

建物被害に合う地震動強度指標の東北地方太平洋沖地震への適用

神戸大学大学院工学研究科 学生員 ○岡本 篤興
 神戸大学大学院工学研究科 正会員 鋤田 泰子

1. はじめに

「震度」は地震時の被災程度の尺度として一般に広く認識された地震動指標である。しかし、地震記録から算出される現在の計測震度は、1995年の兵庫県南部地震の地震波の特徴が反映されたもので、近年の地震被害との相関が十分でないことが指摘されている。一方で、この課題を解決するため、齊藤・鋤田¹⁾は、建物の等価周期における地震動強さに着目した地震動強度指標を提案しているが、1995年以降に発生した地殻内地震の記録が主であった。そこで本研究では、2011年3月に発生した巨大な海溝型地震である東北地方太平洋沖地震の建物評価にも適応できる地震動強度指標の提案を行い、指標と建物被害との相関性、海溝型の地震動特性への適応性を検証する。

2. 計測震度(I_S)と1-2秒計測震度(I_M)

計測震度の算出方法は、一定時間蓄積された3成分の加速度波形からフーリエスペクトルを算出し、図1に示すフィルタをかける。そして、フィルタ処理後のスペクトルに対してフーリエ逆変換を施し、3成分フィルタ処理波形をベクトル合成する。得られた波形において、継続時間0.3sを考慮した振幅 a を算出し、河角の式(1)に代入することによって計測震度は算出される。

$$I_S = 2 \log(a) + 0.94 \quad (1)$$

I_S : 計測震度 a : 振幅

本研究で提案する指標の算出方法は従来の計測震度と同様であるが、計測震度算出用のフィルタをバンドパスフィルタによって3分割し、建物の等価周期(1-2秒)における地震動を考慮するため、中間の1-2秒帯のフィルタを用いて震度を算出する(図2参照)。得られた指標を1-2秒計測震度 I_M と定義する。

3. 検証①: 1-2秒計測震度 I_M と建物被害との相関性

東北地方太平洋沖地震を観測した、K-NETと気象庁の地震計736観測点の記録を基に、 I_S と I_M を算出した。また、観測点周辺の建物被害率を明らかにするため、 I_M が高い地震計(K-NET小川, 古川, 中野)周辺と、津波の浸水被害を受けていない内陸部で、市町村の建物被害率が高い福島県須賀川市と郡山市に位置する地震計(K-NET須賀川, 郡山, 中野)周辺で微動観測を行い、役所で地震計周辺の建物被害件数の情報収集を行った。これらの調査・分析結果は既報している²⁾。

現地調査で得られた建物大破・全壊率と本震の地震記録を用いて、1-2秒計測震度 I_M と被害率の相関性を分析した。図3に、 I_S , I_M と建物大破・全壊率の関係を示す。図には本地震と過去の地震における地震計周辺の被害³⁾を入れている。 I_S と被害率との相関はあるが、ばらつきが多い結果になっている。一方で、 I_M と被害率の相関係数は0.85と高い精度を示し、さらに本地震のデータも既往の地震の被害分布の上に乗ることが確認できる。

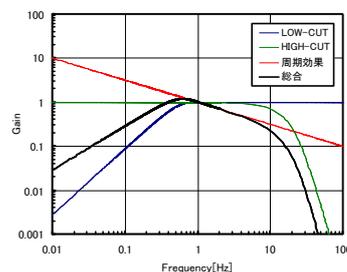


図1 I_S のフィルタ特性

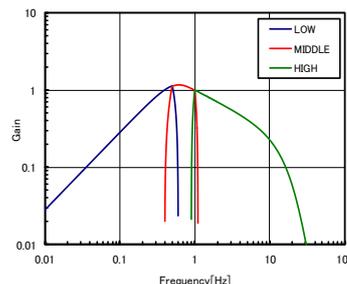
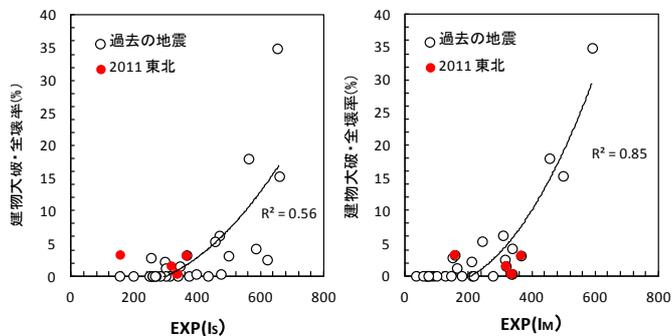


図2 I_M のフィルタ特性



(a) I_S (b) I_M
 図3 指標と建物大破・全壊率の関係

キーワード 東北地方太平洋沖地震, 計測震度, 建物大破・全壊率, 断層最短距離, 継続時間
 連絡先 鋤田泰子 kuwata@kobe-u.ac.jp

4. 検証②：断層最短距離の長距離化による影響

本地震は広域で地震動が観測されていることから、距離による震度特性の変化について検討する。想定される震源断層からの最短距離を断層最短距離と定義する。フィルタ処理された波形の1秒間の震度を算出し、 I_M が最大となる時間と断層最短距離との関係を図4に示す。図から2つのクラスタに分かれ、実体波と表面波の2つの波によってもたらされた震度であることがわかる。なお、震源距離を用いて同様の検証を行ったが、図4ほど明瞭なクラスタに分布しなかった。

