

地震波の位相遅れ時間と群遅れ時間に関する一考察

アルス製作所 正員 岡本 康一
 徳島大学工学部 正員 沢田 勉
 京都大学防災研究所 正員 亀田 弘行

1. まえがき

2つの地震波の時間ずれ(遅れ時間)を求めることは、多入力をうける長大構造物の応答解析やコヒーレンスを求める際の時間ずれの補正において重要であり、また、地震動に含まれる表面波の分散特性を解明するためにも必要となる。本報告では、地震動の2地点間の遅れ時間に着目し、台湾のLotungに設置されたSMART-1 アレー観測で得られた地震記録を用いて遅れ時間の解析を行った。解析手法としては、線形1自由度系の運動方程式をマルチフィルターとして用い、多くの周波数成分波の位相遅れ時間の解析を行うとともに、フィルター出力の包絡線の遅れ時間より群遅れ時間を定義し、解析結果より若干の考察を加えた。

2. 地震波の遅れ時間の解析方法

地震波に含まれる表面波の分散特性を検出する際には、位相遅れ時間とともに群遅れ時間を求めることが必要である。しかし、群遅れ時間を直接求めるための有効な方法は現状のところ見当たらない。本報告では、以下に示すような方法によって、地震波に含まれる各周波数成分波の位相遅れ時間と群遅れ時間を求める。いま、空間的に離れた2地点において観測された地震記録をそれぞれ $x_j(t)$ 、 $x_k(t)$ とする。これらを次の1自由度系の運動方程式の入力として、変位応答および速度応答を求める。

$$\ddot{y}_i(t) + 2h_i \omega_i \dot{y}_i(t) + \omega_i^2 y_i(t) = -x_i(t), \quad i=j \text{ and } k \quad (1)$$

ここで、 h_i は減衰定数、 ω_i は固有円振動数、 $y_i(t)$ は応答変位である。位相遅れ時間を求めるには、式(1)のフィルター出力(本報告では周波数領域における対称性を考慮して速度応答を用いた)の相互相関関数の最大ピークに対応するずれ時間を計算する。他方、群遅れ時間は、次に示す包絡線関数 $r_j(t)$ 、 $r_k(t)$ の相互相関関数のずれ時間より求められる。

$$r_i(t) = \{ \dot{y}_i^2(t) + \dot{y}_i^2(t) / \omega_i^2 \}^{1/2}, \quad i=j \text{ and } k \quad (2)$$

この群遅れ時間は本報告で定義したものであり、次節の数値計算によりその適用性が検討される。

3. 数値計算および考察

台湾のLotungのSMART-1 アレー観測より得られた地震記録を用いて、前述の2つの遅れ時間を求めた。SMART-1 アレー観測網は、Fig.1に示すように3つの同心円O、M、Iと中心Cに地震計を設置したものであり、それぞれの同心円上には各12個の観測点がある。数値計算では、Fig.1に示す0-06、M-06、I-06、およびC-00

