

地すべり多発地における地震動の周期特性に関する検討

国立研究開発法人 土木研究所 雪崩・地すべり研究センター ○丸山清輝

1. はじめに

近年、新潟県中越地震、岩手・宮城内陸地震、東北地方太平洋沖地震などの大きな地震が発生し、数多くの地すべり災害が引き起こされている。そこで、地震による地すべりの発生機構を明らかにするために、地すべり土塊の繰返しせん断試験を実施してきた¹⁾。今回は、地震動を最も特徴づけると言われている周期特性²⁾について、地すべり多発地での地震動をもとに検討したので、その結果を示す。

2. 研究方法

地すべり多発地での地震動として、新潟県上越市安塚での(独)防災科学技術研究所強震観測網(K-NET 安塚)における観測データを用いた。安塚は新潟県東頸城地域に位置しており、新第三紀層の泥質岩が分布する第三紀層地すべりの多発地である。

表1には、検討に用いた地震名を示した。地震は、2004～2011年に発生した計測震度3.1～5.5の7事例である。

表1 検討に用いた地震(K-NET 安塚)

No.	地震名	発生日月日	発生時刻	計測震度
1	中越地震本震	2004.10.23	17:56	4.9
2	中越地震余震Ⅰ	2004.10.23	18:01	3.7
3	中越地震余震Ⅱ	2004.10.23	18:32	5.5
4	能登半島地震	2007. 3.25	9:42	3.5
5	中越沖地震	2007. 7.16	10:13	4.8
6	東北地方太平洋沖地震	2011. 3.11	14:47	3.1
7	長野県北部地震	2011. 3.12	3:59	4.7

地震波は、(独)防災科学技術研究所の解析プログラムSMDA2を用いて地震動の主要部分を含む観測時間100秒のデータを抽出し、フーリエ・スペクトルを計算した。なお、フーリエ・スペクトルの平滑化は、Hanningにより行った。また、水平動フーリエ・スペクトルは、NS成分とEW成分の二乗和の平方根とした。

3. 研究結果

表1に示した地震の周期特性を検討するために、水平動、

上下動の各フーリエ・スペクトル、H/Vスペクトル比をそれぞれ求めた。

図1は、地震動の水平動、上下動の各フーリエ・スペクトル、H/Vスペクトル比をそれぞれ示したものである。なお、H/Vは水平動と上下動のフーリエ・スペクトル比(以後、H/Vとする)であり、地盤の硬軟や地震波の増幅倍率との間に強い相関があるといわれている³⁾。地震動の水平動及び上下動のフーリエ・スペクトル(以後、水平動値、上下動値とする)は、地震毎に形状や振幅が異なっている。これは、地震波の周期特性が地盤の応力の増大に伴う非線形挙動や地震の規模により異なるためと考えられている。それに対してH/Vは、他の観測地点⁴⁾と同様に卓越周期付近では形状、振幅とも地震によらず変動幅が水平動や上下動に比べて小さくなっている。

図2には、水平動最大値と水平動最大値が発生した周期、その地震の計測震度との関係を示した。周期が約4秒に位置する地震は東北地方太平洋沖地震であり、この地震は他の6事例が内陸型であるのに対して海溝型であるために、他の地震とは異なった周期を示したものと考える。東北地方太平洋沖地震のデータを除いた場合、水平動の最大値は、計測震度の増大とともに大きくなる傾向がある。また、水平動最大値が発生した周期は、水平動最大値の増大にともない小さくなる傾向がある。

図3は、上下動最大値と上下動最大値が発生した周期、その地震の計測震度との関係を示したものである。上下動最大値は、その発生した周期、その地震の計測震度との明瞭な関係は認められない。また、図2、3からは、水平動や上下動の最大値は、その発生した周期が同じ観測地点であっても地震毎に異なっていることが分かる。

