

主軸から見られる3次元地震動の特性

The characteristics of three-dimensional strong ground motions along principal axes

小鹿 文方 [1]

Bunho Kojika [1]

[1] 防災研

[1] NIED

本研究では、k-netの観測データを用いて、moving-window手法で地震動3成分の相互相関マトリクスの主軸解析を行い、時間上及び空間上における三次元地震動の特性を調べた。その結果、時間によって変動している主軸はP波初動とS波初動の直後の数秒間にそれぞれ安定していることがわかった。とくに、S波初動の直後の数秒間における主軸方向および最大標準偏差値の空間分布特性はSH波とSV波の点震源理論解に対応している。

地震動は本来三次元的な運動であるが、これまでは構造物等の被害に最も影響の大きい水平動の研究が主に行われてきた。しかし、兵庫県南部地震やノースリッジ地震等の最近の強い地震動記録の解析を契機として、構造物の震動破壊には地震動3成分の相関性等が大きな影響を与えることが明らかになってきた。本研究では、地震動3成分の相互相関マトリクスの主軸解析によって、時間上及び空間上における三次元地震動の特性を調べた。

地震動3成分の相互相関マトリクスは対称的であるので、理論上すべての相互相関成分がゼロになる主軸は存在している。一方、地震動は非定常であるので、相互相関マトリクスは時間の関数である。よって、主軸も時間によって変化している。本研究では、k-netの観測データを用いて、moving-window手法で三次元地震動の相互相関マトリクスを計算した。また、すべての相互相関成分をゼロにするようにNS-EW-UD各観測方向軸に対する回転角を求め、主軸の時間的な変化を調べた。その結果、主軸は時間によって激しく変動しているが、P波初動直後およびS波初動直後の数秒間にはそれぞれ安定的な値が得られた。これはP波およびS波の直達波部分が単純な入射方向を持っていることを意味している。また、S波初動以降に主軸が水平2軸(NS、EW)に対する回転角はほとんどゼロであるので、S波初動以降の主軸は水平面内で変化していることを示した。

S波初動直後、主軸の安定している時間域における地震動には、主に直達のSH波とSV波が含まれていると考えられる。これらの直達S波に対し、主軸の方向はどのように変動しているかを調べるために、地震ごとに各観測点の3成分地震動に対して、S波初動直後の安定している時間域における回転角の平均値を用いて、主軸方向の空間的な変化を調べた。その結果、主軸方向の分布は、震央から幾つかの放射線状的な区間に分けられる。これらの放射線状区間は、第1主軸(標準偏差が最大になる主軸)方向が震央方向とほぼ一致している区間、震央方向とほぼ直交になっている区間、また震央方向と一致も、直交もしていない区間がある。一方、理論上では、点震源におけるSH波振幅とSV波振幅が鉛直軸の回転角 θ に対してそれぞれ $\sin(2\theta)$ と $\cos(2\theta)$ の関数になっているので、SH波とSV波の最大振幅が水平面上にそれぞれ4つのピークを持ち、且つ互いに45度ずれている。これはSH波とSV波が互いに最大振幅とゼロ振幅に対応していることを示す。従って、第1主軸方向は $\theta = 45^\circ$ によってSH方向(震央直交方向)になったり、SV方向(震央方向)になったりしている。

また、水平面における2主軸の標準偏差の最大値を用いて、主軸における標準偏差の空間的な分布特性を調べた。これも震央からの放射線状分割によって、標準偏差値の大きい区間と標準偏差値の小さい区間に分けられる。この結果は理論解に対応していて、S波の振幅分布が震央距離だけではなく、震央方向にも大きく影響されていることを示した。

本研究では、主軸解析によって、三次元地震動の特性を調べた。時間によって変動している主軸はP波初動とS波初動の直後の数秒間にそれぞれ安定的な値が得られた。とくに、S波初動の直後の数秒間における主軸方向と最大標準偏差値の空間分布特性はSH波とSV波の点震源理論解に対応している。