

## ■事業の目的（300 字程度）

我国では 1994 年の阪神・淡路大震災以降、約 4～5 年毎に大きな被害をもたらす地震が発生している。建築物や土木構造物本体は、阪神・淡路大震災の教訓を生かして、耐震設計基準などの見直しにより耐震性向上が図られてきた。しかし、地震発生ごとに災害調査を行う過程で、2016 年 4 月に発生した熊本地震まで、毎回のように貯水槽の破損・破壊を見るに至っている。貯水槽は、病院や学校など、いざという時に避難場所などになる施設に必ず設置されており、ライフラインとして重要な構造物の一つである。水が使えなければ被災地域全体に大きな影響を及ぼすことになる。そこで、既存の貯水槽の耐震性向上を図る一つの方法として、大学を中核として異業種間での産学連携を組織し、制振装置の研究・開発を行う事を目的とする。

## ■事業の概要（300 字程度）

中央大学を中核として(株)十川ゴム、(株)エヌ・ワイ・ケイの異業種が手を組んで産学連携研究グループを構成し、研究・開発に取り組できた。既存の貯水槽の耐震性向上を目指し、素材メーカーの経済性と衛生面へのノウハウ、貯水槽メーカーの施工に関するノウハウを融合させて、新たな制振装置の研究・開発を行った。併せて科学技術振興機構「A-STEP(シーズ顕在化タイプ)」に 2012 年に採択、2013 年～2015 年には科学研究費助成事業(科研費基盤研究(B))に採択された。この研究資金を使い貯水槽破壊の原因の究明と今後の対応、既存の貯水槽の耐震性向上のための制振装置開発プロジェクトを進めてきた。具体的には小型模型から実物大の貯水槽を使って大型振動台での振動実験を行い、成果を社会に還元するために制振装置の研究・開発を行った。

## ■社会的課題の現状アプローチ（図表可）

東日本大震災ならびに熊本地震の現地調査の結果から、貯水槽に発生する被害には、大きく分けて二種類あることがわかってきた。熊本地震の事例として、一つは写真 1 に示す熊本市南区の FRP 製パネルタンク事例であり、上部の隅角部付近の側壁や天井部が損傷している。もう一つは写真 2 に示す熊本市南区の事例であり、ステンレス製パネルタンクの例で、下部を中心としての側板や隅角部が破損した事例である。前者は、スロッシングに起因したものの、後者はタンク構造体の振動が主体となるバルジングに起因する。写真 3 の FRP タンクは、熊本県阿蘇市の事例であり貯水槽が完全に破壊されるに至っている。これは、スロッシングとバルジングが同時に発生した事例と推測する。熊本地震においてもスロッシングとバルジングの被害が多数発生していることに鑑み、今後貯水槽を初めとする給水タンクの耐震性と安全性を向上させるためには、耐震性の向上が急務である。



写真 1 隅角部上部側板の破損事例 (FRP タンク, 熊本市南区)



写真 2 隅角部下部の破損事例 (SUS タンク, 熊本市南区)



写真 3 完全に破壊された事例 (FRP タンク, 熊本県阿蘇市)

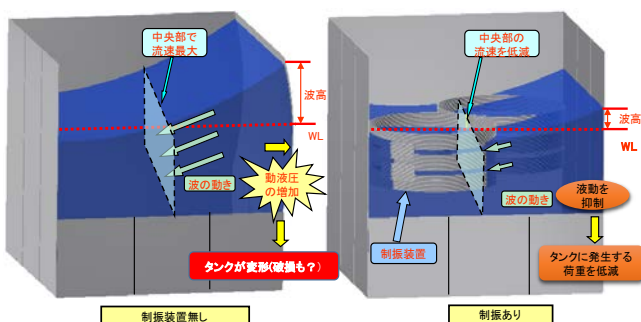


図 1 浮体式波動抑制装置(8字型制振装置)の制振メカニズム



(a) 30t クラスの貯水槽 (b) 大型貯水槽

写真 4 浮体式波動抑制装置の施工事例

(8字型制振装置:『タンクセイバー・波平さん』®)