図4には、H/V最大値とH/V最大値が発生した周期(以後、固有周期とする)、その地震の計測震度との関係

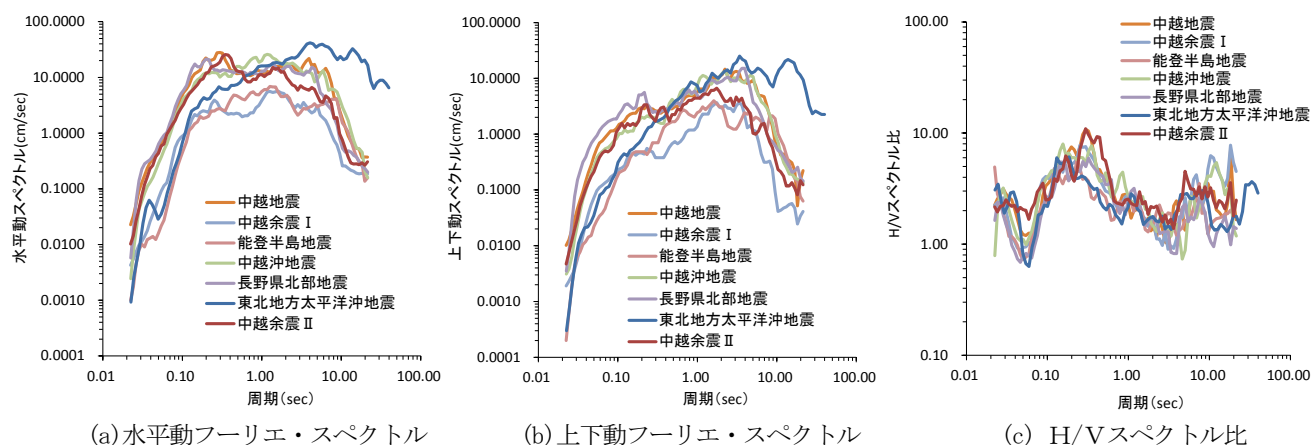


図1 地震動の水平動、上下動の各フーリエ・スペクトル、H/Vスペクトル比

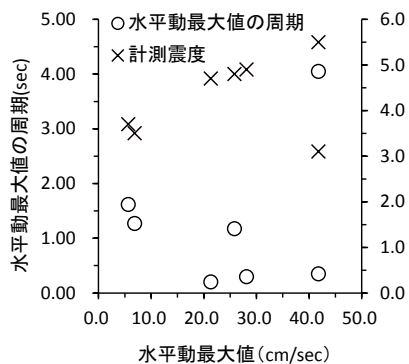


図2 水平動最大値とその最大値
及び地震の計測震度との関係

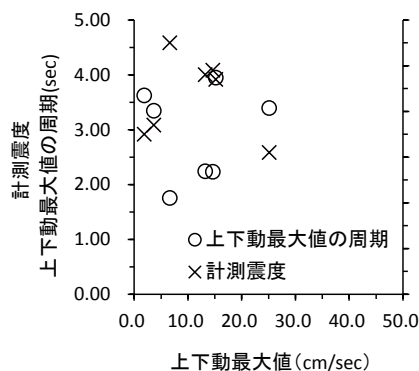


図3 上下動最大値とその最大値
及び地震の計測震度との関係

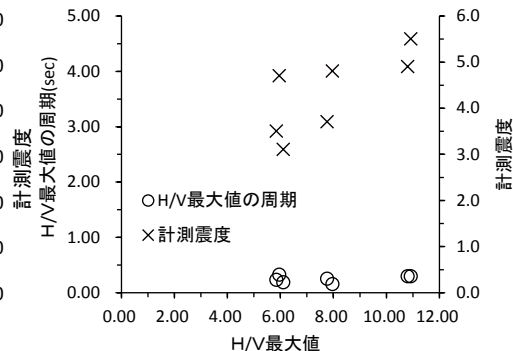


図4 H/V最大値とその最大値
及び地震の計測震度との関係

を示した。なお、H/V最大値では、水平動が上下動に比べて最も大きくなる。H/V最大値は、計測震度の増大にともない大きくなる傾向がある。H/V最大値はほぼ0.1～0.3秒の範囲の周期で発生しており、固有周期

