

富山県における地震動 H/V スペクトル比を用いた振動特性の推定

地震観測 動的

○株式会社 村尾地研 国際会員 村尾英彦
 一般会員 野坂 徹

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、地震計が日本全国に設置されるようになった結果、従来に比べて高密度な地震発生時の観測記録を、効果的に利用することが可能となった。地震計の観測記録は、設置地点における地盤の揺れを表し、地盤状況と密な関係がある。したがって、防災の観点(耐震設計や、地震発生時の震度分布を精度良く推定等)から、地盤の揺れやすさ、すなわち振動特性を適切に把握する必要がある、大地震の発生前に地盤の振動特性を把握し、土木構造物や建築物の設計に適応することは、重要なことであると考え、本報では、(独)防災科学技術研究所の、K-NET 地震観測点の振動特性に関する検討を行ったので報告する。

2. 地盤の地震動増幅特性

2.1 地震動記録

本報においては、近年富山県周辺で発生した、以下の3つの地震記録を用いた。

- ① 新潟県 中越地震 (2004. 10. 23. 17:56)
- ② 石川県 能登半島地震 (2007. 3. 25. 9:41)
- ③ 新潟県 中越沖地震 (2007. 7. 16. 10:13)

なお、地震動は富山県内 12 箇所の K-NET 地震計観測結果を用いた。震央距離がほぼ等しい観測点における、各地震の最大加速度を表-2 に、表-2 の各観測点における、粒子軌跡(変位)を図-1~3 に示す。また、富山県内の K-NET 強震計スペックは、サンプリング周波数 100Hz、最大記録長 150 秒、トリガーレベル 2gal である。

表-1 より、同一震源から発生した地震動が、ほぼ等しい伝播経路、震央距離地点において観測されているにもかかわらず、各最大加速度に差異が見られることがわかる。また、図-1 において、変位に同一と見なせる傾向が乏しいことがわかる。この原因は、各観測地点において、地盤の構造により、各地点の振動特性が異なることであると考えられる。

表-1 各観測点における地震別最大加速度

地震名	最大加速度 (cm/s/s)			
	TYM002 (175km)		TYM009 (172km)	
中越	N-S	19.1	N-S	9.9
	E-W	15.9	E-W	10.7
	U-D	6.7	U-D	4.1
能登半島	TYM011 (95km)		TYM012 (92km)	
	N-S	110.0	N-S	54.5
	E-W	114.0	E-W	58.7
U-D	57.0	U-D	35.3	
中越沖	TYM007 (158km)		TYM008 (158km)	
	N-S	15.1	N-S	19.1
	E-W	11.4	E-W	14.9
U-D	6.3	U-D	6.3	

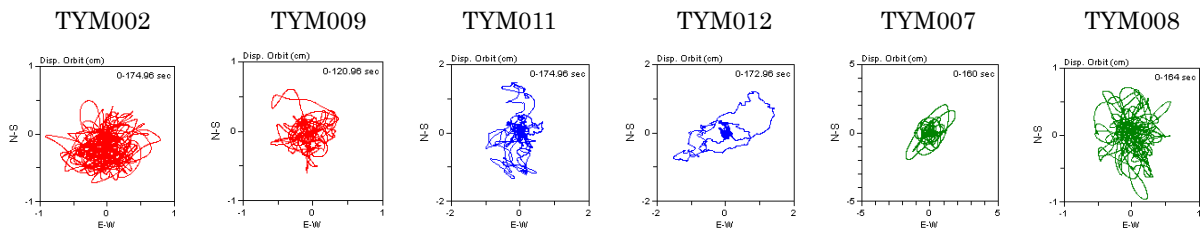


図-1 中越、能登半島、中越沖地震時の粒子軌跡(変位)

2.2 解析手法

解析においては、地震記録(加速度)から地震動の主要動部分が含まれるよう 80 秒間のデータを選び出し、地表面加速度フーリエスペクトル(以下、フーリエスペクトルと記す)を計算し、バンド幅 0.2Hz の Parzen Window を用いて各スペクトルを平滑化した。次に、地表面地震動 H/V スペクトル比(以下、H/V スペクトル比と記す)を、次式より算出し、H/V スペクトル比の最大ピークとなる周期を地盤の卓越周期とみなす。この手法の利点は、H/V スペクトル比の卓越周期は、表層地盤の一次固有周期が抽出しやすいことである。

$$|R_{surface}(f)| = \frac{\sqrt{|F_{EW}(f)|^2 + |F_{NS}(f)|^2}}{|F_{UD}(f)|}$$

ここで、 $R_{surface}$: H/V スペクトル比
 $F_{EW,NS,UD}$: フーリエスペクトル

2.4 卓越周期の判読結果

図-2に3つの地震時の、富山県内の各観測点におけるH/Vスペクトル比を、その結果より判読した卓越周期を表-2に示す。

この結果より、ほぼ全ての観測点において、H/Vスペクトル比には、ばらつきが見られるが、卓越周期に関しては、ほぼ一致する結果が得られた。

卓越周期に対応するH/Vスペクトル比の振幅は、上下動成分に関しては表層地盤による増幅が無視でき、水平動に関しては表層地盤と基盤面のスペクトル比すなわち、表層地盤の伝達関数を近似的に表すと考えると、卓越周期における地盤の増幅倍率を表すと考えることができる。しかし、今回の検討結果においては、ばらつきが見られるため、増幅倍率の推定には、さらなる検討が必要である。

