

2016年熊本地震で被害を受けた益城町の地盤震動特性の評価

環境防災研究室 修士2年 内田 至
指導教官 池田隆明, 大塚 悟, 宮木康幸

1. はじめに

2016年熊本地震は、4月14日21時26分に最大震度7を記録した前震が発生し、その約28時間後である16日の01時25分にも最大震度7を記録した本震が発生した。この地震によって前震、本震いずれも震度7を観測した震源付近の益城町では甚大な住宅被害が発生した。前震の震度7の地震によって住宅が被害を受けたことで耐震性能が低下し、再び本震の震度7を受けたことにより被害が進行したと考えられるが、住宅被害は調査時点までに発生した地震被害の総和であるため、各地震でどのような被害が出たかは明らかになっていない。そこで、地震後に撮影された垂直写真から作成された正射投影画像を用いて住宅被害の推定を行い、その差分から被害の進行状況を推定した。また、その結果住宅被害は比較的狭い範囲でも異なっていたため地盤特性の影響が考えられた。そこで、対象地点の微動測定を行いH/Vスペクトル比法を用いて地盤の固有周期を面的に評価し、家屋被害との比較を行った。

2. 垂直写真を用いた家屋被害の進行状況の推定

家屋被害の推定を行った地域は熊本県益城町の中心部で対象とした家屋は1984戸である。図-1に対象範囲を示す、使用した垂直写真の地上解像度は約12cmであり被害の判読が可能である。垂直写真では住宅の屋根しか確認できず、倒壊以外の被害判定は難しいが、住宅被害が地震動による慣性力により生じたと考ええると、屋根にもその揺れに応じた被害が生じると考えられる。そのため屋根の損傷面積割合(損傷面積/全体面積)から建物被害の推定を試みた。

建物被害の区分方法に関する既往の研究としては岡田・高井¹⁾の破壊パターンチャートがある。この破壊パターンチャートは建物の全体的被害について表記されているため屋根の被害も考慮されている。建物被害をDamage Grade という指標を用いてD0からD5の6段階に区分しており、屋根の被害をこの指標に当てはめることで建物の被害を推定した。作成した被害判定指標を表-1に示す。図-2に前震後および本震後の判定結果を示す。明らかに前震後に比べ本震後の被害のほうが大きく、被害進行が確認された。そして比較的狭い範囲でも建物被害の大きさや被害の進行状況に違いが見られた。表-2に建物被害の進行状況を示す。前震後、「被害なし」と判定した1247戸(全体の62.9%)を分析すると、本震後に「被害なし」と判定されたものが78.0%、以下同様に「被害ランクA」が14.5%、「被害ランクB」が0.5%、「被害ランクC」が0.2%、「被害ランクD」が6.8%となった。前震では全く被害を受けなかった建物でも、本震によって被害の最大ランクである「被害ランクD」にまで被害進行した建物が6.8%見られた。さらに前震によって少しでも被害を受けたと判定された建物は、本震によって半数以上の建物が被害進行している。そのため被害を受けた建物は耐震性能が低下し、再び強い揺れを受けたことで被害が進行したと考えられる。

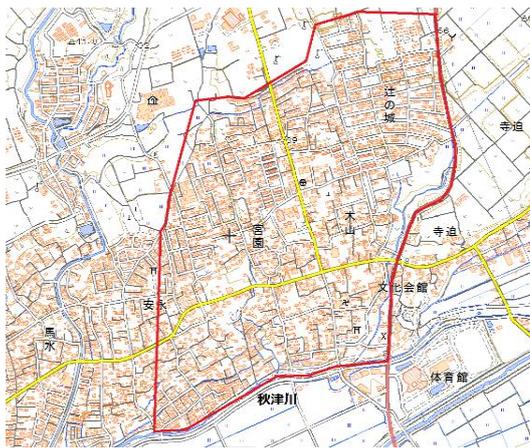


図-1 対象範囲

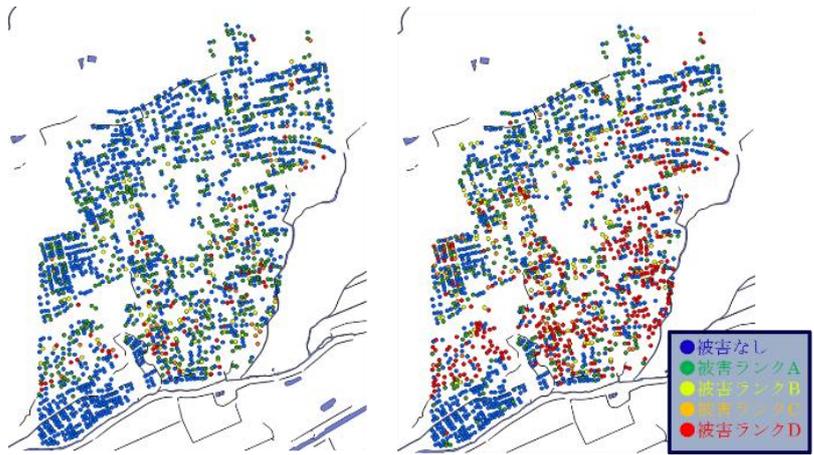


図-2 前震後(左), 本震後(右)の被害

表-1 被害判定指標

被害区分	被害なし	被害ランクA	被害ランクB	被害ランクC	被害ランクD
損傷面積割合 R (%)	R=0	0<R<30	30≤R<50	50≤R<70	70≤R
Damage Grade	D0, D1	D2	D3	D3	D4, D5

