

三次元動的解析による大規模地下浄水場の地震時応答の検討

弘前大学	非会員	三浦 千穂
弘前大学	フェロー会員	○有賀 義明
弘前大学	非会員	阿部 広樹
札幌市	正会員	猪子 敬之介

1. まえがき

水道施設は、生活・産業に必要不可欠なライフラインの一つであり、大地震時の水道システムの安定的な機能維持が重要となる。2011 年東北地方太平洋沖地震では、水道施設に被害が生じ長期間の断水が発生した。また、水道施設の多くは高度成長時代に建設されているため、高経年化した多数の水道施設が更新時期を迎えている。我が国では、今後も大地震の発生が想定されており、水道施設の耐震性能の確認と耐震化が重要な課題となっている。ここでは、水道施設を対象に、耐震性能評価技術の精度・信頼性の向上と地震対策技術の合理化を目的として、三次元動的解析により地下浄水場の地震時応答について基礎的な検討を行った。

2. 三次元動的解析による検討

2.1 概要

改修計画が進められつつある水道施設を対象に、地下浄水場と周辺地盤を連成させた解析モデルを作成し、地下浄水池の地震時応答について検討した。

2.2 三次元動的解析モデル

解析対象とした地下浄水場は、地表から土被り 0.5 m の位置にあり、地下 2 階・地上 1 階建である。地下 1 階と地下 2 階は吹き抜けとなっており、内部は柱と耐震壁により構成されている。図-1 は地下浄水場と周辺地盤の連成モデルであり、図-2 は地下浄水場のみを表示した図である。図-3 は地下浄水場の内部のモデル化の状況を示す。周辺地盤については、現地状況を参考に 2 層の水平成層地盤とし、長さ 214m、幅 142m、深さ 20m の領域をモデル化した。地盤および地下浄水場ともにソリッド要素でモデル化し、解析モデルの節点数は 31342、要素数は 30209 である。境界条件は側方境界を粘性境界、下方境界を剛基盤とした。解析プログラムは DIANA を使用した。

2.3 入力地震動

入力地震動は、札幌市が作成したレベル 2 想定地震波を用い、解析には図-4 に示した 10 秒間を使用した。入力地震動の最大加速度は 633.64 gal であり、地下浄水場の短軸方向に加振した。

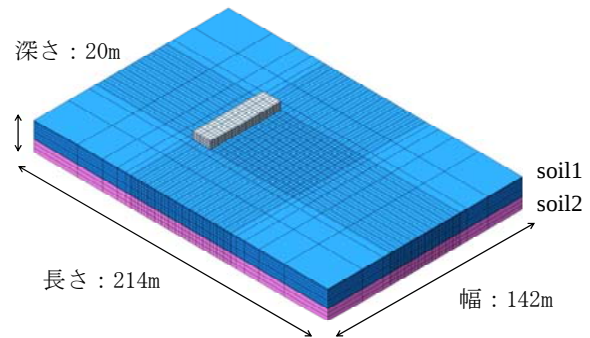


図-1 解析モデルの全景（地盤・構造物連成モデル）

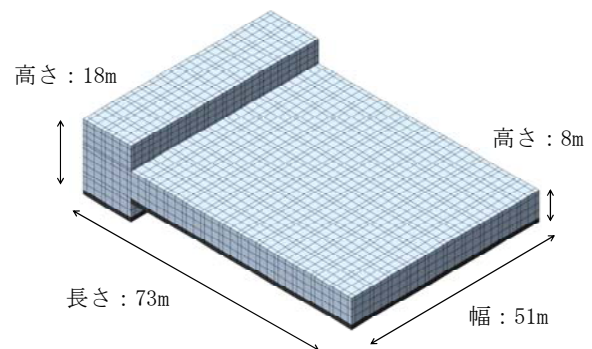
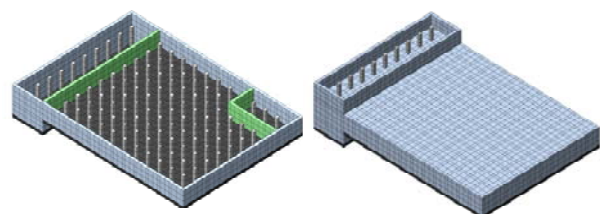


図-2 解析モデル（地下浄水場のみを表示）



地下 1 - 2 階部分 地上 1 階部分
図-3 地下浄水場内部の状況

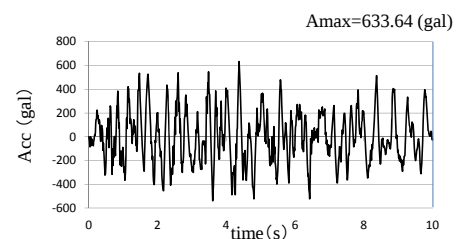


図-4 入力地震動

キーワード：水道施設，地下浄水場，三次元動的解析，耐震性能評価，地震時応力

連絡先：〒036-8561 弘前市文京町 3，弘前大学 大学院理工学研究科 地球環境学コース Tel・Fax 0172-39-3608

2.4 解析用物性値

構造物および地盤の動的物性値をそれぞれ表-1 と表-2 に示す。構造物は鉄筋コンクリート造とし、地盤に関しては硬質地盤と軟質地盤の2 ケースを想定して、周辺地盤の硬軟の影響について比較検討した。軟質地盤の動的せん断剛性は硬質地盤の 1/5 と仮定し、減衰定数は強震時のひずみ依存性を考慮して一般的な値よりも大きな値を仮定した。

