

2007年能登半島地震における門前町道下地区の地震応答

愛媛大学工学部 学生会員 ○門田 慶史
愛媛大学大学院 フェロー 森 伸一郎

1. はじめに

2007年3月25日に発生した能登半島地震 ($M=6.9$) では、輪島市門前町道下地区において重篤な被害が発生した。被災率は明らかに同市同町の他の地区より突出して高い。被害原因は、地震動の強さが著しく強かったか、もしくは家屋の耐震強度が低かったかのいずれかである。揺れの大きさも、基盤の入力地震動そのものが大きいか、表層地盤の増幅によって地震動が大きくなったか、建物の持つ固有周期での共振により大きくなったか、それらの寄与度が問題である。本論文では、地区内地盤の地震応答解析結果である表層での推定地震動より速度応答スペクトルを求め、共振による揺れの増幅と家屋被害の関係性を明らかにする。

2. 家屋被害指数と地震動強さの関係

図-1 にこの地区の全体図と周辺家屋の被害指数を示す。森ら¹⁾²⁾³⁾は集落の中央をほぼ東西に走る道に沿う測線 (E 測線) において、地盤の常時微動測定、表面波探査、ボーリング柱状図を基に推定した地盤モデルにより等価線形地震応答解析を実施し、地区の地震動を推定している。

また、この地区の家屋被害は吉田⁴⁾が被害程度を4段階に分け地図化している。本研究では被害程度に応じて点数を付けることにより、地震応答解析地点周辺における家屋被害の数値化を行なった。図中の地震応答解析地点の半径50m内を対象に、全壊した家屋を1点、傾きが1/50以上の家屋を0.5点、1/50~1/200以上を0.2点、1/200以下を0点とし、合計値を家屋数で除して各地点周辺の被害指数 (等価全壊率) を算出した。

図-2 に E 測線における応答最大速度分布を示す。これは富来の観測地表地震波から工学的基盤に逆応答して得られた露頭基盤波を入力した地震応答解析の結果によるものである。富来を採用した理由は、3地点の逆応答波の中で最も被害分布と定性的に整合したためである³⁾。また、水平2成分でも応答速度の大きいNS成分に着目した。

図-3 に最大速度と被害指数の関係を示す。過去の地震によれば家屋被害は30cm/s以上で出始め、100cm/s付近で70%に達するが、ここでも80~100cm/sで全壊率30~50%になっており右上がりの傾向が見られ、定性的には良い相関が見られる。また、神戸や鳥取県日野町より率は小さい。

また図-1の家屋の被害指数には場所により異なり、西端から250~350m付近では周辺に比べて高く、他方450m~550mでは低い。図-2の最大速度分布に対応する傾向は見られない。そこで、周期成分の寄与について検討するため、応答スペクトルを求め、

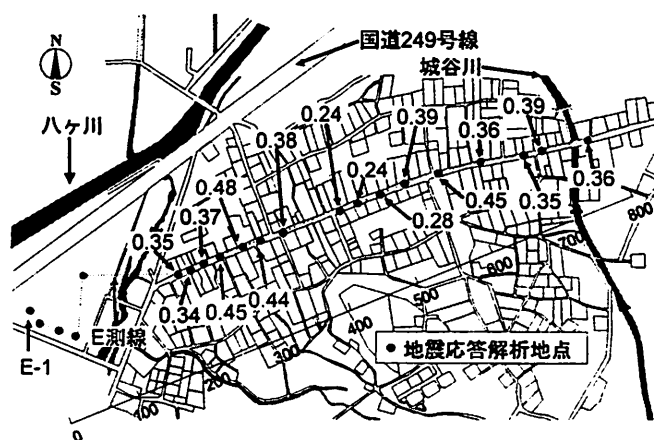


図-1 道下地区全体図と周辺家屋の被害指数

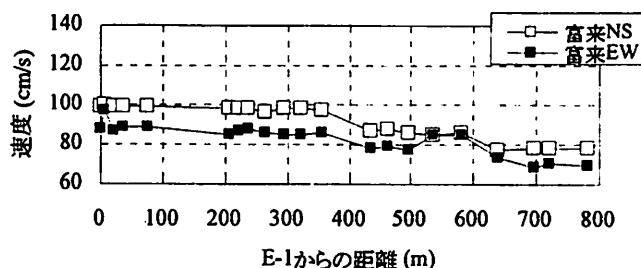


図-2 E 測線における応答最大速度分布

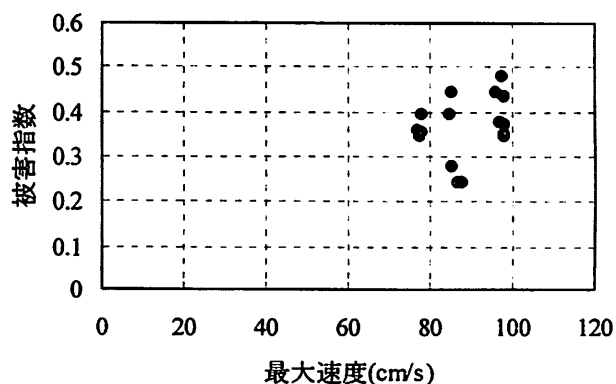


図-3 応答最大速度と被害指数の関係

重被害領域、軽被害領域に分けて周期帯別のスペクトル強度について解析した。

3. 地震応答スペクトル解析の結果

図-4 に重被害領域、軽被害領域における速度応答スペクトルの 1 例を示す。2 つのスペクトルに共通して、0.6 秒と 1.6 秒にピークが見られた。前者は、2 階建て木造建物の線形固有周期の約 1.5 倍、後者は約 4 倍に相当する。そこでこれら 2 つの周期帯の応答速度に着目し、家屋被害との関係を調べた。

