

下水道施設の非線形解析に関する基礎的研究 —その2— 円形タンクの非線形有限要素解析

(株) エーバイシー 正会員 ○福江 清久
(株) エーバイシー 正会員 植松 祐亮
(株) エーバイシー フェロー会員 本多 顕治郎

1. はじめに

近年、下水道施設の設計分野においても、既存施設の耐震診断や耐震補強設計に非線形解析(プッシュオーバー解析)を適用し、構造物の耐震性能を評価している¹⁾。下水道施設のうちⅠ類に分類される円形水槽などは、面部材で構成された構造物であり、従来このような構造物に対しては、線形解析により耐震性能の照査が行われてきた。本論は、下水道処理場内の汚泥濃縮タンクを例に取り、面部材で構成された構造物に非線形有限要素解析を適用して、耐震補強設計の合理化を図ることを目的とするものである。

2. 解析概要

対象構造物は、下水道処理場内の汚泥濃縮タンク(鉄筋コンクリート製)である。解析モデルの概要図を図-1に示す。頂版・壁・底版にはシェル要素(平板要素)、柱・梁には梁要素を用いた。鉄筋コンクリートの構成則には、東京大学で開発された前川モデルを採用した。このモデルに対し、3次元非線形有限要素解析プログラム“Engineer’s Studio”を用いて、レベル2地震時荷重によるプッシュオーバー解析を実施した。

3. 非線形有限要素解析結果

ひずみコンター図を図-2に示す。図-2より、鉄筋の最大発生引張ひずみは 229μ 、コンクリートの最大発生圧縮ひずみは 264μ である。本構造物のような円形タンクの指針としては、LNG地下タンク躯体の構造性能照査指針²⁾がある。それによると、耐震性能1の限界値は躯体が弾性範囲内であること、耐震性能2の限界値はコンクリートの終局ひずみ、耐震性能3の限界値は安全側に耐震性能2の限界値を用いると規定されている。耐震性能と材料ひずみの限界値の関係を表-1に示す。表-1より、本構造物は下水道指針¹⁾に規定されている耐震性能2を満足している。せん断力コンター図を図-3に示す。全ての部材が降伏点以下であったことから、発生断面力に対し許容応力度設計法による照査を行ったところ、全ての部材の発生せん断応力度が許容せん断応力度以下であった。以上より、本構造物は下水道基準の耐震性能を満足している。

表-1 耐震性能と材料ひずみの限界値の関係

耐震性能	材料	限界値(μ)
耐震性能1	鉄筋	1475
耐震性能2	コンクリート	3500
耐震性能3	コンクリート	3500

4. 線形解析結果との比較

線形解析では、構造物特性係数 C_s を考慮した等価水平震度を用いてレベル2地震時の荷重の設定を行い、発生断面力に対し限界状態設計法による照査を行った。線形解析結果を図-4に示す。図-4より、梁以外の全ての部材で曲げ・せん断耐力不足、梁でせん断破壊モードであることが確認できる。非線形有限要素解析を適用することで補強対象部材が減少しているのは、材料非線形モデルのコンクリートの引張抵抗の寄与が大きい。

5. まとめ

本論では、面部材で構成された構造物に非線形有限要素解析を適用することにより、従来の線形解析による照査よりも補強量、補強箇所が減少し、より合理的な耐震補強設計とすることができる可能性が示された。

