

プラスチック製雨水貯留槽の耐震性照査と材料コスト節減のための検討例

群馬大学 正会員 若井 明彦
 群馬大学大学院 学生会員 関塚 翔一
 (株)ブリヂストン 柏木 哲也

最近の都市型洪水対策用の雨水貯留槽にはプラスチック製部材を連結させる形式のものが多く、大規模地震動に対する都市施設の地震時安全性向上を考える上で、このような地下構造体の耐震性を照査することは欠かせない。一方、貯留槽全体の材料コスト節減のため、地震時にそれほど大きな応力が生じない箇所の部材のみを（強度はやや劣るが）安価な部材に置換するなど、経済的な設計をさらに推し進めることも考えられる。本研究では、二次元動的弾塑性 FEM¹⁾ に基づく雨水貯留槽の耐震性評価の例を紹介するとともに、その一部をより安価な部材に置換することの可能性を検討した。

1. 解析対象モデル

解析対象とした雨水貯留槽および地盤²⁾の断面図を図1に、有限要素メッシュを図2にそれぞれ示す。貯留槽の形状は本来三次元的であるが今回は無視した。地盤は鶴飼・若井による簡易繰返し載荷モデル³⁾を適用し、非排水条件を仮定した全応力解析を実施した。プラスチック部材は籠型のユニット（1000mm×500mm×400mm）（図3）からなるが、室内要素試験の結果を考慮し、線形弾性体と仮定して許容応力度照査を実施した。解析に用いた材料定数の一覧を表1に示す。その他、槽内水の動水圧が部材へ与える影響を考慮するため、ヤング率の小さな弾性体要素を貯留槽の内部に水槽壁とのみ接するように配置した。動水圧やスロッシング等に関する厳密な検討は行っていないが、必要に応じて今後の課題としたい。解析では下端から兵庫県南部地震の神戸海洋気象台 NS 波形（図4）を入力し、系の応答時刻歴を算出した。

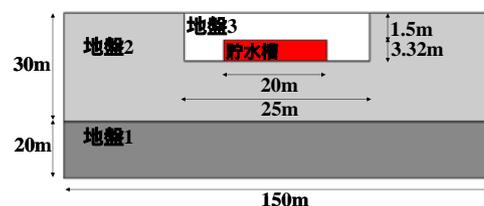


図1 解析対象とした系。

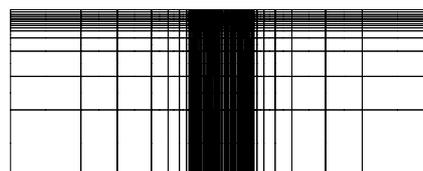


図2 二次元有限要素メッシュ。



図3 貯水槽ユニットの例。

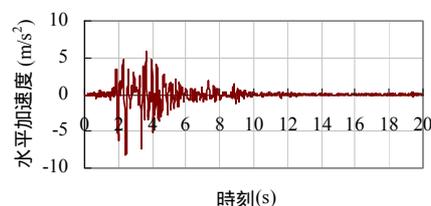


図4 神戸海洋気象台 NS 波形。

表1 解析に用いたパラメータの一覧。

	$E(\text{kN/m}^2)$	ν	$c(\text{kN/m}^2)$	$\phi(\text{deg})$	$\psi(\text{deg})$	$b \cdot \gamma_{G0}$	n	$\gamma(\text{kN/m}^3)$
地盤1	6.48×10^5	0.44	0	45	0	4.5	1.5	20
地盤2	4.88×10^5	0.48	0	35	0	2.2	1.65	19.7
地盤3 (埋め戻し)	2.44×10^5	0.48	0	30	0	1.0	2.7	19.7
貯水槽要素 (弾性体)	8.0×10^3	0.25						0.34
水要素 (弾性体)	8.0×10	0.49						9.8

キーワード 貯水槽，耐震，弾塑性，有限要素法，地震

連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 群馬大学建設工学科 大学院生 関塚翔一 Tel 0277-30-1624(若井気付)

