

I-437

強震記録のポーラリゼーション解析による波形識別

専修大道短大 正員 金子 孝吉
 専修大道短大 正員 三上 敬司
 北大理学部 高波 鉄夫

I. まえがき

Flinn¹⁾によって提案された非線形ポーラリゼーション・フィルター解析 (polarization filter techniques) は地震波のある方向に指向された位相を強調するために用いられてきた。それは震源で発生したP波、S波とそれらが地表下の境界層や不整形な地層によって反射、屈折を行った結果として誘起された後続波との分離を目的とするものが多かった。解析の特色は3次元空間での地震動粒子軌跡の rectilinearity と方位関数 direction of polarization の2つのパラメータで表現しようとする考えにもとづいている。

本研究ではまず、3成分加速度強震記録を用いて地震動のポーラリゼーションの状態を推定し、波動主成分の識別と分離を行った。さらに進めて、地震動の最大のパワーを示す主要動部における最大主軸成分方向の波動を合成した。その結果、強震記録から合成された最大主軸成分波は構造物のより実際の耐震設計入力地震波として工学的に利用できるものと思われるのでここに提案する。

II. ポーラリゼーション・フィルター解析

ここでは道路橋架設地点で観測した強震記録のポーラリゼーション解析について図-1に示した流れの操作手順にしたがい実行される。

3成分地震波記録 G_{Bi} の中で水平成分の方位は橋軸方向 (LG) と橋軸直角方向 (TR) の場合が多く、観測地点が異なれば水平成分の方向もそれぞれ異なるため、まず座標変換して NS、EW の成分波 G_i を作成する [2]。

立上りから一組 N 個のデジタル量に関する共分散行列 V を求める。この行列の固有値と固有ベクトルを計算し、これらの値から最大主軸、中間主軸および最小主軸の大きさ (λ_i) とそれぞれの入射角 (ψ_i)、方位角 (θ_i) を計算しその分散の大きさの時間変化を図示する。ただし、 $i=1, 2, 3$ である [3] [4]。

方位角と入射角により地震動の基本的な水平方位成分 R (Radial) とその方向に直角な成分 T (Transverse) および上下方向 Z (Vertical) の3成分の波を合成するための direction function $D_i = (e_i)^k$ ($i=R, T, Z$) を求める。なお e_i は方位座標変換の関数である。また rectilinearity function $F = \{1 - (\lambda_2/\lambda_1)^n\}^j$ を計算しておく。なお、解析例においては $k=2$ $n=1$ $j=1$ を用いることが多い。さてこれらは N 個のデジタルデータ (データ間隔 t 秒のとき $N \cdot t$ 秒の時間) 分に相当するもので、線形な時間ウィンドウ関数になっている。これを地震波の全データに適用するため、ウィンドウの時間幅を一定にしてウィンドウの中心の時刻 t_j ($j=1, 2, \dots, m$) のフィルター関数として順次時刻を再新し同じ計算を繰り返す。時刻の移動により M 回ウィンドウが変化するため非線形フィルターとみなすことができるが、隣のウィンドウ同士は重なる時間領域をもっており低域通過フィルターを適用した場合に該当している [5]。

結局目標とするところの主軸成分を強調した地震波形 G_{Mj} は次式で表現することができる [6]。

$$G_{Mj}(t) = G_{ij}(t) \cdot F_j(t) \cdot D_{ij}(t) \quad \text{----- (1)}$$

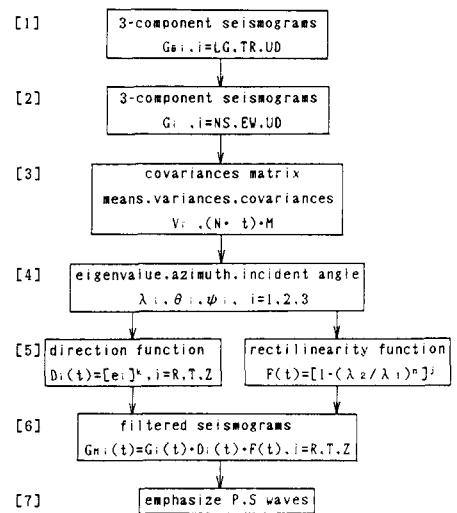


図-1 ポーラリゼーション・フィルター解析の流れ

さらに、P波初動部から推定された入射方向の成分とそれと入射角の方位が平行で入射角が直角なSV波の成分を強調するようなP波、S波を合成し作図する。

Ⅲ. 強震記録の主成分解析による波形識別と合成波

ポーラリゼーション・フィルターを用いて実地震の記録を解析するわけであるが、ここで扱った強震記録は 地震【浦河沖地震 ψ 本震 1982.03.21.11:32 N42.07° E142.60° D=40Km M=7.1】、観測点【広尾橋 N42.27° E143.32° 3成分LG(N48.10°E) TR UD】である。