参考文献

- (公社)日本下水道協会：下水道施設の耐震対策指針と解説-2014年版-，2014.5
- 土木学会：LNG地下タンク躯体の構造性能照査指針，1999.12

キーワード 下水道施設，非線形有限要素解析，プッシュオーバー解析，シェル要素，ひずみ

連絡先 〒530-0043 大阪市北区天満1-19-4 センチュリーパーク東天満ビル6F (株)エーバイシー設計部 TEL06-6352-5663

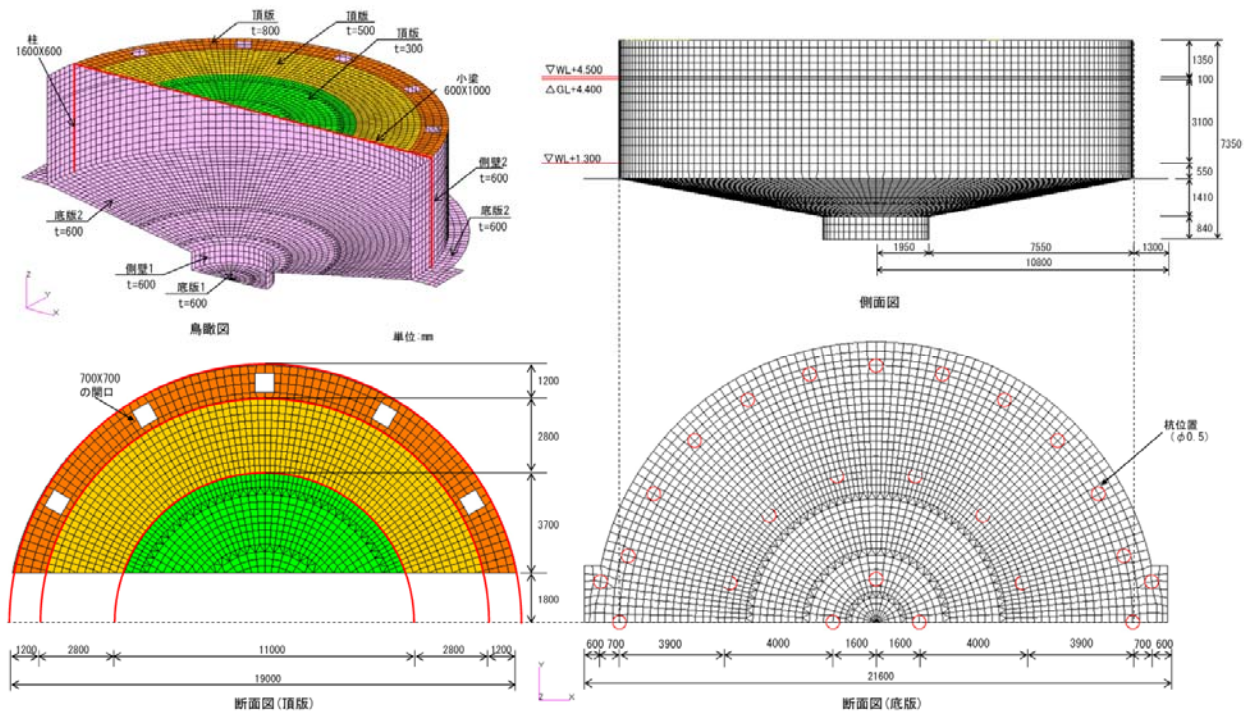
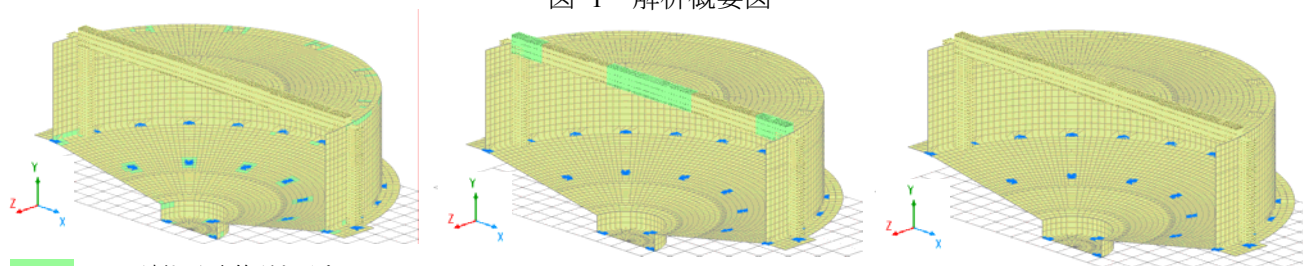


