

地震動の加速度/速度のrms振幅比の時間的変動について

東洋建設(株) 正員 岡本浩典

徳島大学工学部 正員 沢田 勉

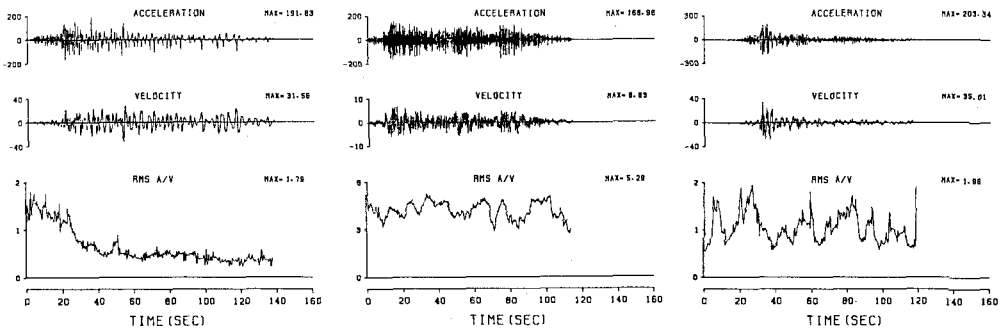
徳島大学工学部 正員 平尾 潔

1. はじめに 地震動特性は、強度特性、周波数特性及び非定常特性に大別される。構造物の耐震設計を合理的に行うためにはこれらの地震動特性を適切に反映した地震荷重を設定する必要がある。その際に、上述の地震動の諸特性がなるべく少ないパラメータで表現できれば便利である。本研究では、地震動の加速度/速度のrms 振幅比 $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)$ に着目し、その時間的変動と非定常特性との関係を検討する。

2. 地震動の加速度/速度のrms振幅比 地震動の加速度/速度のrms振幅比 $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)$ は、地震加速度記録 $a(t)$ とそれを1度積分して求められた速度 $v(t)$ の時刻 t におけるrms振幅の比である。 $a_{rms}(t)$ および $v_{rms}(t)$ は、それぞれ次のように計算される。

$$a_{rms}(t) = \left[\frac{1}{T_a} \int_{t-T_a/2}^{t+T_a/2} a^2(t) dt \right]^{1/2} \quad \cdots (1) \quad v_{rms}(t) = \left[\frac{1}{T_a} \int_{t-T_a/2}^{t+T_a/2} v^2(t) dt \right]^{1/2} \quad \cdots (2)$$

ここで、 T_a =データウィンドウ幅、 $a(t)$ =加速度時刻歴、 $v(t)$ =速度時刻歴であり、本研究ではこのデータウィンドウ幅 T_a を $T_a=4.0$ (sec)に固定し、そのデータウィンドウ内のデータの自乗平均を計算することにより任意の時刻 t でのrms振幅 $a_{rms}(t)$ 、 $v_{rms}(t)$ を計算している。これらは、地震動の加速度波形及び速度波形の包絡線の形状を表す滑らかな曲線となる。既往の研究¹⁾において、 $a(t)$ および $v(t)$ の最大振幅比 a/v が地震動の卓越振動数 f_p 、平均振動数 f_a およびスペクトルの広がりを表す指標 q と密接に関連することを示した。このことに基づくと、 $a(t)$ 、 $v(t)$ の時刻 t におけるrms振幅比 $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)$ は、各時刻の卓越振動数 $f_p(t)$ や平均振動数 $f_a(t)$ と密接に関係すること、すなわち $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)$ が地震動の周波数の非定常性を表すパラメータになることが予想される。本研究では、この $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)$ を 2π で除することにより得られる $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)/2\pi$ と地震動の非定常特性の関係を検討する。図-1は、1968年十勝沖地震の際に青森、宮古および八戸で得られた地震記録の加速度および速度の時刻歴と $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)/2\pi$ の時間的変動を示す。



(a) 青森 E-W

(b) 宮古 N-S

(c) 八戸 E-W

図-1 加速度および速度の時刻歴と $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)/2\pi$ の時間的変動

