

新日本製鉄 正 嘉納 康二
東京大学生産技術研究所 正 久保慶三郎
東京大学生産技術研究所 正 片山 恒雄

1. まえがき — 1自由度系の最大応答加速度により地震危険度を評価する方法を示し、試算により適用上の問題点を検討した。McGuire⁽¹⁾や石井⁽²⁾が類似の解析を行っているが、本方法は以下の特色を有する。(1) 歴史時代を含み1974年までの日本周辺の規模4.5以上の地震の発生資料から地震活動度を定めた。(2) 地震の発生はポアソン過程としたが、発生率の算定にベイズ流の考えを取入れた。(3) 発生率の評価に用いる資料の観測期間を地震の規模により変化させた。(4) 地震諸元から注目地点の地震動の加速度応答スペクトルを求める関係式として、日本における277成分の強震記録の数量化解析結果⁽³⁾を用いた。

2. 解析手法の概略 — 注目地帯を中心とする5個のドーナツ状領域(D1~D5)に発生する地震を規模によりM1~M5に分類する(表-1参照)。Di(i=1~5)とMj(j=1~5)の組合せからなる25の区分の地震発生を独立と考え、過去の資料から年平均発生率 ν_{ij} を求める。発生区分ijに対して使用する資料の観測期間 t_{ij} と地震の数 n_{ij} を求め、年平均発生率 ν_{ij} をベイズ流に

$$\nu_{ij} = (n_{ij} + 1) / t_{ij} \tag{1}$$

で評価する。発生区分ijの地震が注目地帯の周期T秒、減衰定数0.05の構造物に生じさせる最大応答加速度を数量化解析結果を用いて地盤種別ごとに予測する。予測値はあくまでも平均的な値であり、実際に観測される値は予測値のまわりに大きくばらつく。地盤種別(GC)に対する予測値を $SA_{ij}(T, R, GC)$ 、実際におこる可能性のある応答値をyとして

$$\alpha_{ij} = y / \overline{SA_{ij}} \tag{2}$$

とおけば、 α_{ij} はほぼ対数正規分布に従う⁽³⁾。分布の形状は周期によらずほぼ一定であるから解析結果に基づいて図-1の分布を考える。発生区分ijの地震により注目地帯の構造物の最大応答加速度がレベルyをこえる確率 $g_{ij}(y)$ を求める。25の発生区分における地震発生が互いに独立なポアソン過程であるとするれば、注目地帯の最大応答加速度がyをこえる事象は平均発生率 $\nu(y)$ のポアソン過

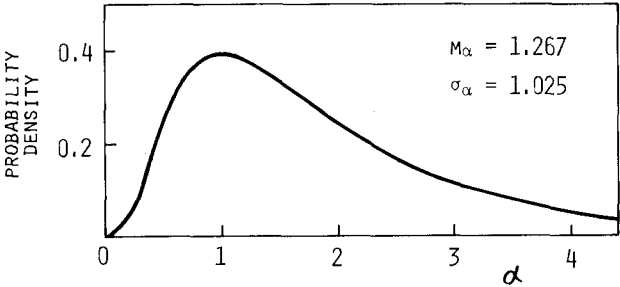


図-1. 予測値のまわりの加速度応答値のばらつき

表-1. 東京湾中心から400km未満に発生した地震の統計

	D1 [0 ≤ Δ < 20]					D2 [20 ≤ Δ < 60]					D3 [60 ≤ Δ < 120]					D4 [120 ≤ Δ < 200]					D5 [200 ≤ Δ < 400]				
	M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5
-1600	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	1	0	0	2	1	0	0	0	15	12	4
1601-1884	0	0	0	1	0	0	1	3	3	0	0	0	2	2	1	0	2	5	3	1	0	1	18	14	5
1885-1925	4	31	11	3	1	34	150	62	12	3	48	203	114	47	2	29	147	104	32	3	74	268	211	57	11
1926-1960	9	2	1	0	0	71	11	5	0	0	209	38	10	2	0	258	87	27	1	0	459	157	52	10	7
1961-1974	5	1	0	0	0	68	3	1	0	0	93	10	1	0	0	286	38	8	1	0	555	79	17	7	1

M1: M=4.5-5.3 M2: M=5.4-6.0 M3: M=6.1-6.7 M4: M=6.8-7.5 M5: M=7.5-
Δ = Epicentral Distance (km)

