

# 強震動の応答スペクトルと表層地盤

東北学院大学大学院 学生員 ○熱海 裕章  
 東北学院大学工学部 正員 志賀 敏男

1. はじめに 1968年十勝沖地震、1978年宮城県沖地震等で得られた強震記録の応答スペクトルとスペクトル強さについて、その特性と観測点表層地盤との関係を検討し、それらの定式化を試みた結果を示す。

2. 取り扱った地震と観測点の表層地盤 応答スペクトルとスペクトル強さに関する検討は、表1に示す8ヶの地震、14ヶ所の観測点で得られた総計58ヶの強震記録(水平2成分)について行った。これらの地震は何れもMが6.5以上で、観測点までの震央距離が40~290Kmである。強震記録の最大加速度は、宮城県北部地震、2つの十勝沖の地震(1968.6.12、1968.9.21)を除くと、66~432galになっている。観測点の表層地盤を4種類(建築基準法旧施行令の地盤種別にはほぼ相当)に大別すると表1のようになる。

3. 応答スペクトル・スペクトル強さの特性と観測点表層地盤 応答スペクトルとスペクトル強さは、相互の対比を容易にするために、強震記録の最大加速度振幅を、980galに拡大、統一して求めた。また、減衰定数を $h=0.05$ とした。さらに、得られた応答スペクトルは、その特性と観測点表層地盤との関係をとらえ易くするために、上記の4種類の表層地盤ごと、水平2成分ごとに分け、重ね合わせて描いた。そのNS成分の結果を図1(a)~(d)に示す。図1をみると、各表層地盤ごとに、応答スペクトルがかなりよく重なり合っていることが分かる。また、地盤が軟らかくなるに従って、応答加速度がほぼ一定な領域が終わり、応答加速度が減少し始まる固有周期が大幅に長くなっていることが分かる。

次に、スペクトル強さの4種類の表層地盤ごとの平均値を表2に示しておく。地盤が軟らかくなるに、従って、その値が大幅に大きくなっていることが分かる。

4. 応答スペクトル・スペクトル強さの定式化 4種類の表層地盤ごとに重ね合わせて描いた応答スペクトルの何れをも包絡すること、上記の応答スペクトルの特性を的確に反映させること、かつ固有周期に対して応答加速度が線形増、応答加速度、速度、変位それぞれが一定の4領域をこの順に設定することによって、応答スペクトルの定式化を試みた。その結果を下の(1)~(3)式に示し、図1(a)~(d)に併記しておく。

次に、(1)式から4種類の地盤ごとにスペクトル強さを求めると、(4)式のようになる。これらの値( $K_G=1$ )に対する上記の地盤ごとの平均値の割合は表2のようになり、I~III種の地盤では約40%の値が、IV種の地盤では約60%の値が上記の平均値とみなし得ることが分かる。

$$\left. \begin{array}{l} 3800K_G T^2 \text{kine} \quad 0.04 < T < 0.15S \\ \text{速度応答 } S_v = 570K_G T \quad 0.15 < T < T_1 \\ \text{スペクトル} \quad 570K_G T_1 \quad T_1 < T < 3 \\ \quad 1710K_G T_1 / T \quad 3 < T < 5 \end{array} \right\} (1) \left. \begin{array}{l} 24000K_G T \text{gal} \quad 0.04 < T < 0.15S \\ \text{加速度応答 } S_A = 3600K_G \quad 0.15 < T < T_1 \\ \text{スペクトル} \quad 3600K_G T_1 / T \quad T_1 < T < 3 \\ \quad 10800K_G T_1 / T^2 \quad 3 < T < 5 \end{array} \right\} (2)$$

$$\left. \begin{array}{l} 600K_G T^3 \text{cm} \quad 0.04 < T < 0.15S \\ \text{変位応答 } S_D = 90K_G T^2 \quad 0.15 < T < T_1 \\ \text{スペクトル} \quad 90K_G T_1 T \quad T_1 < T < 3 \\ \quad 270K_G T_1 \quad 3 < T < 5 \end{array} \right\} (3) \left. \begin{array}{l} 400K_G \quad \text{I種地盤} \\ S_I = 850K_G \quad \text{II} \\ \text{強さ} \quad 1140K_G \quad \text{III} \\ \quad 1490K_G \quad \text{IV} \end{array} \right\} (4)$$

ここに  $K_G$ : 地動の震度

$T$ : 一質点系の固有周期(S)

$T_1$ : 表層地盤の硬軟によって決まる係数(S)、その値は次のとおり

I種地盤 0.3    II種地盤 0.7    III種地盤 1.0    IV種地盤 1.5

5. おわりに 以上、応答スペクトルの定式化を、観測点表層地盤の硬軟によって試みた結果について報告した。

貴重なデータを提供して下さった、運輸省港湾技術研究所、建設省土木研究所、同建築研究所の諸機関並びに東北大学の柴田教授に深甚な謝意を表します。また、この報告のまとめに協力してくれた東北学院大学志賀研究室の卒論学生諸君に感謝します。

