

合理的な耐震診断手法を用いた円形 PC タンクの耐震診断 — 動的解析による 2 方向同時加振 —

○吉田 圭 (中日本建設コンサルタント) 佐藤 俊樹 (中日本建設コンサルタント)

1. はじめに

水道施設の耐震計算法においては、対象とする構造物や地盤の地震時挙動の特徴を考慮し、選定する必要がある。水道施設では従来の静的解析から動的解析を採用するケースが増えており、施設の構造特性に合った耐震計算手法を選定することが重要となる。耐震診断においては、より経済的な既設構造物の地震対策を実施することを目的として、より合理的な既存施設の耐震性能が評価できる手法を適用することが重要となる。

そこで、採用可能である合理的な耐震診断手法を取り入れた上で円形 PC タンクについて耐震診断を実施した。今回は動的解析を採用し、地震波の NS 波と EW 波を 2 方向同時加振により検討を行った内容について報告する。

2. 合理的な耐震診断手法の選定

(1) 合理的な耐震診断手法の適用

「水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版 II 各論」においては、池状構造物の合理的な耐震診断手法について 6 つの項目が挙げられており、施設や地盤の特性を考慮してより合理的な耐震診断手法を選定してもよいと記されている。以下の表に今回対象施設に対する合理的な耐震診断手法で適用する項目を示す。

表 1 合理的な耐震診断手法の適用

合理的な耐震診断項目		理由
①	動的解析の実施	構造物および内水の挙動を考慮できるため、採用
②	3次元効果の適用	円形水槽であり3次元効果が期待できるため、採用

(2) 耐震解析法および解析モデル

対象とした構造物の概要について以下の表に示す。また、合理的な耐震診断手法を考慮した耐震解析法、解析モデルについても以下の表に示す。

表 2 耐震解析法および解析モデル

対象構造物	施設規模	耐震解析法	解析モデル (3次元 FEM)	対象地震動
配水塔 (地上式)	内径 15m	動的解析	側壁: シェル要素	南海トラフ巨大地震
円形 PC タンク	高さ 37m	線形解析	底版: ソリッド要素	東海・東南海連動地震

(3) 採用波形および入力方法

採用波形については、当該地域で想定される地震波より加速度応答スペクトルと構造物の固有周期の関係から挙動が大きくなる波形を採用した (参考として右図に南海トラフ巨大地震の地表面波形を示す)。

地震波の入力位置は底版下面とし、入力地震波については、対象構造物が円形タンクということもあり、NS 波と EW 波の 2 波を同時加振し内水のスロッシングを 3 次的に捉える解析とした。

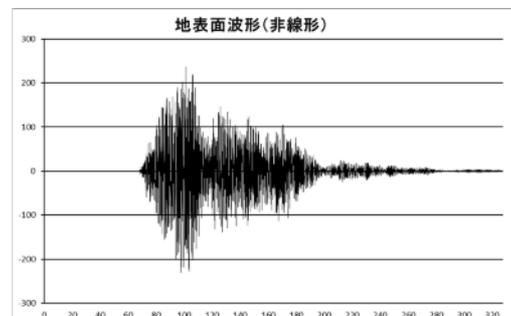


図 1 地表面波形 (南海トラフ巨大地震)

3. 耐震診断結果

(1) 耐震診断結果

円形 PC タンクについては、当該地域で想定される地震動において保有すべき耐震性能(耐震性能2: 軽微なひび割れからは漏水が生じるが地震後に早期に修復可能である)を満足する結果となった。

<照査部材>

側壁：終局耐力以下(安全率 1.46)

底板：終局耐力以下(安全率 1.08)

階段(鋼製)：許容応力度以下(安全率 3.99)

ドーム：液面動揺高さが余裕高以下(安全率 2.08)

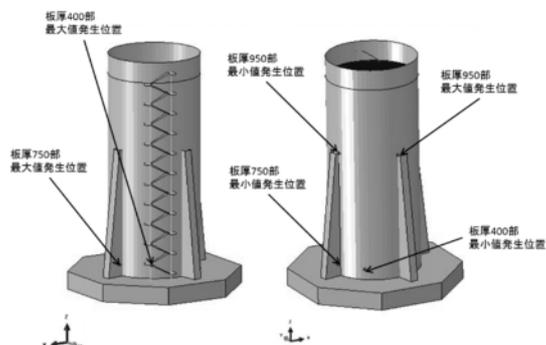


図2 解析モデル

(2) 地震時の挙動

円形 PC タンクの動的解析において、2方向同時加振を実施したため、側壁上部は一方向性ではない地震波形の振幅に影響された揺れとなる。下図は円形 PC タンク上部での揺れの大きさを把握するために、側壁上部における加速度の動的挙動を示したものである。南海トラフ巨大地震と東海・東南海連動地震では側壁上部の挙動が異なることが分かる。

地表面の加速度では $240\text{cm}/\text{sec}^2$ 程度であったが、構造物の特性上、円形 PC タンク側壁上部では最大の加速度が $1,000\text{cm}/\text{sec}^2$ 以上の揺れが生じている。

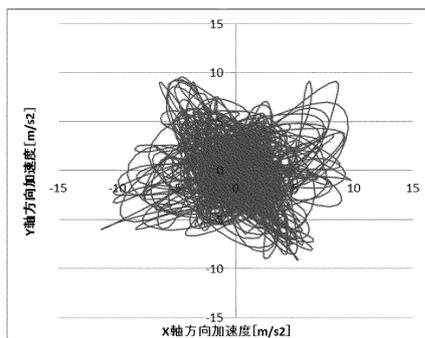


図3 南海トラフ巨大地震(側壁上部の動的挙動)

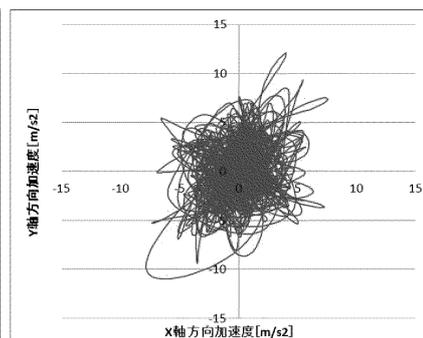


図4 東海・東南海連動地震(側壁上部の動的挙動)

4. おわりに

本報告では、対象構造物の構造特性を考慮して水道施設の合理的な耐震診断手法について採用した事例である。耐震診断の結果については、耐震性を有する結果となった。その中でも動的解析を採用することで構造物の振動特性や内水の液面動揺(3次元的なスロッシング)が評価できたと考える。

また、今回の解析では2方向同時加振による動的解析を実施することで実際の地震動における挙動を再現することができた。今回のケースでは円形 PC タンクという構造物特性より、NS波・EW波の2方向同時加振を採用した。矩形構造物を対象とした場合においては、入射角によっては2軸曲げが発生することで断面照査が煩雑となることから留意する必要がある。

【参考文献】

- 1) 水道施設耐震工法指針・解説 2009年版 II各論 日本水道協会