

常時微動を用いた地震時家屋被害予測

長岡技術科学大学 学生会員 嵯峨義朗
JNC 株式会社 会員 高橋健太
長岡技術科学大学 会員 宮木康幸

1. 研究背景および目的

中越・中越沖地震を対象とした平成26年度中川の研究では、土地条件区分を用いて建物被害関数を構築し、既往の建物被害関数と比較を行った。その結果、既往の予測モデルと比較して汎用性が高く、精度の高い建物被害関数が得られた。しかし、扇状地においては中越・中越沖地震でまったく異なる傾向を示しており、正しく評価できないといった問題が挙げられた。

そこで本研究では簡易的に地震時の建物の揺れを推定できる常時微動計測を行うことによって、中越及び中越沖地震で被害を受けた扇状地を対象に、GISを用いて常時微動と建物被害との関係を明らかにし、常時微動のデータを建物被害関数に導入し、精度の向上を行うことを目的とした。

2. 常時微動計測とその結果について

2-1. 計測地点の選定

本研究では、中越地震および中越沖地震被災地域である長岡市および柏崎市における国土地理院が定めた土地条件図における扇状地を対象とした。計測地点は扇状地を250mメッシュに分割し、被害の多い地域および被害の少ない地域を抽出して決定した。

2-2. 常時微動計測方法について

常時微動計測には(株)ANET 地表用微動計 GEODAQS2-2Sを用いた。サンプリング周波数 100HZ、ゲイン 40dB、40Hzのローパスフィルターを用いて計測時間 900 秒のデータから H/V スペクトル比(式-1)を算出した。900 秒のデータから攪乱の少ない 20 区間を抽出した。

$$\frac{H}{V} = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{Z} \quad \dots \text{式-1}$$

H/V: スペクトル比

X, Y: 水平方向のパワースペクトル

Z: 鉛直方向のパワースペクトル

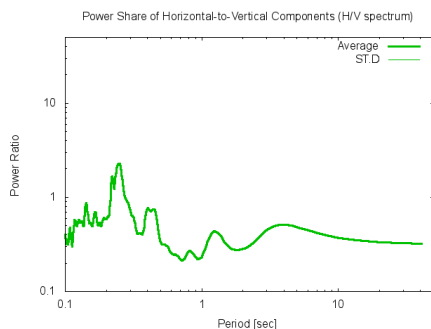


図-1 卓越周期と H/V スペクトル出力例

2-3. スペクトル比と被害率

各計測地点でのスペクトル比から、最大のスペクトル比を示す周期を卓越周期(図-1)として被害率との関係を調べた。

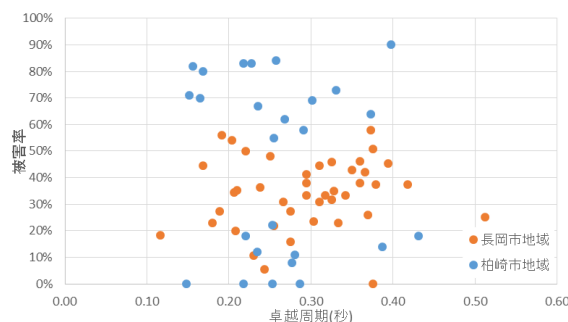


図-2 扇状地卓越周期と被害率

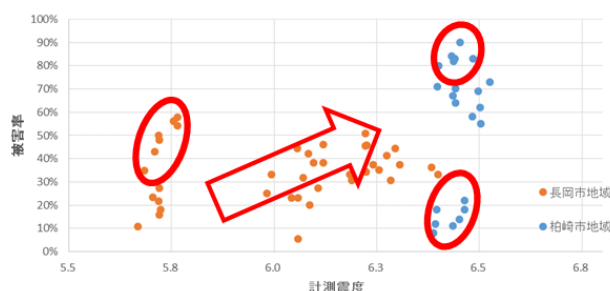


図-3 扇状地計測震度と被害率

図-2 を見てみると、主に卓越周期は 0.15 から 0.4 秒前後に分布しているが被害率が大きく二分化されていることから相関性は長岡市地域同様、あまり見られないことがわかる。

そこで図-3 で計測震度と被害率(計測地点 125m バッファ内家屋数 10 件以上対象)との関係を示す。計測震度は 5.6 から 6.5 に分布しており、主に作成した近似曲線上に分布していることがわかる。しかし赤枠で囲まれた計測地点にて被害率に差異が見られることより、このような地点を評価する為には他のパラメータや分析方法を考慮する必要がある。

3. 常時微動を用いた地震時加速度応答の推定

3.1 地震時加速度応答の推定方法

常時微動データを用いて卓越周期および H/V を算出したが、卓越周期が明瞭ではない地域や、卓越周期が複数存在する波形、被害率と卓越周期との相関性が乏しいことから、卓越周期だけで評価することが難しいといった点が挙げられる。

