

2016 年熊本地震における秋田配水場周辺地盤の地震時挙動の推定

Estimation of earthquake behavior of ground around Akita Water Distribution in The 2016 Kumamoto earthquakes

長岡技術科学大学大学院 学生会員 根本 峻
 長岡技術科学大学 正会員 池田 隆明

1. はじめに

熊本市東区の秋田配水場のポンプ建屋は 2016 年に熊本で発生した 4 月 14 日の Mj6.5 (以下, 前震) と 4 月 16 日の Mj7.3 (以下, 本震) の地震により, 地盤の影響による被害が生じた. この被害は地盤に鉛直方向の相対変位 (以下, 相対変位) が発生したことに起因すると考えられている. 本研究では当該地点の地盤の相対変位の原因を明らかにすることを最終的な目標とし, 今回は限られたデータを用いて, 当該地点の地盤モデルを作成したのち, 一次元等価線形解析を用いて地盤の地震時挙動の推定を行った.

2. 秋田配水所の被害状況と原因

秋田配水場は本震の起震断層と考えられる布田川断層の北側に位置している. 被害状況を図-1 に示す. 秋田配水場の被害と原因は Konagai et al.¹⁾によって明らかにされており, 当該地域で地盤沈下が発生し, そこにいくつかあるポンプ建屋が方向性を持たずに 1°から 2°の範囲で傾いた. このことより, この被害は地表面の沈下による被害とは考えにくく, 四隅の杭基礎がおよそ 20m の深さで固定されている支持層とケーシングパイプの先にある深さがおよそ 170m から 200m の取水層の間に相対変位が生じ, 支持層は下がったが取水層は下がらず, またケーシングパイプが杭のような役割をしたため, ポンプ建屋の傾きが生じたと考えられている. 本検討ではこの考えをもとに, 支持層以下の地盤状況を解析的に明らかにすることを目的とする.

3. 地盤のモデル化

表-1 に検討対象地点の地盤調査結果に基づき設定した地震応答解析に用いる地盤モデルを示す. 各層の層厚はボーリング柱状図から設定した. 田尻らの研究より²⁾, 当該地点には阿蘇火砕流堆積物と砥川溶岩が堆積し, 土質構造や堆積順序がボーリング図と同じで

表-1 秋田配水場の地盤モデル

土質区分	S波速度 (m/s)	密度 (t/m ³)	深さ (m)	厚さ (m)
火山灰質粘土	50	1.57	5	5
	130	1.57	13	8
	210	1.57	16	3
凝灰砂質シルト	390	1.57	26	10
凝灰質シルト	270	1.57	30	4
	320	1.57	35	5
	400	1.57	42	7
凝灰質砂	400	1.71	49	7

図-1 秋田配水場ポンプ建屋の被害状況¹⁾

あるため, 16m から 35m 地点までは阿蘇火砕流堆積物とし 35m 以深は砥川溶岩と推測した. また基盤は G.L.-49m の凝灰質砂層とした. 密度は新垣らが熊本県益城町で実施した地盤調査結果³⁾に基づき設定した.

当該地点では PS 検層が行われていないため, 16m 地点までの火山灰質粘性土のせん断波速度 (V_s) は道路橋示方書⁴⁾に示された関係式を用いて推測し, また阿蘇火砕流堆積物層の V_s には中田の式⁵⁾を用いた. 砥川溶岩に関しては中田の調査結果⁵⁾をもとに $V_s=400\text{m/s}$ とした.

