

吉岡・鹿野断層近傍における地盤震動特性の変化とその要因の検討

株式会社 荒谷建設コンサルタント 正会員 ○小林 和生 鳥取大学 非会員 蘆田 龍
鳥取大学 学生会員 西村 武 鳥取大学 正会員 野口 竜也
鳥取大学 正会員 香川 敬生

1. はじめに

1943年9月10日に鳥取県東部を震源とした鳥取地震が発生した。その結果、死者1083人、全壊建物7485戸、半壊建物6158戸と甚大な被害を与えた¹⁾。また、この地震によって吉岡・鹿野断層が地表地震断層として出現した。震源から離れた場所よりも断層近傍の方が建物へ大きな影響を与えるのではないかとと思われるが、鳥取地震では地表地震断層直上に位置する建物において断層変位での基礎のズレによる被害はあったものの、地震動により建物が倒壊しなかった事例がある¹⁾。また、地表変位が確認できた位置から北に約1kmの鹿野町市街地の一部では、当時の写真記録より地震動による建物の倒壊などの甚大な被害が確認された²⁾。このように、地震断層周辺域では断層による地下構造の変化や地震動特性の違いで被害の出方が大きく異なったものになると考えられる。このような断層が確認される地域において地下構造や地盤震動特性を調査することは、地震動の増幅や地震断層が生じる要因の解明等に繋がり、地震防災上重要である。本研究では、断層が確認された場所において稠密に微動探査を行い、他の物理探査の結果³⁾も含めて解析することによって、この地域の断層近傍の地盤震動特性の把握と地盤構造の推定を行い、地盤震動特性の変化とその要因を明らかにすることを目的としている。

2. 微動観測の概要

地表に断層変化が出現した地域¹⁾で常時微動3成分単点観測を行った。鳥取市鹿野町末用法楽寺で20点、三山口で28点、双六原で28点、口細見8点の観測点を設置した。観測機器は、JU410(白山工業)を使用し、サンプリング周波数200Hz、NS成分、EW成分、UD成分の3成分の微動を観測した。観測時間は10分間とした。

さらに、三山口、双六原、口細見ではアレイ観測を行った。地震計の配置は中心に1台、円周上に他の3台を等間隔になるように設置した。三山口ではアレイ半径1m、アレイ辺長7.5m、15m、双六原ではアレイ半径1m、アレイ辺長3m、10m、口細見では半径1m、5mとした。観測時間は、アレイ半径1mでは10分間、アレイ辺長3m、7.5m、10m、15mでは15分間とした。観測機器はJU410(白山工業)を使用し、サンプリング周波数を200Hzとした。地震計はGPSクロックにより同期させている。

3. 解析

観測で得られた波形から車や人の振動等の非定常な波形部分を除く、定常な波形部分を1区間20.48秒として5区間以上選択し、各区間に対し高速フーリエ変換より、3成分のフーリエスペクトルを算出して、平均スペクトルを求めた。その際に、対数ウィンドウ⁴⁾を用いて、係数bを20として平滑化している。

水平成分のフーリエスペクトルは相乗平均で合成し、水平動と上下動のフーリエスペクトルの比(H/V)を求め、得られたH/Vのピークを読み取り、その周期を卓越周期とした。

アレイ観測の記録からは、上下成分の記録に対し10.24秒のセグメントで定常的な区間を自動的に選択し、CCA法⁵⁾とV法⁶⁾により位相速度分散曲線を求め、S波速度構造を求めた。なお、スペクトルの平滑化にはパーゼンウィンドウ0.3Hzを用いた。

4. 断層線近傍でのH/Vスペクトルの変動

4.1 鹿野町末用法楽寺地区

鹿野町末用地区の地表地震断層出現部を横断して常時微動探査を行った(図1)。その地点ごとのH/Vスペクトル

キーワード 1943年鳥取地震、吉岡・鹿野断層、H/Vスペクトル、断層破碎帯

連絡先 〒680-0874 鳥取県鳥取市叶148-3 (株)荒谷建設コンサルタント TEL 0857-51-7007

クトル図を図2に示す。SEM+08(断層線から北に50mの地点)の卓越周期は0.11秒(ピーク値=3.55)であり、SEM+04(断層線から北に20mの地点)では卓越周期は0.10秒(ピーク値=2.64)となっている。2つの地点を比較すると卓越周期が大きく変動していないがピーク値が断層線により近いSEM+04の方が小さいことが分かる。より断層線に近いSEM+02(断層線から北に10mの地点)の卓越周期は0.12~0.16秒(ピーク値=約2.1)であり、SEM+02よりも北に位置する地点(SEM+03~08)よりも長周期側に移り、ピーク値が断層線に近づくにつれ小さくなっていることが分かる。SEM-01(断層線から南に5mの地点)の卓越周期は0.16秒(ピーク値=2.43)、HRJ-08(断層線から南に50mの地点)の卓越周期は0.14秒(ピーク値=2.96)である。この2点を比較すると卓越周期は大きく変動していないが、ピーク値が断層線により近いSEM-01の方が小さいことが分かる。

