

鳥取市鹿野町における地盤震動特性と 1943 年鳥取地震時の建物被害に関する検討

鳥取大学 正会員 ○野口 竜也 鳥取大学 学生会員 上野 太士 鳥取大学 正会員 香川 敬生
 鳥取大学 学生会員 吉田 昌平 鳥取大学 非会員 向坊 恭介 鳥取大学 非会員 浅井 秀子

1. はじめに

1943 年鳥取地震 (M7.2) の地震が発生し、死者 1000 名以上、全壊家屋 1 万戸以上の甚大な被害が発生した。鳥取市鹿野町はこの地震により、当時全戸数に対し 7 割の家屋で被害が生じたとの報告されている¹⁾。また、この地域は鹿野断層の西端部であり、被害が集中した市街地は断層端部から北西に約 1km 離れた地域である。地盤構造としては軟弱層が存在し、深部の地震基盤面が窪地のように深くなっている²⁾。これらの地盤構造や地盤震動特性の特徴により、地震動が局所的に増大する可能性が示唆されている。

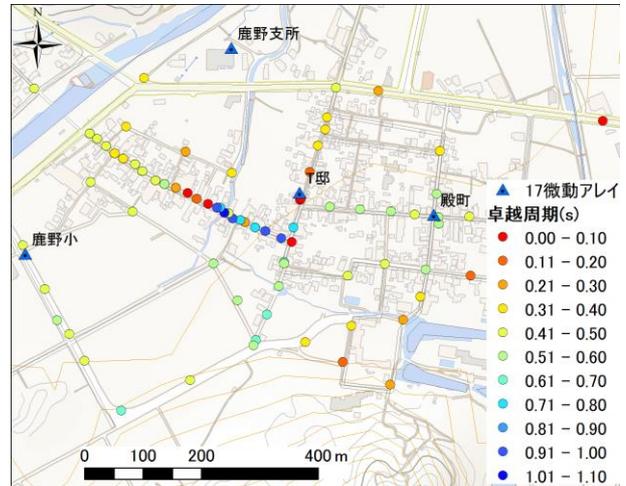


図 1 対象地域の H/V の卓越周期とアレイ観測点位置

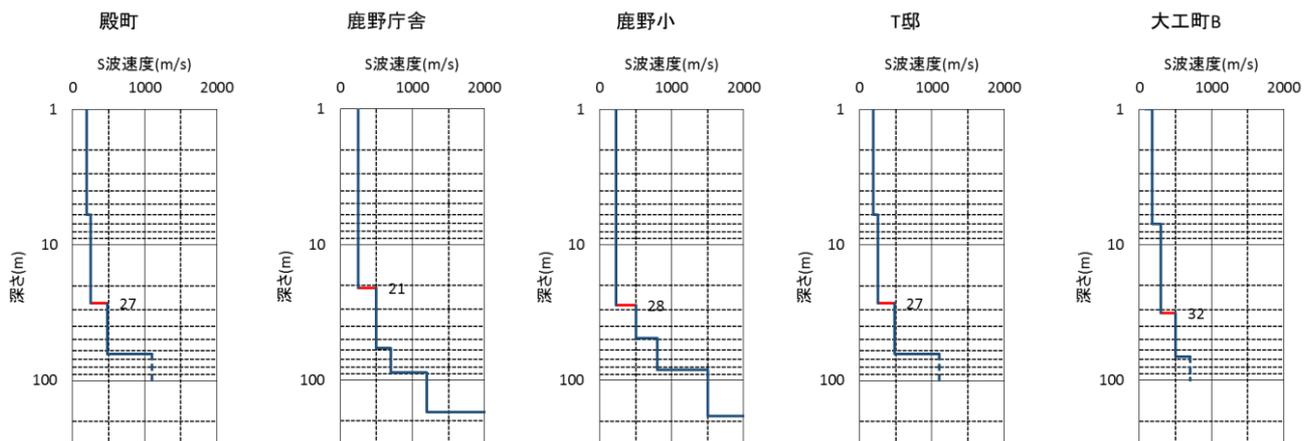


図 2 地盤構造モデル

本研究では、微動探査の実施により地盤構造モデルを構築し、それをを用いて地震動を評価した。また、評価した地震動を用いて木造の最大応答変形角を推定し、建物被害との関係を調べた。さらに、この地震で倒壊せずに現存する建物を対象に微動観測を実施し、建物の振動特性と地震動との関係を調べた。

2. 微動観測および解析

殿町、鹿野町総合支所、鹿野小学校、T邸の 4 地点において、微動アレイ観測を実施した (図 1)。3 成分一体型の微動計 (加速度計) 4 台を正三角形の頂点と重心に配置した。頂点と重心の間隔について、T邸では 0.6m のみ、T邸以外の 3 地点は 0.6~100m 範囲で 6 パターンとした。サンプリング周波数は 200Hz とし、各微動計は GPS クロックで同期させた。解析としては、3 成分記録より水平動と上下動のスペクトル比 (H/V)、上下成分の記録より CCA 法³⁾、V 法⁴⁾を用いて位相速度分散曲線を求め、これと H/V を用いてレイリー波基本モードの理論値によるフォワードモデリングにより地盤構造モデルを推定した。モデリングのパラメータは同地域の既往の研究結果²⁾を参考にした。また、大工町の 5 地点について、既往の研究の H/V および位相速度

