

四川大地震の地震被害調査と常時微動観測

岩楯徹広¹, 小田義也², 吉嶺充俊², 馬 其万³, 張 峰⁴, 車 愛蘭⁵

T.IWATATE¹, Y. ODA², M. YOSHIMINE², Q.W.MA³, F.Zhang⁴ and A.L.CHA⁵

¹ (財)地震予知総合研究振興会 地震防災調査研究部, 首都大学東京名誉教授

² 首都大学東京 准教授

³ 首都大学東京 博士課程

⁴ 中国地質大学

⁵ 上海交通大学 副教授

2008年5月12日に中国四川省汶川(Wenchuan)付近を震源とするM8の地震が発生した。この地震の被害は、四川省、甘肅省、陝西省、重慶市に及び、死者は8万人以上、被災地域の総面積は44万km²、被災人口も4500万人以上に達する極めて深刻なものであった。首都大学東京では、中国上海交通大学との国際共同研究の一環として、震源地付近①映秀鎮、②青城后山斜面崩壊地点、③都江堰市郊外の地盤、④青川竹園山珍市場の地盤、⑤青川県青竹河、紅光河の地すべり地帯、⑥彭州市小魚洞鎮の断層直上の地盤および⑦西南交通大学宿舍前地盤の合計46点で実施した。本報告は、地震被害の概要を述べると共に常時微動観測結果によって得られた地盤の応答特性と被害との関連について検討したものである。

キーワード：汶川大地震、地震被害調査、常時微動観測、地盤震動

1. はじめに

2008年5月12日に中国四川省汶川(Wenchuan)付近を震源とするM8の地震が発生した。この地震の被害は、四川省、甘肅省、陝西省、重慶市に及び、死者は8万人以上、被災地域の総面積は44万km²、被災人口も4500万人以上に達する極めて深刻なものであった。首都大学東京では、中国上海交通大学との国際共同研究の一環として、震源地付近の地震被害調査と常時微動観測を共同で実施した(図2)。本報告では、地震被害と常時微動観測結果の概要について述べる。

2. 地震被害の概要

2008年7月22日、中国民政部の報告によると、現地時間21日正午現在まで、四川大地震の死者は6万9197人、負傷者は37万4176人に上り、1万8222人がなおも行方不明となっている。14日時点での発表によれば、家屋の倒壊は21万6千棟、損壊家屋は415万棟である。中でも学校校舎の倒壊が四川省だけで6898棟に上り、校舎倒壊による教師と生徒の被害が犠牲者全体の1割以上を数え、学校建築における耐震基準の甘さと手抜き工事の横行が指摘された。11月21日の四川省副知事による発表では生徒の死亡者数を1万9065人とし、これは9万人以上とされる死者、行方不明者全体の2割を越えている。地震により避難した人は約1514万7400人、被災者は累計で4616万0865人となった。震源地の汶川映秀鎮の死者、行方不明者は全人口1万人の約8割(7,700人)となった。また、都江堰を流れる岷江の上流にある紫坪壩ダムなど複数のダムに亀裂が生じ、大規模な地滑りや斜面崩壊、土砂崩れによって川が堰き止められて地震湖が生じるなどの被害があり、ダムの緊急放流や下流域からの

避難を含む対策が取られた。

3. 地震被害調査

地震被害調査は、2008年7月(6日～9日)、8月(4日～7日)、9月の合計3回実施した。主な調査地点は、(1)岷江沿いの地すべり・斜面崩壊の調査、紫坪壩鎮、ダム、高速道路橋梁、漩口鎮(百慈大橋、家屋)、映秀鎮、青城後山(斜面崩壊、道路被害、ホテル)、(2)青川県青竹河、紅光河流域(関庄鎮、紅江郷、石現郷)の大地すべり調査、(3)北川自治県および茶坪県の斜面崩壊・道路・家屋の被害(安県、安昌県)、(4)彭州-道濟鎮-小魚洞鎮-龍門山鎮-九峰山-謝家などの被災地域である(図1)。