程となり、ここで

$$\nu(y) = \sum \nu_{ij} g_{ij}(y) \quad (3)$$

である。 y をこえる事象の再現期間は

$$T_R(y) = 1/\nu(y) \quad (4)$$

で求められる。

3. 試算結果 — 東京湾中心付近(北緯 $35^{\circ}30'$, 東経 $139^{\circ}50'$)を注目地とする試算を行った。磁気テープから検索された震央距離400 km未満の地震の発生区分ごとの個数を表-1に示す。観測精度上信頼できる期間は規模分類M1では1961年以降, M2では1926年以降, M3~M5では1885年以降と考えられる。今回の試算ではさらに次の2点を考慮した。信頼できる期間から1期間ずつさかのぼって発生率が大きくなる場合にはその期間までを含める。これにより, 規模分類M2では1885年以降が対象期間となる。規模最大の分類M5については1601年以降を対象期間とする。式(1)から計算された発生区分ごとの年平均発生率 ν_{ij} を表-2に示す。試算結果の1例として, 再現期間を75年とした場合の東京湾中心付近の地震危険度を地盤種別ごとの加速度応答スペクトルの形で図-2に示した。

4. 解析手法と資料の扱いに関する問題点 — 具体的な試算例により明らかとなった主要な問題点は以下のとおりである。(1) 資料に則して地震発生区分ごとに独立に評価した発生率 ν_{ij} はゲーテンベルグ・リヒターの経験則に従っていない。地理的領域ごとの地震発生特性をなまの形で評価したと言えるが, さらに検討が必要である。(2) 発生率は余震を含めて算定した。一般に余震の大部分は本震よりもずいぶん小さく, 確率 g_{ij} が小さくなるため, 式(3)の $\nu(y)$ に及ぼす影響は比較的小さいが, さらに検討が必要である。(3) 1885~1925年の期間の大部分の地震の規模は河角のM_Rから換算されたもので, 1926年以降の地震の規模にくらべて大きめに評価されている。この観測期間によるMの不整合性が発生率 ν_{ij} の評価に大きく影響している可能性がある。(4) 発生率を式(1)でベイズ流に計算したため, 地震数の少ない発生区分の発生率が従来の方法にくらべてかなり大きくなっている。(5) 図-1の確率密度関数は277個の強震記録の解析から得られたものであるが, 超過確率が極めて小さな部分での信頼性は低い。実際には, 小さな g_{ij} が大きな ν_{ij} に組合せられて, 式(3)の $\nu(y)$ の無視できない部分となっている。別の角度からの工学的判断が必要である。

また, 本解析は同一地域に大地震が繰返し発生するという考えを取り入れていないため, 近い過去における大地震の発生を勘案して将来を予測する手法とはなっていない。

参考文献: (1) R.K. McGuire, Report R74-51, Dept. of Civil Eng., M.I.T., 1974; (2) 石井清, 土木学会論文報告集, No. 267, 1977; (3) 片山・岩崎・佐伯, 土木学会論文報告集, No. 275, 1978。

表-2. 地震発生区分ごとの年平均発生率 ν_{ij}

		MAGNITUDE CATEGORY				
		M1	M2	M3	M4	M5
DISTANCE CATEGORY	D1	0.429	0.389	0.144	0.0444	0.00535
	D2	4.93	1.83	0.767	0.144	0.0107
	D3	6.71	2.80	1.40	0.556	0.0107
	D4	20.5	3.03	1.56	0.389	0.0134
	D5	39.7	5.61	3.12	0.833	0.0668

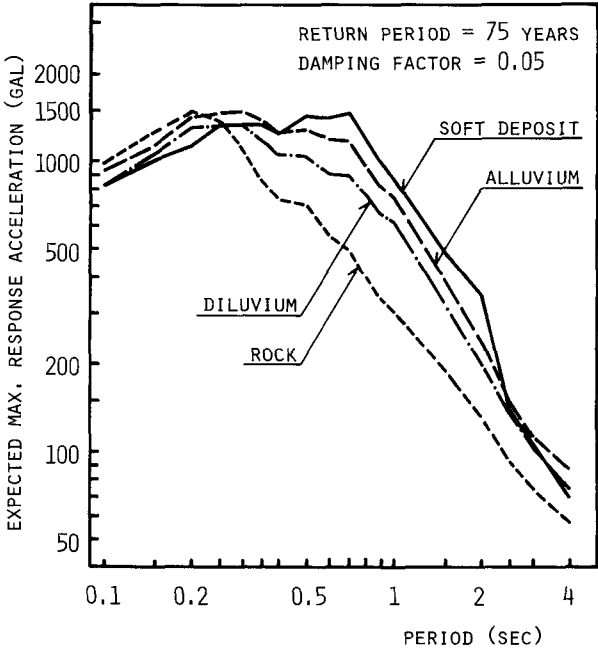


図-2. 地盤種別ごとの加速度応答スペクトルの期待値