

神戸大学工学部

学生会員

○中田遼介

神戸大学都市安全研究センター

正会員

長尾毅

1. 研究の背景・目的

2016 年に発生した熊本地震は熊本県熊本地方を震央とし、布田川・日奈久断層帯を震源断層とした一連の地震である。2016 年 4 月 14 日に発生した前震で、熊本県益城町において最大震度 7 を記録した。さらに、同年 4 月 16 日に同地方で本震が発生し、熊本県西原村と益城町で最大震度 7 を記録した。同地点で震度 7 が二度観測されたことは観測史上初であった。益城町では甚大な被害が発生したが被害状況は一様ではなかった。長尾ら¹⁾はその被害状況は地盤条件の違いによるものとして益城町における地盤構造の推定を行い、非線形地震応答解析によって各地点の地震動を評価した²⁾。本研究ではさらに多地点での地盤構造の推定を行い、より面的な地盤震動の評価を目的としている。

2. 益城町における地盤構造の推定

本研究では、益城町で 2016 年 7 月、9 月と 2017 年 10 月に行った単点観測、アレイ観測の 2 種類の常時微動観測のデータや益城町周辺のボーリングデータ³⁾を用いて各観測点の地盤構造の推定を行った。地盤構造の推定は合計 33 点で行った。各観測点において H/V スペクトルと位相速度の観測値と整合する地盤構造を推定した。

3. 非線形有効応力地震応答解析

本研究では、一次元有限要素法による非線形有効応力解析を行った。用いた解析コードは FLIP⁴⁾である。推定した地盤構造をもとに 1 次元の解析モデルを作成し、内部摩擦角などの地盤定数を設定した。また、入力地震動として

KiK-net⁵⁾の観測点 KMMH16 の地震動データをもとに工学的基盤に引き戻した入射波²⁾を使用した。

4. 解析結果

構造物被害に関して加速度よりも速度の方が相関が高いことから速度の解析結果を示す。JA9 が特に被害が甚大であった地点であり、JA14, JA18 では S 波速度が 100m/s 未満の超軟弱地盤が厚く堆積しているにも関わらず被害は少なかった。この要因を考察するため KiK-net の観測点である JA7 を含めた 4 点に特に着目した解析結果を示す。

4.1 最大速度・PSI 値

各観測点における最大速度と常時微動 H/V スペクトル卓越周波数の相関に関して卓越周波数が小さいほど最大速度は大きい傾向が見られた。しかし、本震の EW 成分に関してはそのような傾向は見られずその要因として、本震 EW 成分は特に揺れの規模が大きかったため軟弱地盤で非線形化の程度が大きかったことが考えられる。また、PSI 値⁶⁾に関しては最大速度同様の傾向が見られた。しかし、最大速度よりも相関が強くなった。本震 EW 成分における最大速度と PSI 値の卓越周波数との相関を図-1 に示す。