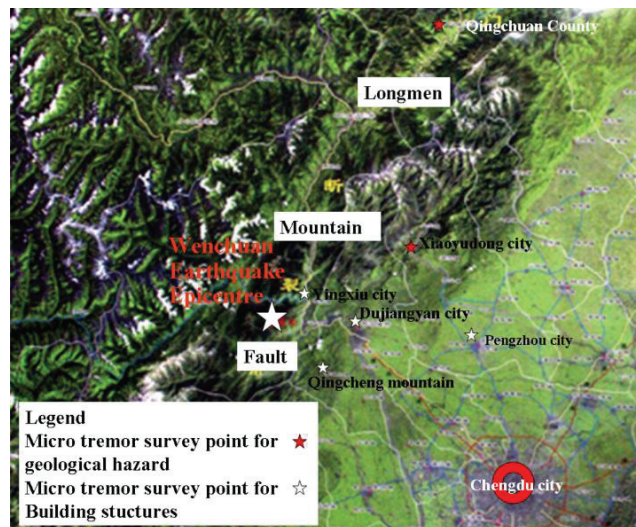


Figure1. Investigation sites



Figure 2. Earthquake Investigation members



Figure 3. Land slides and quake-lake along the Qinzu River and the Hongguang River



Figure 4. Land slides and quake-lake along the Qinzu River and the Hongguang River

4. 常時微動観測

(1) 観測装置

使用した地震計は、サーボ型速度計 SPC-35F : VSE-15D (東京測振製)で、測定振動数は、0.1Hz~70Hz である。



Figure 5-(a). The standing brick-concrete building near the rupture



Figure 5-(b). The brick-concrete building was sheared to damage at the first floor near the rupture

(2) 観測方法

常時微動観測は、以下の 7 地点(全 46 点)で行った。
 ①映秀鎮家屋被害地点道路沿い 2 点及び建物被害箇所 5 点(図 7)、②青城后山斜面崩壊地点 4 点、③都江堰市郊外の地盤 1 点、④青川竹園山珍市場の地盤 1 点、⑤青川縣青竹河、紅光河の地すべり地帯堰止地点:復旧用の工事用道路上に 2 測線(A-line, B-line)に沿って、10m 間隔で各 7 点の合計 14 点で実施(2 測線の傾きは約 30 度)(図 8)、⑥彭州市小魚洞鎮の断層直上(計測点数 20 点:断層を挟んで、長さ 90m の 2 測線(A-Line, B-Line)を設定し、10m 間隔で計測)(図 9)、⑦西南交通大学宿舍前地盤 1 点



Figure 6. Handy seismometer (SPC-35F: VSE-15D velocity seismometer)



Figure7. Measuring points at the damaged school of Yingxin Town



Figure9-2. Measuring points at the fault zone in the Xiaoyudong Town.

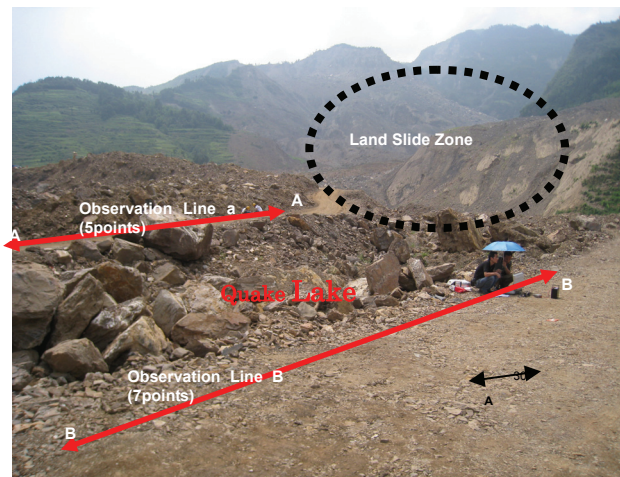


Figure8. Measuring points at quake-lake along the Qinzu River and the Hongguang River

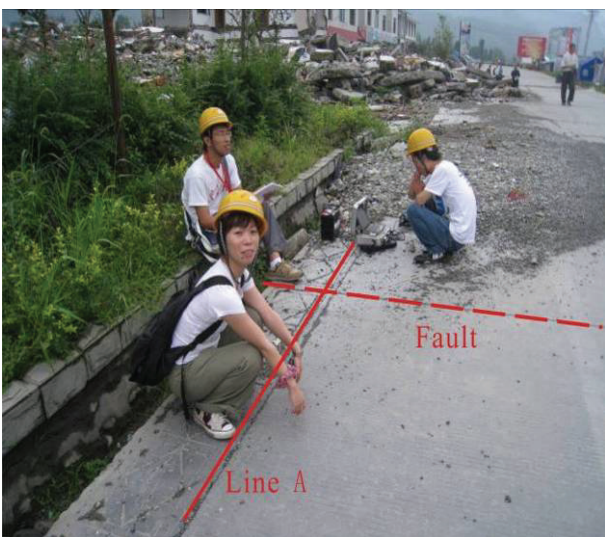


Figure9-1. Measuring Points at the fault zone in the Xiaoyudong Town.

