

実地震記録による多層地盤応答解析について

広島大学工学部

正員 佐藤 誠

広島大学総合情報処理センター

正員 原田 隆

1. まえがき

地震時における調和波の波動解析、特に多層地盤問題では重複反射理論が多用されている。しかしながら一般にはこの解析は主として基盤に垂直に入射する横波(SH波)を対象としているので、任意角度で基盤に入射した場合の横波による上下動や縦波による水平動は考慮できない。この点を考慮するため、既に筆者らが平行多層地盤に任意角度で横波(SV波)あるいは縦波が入射した場合の上下動および水平動の弾性波動応答について研究、発表している¹⁾。ここではその解析法を広島市内の異なる2地点で測定された実地震記録に適用し、地盤構成と入射地震波の推定を行なう。

2. 解析方法

表層地盤の震動特性は入射角と層の材料定数により定まり、周波数応答関数と呼ばれる。その解析方法として、文献1)に示した伝達行列による多層問題解析法を用いた。いま、地表面の地震動を $x(t)$ 、基盤への入射地震波を $y(t)$ と表わし、それぞれのフーリエ係数を $F(\omega)$ 、 $G(\omega)$ とする。周波数応答関数 $H(i\omega)$ を用いれば、 $F(\omega)$ と $G(\omega)$ の関係は周波数領域において次のように表わされる、

$$G(\omega) = F(\omega) / H(i\omega) \quad (1)$$

これより地表面の地震動のフーリエ係数 $F(\omega)$ と周波数応答関数 $H(i\omega)$ がわかれば式(1)の演算により入射地震波のフーリエ係数が求まる。 $G(\omega)$ が定まると逆フーリエ変換により入射波の時刻歴応答が得られる。

本解析で用いた周防灘地震による加速度記録の最大振幅を表-1に示す。この地震が記録された強震計の設置場所は広島市内、南区宇品海岸3丁目運輸省第3巻建工事事務所²⁾の地盤上と中区西白島町長寿園アパート1階床の2ヶ所で、その直線距離は約6 kmである。図-1に宇品3丁目²⁾で記録されたNS成分の加速度波形を示す、

図-2に地震測定地点付近のボーリング調査により得られた土質図より定めた地盤条件を示す。L1.0およびL2.0の基盤層の横波速度 C_T は341 m/secである。通常、若盤の C_T は600 m/sec以上であり $C_T=341$ m/secの層の下にさらに高速の層が存在することは十分考えられる。そのため本解析では土質図より得た基盤よりさらに深い位

1979年7月13日 周防灘地震			
マグネチュード	6.1	広島市の震度	3
震源深さ	70KM	震央距離	70KM
最大加速度 (GAL)			
成分	宇品3丁目	長寿園アパート	
NS	108.7	37.6	
EW	78.1	50.8	
UD	39.4	11.6	

表-1 地震記録の最大加速度

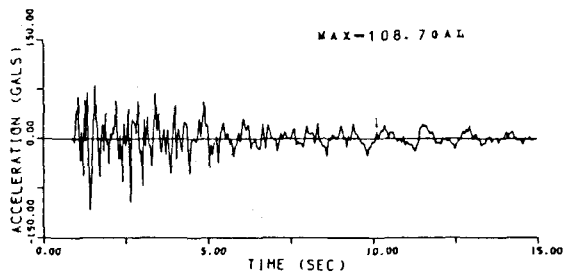


図-1 地震記録(宇品3丁目 NS成分)

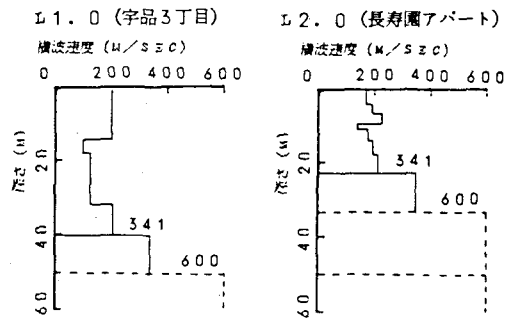


図-2 地盤条件

	L1.1 (宇品3丁目)	L2.1 (長寿園アパート)	L2.2 (長寿園アパート)
基盤深さ (M) (0, =600 M/S ² C)	50.0	50.0	32.25