表-2 各観測点における卓越周期

観測点 コード	短周期波動 ($T_s \leq 1.0(\text{sec})$)		長周期波動 ($T_l > 1.0(\text{sec})$)	
	卓越周期 (sec)	スペクトル比	卓越周期 (sec)	スペクトル比
TYM001	0.1	9.0	2.5	2.2
TYM002	0.2	7.7	1.6	7.0
TYM003	0.2	4.5	6.9	4.0
TYM004	0.1	6.4	4.0	2.8
TYM005	0.2	11.2	1.2	6.3
TYM006	0.2	14.4	1.3	3.5
TYM007	0.2	10.2	2.4	2.7
TYM008	0.4	4.6	3.6	4.1
TYM009	0.2	5.9	5.0	3.9
TYM010	0.2	7.5	4.6	3.7
TYM011	0.2	7.3	3.1	4.1
TYM012	0.3	11.9	2.6	2.7

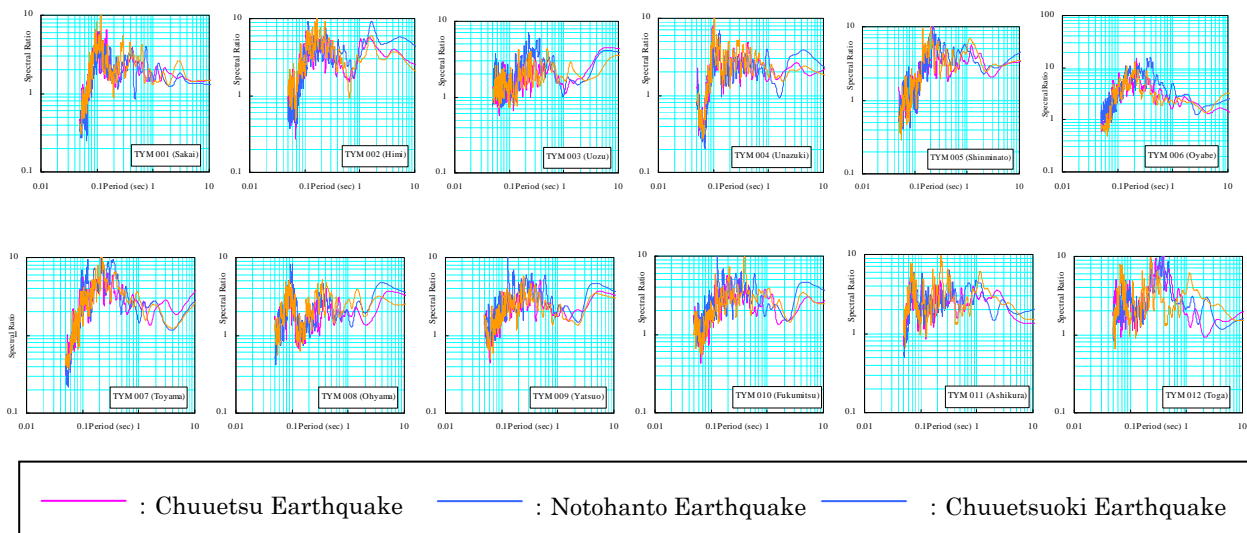


図-2 中越地震，能登半島地震，中越沖地震のH/V スペクトル比

3. まとめ

今回の検討で、地震動記録より求めた、H/Vスペクトル比が、観測地点固有の地盤振動特性を表し、振動特性を検討することが可能であることを示した。

このことは、今後、様々な地点において、常時微動測定を行うことにより、地盤の振動特性を密に把握可能であり、防災および、地震発生時の的確な震度分布を推定のために非常に有益な情報となることを示唆している。

なお、地震動H/Vスペクトル比と、常時微動H/Vスペクトル比が等しいとみなすにあたって、微動が主として、地震動と同様に、実体波からなるとみなす立場と、表面波（レイリー波）が卓越するとみなす立場からの議論は残っているが、富山県のように、表層地盤と工学的基盤のせん断速度のコントラストが大きい場合は、両者の立場から、卓越周期は理論的にはほぼ等しくなるため、問題は生じないと考える。

謝辞) 今回の検討では、K-NET ((独) 防災科学技術研究所) の強震記録を利用した。ここに記して感謝します。