

大規模地下浄水池の地震時応答に及ぼす加振方向の影響

弘前大学 学生会員 ○三浦 千穂
弘前大学 フェロー会員 有賀 義明

1. まえがき

水道施設は、生活・産業に必要なライフラインのひとつであり、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、長期間の断水が生じた。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、高経年化した数多くの既設水道施設が更新時期を迎えており、水道施設の耐震性能の確認と耐震化が喫緊の課題となっている。本研究では、信頼性の高い耐震性能照査技術の確立と水道施設の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大規模地下浄水池の地震時応答の三次元性について検討した。

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ている水道施設を参考に地下浄水池と地盤を連成させた解析モデルを作成し、加振方向を2ケース設定し地震時応答の比較解析を行った。

2.2 三次元動的解析モデル

解析対象とした地下浄水池は、地表から土盛り 0.5m の位置にあり、地下二階・地上一階建である。内部は中柱と耐震壁により構成されている。地下浄水池と地盤の連成モデルを図-1に、地盤を非表示とした地下浄水池を図-2に示す。図-3は地下浄水池内部の中柱と耐震壁の状況である。基礎地盤については、二層の水平地盤とし、長さ 193m、幅 111m、深さ 20mの範囲をモデル化した。地盤および地下浄水池ともにソリッド要素でモデル化し、境界条件は四方の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 を用いた。

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、図-4に示した地震動を下方基盤から入力した。入力地震動の最大加速度は 633.64(Gal)である。地震時応答の三次元性を評価するために、図-1に示したように、入力地震動の加振方向は、地下浄水池の長軸方向および短軸方向とした。

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-

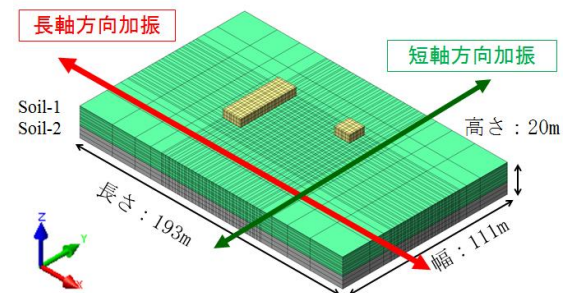


図-1 解析モデルの全景（地盤一構造物連成系）

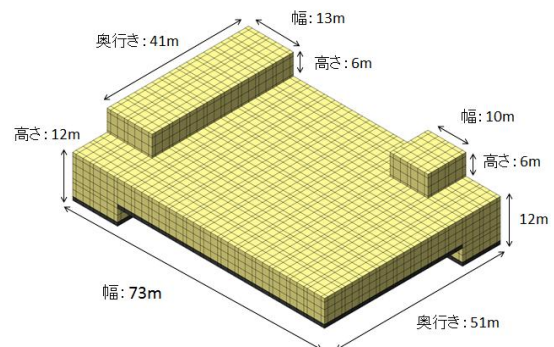


図-2 解析モデル（地下浄水池のみを表示）

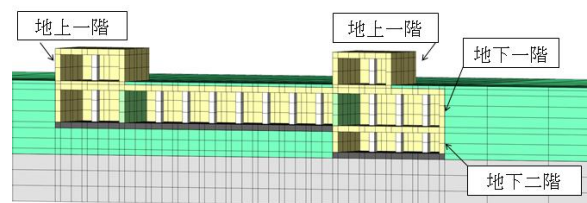


図-3 地下浄水池内部の状況

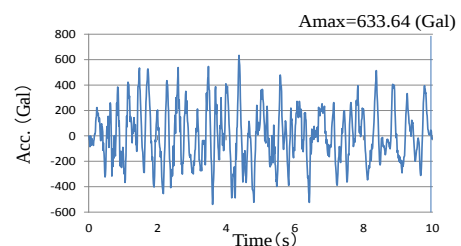


図-4 入力地震動

キーワード：水道施設、地下浄水池、耐震性能照査、三次元動的解析、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S波速度 210m/s と 480m/s の2層に地盤を設定した。減衰定数について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設定した。

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	動ポア ソン比	減衰 定数
地下浄水池	9400	2.35	0.2	0.04

表-2 地盤の動的物性値

地盤	層厚 m	せん断剛性 N/mm ²	密度 g/cm ³	動ポア ソン比	減衰 定数
Soil-1	12	90	2.06	0.4	0.08
Soil-2	8	506	2.20	0.4	0.08

