

修士論文

強震動を受けた地盤における 地震波増幅特性の時間変化の検出

東北大学大学院理学研究科

地球物理学専攻

澤崎 郁

(指導教員 佐藤 春夫 教授)

平成 18 年

要旨

強震動を受けた地盤は、ひずみ量の大きさに応じて地震波の増幅率が減少しその卓越周波数が低下する非線形応答を示すことが知られている。従来、強震時の地盤の物性はひずみ量のみ依存し、強震がおさまれば強震前の値まで回復すると考えられてきた。しかし、強震がおさまった後の地盤の回復過程を定量的に研究した例は少ない。本研究は、強震動の前後に発生した多数の小地震記録を解析し、地盤特性の長期的時間変化の特徴を明らかにすることを目的とする。

2000 年鳥取県西部地震の際に、KiK-net の TTRH02 (日野) 観測点は 1109gal、SMNH01 (伯太) 観測点は 844gal の水平最大加速度を記録した。2003 年十勝沖地震の際に、IBUH03 (厚真) 観測点は 377gal の水平最大加速度を記録した。本研究では、これらの観測点で取得された本震前後の小地震記録をそれぞれ 100 個以上解析し、本震後 3 年以上にわたり、各観測点での地盤特性の時間変化を精査した。解析には、地表と観測井坑底に設置された加速度計で取得されたコーダ波記録の水平動成分を用い、地表記録と地中記録の振幅スペクトル比および相互相関関数を計算することにより、各観測点における地盤増幅特性および地表—地中間の平均 S 波速度を推定した。リソスフェア内で散乱を受け、地盤にランダムに入射する S 波から構成されるコーダ波を用いることで、地震の規模や震央距離に依存しない安定した振幅スペクトル比と相互相関関数を得ることが可能となった。

SMNH01 と IBUH03 観測点における振幅スペクトル比のピーク周波数は、本震の S 波到達から数分後に本震前と比較して 10 - 20%低下した。TTRH02 観測点では、7 - 8Hz の高周波数帯域に生じていたピーク周波数が本震の数分後に顕著な異方性を伴いながら 30 - 60%低下し、その異方性が時間の経過と共に消失するという、他の観測点とは異なる特徴を示した。いずれの観測点でも、ピーク周波数は本震からの経過時間の対数に比例しながら数ヶ月から数年をかけて回復し、3 年後には本震前の値まで戻った。振幅スペクトル比のピークの値は、本震の直達 S 波到達から 0-20s 後に TTRH02, SMNH01, IBUH03 の各観測点でそれぞれ 79 - 84%, 68 - 70%, 33 - 41%の低下を示したが、その後 10 日以内に本震前の値まで回復した。

一方、4Hz 以上の高周波が卓越するコーダ波の相互相関関数には、上昇 SH 波によるピークが現れた。そのピーク遅延時間から計算した平均 S 波速度は、3 観測点で本震の数分後に 10 - 20%の低下を示し、その後経過時間の対数に比例して回復する傾向が見られた。しかし全ての観測点において、本震後 3 年以上経過しても本震前の値までは戻らなかった。

水平成層構造を仮定した重複反射理論に基づき、観測された平均 S 波速度に合わせて速度構造を変えながら SH 波のコーダ波振幅スペクトル比を計算した。理論的な振幅スペクトル比のピーク周波数は、全ての観測点において本震時の平均 S 波速度の減少に伴い 10 - 20%低下し、SMNH01 と IBUH03 観測点で現れたピーク周波数と同程度の低下率を示すことが確かめられた。TTRH02 観測点では、3 - 8Hz 帯域で変化するピークが上下動成分の振幅スペクトル比にも現れることから、強震により地下数m以浅の地盤が著しく変化したことにより、地表の加速度計が設置されている台座または観測小屋のロッキング振動が生じている可能性がある。本研究で明らかになった地盤増幅特性の時間変化には、強震によるクラックの生成と消失過程、および地下水の移動が強く影響しているものと考えられる。

本研究では、コーダ波スペクトル比法とコーダ波相互相関解析法を地中と地表で記録された小地震記録に適用することにより、強震動を受けた地盤浅部での S 波速度は急激に低下し、その後時間の経過と共に徐々に回復していくことを見いだした。震源断層の近傍のみならず、強震動を受けた浅い地盤構造の時間変化も、観測される地震波走時の時間変化の重要な要因となることが示された。地盤特性の長期的時間変化は、地震工学的な見地からも地殻構造の時間変化を監視する上でも、無視できない影響を及ぼすものと考えられる。