地震応答解析コードには DYNEQ (Version 3.36)⁶⁾を用い, 地盤内の最大ひずみを明らかにするため, 秋田配水場における地盤中の土のせん断ひずみとせん断剛性

キーワード 地震応答解析, 2016 年熊本地震, 一次元等価線形解析, KiK-net 益城

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学院 E-mail s163304@stn.nagaokaut.ac.jp

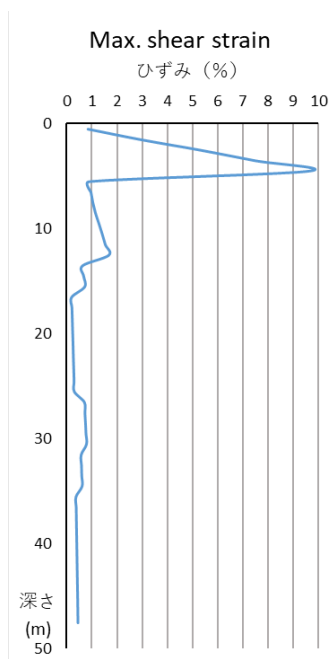


図-2 最大せん断ひずみの深度分布 (EW 成分)

の関係を等価線形的に評価した。またモデル内の火山灰質土の動的変形特性は新垣らの動的変形特性³⁾を用いた。

当該地点では地震動が観測されていないため、KiK-net 益城(KMMH16)⁷⁾の地中記録を用いた。具体的には、KMMH16 の地盤モデルを作成し、秋田配水場の地盤モデルにおける基盤と KMMH16 の深度 51m 地点にある砂層以深の地下構造は同じであると仮定した。その上で、地震動を KMMH16 の地盤モデルに作用させ、砂層で解析された加速度波形を秋田配水場の基盤に入力する加速度波形とした。

本検討では観測地点周辺の地表面の地震動観測記録である K-NET 熊本(KMM006)と嘉島町役場の観測記録より、一番大きな地震動が当該地点で観測されたと考えられる本震の EW 成分、NS 成分の地中記録を用いた。

4. 解析結果(本震のひずみ)

解析結果の一例として図-2 に EW 成分の加速度波形を用いた際の最大せん断ひずみの深度分布を示す。G.L.-15m 以浅に 1%を超えるような大きなせん断ひずみが発生している。また支持層以深にもおよそ 0.3%から 0.8%程度のせん断ひずみが発生している。そのため、ポンプ建屋の傾斜を引き起こしたと考えられる支持層と取水層との間の沈下は特定の層で集中して発したのではなく、小さな圧縮ひずみが全体にわたって発生した結果生じた可能性も否定できない。同様の傾向は

NS 成分の加速度波形を用いた際も見られた。

5. まとめ

秋田配水場のポンプ建屋には地震動により支持層よりも深い層におよそ 0.3%から 0.8%のひずみが生じており、このことより支持層以下の地盤に変状が生じた可能性があることがわかった。今回は等価線形解析を行ったため、今後は非線形解析による解析制度の向上を図りたい。また、周辺のボーリング調査結果を集めるなどしてさらに資料を収集し、沈下の原因究明を図っていきたい。

謝辞

本研究では防災科学技術研究所 KiK-net、K-NET の観測記録と嘉島町役場の観測記録を使用し、秋田配水場の地盤調査結果は熊本市上下水道局に提供いただきました。

参考文献

- 1) Kazuo KONAGAI, Masataka SHIGA, Takashi KIYOTA, Takaaki IKEDA: Ground deformation built up along seismic fault activated in the 2016 Kumamoto earthquake, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser.A1 (Structural Engineering & Earthquake Engineering (SE/EE)), Vol. 73, No. 4, I_208-I_215, 2017.
- 2) 田尻要, 中山洋, 荒牧昭二郎, 古澤二, 今泉繁良: 地盤情報データベースを用いた熊本市域における地下構造の解明, 応用地質, Vol 39, No. 4, pp. 346-351, 1998.
- 3) 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: 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, 2017.
- 4) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2017.
- 5) 中田卓: 熊本平野東部地域の工学的基盤面と N 値について, 全地連技術フォーラム 2015 論文集, 論文 No62, 2015.
- 6) 吉田望: DYNEQ A computer program for dynamic response analysis of level ground by equivalent linear method, 東北学院大学工学部, https://www.kiso.co.jp/yoshida/Japanese_02.html
- 7) 防災科学技術研究所: 強震観測網 (K-NET, KiK-net), <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin>