

2016年熊本地震での火砕流堆積地盤の地震時挙動の検討

長岡技術科学大学大学院
長岡技術科学大学

根本 峻
池田 隆明

1. はじめに

2016年4月14日21時26分に熊本地域で発生した熊本地震によって被害が発生した地域は、阿蘇山の噴火によって生成された火砕流堆積地盤に覆われており、被害原因の多くは火砕流堆積地盤が影響している可能性があると考えられている。被害が確認された地点の1つである秋田水源地および沼山津水源地（以下、水源地）の取水用のポンプ建屋は4本の杭に支持されているにも関わらず、最大2°の傾斜が発生する被害が確認された。熊本地方は南海トラフ沿いの大地震が発生した際に強い地震動が生じると考えられており¹⁾、地震時に水源地が再び同じような被害が生じる可能性は否定できない。



図-1 秋田水源地取水棟の被害状況

本研究では最終目的を水源地で発生したポンプ建屋の被害原因の解明とし、検討の第一段階として水源地の地震時挙動を明らかにすることを目的とした。具体的には、水源地の地震時挙動を地盤の地震応答解析を用いて解析的に明らかにした。

2. 秋田配水所の被害状況と原因

水源地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。水源地の被害と原因はKonagai et al.²⁾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、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およそ100m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考えられている。

3. 秋田水源地の地震時挙動の検討

秋田水源地で入手できた1本のボーリング調査をもとに、地盤モデルを作成し、地盤の地震時挙動を推定した。解析手法は現地の詳細な地盤調査結果がなかったため、次元の等価線形解析であるDYNEQ³⁾を用いた。解析に利用する地震動は前震時のMj6.5の地震動と本震時のMj7.3の地震動である。本来、水源地の地震時挙動を推定する場合、取水棟のケーシングパイプを含む深さ100m~200m弱までのモデル化が好ましいが、現地の詳細な土質試験結果が入手できたのが、深さ50mまでだったため、本検討では深さ50m地点に存在する砥川溶岩層を入力基盤とし、地盤モデルを作成した。

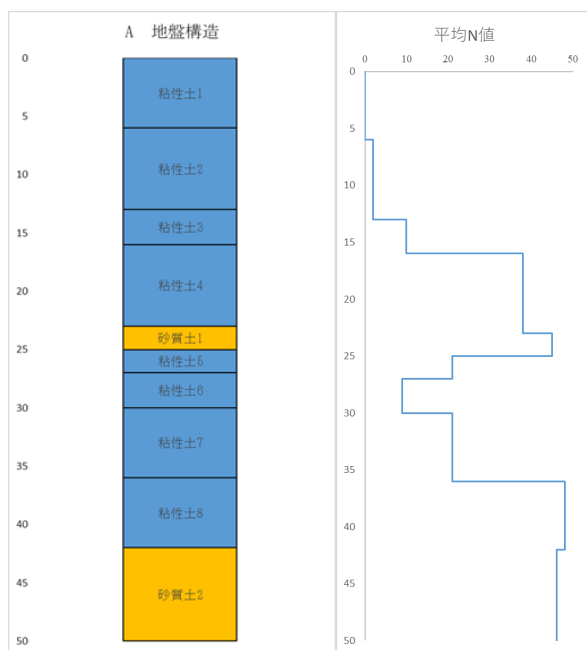


図-2 両地点の地盤構造と標準貫入試験結果

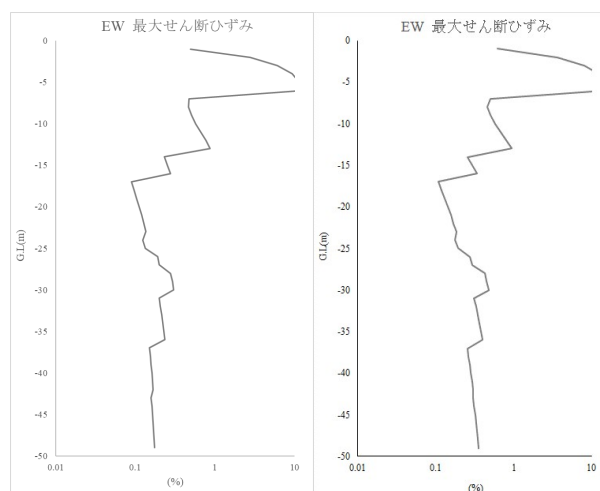


図-3 前震時のポンプ塔のせん断ひずみ（左）と本震時のせん断ひずみの深度分布（右）

(1) 地盤モデルの作成

解析対象地点である水源地で実施されている試験は標準貫入試験とボーリング調査がそれぞれ2本ずつあり、100mほど離れている。それぞれの地盤構造を図-2に示す。両地点はさほど距離が遠くないのに関わらず、地盤構造が異なった。そのため、どちらの地盤調査結果を用いるか検討を行った。なお、解析に必要なパラメータは水源地で実施された試験だけでは不十分であったため、既往の研究結果を利用した。

ボーリングデータの選択

ボーリングデータを選択する際は、それぞれの支持層以下の標準貫入試験結果の値の軟弱層とそれ以外の層に着目し、値の差が大きい方のボーリングデータの地盤モデルを作成した。理由は、支持層以下の軟弱層の沈下原因を、火砕流堆積物の特徴である空隙を多く含む構造が地震時に破碎し、空隙部分がなくなって沈下したと仮定した場合、地震時のせん断ひずみが影響を及ぼすと考えた。そのため、標準貫入試験結果の軟弱層とそれ以外の層の値の差が大きい方のボーリングデータをもとに地盤モデルを作成した。

(2) 解析結果

図-3 前震時、本震時の深度分布のせん断ひずみを示す。前震時・本震時の地震時挙動の比較では、支持層以下に0.1%を超えるひずみが発生していた。前震時にはおよそ0.3%、本震時には0.5%であった。本震時には最大ひずみを記録した層では10秒近く0.1%を超えるせん断ひずみが観測されており、瞬間的にひずみが生じたというより、継続的に強いひずみが発生したと言える。もし仮に、これらのひずみで沈下が生じた場合、ゆっくりとした沈下のため、実現象をうまく再現できていると考えられる。

4. 今後の課題

本検討では地震時挙動の推定にとどまっており、この結果は水源地の被害要因を直接解明するものではない。そのため、今後は地震応答解析結果の地盤に生じたせん断ひずみをもとに今後の被害原因の究明を行おうとともに、被害に至る破壊基準を明らかにする必要がある。

謝辞

秋田配水場の地盤調査結果は熊本市上下水道局に提供していただきました。防災科学技術研究所の強震観測網 KiK-net の地震動記録と関連データ⁴⁾を使用させていただきました。

参考文献

- 1) 国土交通省 気象庁：南海トラフ地震で想定される震度や津波高さ，
<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/nteq/assumption.html> (2020.01.09 閲覧) .
- 2) 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.
- 3) 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
- 4) 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/>
(2020.01.06 閲覧) .