NaRDA National Resilience Design Award

鋼製取水塔の耐震検討

－鋼製塔体と円形多段式扉体の地震時の相互作用の表現－

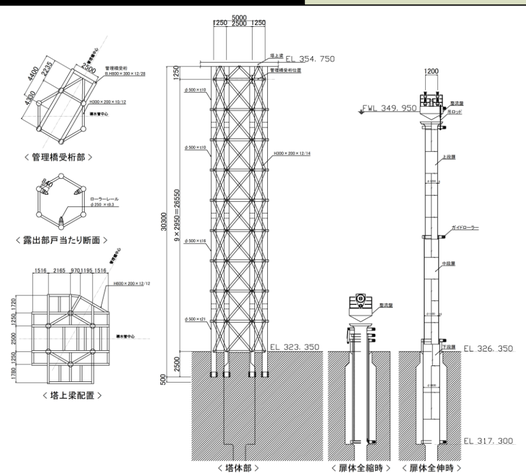
応用技術株式会社 APPLIED TECHNOLOGY CO.,LTD.

概要

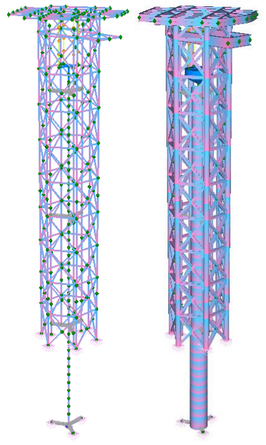
円形多段式扉体は、主にダムでの取水に採用されるゲート形式であり、ダム水位等に応じて伸縮する扉体構造のため、最上部に設けられる呑口から安定した連続取水が可能である。また、扉体が周囲を取り囲む塔体部とは分離した構造であり、吊下げロープとガイドローラーを介した扉体と塔体の挙動は複雑である。

本検討では、吊下げロープにケーブル要素を、ガイドローラーに非線形バネ要素を用いてモデル化し、扉体と塔体の相互作用を考慮した時刻歴応答解析により、耐震検討を行った。

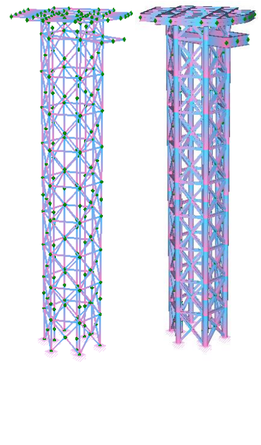
解析対象と地震波形



<解析対象>



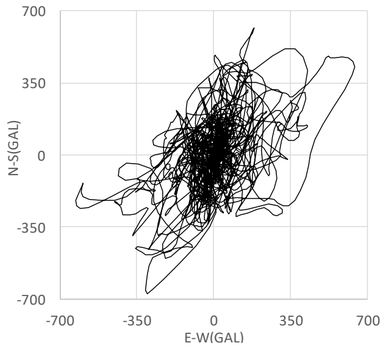
<常時満水位モデル(扉体全伸時)>



<渇水時モデル(扉体全縮時)>

<材料>
- 塔体、塔上梁、扉体、露出部戸当たり（SUS304）
- 吊下げロープ（IWRC 6xWS(36) SUS304）：合計４条

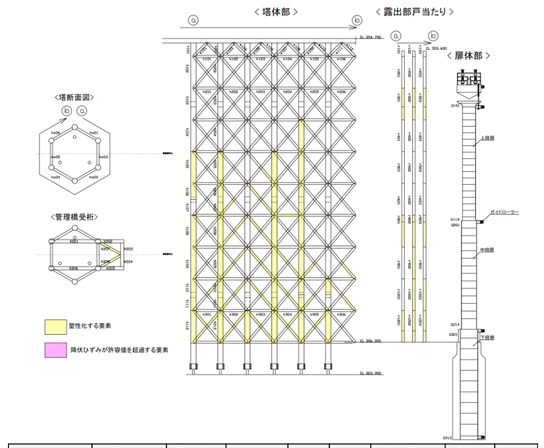
<境界条件>
- 塔体主柱基部、露出戸当たり基部：固定端
- 下段扉下端部：鉛直支持
- 上段扉-中段扉間、中段扉-下段扉間：ヒンジ
- 扉体ガイドローラー：非線形接触バネ



