

ACROSSによる淡路島野島断層近傍における11年間の地震波速度モニタリング 11 years long term monitoring of Seismic velocity near Nojima fault using ACROSS

生田 領野^{1*}, 山岡 耕春², 渡辺 俊樹², 國友 孝洋¹, 西上 欽也³

IKUTA, Ryoya^{1*}, YAMAOKA, Koshun², WATANABE, Toshiki², KUNITOMO, Takahiro¹, NISHIGAMI, Kin'ya³

¹ 静岡大学理学部, ² 名古屋大学大学院環境学研究科, ³ 京都大学防災研究所

¹Faculty of Sciences, Shizuoka University, ²Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ³Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

淡路島野島断層近傍に設置された人工震源システム (ACROSS=精密制御定常信号システム) を用い, 地表と地下 800m のボアホール間で 11 年間にわたる地震波速度の変動をモニタリングした結果, 実体波速度に約 4 %の速まりが見られたので報告する.

ACROSS 震源装置は偏心錘型のパイプレータ震源装置であり, 地中で錘を精密に制御して回転させ, 遠心力で発生させた地震波を定期的に送信することができる. 我々はこの ACROSS 震源装置を 1995 年兵庫県南部地震で動いた野島断層の南端付近に建設し, 地震で大変位をひきおこした断層周辺の岩石の弾性的性質の地震後の変化を地震波速度を通して明らかにすることを試みている. 震源装置は同じ建屋内に設置された 2 台が同時に運転されており, それぞれ最大回転速度 25Hz と 35Hz で 2×10^5 N の力を発生するように設計されている. これらの震源装置をそれぞれ約 9 から 16Hz, 16 から 22Hz の範囲で周波数変調させて運転した. 運転は 2000 年から 2012 年まで断続的に行われ, 震源から放射された地震波は直下のボアホール型地震計で観測されている.

本研究では以下の 3 点について検討した. 直達の P および S 波の走時と振幅変化, 後続波部分にあらわれる速度変化, S 波の偏向異方性の変化である.

P, S 波については, それぞれの到達時刻付近を 0.3 秒幅のウィンドウで抜き出し, 相互相関法で到達時刻の変化を算出したところ, 11 年間で 4 %程度の到達時刻の速まりを検出した. 振幅は 20%程度ばらついてはいるが, 単調な増加減少のトレンドは見いだせない.

後続波部分は S 波のコーダ部分 1 秒間の波形を 0.2 秒幅のウィンドウを 0.1 秒ずつずらしながら抜き出した. コーダ波が散乱されてくる震源-観測点を含んだ周辺の特定のボリューム内で一様な速度変化を仮定し, 各ウィンドウの波形の走時変化を走時の絶対値で割って速度変化を推定した. 11 年間で 1 %程度の地震波速度の速まりに相当する変動が見られた.

S 波の偏向異方性については過去の研究 (Ikua et al., 2004) で, 断層平行成分が速く直交成分が遅い約 10%の非常に大きな異方性が見られているが, その変化については 2%の分解能の範囲内では 11 年間で有意な変化は見られなかった.

コーダ波部分の速度変化が P,S 波の速度変化より小さかったことは, 直達の P,S 波の変化がコーダ波のカバーする領域 (~1km 程度) に比べて局所的であることを示唆している.

また 11 年間の速度変化を, 大きな異方性を作り出している断層近傍の破碎構造の変化であるとする, クラック密度の減少 ($N=0.004-0.01$ 程度) が示唆される. 本実験サイトで 1996 年から繰り返し行われている 1700m ボアホールを通しての断層破碎帯への注水試験の解析では, 透水係数が 2000 年から 2007 年にかけて, 50%程度低下したことが報告されており (Kitagawa et al., 2007 など), クラック密度の減少と定性的には整合的である.

10%もの異方性を作り出す破碎構造がありながら, 速度変化は 4%であることから, 地震後 5 年から 16 年の 11 年間の断層の回復は, クラック密度という観点で言えばごく小さいと言える. 透水係数の大きな減少は, クラック間のコネクションの切断や目詰まりのような過程によりクラック密度の減少が拡大されて見えていると言えるかもしれない.

キーワード: アクロス, 野島断層, 断層解剖計画, 地震波速度, モニタリング

Keywords: ACROSS, Nojima Fault, Fault-zone Probe, Seismic velocity, Monitoring