

I-443 強震記録の3次元地震動主軸に関する検討

建設省土木研究所 正会員 吉見精太郎
建設省土木研究所 正会員 佐々木 康
建設省土木研究所 正会員 兼原 徹郎

1. まえがき

ある地点の強震動は、任意の水平2方向及び鉛直方向の3方向の1次元振動として記録されるが、実際の振動は3次的であり、その振動方向は、発震機構、伝播経路、表層地盤等の影響を受けている。既往の距離減衰式の推定誤差の1つには、この観測方向の任意性があると考えられることから、特定の方向の強震動を抽出することにより、距離減衰式の推定誤差を小さくすることが可能と考えられる。そこで本文では、相互に独立な3次元地震動主軸を既往強震記録について求め、その特性について検討を行った。

2. 解析対象地震及び強震記録

解析対象とした地震及び強震記録は、表-1に示すように十勝沖地震、宮城県沖地震及び日本海中部地震において、気象庁(JMA)1倍強震計により得られた変位記録(37地点53記録)とSMAC型強震計により得られた加速度記録(9地点10記録)である。これらの記録は、デジタイザーを用いて数値化されたものであり、計器補正及び2(S)~20(S)及び1/12(s)~3(s)のバンドパスフィルターを施している。尚、主軸の計算は、これらの記録を1階~2階微分(積分)して求めた速度記録、加速度(変位)記録についても行ったが、本文では変位記録の検討結果についてのみ述べる。

3. 解析方法

3次元地震動の相互相関関数は(1)及び(2)により表すことができる。

$$\eta(t) = \begin{bmatrix} \eta_{xx}(t) & \eta_{xy}(t) & \eta_{xz}(t) \\ \eta_{yx}(t) & \eta_{yy}(t) & \eta_{yz}(t) \\ \eta_{zx}(t) & \eta_{zy}(t) & \eta_{zz}(t) \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

$$\eta_{ij}(t) = 1/N \sum_{m=1}^N A_i(m\Delta t) A_j(m\Delta t) \quad \dots (2)$$

ここで、(1)式を線形変換することによって(3)を得る。

$$\eta(t) = \begin{bmatrix} \eta_{11}(t) & 0 & 0 \\ 0 & \eta_{22}(t) & 0 \\ 0 & 0 & \eta_{33}(t) \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

(3)を求める際の固有ベクトルが、分散値が最大、中間及び最小で共分散がゼロとなる主軸¹⁾の方向である。本検討では、強震記録の全継続時間を用いて主軸方向及び主軸方向の共分散値を求めた。図-1には、日本海中部地震における寿都の変位記録の水平2成分(N-S,E-W)のオービット上に、この手法によって得られた3次元地震動最大主軸の水平面投影方向を重ねて示した。

4. 3次元最大主軸の方向特性

3次元最大主軸が水平面となす角 α (度)と震央距離 Δ (km)の関係を図-2に示す。検討対象とした強震記録は

表-1 解析対象地震及び強震記録

	マグニチュード M	震源深さ D (KM)	強震記録数			震央距離 (KM)
			JMA	S	MAC	
十勝沖地震	7.9	0	13	0	-	183 ~ 370
宮城県沖地震	7.4	40	19	5	-	82 ~ 330
日本海中部地震	7.7	14	21	5	-	132 ~ 601

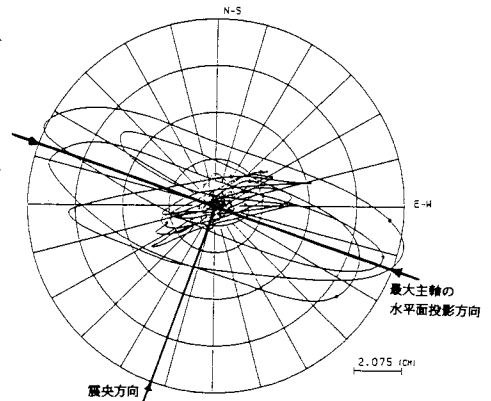


図-1 3次元最大主軸の解析例
(日本海中部地震：寿都の変位記録)