表-2 地盤条件

置に $C_T = 600 \text{ m/sec}$ の基盤を想定した地盤モデルを考
えた。表-2にその推定による地盤モデルを示す。

3. 結果および考察

記録地震波の上下動成分が入射地震波とどのように
に対応するかを検討するため、まず入射地震波が
SV波入射であるとして、この上下動成分を再現す
ることを試みた。

図-3に宇品3丁目における地震記録のUD成分、
図-4にL1.1においてSV波が入射角 $\theta = 10^\circ$ で
基盤へ入射したと仮定し、UD成分から求めた入射
地震波の時刻歴を示す。入射角 10° は地殻上層部と
基盤の横波速度から考慮した値である。図-4の加
速度振幅の最大値は約133 GALであり、図-3に
示した地表での加速度波形の約3.4倍の振幅を持っ
ている。このことは、振幅の極めて大きなSV波が
入射した場合でも上下動の振幅が小さいことを示し
ている。これは実際の地震記録と比較すると、水平動にはそのような
基盤推動に対応する加速度波形は現れぬから矛盾している。宇品
3丁目で観測された地震波に関する限り、SV波入射として上下動成
分を解析することは無理と思われる。

次に宇品3丁目および長寿園アパートで測定された地震記録より求
めた各層ケースでの入射地震波について比較、検討し、地盤構成と入
射地震波を考察する。図-5にEW成分から求めた各層ケースでの入
射地震波のフーリエスペクトルを示す。それぞれの入射波を比較する
ための振動数1.5 Hzと3.5 Hz付近のピーク比を1.5 Hzのピーク値
を1として示すと表-3となる。これより基盤の深さと性質を变化さ
せることにより両地点の基盤への入射波のフーリエスペクトルのピー
ク比が近づくことがわかる。いちばんよい対応を示すのはL1.1と
L2.2の層ケースである。地震記録に含まれる複雑な要因を考慮すれ
ば、両者は同一のもの判断できると考えらる。したがって本解析
法の適用により実地震記録から入射地震波の周波数特性が求まること
が示された。また本解析を適用すれば、地表付近の地盤構成が知られ
ている場合、さらに深い位置の基盤を推定する
ことの可能性も見出された。

(参考文献)

- 1) 佐藤 誠: 平行層地盤に対する振動SV波の伝播解析、土木学会論文報告集、第328号、1982年12月、pp57~68
- 2) 倉田 栄一 他: 港湾地域強震観測年報(1978, 1979)、運輸省港湾技術研究所、1980

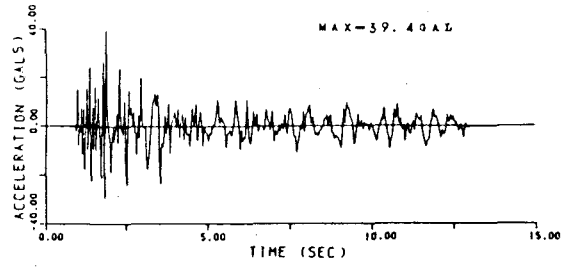


図-3 地震記録(宇品3丁目 UD成分)

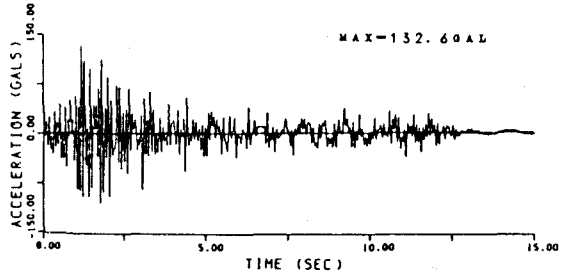


図-4 入射SV波

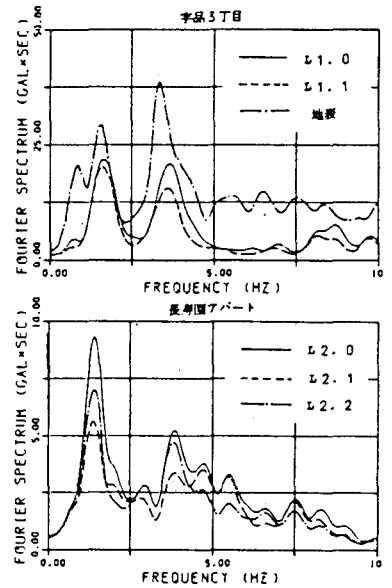


図-5 フーリエスペクトル

宇品3丁目			長寿園アパート		
層条件	ピーク比	基礎深さ	層条件	ピーク比	基礎深さ
L1.0	1:1	39.15 m ($C_T = 341$)	L2.0	1:0.53	21.4 m ($C_T = 341$)
L1.1	1:0.79	50.0 m ($C_T = 600$)	L2.1	1:0.60	50.0 m ($C_T = 600$)
			L2.2	1:0.67	32.25 m ($C_T = 600$)

表-3 ピーク比の変化