表-1 構造物の動的物性値

項 目	せん断剛性 N/mm ²	密度 g/cm ³	ポアソン比	減衰定数
地下浄水場	9400	2.35	0.2	0.04

表-2 地盤の動的物性値

項 目		せん断剛性 N/mm ²	密度 g/cm ³	ポアソン比	減衰定数
硬質地盤	soil1	90	2.06	0.4	0.08
	soil2	506	2.20	0.4	0.08
軟質地盤	soil1	18	2.06	0.4	0.08
	soil2	100	2.20	0.4	0.08

2.5 解析結果

地下浄水場の外側表面の最大引張応力分布を図-5 に、浄水場内部の柱と壁の最大引張応力分布を図-6 に示す。表-3 には外壁側面(図-2 の左下側面)の代表出力位置の最大引張応力の値を示す。図-5 と図-6 の上段は地盤が硬質の場合(ケース 1)の解析結果であり、下段は、軟質の場合(ケース 2)の結果である。地震による最大引張応力は概ね 10N/mm²~15N/mm² の範囲であり、今回の解析では、硬質地盤よりも軟質地盤の場合の方が地震時引張応力は小さくなる傾向となった。また、地震時応力は浄水場の形状や剛性の変化部で増大し、浄水場内部の柱の頂部でも大きくなる結果となった。

3. あとがき

浄水場は、清浄な水を扱う施設であるため、浄水場の外壁に貫通クラックが発生し汚れた地下水が浄水場内に流入した場合には、水道供給機能に支障が生じることが想定される。構造物の地震時の損傷・破壊を適確に評価するためには、地震時応力を精度よく評価することが必要であり、浄水場に関しては、浄水場の形状や構造の変化部、浄水場内部の柱の頂部等に注目することが必要であると考えられる。水道施設は、配水池・ポンプ場・送水管等々、様々な設備や施設によって構成されているため、構造物が管路で連結された場合等の耐震性能の照査についても検討する必要があると考えている。

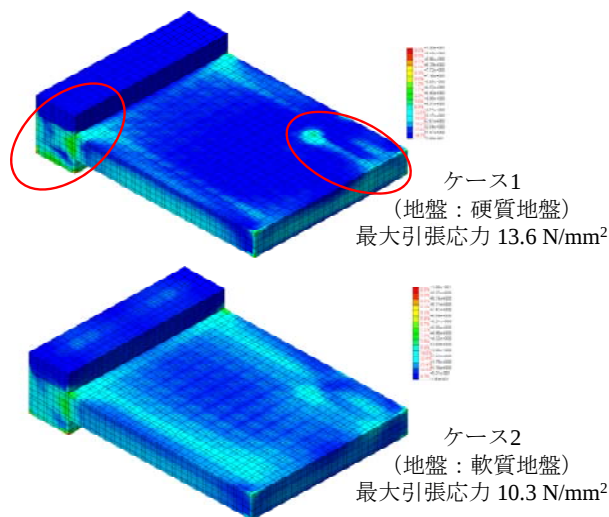


図-5 地下浄水場表面の地震時応力分布

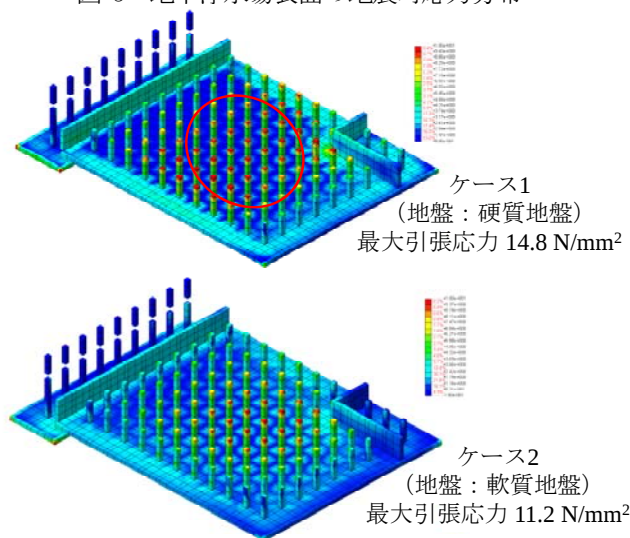


図-6 地下浄水場内の柱と壁の地震時応力分布

表-3 代表出力位置の最大引張応力

位 置	最大引張応力 (N/mm ²)	
	硬質地盤 (ケース 1)	軟質地盤 (ケース 2)
2 基礎地盤との境界	13.6	10.3
4 接合部	5.23	4.74
5 接合部	4.24	3.48
6 基礎地盤との境界	12.3	11.2
7 地下1階中央上部	2.06	1.29
8 地下1階中央下部	3.32	2.17
9 地下1階右端上部	6.54	5.01
10 地下1階右端下部	6.74	4.29

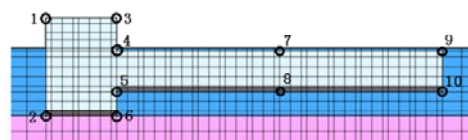


図-7 地震時応力の代表主力位置

参考文献

- 1) 厚生労働省：平成 24 年度水道事業における耐震化の状況，2013
- 2) 札幌市水道局：平成 25 年度札幌の水道，2013