

I - 10

RC造建物の震害予測

東北学院大学大学院 学生員 ○山影 修司  
東北学院大学工学部 正員 志賀 敏男

1. はじめに RC造建物の震害予測を、志賀・熱海<sup>1)</sup>が提示した表層地盤別加速度応答スペクトルと、RC造建物の降伏ベースシャー係数の分布とを用いて行う手法を示す。さらに、この手法を1978年宮城県沖地震の際の仙台市街地におけるRC造建物体群に適用し、被害率の予測値と調査値との対比から、その地動震度を推定した結果、強震観測値や地盤震動解析値とかなりよい対応が見られたことを示す。

2. 震害予測の方法

a) RC造建物の耐震力分布 RC造建物の降伏ベースシャー係数としては、志賀が提示した(1)式を用いることにした。さらに、その分布としては、小野瀬博士<sup>2)</sup>が調査結果を対数正規分布とみなして、(2)式によって算出した確率密度関数を用いることにした。一例として3階建の場合を図1に示す。

$$C_y = \frac{12A_c + 33A_w}{1300 \sum A_f} \quad (1)$$

ここに  $A_c$  : 建物の1階における柱の総水平断面積( $\text{cm}^2$ )  
 $A_w$  : " 壁の総水平断面積( $\text{cm}^2$ )  
 $\sum A_f$  : 1階以上の延べ床面積( $\text{m}^2$ )

$$f(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \epsilon r} e^{-\frac{(\ln r - \lambda)^2}{2\epsilon^2}} \quad (2)$$

ここに  $r = C_y$   $\epsilon = \ln(1 + \nu^2)$   $\lambda = \ln \mu - (\epsilon^2/2)$   
 $\mu$  :  $r$ の平均値  $\nu$  :  $r$ の変動係数

b) 表層地盤別加速度応答スペクトル 志賀・熱海が提示した表層地盤別加速度応答スペクトルは(3)式のとおりである。

$$S_A = \left. \begin{array}{ll} 24000k_0 T & 0.04 \leq T < 0.15 \text{ sec} \\ 3600k_0 & 0.15 \leq T < T_1 \\ 3600k_0 T_1 / T & T_1 \leq T < 3.0 \\ 10800k_0 T_1 / T^2 & 3.0 \leq T < 5.0 \end{array} \right\} (3)$$

ここに  $S_A$  : 最大応答加速度(gal)  
 $k_0$  : 地動震度  
 $T$  : 1質点系の固有周期(sec)  
 $T_1$  : 表層地盤の硬軟によって決まる係数(sec)  
その値は次のとおり  
I種地盤(岩盤) 0.3  
II種地盤(主として洪積層) 0.7  
III種地盤(主として沖積層) 1.0  
IV種地盤(極めて軟弱な地盤) 1.5

c) RC造建物の1次固有周期 RC造建物の1次固有周期としては、志賀が提示したRC造建物の常時微動周期(4)式を2倍した値を用いることにした。大地震時のRC造建物の振動周期は、一般的に常時微動周期の約2倍に伸びると考えられるからである。

$$T = 0.14\sqrt{N} \quad (4)$$

ここに  $T$  : 固有周期(sec)  $N$  : 階数

d) 応答ベースシャー係数の設定 RC造建物の応答ベースシャー係数 $C_q$ としては、(5)式を用いることにした。これは、RC造建物を図2に示すような、各階等質量、等階高の多質点系モデルとみなし、1次振動だけを考え、その振動形を直線分布としてみなした時の式である。

$$C_q = \frac{S_A}{g} \cdot \frac{1}{n} \sum_1^n \beta_i u_i \quad \beta_i u_i = \frac{3i}{2n+1} \quad (5)$$

ここに  $g$  : 重力加速度 980 (gal)  $n$  : 階数  
 $\beta_i u_i$  : 1次振動系の刺激係数  $i$  : 層位置

e) 被害ランク別被害率 RC造建物体群の被害率は、応答ベースシャー係数 $C_q$ が、降伏ベースシャー係数 $C_y$ 以下となる確率と考えることができる。完全弾塑性の1質点系の降伏層せん断力 $Q_y$ 、これと固有周期が相等しい完全弾性の1質点系の最大応答層せん断力 $Q_E$ との間には、特に $Q_y$ が小さい時以外は(6)式が成り立つ。この関係が多質点系でも成り立ち、塑性率 $d$ の大小によって被害の程度が表現し得るとすると、地動震度が $\alpha$ の時の被害ランク別被害率は、(2)、(5)、(6)式を用いると、(7)式によって算出される。(7)式を用いて、表層地盤の種別ごとに、地動震度-被害ランク別被害率曲線を求めた。一例として3階建の場合を図3に示す。

RC造建物の震害調査や実験の結果等から、 $d=1.0, 1.25, 1.5, 1.75$ の場合が、それぞれ被害ランクI(小破)以上、II(中破)以上、III(大破)以上、そしてIV(全壊)に相当すると考えられる。

$$\frac{Q_y}{Q_E} = \frac{1}{\sqrt{2d-1}} = s \quad (6)$$

ここに  $d$  : 塑性率  $= \delta / \delta_y$   
 $\delta$  : 弾塑性系の最大応答変形  
 $\delta_y$  : 弾塑性系の降伏変形

$$P = P_{rob} (C_q \leq C_y) = \int_0^{s\alpha} f(r) dr = \int_0^{s\alpha} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \epsilon r} e^{-\frac{(\ln r - \lambda)^2}{2\epsilon^2}} dr \quad (7)$$

