

地上式配水池の性能設計照査法提案

JICA 正会員 ○小池 武
(株)エイト日本技術開発 正会員 濱野雅裕
(株)ベルテクノ 非会員 渡邊 拓
JFE エンジニアリング(株) 正会員 長谷川延広
大沼水道技術研究所 正会員 大沼博幹

1. 目的

地上式配水池の多くが更新時期を迎えているが、既存配水池の耐震安全性能照査を手軽に実施できる照査方法が見当たらないため、現状は二次元構造モデルの動的応答解析に基づく照査手法が汎用されている。この問題の解決案として、3次元構造物で1自由度振動モデルが抽出できる構造系の耐震安全性能照査手法を提案する。

2. 現行耐震性能照査法の問題点

現行設計指針に対する設計事例集では、2次元モデル化した配水池に対する動的解析による耐震安全性能照査法が例示されている。しかし、配水池が3次元構造物であることから、2次元モデルですべての構造物詳細を評価するには限界があり、今後はかならずしもこのモデルに固執する必要は無いと言える。

非対称性を多く持つ複雑な3次元構造物の場合は、3次元モデルに対する地震応答解析が有効と判断されるが、箱型形状の配水池の場合、3次元構造物の面对称性から1自由度振動系にモデル化が可能である。対称面に沿って3次元モデル全体のPushover解析を行うことで、対称面方向の荷重が作用した場合の構造物の代表的な破壊点および破壊モード、破壊荷重を予測することが比較的容易となり、入力と破壊モードを一次的に結び付けることで耐震性能照査を行うことができる。

3. 簡易照査法の提案

図-1の3次元構造物各部位の曲げモーメント M_B 、剪断力 S を算定し、それぞれの部位で頂版、底版、側壁、中柱での出力を求め、頂版に対する他部位の増減割合を表-1の形で算定する。また、変位・荷重曲線から構造物の降伏変位・荷重を設定する。

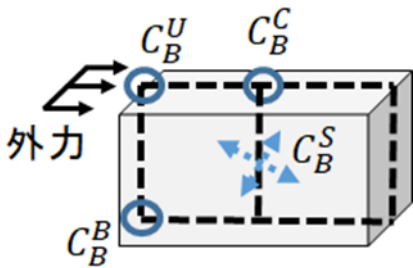


図-1 配水池 Pushover 解析出力評価位置（曲げモード）

表-1 評価位置の応答倍率

	曲げモード	剪断モード
頂版	C_B^U	C_S^U
底版	C_B^B	C_S^B
側壁	C_B^S	C_S^S
中柱	C_B^C	C_S^C

地上式配水池が、図-2に示す固有周期 T を持つ1自由度振動系であるとする。議論を簡単化するため、その非線形特性は完全バイリニア特性を示し、その降伏加速度（＝降伏強度/質量）および対応する降伏変位は、それぞれ A_y 、 δ_y とする。そして、入力地震動 A_{max}^{L1} 、 A_{max}^{L2} はそれぞれレベル1地震動およびレベル2地震動に対応する設計加速度スペクトル $S_A^{L1}(T)$ 、 $S_A^{L2}(T)$ から次式で与えられるものとする。

$$A_{max}^{L1} = A_{max}^{MOE} = C_y^{L1} S_A^{L1}(T) \tag{1}$$

$$A_{max}^{L2} = A_{max}^{MOE} = C_y^{L2} S_A^{L2}(T) \tag{2}$$

ここで、 $i=U,B,S,C$ および $j=B,S$ 。さらに、 h は構造物の重心位置、 H はモデル構造物の頂版高さ、 δ_{max}^{L2} はレベ

キーワード 地上式配水池，耐震安全性，性能設計照査法，プッシュオーバー解析
連絡先 〒164-9801 東京都中野区本町 5-33-11

レベル 2 地震動による構造物重心点での最大応答変位, δ_{max}^{L2} はレベル 2 地震動による構造物頂版での最大応答変位であり, 次式で与えられる.

$$\delta_{max}^{L2} = \frac{H}{h} \delta_{max}^{L1} \quad (3)$$



図-2 3次元構造物の1自由度振動系モデル化

このとき, 構造物頂版の加速度および変位から降伏加速度および限界変位は下記の不等式を満足する必要がある.

$$A_{max}^{L1} \leq A_y \quad (4)$$

$$\delta_{max}^{L1} \leq \delta_{cr} \quad (5)$$

いま, 水道施設耐震工法指針に定義するエネルギー保存則 (図-3) を用いると, レベル 1 地震動, レベル 2 地震動に対する設定可能な降伏加速度 A_y が図-4 のように求められる.