(2) 観測・解析方法 (図 10)

1 地点 100Hz サンプリングで 5 分間行い観測された時刻歴波形 (NS, EW, UD) から定常性を保っている 2048 データ (20.48 秒間) を 5 パターン抽出して FFT 解析を行ない、各成分のフーリエスペクトルおよび H/V スペクトルから地盤、構造物の卓越振動数を算定・評価した。

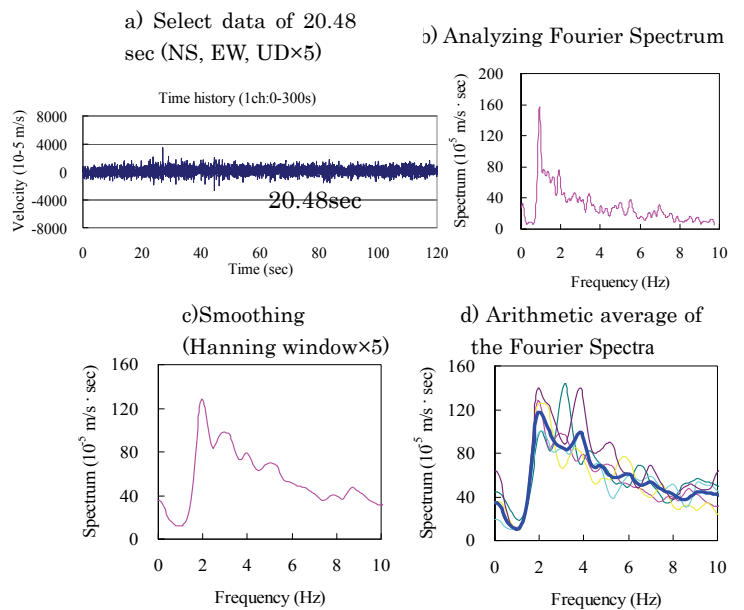


Figure10. Procedure of the Fast Fourier Transforms Analysis

5. 常時微動観測結果 (H/V スペクトル)

(1) 映秀鎮における地盤の NS/UD, EW/UD および H/V スペクトルから、地盤の卓越振動数が、6.45Hz および 8.64Hz であることを確認した (図 11)。

(2) 青川県青竹河、紅光河の地すべり地帯堰止地点の H/V 比から、地すべり地帯の卓越振動数は、測線の中心部では、ほぼ 3.2Hz~3.7Hz (図 12) で変化はないが、測線の端部では、大きな変化 (2.6Hz~4.7Hz) が見られた (図 13)。