主成分解析を行った結果、図-2には最大（実線）、中間（破線）および最小（点線）の主軸の入射角 ψ 、方位角 θ そしてパワー λ の時間変化を示した。入射角は鉛直軸に対するものであるから最大、中間の主軸が4 sec 以後はほぼ 90° であることは水平動が支配していることになる。主要動部（16 sec付近）の方位は λ 中間主軸が $\theta=0^\circ$ つまり NS 成分に、最大主軸がEW成分に一致していることがわかる。また、下の図は地震動のパワーを示すものと見なせる。EW成分のパワーを1点鎖線で示すと最大主軸に一致する部分が多いが中間主軸と一致する部分も存在する。このことは生波形 UD, NS, EW、主成分波形 T, R、強調 P, S 波形を示した図-3で見ると、最大主軸成分を示す T 波が他の NS, EW どちらかの成分に似ており振幅がわずかに大きくなっていることから言える。

Ⅲ. あとがき

ポーラリゼーション・フィルターを用いた手法は古くから利用されていたが、時間領域における移動平均的な手法であるため、周波数領域で操作するほどの威力を発揮しないこともあって、いままで工学の分野では利用頻度が少なかったように思われる。時間領域ではあっても主成分解析から得られた方位指向性の特性と粒子軌跡の rectilinearity 特性を考慮したデジタル・フィルターを使用することによって空間的に地震動をとらえ、波形分析を行えるということで十分にその威力を発揮している。特に最大主軸成分波を作成することができるため、工学的にも耐震設計におけるより実際的な入力地震波として提供できるだろう。本研究の解析には北海道大学大型計算機センターの HITAC 680H を使用した。

参考文献

- 1) Flinn, E.A.: Signal analysis using rectilinearity and direction of particle motion, Proc. I.E.E. E., 53, 1874, 1965.
- 2) Montalbetti, J.F. & Kanasewich, E.R.: Enhancement of Teleseismic Body Phases with a Polarization Filter, Geophys. J. R. astr. Soc., 21, 119-129, 1970.
- 3) Kaneko, T. & Watanabe, N.: Multiple Filter Orbit Analysis of Seismograms, Proc. of the 6th Japan Earthq. Eng. Symp., 409-416, 1982.
- 4) Watabe, M. et al: Some Features of Earthquake Ground Motions due to the MEXICAN Earthquake of September 19, 1985, Proc. of the 7th Japan Earthq. Eng. Symp., 319-324, 1986.

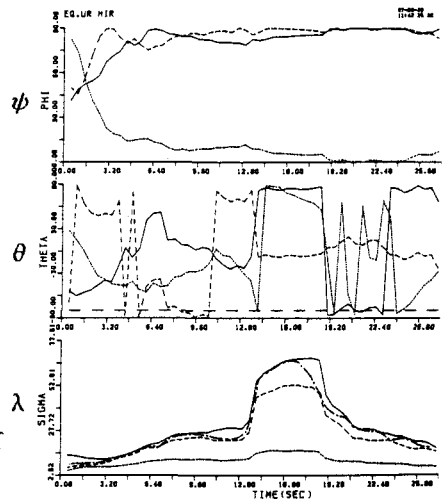


図-2 主軸パラメータの時間変化

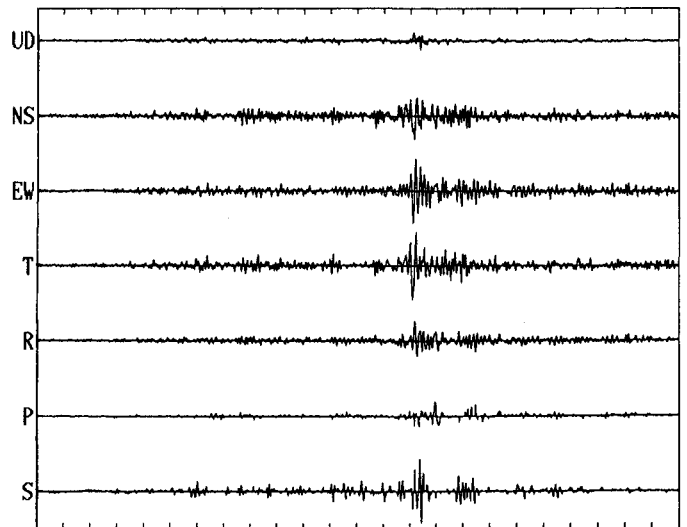


図-3 主成分波形と強調波