

(株)熊谷組 正員 ○阿部 健一 降旗 富雄 吉谷 進治
 東北大学 正員 柳澤 栄司

1. はじめに

著者等は、花崗岩サイトにおいて鉛直アレー地震観測システムを設置し、岩盤内とその露頭で観測された地震波の特性について調査を行っている¹⁾。本サイトは、図-1の観測点配置に示す高密度アレー地震観測システムKASSEMの露頭の1観測点である宮城県柴田町の花崗岩サイト(S-4地点)であり、地中の健岩部($V_p=2400$ m/s)に地震計を追加設置し、1991年8月以降観測を継続している。設置以来、1993.1.15の釧路沖地震($M=7.8$)を含めて、10地震が観測されたので本サイトの地中健岩部(S-4D)に対する露頭(S-4)の増幅率並びに各観測点での上下/水平のスペクトル比について、非弾性の成層地盤にSV波が斜め入射するSilvaの手法²⁾による解析と比較検討を行った結果を報告する。

2. 検討方法

対象とした地震の諸元は、表1のように1992年1月～1993年1月までの間に観測された10個の地震であり、その震央位置は、図1に示す。

観測波は、水平動においてS波の立ち上がりから文献3)に示す(1)式により得られる継続時間 T_d 秒を対象とし、上下動も水平動と同一区間とした。

$$T_d = 10^{0.31M - 0.774} \quad \text{----- (1)}$$

さらに、水平動は、震源方向と震源直角方向に変換し、SV波入射の仮定と対比させるため、上下動と合わせて震源方向の波を解析対象とした。

S-4DからS-4の増幅率並びに両観測点での上下/水平のスペクトル比を求めるに際して、(1)式で得られる区間に対して減衰0%の速度応答スペクトルを表1の地震について求めた。観測波から得られる増幅率は、水平及び上下方向にたいして、S-4/S-4Dの速度応答スペクトルの比として求め、上下/水平のスペクトル比は、S-4及びS-4D地点での速度応答スペクトルの比として計算した。

一方、解析では、基盤を半無限弾性体とし基盤より上層を非弾性成層地盤として扱ったSilvaの手法を用いて同様に増幅率とスペクトル比を求めた。本サイトの深度50Mまでの地盤調査結果¹⁾に基づいて設定した解析モデル物性値は表-2のとおりである。ここで、 Q_p 値は、文献5)から $V_p/32$ とし、 Q_s は5 Q_p とした。また、この解析では、GL-25M以深を半無限基盤とした標準地盤モデルと、東北地方の深部地盤構造⁴⁾に基づいて、深度4Km以深の $V_p=6$ Km/sの層を半無限基盤とした深部地盤モデルとについて行った。

3. 検討結果

観測及び理論解に基づく増幅率と上下/水平のスペクトル比は、図2から図5に示す結果となった。これらの図において太い実線は、観測から得られたスペクトル比であり10地震の平均値を与えている。一方、実線は、深部地盤モデル、破線は、標準地盤モデルによる解析結果

表1 地震諸元

No	年月日	震央地名	震源地(度分)		深さ km	規模 M
			北緯	東経		
1	92.01.22	山形県中部	38 25	140 32	121	5.7
2	92.03.29	福島県東方沖	36 53	141 21	67.6	4.7
3	92.04.02	福島県東方沖	37 27	141 02	74	4.5
4	92.06.01	茨城県東方沖	36 40	141 16	43.8	5.7
5	92.07.18	三陸東方はるか沖	39 23	143 40	0	6.9
6	92.10.07	福島県東方沖	37 33	141 30	76	4.7
7	92.11.05	宮城県東方沖	38 09	141 45	52.8	4
8	92.12.28	宮城県沖	38 56	142 33	33.5	5.9
9	92.12.31	宮城県沖	38 56	142 34	32	5.7
10	93.01.15	釧路沖	42 51	144 23	107	7.8