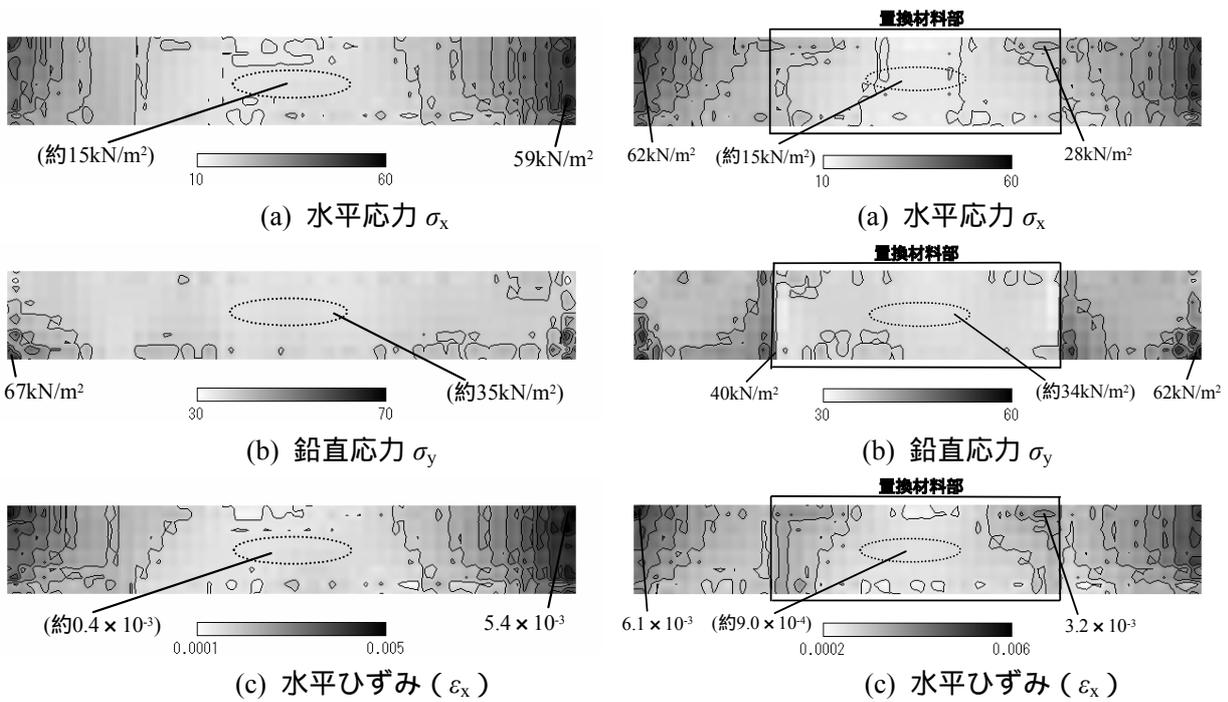


図5 時刻歴中の各成分の最大値の分布（貯水槽部分のみ）

図7 左図と同じ（図6のケース）.

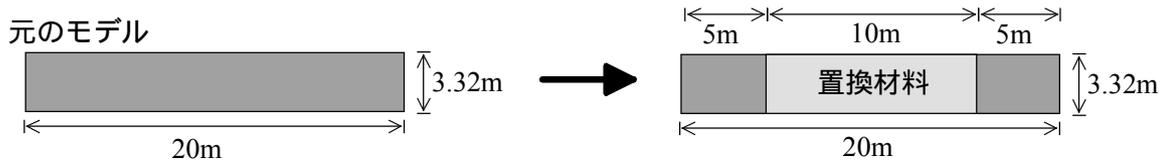


図6 貯水槽の一部を異なる力学特性の部材で置換した場合の解析モデル.

2. 解析結果とその考察

各点の地震中の応答変位時刻歴は省略し、貯水槽部材の最大応力度と最大ひずみ値に着目する。貯水槽部材を構成するユニットは規則配列であるため、水平 (σ_x) および鉛直 (σ_y) 方向の垂直応力、水平方向の縦ひずみ (ϵ_x) 成分の最大値分布(注: 各値の発生時刻は同時ではない)を図5に示す。いずれも許容応力度 (80kN/m^2) および許容ひずみ値 (1%) を超過しないことが確認された。特に貯水槽の中央部の応力値、ひずみ値は小さく、例えば中央付近のみを許容応力度のさらに小さな材料 (50kN/m^2 程度) に置換することも考えられる。

このような置換材料のヤング率と許容応力度がともに前ケースの $2/3$ である場合を仮定し、図6のように一部置換材料使用の貯水槽を考える。図5と同様の結果出力をしたものが図7である。この場合にも地震中の最大応力度および最大ひずみは許容値を超過しないことが確認された。材料特性の仮定、地盤条件、外力条件など検討課題は多いが、今後、FEMを援用して材料コスト節減に関する合理的検討の可能性が示唆された。

3. まとめ

動的弾塑性 FEM に基づき、雨水貯留槽の地震時挙動を再現した。今後も解析モデルの厳密化、貯留槽設計におけるコストダウンの実現方策、貯留槽への多様な外力条件などに関する解析的検討を進めていきたい。

参考文献

- 1) 若井明彦, 天野正道, 飯塚豊, 鶴飼恵三 (2006): ジオグリッドとコンクリートパネルからなる補強土擁壁の耐震性評価のための数値解析, 土木学会論文集, No.813 / -74, pp.157-168.
- 2) 土木学会関西支部 (1994): 関西における地下空間の活用と技術, pp.44-66.
- 3) Wakai, A. and Ugai, K. (2004): A simple constitutive model for the seismic analysis of slopes and its applications, Soils and Foundations, Vol.44, No.4, pp.83-97.