

東北工業大学 ○正員 松川 忠司
東北工業大学 正員 神山 真

1. はじめに

構造物への地震入力を予測することは、今日極めて重要な課題となっている。著者らは、この観点から点震源モデルによるスペクトルの統計的予測手法を提案¹⁾した。しかし、複雑な震源断層の破壊過程を有する地震では、適用範囲に限界があり、より詳細な予測手法が必要となってくる。本文は、このような複雑な破壊過程を有する地震の統計的予測モデル確立の第一段階として、これまでの点震源モデルから地震断層を考慮した重回帰モデルに改良し、これを応答スペクトルに適用したものである。なお、ここではこの解析結果を利用して、中小地震から大地震のスペクトルを予測する適用例についても述べる。

2. 地震モーメントを考慮した重回帰モデル

式の誘導については紙面の都合上、別途述べるとして、ここでは解析に用いた重回帰モデル式のみを次に示す。

$$\log_{10} \tilde{F}_i(\omega) = \log_{10} M_0 - a(\omega) \log_{10} r_0 + b(\omega) \log_{10} L + e(\omega) r_0 + c(\omega) + \log_{10} H(\omega) + \sum_{i=1}^{N-1} A_i(\omega) S_i(\omega) \quad \dots (1)$$

ここに、 $F_i(\omega)$: i 地点の地震動スペクトル、 M_0 : 地震モーメント(dyn·cm)、 r_0 : 震源距離(km)、 L : 断層の特性長(km)、

$a(\omega), b(\omega), e(\omega), c(\omega), A_i(\omega)$: 回帰係数、

S_i : 変数、 $H(\omega)$: 基準観測点の増幅スペクトル

上式は、スペクトル $F_i(\omega)$ の周波数依存性を、地震モーメント M_0 、断層の特性長 L 、震源距離 r_0 、観測地点の増幅特性で特定する重回帰モデルに相当する。ここで、地震モーメント M_0 および、断層の特性長 L は大地震の場合しか得られていないので、中小地震でのそれらの値はマグニチュード M による次の経験式²⁾から求めた。

$$S = 10^{(M-4.07)} \quad \dots (2) \quad L = \sqrt{S/2} \quad \dots (3)$$

$$M_0 = 10^{(1.5 \cdot \log_{10} S + 22.3)} \quad \dots (4)$$

ここに、 S : 断層面積(km²)

解析に用いた強震記録^{3,4)}、解析対象地点(図1)および基準観測点(No.12, 大船渡, $V_s \approx 1$ km/sec)は既報⁵⁾と同じであるが、ここではこれらの強震記録から求めた応答スペクトル(加速度、速度、変位)について重回帰分析を行なった。本文では紙面の都合上、速度応答スペクトル(減衰定数 $h=0.05$)の解析結果について以下述べる。

3. 解析結果

図2, 3は、求めた各観測点の増幅スペクトルうち、代表的観測点(青森、室蘭、宮古、板島、釧路、八戸)について示したものである。これらの図から、各観測点とも特有の周期特性が得られているのがわかる。次に、各観測点に共通した基盤入射波スペクトルを求めてプロット

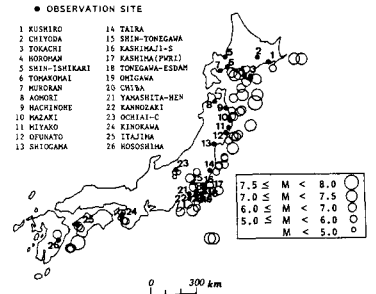


図1. 解析対象地点

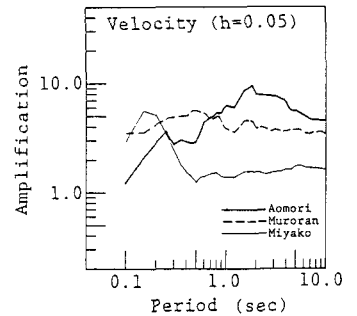


図2. 代表的観測点の増幅スペクトルの例

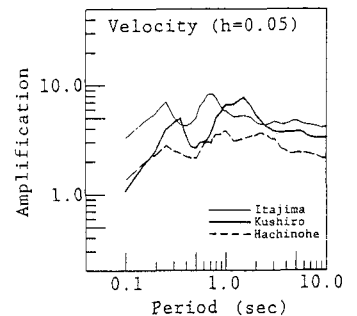


図3. 代表的観測点の増幅スペクトルの例

したのが図4である。この図は震源距離が一定で、地震モーメントM。および、断層の特性長Lが変化したときの基盤入射波スペクトルの変動を示している。この図から、地震の規模が大きくなると長周期成分が優勢となることがわかる。