そこで家屋の地震時の加速度応答に着目し、まず、地震波形のフーリエ変換値に常時微動のスペクトル

キーワード (中越地震, 中越沖地震, 家屋被害分析, 土地条件, 常時微動)

連絡先 (住所: 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 電話: 0258-46-6311)

比を乗じて、家屋への入力加速度スペクトルを推定し、これをフーリエ逆変換することによって、家屋への地震時入力加速度波形を算出した。

本研究ではRMSと呼ばれる実効値を用いて評価を行う。通常、RMSは式-2を用いて算出する統計値の二乗をとり平均平方根から算出した値が本来のRMSであるが、本研究におけるRMSは式5-1に本予測で用いているパラメータ（後述）を掛け合わせたものである。）値の大きさを評価する手法を取り入れ、家屋の揺れやすさの評価を行う。

$$RMS(x) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i)^2} \quad \cdots \text{式-2}$$

3.2 分析方法

本研究においては家屋への影響を評価するにも関わらず実家屋における固有周期は分からないといった問題点が挙げられる。そこで日本の木造住宅における家屋の固有周期分布を使用した。日本の木造家屋の場合、固有周期が0.1から0.6秒の間に分布しており、特に0.2秒が最も分布として多くなる。そこで既往の周期分布より、パラメータを決定する為に周期分布を再現したものを表-1示す。

固有周期(秒)	家屋割合
0.1	5.4%
0.2	49.0%
0.3	32.6%
0.4	10.7%
0.5	2.1%
0.6	0.2%

表-1 作成した周期別家屋割合

表-2 考慮した周期とケース番号

Case	1	2	3	4	5
周期(秒)	0.1-0.6	0.2-0.3	0.2-0.4	0.2	0.3

本研究においては周期分布を考慮し、RMSを周期0.1から0.6秒間で算出した。しかし、建物の固有周期が0.2~0.3秒に集中していること、古い家屋と新しい家屋では固有周期が異なる（古い家屋の場合、固有周期が長くなる傾向がある）のを踏まえ、考慮する周期を本研究では5ケース(表-2)用意し、それぞれ分析を行った。

3.3 α を用いた計測震度と被害率との関係

Case-1からCase-5までを考慮し、RMSと被害率との関係性を見てみたが、殆ど変化が見られなかった。そこで、建物の主要な周期である0.2-0.3のみを考慮したCase-2を用いて、水平成分、鉛直方向のRMSの値から水平鉛直成分比を取った値をここでは α と定義し、これを各計測地点で算出する。次に各地域における計測地点の平均 α を基準としたときの各地点における α 値の大小で取り、図-3において赤枠で示した α 値と計測震度と被害率との関係を表したものを図-4から図-5にそれぞれ示す。

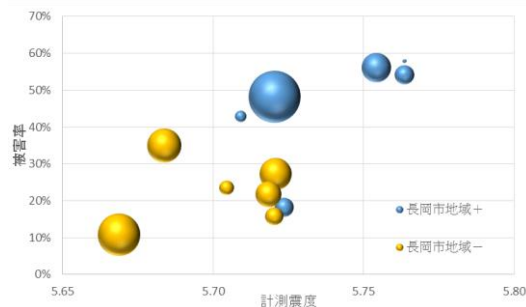


図-4 計測震度 5.65-5.8 における H/V 値と被害率

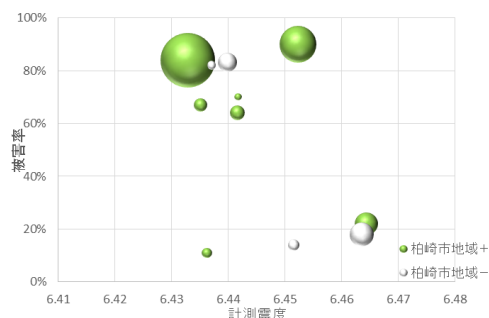


図-5 計測震度 6.4-6.7 における H/V 値と被害率

3.4 地震時加速度応答の推定結果

図-4の計測震度 5.65 から 5.8 を見てみると、被害率 40%以上における計測地点の α 値が平均値よりも高い地点が多いことがわかる。

次に図-5においては平均値よりも高い α 値は全体的に被害率が高い傾向が見られる。その一方で計測震度 6.44 付近において負の α 値でも被害率が高い地点が2点存在する。これは柏崎市地域における平均建築年は1970年であることにに対して1955年と1966年と古く被害率が高くなってしまったと考えられる。

4. まとめ

- 1) 常時微動計測を対象地域にて行い、データベースの構築を行った。
- 2) バッファを用いて被害率を算出することで計測震度と被害率との関係性を示唆することが可能
- 3) α 値を算出し、平均値を基準として大小評価を行うことで計測震度の低い地域においても被害率が高い地域を特定することが出来る可能性を示唆した。

5. 今後の課題

- 1) 無被害家屋の建築年を特定し、データベース化することが被害予測の精度向上のために必要。
- 2) 建築年に応じて、考慮する周期を変化させ、戸別に評価していく必要がある。