

2016 年熊本地震被害集中域の表層凝灰質土の非線形挙動による地表応答への影響

東電設計株式会社 正会員 ○新垣 芳一
東電設計株式会社 正会員 栗田 哲史

1. はじめに

2016 年熊本地震では、家屋倒壊などの甚大な被害が益城町市街地の狭い範囲に集中して発生した。その要因の 1 つとして地震動の表層地盤増幅特性、特に非線形応答による影響が示唆されている。そこで、著者らは地震発生の約半年後に、当該地域（図 1 の GS-MSK-1 極近傍）で深度 40m までの不攪乱試料を採取し、表層に分布する凝灰質土の物理特性と動的変形特性を室内土質試験より求めた¹⁾。本稿ではその試験結果を用いて 1 次元地盤応答解析を行い、被害集中域との関係について検討した。

2. 対象地点と 1D 解析モデル

本稿では被害集中域周辺の地震観測点 KMMH16 (KiK-net 益城) と吉見他³⁾によるボーリング調査地点 (GS-MSK-1 ~3) の計 4 地点を対象に、本震の EW 方向の 1 次元等価線形解析を実施した (図 1)。対象地点の PS 検層を基に作成した地盤モデルを図 2 に示す。ただし、KMMH16 については栗田⁴⁾の弱震動記録の逆解析で同定したモデルを使用した。入力地震動は工学的基盤における 2016 年熊本地震の加速度応答スペクトル (減衰 5%) 推定式⁵⁾に基づいて評価し、基盤の位置は推定式の条件に合わせて、ある程度厚い S 波速度 300m/s 以上の砂礫層または堆積岩層に設定した。現地の試料の試験結果よりモデル化

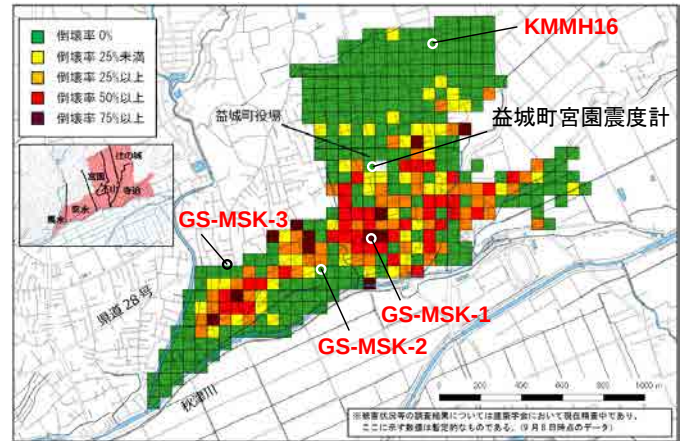
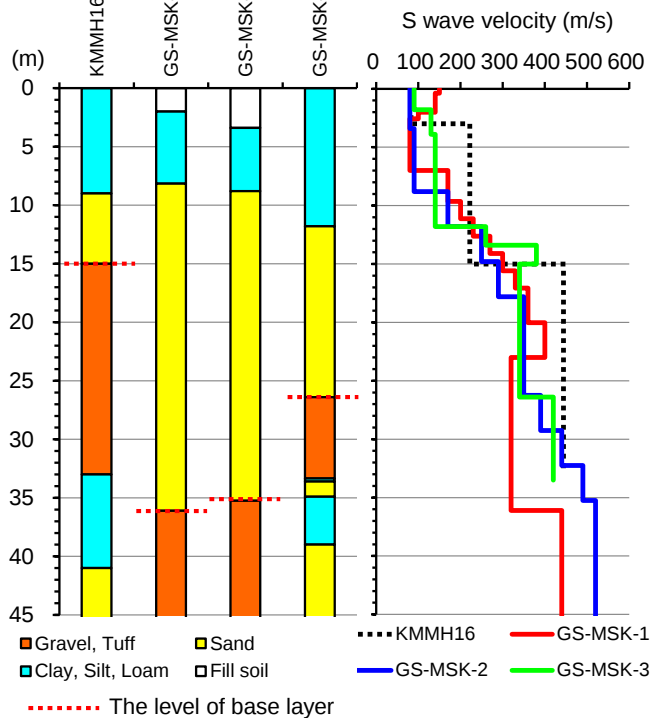
図 1 倒壊率の分布²⁾と解析対象地点 (赤)

図 2 解析モデルの土質柱状図と S 波速度構造

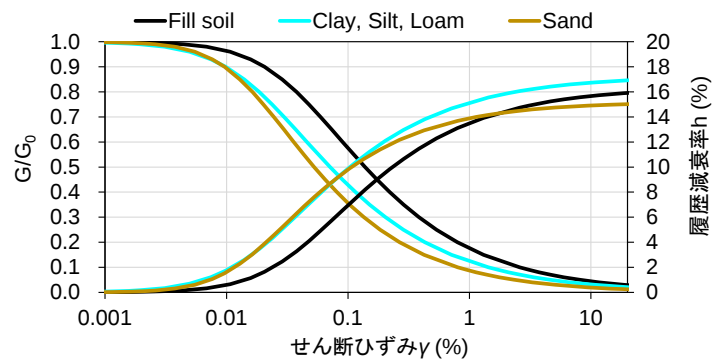
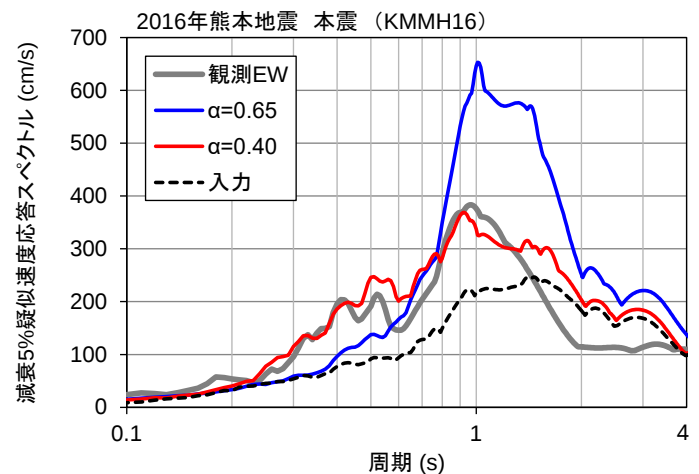


