

苫 高 専 正 員 中 辻 隆
北 大 〃 芳 村 仁
北海学園大 〃 早 川 寛 志

1. まえがき

厚岸大橋の近傍地盤において観測された強震記録に関して、これまで、地表および地中で得られた記録の入ペリトル特性、あるいはSH波とLove波の挙動などについて報告した。当該地盤におけるP波とSV波の挙動を明らかにするために、実際に得られた強震記録に対し周波数領域におけるマルチフィルタ法を適用した解析を行うとともに、平行多層地盤の重複反射理論から求まる結果と比較検討したので報告した。

2. 解析概要および結果

(理論解析) 当該地盤(N値0~10の粘土層と10~20の砂層が数mごとの互層を成し、-60m地点にN値が50を超える泥岩層)を平行多層地盤と仮定し、P波とSV波の重複反射理論を用いて以下の解析を行った。

図-1は、周波数 $f=0.1\sim 2.0\text{Hz}$ の顔面波型のP波、SV波が、基盤面から入射角(鉛直方向とすす角度) $\theta=25^\circ, 60^\circ$ で入射した時に、地表面で描く楕円の長径(R_1)、短径(R_2)、長軸が水平方向とする角(α)の分布を示したものである。計算に用いた弾性定数から当該地盤においては、 $\theta=230^\circ$ なる角で入射するSV波はその反射P波において全反射を生じ、地盤内のP波が指数関数的に減少するとともに、地盤内の各深さ位置での波動軌跡も $\alpha=0^\circ$ 、または 90° となる。図-1はさらに、全反射の生じないP波あるいは $\theta<30^\circ$ のSV波では、その長径/短径の比は大きく、しかも $f=0.9, 1.9\text{Hz}$ 付近で水平に近い長軸をもっているが全反射が生じる $\theta=230^\circ$ のSV波では、 R_1/R_2 の値は、比較的1に近く楕円の形も丸味を帯びて来る事を示している。表-1に $\theta=60^\circ$ で入射したSV波の地表面での R_1, R_2, α の値をいくつかの周波数について示した。

(マルチフィルタ法による解析) 二方向の強震記録から、周波数領域においてある特定の周波数成分だけをとり出し、各周波数成分が1周期振動する間の主軸方向およびその軌跡を求めたのが図2と図3である。各周波数成分の時刻 t における主軸方向 $\alpha(t)$ を次のように定義した。

$$\alpha(t) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left[-2 I\alpha\omega / (I\alpha - I\omega) \right] \quad (1)$$

$$I\alpha = \int_{-t}^{+t} \dot{w}(\alpha) dt, \quad I\omega = \int_{-t}^{+t} \dot{u}(\omega) dt, \quad I\alpha\omega = \int_{-t}^{+t} \dot{u}(\alpha) \dot{w}(\omega) dt \quad (2)$$

ここで、 $\dot{u}(\alpha)$ は、ある周波数成分(厳密には、ある周波数の近傍の周波数成分も含む)の u の時刻歴である。解析の対象としたのは、イトロフ沖地震($S53.12.06, M=7.7, A=250\text{km}, h=80\text{km}$)の時に地表で観測された記録から求めた震央と観測点を結ぶ方向(R0方向)の成分 $u(\alpha)$ と上下方向($u\beta$ 方向)の成分 $w(\omega)$ である。

図-2は $f=0.2, 0.3, 0.4, \dots, 2.5\text{Hz}$ の各成分波の $T=1/f$ 秒間の主軸方向の経時変化を示したものである。この図

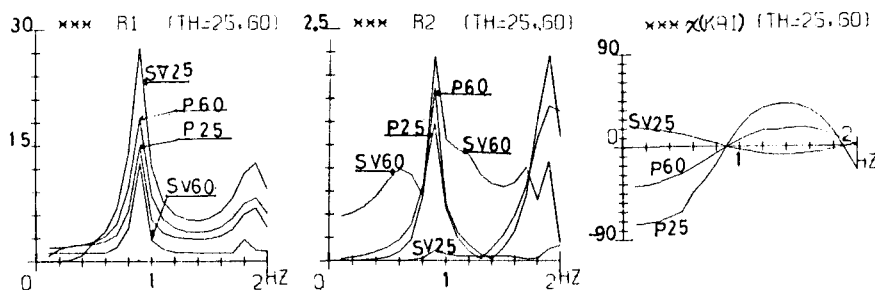


図-1 地表面での波動軌跡の長径(R_1)、短径(R_2)、主軸方向(α) ($\theta=25^\circ, 60^\circ$)

f	R_1	R_2	α
0.2	1.09	0.52	90
0.3	1.67	0.59	90
0.5	1.03	0.87	90
0.7	1.84	0.93	0
0.9	2.75	2.20	0
1.5	1.09	0.80	90
1.9	1.43	1.07	90

表-1 SV波($\theta=60^\circ$)の波動軌跡

を見ると、0.2と0.3Hz成分を除いた他の周波数成分ではほぼ水平に近い主軸を持ちながらもその時間的変動も比較的小さい事がわかる。0.2と0.3Hzでは、その主軸方向は時刻の経過とともに -90° に近づいて行っている。

図-3は、 $f=0.2, 0.3, 0.9, 1.9$ Hzの各成分に対して抽出された $\hat{u}(t)$ と $\hat{w}(t)$ の波形とそれらから求まる1周期振動する間の波動軌跡を2秒間毎に図示したものである。