表1 地震概要と観測点表層地盤の種別

地震	年月日	M	緯度	経度	震源深さ (km)	観測点	観測点深層地盤	震央距離 (km)	最大加速度 (gal)		S.I (cm)	
									EW	NS	EW	NS
1 宮城県北部 1963年 十勝沖	62.4.30	6.5	N 38° 07'	E 141° 07'	10	I 東北大学 II 志賀(土木)	IV	40	58	48	12	15
									211	179	178	155
2 十勝沖	68.5.16	7.8	N 40° 42'	E 143° 42'	20	I 東北大学 II 志賀(土木)	IV	190	225	186	105	148
									196	197	112	14
									290	205	135	78
									220	90	36	11
3 十勝沖	68.5.16	7.5	N 41° 25'	E 142° 51'	40	I 東北大学 II 志賀(土木)	IV	200	95	75	22	25
									190	35	31	16
4 十勝沖	68.5.12	7.5	N 39° 25'	E 143° 07'	0	I 東北大学 II 志賀(土木)	IV	190	100	110	95	17
									220	26	24	20
5 十勝沖	68.9.21	6.9	N 41° 58'	E 142° 48'	80	I 東北大学 II 志賀(土木)	IV	210	35	25	15	15
									240	46	40	9
6 宮城県沖	78.2.20	6.7	N 38° 45'	E 142° 12'	50	I 宮城県庁 II 東北大学工学部 III 厚生生命山台支店 IV 七十七銀行本店 V 志賀(土木) VI 志賀(土木)	IV	130	167	126	63	43
									170	114	64	63
									130	105	101	45
									130	99	66	33
									110	104	126	30
									90	76	142	14
									110	432	233	164
									110	258	203	174
7 1978年 宮城県沖	78.5.12	7.4	N 38° 09'	E 142° 10'	40	I 志賀(土木) II 志賀(土木) III 志賀(土木) IV 志賀(土木) V 志賀(土木) VI 志賀(土木) VII 志賀(土木)	IV	110	251	241	107	96
									295	146	118	84
									110	266	273	136
									80	192	271	22
									120	235	185	70
									156	95	116	99
									107	190	205	151
8 1983年	83.5.26	7.7	N 40° 21'		14	I 志賀(土木) II 志賀(土木)	IV	137	238	278	178	236
									107	190	205	151

注: I 岩盤 II 主として洪積層 III 主として沖積層 IV 著しく軟弱な地盤  $S.I = \int_{0.1}^{2.5} S_v \cdot dT$

表2 (4)式の値対振幅拡大記録のS I 平均値

地盤種別	拡大記録平均値 (a)	左記(a) (4)式
I 種	164	0.41
II	363	0.43
III	503	0.44
IV	912	0.61

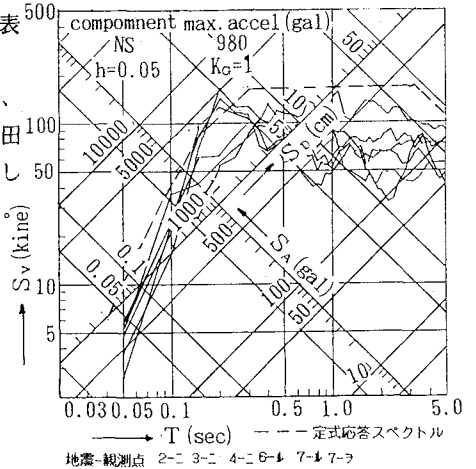


図1・(a) I種地盤

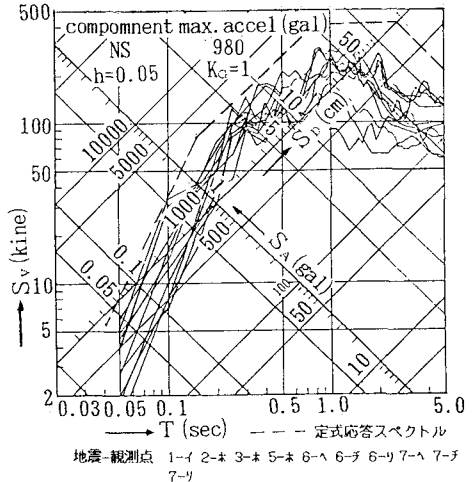


図1・(b) II種地盤

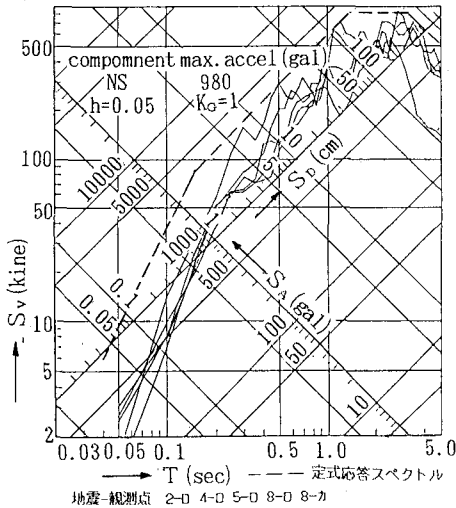


図1・(d) IV種地盤

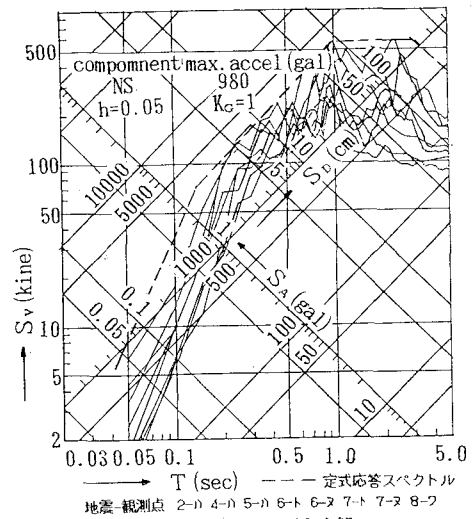


図1・(c) III種地盤