この違いは、地すべり土の堆積厚さの違いと考えられる。
 なお、

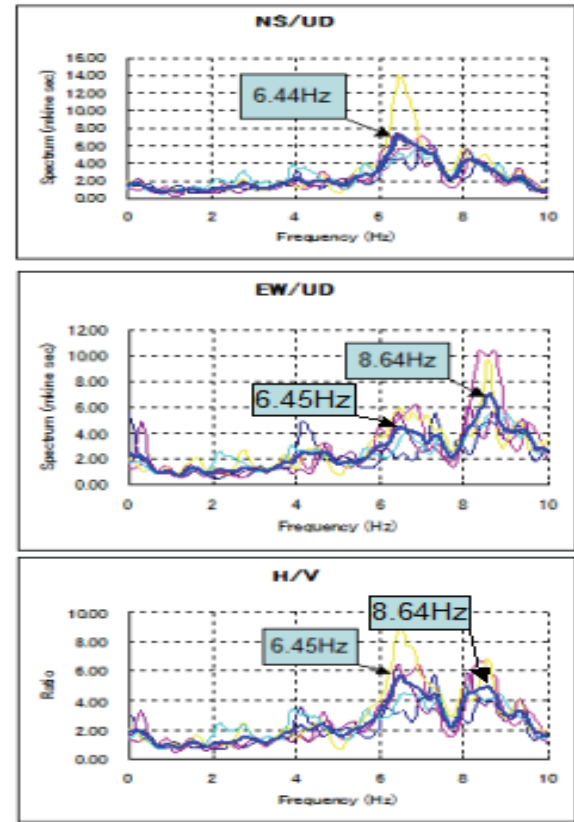


Figure11. Procedure of the Fast Fourier transforms analysis

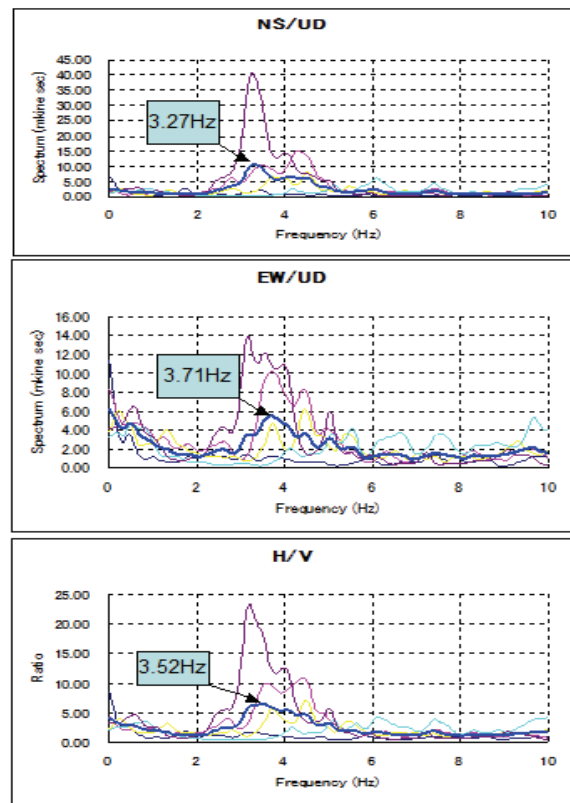


Figure12. Procedure of the Fast Fourier Transforms Analysis

地すべり地点の地盤物性は調査していないが、既往のデータを参考に、 $V_s=250\text{m/s}$ と、仮定すると、堆積土の層厚は、13m~24m となる。

(3) 彭州市小魚洞鎮の断層直上の地盤では、H/V スペクトルは、0.9Hz~3.9Hz とかなりばらついており明確なピークは、得られなかったが、断層線上では、大きな低下が見られた(図14)。これらの原因については、今後検討を進める予定である。

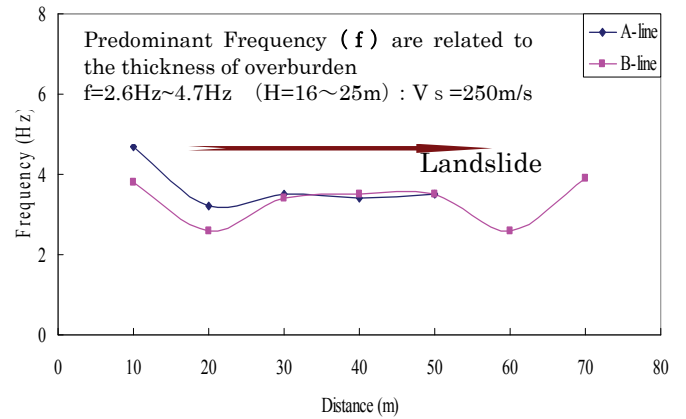


Figure13. Predominant frequencies along the observed directions

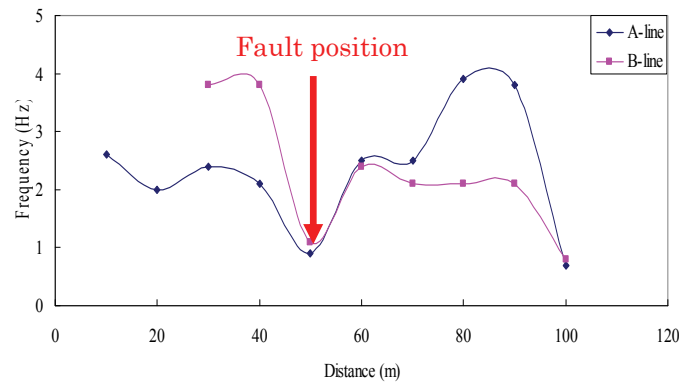


Figure14. Predominant frequencies along the observed directions

6. 今後の課題

今後、被災地において常時微動観測、地盤調査を実施し被害との関連について、さらに詳細な検討を進めたい。

参考文献

- 1) A.L.Che, J.H.Qi, X.P.Wu, T.Iwatate, M.Yoshimine, Y.Oda, Q.W.Ma, F.Zhang, Z.J.Wu, 'Application of micro tremor observation on investigation of geological hazard induced by the great Wenchuan Earthquake in Sichuan Province IS-Tokyo 2009, 2009, 6.
- 2) 岩楯敏広, 小田義也, 吉嶺充俊, 馬其万, 長峰, 車愛蘭 「四川大地震の地震被害調査と常時微動観測」, 土木学会平成21年度全国大会, 平成21年9月2日