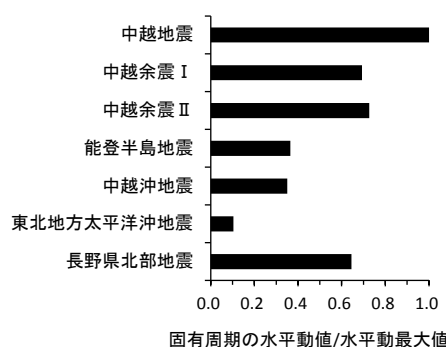


図5 各地震の固有周期における
水平動値/水平動最大値

の変動範囲は水平動や上下動の最大値が発生したものに比べて狭い。また、固有周期は、各地震に関係なくほぼ一定の範囲内に収まっていることが分かる。

図5は、各地震の固有周期における水平動値/水平動最大値の値を示したものである。この値は0.1～1.0を示しており、約1.0となった中越地震では固有周期と水平動の最大値の発生周期がほぼ同じであり、上下動に比べて水平動が特に大きくなったことが分かる。それに対して、東北地方太平洋沖地震ではこの値が0.1となっており、固有周期での水平動より他の周期で発生した水平動の方が大きかったことが分かる。また、水平動最大値は、固有周期以外で発生している場合が多いことが分かる。

表2には、地すべり斜面に表1で示した地震波が入射した時の水平動値と、地すべり斜面上部におけるすべり面でのパイプひずみ計の変動量（以後、ひずみ変動とする）との関係を示した。なお、ひずみ変動は表1に示した地震観測地点の近くに位置する柳原地すべりでの観測値であり、柴崎ほか⁵⁾が示した値である。また、地すべり移動層の固有周期は、川邊が由比地すべり（静岡県²⁾の泥質岩を起源とする風化岩すべり）で求めたデータ²⁾を参考にして0.09秒とした。ひずみ変動が示されている地震の水平動最大値は大きい方から中越地震、中越沖地震、中越地震余震Ⅱ、長野県北部地震の順になっているが、ひずみ変動は固有周期での水平動値が最も大きい長野県北部地震が一番大きくなっている。このことから、地すべり斜面の変動には、地す

表2 地すべり地における地震と地すべり挙動との関係

地震名	水平動最大値 (cm/sec)	水平動最大値発生周期 (sec)	固有周期 (0.09sec) での水平動値 (cm/sec)	すべり面でのパイプひずみ計変動量 (μ)
中越地震	28.1	0.3	3.1	324
中越余震Ⅰ	5.6	1.6	0.7	
中越余震Ⅱ	25.7	0.3	2.2	
能登半島地震	6.9	1.3	0.3	-
中越沖地震	25.8	1.2	2.6	847
東北地方太平洋沖地震	41.8	4.0	0.4	-
長野県北部地震	21.3	0.2	4.0	2530

べり斜面に入射する移動層の固有周期と同じ周期の水平動値が関係することが考えられる。

4. おわりに

地すべり多発地における地震動の周期特性を把握するために、新潟県上越市の安塚での観測データを用いて検討した。その結果、①水平動や上下動の最大値は、その発生した周期が同じ観測地点であっても地震毎に異なっている、②水平動最大値は固有周期以外で発生している場合が多い、③地すべり斜面の変動には、地すべり斜面に入射する移動層の固有周期と同じ周期の水平動値が関係すると考えられる等の結果が得られた。今後は、地震動の地すべり斜面への影響を明らかにするために、地すべり斜面での現地観測を実施し、さらに検討を進める必要がある。

最後に、今回の検討では、(独)防災科学技術研究所の震動観測データ及びその解析プログラムを利用させていただいた。ここに、感謝の意を表する。

参考文献

- 丸山清輝ほか：地震時における地すべり土塊のせん断強度および過剰間隙水圧に関する検討、日本地すべり学会誌、第50巻第1号、pp. 34-42、2013
- 川邊 博：斜面表層の振動特性と不安定化、日本地すべり学会誌、第42巻第2号、pp. 10-12、2005
- 中村 豊：H/Vスペクトル比の基本構造、物理探査学会地震防災シンポジウム、2008/1/25
- 大熊祐輝ほか：宮崎県における常時微動H/Vを用いた地震動の推定、土木学会論文集、No.696/ I-58、pp. 261-272、2002
- 柴崎宜之ほか：地震動の加速度・卓越周期が地すべり変動に与える影響、第53回日本地すべり学会研究発表会講演集、平成26年8月