

計測震度の物理的意味 (2)

Physical implication of instrumental seismic intensity (2)

青木 治三[1]

Harumi Aoki[1]

[1] 東濃地震科学研究所

[1] TRIES

<http://www.tries.gr.jp/>

地震加速度波形のモデルを作成して計測震度を求め、その周波数特性から計測震度の意味するところを数値実験により考察した。

主要動の顕著な波形の特徴：

波形の最大値の時刻に時間軸を移動してからフーリエ変換すれば、最大値はスペクトル強度に $\cos(\text{位相})$ を乗じた値の総和に等しい。したがって、各スペクトルの位相が狭い幅に収まることで顕著な主要動が現れるための十分条件である。テスト波形の作り方は、ある周波数帯域において 0.1Hz 間隔、同一強度の線スペクトルからなる波群を用意し、その位相を一定の範囲内で乱数とする。帯域内の最大と最小周波数の幾何平均を中心周波数、比の値を帯域幅とする。これらの波群を中心周波数、帯域幅、位相幅で分類した。帯域幅が 2 と 4 で、中心周波数 1 から 10Hz でテストした結果では、位相変動幅をプラマイ 90 度以内に絞ると顕著な主要動が現れ、それを超えるとピークの目立たない微動のような波形になることが判明した。

計測震度の周波数特性：

計測震度の計算では加速度波形に低域カットおよび周波数の平方根に反比するフィルターをかけてからベクトル波形を求め、累積継続時間 0.3 秒でピークを除外している。これを 0.3 秒レベルと呼ぶことにする。ピーク除外には周波数依存性が予想される。これを数値実験により確認した。乱数を使用するので、中心周波数、帯域幅、位相幅の各組み合わせに対し、10 から 30 本のテスト波形について求めた 0.3 秒レベルの平均値を以後の解析に使用した。位相幅プラマイ 180 度での 0.3 秒レベルの周波数依存性は、両対数グラフ上で勾配 -0.6、位相幅プラマイ 135 度では -0.7、位相幅 -90 度から 90 度では -1.03、位相幅プラマイ 45 度では -1.26 となった。位相幅が大きい場合は -0.5 に近い。これは波動の仕事率の周波数依存性と同一である。この場合、現行計測震度は旧計測震度と定数項を除き同じ結果になる(青木, 2004)。位相幅がプラマイ 90 度程度の波形が平均的な地震主要動である。その 0.3 秒レベルの周波数依存性は -1、すなわち $1/f$ であり、地動速度と同じ指数になる。したがって、現行の計測震度は地動速度の最大値から求めた震度と定数を除き、一致するであろう。

地震動被害：

地上構築物の破壊は、その内部歪が限界値を超えたときに発生するとして地震動被害を模式的に考察する。モデルは、地上に固定された単振子でなく、平面波が長さ方向に伝播する弾性柱と考える。柱の高さを h 、伝播方向を z 、柱上面で $z = 0$ とすると、地震波は平面波として上昇し、柱上面で全反射する。減衰がなければ、柱内部の変位、歪はそれぞれ

$$u = f(t + z/c) + f(t - z/c) \quad (1)$$

$$du/dz = (f_1(t + z/c) - f_1(t - z/c))/c \quad (2)$$

$$= 2(z/c)f_2(t)/c \quad (3)$$

f_1 および f_2 は f の 1 次および 2 次微分である。第 3 式は、 h が波長より十分小さいとき、柱の最大歪は最大地動加速度に比例し、その最大値は柱の底部に発生することを示す。第 2 式は、 h が波長より十分大きければ最大歪は地動速度の最大値に比例することを示す。比例定数は共振現象により大きく変動するが、地震波の帯域が広ければ平均化される。よって通常の地震波であれば柱の最大歪は地動速度に比例するといえよう。共振周波数が低い場合、計測震度は地震動被害の指標となる。しかし共振周波数が高い物体に対しては、加速度に基づく震度が妥当であろう。