図 3 現地で採取した不攪乱試料の動的変形特性

図 4 有効ひずみの係数 α の調整 (観測記録との比較)

キーワード 2016 年熊本地震, 凝灰質土, 動的変形特性, 表層の増幅特性, 等価線形手法

連絡先 〒135-0062 東京都江東区東雲 1-7-12 KDX 豊洲グランスクエア 9F 東電設計株式会社 TEL 03-6372-5621

した動的変形特性を図3に示す。ただし、盛土については吉見他⁶⁾によるGS-MSK-2の試験結果を使用した。凝灰質土と凝灰質砂のひずみ依存曲線が概ね類似しているのが特徴的である。等価線形解析で用いる有効ひずみの係数 α については、本震記録が得られているKMMH16を対象に観測記録と解析結果を比較することで設定した。図4に示すように、本稿では係数の値として0.4を使用した。

3. 解析結果と考察

地表の応答結果を周辺の観測記録と共に表1に示す。最も被害が甚大であったGS-MSK-1(図1)での地震動強さが最大となり、解析結果は実際の被害と対応しているといえる。図5に地表の減衰5%の疑似速度応答スペクトルを、過去に甚大な建物被害をもたらした強震記録と共に示す。GS-MSK-3は益城町宮園震度計と近い結果となった。GS-MSK-1とGS-MSK-2は卓越周期が約1.6秒でほぼ一致しており、既往の地震よりもやや長周期となったが、その応答は大きく上回っている。また図に比較として示した線形解析の結果より、表層凝灰質土の非線形挙動が建物に大きな被害を引き起こす1-2秒応答⁷⁾の増幅に寄与していることが確認できる。従って、益城町の被害集中域の要因として表層地盤の非線形増幅特性が大きく影響していると考えられる。

謝辞

本研究では防災科学研究所のKiK-netの地震記録および地盤データを使用しました。関係機関の皆様に謝辞を表します。

参考文献

- 1) 新垣芳一, 吉見雅行, 後藤浩之, 栗田哲史, 佐藤恭兵, 細矢卓志, 荒井靖仁, 森田祥子 (2017): 益城町の2016年熊本地震被害集中域の表層に分布する凝灰質土の物理特性・動的変形特性, 土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol.73, No.3, pp.552-559.
- 2) 国総研 (2016): 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.
- 3) 吉見雅行, 秦吉弥, 後藤浩之, 細矢卓志, 森田祥子, 徳丸哲義 (2016): 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年度秋季学術大会予稿集, Paper No.P17.
- 4) 栗田哲史 (2017): KiK-net 益城における2016年熊本地震の記録に基づく表層地盤の非線形増幅特性, 土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol.73, No.4, pp. I_74-I_82.
- 5) Kurita, T. (2018): Attenuation relations of strong ground motions in the 2016 Kumamoto earthquake sequence, 16th European conference on earthquake engineering (in printing).
- 6) 吉見雅行, 後藤浩之, 秦吉弥, 吉田望 (2017): 益城町市街地の2016年熊本地震被害集中域における非線形地盤応答特性, 平成28年度京都大学防災研究所研究発表講演会, No.A05.
- 7) 境有紀, 汐満将史, 神野達夫 (2016): 建物被害の観点から見た地震動の性質, 第44回地盤振動シンポジウム, pp.47-54.

表1 地表の地震動強さ (EW 方向)

データ	地点	SI値	PGV cm/s
観測	益城町宮園震度計	196	181
	KMMH16	135	132
解析結果	KMMH16	147	109
	GS-MSK-1	226	202
	GS-MSK-2	209	193
	GS-MSK-3	210	183

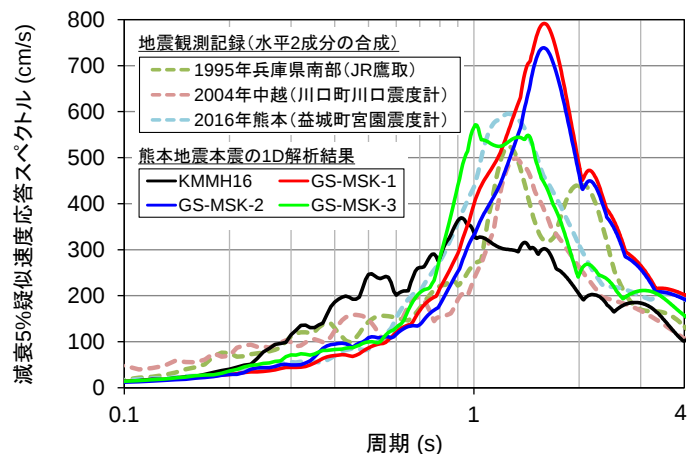


図5 地表の減衰5%疑似速度応答スペクトル (数値解析結果と既往の強震記録との比較)