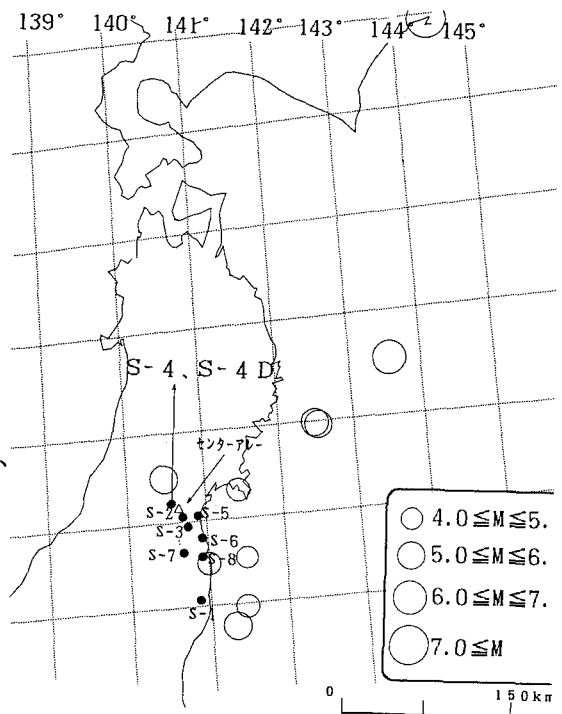


図1 観測点と震央位置

を示している。いずれの地盤モデルも、入射基盤において30度の入射角を与えSV波入射とした場合である。

増幅率($S-4/S-4D$)については、モデルの違いが0.02から0.03秒付近で現れ、この付近のピークが、深部地盤モデルで下がり、上下動では、逆に上がり細かな山、谷が見られるようになる。全体として深部地盤モデルの方が観測結果を良く現している。上下/水平のスペクトル比について、 $S-4D$ では、深部地盤モデルの方が細かな山、谷が見られる傾向に大きな差はなく、いずれも観測結果と良く一致している。一方、 $S-4$ では、深部地盤モデルに細かな山、谷があることを考慮しても標準モデルでは存在しない谷が0.05から0.09秒に存在し、観測結果との一致度は標準モデルより良くなっている。この谷部は、標準モデルで入射角20度程度まで存在し観測結果と傾向は合うが比の値が小さく評価されている。深部で30度で入射すると地表付近でスネルの法則から20度程度になり観測結果の上下/水平のスペクトル比を説明するためには、深部構造を考慮し層境界でS波、P波の入射反射をくりかえさせた方が良いことを示唆している。

4. まとめ

本サイトにおいては、深部地盤まで考慮の方が観測結果の増幅率及び上下/水平のスペクトル比を説明出来ることを示唆している。

表 2 S-4 地点の解析用地盤モデル物性値

深 さ 観測点	ρ [t/m ³]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	標準地盤モデル				深部地盤モデル			
				Q_s		Q_p		$V_s / 32$		Q_s	
				Q_s	Q_p	Q_s	Q_p	Q_s	Q_p	Q_s	Q_p
S-4											
● 0.0											
	2.51	1,150	2,950	36	180	36	180				
18.5	2.58	1,930	3,930	60	300	60	300				
23.5	2.65	2,400	4,500	75	375	75	375				
S-4-D											
● 25.0	2.65	2,400	4,500					75	375		
(1,000)	(2.65)	(3,000)	(5,500)					94	470		
(4,000)	(3.00)	(3,300)	(6,000)								

(注) ・ () 内の値は深部地盤モデル-I の場合を示す。

・ は解析用地震波入射点以下の層を示す。

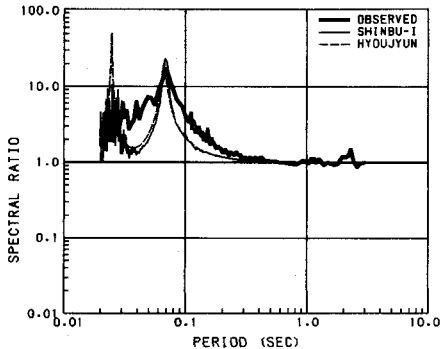


図2 水平成分のスペクトル比

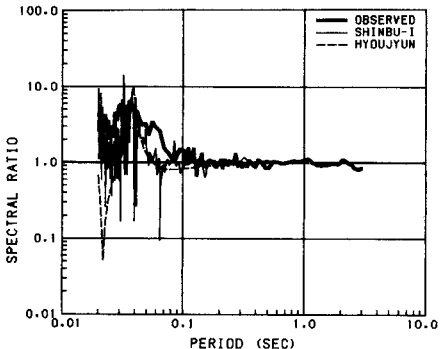


図3 上下成分のスペクトル比

(注) 図2～図5に示した理論解析での地震波入射角は30°

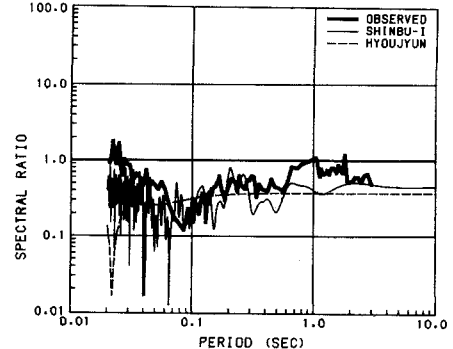


図4 S-4 地点での上下/水平のスペクトル比

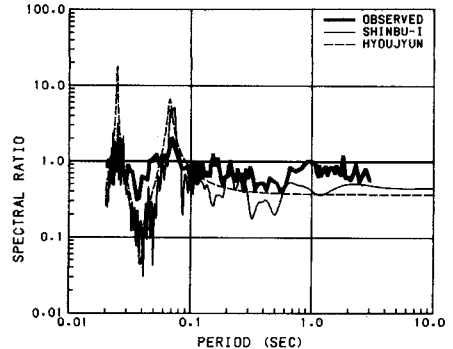


図5 S-4D地点での上下/水平のスペクトル比

【参考文献】

- 1) 阿部, 柏田, 柳沢(1992): 土木学会第47回年次学術講演会概要集, pp782-783.
- 2) W.SILVA (1976): BODY WAVES IN A LAYERD ANELASTIC SOLID, B. S. S. A., Vol66, No5, pp. 1539-1554
- 3) 電気技術基準調査委員会(1987): 原子力発電所耐震設計技術指針, p60
- 4) 田(1967): 日本周辺海域の地殻構造, 地震, 20, (4), pp.131-134
- 5) 日本建築学会(1987): 地震荷重—その現状と将来の展望, p119