4. 中小地震から大地震のスペクトルを予測する適用例

本予測手法の誘導については、前報¹⁾で詳しく述べているので、ここでは図5を参照して、予測式のみを再掲する。

$$F_m(\omega) = F_e(\omega) \cdot \frac{B_m(\omega)}{B_e(\omega)} \quad \dots\dots (5)$$

ここに、 $F_m(\omega)$ ：大地震の予測スペクトル、 $F_e(\omega)$ ：中小地震の実測スペクトル、

$B_m(\omega)/B_e(\omega)$ ：大地震、中小地震の基盤入射波スペクトル比

上式は、 $B_m(\omega)/B_e(\omega)$ がわかれば、中小地震の実測スペクトルから大地震のスペクトルは求められることを意味しているが、この値は本重回帰分析の結果から簡単に求めることができる。

式(5)の予測手法を1983年日本海中部地震(図6)に適用した例を図7に示す。図7は、表1に示す日本海中部地震の震源要素の各パラメーターを用いて、本震の予測スペクトルを求め、これを本震の実測スペクトルと比較したものである。また、ここでの予測スペクトルは、標準偏差の幅も併せて示している。この図から、それぞれ異なる三観測点(秋田、青森、函館)とも、予測スペクトルは実測スペクトルと比較的によく対応していることがわかる。

以上から、震源断層(地震モーメントM。、断層の特性長L)を考慮した本重回帰モデルの有効性が確認される。

<参考文献>

- 1)Kamiyama,M. et al.:第7回日本地震工学会シンポジウム
- 2)Sato,R.:J. Phys. Earth Vol.27
- 3)土田他:港湾技研資料
- 4)岩崎他:土木研究所彙報
- 5)Kamiyama,M. et al.:土質工学会論文集 Vol.26

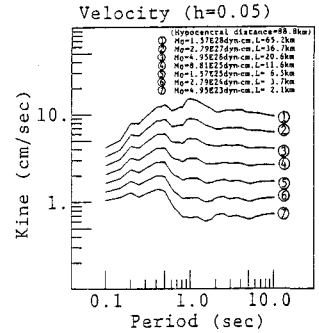


図4. 基盤入射波スペクトルの例

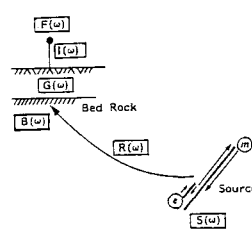


図5. 地盤震動スペクトルの模式図

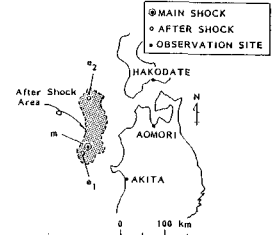


図6. 1983年日本海中部地震の震源と観測点

表1. 1983年日本海中部地震の震源要素 (* e_1, e_2 のM。は経験式(4)より算定)

	Main Shock M_0	After Shock e_1	After Shock e_2
Date	May 26, 1983	June 9, 1983	June 21, 1983
Magnitude	7.7	6.1	7.1
Seismic Moment (dyn-cm)	$7.5E+27$	$2.2E+25$ *	$7.0E+26$ *
Characteristic Length (km)	49	7	23
Focal Depth (km)	14	23	6
Epicentral Distance (km)	(to Akita) 107 (to Aomori) 156 (to Hakodate) 211	(to Akita) 113	(to Aomori) 160 (to Hakodate) 155

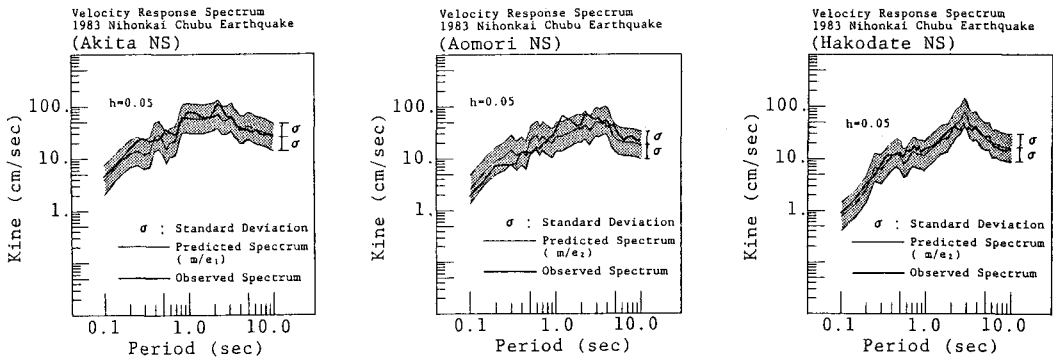


図7. 予測スペクトルと実測スペクトルの比較 (1983年日本海中部地震, 秋田, 青森, 函館の例)