

2006 年ジョグジャ地震で被災した地域の被害と地盤特性の関係

愛媛大学工学部 学生会員○片山 雅夫

愛媛大学大学院 フェロー 森 伸一郎

愛媛大学大学院 フェロー 岡村 未対

1. はじめに

2006 年 5 月 27 日午前 5 時 54 分（現地時間）にインドネシアのジャワ島中部でマグニチュード 6.3 の地震が発生した。震央はジョグジャカルタ市の南東約 20km で、ジョグジャカルタ特別区周辺一体で被害が生じたことからジョグジャ地震と名付けられた。震源が浅く、海域ではなく島の内陸に震源があったこと、耐震性の低い建物が多かったことなどから、地震の規模以上に被害が拡大した。死者が 6000 人以上、被災建物が 20 万棟以上、避難民は数十万にも上った。被災地の代表的な地域として、Pleret, Imogiri, Yogyakarta が挙げられる。そこでは建物の中でも特に住宅の被害が顕著であった。そこで地震被害と地盤の振動特性の関係を調べることを目的とし、被災地及びその周辺の山岳地において現地踏査及び地盤と建物の常時微動測定を行った。



写真-1 全壊した住宅

2. 現地踏査結果

写真-1 に全壊した住宅のうち典型的なものを示す。現地踏査から被害を受けたほとんどの住宅が極めて細い RC 柱（断面例：10cm×10cm）と梁からなるフレームとフレーム内部を埋めるレンガ壁（土あるいは極めて貧配合のモルタルで固めた壁）で建てられている。材料は極細の鉄筋と低質コンクリートであった。

3. 常時微動測定対象地域と測定方法

測定対象地域は震央から半径 20km 内の被災地 14 地点の地盤（内 2 地点では建物を含む）、被災地に近い山岳地 2 地点の地盤とした。そのうち代表的なものとして被災地 7 地点と建物 2 地点、被災地に近い山岳地 1 地点の測定に基づいて報告する。図-1 に被災地域¹⁾と微動測定地点を示す。常時微動測定器には、測定周波数が 0.5~20Hz で平坦な特性を持つ 3 成分の感振器が内蔵された振動計を用いており、水平 2 成分は南北、東西方向に合わせた。被災地点と近傍の山岳地では地盤における単点測定を、被災した建物においては建物と周辺地盤における 2 点同時測定を行った。1 回の測定では 0.01 秒間隔で約 200 秒間行った。200 秒間の測定中は通行車両に関して詳細なメモを取った。それによる大振幅部分のデータを除去するため、通行車両の影響の小さい時間帯の時刻歴データを 2048 個×1/100 秒=20.48 秒単位で切り出し、それを 1 セグメントとした。切り出したセグメントをつなぎ合わせたものをフーリエ解析対象時刻歴データとし、セグメントごとにフーリエ解析を行い、それを平均化してスペクトル比を求め、バンド幅 0.5 Hz の Parzen ウィンドウを施した。水平/上下スペクトル比（H/V スペクトル比）の卓越部分より地盤の卓越振動数とした。また、水平動のスペクトル比（H/H スペクトル比）は各地点の増幅特性に対応するものとして評価した。

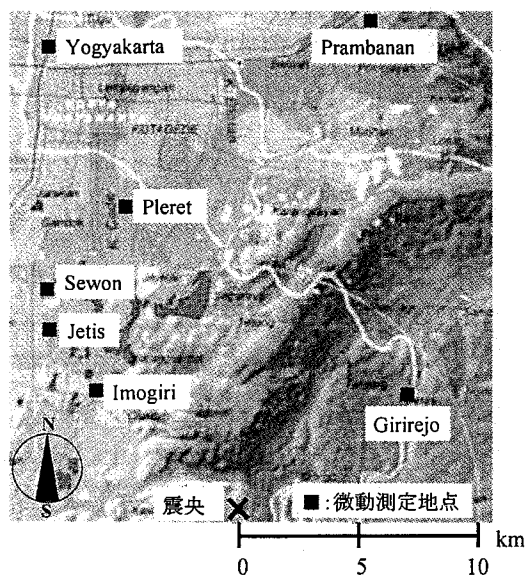


図-1 被災地域¹⁾と常時微動測定地点

図-2 に例として常時微動による(a)Plelet, (b)Imogiri, (c)Yogyakarta における速度時刻歴（南北方向）を示

4. 常時微動測定結果および考察

図-2 に例として常時微動による(a)Plelet, (b)Imogiri, (c)Yogyakarta における速度時刻歴（南北方向）を示

す。Yogyakarta では(a), (b)に比べ相対的に長周期の成分が含まれている。フーリエスペクトルによれば (a), (b), (c)ではそれぞれ 8.5, 9.7, 2.4Hz の成分が卓越していた。図-3 に(a)Pleret, (b)Imogiri, (c)Yogyakarta における南北方向, 東西方向の地盤 H/V スペクトル比を示す。卓越振動数は Parzen ウィンドウを施す前と後の両方を考慮して読み取った。地盤の卓越周期は概ね 2.7 から 4.0Hz であった。Yogyakarta で測定された 2.4Hz の成分が, 他の 2 地点と若干ではあるが卓越振動数の差となって現れている。表-1 に測定地点と卓越周期一覧を示す。南北, 東西方向の卓越振動数を読み取り, 2 つの平均値をその地点の卓越振動数とした。