キーワード 1943 年鳥取地震、微動探査、地震動特性、木造建物最大応答変形角

連絡先 〒680-8552 鳥取市湖山町南 4 丁目 101 鳥取大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL 0857-31-6097

分散曲線を用いて同様の手順により地盤構造モデルを推定した。図2に6地点の地盤モデルを示す。

現存する建物(T邸)についても微動観測を実施した。同様の微動計を用いて、地盤上と建物の1階、2階の床上の6箇所、水平方向をけた行きと張り間方向に合わせ同時観測を行った。サンプリング周波数は100Hz、各微動計はGPSクロックで同期させている。また、人力加振による振動測定も行っている。地盤と各床上の水平動記録からフーリエスペクトルを算出し、それらのスペクトル比より卓越振動数を求めた。その結果、T邸の卓越周波数は、けた行き方向;1次:2.88Hz, 2次:6.88Hz, 張り間方向;1次:3.32Hz, 2次:7.37Hz, ねじれ振動モードが3.88Hzであった。1階の全面壁は張り間方向の方が多く、それによりけた行き方向より高周波数であると考えられる。また、人力加振記録の分析より建物の減衰定数は3%であった。

3. 地震動特性と木造建物の最大応答変形角

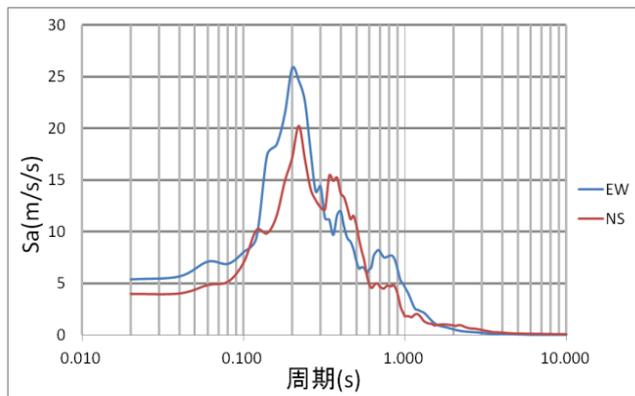


図3 T邸の加速度応答スペクトル (h=5%)

地盤構造モデルを用いてSHAKEに基づく等価線形解析法により地震動を求めた。入力波としては、鳥取地震の特性化震源モデル⁵⁾をもとに算出された鹿野町総合支所の位置における工学基盤波⁶⁾を用いた。また、非線形応答特性にはH-Dモデル⁷⁾を用いており、基準ひずみと最大減衰は鳥取県による動的変形特性⁶⁾を基に設定した。T邸における水平2成分(NS, EW)の減衰定数5%の加速度応答スペクトルを図3に示す。全般にEW成分の方が大きく、両成分とも0.2と0.4秒付近、EW成分には0.7秒付近にピークがみられる。他の地点でも同様の傾向

表1 推定された木造建物の最大応答変形角 R_{max}

	殿町	大工町A	大工町B	大工町C	大工町D	大工町E	T邸
NS	1/79	1/92	1/98	1/97	1/97	1/89	1/88
EW	1/46	1/67	1/66	1/69	1/70	1/64	1/63

と概ね類似した特性と持つと考え、1次の卓越周波数(周期)が約3Hz(0.3秒)であり、地盤の0.3秒付近の卓越周期に近く、まず共振により初期破壊を受けた可能性がある。さらに建物の破壊進行に伴う非線形化により固有周期が長周期化し、地震動の0.7秒付近の卓越周期と共振して、被害が拡大した可能性がある。

得られた地震動より、水平動2成分の加速度応答スペクトル(減衰定数5%)を求め、林⁷⁾に基づく方法より木造建物の最大応答変形角: R_{max} を算出した。T邸における地表の南北NSおよび東西EW成分の加速度応答スペクトル: S_a と木造建物の性能等価加速度応答スペクトル: S_{ae} (ベースシヤ係数: $C_y=0.1\sim 1.0$ の0.1毎)を図3に示す。この図において S_a と S_{ae} との交点より R_{max} が求められる⁷⁾。対象とした7地点の R_{max} ($C_y=0.2$)を表1に示す。全体としてEW成分がNS成分よりも大きく、殿町の最大1/46(EW成分)となっている。その他の地点では1/60~1/70の範囲(EW成分)となっており大きな差はない。損傷度の目安⁸⁾によれば、1/50~1/10が全損(内外壁の大きな剥落や柱が大きく傾く損壊) 1/100~1/50で内外壁の損傷や瓦の落下が発生するとされており、この地震により多くの建物で倒壊あるいは大きな損傷が出たことと概ね整合する結果が得られた。

4. まとめ

2016年10月21日に発生した鳥取県中部の地震において、その本震および余震観測記録を分析した結果、各観測地点の地震動の特性が把握できた。今後は地盤増幅度に関してより詳細な検討を行う予定である。

参考文献 1)鹿野町(1991);鹿野町誌, 2)野口・香川(2017);土木学会論文集, 3)Cho, I.et.al.(2004);Geophysics, 4)Tada, T. et.al.(2007);Bull. Seism. Soc. Am., 7)鳥取県(2005);鳥取県地震防災調査報告書, 6)Noguchi, T., et.al.(2017);16thWCEE, 7)Hardin and Drnevich(1972);Proc,ASCE, 8)林(2002);日本地震工学シンポジウム論文集