

宮崎県庁 正員 秋山克剛
宮崎大学工学部 正員 堤 一
宮崎大学工学部 正員 原田隆典

1 まえがき わが国の震災を都市の単位で見なおし、震災拡大における都市の過密度の影響を定量的に検討した。次に、過密度の効果を考慮に入れた都市内施設の地震荷重の合理的評価方法と試算によるその特徴を述べた。

2 都市の過密度と地震被害 地震による死者人口は、過去の震災資料の中でも比較的明らかな資料であること、震災規模を表わす一つの尺度と考えられることなどの理由から、地震被害量として地震による死者人口を都市の単位で考えて、わが国の震災資料から次の統計量の関係を検討した。(1)死者数/人口、(2)人口密度(人口/ km^2)、(3)気象庁震度。左記3つの統計量は都市(郡市、町)の単位で得られているので、次のような情報と考えられる。すなわち、ある震度の地震がある人口密度の都市を襲った時のその都市に住む人の地震死亡確率の情報を与えるものと考えられる。表-1に示す地震と都市の震災統計から、図-1のように、上記3つの統計量の関係が得られた。表-1、図-1では、地震に起因する津波被害は、震度との直接的関係がつけにくいこと、被害地域が限られることなどの理由から、津波被害は除外した。したがって、図-1の被害は地震による構造物破壊、火事など津波を除く原因の輻輳結果であると考えられるが図-1から、同じ強さの震度を受けても、都市が過密(人口密度が高い)なほど震災率(死者数/人口)が高くなることがわかる。

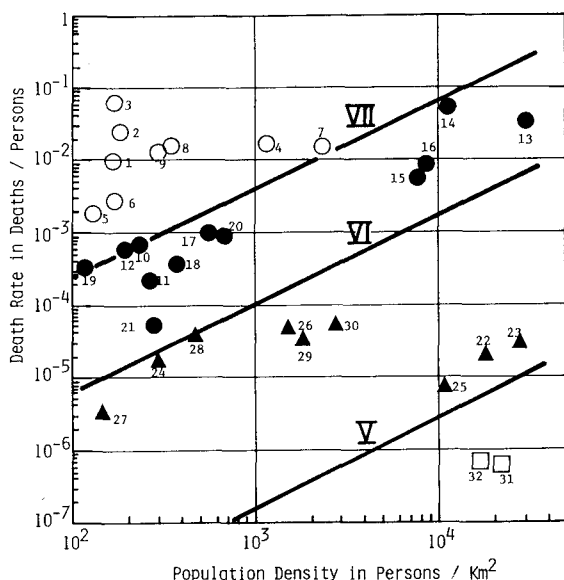


図-1 死亡率、人口密度、震度の関係

表-1 地震名と都市名
Earthquakes and Regions used in the Analysis

3 都市の過密度と都市施設の地震外力 現時点では、地震による死亡原因の輻輳のしかたが明らかでないが、構造物破壊が何んかの形で死亡原因に関係していると考えられよう。たとえば、住居崩壊による圧死、道路あるいは道路沿線施設の破壊による避難、消火・救援活動の遅れに起因する死者の増加など色々なツナリオが考えられよう。一方、構造物の破壊はその構造物の存在する場所の地震動強度に直接関係しており、都市が過密なほどそこに存在する構造物が破壊しやすくなるとは考えにくい。したがって、図-1のように、

Earthquakes	Region	JMAI	Earthquakes	Region	JMAI
1894 Shonai	10* Nishitagaga-Gun	VI	1935 Shizuoka	26 Shizuoka-Shi	V
1894 Tokyo-Wan-Hokubu	22 Tokyo-Shi	V	1936 Kawachi-Yamato	32 Osaka-Shi	IV
	23 Yokohama-Shi	V	1943 Tottori	4 Tottori-Shi	VII
1896 Rikuwa	11 Hiraga-Gun	VI		5 Iwami-Gun	VII
1909 Anegawa	12 Higashiasai-Gun	VI		6 Kidaka-Gun	IV
	24 Sakata-Gun	V		27 Higashi-Haku-Gun	V
1923 Kanto	13 Tokyo-Shi	VI	1945 Mikawa	20 Hazu-Gun	VI
	14 Yokohama-Shi	VI	1948 Fukui	7 Fukui-Shi	VII
	15 Yokosuka-Shi	VI		8 Yoshida-Gun	VII
				9 Sakai-Gun	VII
1924 Tanigawa-Sankawa	31 Tokyo-Shi	IV	1962 Miyagi-Ken-Hokubu	21 Tajiri-Cho	VI
	25 Yokohama-Shi	V		28 Huruwaka-Shi	V
1925 Kita-Tanba	16 Tokyo-Shi	VI	1964 Niigata	29 Niigata-Shi	V
	17 Hachijyo-Cho	VI	1978 Miyagi-Ken-	30 Sendai-Shi	V
	18 Nitta-Cho	VI			
1927 Kita-Tango	19 Kumano-Gun	VI			
	1 Yosa-Gun	VII			
	2 Naka-Gun	VII			
	3 Takeno-Gun	VII			