過去に実施されたS波反射地震探査によって得られた地質解釈図³⁾(図3)によれば、SEM+08とSEM-08では各層境界までの地上からの深さが大きく異なっていることが確認できる。断層近傍で卓越周期がシフトしたり、ピークがつぶれたりする現象について考察するため、図3とアレイ観測によるS波速度構造を参考に図4のようなモデルのイメージを考える。SEM+08からSEM-08では各層のS波速度は同じであるが、断層運動によって生じたズレによってSEM-08の方が第一層の層厚が厚くなっている。第一層の層厚が厚くなるほど卓越周期が長周期となるため、SEM-08はSEM+08よりも卓越周期が長周期となる。これは、断層運動のズレによる上部層の厚さの差が卓越周期のシフトとして現れたと考える。図4のSEM-08、SEM00では上部2層の層厚が同じであるが、断層破碎帯によって最下層のS波速度が小さくなり、その結果破碎帯の上ではS波速度の速度コントラストが小さくなる。よって、SEM00のピーク値の方が小さくなると考えられる。また、SEM00はほかの地点と比べてもS波速度のコントラストが小さくなるため、ピーク値が小さくなっていると考えられる。

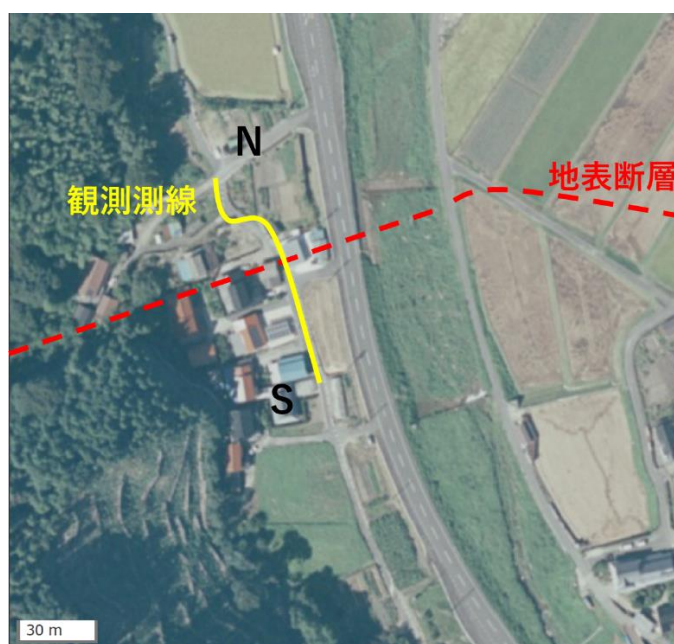


図1 鹿野町末用法楽寺地区 観測測線

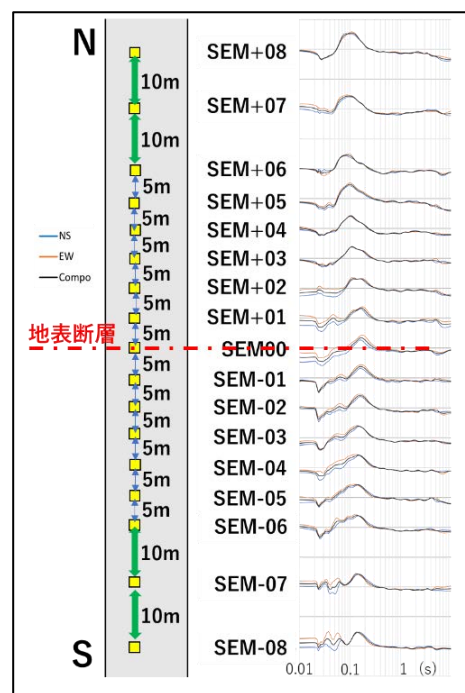


図2 鹿野町末用法楽寺地区のH/Vスペクトル

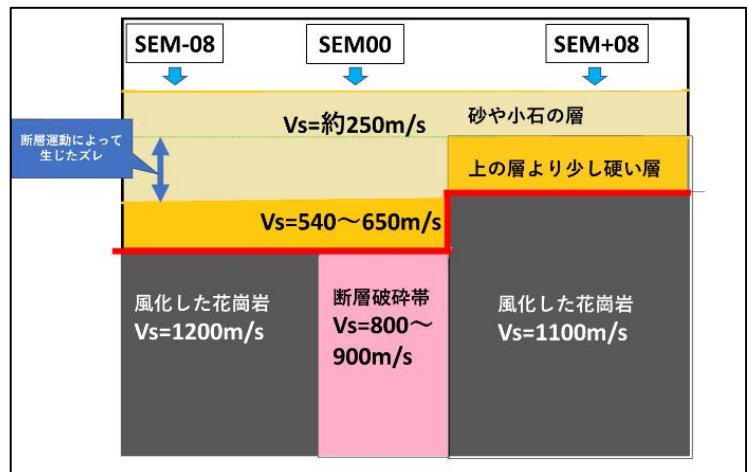
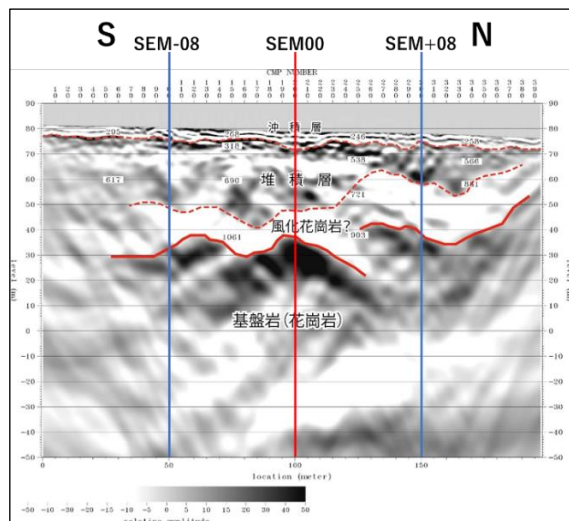


図3 S波反射地震探査による地質解釈図 ③ 図4 地震断層によって地下構造が変化したモデルのイメージ

4.2 鳥取市大塚地区

