

姉川地震による被害域の基盤岩構造の推定

Estimation of bedrock structure in the area damaged by the 1909 Anegawa Earthquake

盛川 仁 [1], 駒澤 正夫 [2], 澤田 純男 [3], 土岐 憲三 [1], 谷本 雅敬 [1]

Hitoshi Morikawa [1], Masao Komazawa [2], Sumio Sawada [3], Kenzo Toki [1], Masataka Tanimoto [4]

[1] 京大・工・土木, [2] 地調, [3] 京大・防災研

[1] Graduate School of Civil Eng., Kyoto Univ., [2] Geological Survey of Japan, [3] DPRI, Kyoto Univ., [4] Graduate School of Civil Eng., Kyoto Univ.

1909年姉川地震では、ごく近くに位置する集落であってもその被害の発生状況は著しく異っていたことが知られている。本研究では、そのような被害発生メカニズムを解明するために、被害地域での基盤岩構造の詳細な調査を行った。調査には、微動の水平動/上下動スペクトル比(H/V)、アレー観測、地盤/基盤岩スペクトル比、さらに、重力異常を用いた。微動からは、S波速度構造を、重力異常からは表層の密度構造を推定し、これらを比較検討することで、当該地域の3次元基盤岩構造を推定する。

1909年姉川地震によって震源断層周辺の琵琶湖東岸の集落では大きな被害が発生している。特に、現在の浅井町、虎姫町、湖北町では半壊以上の家屋が90%に達するような地域が存在し、しかも、数百mしか離れていない二つの集落において全く被害の発生状況が異なるという報告が多数残されている。このような局所的な被害の発生は、1995年兵庫県南部地震、1996年麗江地震(中国)など多くの地震の際に報告されており、これらの被害はいずれも表層地質はもとより基盤岩の3次元構造にも強く依存しているといわれている。兵庫県南部地震では被害地域が広範囲にわたっており、これらの要因を切り分けることが困難である。一方、姉川地震の場合は、(1)被害の範囲は比較的狭い範囲に限定されていること、(2)地震当時から集落や建造物の構成がほとんど変わっていないこと、(3)地震当時の詳細な写真をはじめとする地震や被害に関する資料が多数残されていること、など現代の視点から詳細な検討をするために適切な条件が揃っており、姉川地震を解明することは今後の地震学、地震工学の発展に多くの貢献ができるものと考えている。

そこで本研究では、姉川地震解明のための第一歩として、姉川地震による被害域、東西約8km、南北約5kmの範囲の地盤構造の詳細な調査を実施した。これまで、筆者らが行ってきた基盤岩構造の調査手法を活用し、できる限り詳細な基盤岩の3次元モデルを得ようとするものである。調査では、常時微動の固定/移動観測と重力異常の移動観測を行い、これらの記録から以下の解析を実施した。

(1) 微動の移動観測から、1地点での水平動/上下動スペクトル比(以下ではH/Vと呼ぶ)のピーク周期によって、基盤岩深度の相対的な変化を推定する。

(2) 微動の固定(地盤上)/移動観測から、2sSPAC法によるアレー解析を実施し、アレーを構成した地点での位相速度を求め、基盤岩までのS波速度構造を推定する。

(3) 微動の固定(基盤上)/移動観測から、微動の振幅の増幅率を検討する。

(4) 重力観測からブーゲー異常を求め、それを用いて表層の密度構造を推定する。

これらの観測から得られる推定値は互いに他を補完しあうことができるため精度の高い基盤岩構造のモデルを得ることができる。すなわち、H/Vからは基盤岩深度の相対的な変化しか捉えられないが、アレー観測を実施することにより、地盤のS波速度構造を決定することができる。また、微動の観測では、長周期成分まで精度良く記録するために1地点で比較的長時間の観測を実施する必要があるが、密な観測を実施するのは現実的には難しい。そのうえ、震動を直接測るので自動車等の震動ノイズの影響を避けられない。しかし、重力測定では、周辺の震動ノイズの影響を受けにくいだけでなく、近年GPSの精度が高まったことにより位置決めのための時間がほとんど不要となり、ごく短時間で計測値を得られるようになったため、広域を密に観測するには非常に有効である。ただし、重力異常は密度の変化に依存するものであるから、測定地域内に密度の異なる岩帯が局所的に存在した場合には基盤岩深度を誤って推定してしまう可能性もある。

以上のような観測及び解析より当該地域の基盤岩構造について、以下のような知見を得ることができた。

(1) 柳ヶ瀬断層の南への延長上に基盤岩深度が「馬の背」状に浅くなっている部分がある。

(2) この「馬の背」構造を挟んで北東側と南東側に、すりばち状の構造が見られる。これらの基盤岩深度の変化は地表面からは予想しにくいものであった。

(3) 2sSPAC法によるアレー観測によって求められた地盤の位相速度から、堆積層厚は最深部でおよそ200mであった。

(4) 重力異常から求められる基盤岩までの深度は150m程度しかなく、アレー観測から求められた深度とはやや異

なる結果となった。これは、重力異常の解析の場合には基盤岩と表層の密度差の選び方に、アレー解析の場合には地盤のS波速度の選び方に自由度があり、このような違いが生じたものと考えられる。密度構造と速度構造との関連については今後、詳細な考察が必要である。

(5)微動の増幅率から、一次元重複反射理論から予想される応答とは全く異なる周期帯で大きな倍率を有する特異な地点が存在した。これは、3方が山に囲まれた谷状の地形で、その周辺で励起した表面波が減衰せずに谷の中を何度も伝播し続けて、大きな増幅率を示したものと考えられる。

(6)基盤岩深度の絶対的な値については、まだ検討の余地があるものの、相対的な変化については微動、重力異常から得られた結果はよい一致を示しており、信頼に足る構造が推定できているものと考えられる。

今後は、基盤岩深度の絶対的な値の検討とともに、得られた基盤岩の3次元構造をもとにして、周辺地域の地盤震動特性について検討を進めていく予定である。