

熊本県益城町中心部の微動特性と地盤構造に関する一考察

正会員 ○新井 洋*1 同 上林 宏敏*2
同 柏 尚稔*3

2016年熊本地震 S波速度構造
建物被害率 基盤段差
微動 H/V スペクトル 方位依存性

1. はじめに

2016年熊本地震による益城町中心部の甚大な建物被害のメカニズムを解明する上で、この地域の地盤特性を適切に把握する必要がある。そこで、既往の地盤調査に加えて、地盤特性に関する基礎的データを収集する目的で、微動の移動1点観測を多地点で行い、H/V スペクトルについて検討した。

2. 微動のH/V スペクトルと建物被害率および地盤構造

図1の濃淡は、日本建築学会九州支部が行った悉皆調査のうち倉庫や神社等を除く2340棟の建物(うち木造1955棟)の大破率の分布¹⁾を示している。この地域の被害率に差異が見られた範囲を概ね網羅するよう、同図に○印で示す138地点で、微動観測を行った。観測では、固有周期2sの3成分速度計を用いた。各地点で得られた微動データに対して、文献2の方法によりH/V スペクトルを求めた。図2に、代表的な4地点のH/V スペクトルを黒実線で示す。H/V スペクトルには、多くの場合、比較的明瞭な単一のピークが見られるが、複数のピークが見られる場合(Site Q)もある。図1には、各地点のH/V スペクトルの最大ピークを示す周期 T_p の分布も示している。 T_p は、0.2-1.2sの範囲で、場所により異なっている。

微動H/V スペクトルの最大ピーク周期 T_p と、その観測地点を含む1/16地域メッシュ¹⁾および周囲8メッシュの計3×3メッシュの範囲に位置する建物の棟数ならびに被害率(大破率・倒壊率)との関係を図3に示す。 T_p に対して、建物棟数は20-

80程度の範囲で概ね均等に分布しているが、被害率には多少の偏りが見られる。ただし、その偏りが明瞭に見られるのは $T_p > 0.9s$ 程度の場合に限られる。また、図4には、震災後の掘削調査と微動探査³⁾⁴⁾による5地点の深さ60-70m程度までの土質分布とS波速度構造を示す。図1との対比から、Site AとMおよび町役場とKiK-net益城の地盤構造は似ているが、周辺の被害様相は大きく異なる。すなわち、微動H/V スペクトルや地盤構造を建物被害と直接的に関係づけることは難しい。

3. H/V スペクトルの方位依存性と地盤構造の不規則性

図2には、各地点の観測H/V スペクトルを求める過程で得られたNS/UDおよびEW/UDの観測スペクトル比を赤実線および青実線で示している。図2(a)-(c)の緑点線は、図4の地盤構造モデルから計算した表面波の理論H/V スペクトル²⁾である。