## ■ 具体の事業内容（図表可）

既存の貯水槽の耐震性能の向上を目指し、施工の容易さ、経済性、衛生面を追求しての制振装置の開発を行って来た。既存の貯水槽の耐震性能の向上に従来から行われている外壁パネルの補強ではなく、貯水槽内部に図 1 に制振のメカニズムを示す。さらに写真 4 に示す 8 の字形パネルを組み立てる方式での貯水槽用浮体式波動抑制装置を設置することで耐震性の向上を計ることができる事を明らかにした。

この制振メカニズムは、液体が制振装置のスリットを通過するときに抵抗力が生じ、水の粘性が見掛け上大きくなることを利用したものである。これにより減衰が付加され、流速を抑えて波高を低減することができる。なお、本制振装置は、現状の貯水槽設計基準で考慮されていないバルジング現象にも効果があることが判っている。

## ■ 実施による効果

熊本地震においても貯水槽に被害が出たことに鑑み、毎回大きな地震が起きる毎に貯水槽の被害が生じている。そのために貯水槽の耐震性向上は、南海トラフで発生する巨大地震に備えるために必須の項目である。貯水槽にスロッシングやバルジング現象が発生しないような制振対策を施すことが、命の水を守るための「減災」に繋がることになる。

本制振装置は最新の研究成果より、最大波高を 1/3 程度まで抑え、かつ地震によるタンクへの負荷を半減することを可能とした。さらに矩形のみならず円筒形や大型配水池へも適用可能である。また本制振装置は、2014 年 8 月に横須賀市民病院に初施工以来、病院、老人ホーム、大型マンション等全国で 2016 年度末現在、70 機以上の施工実績を既に有している。

## ■ 事業の特徴・革新性

既存の貯水槽の耐震性能の向上に従来から行われている外壁パネルの補強ではなく、貯水槽内部に写真 4 に示す 8 の字形パネルを組み立てる方式での貯水槽用浮体式波動抑制装置(8 字型制振装置:『タンクセイバー・波平さん』®)を設置することで耐震性の向上を計ることができる事を明らかにした。

この制振メカニズムは、液体が制振装置のスリットを通過するときに抵抗力が生じ、水の粘性が見掛け上大きくなることを利用したものである。これにより減衰が付加され、流速を抑えて波高を低減する。この制振装置のスロッシング低減効果とし、3×3×3m のタンクに水深 2.7m まで水を入れ、スロッシング 1 次モードである 0.47Hz、振幅±7mm、20 波の正弦波加振による応答波高の比較を示す。これによると最大波高は非制振時に 401mm を示したものが、制振装置を付加することで 132mm まで約 67% 波高を低減させている。この結果から浮体式波動抑制装置の効果を確認した。

ところでこの制振装置の材料は、柔軟性のある耐塩素性を有する特殊ポリエチレン樹脂で成型した板状のダンパー部材とそれ 8 の字を組むための接続部材で構成されている。これを 8 の字状に曲げて SUS ボルトで接合し、現地で製作・設置するものである。これらを貯水槽外部で組み立てた後、直径 φ600 程度の点検用のマンホールから水槽内部へ直接入れる。これはこの材料の一つの特性である柔軟性からできることであり、水槽内部での作業を極力無くす工夫がなされている。この施工方法の場合、30t クラスのタンクでダンパーパネルを内寸に応じて自在に曲げ、連結部位をボルトで固定するだけなので、施工時間が 30 分程度と短時間で完了する。ところで、この材料の比重は 0.9 であるので、水を入れると水面付近に浮揚する。

## ■ 今後の展望

本制振装置を実用化し社会基盤の安定に寄与するためには、大型の貯水タンクに確実に適用できる設計仕様となっているかを検証していく必要があり、これらを実機レベルで試作し、評価確認する課題がある。その検証を実施するには多大な研究開発費を要することとなるため、段階的に設計検証のステップを設定し、その基準をクリアしながら進めて行くこととなり、それが本研究の課題となり、産学共同研究で解決すべきものと考えている。したがって、当制振装置を適用することで配水池などの大型貯水タンクを地震の被害から防ぎ、我々国民の生命、財産を守る一助となれる価値を経済面及び社会面の両側面から創造することが可能と考えている。

また、福島第一原子力発電所の汚染水一時貯水タンクに関しても、巨大地震が再び発生することで被害を受ける可能性が十分に存在し、再び汚染水漏洩が発生して近隣住民あるいは環境への大きな影響を及ぼすことも想定すべきと考える。その点からも本研究で創出した制振装置によって、将来に起こりうるリスクを排除しておく必要がある。