

I-429

鉛直アレー記録を用いた表層地盤による上下動の増幅特性の検討

東京電力（株） 正会員 ○興野俊也 片平冬樹
 東電設計（株） 正会員 安中 正 久保賀也 藤井直樹

1. まえがき 水平動の増幅特性についてはS波の鉛直入射を仮定した1次元波動理論によりかなりよく説明できることが多くの地点で報告されている。しかし、上下動の増幅特性については、主要動の地表と地中のスペクトル比が水平動とは違っているという指摘はあるが、その性質については十分解明できておらず、上下動の増幅特性の解析に対するP波鉛直入射の仮定の適用性はあまり明確になっていない。本研究では、この問題に対して鉛直アレー記録を用いて検討し、上下動の増幅特性がP波鉛直入射を仮定した1次元波動理論によりかなりの程度説明できることを示した。

表-1 A地点の地盤条件と地震計の位置

地震計設置位置 (GL, m)	層厚 (m)	単位体積重量 (g/cm ³)	断性波速度(m/sec)	
			V _p	V _s
0.0	5.0	1.46	220	135
	2.0	1.48	225	145
	6.2	1.68	476	230
	10.8	1.69	673	320
	10.0	1.95	988	700
	24.7	1.75	1103	645
-28.0	4.3	1.76	1279	670
	59.8	1.92	1271	665
	10.9	1.92	1341	885
	22.0	1.96	1386	720
	∞	2.04	1524	885
	∞	2.04	1524	885

2. データ及び解析方法 鉛直アレー観測を行なっている関東及び周辺地域の6地点の記録を用い、地震動を初期微動部分と主要動部分に分け、地表と地中の記録のスペクトル比と相互相関係数を用いて波動の性質を検討した。

表-2 B地点の地盤条件と地震計の位置

地震計設置位置 (GL, m)	層厚 (m)	単位体積重量 (g/cm ³)	断性波速度(m/sec)	
			V _p	V _s
-1.5	5.0	1.85	670	100
	5.0	1.50	1580	100
	4.0	1.80	1580	170
	8.0	1.60	1800	250
-22.0	5.0	1.60	1200	580
	6.0	1.80	1540	580
-38.5	6.0	1.72	1540	270
	7.0	1.85	1540	550
	14.0	1.85	1840	550
	7.0	1.85	1840	290
-80.0	7.0	2.05	1840	550
	∞	1.80	1840	600

3. スペクトル比による検討結果 上下動初期微動部分については検討した全地点でスペクトル比に明瞭なピークがみられ、その位置は地震によらずほぼ同じである。そして、観測されたスペクトル比はP波鉛直入射を仮定した場合の理論スペクトル比とよく一致している。その例として静岡県北東部の観測点（A地点）と東京都南東部の観測点

（B地点）の場合を図-1に示す。A地点の地盤条件と地震計の位置を表-1に、B地点を表-2に示す。それに対して上下動主要動部分については、初期微動部分と同様に明瞭なピークが共通してみられる地点（2地点）と一定の周波数以上の範囲でスペクトル比がほぼ同じレベルにあり明瞭なピークがみられない地点

（4地点）がある。前者の例としてA地点の場合を、後者の例としてB地点の場合を図-2に示す。A地点のスペクトル比は図-1の初期微動部分と同様にP波鉛直入射を仮定した場合の理論スペクトル比とよく一致している。B地点のスペクトル比には図-1の場合ほど明瞭なピークがみられない。ただし、P波鉛直入射を仮定した場合の理論スペクトル比の

