

## 建築基準法施行令耐震規定改訂後の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 建築基準法施行令耐震規定改訂後、すなわち1981年の秋以降に設計されたRC造建物（以下新RC造建物と記す）群の震害予測を、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造建物群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、その予測被害率を、1981年秋以前に設計されたRC造建物（以下旧RC造建物と記す）群のそれと対比した結果を示す。

### 2. 震害予測の方法

a) 新RC造建物群の耐震力分布 新RC造建物の設計図面を多数収集し、それをもとに、約90棟について、柱量 $A_c$ 、壁量 $A_w$ を算出した。次に得られた柱量、壁量をもとに、(1)<sup>2)</sup>式を用いて降伏ベースシャー係数 $C_v$ の値を算出した。さらに、その分布を対数正規分布とみなして、(2)式によって確率密度関数を求めた。一例として3階建の場合を図1に示す。

$$C_v = \frac{14A_c + 38A_w}{1500\Sigma A_f} \quad (1) \quad \begin{array}{l} \text{ここに } A_c : \text{建物の1階における柱の総水平断面積}(\text{cm}^2) \\ A_w : \text{壁の総水平断面積}(\text{cm}^2) \\ \Sigma A_f : \text{1階以上の延べ床面積}(\text{m}^2) \end{array}$$

$$f(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\epsilon r} e^{-\frac{(\ln r - \lambda)^2}{2\epsilon^2}} \quad (2) \quad \begin{array}{l} \text{ここに } r = C_v \quad \epsilon^2 = \ln(1 + \nu^2) \quad \lambda = \ln \mu - (\epsilon^2/2) \\ \mu : r \text{の平均値} \quad \nu : r \text{の変動係数} \end{array}$$

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。

$$S_A = \left. \begin{array}{ll} 24000k_g T & 0.04 \leq T < 0.15 \text{ sec} \\ 3600k_g & 0.15 \leq T < T_1 \\ 3600k_g T_1/T & T_1 \leq T < 3.0 \\ 10800k_g T_1/T^2 & 3.0 \leq T < 5.0 \end{array} \right\} (3) \quad \begin{array}{l} \text{ここに } S_A : \text{最大応答加速度}(\text{gal}) \quad k_g : \text{地動震度} \\ T : \text{1質点系の固有周期}(\text{sec}) \\ T_1 : \text{表層地盤の硬軟によって決まる係数}(\text{sec}) \\ \text{その値は次のとおり} \\ \text{I 硬地盤(岩盤)} \quad 0.3 \quad \text{II 硬地盤(主として洪積層)} \quad 0.7 \\ \text{III 硬地盤(主として沖積層)} \quad 1.0 \quad \text{IV 軟地盤(極めて軟弱な地盤)} \quad 1.5 \end{array}$$

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。

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

d) 応答ベースシャー係数の分布 RC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、RC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、 $C_q$ の変動係数 $\nu$ の値としては、小野瀬博士による加速度応答スペクトル群の最大応答加速度の分布に関する調査結果<sup>3)</sup>を参考にして、0.40を用いることにした。 $C_q$ の分布を対数正規分布としてみなし、(6)式を用いてその確率密度関数を求めた。

$$C_q = \frac{S_A}{g} \cdot \frac{1}{n} \sum_1^n \beta_i u_i \quad \beta_i u_i = \frac{3i}{2n+1} \quad (5) \quad \begin{array}{l} \text{ここに } g : \text{重力加速度 } 980(\text{gal}) \quad n : \text{層数} \\ \beta_i u_i : \text{1次振動の刺激係数} \quad i : \text{層位置} \end{array}$$

$$f(q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\epsilon q} e^{-\frac{(\ln q - \lambda)^2}{2\epsilon^2}} \quad (6) \quad \begin{array}{l} \text{ここに } q = C_q \quad \epsilon^2 = \ln(1 + \nu^2) \quad \lambda = \ln \mu - (\epsilon^2/2) \\ \mu : q \text{の平均値} \quad \nu : q \text{の変動係数} \end{array}$$

e) 被害ランク別被害率 RC造建物群の被害率は、降伏ベースシャー係数 $C_v$ が、応答ベースシャー係数 $C_q$ 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 $Q_v$ 、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、固有周期が短い場合は、 $Q_v$ が特に小さくなければ(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 $\alpha$ 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。塑性率 $d=1.0、1.5、2.0、2.5$ の場合それぞれが、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)に相当すると考えている。

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

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

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

### 3. 新旧両RC造建物群の被害率の対比

新旧両RC造建物群それぞれの、同一地動震度に対する、階数別、地盤別の被害率の算出例を表1に示す。旧RC造建物群の値は、山影・志賀報告の値<sup>4)</sup>である。同一の地動震度に対しては、2~5階建何れの場合においても、新建物群の方が旧建物群に比して、被害率が大幅に小さくなっている。

4. おわりに 以上、新RC造建物群の震害予測の手法を示すとともに、新旧両RC造建物群の被害率を対比した結果を示した。

### 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) 日本建築学会東北支部研究報告集第26号 志賀 敏男・山影 修司 平成6年6月
- 3) 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
- 4) 第48回土木学会学術講演概要 I部門 P482~P483 山影 修司・志賀 敏男 平成5年9月

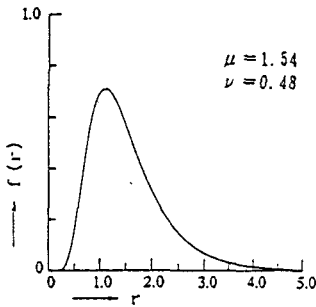


図1 3階建 降伏ベースシャー係数の分布

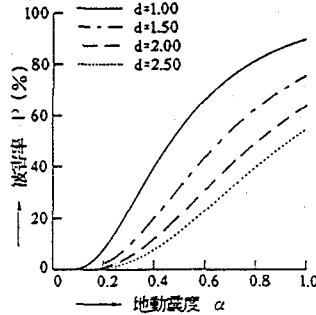
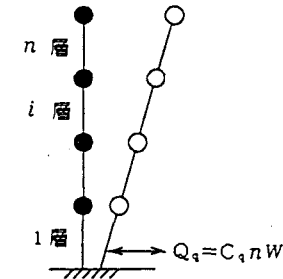


図3 3階建 Ⅱ・Ⅲ・Ⅳ種地盤 地動震度-被害ランク別被害率曲線



$W$  : 各層の重量  
 $n$  : 層数  
 $C_q$  : 応答ベースシャー係数  
 図2 多質点系モデル

表1 新旧両RC造建物群の被害率(%)の対比 ( $d=1.0$ )

地盤種別	階数	旧建物				新建物			
		地動震度				地動震度			
		0.25	0.30	0.35	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40
Ⅰ	2	4.2	7.8	12.4	17.7	0.5	1.3	2.6	4.7
	3	6.6	11.6	17.6	24.1	3.1	5.9	9.6	14.0
	4	7.0	11.9	17.6	23.7	0.3	0.9	1.9	3.6
	5	2.6	5.6	9.6	14.7	0.0	0.2	0.5	1.1
Ⅱ	2	10.8	17.7	25.3	33.2	2.1	4.7	8.5	13.3
Ⅲ	3	25.1	35.9	46.1	55.2	14.7	22.8	31.3	39.3
Ⅳ	4	32.1	43.2	53.1	61.6	6.9	13.3	21.3	30.0
	5	29.5	42.3	53.8	63.6	4.4	9.5	16.4	24.6