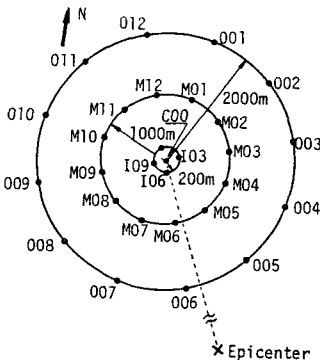


Fig.1 SMART-1 Array

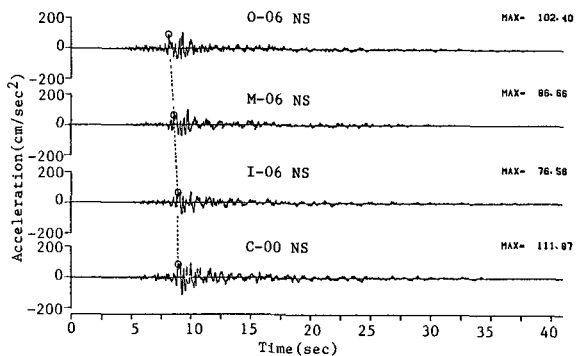


Fig.2 Time History of SMART-1 Array Accelerograms

のNS成分を対象にして計算を行った。Fig.2には、これら記録の時刻歴を示す。Fig.3およびFig.4は、それぞれ0-06とC-00の1Hz成分の時刻歴および包絡線とそれらの相互相関関数を示したものである。Fig.5およびFig.6は、Fig.3およびFig.4に示すような相互相関関数を0.2~2.0Hzの周波数領域を40等分した周波数点について求め図示したものである。ただし、Fig.5では、図を見やすくするため、相互相関関数のピークを連ねて表示した。図において、横軸は遅れ時間、縦軸は振動数であり、○印は最大ピークに対応する時間、▲印は2番目のピークに対応する時間を示す。Fig.5とFig.6を比較すると、両者はよく似た形状になっていることがわかる。すなわち、約0.5Hz付近において位相遅れ時間、群遅れ時間とも大きな値をとっている。このことより、0.5Hz近傍の成分波は表面波であると推定できる。しかし、この傾向は群遅れ時間には顕著に現れていない。これは、実体波と表面波が混在する場合には、包絡線の相互相関関数が実体波の影響をより強くうけるためと思われる。

4. おわりに

包絡線の遅れ時間より群遅れ時間を定義し、位相遅れ時間と比較した。その結果、群遅れ時間が実体波の影響をより強くうけることがわかった。また、SMART-1アレー記録では、0.5Hz近傍において表面波が含まれると推定した。

謝辞 本報告で用いたSMART-1アレー記録は宮崎大学・原田隆典助教授からお借りしたものである。記して謝意を表します。

参考文献 (1)Harichandran, R. S.; ASCE, EM-Div., Vol. 112, 1986. (2)Loh, C. H.; EESD, 1985.

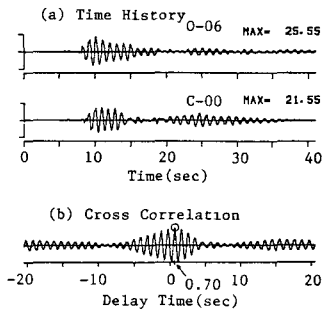


Fig.3 Time History And Cross Correlation of 1.0Hz Component of 0-06 And C-00

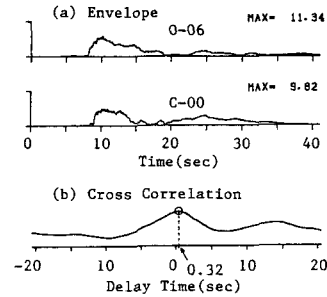


Fig.4 Envelope And Cross Correlation of 1.0Hz Component of 0-06 And C-00

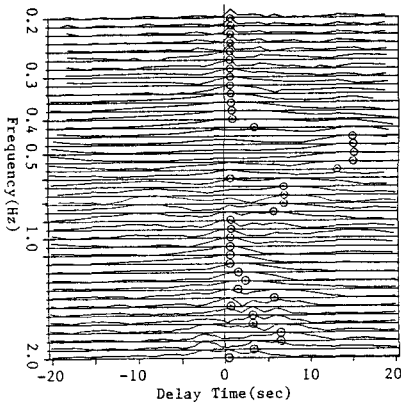


Fig.5 Cross Correlation of Various Frequency Components of 0-06 And C-00 (SMART-1 Array Accelerogram)

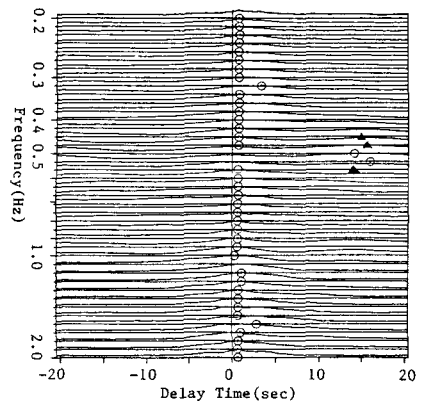


Fig.6 Cross Correlation Function of Envelopes of 0-06 And C-00 (SMART-1 Array Accelerogram)