

8. 2011年東北地方太平洋沖地震における建物被害率と地震動特性の関係

呉浩・正木和明・入倉孝次郎

1. はじめに

2011年3月11日に三陸沖を震源として日本観測史上最大のMw9.0の巨大地震が発生した。この地震は気象庁によって「2011年東北地方太平洋沖地震」と命名された。この地震による津波、液状化、建物倒壊などの被害は日本沿岸部を中心として幅広く分布している。一方、内陸の栗原で最大震度7及び最大地動加速度2,933galが観測された。このような巨大地震は日本にとって経験がなく、今回の地震動の特徴を解明するのは重要である。本研究では今回の地震における建物被害率と地震動指標の関係を究明する。

2. 被害地と強震観測点

消防庁は1都16県の建物被害を公表した。特に建物被害が集中している地域は岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県及び栃木県である。本研究ではこれらの地域の市町村別の建物全壊数、半壊数、一部破損数を用いて被害率を算定した。この結果82の市町村の被害率を得ることができた。なお、地震動による被害を究明するため、津波被害を受けた市町村は除外した。

また、これらの地域に設置された78ヶ所のK-NET強震観測点と45ヶ所のKiK-net強震観測点の記録を用いて地震動指標、すなわち、最大地動加速度PGA(Peak Ground Acceleration)、最大地動速度PGV(Peak Ground Velocity)、計測震度 I_{JMA} 及びスペクトル値SIを解析した。一方、Motosakaらは栗原市の築館観測記録が観測装置の基礎が浮き上がることによって生じたと指摘した。このため、栗原市の観測記録は除外した。

3. 建物被害率と地震動特性の関係

3.1 被害関数

本研究で建物被害率と地震動指標の関係を示す。被害関数は次式に示す累積正規分布 Φ をととして構築された。

$$DR = \Phi((x - \lambda)/\zeta)$$

ここでDRはある地震動指標 x (すなわち I_{JMA} , $\ln PGA$, $\ln PGV$ 及び $\ln SI$)における一部破損以上の被害が発生する確率である。つまり、DRは全壊、半壊、一部破損の棟数を合計し、それを全棟数で割ったものと定義した。また、 λ , ζ は地震動指標 x の平均値と標準偏差であり、最小二乗法により求めた。PGA, PGV, SIは水平2方向の観測値のうち大きい方の値である。

図1に被害関数を実線で示す。表1に求めた各地震動指標 x のそれぞれの λ , ζ および決定係数 R^2 (重相関係数の2乗)を示す。この4つの地震動指標を比較するとPGVの決定係数 R^2 が他の指標に比べて最も大きくSI, I_{JMA} , PGAの順となる。よって、建物被害率は速度に関する指標(例えば、PGVとSI)との相関性は加速度に関する指標(例えば、 I_{JMA} とPGA)より高いことが分かる。

表1. 被害関数に関する係数(R^2 は決定係数)

	PGA(gal)	PGV(cm/s)	I_{JMA}	SI(cm/s)
λ	7.64	4.33	6.54	4.39
ζ	1.568	0.794	1.063	0.904
R^2	0.297	0.421	0.359	0.387