図-5, 6 にスペクトルの卓越が見られた周期 0.6 秒、1.0~3.0 秒区間での速度応答と被害指数の関係を示す。両方で正の相関が見られるので、スペクトルと被害率の関係を検討することが有意義であり、さらに詳細な検討をする必要があることがわかる。また、これらの結果は、被害指数の高い領域では他の領域に比べ大きくなる傾向が見られた。

木造家屋の耐震強度の違いがこれらの関係にばらつきを生じさせる一因でもあると考えられるが、地震動スペクトルの詳細な検討で被害メカニズムの検討の可能性が確認できた。

4. 結 論

家屋被害の集中した門前町道下地区において、等価線形地震応答解析結果である地表での地震動波形より、地区の応答スペクトル解析を行い、家屋の被害指数との関係を明らかにした。本論文の結論は以下の通りである

- (1) 道下地区の家屋被害を数値化し、地表での応答最大速度と家屋の被害指数には相関関係があることを示した。
- (2) 道下地区内の重被害領域、軽被害領域では、速度スペクトルにおいて卓越部の速度応答に差が見られた。
- (3) 道下地区の木造家屋は地震時に軽微な被害が生じ、家屋自体が長周期化したため、長周期成分と共振し、大きな被害につながった可能性が考えられる。

謝辞：本研究では防災科学技術研究所 K-NET の観測記録を使用させていただきました。記して感謝致します。

参考文献

- 1) 森 伸一郎, 久木留 貴裕, 門田 慶史, 佐伯 嘉隆：門前町道下地区における常時微動測定による地盤振動特性，日本地震工学会大会 2007 梗概集，pp.436-437, 2007.
- 2) 森 伸一郎, 門田 慶史, 佐伯 嘉隆, 久木留 貴裕：能登半島地震において家屋被害の集中した門前町道下地区の地盤速度構造，日本地震工学会大会 2007 梗概集，pp.438-439, 2007
- 3) 門田 慶史, 森 伸一郎：2007 年能登半島地震による門前町道下地区における集中家屋被害の原因，地盤工学研究発表会発表講演集，2008(投稿中)
- 4) 吉田 望ら：平成 19 年能登半島地震における門前町道下地区の地盤変状および家屋被害，土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集，pp83-84, 2007

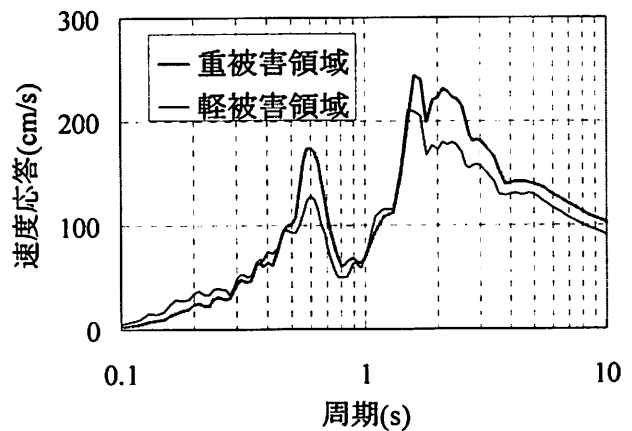


図-4 速度応答スペクトルの 1 例

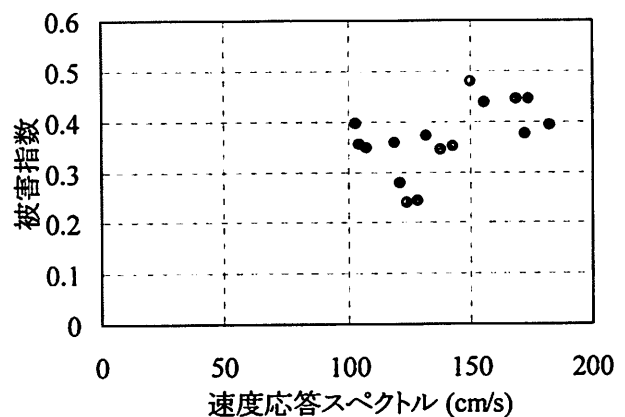


図-5 0.6 秒周期での速度応答と被害指数の関係

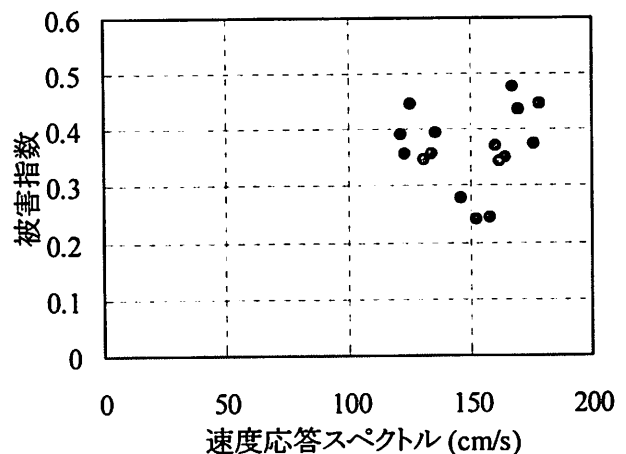


図-6 1.0~3.0 秒周期で平均した速度応答と被害指数の関係