

1 まえがき 地震に対して都市の安全性を検討するためにも合理的な地震荷重の評価が重要である。本研究では地震による死亡率と人口密度との関係を明らかにして地震荷重の評価における人口密度の検討を行った。

2 基本式 注目地点の周辺に地震発生の可能性のある領域(面, 線, 点震源に大別)が n 個あるとする。領域に発生する地震の大きさをマグニチュード M で表す。地震がポアソン過程に従って発生するものとし、マグニチュード M , 震源距離 R , 加速度 Y の間には次の一般的な経験式が成立するから(式1), n 年間に n 個の値を超える確率は式2で示され, その逆数が回復年 T_r (式3)となる。以下の式はC.A.コーネルによる

$$Y = b_1 e^{b_2 M} R^{-b_3}$$

$$1 - F_r(t) \cong \sum_{i=1}^n [(1 - \kappa_i) \kappa_i + K U_i C G_i Y_i^{-\alpha}]$$

$$T_r = 1 / [1 - F_r(t)]$$

3 人口密度と死亡率の関係 過去に発生した地震による死亡率とマグニチュードとの関係を図1に示す。この図より地震規模は小さくても、人口密度の高い地域の死亡率が高くなる。このため地震環境による地震荷重の評価に加えて人口密度による補正が必要となる。ここでは 全国の県庁所在地の平均都市人口密度を求め、図1を用いて補正係数を求めた(表1) (注: 地盤条件, 建造物の重要度は同じであると仮定している。)

4 結果 回復年 T_r の算出に用いた式1の係数 b_1, b_2, b_3 はそれぞれ次の値を用いた。

	b_1	b_2	b_3
$\Delta \geq 30 \text{ km}$	2.03	0.946	1.632
$20 \text{ km} \leq \Delta < 30 \text{ km}$	0.272	1.073	0.242

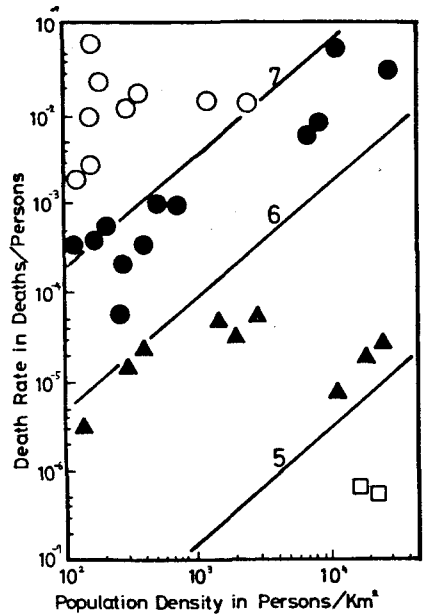


図1 人口密度と死亡率

表1 人口密度と補正係数

人口密度 人/km²	補正係数
5000 以上	1.2
2000 ~ 5000	1.1
2000	1.0
1000 ~ 2000	0.95
1000 以下	0.90

以上の値を代入して得られた加速度, 回復年, 超過確率のグラフは図2のようになる。次に建造物を重要度別(A, B, C)の3グループに分ける。

- ・ A: 日常生活に支えられて必要な設備(供給施設, 病院など)
- ・ B: 一般住居, 建造物(学校, ホテル, 商業用ビルなど)
- ・ C: 直接日常生活には関係ない設備(倉庫など)

A, B, Cの超過確率をそれぞれ20%, 50%, 70%とする。ここで超過確率と回帰年と経済耐用年との関係は式2を変形して次のようになる

$$F_{T_e}(t) = \exp[-t/T_e] \quad 4$$

式4の t (経済耐用年)を $t=20$ 年, 50年の場合に分けて図2と式4により得られた結果を表1(a), (b)に示す。宮崎市, 福岡市の人口密度はそれぞれ873人/ km^2 , 3021人/ km^2 であるから修正係数はそれぞれ0.9, 1.1となる。よって表1(a), (b)は表2(a), (b)のようになる。

5 結論 表1(a), (b)に対して重要度Aの構造物について $t=20$ 年として比較すれば宮崎市の期待加速度値(180 gal)の方が福岡市のそれ(125 gal)より大きくなることか認められる。しかしこの程度の加速度差はあっても都市の危険施設や人口の過密度から判断すれば福岡市の方がより大きな被害を受けることが推測される。したがって道路橋耐震設計指針・同解説にある水平震度($K_h = 1.1 \text{ 又は } K_h$)の修正係数のような形で人口密度による修正を提案したい。この手法による結果が表2(a), (b)に示されているが、これによると福岡市と宮崎市の期待加速度はほぼ等しいものとなっている。この種の検討は之以上に続けられなければならないが、都市の過密度による修正が有るべき形で必要である。

表1

(a) 宮崎市の期待加速度

	P%	$R_{t=20}$ 年	Y_{gal}	$R_{t=50}$ 年	Y_{gal}
A	20	90	180	225	290
B	50	30	95	72	165
C	70	17	70	42	125

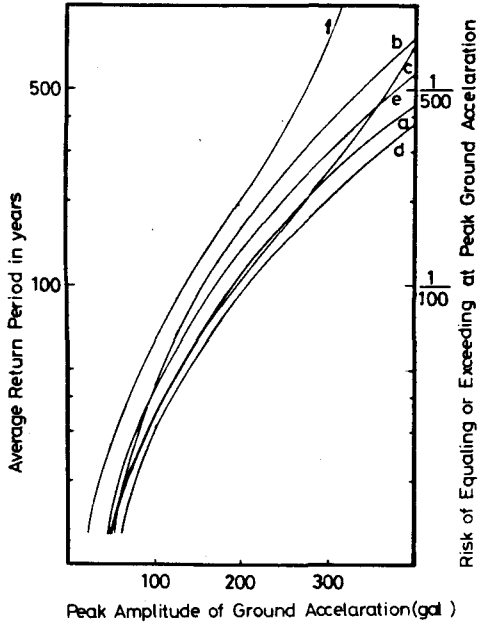


図2 平均、Y、1- $F_{T_e}(t)$ のグラフ a 宮崎市 b 福岡市
c 大阪市 d 東京 e 佐賀市 f 新潟市

表2

(a) 宮崎市の期待加速度

	P%	$R_{t=20}$ 年	Y_{gal}	$R_{t=50}$ 年	Y_{gal}
A	20	90	162	225	261
B	50	30	86	72	149
C	70	17	63	42	113

(b) 福岡市の期待加速度

	P%	$R_{t=20}$ 年	Y_{gal}	$R_{t=50}$ 年	Y_{gal}
A	20	90	125	225	240
B	50	30	65	72	135
C	70	17	45	42	100

(b) 福岡市の期待加速度

	P%	$R_{t=20}$ 年	Y_{gal}	$R_{t=50}$ 年	Y_{gal}
A	20	90	165	225	261
B	50	30	88	72	149
C	70	17	66	42	110

6 参考文献及び資料

- ① Engineering Seismic Risk Analysis
- ② A Study of Seismic Risk for Nicaragua
- ③ 資料日本地震学協会誌

- C.A. Cornell
- H.C. Shah
- 宇佐美隆夫