

建物の等価周期帯に着目した震度算定法の提案

神戸大学大学院工学研究科 学生会員 ○齊藤 栄
神戸大学大学院工学研究科 正会員 鉄田 泰子

1. はじめに

近年、一般への緊急地震速報の報知が開始され、人間の危険回避のための時間確保などの被害軽減が期待されている。これまで著者ら¹⁾は地震動強度だけでなく地震の揺れ最中に行動可能な時間を具体的に示し、時間に応じた最適な避難対策につなげることを目的として、計測震度を援用して地震時の避難行動可能時間、すなわち人間が地震による揺れを覚知し避難行動支障に陥るまでの時間について定量化を行ってきた。しかし、避難行動支障の大きな要因である建物倒壊の評価にあたり、計測震度は建物被害と上手く対応しないことが指摘されている。そこで、本研究では、建物の等価周期帯である1~2秒に着目した震度を提案し、その震度特性と建物被害との関係について検証を行う。

2. 計測震度と建物被害に関する既往の研究

計測震度と建物被害との関係については、想定地震に対する被害分析や地震直後の迅速な被害把握のために数多く検討されてきた。計測震度は独自のフィルタを用いて算出された指標であり、様々な周期成分を有する地震動の強さを総合的に評価することにより、地震発生後の各地の状況把握が可能な点については理想的な指標であるといえる。しかし、人体感覚や建物の中小被害、大破・全壊などの現象と相関の高い周期成分はそれぞれ異なるため、「1つの指標」により全ての現象を厳密に説明することは難しい。境ら²⁾は弾性速度応答と建物被害率との相関係数の比較し、全壊・大破といった建物の大きな被害と相関をもつ地震動の周期帯は1~2秒であることを指摘している。この1~2秒の周期帯は、日本の建物全体の90%以上を占める木造建物と鉄筋コンクリート造建物（固有周期は0.2~0.5秒程度）の等価周期に相当し、建物被害について議論するうえで非常に重要な意味をもつ。

3. 1-2秒計測震度による計測

本研究で提案する建物の等価周期に着目した新たな震度の算出手法について述べる。算出手順は従来の計測震度と同様であり、加速度波形に対して周波数領域でフィルタ処理を行った後、合成して得られたベクトル波形から継続時間を考慮した振幅値を河角の式に代入して震度値の算出を行うものである³⁾。本手法では、計測震度算出用のフィルタ（以下、標準フィルタ）を3分割して利用することにより（図1参照）、等価周期における地震動成分の影響度を考慮した震度の算出を行う。本フィルタは標準フィルタに対して0.5Hz、1.0Hzを境に分割し、それらを上辺とする台形ハンドパスフィルタであり、0.5Hz以下、0.5~1.0Hz、1.0Hz以上の周波数領域を対象としたフィルタをそれぞれLOW、MIDDLE、HIGHパスフィルタと定義する。標準フィルタで処理されたフィルタ波形とは別に3つの周波数領域を限定したフィルタ波形をそれぞれベクトル合成して振幅の時刻歴を算出する（図2）。そして、3つの周波数領域のベクトル振幅の和が標準フィルタで算出されるベクトル振幅に一致するように補正したものを各周波数域の規準化ベクトル波として下式で定義する。

$$A_n(t) = A_{all}(t) \cdot A'_n(t) / \sum A'_n(t)$$

ここで、 $A_{all}(t)$ は標準フィルタで処理したベクトル波、 $A'_n(t)$ は周波数領域を限定したフィルタで処理したベクトル波、 $A_n(t)$ は周波数領域を限定した規準化ベクトル波であり、 n はLOW、MIDDLE、HIGHの周波数領域を示している。

キーワード 計測震度、建物被害、等価周期帯

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1 神戸大学大学院工学研究科 TEL 078-803-6047

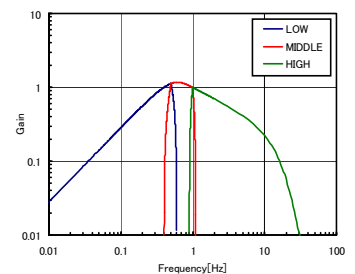


図1 提案震度算出フィルタ

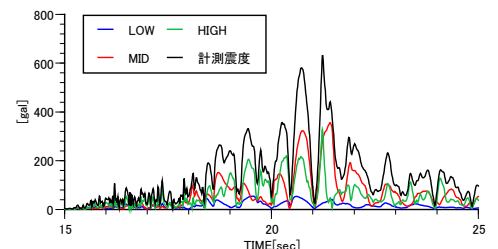


図2 規準化ベクトル波と標準ベクトル波

(1)

つまり、3つの周波数領域の震度はそれぞれ異なるが、規準化ベクトル波の和は標準ベクトル波と同一であり、フィルタ処理後のベクトル波の振幅比を考慮することにより従来の計測震度に対する各周波数成分の影響度を考慮した指標となる。最後に、得られた規準化ベクトル波から0.3秒の継続時間を考慮した振幅値を決定し、河角の式に代入することで各周波数領域の震度を算出する。本研究で着目している等価周期に対応した震度は0.5~1.0Hzの周波数領域に限定したMIDDLE計測震度であり、以下、1-2秒計測震度と呼ぶ。