表-2 建物被害の進行状況

前震後被害	本震後被害				
	被害なし	被害ランクA	被害ランクB	被害ランクC	被害ランクD
被害なし	78.0%	14.5%	0.5%	0.2%	6.8%
被害ランクA	-	37.1%	19.2%	10.3%	33.4%
被害ランクB	-	-	17.1%	29.3%	53.7%
被害ランクC	-	-	-	22.2%	77.7%
被害ランクD	-	-	-	-	100.0%

3. 地盤の震動特性の評価

表2に示すように前震によって被害を全く受けていないにも関わらず、本震によって倒壊・全壊相当の被害を受けたことには地震動以外にも被害を引き起こす原因があると考えられる。そのため、建物の建築年代や構造による違いだけでなく、地形や地盤の特性などを考慮して被害原因の検討が必要と考えられる。そこで、対象範囲の常時微動測定を行い、H/Vスペクトル法から地盤の一次児湯周期を面的に算出した。対象範囲の観測地点分布を図-3に示す。観測地点の間隔は約100mであるが、地盤の変化を評価するためには十分な間隔であると考えられる。H/Vスペクトル法とは、ある点で計測した微動の水平方向スペクトルを鉛直方向スペクトルで除したスペクトル比のピーク振動数からその地点の地盤の卓越振動数を求める方法である²⁾。微動の計測時間は180秒であり、サンプリング周波数100Hzで測定を行った。FFT(高速フーリエ変換)解析では計測データを20秒ごとの2000データを切り出し、S/N比の

低いデータセットは解析対象から除外した。H/V スペクトルは各セットを単純平均し、卓越振動数を読みやすくするためにバンド幅 2.5Hz（片側 1.25Hz）の平滑化を行った。図-4 に得られた卓越振動数の分布結果を示す。特に建物の被害ランクに差が見られた秋津川の西側と東側では卓越振動数が異なっていることがわかる。

4. まとめ

垂直写真を用いた家屋被害の進行状況の推定により、前震後から本震後にかけて建物の被害が進行していることが確認できた。そして被害が進行している建物の多くが前震で被害を受けることで耐震性能が低下し、本震によって再び強い揺れを受けたことによるものだと考えられる。一方で前震では「被害なし」判定から一気に「被害ランク D」と判定される建物も確認された。そして常時微動測定により地盤の卓越振動数を算出した結果、秋津川付近での建物被害の大きさによる卓越震動数の違いが確認された。そのため建物被害原因には地盤特性の影響があることがわかった。



図-3 対象地域の観測地点分布

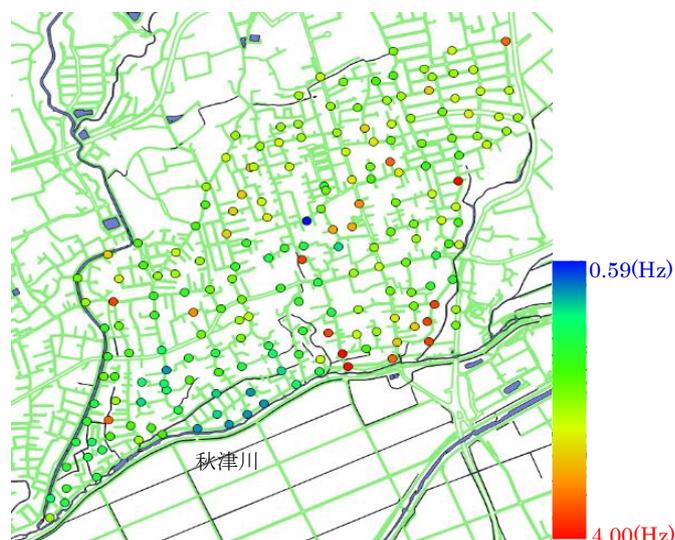


図-4 各地点の卓越振動数

参考文献

- 1) 岡田成幸・高井伸雄：地震被害調査のための建物分類と破壊パターン，日本建築学会構造系論文集，第 524 号，65-72，1999
- 2) 中村 豊：常時微動計測に基づく表層地盤の地震動 特性の推定，鉄道総研報告 Vol.2，No.4，pp.18-27，1988.