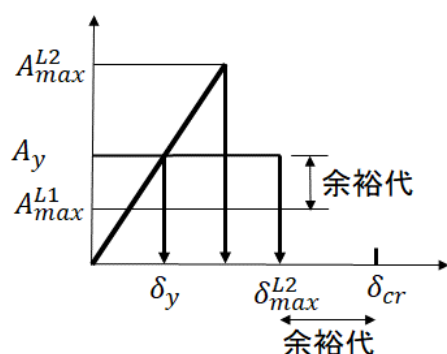


図-3 エネルギー保存則による構造物の弾塑性関係

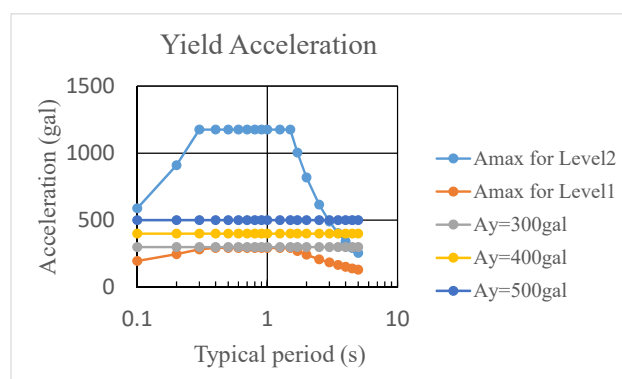


図-4 入力加速度と降伏加速度の関係 (III 種地盤)

4. 解析事例

図-5 に示す配水池モデルについて, レベル 2 地震動を作用させた場合の頂版中央剪断クラック発生を判定する解析結果を図-6 に示す.

図-4 でレベル 1, 2 地震動に適合する配水池の加速度降伏レベルが 300gal~500gal に限定されても, 図-6 では固有周期 0.2 秒以上の配水池ではレベル 2 地震動で漏洩クラックが発生することを示している.

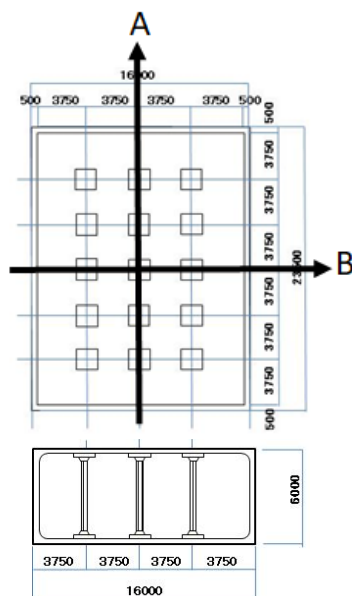


図-5 地上式配水池のモデル

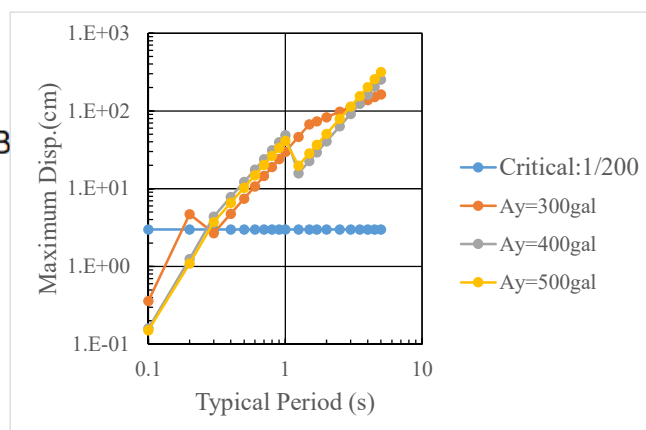


図 6 最大応答変位とクラック発生限界変位
(III 種地盤, レベル 2 地震動)

5. まとめ

面对称性を有する地上式配水池について, 簡易耐震性能設計照査法を提案した.

参考文献

- 1) 日本水道協会：水道施設耐震工法指針・同解説設計事例集, 日本水道協会, 2009.