

PGA・PGV・応答スペクトルとフーリエスペクトルとの関係式

Relation among PGA, PGV, Response Spectrum and Fourier Spectrum

中村 亮一^{1*}, 湯沢 豊¹, 田中 信也¹

Ryoichi Nakamura^{1*}, Yutaka Yuzawa¹, Shinya Tanaka¹

¹東電設計株式会社

¹Tokyo Electric Power Services Co., Ltd

X	Y	f(Hz)	CC r2	a1	b1	a2	b2	AA	BB	1/AA	-BB/AA
Pseude Velocity Response Specpectrum h=5%	Acceleration Fourier Spectrum	1	0.9245	1.1064	0.1297	0.8356	-0.1689	1.1507	0.1652	0.8691	-0.1436
		2	0.9313	1.0688	0.2041	0.8714	-0.2170	1.1074	0.2262	0.9030	-0.2042
		3	0.9273	1.0376	0.2272	0.8936	-0.2384	1.0776	0.2466	0.9280	-0.2289
		4	0.9242	1.0160	0.2469	0.9096	-0.2588	1.0569	0.2653	0.9462	-0.2511
		5	0.9133	1.0049	0.2649	0.9088	-0.2806	1.0516	0.2863	0.9510	-0.2723
		6	0.8988	0.9956	0.2708	0.9028	-0.2939	1.0501	0.2974	0.9523	-0.2832
		7	0.8852	0.9914	0.2737	0.8929	-0.3054	1.0538	0.3068	0.9490	-0.2912
		8	0.8634	0.9941	0.2856	0.8685	-0.3273	1.0699	0.3296	0.9347	-0.3081
		9	0.8463	1.0029	0.2954	0.8439	-0.3454	1.0902	0.3500	0.9173	-0.3210
		10	0.8321	1.0017	0.2918	0.8307	-0.3555	1.0981	0.3567	0.9106	-0.3249
PGA	Acceleration Fourier Spectrum	1	0.1485	0.6539	-1.2971	0.2271	1.0119	1.6967	-2.1755	0.5894	1.2821
		2	0.2234	0.7043	-0.9641	0.3172	0.9600	1.4901	-1.6261	0.6711	1.0912
		3	0.3368	0.7544	-0.8622	0.4464	0.9436	1.3000	-1.3218	0.7692	1.0168
		4	0.4513	0.8051	-0.8288	0.5605	0.9267	1.1986	-1.1602	0.8343	0.9680
		5	0.5422	0.8340	-0.8330	0.6502	0.9272	1.1326	-1.0845	0.8830	0.9576
		6	0.5972	0.8468	-0.8596	0.7053	0.9455	1.0957	-1.0693	0.9126	0.9759
		7	0.6353	0.8733	-0.9112	0.7274	0.9700	1.0957	-1.0985	0.9126	1.0026
		8	0.6563	0.9015	-0.9622	0.7280	0.9900	1.1128	-1.1401	0.8986	1.0246
		9	0.6414	0.9172	-1.0136	0.6993	1.0108	1.1453	-1.2057	0.8732	1.0527
		10	0.6256	0.9172	-1.0656	0.6821	1.0422	1.1596	-1.2698	0.8623	1.0950
PGV	Acceleration Fourier Spectrum	1	0.3891	1.0119	-0.2478	0.3846	-0.2056	1.6221	0.0528	0.6165	-0.0325
		2	0.4351	0.9396	0.0920	0.4630	-0.3208	1.4246	0.3308	0.7020	-0.2322
		3	0.4749	0.8564	0.1951	0.5545	-0.3668	1.2428	0.3854	0.8046	-0.3101
		4	0.4704	0.7859	0.2366	0.5986	-0.4024	1.1459	0.4139	0.8727	-0.3612
		5	0.4391	0.7175	0.2229	0.6120	-0.4127	1.0827	0.4028	0.9236	-0.3720
		6	0.3836	0.6488	0.1733	0.5913	-0.4061	1.0475	0.3697	0.9546	-0.3529
		7	0.3388	0.6098	0.1248	0.5557	-0.3950	1.0475	0.3404	0.9546	-0.3250
		8	0.2904	0.5733	0.0796	0.5065	-0.3898	1.0638	0.3212	0.9400	-0.3020
		9	0.2461	0.5431	0.0266	0.4531	-0.3834	1.0949	0.2983	0.9133	-0.2725
		10	0.2165	0.5158	-0.0389	0.4197	-0.3696	1.1086	0.2531	0.9020	-0.2283

