

ボアホール地震波形記録を用いたS波コーダにおけるエネルギー等分配の検証 Testing equi-partition in S-wave coda using borehole seismograms

中原 恒^{1*}, ルドビック・マーゼリン²

Hisashi Nakahara^{1*}, Ludovic Margerin²

¹ 東北大学大学院理学研究科, ² ミディピレネー観測所, フランス

¹ Graduate School of Science, Tohoku Univ., ² Observatoire Midi-Pyrenees, France

はじめに

波動の全てのモードにエネルギーが等しく分配されるエネルギー等分配という状態があり、地震波干渉法が成立するための必要条件の一つと考えられている(例えば Sanchez-Sesma and Campillo, 2006)。この状態では、P波とS波のエネルギー比が一定値に近づくことが観測されており、これはモード間の多重変換散乱が卓越するためと解釈されている(例えば Shapiro et al., 2000)。同様に、上下、水平の異なる振動成分へのエネルギー分配(粒子軌跡)も平衡状態に達することが観測されている(例えば, Hennino et al. 2001)。本研究では、近地地震のボアホール地震記録のS波コーダを用いて、上下・水平成分へのエネルギー分配の周波数依存性を調べ、検層による地下の地震波速度構造に対してエネルギー等分配を仮定したモデル計算との比較により、S波コーダにおいてエネルギー等分配が成立しているかどうかの検討を行う。

データ解析と結果

本研究では、防災科学技術研究所 KiK-net の IWTH13, IWTH17, IWTH02 の3観測点を使用する。2001年から2006年に発生した震央距離200km以内のイベントで、最大加速度1gal以上、P波、S波とも良好な記録を解析対象とする。地表と地中(深さ約100m)の観測点で、加速度記録を速度記録に変換した後、東西、南北、上下の各成分のパワースペクトルを計算する。そして東西と南北の2成分の和(これを水平と呼ぶ)、上下を3成分のパワースペクトルの和で規格化したものをエネルギー分配率とする。ただし、パワースペクトルを計算する時間窓は5.12秒間とし、時間窓の開始時刻を震源経過時間の35秒から70秒の間で5秒ずつずらして8つ設定し、その範囲でS/N > 1を満たす記録に対してエネルギー分配率を計算する。なお着目する周波数帯は2-16Hzとする。この条件を満たすイベント数は、IWTH13, IWTH17で60個、IWTH02で55個である。解析の結果、硬岩上のIWTH13, IWTH17の2点では、2-5Hz程度においては、上下動で約0.2、水平動は約0.8である。周波数が約5Hzより高くなると、上下動の寄与が小さくなり、水平動の寄与が大きくなる傾向が見られる。低速度層のあるIWTH02では、2-5Hzでも上下動の寄与がかなり小さいが、10Hz付近では上下動の寄与が急激に大きくなる。一方、深さ約100mにある地中では、2-5Hz程度においては上下動で約0.33、水平動で約0.66の等分配と概ね一致する。周波数がそれより高くなると、上下動の寄与が小さく水平動の寄与が大きくなる傾向が、3観測点すべてで見られる。

エネルギー等分配のモデル計算との比較

公開されている速度検層による水平成層構造に対して、エネルギー等分配を仮定して、粒子軌跡の理論計算を行う。ただし、エネルギー等分配に関して3つの異なるモデルを試した。(1)P波、S波の実体波のみを考え等分配とする、(2)Rayleigh波、Love波の表面波の基本モード、各高次モードのみを考え等分配とする、(3)実体波、表面波のすべてのモードを考え等分配とする。理論計算を行い、観測結果と比較すると、地表観測点の粒子軌跡からは3つのモデル計算の有意な違いを見つけれなかったが、地下約100mにある地中観測点においては3つのモデル計算に有意な違いが表れた。約5Hz以下の周波数帯においては、モデル(3)が観測をもっともよく説明し、それ以上の高周波数帯ではモデル(1)が観測をもっともよく説明することが分かった。高周波数帯において表面波の寄与が減少する原因については特定できていないが、地表付近における強い減衰や、そもそも高周波における表面波の励起が小さいことなどの要因が考えられる。

まとめ

近地地震のS波コーダにおける粒子軌跡のモデル計算により、S波コーダにおいてエネルギー等分配が成立していると考えてもよいことを示した。また、波動場の構成成分を知るうえで、ボアホール観測点が極めて重要であることも明らかになった。エネルギー等分配を仮定できると、コーダの粒子軌跡のモデリングが容易になり、浅部地盤構造を推定する逆問題に使用できる(例えば, Margerin et al., 2009)。この手法は常時微動の粒子軌跡を用いる方法(常時微動のH/V法)と相補的に使うことができると考えられる。

謝辞 本研究では、防災科学技術研究所のKik-netの強震記録と気象庁・文部科学省の一元化震源カタログを使用させ

ていただきました .

キーワード: エネルギー等分配, コーダ, ボアホール記録
Keywords: equi-partition, coda, borehole seismograms