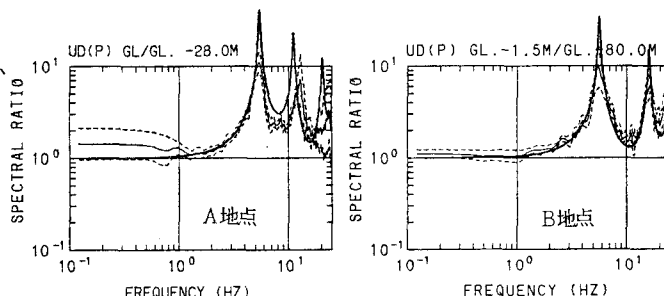


図-1 初期微動部分の理論と観測スペクトル比の比較
 （太線が理論、実線が観測の平均、破線が観測の平均±標準偏差）

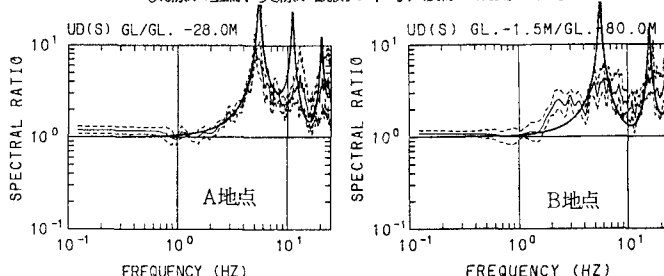


図-2 主要動部分の理論と観測スペクトル比の比較
 （太線が理論、実線が観測の平均、破線が観測の平均±標準偏差）

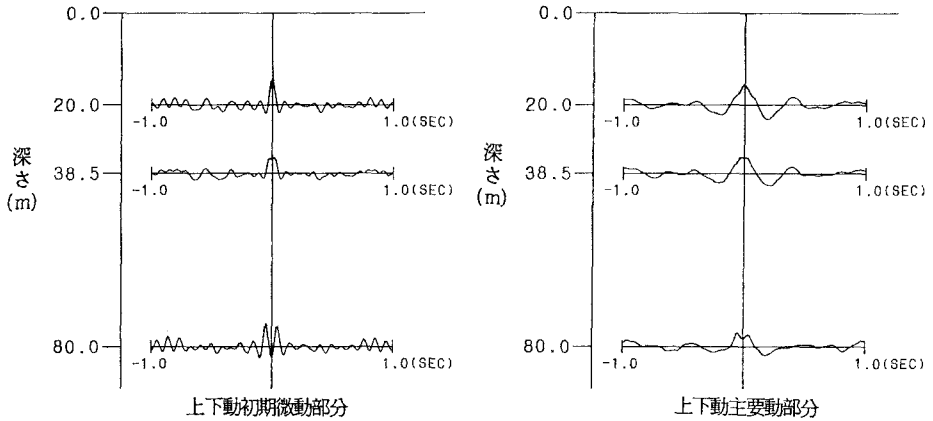


図-3 地表と地中の相互相関係数（B地点の場合）

ピークの位置で観測スペクトル比も他の周波数に比べやや大きくなる傾向がみられる。

4. 相互相関係数を用いた検討結果 上下動主要動部分のスペクトル比に明瞭なピークがみられない地点についても相互相関係数から求めた走時差はS波速度から期待される値よりもP波速度から期待される値に近くなっている。B地点に対する結果を図-3に示す。上下動主要動部分で相互相関係数が最大となる時間ずれは上下動初期微動部分の場合とほぼ一致しており、主要動部分の平均的な伝播速度は初期微動部分の場合と同様にP波と考えられる。

5. P波鉛直入射を仮定した場合の計算結果と観測結果の比較 上記のように上下動主要動部分の波の性質は初期微動部分の場合と同様にP波に近いと考えられる。P波鉛直入射を仮定した場合に観測された時刻歴及び深さ方向の最大加速度分布がどの程度再現できるかを検討した。計算は地表で観測された記録を入力として行なった。時刻歴の比較例を図-4に、深さ方向の最大加速度分布の比較例を図-5に示す。どちらの場合も観測記録をかなりよく再現できている。

6. あとがき 上下動の増幅特性がP波鉛直入射の仮定によりかなりの程度説明できることを示した。上下動主要動部分のスペクトル比に明瞭なピークがみられるかみられないかは地点付近の地盤条件の違いによると考えられるが、どのような違いによるのかという問題についてはさらに検討する必要がある。

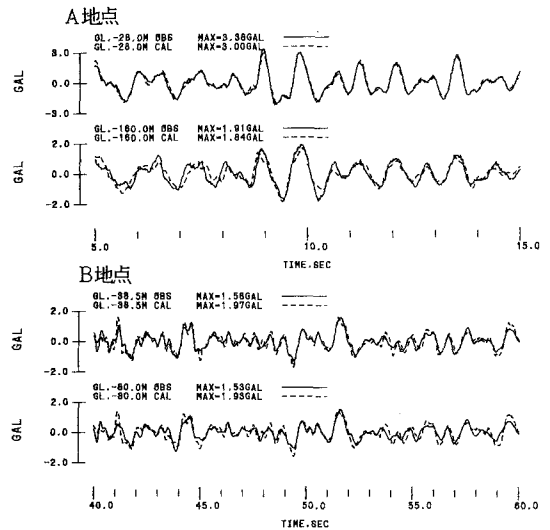


図-4 観測時刻歴（実線）と計算時刻歴（破線）の比較

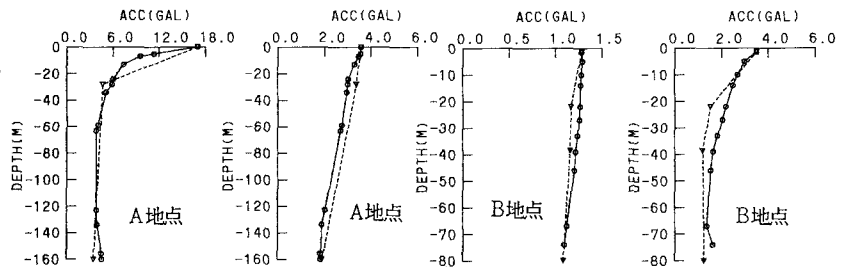


図-5 観測値と計算値の深さ方向の最大加速度分布の比較

—○— 計算値
---△--- 観測値