中央大学

中央大学

積水アクアシステム(株)

非耐震仕様 FRP パネルタンクの地震時における破壊過程に関して

1. はじめに

現在,日本各地で設置されている FRP 製水槽は,古い ものは 40 年以上前に設置されたものから最新のものまで 様々な年式の水槽が存在している.近年の FRP 水槽は, FRP 水槽構造設計計算法¹⁾に基づいて設計されているが、 1980年の水槽耐震設計基準(案)が制定されるより前に設 置された水槽については当時 FRP 水槽設計の明確な基準 がなかったこともあり, 図-1(a)に示すステーボルト方式 の耐震性能を考慮していない非耐震仕様である水槽が多 い.以降は耐震性が考慮され、同じ内部補強構造である図 -1(b)に示したトライバー方式の水槽が登場したが,スロ ッシングおよびバルジングには非対応である.そして1995 年に発生した兵庫県南部地震では水槽にも一定の被害が 発生し,災害時における水確保の重要性を再認識させられ た. これにより設計基準の見直しが行われ, 現在の FRP 水 槽設計耐震基準²⁾が制定されたことにより, 図-2 に示した 地震動に対して高い剛性を持った外補強構造の水槽が登 場した.しかし現在においても図-1(a)のような非耐震仕 様の水槽が存在しており, 地震時に水槽が被害を受ける危 険性がある.

そこで本報では、この非耐震仕様の水槽における耐震性 の確認と外補強構造との比較および今後の耐震対策を目 的として振動実験を試みた.その結果、バルジングによる 地震時の水槽の破壊過程が確認出来たので報告する.

2. 実験概要

本実験に使用した水槽を写真 -1 に示す. この水槽は 3000mm×3000mm×3000mm の FRP 製貯水槽であり,図-1(a)の構造を持つ水槽耐震設計基準が制定される前の非 耐震仕様の水槽である.側壁パネルの十字交点下部に該当 するパネルに引張材としてロッド(SUS304)を使用してい る.この水槽に常用水位と同じである内容量 90%の水位 2700mm まで注水し,模擬地震波を用いて振動実験を行っ た.また事前に実験にて本水槽の固有振動数を導出し,バ ルジングの固有振動数は 1.4Hz であった.

(a)ステーボルト方式	(b)トライバー方式

正会員 〇宮本

平野

小野

正会員

学生会員

裕太

廣和

泰介

図-1 内部補強構造





キーワード:バルジング, FRP パネルタンク, 内部補強方式, 剛性, 地震波振動実験 連絡先:〒639-1031 奈良県大和郡山市今国府町 411-7 TEL 0743-58-3027 本実験で用いている模擬地震波は建築基準法による第 二種地盤を対象としてのスペクトルに乗るように作成し たものである.ただし,使用する振動台の性能上の限界か ら,加速度ベースで概ね60%程度まで小さくしている.振 動実験により振動台で計測された加速度波形を図-3に示 す.また,この波形をスペクトル解析した図を図-4に示す. 図-4より,バルジングの固有振動数付近と思われる1.35Hz 付近にスペクトルのピークを有している事がわかる.

振動実験は、愛知工業大学が所有する大型振動装置を用いて、実験を実施した.また、本実験において水槽の膨ら む方向を正(+)、凹む方向を負(-)とする.

3. 実験結果

3.1 水槽の破壊に関して

写真-2 に水槽破壊時の状況を示す. 模擬地震波にて加 振開始後, 4~5 秒で側壁パネルが損傷し漏水した. 写真-3 に水槽内部の破損状況を示す. 側壁パネルの上段と中段 の接合部にて大きく損傷が見られた. 水槽を解体してみる と写真-4 に示すように上段パネル側が破断しており, 損 傷度が大きいことが分かる. これは加振面が正方向に荷重 を受けた際, 内部引張材によりもう一方の面が引っ張られ ることで, 剛性差を生じ接合部に応力集中が発生した³³こ とが原因であると考えられる. また, 中・下段パネルのみ に内部引張材が接合されていることも1つの要因と考え られる.

3.2 模擬地震波に関して

実験概要で述べた通り、本水槽のバルジング固有振動数 は 1.4Hz であり、図-4 の 1.35Hz 付近に確認されたピーク より水槽が共振した可能性が高いと考えられる. このバル ジングによる共振が水槽破壊の直接的な原因であると考 えられる.

4. おわりに

本研究では、非耐震仕様の FRP 製水槽における耐震性 能の確認を行った. 模擬地震波による加振実験にて本水槽 の破損を確認した.これは、本水槽がバルジングによる共 振振動を起こしたことによる.さらに内補強構造であるこ とからパネル接合部に元々剛性差を有しており、ここに大 きな変形が生じたことが破壊原因の一つであると考えら れる.これより、耐震設計において内補強方式そのものが 構造的に問題ある可能性が高い.

今後は,破損メカニズムの明確化および耐震仕様である 外補強方式での水槽との比較実験を行い,補強方式におけ る耐震性能の差を明らかにする必要がある.



写真-2 水槽破損状況



写真-3 水槽内部側壁パネル破損状況



写真-4 解体後パネル破損状況(側壁上段)

謝辞

本研究は、中央大学、(株)十川ゴム、(株)エヌ・ワイ・ ケイとの共同研究として行われた.

参考文献

- 強化プラスチック協会: FRP 水槽構造設計計算法(1996 年版), 1996.
- 強化プラスチック協会: FRP 水槽耐震設計基準(1996 年 版), 1996.
- 竹本純平,小野泰介,平野廣和,佐藤尚次:ステンレス 製パネルタンクの流体と構造を連成しての時刻歴応答 解析,土木学会論文集 A2 (応用力学), Vol.76, No.2 (応 用力学論文集 Vol.23), I_153·I_162, 2020