<加速度軌跡図>

検討結果

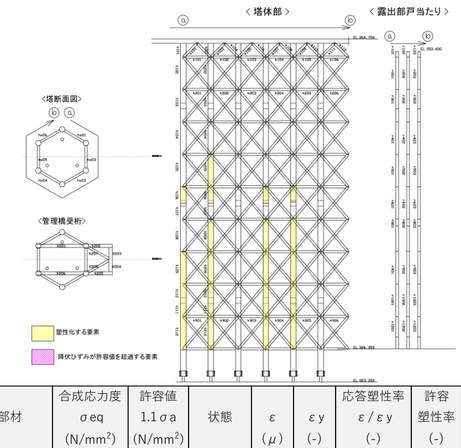
<常時満水位時(扉体全伸時)>



部材	合成応力度 σeq (N/mm²)	許容値 σa (N/mm²)	状態	ε (μ)	εy (-)	応答塑性率 ε/εy (-)	許容塑性率 (-)	照査
主柱	520.8	203.0	塑性化	2323	1062	2.2	3.0	OK
水平材	265.7	225.5	塑性化	1109	1062	1.0	3.0	OK
斜材	338.7	225.5	塑性化	1288	1062	1.2	3.0	OK
管理橋受桁	100.2	203.0	弾性範囲	0	1062	0.0	3.0	OK
管理橋水平材	219.0	203.0	塑性化	1065	1062	1.0	3.0	OK
戸当たり	847.9	203.0	塑性化	6285	1062	5.9	10.0	OK
上段扉	96.7	225.5	弾性範囲	0	1062	0.0	3.0	OK
中段扉	54.8	225.5	弾性範囲	0	1062	0.0	3.0	OK
下段扉	34.8	225.5	弾性範囲	0	1062	0.0	3.0	OK

- 主塔の各部（主柱、横桁、斜材、管理橋斜材）において、塑性化を生じるが許容値以内に収まる。
- 戸当たりは主な構造部材ではないので、許容塑性率を 10.0 とした。
- 扉体は、弾性範囲内に収まる。

<渇水時(扉体全縮時)>

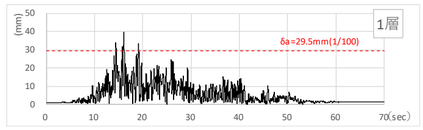


部材	合成応力度 σeq (N/mm²)	許容値 1.1σa (N/mm²)	状態	ε (μ)	εy (-)	応答塑性率 ε/εy (-)	許容塑性率 (-)	照査
主柱	329.9	203.0	塑性化	1259	1062	1.2	3.0	OK
水平材	137.4	225.5	弾性範囲	0	1062	0.0	3.0	OK
斜材	213.9	225.5	弾性範囲	0	1062	0.0	3.0	OK
管理橋受桁	58.8	203.0	弾性範囲	0	1062	0.0	3.0	OK
管理橋水平材	188.1	203.0	弾性範囲	0	1062	0.0	3.0	OK
戸当たり	156.7	203.0	弾性範囲	0	1062	0.0	10.0	OK

- 主柱が塑性化するが、許容値以内に収まる。

⇒常時満水位時の塑性化が大きいので、塔体部をファイバー要素で再モデル化し、構造物の健全度を精緻に評価した。
最大層間変形角は、1/100 を超過した。

- 最下層の最大層間変形角時刻歴



考察

扉体の全縮時と全伸時の２種類のモデルを用いた検討結果より、扉体の位置は地震時の挙動に大きく影響することが示された。扉体は弾性範囲内に収まる。塔体は塑性化したが応答塑性率は許容値以内に収まった。しかし、最大層間変形角は大きく、塔体各部の非構造部材が脱落するなどの危険性が大きいと想定される。また、主塔が損傷した場合、地域の主たる利水機能の損失により経済被害が生じる。

主たる構造部材は耐震性能を備えるが、非構造部材は脱落する危険が大きいと判断される。