009 年, 新潟大学大学院自然科学研究科 修士論文
- 3) 新潟県：「第 116 回 新潟県統計年鑑」, 2005 年