2.5 解析結果

地下浄水池表面の地震時引張応力分布を図-5に示す。図-5の上段は長軸方向に加振した場合の結果であり最大引張応力は 23.0N/mm²、下段は短軸方向に加振した場合の結果であり最大引張応力は 28.3N/mm²となった。地震動によって発生する応力の出現場所は、長軸方向加振では地下浄水池の左側の地下二階部分、短軸方向加振では右側の地下二階部分となった。地下二階の外周部で地震時引張応力が大きくなったことについては、構造物と連成している地盤のひずみが影響しているのではないかと考えられる。

次に、地下浄水池内の中柱および耐震壁での地震時引張応力分布を図-6に示す。また、図-7に示した出力位置での地震時引張応力の値を表-3に示す。長軸方向加振での中柱頂部の最大引張応力は 13.9N/mm²、短軸方向加振では 11.6N/mm²となった。地震時応力の出現場所は、長軸方向加振では地下浄水池の左側の中柱群、短軸方向加振では右側の中柱群となった。このように、地震時応力の出現場所が加振方向によって大きく変化することは地震時応答の三次元性の現れであり、地下浄水池の形状が複雑になればなるほど地震時応答に及ぼす加振方向の影響、すなわち三次元性は大きくなるものと考えられる。大規模で形状が複雑な地下浄水池の耐震性能を適確に照査するためには三次元性を考慮することが可能な、三次元動的解析による解析評価が必要であると考えられる。

3. あとがき

地震時応力は、構造物の形状や剛性の変化部、構造物内部の中柱頂部等で大きくなると考えられるので、大規模な地下浄水池の耐震性能を照査する際には、形状や構造の変化部、内部の中柱等の損傷・破壊に着目した評価

が重要であると考えられる。

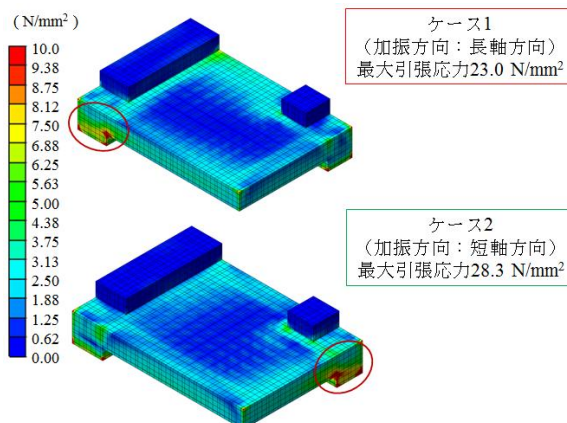


図-5 地下浄水池表面の地震時引張応力分布

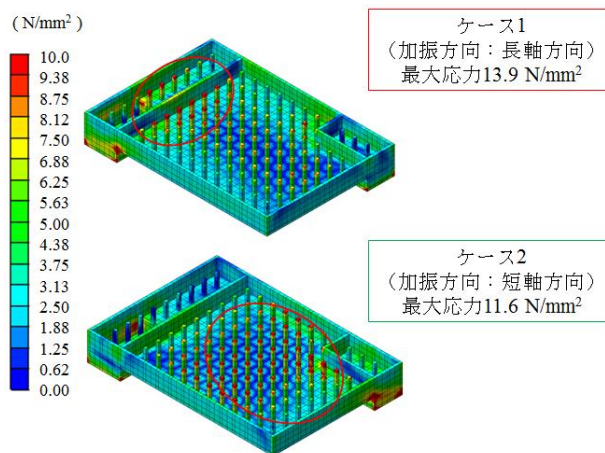


図-6 地下浄水池内の中柱等の地震時引張応力分布

表-3 地下浄水池内部の中柱頂部の最大引張応力

最大引張応力 (N/mm ²)			最大引張応力 (N/mm ²)		
出力位置	長軸方向	短軸方向	出力位置	長軸方向	短軸方向
19	3.99	3.69	27	3.71	9.68
20	7.14	6.67	28	4.39	11.6
21	4.85	10.0	29	3.47	5.39
22	10.8	0.78	30	6.08	9.68
23	13.9	2.48	31	3.71	1.21
24	9.57	9.38	32	9.90	7.30
25	0.59	0.65	33	1.41	3.38
26	6.08	1.21			

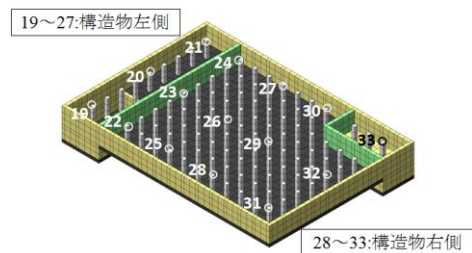


図-7 地下浄水池内部の中柱の代表出力位置

参考文献

- 1) 札幌市：地震動及び被害の評価事業，2008