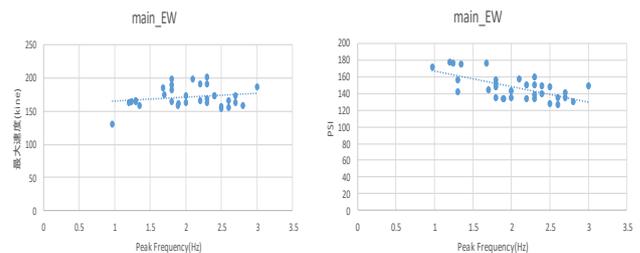


図-1 最大速度、PSI 値と卓越周波数との相関

4.2 せん断ひずみ

図-2にJA7, JA9, JA14, JA18の工学的基盤以浅の層における最大せん断ひずみの深度分布を示した。

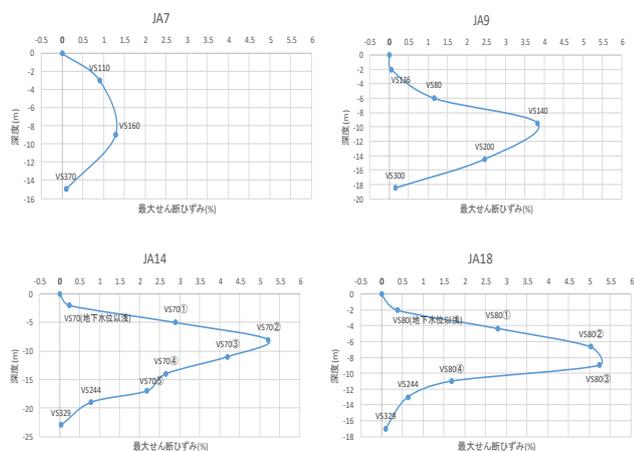


図-2 最大せん断ひずみ深度分布

JA14のS波速度70m/sの層, JA18のS波速度80m/sの層で, それぞれ地表面に近づくにしが最大せん断ひずみが約5%を超えかなり大きくなった。せん断ひずみが大きくなり剛性が小さくなることで地表における地震動エネルギーが小さくなったこと。また, 表層が粘土層で液状化しなかったことがJA14, JA18での被害が少なかった要因の1つと考えられる。

4.3 速度フーリエスペクトル

図-3にJA7, JA9, JA14, JA18の各地震応答の速度フーリエスペクトルを示す。

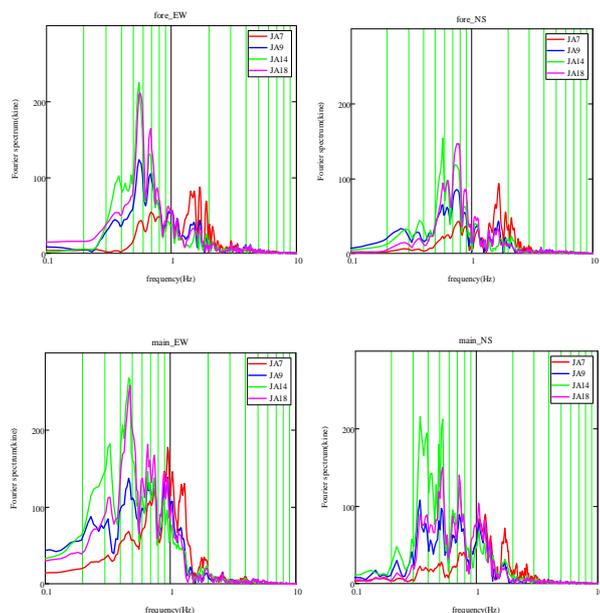


図-3 速度フーリエスペクトル

構造物の被害との相関が高い周波数は0.5~1.0Hzと言われておりJA14, JA18での卓越周波数は特に本震東西方向でややずれている。このこともJA14, JA18で構造物被害が少なかった要因の1つと考えられる。

5.まとめ

各項目における解析結果によりJA14, JA18での被害が少なかった要因としてせん断ひずみが大きくなったこと, 表層で液状化しなかったこと, フーリエスペクトルの卓越周波数がずれていたことなどが考えられた。今後の課題として各観測点を中心とした2次元モデルを作り1次元モデルとの解析結果の比較を行う必要がある。

謝辞: KiK-netのデータを使わせていただいた防災科研に感謝いたします。

参考文献

- 1) 長尾毅, Tara Nidhi Lohani, 福島康宏, 伊藤佳洋, 北後明彦, 尾茂淳平: 2016年熊本地震による益城町の地震被害と地盤震動特性の相関に関する研究, 土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol. 73, No. 4, p. I_294-I_309, 2017
- 2) 長尾毅, 柴田大介: 動的解析による2016年熊本地震における益城町の地震動評価, 第37回地震工学研究発表会, 2017
- 3) 吉見雅行, 秦吉弥, 後藤浩之, 細久卓志, 森田祥子, 徳丸哲義: 熊本県益城町の2016年熊本地震被害集中域におけるボーリング調査結果(速報), 日本活断層学会2016年度秋季学術大会, P-17, 2016
- 4) 森田年一, 井合進, Hanlong Liu, 一井康二, 佐藤幸博: 液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメタの簡易設定法, 運輸省港湾技術研究所港湾技研資料No.869, 1997
- 5) (独)防災科学技術研究所: 強震観測網 <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/>
- 6) 野津厚, 井合進: 岸壁の即時被害推定に用いる地震動指標に関する一考察, 第28回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, pp.18-19, 2001