

I-167

鉄筋コンクリート造建物の被害予測

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 R C造建物の被害予測を、志賀・熱海¹⁾が提示した表層地盤別加速度応答スペクトルと、R C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市街地におけるR C造建物体に適用し、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. 被害予測の方法

a) R C造建物の耐震力分布 R C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²⁾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(cm^2)
 A_w : " 壁の総水平断面積(cm^2)
 $\sum A_f$: 1階以上の延べ床面積(m^2)

$$f(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \epsilon r} e^{-\frac{(\ln r - \lambda)^2}{2\epsilon^2}} \quad (2) \quad \text{ここに } r = C_y \quad \epsilon = \ln(1 + \nu^2) \quad \lambda = \ln \mu - (\epsilon^2/2)$$

μ : r の平均値 ν : 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。なお、減衰定数 h は0.05としている。ここに S_A : 最大応答加速度(gal)

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

k_g : 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) R C造建物の1次固有周期 R C造建物の1次固有周期としては、志賀が提示したR C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R C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。

$$T = 0.14 \sqrt{N} \quad (4) \quad \text{ここに } T : \text{固有周期(sec)} \quad N : \text{層数}$$

d) 応答ベースシャー係数の分布 R C造建物の応答ベースシャー係数 C_q の平均値としては、(5)式を用いることにした。これは、R C造建物を図2に示すような、各層等質量、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。また、小野瀬博士の最大応答加速度の分布に関する調査結果²⁾を参考にして、応答ベースシャー係数の分布は、変動係数 ν が0.40の対数正規分布としてみなすことにし、(6)式を用いてその確率密度関数を求めた。

$$C_q = \frac{S_A}{g} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_{iui} \quad \beta_{iui} = \frac{3i}{2n+1} \quad (5) \quad \text{ここに } g : \text{重力加速度 } 980 \text{ (gal)} \quad n : \text{層数}$$

β_{iui} : 1次振動系の刺激係数 i : 層位置

$$f(q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \epsilon q} e^{-\frac{(\ln q - \lambda)^2}{2\epsilon^2}} \quad (6) \quad \text{ここに } q = C_q \quad \epsilon = \ln(1 + \nu^2) \quad \lambda = \ln \mu - (\epsilon^2/2)$$

μ : q の平均値 ν : q の変動係数

e) 被害ランク別被害率 R C造建物体の被害率は、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(7)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 α の時の被害ランク別被害率は、(2)、(6)、(7)式を用いると、(8)式によって算出される。(8)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。

その一例として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 を超える場合それぞれが、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。

$$\frac{Q_y}{Q_E} = \frac{1}{\sqrt{2d-1}} = s \quad (7)$$

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

$$P = P_{rob} (C_q \leq C_y) = \int_0^\infty f(q) \int_0^{s\alpha} f(r) dr \cdot dq \quad (8)$$

3. RC造建物群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少ない。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²⁾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、東北大学工学部、住友生命ビル等の強震観測値やこれらをもとにした地盤震動解析等による推定値ときわめてよく対応している。

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。

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

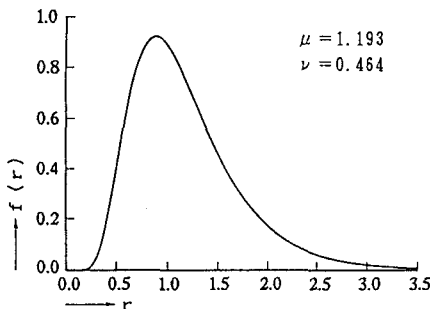


図1 3階建 降伏ベースシャー係数の分布

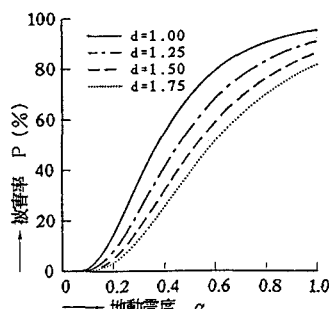


図3 3階建 Ⅱ・Ⅲ・Ⅳ種地盤
地動震度-被害ランク別被害率曲線

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	地盤 種 別	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	49.9	50.1	36.6	27.9	21.9
		5	1	1	100.0						55.3	44.7	30.3	21.6	16.0
		4	6	3	50.0	50.0					45.7	45.3	32.8	24.9	19.5
		3	44	22	52.2	47.7	22.7	11.4	6.8		62.0	38.0	25.8	18.5	13.9
		2	138	72	84.1	15.9	4.3	2.2			80.8	19.2	11.2	7.2	4.9
		計	192	100	75.5	24.5	8.9	4.2	1.8		75.1	24.9	15.7	10.7	7.7
長 町	Ⅲ 種 地 盤	6	0	0						0.27	59.2	40.8	27.6	20.6	15.6
		5	2	5	50.0	50.0	50.0				65.3	34.7	17.8	14.8	10.4
		4	7	18	57.1	42.9	4.9	14.3			63.4	36.6	24.1	18.4	14.0
		3	16	41	61.3	18.8	12.5	6.3			70.6	29.4	15.7	12.9	9.3
		2	14	36	85.7	14.3					86.6	13.4	3.9	4.5	2.9
		計	39	100	76.9	23.1	10.3	5.1			74.8	25.2	16.0	11.0	7.9
上 杉	Ⅱ 種 地 盤	6	12	10	66.7	33.3	16.7			0.24	66.7	33.3	21.9	15.4	11.3
		5	19	17	68.4	31.6					73.1	26.9	15.9	10.2	7.0
		4	37	33	81.1	18.9					70.3	29.7	19.5	13.7	10.1
		3	31	27	77.4	22.6					77.1	22.9	13.8	9.1	6.4
		2	15	13	66.7	33.3	6.7				90.5	9.5	4.9	2.9	1.8
		計	114	100	74.6	25.4	2.6				74.9	25.1	15.6	10.6	7.6

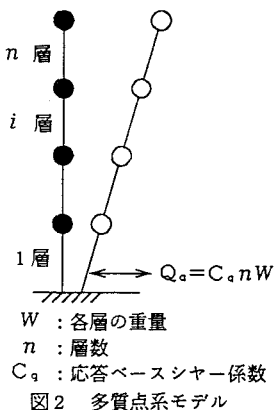


図2 多質点系モデル