

Ⅲ－12

アレー観測記録における表面波の伝播特性とその分離

東北大学 工学部 ○（学）相馬 洋子 （正）柳沢 栄司

1. はじめに 近年、長大構造物や埋設管きょの耐震設計を行う場合や、地震時において地盤内に生じる応力・ひずみを算出する際に、表面波の重要性がクローズアップされており、実体波と表面波を分離して考える必要性が出てきた。そこで本研究では宮城県柴田町船岡地区に設置されているセンターアレーの強震記録を用いて、表面波の分散性に着目し、波形を実体波および表面波に簡略的に分離する手法を検討し、さらに表面波であるLove波やRayleigh波の特徴を活かして波動軌跡を描き、視覚的に地震波群を確認することを試みた。

2. 実体波と表面波の分離 表面波の伝播特性として、ある周期以上の長周期成分においては下方から入射してくる表面層のS波速度よりも伝播速度が速くなる。このことを利用して、Band幅0.

3 HzのBand Pass Filterを用いて地震波をフーリエ変換による周波数領域で各周期成分に分け、この各周期成分それぞれを時系列にもどし、深さの違う各H1-H2, H3-H4, H5-H6地点で観測される地震波NS, EW成分の相互相関をとり、相関係数が最大となるときの時間遅れを検討したところ、だいたい周期0.84秒より短周期成分においては時間遅れがみられ、長周期成分では時間遅れが0となった。また、短周期成分における時間遅れを平均すると、0.19秒程になり、センターアレーの地盤モデルにより計算したS波の鉛直伝播時間0.218秒におおよそ一致するので、周波数領域において周期0.84秒より短周期成分を実体波成分、長周期成分を表面波成分と仮定した。この分離した短・長周期成分の時系列データの波動軌跡を図1に示す。この図から、分離した長周期成分は伝播方向に方向性があることがわかる。そこで、水平面上のH1, H3, H5の各地点で最も方向性がみられる長周

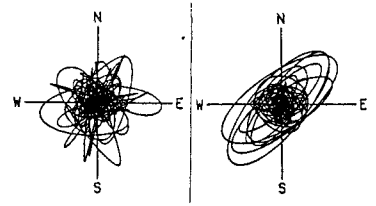


図1 短・長周期成分の波動軌跡

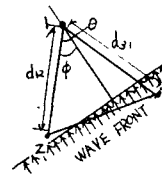


図2

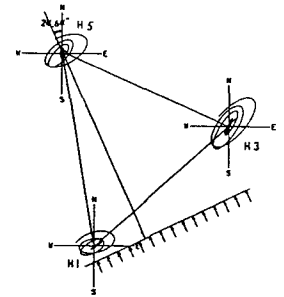
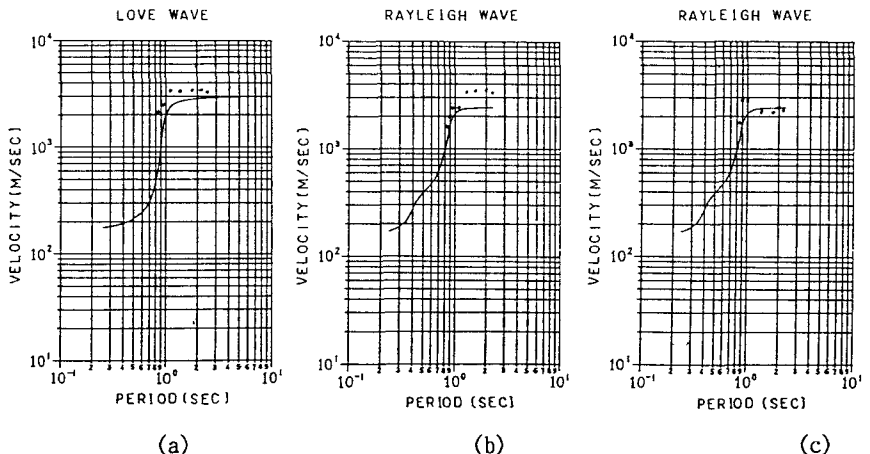