図5に鳥取市大塚での観測によって求められた卓越周期分布図を示す。橙色の点線が断層変位の推定線¹⁾を示す。図5を見ると、全体的な傾向としては東側から西側の山際に向かって卓越周期が長周期(0.4秒)から短周期(0.2秒)へシフトする様子がみえる。よって、山際である西側では基盤が浅く、東側に行くにつれて徐々に基盤が深くなっていることが考えられる。注目すべき点として、橙線の断層線周辺においては、特に西側の山際では東側の平地部よりも卓越周期が長周期側(0.45秒)になっている。これは、この区間だけ他の領域には存在しない地層が存在する、あるいは断層運動により断層破碎帯が生じるなどの影響で周囲に比べ地盤構造が変化していると考えられる。断層を跨いで稠密に常時微動観測を行った結果を図6に示す。断層線の南北で卓越周期に違いがあり、北側のほうが南側よりも長周期になる傾向がある。これはこの地域では吉岡断層が北落ちの特徴を持つ¹⁾と考えられるため、北側が南側よりも堆積層が厚くなっており、長周期になると考えられる。

この状況を考察するために、まず図7(a)に断層の影響がない地下構造のモデルを示す。ここでアルファベットのS波速度を示し、 $a < b < c$ である。これは1層目と2層目のS波速度のコントラストが大きいパターンで、この境界でピークが現れていることを示す。このモデルを基に、次に述べるような断層が存在する2つのパターンを考えた。

①西側の山際において別の地層が存在しているパターン(図7(b))

別の地層がない場所ではS波速度のコントラストが大きいaとbの層境界のみでピークが現れるのに対し、別の地層が存在場所ではコントラストの大きいbとdの層の境界でもピークが現れ($c > d$)、その結果ピークが2カ所で現れる状況。

②断層破碎帯のあるパターン(図7(c))

破碎帯の影響により、aとbの両方の層の速度が遅くなることで($h' < a$, $h < b$)、S波速度のコントラストが小さくなり短周期側のピークが潰れ、より深いコントラストの大きい層(h' , h とc)でピークが現れ、長周期側のピーク値が大きくなる状況。