Girirejo 付近の山岳における H/V 比は広振動数域で平坦であり, 岩盤での振動特性を反映している。

図-4 に Jetis, Girirejo における東西方向の H/H スペクトル比 (建物/地盤) を示す。被災した建物はいずれも平屋で, Jetis では建物の卓越振動数は 7.9Hz, Girirejo では 4.2Hz となった。この要因はコンクリートのフレームと組積み壁の結合が離れたため, 長周期化したからである。Prambanan では世界遺産の石積み建造物は大きな被害を受けたが, 周辺の建物では被害は見られなかった。この

地点での卓越振動数は 1.4Hz であり, このような特徴的な被害状況を現したものと考えられる。住宅被害の大きいところでは総じて卓越振動数が 3.0 から 4.0Hz であった。図-5 に各地域一集落の被災率²⁾と卓越振動数の関係を示す。ここで被災率の定義として全住宅件数に対する全倒壊件数とした。先程も述べた卓越振動数 3.0 から 4.0Hz における被災率は 60 から 95%と非常に高い数値となっている。一方, 卓越振動数 3.0Hz より短い場所や 4.0Hz より長い場所は被災率が 30%より小さくなっていた。

5. 結論

震央から半径 20km 内の被災地 7 地点と建物 2 地点, 被災地に近い山岳地 1 地点の現地踏査と常時微動測定により, 地震被害と地盤特性の関係を明らかにした。得られた知見は以下の通りである。

- (1) 常時微動測定と現地踏査の結果から, 住宅被害が大きいところにおける地盤の卓越振動数は 3.0 から 4.0Hz となった。また, 上記の卓越振動数における被災率は高い。
- (2) 建物の卓越振動数が 5.6 と 8.4Hz と地盤の卓越振動数と大きな差があるにも関わらず重大な被害が出た要因として, 建物の材質や施工法が原因である可能性がある。

参考文献

- 1) UNOSAT ホームページ : http://unosat.web.cern.ch/unosat/asp/prod_free.asp?id=20
- 2) 愛媛大学防災情報研究センター, ジャワ島中部地震緊急調査団: ジャワ島中部地震緊急調査報告

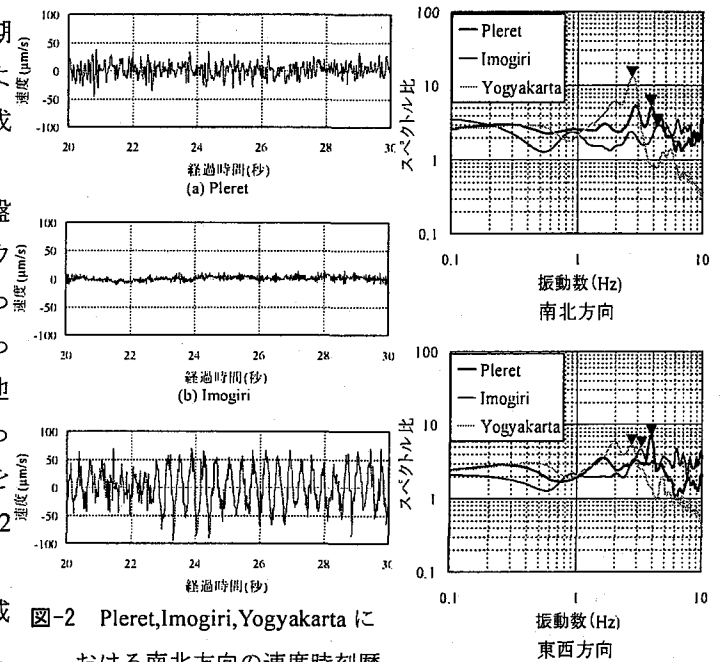


図-2 Pleret, Imogiri, Yogyakarta における南北方向の速度時刻歴

図-3 Pleret, Imogiri, Yogyakarta における地盤 H/V スペクトル比

表-1 測定地点と卓越振動数一覧

測定箇所	測定地域	卓越振動数 (Hz)		
		南北方向	東西方向	平均
地盤	平地			
	Jetis	3.0	3.1	3.1
	Imogiri	4.4	3.3	3.9
	Pleret	4.0	4.0	4.0
	Yogyakarta	2.8	2.8	2.8
	Sewon	2.7	2.7	2.7
	Girirejo	4.0	4.3	4.2
山岳	Prambanan	1.4	1.4	1.4
	Girirejo	平坦	平坦	平坦
	Jetis	7.0	4.2	5.6
建物	Girirejo	8.5	7.9	8.4

図-4 Jetis, Girirejo における東西方向 H/H スペクトル比 (建物/地盤)

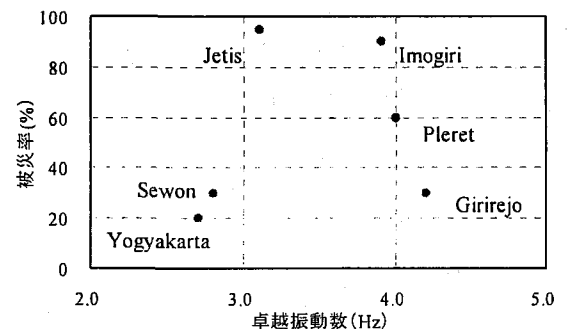


図-5 各地域の一集落の被災率²⁾と卓越振動数の関係