

地震被害の即時的把握のための広帯域化震度の提案

京都大学大学院 学生会員 柳良治
京都大学工学研究科 正会員 清野純史
(財)東農地震科学研究所 太田裕

1. 研究の背景と目的

現在、日本で用いられている計測震度は、従来の体感震度との連続性が保てるように定式化が行われたため、人間の感じやすい、短周期の地震波が強調される情報となっている。しかし、固有周期の大きな構造物が数多く建設されている現状では、計測震度のみではこれらの構造物に対して十分な対応関係を得ることができない。

そこで、そういった構造物の被害を即座に、正確に把握可能となるように、現行の計測震度に代わる広帯域化震度という新たな指標を考える。

2. 計測震度

計測震度は算出する際に、得られた加速度波形をフーリエ変換し、周波数領域で図-1のような特性図のフィルターをかける。その後、得られたスペクトルに逆フーリエ変換を行い、そこから得られた加速度波形を基に、震度値を計算する。このフィルターを通すことにより、周波数が約0.1~2秒程度の短周期の波が強調されることになり、固有周期が大きな長大構造物に対しての対応関係が得られない。

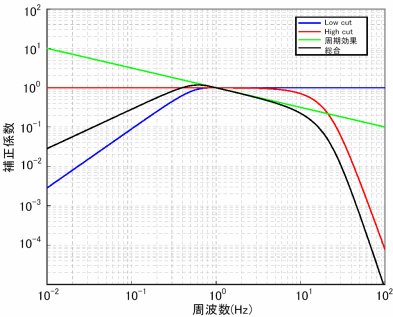


図-1 フィルターの特性図

3. 組合せ震度

3.1 組合せ震度の概要

著者らによって提案されている組合せ震度では、地震動を短周期帯、中周期帯、長周期帯に分割し、それぞれについて震度を定義する。境界周期としては、村松によって定義された0.8秒と6.3秒を使用している。この3つの震度の式は以下の通りである。式中の a_0, v_0, d_0 はそれぞれ継続時間を0.3秒としたときの、加速度、速度、変位の最大値である。

短周期震度： $I_s = 2.00 \log(a_0) + 0.94$ (1)

中周期震度： $I_m = 1.91 \log(v_0) + 2.50$ (2)

長周期震度： $I_l = 1.94 \log(d_0) + 3.20$ (3)

3.2 組合せ震度と被害との関係

2003年の北海道十勝沖地震、2008年の岩手・宮城内陸地震、2009年の静岡沖地震を対象として、組合せ震度と被害との関係がどのようになっているのか調べた。その結果、得られた関係を表-1に示す。

表-1 組合せ震度と被害との対応

対象構造物	組合せ震度	震度値	階級震度
タンク(大型)	長周期	5.0以上	5強
液状化	短周期	5.0以上	5強
地すべり(大)	短周期	5.5以上	6弱
盛土崩壊(大)	短周期	5.0以上	5強

3.3 組合せ震度の問題点

(1) 非定常スペクトルを用いた解析

亀田によって提案された非定常スペクトルを用いて、様々な地震記録に対して、最大値を100に規準化し、次ページの図-2のようなコンター図を描いて、組合せ震度との対応関係を調べた。

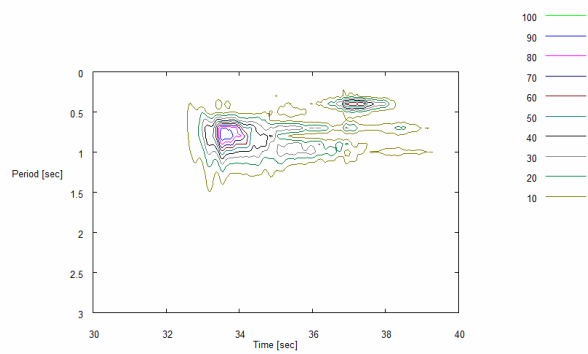


図-2 非定常スペクトルのコンター図

その結果、短周期震度が一番大きく出る記録では、周期が約 1 秒以下、中周期震度が大きい記録では、周期が約 1 秒～2 秒程度、長周期震度が大きい記録では、周期が約 2 秒以上の波が強く出ていることがわかった。よって、3 つの震度の境界周期が約 1 秒・2 秒となり、村松の境界周期との整合性が取れない。

(2) 建物の固有周期に対する応答値の変化

建物に見立てた 1 自由度系の固有周期を変化させ、そこに地震動を入力したときの応答の波形から得られる組合せ震度の値がどのような変化をするのか調べた。図-3 はそれぞれの震度について推移を折れ線グラフで表したものである。

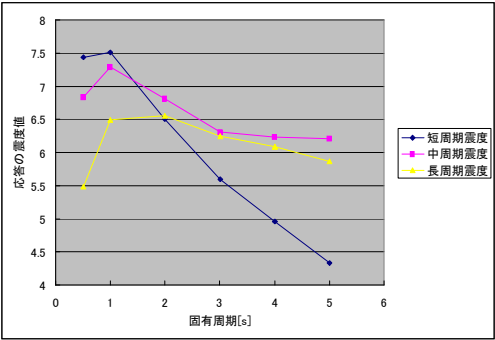


図-3 固有周期ごとの応答の組合せ震度値の推移

その結果、短周期震度については、固有周期が大きくなるにつれて、値が小さくなることがわかった。そして、中周期・長周期震度に関しては、固有周期が小さいところでは、値が異なるが、固有周期が大きくなってくるとほぼ同じ値を示し、推移も似ていることがわかった。よって、中周期震度と長周期震度は、応答特性にそれほど大きな差がなく、短周期

震度に比べると、建物の固有周期に対する応答値の変化率が小さいとすることができる。

4. 広帯域化震度

4.1 広帯域化震度の定式化

得られた問題より、提案する広帯域化震度は組合せ震度よりも数を 1 つ減らし、短周期震度・長周期震度の 2 つで算出される指標とし、2 つの震度の境界周期は 2 秒とする。

短周期震度については、組合せ震度と同様に、計測震度と同じ式を使用する。そして、長周期震度については、組合せ震度の中・長周期の式を基に、建物の固有周期に対する応答特性が短周期震度と逆になり、固有周期が 2 秒のときの 2 つの震度の値が近くなるように、係数を変えたものを式として採用する。その結果、得られた式は以下の通りである。式中の A,D はそれぞれ継続時間を 0.3 秒としたときの加速度、変位の最大値である。

$$\left. \begin{aligned} I_s &= 2.00 \cdot \log(A) + 0.94 \\ I_l &= 3.40 \cdot \log(D) + 1.46 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

4.2 広帯域化震度と被害との関係

組合せ震度と同様に、2003 年の北海道十勝沖地震、2008 年の岩手・宮城内陸地震、2009 年の静岡沖地震を対象として、広帯域化震度と被害との関係がどのようなになっているのか調べた。短周期震度については、計測震度と同じ値を使用しているので、新しく定義した長周期震度との関係について調べた。その結果を表-2 に示す。

表-2 新しい長周期震度と被害との関係

対象土木構造物	震度値	階級震度
タンク (大型)	4.5 以上	5 弱
橋梁	4.5 以上	5 弱

5. 結論

組合せ震度の 2 つの問題点を解消した広帯域化震度を提案し、石油タンクや橋梁被害との対応があることがわかった。今後は、更に多くの地震について入力データ・被害データを収集し、広帯域化震度と地震被害との対応を調べていく必要がある。