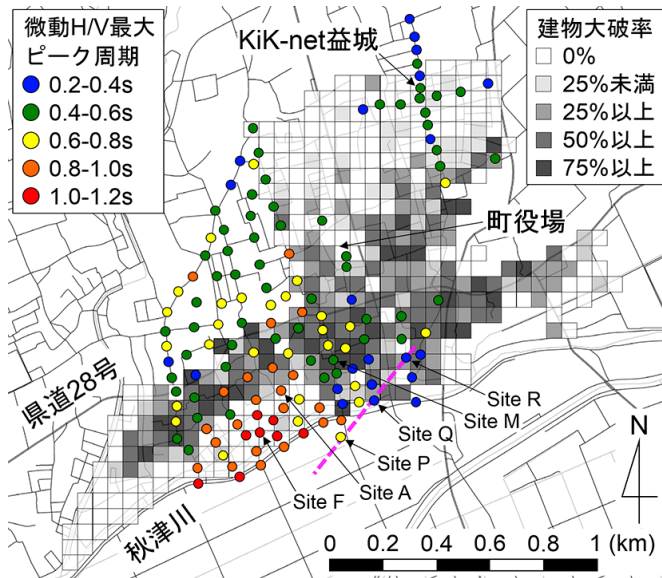


図1 益城町中心部における建物大破率の分布¹⁾および微動の観測地点とH/V スペクトルの最大ピーク周期 T_p の分布

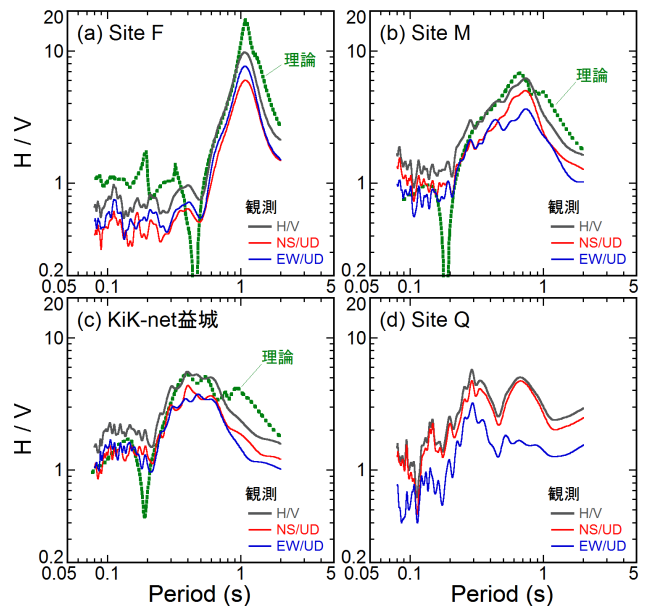


図2 代表的な4地点の観測された微動および表面波の理論H/V スペクトル

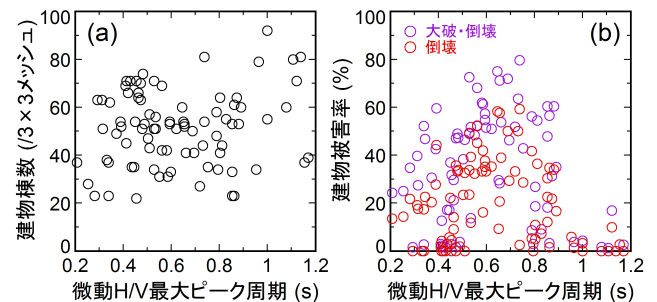


図3 微動H/V スペクトルの最大ピーク周期 T_p と建物被害率との関係

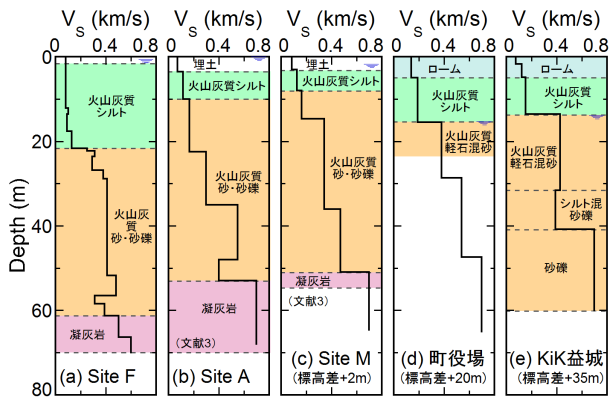


図4 掘削調査と微動探査^{3),6)}による5地点の土質分布とS波速度構造

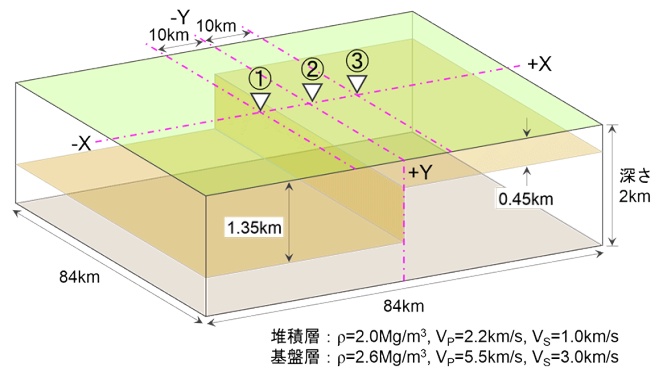


図5 上林ら⁷⁾の基盤段差のある地盤構造モデル

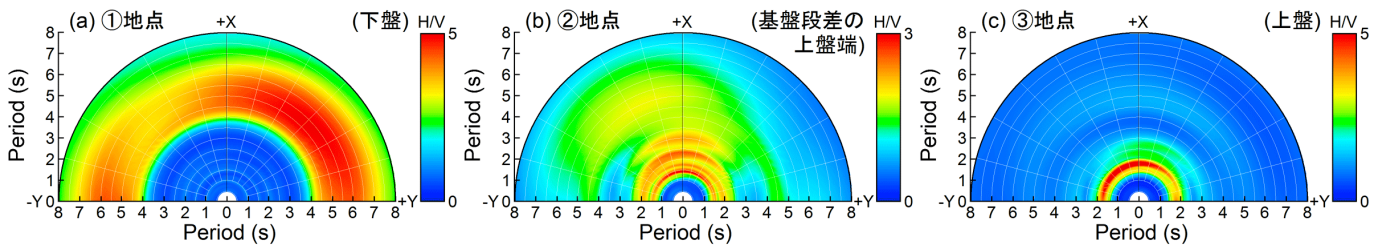


図6 図5の地盤構造モデルの①②③地点における模擬微動H/Vスペクトルの方位依存性

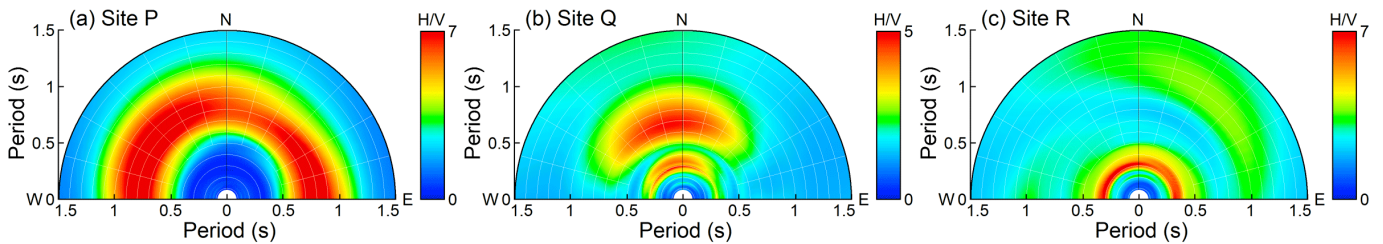


図7 図1の益城町中心部のSite P, Q, Rにおける観測微動H/Vスペクトルの方位依存性

これらの地点では、NS/UD と EW/UD の観測スペクトル比に大きな違いは見られず、いずれの観測 H/V スペクトルも理論 H/V スペクトルにより説明できる。この場合、当該地点の地盤の S 波速度構造は概ね水平成層と考えられる。一方、Site Q (図 2(d)) のように、観測 H/V スペクトルに複数ピークが見られた地点の近傍では、NS/UD と EW/UD の観測スペクトル比に大きな違いが見られた。この場合、当該地域の S 波速度構造が水平成層でない可能性が想像される。

この可能性を検討するため、上林ら⁷⁾による基盤段差のある地盤構造モデル (図 5) を用いた模擬微動の 3 次元 FDM 解析データを参照する。図 6 に、図 5 の地盤構造モデルの基盤段差を跨ぐ①②③地点の模擬微動 H/V スペクトルを示す。この際、水平動を 5 度刻みで回転し、各動径方向の H/V スペクトルを連続的にカラー描画している。図 7 に、益城町中心部で NS/UD と EW/UD の観測スペクトル比に大きな違いが見られた地域の 3 地点 (Site P, Q, R: 図 1 の紫鎖線上) の微動 H/V スペクトルを、図 6 と同様の方法で示す。図 6, 7 の対比から、両者の対象地盤の深さ・周期は異なるが、H/V スペクトルの方位依存性は概ね相似の関係にある。すなわち、上林ら⁷⁾の基盤段