0.9Hzと1.9Hz成分では、長径/短径の比が大きく、その主軸の方向もほぼ水平となっている。一方0.2, 0.3Hz、特に0.3Hz成分において顕著であるが、時刻の経過とともに楕円の形が丸味を帯びてきているのがわかる。これは、0.2, 0.3Hzの実体波としての成分が、途中の経路あるいは当該地盤において

(RP)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	(UD)
-16	-9	-6	2	-4	-13	19	16	7	4	4	12	12	-11	-1		
-17	-10	-5	1	0	-15	22	12	8	4	7	8	4	-4	3		
-18	-9	-3	1	1	-8	13	11	7	4	2	5	2	-11	6		
-18	-9	-2	1	1	-2	12	13	5	4	5	5	0	19	22		
-20	-9	-1	2	0	0	8	5	2	3	3	9	2	6	-14		
-21	-9	0	3	0	1	5	-3	0	0	-1	-10	-3	-19	8		
-22	-10	0	5	0	2	4	3	19	-10	-4	-5	0	2	15		
-26	-10	1	6	1	2	6	6	13	-1	1	-1	-2	-6	15		
-26	-13	2	7	1	1	11	7	9	2	1	5	0	-13	49		
-29	-15	3	6	2	1	14	9	17	5	-1	-6	-2	-41	16		
-33	-22	3	5	3	1	4	10	12	6	0	-6	-6	-10	-11		
-33	-31	3	5	4	2	5	10	10	8	-3	-5	-13	-8	-3		
-42	-52	2	4	5	3	6	11	8	10	4	-13	-20	-5	/		
-45	-62	0	3	6	4	4	15	5	11	14	6	29	1	25		
-49	-74	0	3	4	4	2	19	1	2	14	7	5	-1	-11		
-62	-71	0	2	2	5	7	27	-5	-2	17	-3	-2	0	1		
-60	-77	-1	1	4	5	7	13	-10	-7	3	-24	-7	-3	5		
-71	-2	-1	6	6	6	6	3	25	-22	-1	11	0	-8	1		
-67	-3	-11	8	6	6	2	9	-29	-2	7	4	10	16			
		-29	9	6	6	0	-3	-24	19	6	-8	-7	7			
				8	-6	-4	-13	19	31	-10	0	2				

図-2 各周波数成分の主軸方向 α (度)

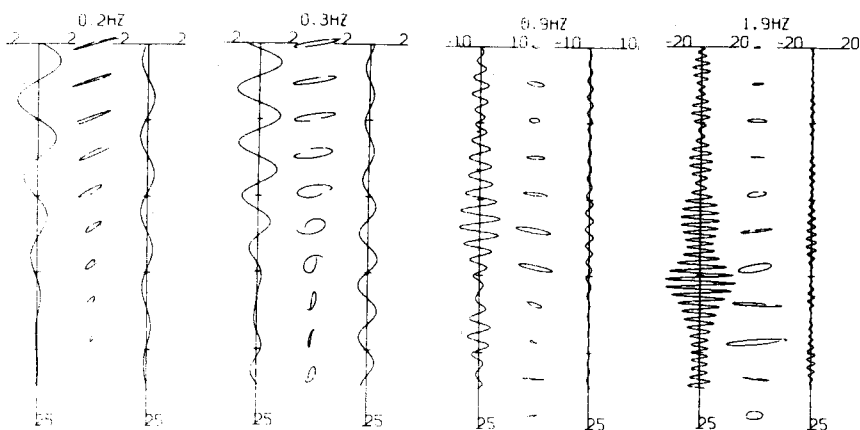


図-3 各周波数成分の波動軌跡

反射屈折を繰り返すうちに全反射を主として表面波成分へと移行して行っている可能性を示している。

0.9, 1.9Hzが当該地盤の卓越周波数である事は、図-1に見るように、P波、S波ともにこれらの周波数において最も水平方向に振動する楕円である事から裏付けられるが、図-2を見ると0.9Hzよりも0.5~0.7Hz付近で最も水平な動きとなっている。これは解析に用いた記録がMag.7.7、 $\Delta=250$ Kmと大きいので、地盤の影響よりも発震や途中の伝播経路の影響が色濃く反映しているなどの理由が考えられるが今後さらに検討して行きたい。

3. あとがき

マルチフィルター法を用いて、地震波の各周波数成分の経時変化の一割を示した。本割では、実体波の表面波への移行、あるいは地盤の卓越周波数などについて、理論と実際に得られた記録からの解析結果と比較的うまく対応づけられた。今後さらに解析例、特に地中における記録を用いた解析を行ない当該地盤における地震波の挙動を明らかにして行きたい。最後に解析にあり有益な討議をして下さりました美咲専修大学金子孝吉先生と北工工学部佐々木康彦氏に深く感謝致します。

参考文献

- (1) 面村他；B.E.R.I., Vol.13, Vol.15, Vol.17
- (2) 妹沢他；B.E.R.I., Vol.10(1932), Vol.12(1934)
- (3) Pziewanski et al；B.S.S.A., Vol.59 (1969)
- (4) 金子他；土木学会論文集, Vol.289, 1979
- (5) 星谷他；土木学会論文集, Vol.268, 1977
- (6) 中辻他；土木学会北海道支部, Vol.38, 1982