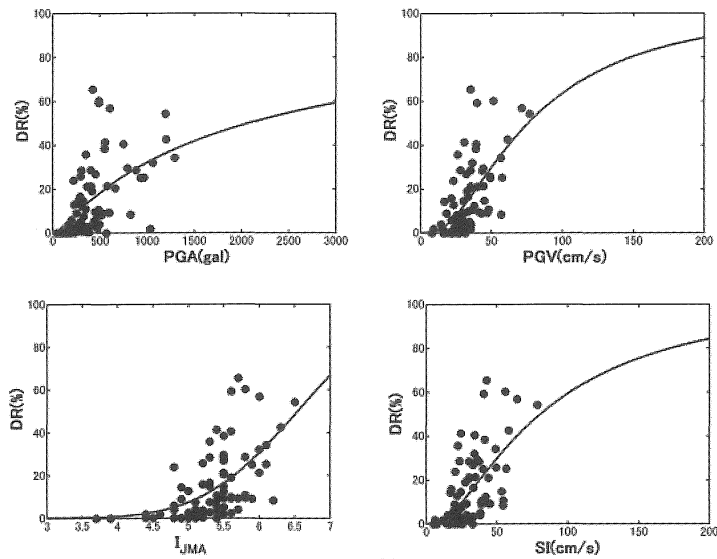


図 1. 被害関数

3.2 地震動スペクトルの特性と等価卓越周期 (Teq)

今回の地震で建物被害が小さかったという報告はいくつか出ている。図 1 に示すように今回の地震最大被害率は 65% 程度だった。これに対して 1995 年の Mw6.9 兵庫県南部地震の最大被害率は 90% 以上の地域もあった、この地震における最大地動加速度 PGA は 848gal、最大地動速度 PGV は 105cm/s であり、今回の地震より小さい。(ここでは、PGA, PGV は 3 成分の合成値とした)。被害率の違いは地震動のスペクトルの特性の違いと考えられる。

図 2 に今回の地震観測記録と兵庫県南部地震 JR 鷹取観測記録の擬似速度スペクトルを示す。この図より、応答レベルに大きな差はないが、今回の地震の卓越周期は短周期側 (0~1 秒) にあることが特徴である。しかしながら、建物に大きな被害を引き起こす周期帯である 1~2 秒における今回の地震の応答値は兵庫県南部地震 JR 鷹取駅の記録の約半分しかないことが分かる。この事が今回の地震で被害が小さかった原因である。

一方、等価卓越周期 ($Teq=2\pi PGV/PGA$) と被害の関係を図 3 に示す。今回の地震で被害率 30% 以上の地域は、等価卓越周期 0.5s 前後に分布している。これに対して、兵庫県南部地震 JR 鷹取の記録の等価卓越周期は大きな被害を与える 1.0s 前後であり、PGV も高い。

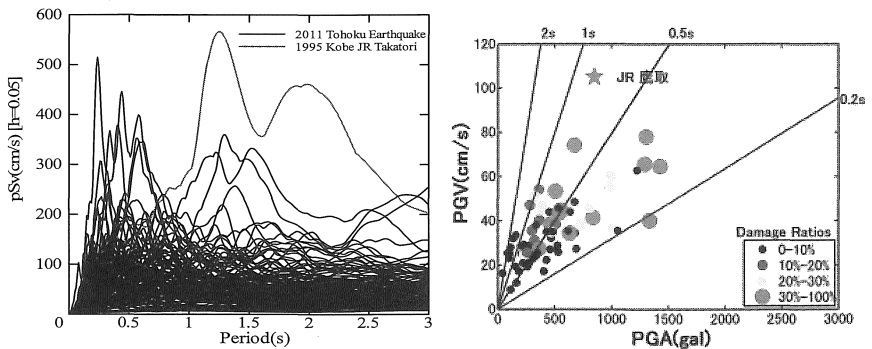


図 2 擬似速度応答スペクトル (減衰定数 $h=0.05$) 図 3. 等価卓越周期と被害率の関係

4. まとめ

本研究では建物被害が集中した地域の被害情報を集めて被害率を算定し、これらの地域の強震観測点の記録を用いて地震動指標を解析し、建物被害率と地震動指標の関係を検討した。結論は以下の通りである。

- (1) 建物被害率と速度に関する指標 (最大地動速度 PGV、スペクトル値 SI) の相関は高いが、加速度に関する指標 (計測震度 I、最大地動加速度 PGA) との相関は低い。
- (2) 兵庫県南部地震より今回の地震の被害が小さかった原因は、建物に大きな被害を与える周期帯 1~2 秒における応答値が今回の地震は低いことである。
- (3) 今回の地震の被害地域の等価卓越周期は 0.5s 前後である。