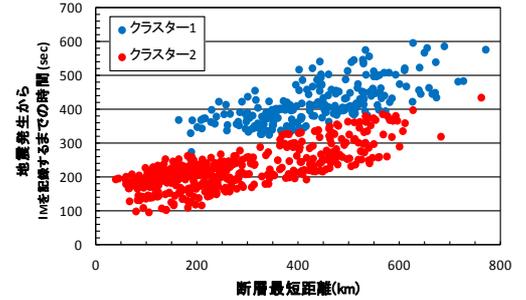


図4 断層最短距離と地震発生から I_M を記録するまでの時間の関係

そこで、図5に示すPGV- I_M の関係図を用いて実体波の影響範囲を検証した。過去の地震記録は2000~2009年に発生したMw6.0以上の地震で震源距離100km以内の記録であるため、実体波が支配的である。図6は本地震の記録と過去の地震のPGV- I_M 近似式との分散を断層最短距離別に示している。150kmを超えると、徐々に分散が大きくなり、表面波が支配的になると考えられる。従って、断層最短距離が150km以内であれば表面波の影響が少なく、既往の実体波による建物被害との関係も保証されると考えられる。

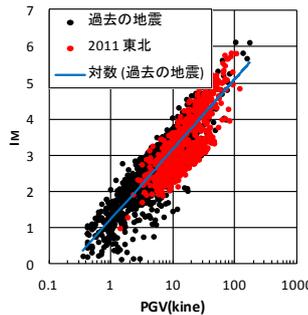


図5 PGV- I_M の関係図

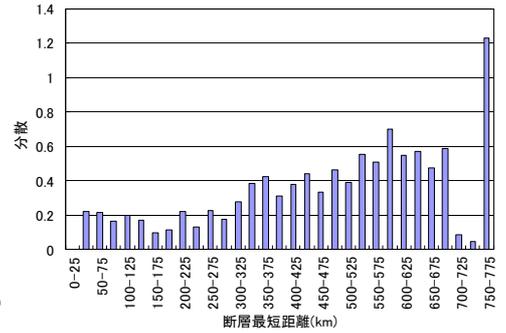
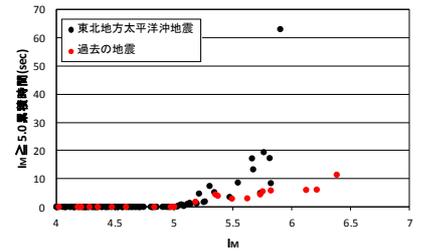


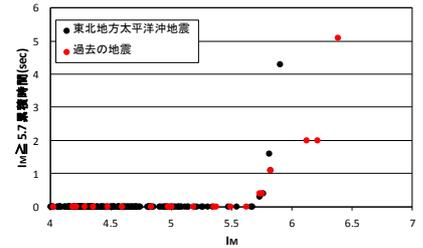
図6 断層最短距離別の誤差分散

5. 検証③：長い継続時間をもつ地震動による影響

本地震の地震動継続時間は5分以上と非常に長いものであった。計測震度や1-2秒計測震度は地震動のピークの値を強く示すため、地震動の繰り返しが及ぼす破壊力を評価できる指標ではない。高レベルの地震動の繰り返しの影響を考えるため、 I_M がある震度を超える累積時間とマグニチュードの関係を検証した。図7は、本地震と過去の地震におけるマグニチュードと $I_M \ge 5.0$, $I_M \ge 5.7$ の累積時間との関係を示している。本地震の地震動繰り返し時間は非常に長かったため、 $I_M \ge 5.0$ の累積時間では、本地震が過去の地震を上回っているが、 $I_M \ge 5.7$ の累積時間では大きな差は見られず、過去の地殻内地震の方が長い累積時間を持つようになる。つまり、本地震は地震動の繰り返し時間こそ長かったが、 I_M が高い累積時間は短かったため、過去の地震と比べて地震の揺れによる建物被害は大規模なものにならなかったといえる。



(a) $I_M \ge 5.0$ の累積時間



(b) $I_M \ge 5.7$ の累積時間

図7 高レベル震度の累積時間

6. 結論

本研究では、建物被害に合う地震動強度指標として1~2秒計測震度 I_M を提案し、東北地方太平洋沖地震の地震動ならびに建物被害との検証を行った。 I_M は断層最短距離150km以内の範囲であれば、既往の地震とも相関よく、高い精度で建物被害を評価できることがわかった。さらに、本地震では高レベルな I_M の累積時間が短かったために、地震の揺れによる被害が大規模なものにならなかったと考えられる。

謝辞：本研究では、(独)防災科学研究所のK-NETならびに気象庁の地震記録を使用させて頂きました。感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 齋藤栄・鍛田泰子：建物の等価周期帯に着目した震度算定法の提案，土木学会全国大会第66回年次学術講演会，2011
- 2) 岡本篤興・鍛田泰子：東北地方太平洋沖地震における1-2秒が卓越した地震動と建物被害との関係，第54回(平成24年度)土木学会関西支部年次学術講演会，2012
- 3) 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