図3 各地点の波動軌跡(0~5.12s)と伝播方向

図4
Love・Rayleigh
波の理論
分散曲線



期成分の時間帯（解析対象区間の0～5.12秒）を取り出し、組み合わせた2点間で各周期成分について相互相関を用いて時間遅れ t を求め、位相速度 V と伝播方向 ϕ を未知数として、

$$\begin{cases} t_{12} = d_{12} \cos \phi / V \\ t_{31} = d_{31} \cos (\theta - \phi) / V \end{cases} \quad (\text{図2 参照})$$

の連立方程式を解き、伝播方向を 24.64° と定めた。これを図3に示す。震源方向が 32° であるからほぼ地震波は震源方向から伝播してきたものとしてさしつかえない。各地点での波動軌跡が伝播方向と垂直（北東－南西）方向に楕円をえがいていることから、さらに、求めた位相速度と周期の関係がセンターアレーの地盤モデルをもとに算出したLove波の理論分散曲線上にプロットできる（図4－（a））ので、この長周期成分はLove波であると考えられる。

また、各地点のUD成分における長周期成分についても同様に各2点間で時間遅れ t から位相速度と伝播方向を求めると、Rayleigh波の理論分散曲線上にプロットできる（図4－（b））。従って、長周期成分のUD成分はRayleigh波であると推察される。

そこで、長周期成分のNS・EW成分を伝播方向成分と垂直成分に変換し、同様に伝播方向成分について各3点の到達時間遅れから各周期成分の位相速度を求めると、Rayleigh波の理論分散曲線上にプロットできる（図4－（c））。よってこの伝播方向成分とUD成分について波動軌跡を描かせたところ、Rayleigh波の特徴である進行方向に対し反時計回りの楕円軌道を示す（図5）ので、この長周期成分は、Rayleigh波であると言える。

3. まとめ 以上のことがらをまとめるとつぎのようになる。

- 1) 周期0.84秒より短周期成分は実体波成分であり、長周期成分は表面波成分である。
- 2) 表面波成分のうち、水平動の伝播方向垂直成分がLove波、UD成分および水平動の伝播方向成分がRayleigh波であり、解析対象区間の0～5.12秒間はいっしょに到達している。また、それ以降の時間帯では波動軌跡に方向性がみられないので、おそらく地盤内で反射波が発生して波が乱れたものと考えられる。

このようにして分離したLOVE波・Rayleigh波の速度波形を図6に示した。ただし、方向性が認められるのは0～5.12秒までであり、その他の区間についてはまだ検討されていない。

- 3) 図6より表面波はS波とほぼ同時に発生していることがわかる。これは基盤の不整形性を示唆している。

4. おわりに 本研究では、波の位相速度・伝播方向、ならびに波動軌跡によって実体波と表面波の分離をおこなったが、この手法のみでは分離できない記録も多くあり、よりの確に実体波と表面波を取り出す手法をさらに検討する必要がある。

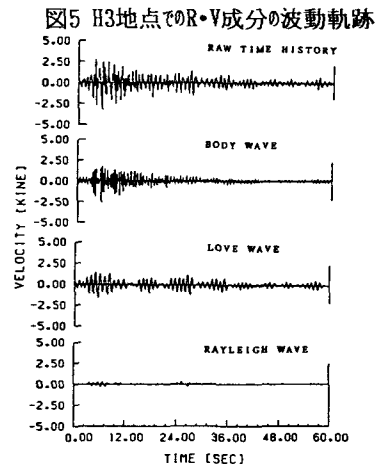
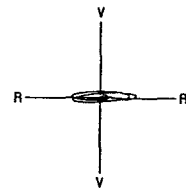


図6 表面波および実体波に分離した速度波形 (H3地点)

参考文献 1)中川裕明(1986):表面波を考慮した地盤の地震時応答 東北大学修士学位論文 2)香川明生, 山田善一, 野田茂:SMART17による地震波の伝播に関する各種の解析 第18回地震工学研究発表会, P81~84, 3) 田村敬一, 相沢興, 登日幸治:同時地震観測記録に基づく地震動の伝播速度の検討 同 p85~88, 4)神山 真: 強震地震動の非正常スペクトル特性とその波動論的考察, 土木学会論文報告集, 第284号, pp35~48 1979. 4