ここで、 $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)/2\pi$ 時間的変動に着目すると次のようなことが分かる。

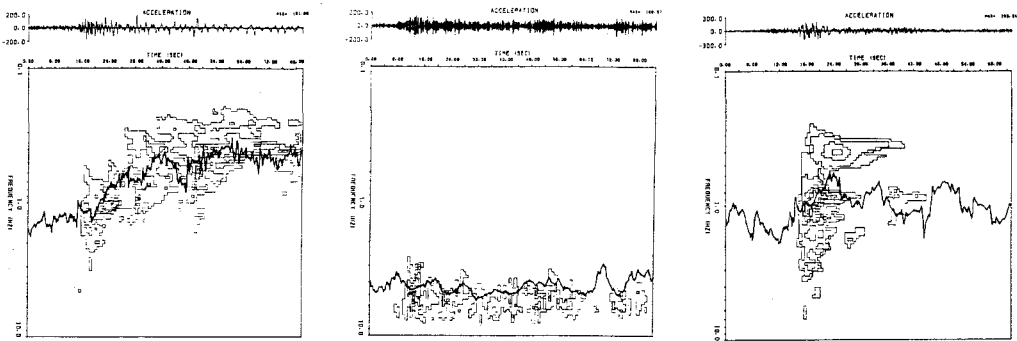
- (1) 青森の記録では、 $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)/2\pi$ は、初期部で大きく後半になるほど小さくなる。すなわち、後半になるほど低振動数成分が卓越する。

(2) 宮古の記録では、 $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)/2\pi$ は、4~5Hz程度であり時間によらずほぼ一定値をとる。

(3) 八戸の記録の $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)/2\pi$ は複雑に変動し、その平均的な傾向を捉えることはできない。

以上のことから、地震動の加速度/速度のrms振幅比 $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)$ が地震動の周波数の非定常性と何らかの関係をもつことが分かった。

3. $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)$ と非定常パワースペクトルの関係 一般に、地震動の周波数の非定常性は非定常パワースペクトル²⁾により表される。ここでは、 $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)$ と周波数の非定常性の関係を非定常パワースペクトルとの比較から検討する。図-2は、 $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)/2\pi$ と非定常パワースペクトルを同一図中に示したものである。図において、横軸は時間、縦軸は振動数であり、非定常パワースペクトルは、等高線で表示されている。また、 $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)/2\pi$ は、図中の実線で表されている。



(a) 青森 E-W

(b) 宮古 N-S

(c) 八戸 E-W

図-2 rms 振幅比 $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)/2\pi$ と非定常パワースペクトル

これらの図より次のことが分かる。

- (1) rms 振幅比 $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)/2\pi$ は、非定常パワースペクトルの平均的な傾向を表す。すなわち、 $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)/2\pi$ は、非定常パワースペクトルが比較的大きな周波数領域を通過している。しかし、八戸の記録(c)のように、ある時刻で非定常パワースペクトルが2つ以上のピークを持つ場合には、それらのピークの中間の振動数領域を通るため、最大ピークの振動数点を正確には捉えていない。
- (2) 宮古の記録(b)のように周波数成分が時間的に変動しない場合、また、青森の記録(a)のように、卓越振動数が後半になるほど低振動数側へ移行する場合にも、 $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)/2\pi$ は非定常パワースペクトルの平均的な傾向と良く対応する。

4. おわりに 本研究で提示したrms 振幅比 $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)$ が地震動の周波数の非定常性の平均的な傾向を捉えるのに適していることが分かった。今後、この $a_{rms}(t)/v_{rms}(t)/2\pi$ を地震動の振動数の非定常性を表す指標として用い、耐震解析に使用するための模擬地震動作成等に活用していきたい。

5. 参考文献

- (1) 沢田 他；地震動の最大振幅比 $[a/v, ad/v^2]$ とスペクトル特性および継続時間の関係、第21回地震工学研究発表会概要集、1991年。
- (2) 亀田 弘行；地震動の非定常パワースペクトルの算出法に関する一考察、土木学会論文報告集、第235号 1975年3月。