3. RC造建物の被害率の予測値と調査値との対比から推定される地動震度 1978年宮城県沖地震の地動震度に関する情報は、東北工科大学、住友生命ビル等4ヶ所の観測値とこれらをもとにした地盤震動解析等による推定値があるに過ぎない。そこで、前述の震害予測の手法による被害率の予測値と調査値との対比から、逆に、地動震度の推定を行うことにした。対象地区は、仙台市の卸町、長町、上杉の3地区で、その被害率の調査値としては、志賀・小野瀬報告<sup>2)</sup>の値を用いることにした。地区内で棟数の多い階数の建物、すなわち、卸町、長町両地区では、2・3階建、上杉地区では3・4階建の被害率と地区の全建物の被害率に着目し、その予測値が調査値に最も近くなる地動震度を算出した。その結果を表1に示す。算出結果は強震観測値や地盤震動解析値とよく対応している。

4. おわりに 以上、RC造建物の震害予測の手法を示すとともに、この予測手法を用いて1978年宮城県沖地震の際の卸町、長町、上杉の3地区の地動震度を推定した結果を示した。この報告のまとめに協力してくれた東北学院大学工学部志賀研究室の卒論学生諸君に感謝する。

参考文献

- 1) 第47回土木学会学術講演概要 I部門 P768~P769 熱海 裕章・志賀 敏男 平成4年9月
- 2) 自然災害特別研究報告 大地震時における都市生活機能の被害予測とその保全システムに関する研究 P96~107 研究者代表 志賀 敏男 昭和59年3月

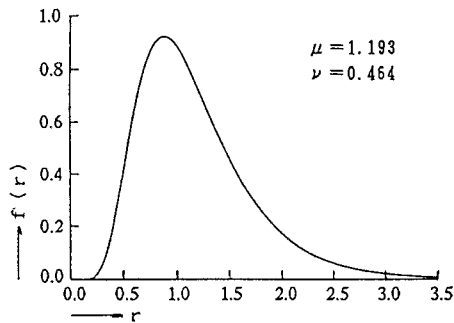


図1 3階建 降伏ベースシャー係数の分布

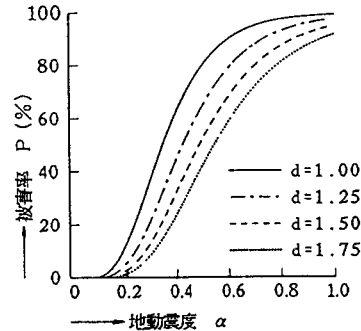


図3 3階建 II・III・IV種地盤 地動震度-被害ランク別被害率曲線

表1 1978年宮城県沖地震の仙台市における地動震度の推算

地区	階数	棟数	構成比 (%)	調査				地動震度	予測						
				被害率 (%)					被害率 (%)						
				0	I以上	II以上	III以上		IV	0	I以上	II以上	III以上	IV	
卸町	III種地盤	6	3	2	66.7	33.3	33.3	0.31	43.3	56.7	38.7	27.2	19.3		
		5	1	1	100.0				49.6	50.4	29.3	17.4	10.7		
		4	6	3	50.0	50.0			49.9	50.1	23.8	23.8	17.3		
		3	44	22	52.3	47.7	27.7		11.4	6.8	59.4	40.6	24.3	15.4	10.1
		2	138	72	84.1	15.9	4.3		2.2	83.9	16.1	7.4	3.8	2.2	
		計	197	100	75.3	24.3	6.9		4.2	1.6	76.3	23.7	12.6	7.4	4.4
長町	III種地盤	6	0	0				0.27	55.6	44.4	27.6	17.9	12.1		
		5	2	5	50.0	50.0	50.0		64.4	35.6	17.8	9.4	5.3		
		4	7	18	57.1	42.9	42.9		14.3	61.2	38.8	24.1	15.9	10.9	
		3	16	41	81.3	18.8	12.5		6.3	70.9	29.1	15.7	9.1	5.6	
		2	14	26	65.7	14.3				90.4	9.6	3.9	1.8	1.0	
		計	39	100	74.3	23.1	10.3		5.1	75.8	24.2	13.0	7.7	5.0	
上杉	II種地盤	6	12	10	86.7	33.3	18.7	0.24	65.7	34.3	19.5	11.8	7.8		
		5	19	17	88.4	31.6			75.5	24.5	10.7	5.1	2.6		
		4	37	33	81.1	18.9			70.9	29.7	17.2	10.7	7.0		
		3	31	27	77.4	22.6			79.3	20.7	10.1	5.5	3.2		
		2	15	13	66.7	33.3	6.7			94.2	5.8	2.1	0.9	0.5	
		計	114	100	74.6	25.4	2.6			76.2	23.8	12.4	7.2	4.5	

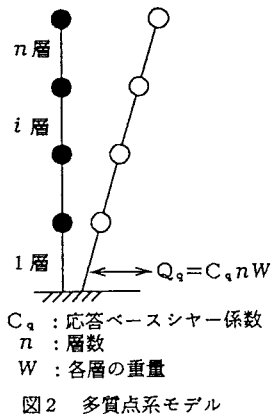


図2 多質点系モデル