

ACROSS による地震波走時異方性変動の検出

Temporal variation in shear wave anisotropy detected with ACROSS

生田 領野[1]; 山岡 耕春[2]

Ryoya Ikuta[1]; Koshun Yamaoka[2]

[1] 名大・環境; [2] 名大・環境・地震火山センター

[1] Environment, Nagoya Univ.; [2] RC. Seis. & Volc., Nagoya University

<http://epp.eps.nagoya-u.ac.jp/across/index.html>

1995年兵庫県南部地震の際に顕在化した淡路島野島断層近傍(野島サイト)に建造された ACROSS 震源装置を用い、2000年1月から2001年4月まで、15ヶ月連続で近傍の地震波速度の監視を行った。この期間中に鳥取県西部地震、芸予地震が発生し、その際 S 波走時に異方性の遅れが見られた。この現象は地震動による間隙水圧の増加により、断層平行方向に配向したクラックが開かされたためと解釈できた。

野島サイトには野島断層の分岐断層面から 300m 離れた地点に、遠心力で最大 20tForce の力を発生する 2 台の震源装置が地表花崗岩の母岩に固定するかたちで設置されている。これらの震源装置は偏心した錘をサーボモーターで回転し、遠心力により弾性波を発生する。弾性波は震源装置のほぼ直下、800m と 1700m の深さのポアホール底に設置した速度センサーにより受けられた。この震源-センサー間の弾性波走時の変動を計測した。実験を通して、震源装置と受信装置の同期の程度が計測に与える影響を評価し、実際の観測における弾性波走時の推定精度を見積もった。また計測した 15 ヶ月の弾性波走時の変動は、P, S 波ともに 2ms 程度であった。この走時変動には地表の温度、降雨との相関が見出された。この変動は温度、降雨により主に震源近傍地盤の弾性定数が変化することで、震源と地盤の動的相互作用の仕方が変化するために起こっていると考えられる。震源と二つのセンサーはほぼ上下で直線上に並んでいるので、地表-800m センサー間の走時変動から地表-1700m センサー間の走時変動を引いたものをセンサー間の走時変動として求めると、15 ヶ月での変動は 0.5ms 程度と小さくなった。このことから地表の影響が大きいことが判る。そこで、震源の影響を補正して 800m より浅い部分での走時変動を推定するため速度計を震源近傍に配置し、これらの記録から媒質の応答関数を補正する手法を示した。これにより、数十日の短期間の震源近傍の影響を取り除き、媒質の応答の変動のみを抽出することに成功した。ただし長期間での補正には至っていない。

実験期間中に野島サイトから 165km, 215km の震央距離で鳥取県西部地震(2000年10月, Mw6.6), 芸予地震(2001年3月, Mw.6.4)の二つの地震が起こった。これらの地震の際に、計測していた S 波走時に突然遅れが生じた。どちらの地震時にも S 波の走時は地表と 800m ポアホール底のセンサーの間で突然遅れ、数日の時定数で徐々に回復した。突然の走時遅れの割合は、鳥取県西部地震、芸予地震でそれぞれ絶対走時の 0.4%と 0.1%程度であった。P 波に現れず S 波のみに現れた走時の遅れ(V_p/V_s の増大)は、体積弾性率は変化せずに剛性率のみが低下したためであり、液体で飽和したクラックが増加したと考えることができる。この際、クラックが開いたためにその中に水が流入したのであれば、クラック内部が負圧になることで V_p/V_s が小さくなる段階があるはずである。よってこの現象は、高圧の水の流入により内部からクラックが開かされたと理解できる。S 波走時の遅れはどちらの地震でも顕著な振動方向依存性を示し、野島断層に垂直な方位で最も遅れている。このことは、地震に伴い断層平行方向に面を持つクラックが増加したことを示している。さらに ACROSS を用いて定常的な異方性構造を調べる実験を行ったところ、クラックの選択配向はもともと存在しており、地震に伴って起こったクラックの増加は元々あった異方性を増加させる方向に起こっていたことが明らかになった。この実験によると断層平行方向に卓越したクラックは S 波速度に 10%の異方性を生じさせている。これは一般の花崗岩としては非常に大きな値であるといえる。断層面から 300m 離れた地点で、断層運動によるせん断クラックが卓越していること、それが距離の離れた地震による間隙水圧の上昇によって開かされたことが明らかになった。

一連の実験を通し、ACROSS 震源装置が長期、連続での運転の点で十分な性能を備えていることを示すことができた。さらに震源装置制御の完全遠隔化、自動化を進めることで ACROSS システムは常時監視ツールとしてほとんど人手を煩わせずに行うことができるであろう。また地殻中のクラックの異方性配向とその変化を捉えられることを示した点でも ACROSS システムによる計測が地殻構造の解明、時間変化監視の点で新しい有効なアプローチとなることを示した。またその結果は断層破砕帯における弾性物性に新たな解釈を与えるものである。