

○ 建設省土木研究所 正員 荒川直士  
 川島一彦  
 相沢 興

1. まえがき

新しく構造物を設計したり、既存施設の耐震性評価等各種防災上の措置を講じるに際しては、当該地点で想定すべき地震動強度を正しく定めることが必要とされる。本小文は、地域ごとの既往の地震活動度に基づき確率的に東京湾地区の地震動最大加速度および加速度応答スペクトルの強度期待値を試算した結果を報告するものである。

2. 解析手法

図1は1885年～1979年間に東京湾湾央を中心とする半径300kmの範囲に発生した地震の分布を示したものであり、地震発生状況は地域によりかなり異なることがわかる。いま、地域ごとの地震発生状況の違いを、i)同一規模の地震の平均発生回数が異なる、ii)生じ得る最大の地震の規模が異なる、これにより表わすものとする。このような点を解析に取り入れるため、着目地点周辺の解析対象範囲を円弧から成る多数のサブゾーンに分割し、年平均地震発生回数および最大地震の規模を各サブゾーンごとに評価するものとした。

いま、サブゾーンの個数をN、第iサブゾーンの単位面積当たりの年平均地震発生回数をλ<sub>i</sub>、最大地震のマグニチュードをm<sub>ui</sub>とすれば、第iサブゾーンで地震動強度Yがある設定値yを超える確率はP{Y>y|E<sub>i</sub>} = P{M>m|E<sub>i</sub>}となる。ここで、m=g(y,r)：震央距離rの所で発生した地震による着目地点での地震動強度がyとなるような地震のマグニチュード、であり、切りつめた Gutenberg-Richter 式の場合には、

$$P\{M>m|E_i\} = 1 - \frac{1 - \exp[-\beta_i(g(y,r) - m_{0i})]}{1 - \exp[-\beta_i(m_{ui} - m_{0i})]} \quad (1)$$

したがって、第iサブゾーンの範囲をr<sub>1i</sub> = r<sub>2i} - r<sub>1i</sub>、θ<sub>1i</sub> = θ<sub>2i} - θ<sub>1i</sub>とすれば、全サブゾーンでY>yとなる地震発生回数λ(y)は</sub></sub>

$$\lambda(y) = \sum_{i=1}^N \int_{\theta_{1i}}^{\theta_{2i}} \int_{r_{1i}}^{r_{2i}} P\{M>m|E_i\} d\theta dr \quad (2)$$

表1 サブゾーンの特性

サブゾーン No.	サブゾーンの特性	単位面積当りの地震発生回数λ <sub>i</sub>	β 値		既往最大地震 (1825～)			解析用既往最大地震 M <sub>u</sub>
			サブゾーン値	全体で平均値	発生年月日	地震名	マグニチュード	
1	日本海溝～プレート境界～相模トラフ	2.11 × 10 <sup>-5</sup>	0.99	1.012	1923.9.1	関東地震	7.9	8.0
2	相模トラフ～南海トラフ	0.39 × 10 <sup>-5</sup>	0.99		1922.12.4	八丈島東方地震	7.2	8.5
3	プレート境界～火山フロント	0.35 × 10 <sup>-5</sup>	1.31		1945.1.13	—	7.1	7.25
4	火山フロント以西	0.22 × 10 <sup>-5</sup>	2.00		1918.11.11	—	6.5	7.5
5	根尾谷断層系	0.74 × 10 <sup>-5</sup>	0.67		1981.10.28	濃尾地震	8.0	8.0

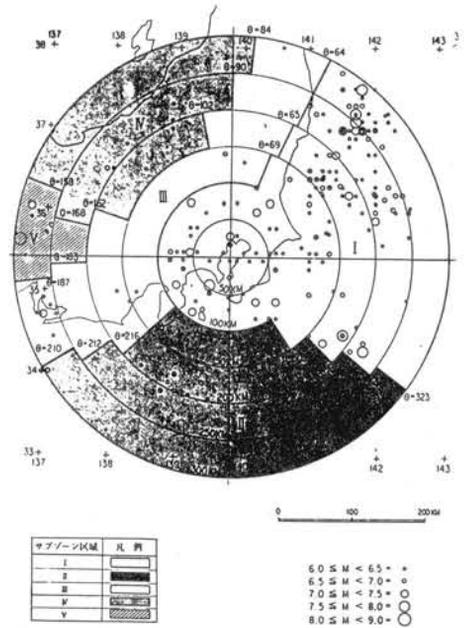


図1 サブゾーンの分割

ここで、ポアソン分布を仮定すれば、再現期間 $T_R$ および耐用年数 $T_0$ 内の非超過確率 $p$ は次式で与えられる。

$$T_R = 1 / \{1 - \exp(-\lambda(\gamma))\}, \quad p = \{1 - 1/T_R\}^{T_0} \quad (3)$$