差の下盤・上盤の①③地点 (図 6(a), (c)) と益城町中心部の Site P, R (図 7(a), (c)) では、H/V スペクトルに方位依存性はなく、単一のピークが見られる。一方、基盤段差の上盤端の②地点 (図 6(b)) と Site Q (図 7(b)) では、H/V スペクトルに方位依存性があり、特定の方角に 2 番目のピークが現れる。以上より、Site P, Q, R の近傍では、地盤の S 波速度構造に基盤段差のある可能性が推察される。この可能性は、近傍の Site F, A の地盤構造 (図 4(a), (b)) に見られる火山灰質砂・砂礫層と凝灰岩層の上面深さの 10m 程度の差異と関係があるかもしれない。

4. まとめ

甚大な建物被害の生じた益城町中心部の微動特性と地盤構造に関して、次の知見を得た。1) 微動 H/V スペクトルや地盤構造を建物被害と直接的に関係づけることは難しい。2) H/V スペクトルに方位依存性がある地域では、地盤の S 波速度構造に基盤段差のある可能性が推察される。

【参考文献】1) 国土省, 建研: 熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会 報告書, 29-38, 2016. 2) Arai and Tokimatsu: BSSA, **94**(1), 53-63, 2004. 3) 吉見ほか: DPRI 研究発表講演会, A05, 2017. 4) 新井, 柏: AIJ 大会, 構造 II, 253-254, 2017. 5) 新井, 柏: JAEE 大会, P4-3, 2017. 6) Arai and Kashiwa: 16ECEE, Paper ID 11255, 2018. 7) 上林ほか: AIJ 大会, 構造 II, 337-338, 2017.

*1 建築研究所 構造研究グループ 上席研究員・博士(工学)

*2 京都大学 複合原子力科学研究所 准教授・博士(工学)

*3 国土技術政策総合研究所 建築研究部 主任研究官・博士(工学)

*1 Chief Research Engineer, Building Research Institute, Dr. Eng.

*2 Assoc. Prof., Kyoto Univ., Dr. Eng.

*3 Senior Research Officer, Building Dept., NILIM, Dr. Eng.