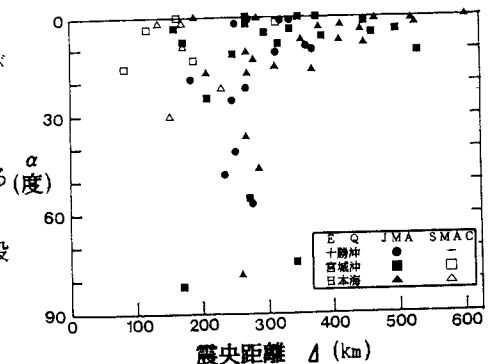


図-2 3次元最大主軸の水平面からの傾き

$\Delta \geq 82\text{km}$ で得られたものであるが、3次元最大主軸の方向は75%が $0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ であり、最大主軸はほぼ水平方向であると考えられる。次に、日本海中部地震によって強震記録の得られた26地点について、3次元最大主軸を水平面上に投影した結果を図-3に示す。図-3より、震央方向に対する最大主軸方向はランダムに分布しているが地域的にはある程度同様な傾向を示しているようである。また図-4(a)には、3次元最大主軸の水平面投影方向と震央方向のなす角 θ (度)と震央距離 Δ の関係を示し、図-4(b)には 10° 刻みの θ に対する観測地点数をヒストグラムを示したものである。同図より、十勝沖地震では、 θ の傾向は見出し難いが、宮城県沖地震及び日本海中部地震については、概ね $\theta \geq 50^\circ$ に多く分布しており、全体的に最大主軸の水平面投影方向は震央方向に直交する観測地点が多い。3次元地震動最大主軸の水平面投影方向が、震央方向に対して特に明瞭な性状を示さない理由のとしては、着目した記録の周期特性の影響や主軸の計算に際して全継続時間を用いていること等が考えられる。

5. 3次元主軸方向の強震記録特性

主軸方向変換前の変位記録の3成分のうちの最大値に対する最大主軸方向成分の最大変位の比は、1.04となり、ほとんど同程度であるといえる。最大主軸の分散に対する中間主軸、最小主軸の分散の平均的な比は、1:0.53:0.19であり、3主軸間の変位の平均的な関係は分散値の平方根から1:0.73:0.43となる。

6. まとめ

本検討により得られた主要な事項は以下のようにまとめられる。

- 1) 3次元地震動(変位)の最大主軸はほぼ水平面内に含まれる。
- 2) 3次元地震動(変位)の最大主軸方向と震央方向は本検討の範囲内においては直交する傾向が認められた。
- 3) 原記録における最大変位の値は、最大主軸成分のそれとほぼ等しい。
- 4) 最大主軸の分散及び標準偏差に対する中間主軸、最小主軸のそれぞれの比は、表-2に示す通りである。

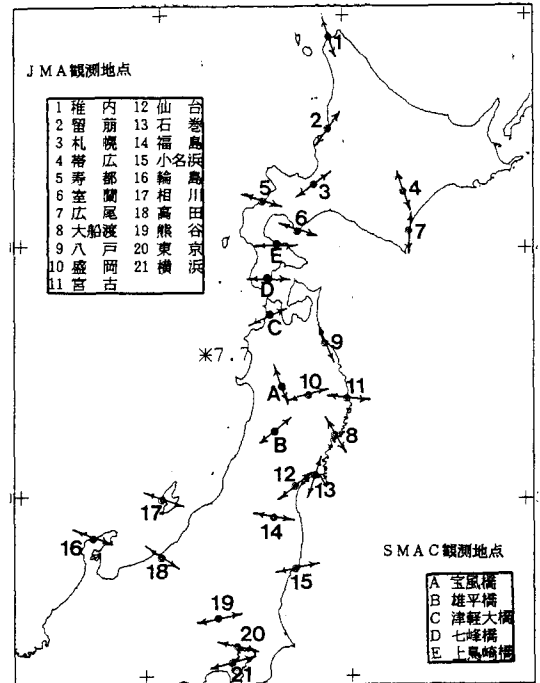


図-3 日本海中部地震における各観測地点の3次元最大主軸の水平面投影方向

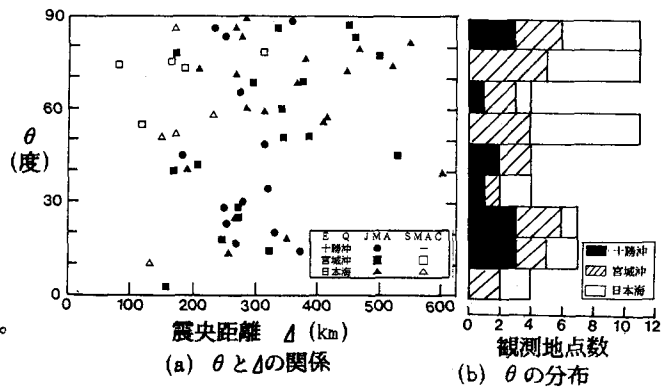


図-4 3次元最大主軸の水平面投影方向と震央方向との関係

表-2 3主軸間の関係

	最大主軸	中間主軸	最小主軸
分散	1.00	0.53	0.19
標準偏差	1.00	0.73	0.43

参考文献

- 1) J. Penzien and M. Watabe : Characteristics of 3-dimensional Earthquake Ground Motions, International Journal of Earthquake Engineering & Structural Dynamics, Vol.3 (1975)