### 3. 試算例

式(3)により東京湾湾央部の地震動最大加速度 $A_{max}$ および加速度応答スペクトル $S_a(T)$ の期待値を試算した。東京湾周辺は、日本海溝、相模トラフ、火山フロント等により地震発生状況が区切られている。ここでは表1に示すように解析地点周辺をちつのサブゾーンに分割した。Gutenberg-Richter 式の $b$ 値に関しては、地域により異なるとする考え方と、地域ごとに有意な差はないとする考え方がある。ここでは、いずれを用いても解析結果に大きな差がないことを考慮し、後者の考え方を採用することとした。 $A_{max}$ および $S_a(T)$ の距離減衰式は、

$$A_{max} = 46 \times 10^{0.208M} \times (\Delta + 10)^{-0.686}, \quad S_a(T) = a \times 10^{2M} (\Delta + 30)^c, \quad (a, b, c \text{ は表2参照}) \quad (4)$$

とした。図2はサブゾーンごとのマグニチュード $M$ と発生回数 $N(M)$ の関係を示したものである。

式(3)により $A_{max}$ ～再現期間の関係と図3のようになる。また、図4は $A_{max}$ ～耐用年数～再現期間の関係を示したものである。一方、図5は式(4)による $S_a$ の例を $M=8$ に対して示したものであり、これをもとに式(3)により $S_a$ スペクトル～耐用年数～非超過確率の関係と求めると図6のようになる。

参考文献 1) 岩崎, 川島他: 既往地震活動に基づく---, 土研資料第1696号, 1981.

2) 岩崎, 川島, 相沢: 地震動強度期待値に及ぼす---, 土木技術資料, Vol. 24-2, 1982.

表2 加速度応答スペクトル $S_a$ の推定式

固有周期(秒)	a	b	c
0.07	517.8	0.225	-1.028
0.1	932.2	0.213	-1.026
0.15	726.1	0.259	-1.096
0.2	448.3	0.299	-1.117
0.3	218.4	0.335	-1.118
0.5	46.4	0.398	-1.057
0.7	14.5	0.485	-1.148
1.0	4.5	0.565	-1.234
1.5	1.07	0.618	-1.231
2.0	0.69	0.590	-1.163
3.0	0.364	0.556	-1.072
4.0	0.490	0.469	-1.049

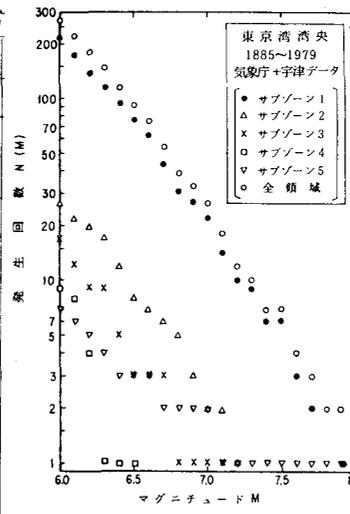


図2 マグニチュード $M$ ～発生回数 $N(M)$ の関係

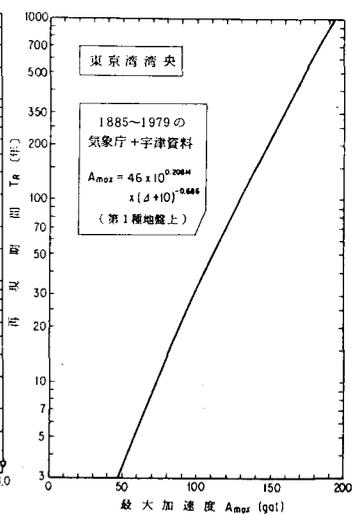


図3 最大加速度 $A_{max}$ ～再現期間 $T_R$ (年)の関係

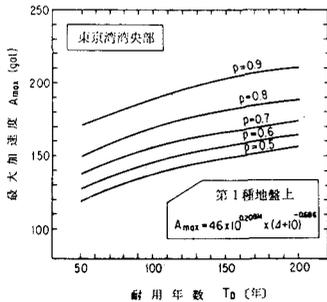


図4 最大加速度 $A_{max}$ ～耐用年数 $T_0$ ～非超過確率 $p$ の関係

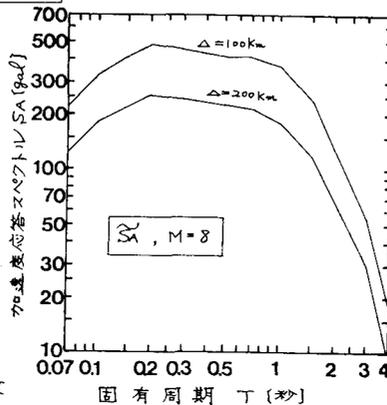


図5 解析に用いた $S_a$ スペクトル( $M=8$ の場合)

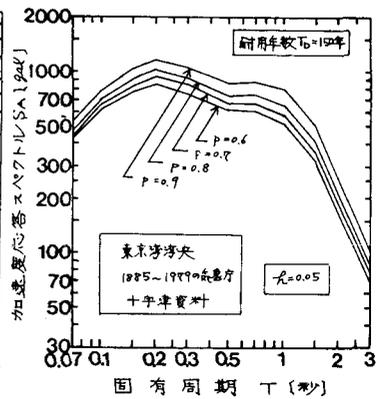


図6 耐用年数150年に対する $S_a$ スペクトル