4. 既往の地震動指標との比較

図3に従来の計測震度と提案する1-2秒計測震度(MIDDLE計測震度)、HIGH計測震度の関係を示す。用いた地震動記録は2000年以降に発生した $M_j \geq 6.0$ の38地震においてK-NETの地震計で観測された震央距離100km以内の1,030記録である。提案する震度は標準ベクトル波を分割して算出を行うため、いずれも従来の計測震度より小さい。HIGH計測震度は従来の計測震度とほぼ近い値を示しており、計測震度が1.0秒以下の周期帯を強く反映した指標であることがわかる。一方、1-2秒計測震度についてはばらつきが大きく、地震動により、従来の計測震度より1~2震度階級程度小さくなることがわかる。

次に、1-2秒計測震度、計測震度とPGA、PGVの関係を図4に示す。計測震度算出の際に行われるフィルタ処理は周波数0.5~1.0Hzの範囲で加速度と速度の中間の波形を求めていることに相当するため、PGA、PGVいずれの指標とも計測震度との相関が高いことがわかる。一方、1-2秒計測震度についてはPGVとの相関が見られるものの、PGAとの相関は低く、人体感覚に相当する短周期成分を排除した指標であることがわかる。

5. 建物被害との比較

1-2秒計測震度と建物被害率との関係を図5に示す。建物被害率は境らの調査⁴⁾により得られた記録を用いている。併せて示した従来の計測震度と建物被害率の関係と比較した場合よりも、1-2秒計測震度と建物被害率との関係の方が良いことがわかる。また、回帰式の決定係数についても0.9以上の値を示しており、1-2秒計測震度は建物被害と対応している。

6. まとめ

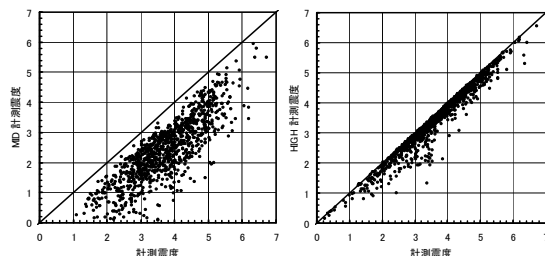
本稿で提案する建物の等価周期帯に着目した1-2秒計測震度は従来の計測震度よりも建物被害との相関が高い指標であることが示された。今後、瞬間計測震度に適用させ、建物被害を行動支障とした場合の避難行動可能時間の評価を行う。

【謝辞】

本研究の遂行にあたり、(独)防災科学技術研究所の強震ネットワークK-NETの観測記録を利用させて頂いた。ここに記して感謝する。

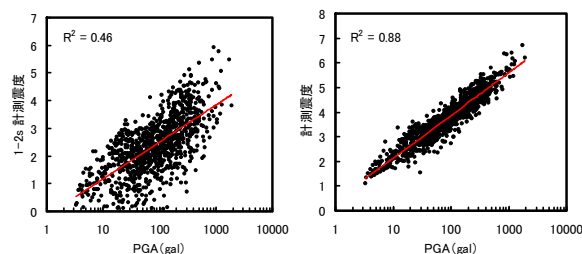
【参考文献】

- 1) 鉄田泰子，齊藤栄：瞬間計測震度を用いた揺れ最中の避難行動可能時間の定量化，日本地震工学会論文集第10巻，5号，pp.52-65，2010。
- 2) 境有紀，神野達夫，額綱一起：震度の高低によって地震動の周期帯を変化させた震度算定法の提案，日本建築学会構造系論文集，第585号，pp.71-76，2004。
- 3) 気象庁：震度を知る，ぎょうせい，pp.1-238，1996。
- 4) 境有紀：地震動の性質と建物被害の関係，日本地震工学会誌，No.9，pp.12-19，2004。

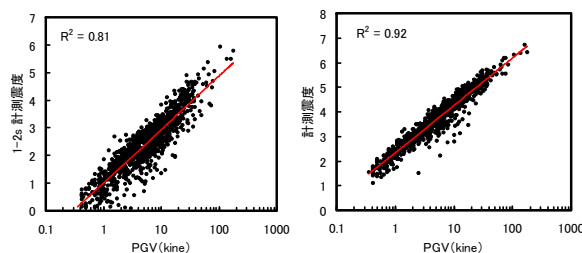


(a) 1-2秒(MIDDLE)計測震度 (b) HIGH計測震度

図3 提案震度と計測震度の関係

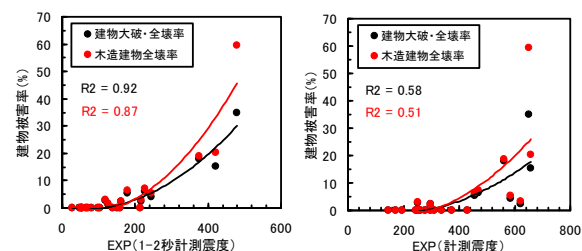


(a) 1-2秒計測震度とPGA (b) 計測震度とPGA



(c) 1-2秒計測震度とPGV (d) 計測震度とPGV

図4 1-2秒計測震度とPGA、PGVの関係



(a) 1-2秒計測震度 (b) 計測震度

図5 1-2秒計測震度と建物被害率の関係