図-1 解析概要図



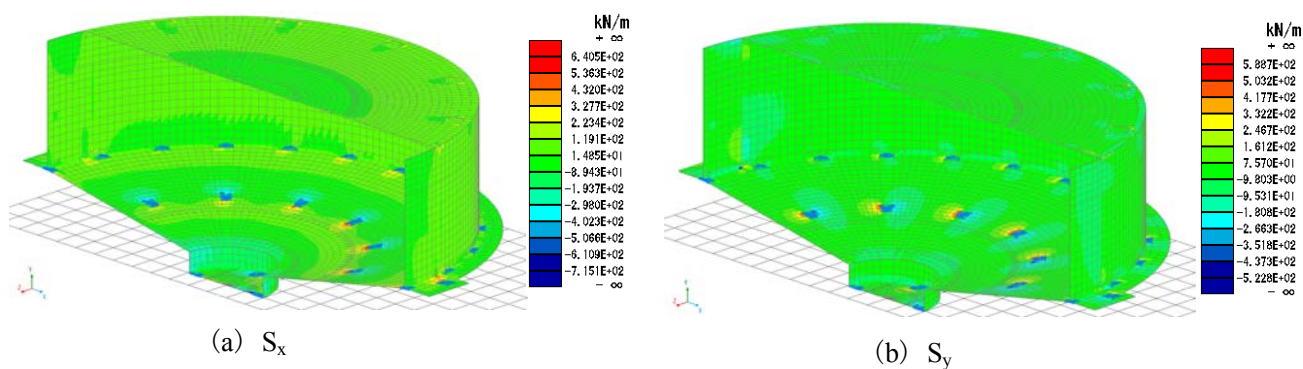
はひび割れ発生箇所を示す

(a) コンクリート(平板要素)

(b) コンクリート(梁要素)

(c) 鉄筋(平板要素)

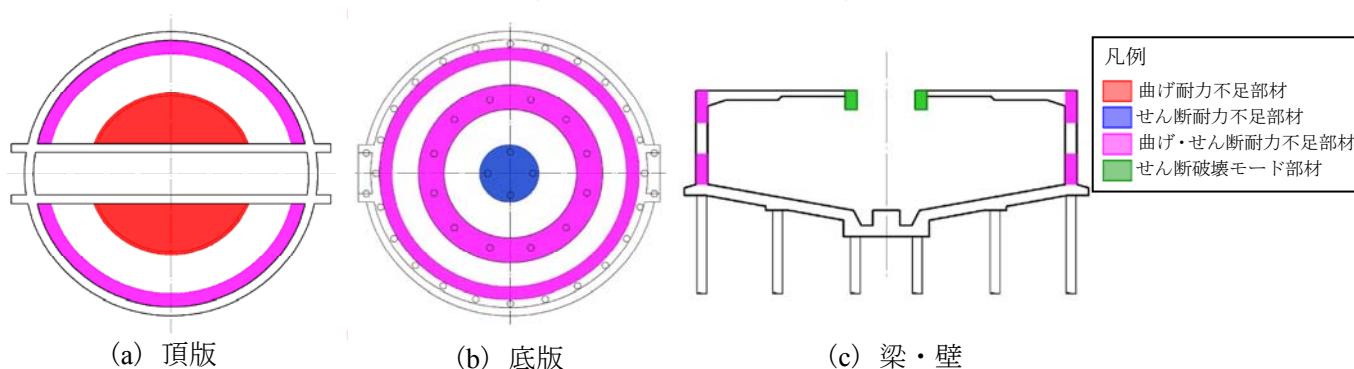
図-2 ひずみコンター図



(a) S_x

(b) S_y

図-3 せん断力コンター図



(a) 頂版

(b) 底版

(c) 梁・壁

図-4 線形解析結果