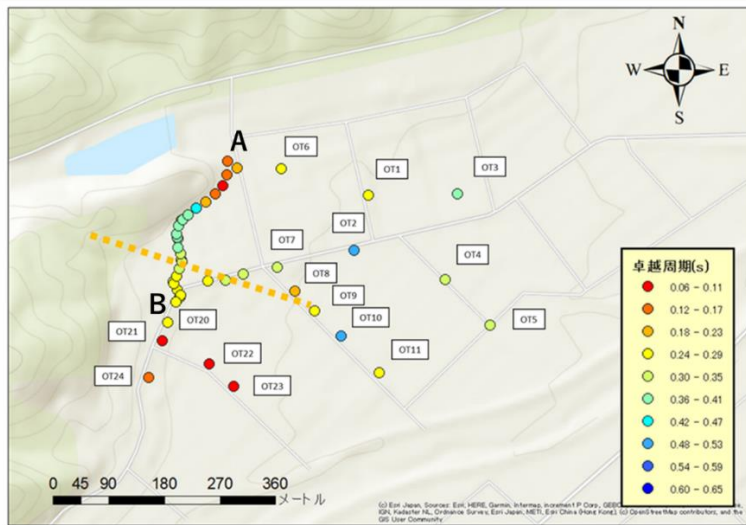


図5 大塚地区 卓越周期分布図

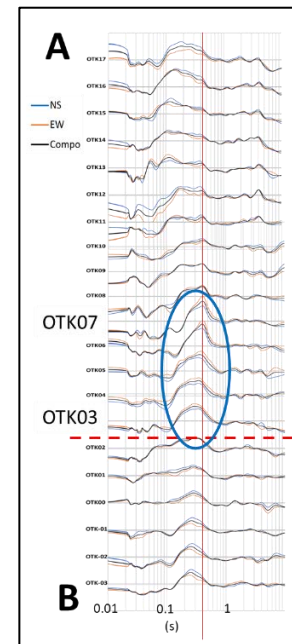


図6 断層近傍でのH/V スペクトル図(大塚)

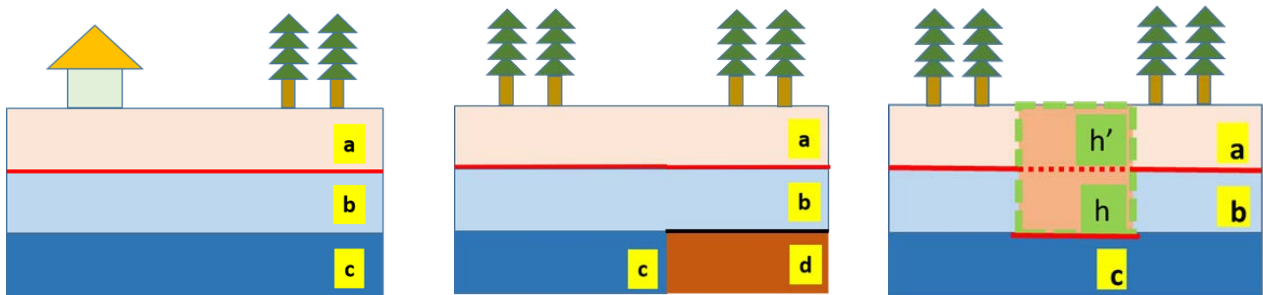
(a) 断層の影響のない通常の地下構造 (b) 別の地層の存在 ($c < d$) (c) 断層破碎帯の影響 ($h < b$, $h' < a$)

図7 大塚地区で考えられる地下構造のモデルのイメージ

6. まとめ

本研究では、断層が確認された場所において稠密に微動探査を行い、S波探査の結果も含めて解析することで、この地域の地盤震動特性の把握と地盤構造の推定を行った。

鹿野町末用では地表地震断層から北に10mの地点で卓越周期が0.1秒から0.16秒へピークがシフトしていくことが分かった。また、断層の北側では短周期、南側では長周期のピークが見られ、地表地震断層直上付近ではピーク値が小さくなることが確認できた。

大塚地区の卓越周期分布より断層線を境に北側で卓越周期が0.1秒ほど大きくなることや、H/Vスペクトルが断層線の北側で長周期側にシフトしていることが分かった。このことより、断層の北側において、他の地域にはない地層が存在するパターン、断層破碎帯に伴う地盤構造の影響で短周期側のピークが不明瞭になり、長周期側のピークが明瞭になるパターンの地下構造モデルが推測できた。

参考文献

- 1) 西田良平・他(1993): 鳥取大学教養部紀要, 2) 鳥取県(1944): 鳥取県震災小誌, 3) 株式会社阪神コンサルタンツ(2020): 報告書, 4) 紺野克昭, 大町達夫(1995): 土木学会論文集, 5) I.Cho, T.Tada, and Y.Shinozaki(2006): J.Geophys. Res. 111,B09315, 6) I.Cho, T.Tada, and Y.Shinozaki (2007): Bulletin of the Seismological Society of America 97(6):2080-2095