Note: Gun = District * Numeral correspond
Shi = City
Cho = Town
JMAI= the Meteorological Agency
Intensity

同じ強さの地震動を受けても、都市が過密であるほど、死者数の割合が増す現象を説明するには、次のように考えなければならぬだろう。死者人口の側面から見たとき、過密都市に存在する構造物ほど、そうでない都市にある構造物よりも、死亡原因に強く影響している。

以上の考察から、過密都市の構造物ほど地震に対する構造物の重要度が高いと考えられるので、図-1の関係を使い表-2に示すような人口密度の違いによる構造物の重要度係数を考えた。また、同じ人口密度の都市に存在する構造物においても、病院、供給施設など日常生活にきわめて必要な施設から、日常生活に直接関係が薄い倉庫までのように重要度（死亡の側面から地震対策を見た時の重要度）の違う構造物が考えられるので次のように重要度別に3つの構造物グループを考えた。

- A: 日常生活に特に必要な施設（病院、供給施設など）
- B: 一般住居、構造物（学校、ホテル、商業用ビルなど）
- C: 日常生活に直接関係のない施設（倉庫など）

上述の2つの重要度の考え方に、対象都市周辺の地震環境（Seismic Hazard）を考慮し、通常の見え方[1,2]に基づいて、次のように、都市施設のための合理的耐震設計用地震外力の決め方を考えてみた。

$$P[Y>y|t]=1-\exp\left[-\frac{t}{T(y)}\right] \tag{1}$$

Pは構造物の耐用七周年に地震強度y(gal)を超える確率、T(y)は図-2のように、都市周辺の地震環境から決まる地震強度yの平均再起年数である。(1)式において、A,B,Cグループによる構造物の重要度をPで考慮し、更に、構造物の耐用年数tを表-3のように仮定すると、(1)式よりT(y)が決まる。図-2のTとyの関係から地震強度yが表-3の4列のように決まる。更に、表-2の人口密度の補正をyに考慮して、結局、合理的な地震外力y*は表-3最右列のように得られる。yは地震環境、都市および構造物の重要度が考慮された地震外力であると考えられる。表-3の宮崎市と福岡市の例では、地震環境、構造物の重要度のみを考慮した外力yは明らかに宮崎市の方が高いが、更に都市の重要度を考えた場合(y*の値)、両市の合理的な地震外力yはほぼ同程度になることがわかる。以上のように、都市内構造物の耐震設計用地震外力を考える際に、都市の過密度の効果も考慮する問題は、さらに検討を必要とするが、何らかの形で都市の過密度の補正が必要であるように思われる。参考文献

表-2 人口密度による補正係数

Population Density	Weight
3500 More	1.2
2500-3500	1.1
2000-2500	1.0
1500-2000	0.95
1500 Less	0.90

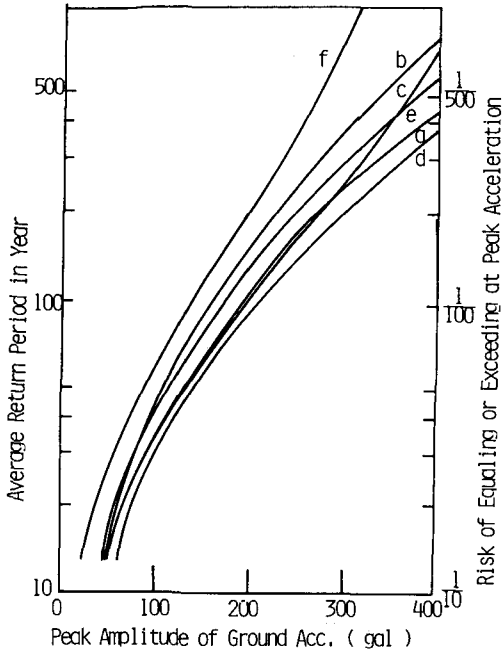


図-2 各都市の地震環境

表-3 宮崎市と福岡市に対する地震外力例

Miyazaki City				
	P %	T(y) (t=20)	y gal	y* gal
A	20	90	180	162
B	50	30	95	86
C	70	17	70	42
Fukuoka City				
	P %	T(y) (t=20)	y gal	y* gal
A	20	90	125	165
B	50	30	65	88
C	70	17	45	66

1, Cornell,C.A., "Engineering Seismic Risk Analysis," BSSA, Vol. 54, No. 5, 1968.
2, Shah,H.C.,Mortgat,C.P.,Kiremidjian,A.,Zsutty,T.C., "A Study of Seismic Risk for Nicaragua,Part I,"