三次元Qs構造(中村,2009等)では,震源スペクトルにBoore(1983)による加速度フーリエスペクトルを用いている。一方,地震工学の分野では,最大加速度振幅PGA,最大速度振幅PGV及び

応答スペクトルなどが用いられることが一般的であり、フーリエスペクトルは用いられていない。このため直接地震工学に役立てることができなかった。中村(2009)は、PGAとの関係性を求め、三次元Q値を用いた地震動予測についてフーリエスペクトルからPGAに変換した事例を示した。

本研究では、応答スペクトルとの関係式を構築することを目的に検討した。

用いた記録はK-NETの観測開始から2007年8月までのNS成分の記録である。加速度フーリエ振幅FS(f)は $f=1\sim 10\text{Hz}$ で各周期の $\pm 0.5\text{Hz}$ の間を幾何平均した値とした。回帰式はフーリエスペクトル振幅をFS(f)、疑似応答スペクトルをRS(f)としたとき、

$$\log[\text{FS}(f)] = a_1(f) \cdot \log[\text{RS}(f)] + b_1(f),$$

$$\log[\text{RS}(f)] = a_2(f) \cdot \log[\text{FS}(f)] + b_2(f),$$

の回帰の係数とその幾何平均(宇津, 1984参照),

$$\log[\text{FS}(f)] = \text{AA}(f) \cdot \log[\text{RS}(f)] + \text{BB}(f)$$

の係数を求めた。これらを表に示す。表中には、 $\log[\text{RS}(f)] = 1/\text{AA}(f) \cdot \log[\text{FS}(f)] + [-\text{BB}(f)/\text{AA}(f)]$ としたときの各係数も記入している。表中には中村(2009)の求めたPGAとの関係及び、新たにPGVについても示す。

これらを見ると、フーリエスペクトルは応答スペクトルとの相関係数(CC)はPGAやPGVに比べると全体に高いことがわかる。また、 $h=0\%$ の速度応答スペクトルは、フーリエスペクトルにほぼ一致する(たとえば大崎, 1994)とされており、 $h=5\%$ の場合には擬似速度応答スペクトルでもフーリエスペクトルに比べて小さくなることが期待される。求められた回帰係数は b_1 やBBが正の値、 b_2 や $-\text{BB}/\text{AA}$ が負の値が得られており、そのことが反映されたものと考えられる。しかし、1Hzなど低振動数で振幅が小さい場合には、その傾向が逆転している。これは、応答スペクトルが、フーリエスペクトルとは異なり、ある振動数で地震波に振幅成分が無い場合でも、その振動数以外の振幅成分の影響を受ける場合があるためと思われる。

また、PGAやPGVは応答スペクトルに比べると相関が良くなく、また周波数によって相関係数が大きく異なるが、これはこれらがいろいろな周期の影響を受けているためかもしれない。

確率論的地震動評価などにおいて、地震動の予測誤差は、その評価結果に大きく影響することが知られており、今後、このような関係式の相関を高めていくことも重要な課題であり、今後さらに検討を進めたい。

なお、三次元減衰構造を考慮し、応答スペクトルの地震動予測をしたところ、観測記録のそれと良く整合することが確認された。

文献

Boore, D. M. (1983) Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra, Bull. Seism. Soc. Am., 73, 1863-1894

中村亮一(2009)短周期地震動記録に基づく日本列島下の三次元減衰構造 Q_s ・震源スペクトル・地盤増幅の同時インバージョンとその応用, 東京大学博士論文

宇津徳治(1984)震度?震央距離?マグニチュードの関係, 東京大学地震研究所彙報, 59, 219-233

大崎順彦(1994)新・地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版会

キーワード: 最大加速度, 最大速度, 応答スペクトル, フーリエスペクトル

Keywords: PGA, PGV, Response Spectrum, Fourier Spectrum