

貯水槽のバルジング振動を抑制するためのダンパーの提案

○(株)十川ゴム 正会員 河田 彰 (株)十川ゴム 正会員 井田 剛史
中央大学 正会員 平野 廣和 (株)エヌ・ワイ・ケイ 石川 友樹

1. はじめに

東日本大震災での著者らの現地調査の結果や関連の報告書^{1),2)}によると、貯水槽に発生する被害には、大きく分けて2種類あることがわかっている。一つは天井や上部の側板が破損した事例、もう一つは下部を中心として側板や隅角部が破損した事例である。前者は、スロッシングが原因であるのに対し、後者はタンク構造体の振動が主体となるバルジングが原因である。

バルジングに関する研究は、大型の石油タンク等では坂井^{3),4)}らが、ここで取り上げる貯水槽に関する研究は箕輪ら^{5),6)}や著者ら⁷⁾の研究グループがある他にあまり行われていないのが現状である。そのため、バルジング対策をどのように貯水槽の耐震設計に取り入れていくかが、今後貯水槽の耐震性と安全性向上のためには、一つの重要な課題になるものと思われる。さらに、既存貯水槽の耐震性向上に設置可能な方法を考える必要がある。既存貯水槽には各種の配管が固定設置されていることから、本体と基礎との間に防振材料を挟む様な本体の持ち上げが必要な工法は、困難である。

そこで、本報ではこのバルジングに関する挙動の解明と、バルジングを抑制するためのダンパーの開発を行う。ここで写真-1に示す3000×3000×3000のFRP製タンクを用いバルジング現象を再現し、その挙動を確認する。次に写真-2に示すゴム製ダンパー(以下、ダンパー)をタンク壁面に取り付けることで、バルジングを抑制することを試みたので、その結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 ダンパーの作製及び設置

ダンパーの材料は、特殊ゴムとし図-1に示す形状とする。作製方法は、ゴム成形で一般的に使用されるアルミ製の簡易金型を使用し、プレス成形にて行う。ダンパーの設置は写真-3に示すように、架台にH鋼などの部材を取り付け、タンク下部の各パネル中央部にダンパーが接するように三カ所設置する。これは、バルジングによって変形する壁面をゴムの反力によって吸収させることで、バルジングを抑制する目的がある。また、バルジングが発生した場合、振動方向の両壁面が大きく変形すると考えられるため、ダンパーの設置箇所は振動方向の両壁面に三カ所ずつ、合計六カ所設置する。

2.2 実験概要

加振実験には、2013年に中央大学と愛知工業大学が共同で設置した大型振動装置を用いて行い、タンク内の水深は通常設定されている2700mmとする。加振条件は加速度を0.40m/s²とし、振動数を1.9Hzから2.5Hzまでの0.1Hz刻みとする。このときのタンク壁面の変位量を写真-4に示すようにタンク横に設置したレーザー変位計で測定することで、ダンパーの効果を検証する。レーザー変位計の値はタンクの膨らむ方向を正(+),凹む方向を負(-)とする。測定箇所は振動方向の壁面中央部の下から500mm地点、1000mm地点、1500mm地点、2000mm地点、2500mm地点とする。また、加振前のダンパーの初期状態として写真-5の(a)圧縮させていな



写真-1 FRP製貯水槽



写真-2 ゴムダンパー

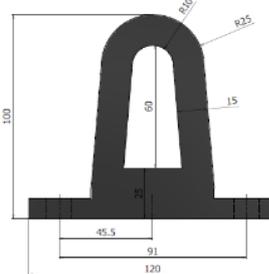


図-1 ダンパー断面



写真-3 ダンパー設置



写真-4 レーザー変位計設置位置



(a) 圧縮量: 0mm



(b) 圧縮量: 15mm

写真-5 ゴムダンパー

い状態と(b)15mmほど圧縮させた状態の2パターンで実施する。

3. 実験結果

図-2に今回の実験条件で最も激しいバルジングの挙動を示した2.1Hzで加振した条件での壁面変位の結果

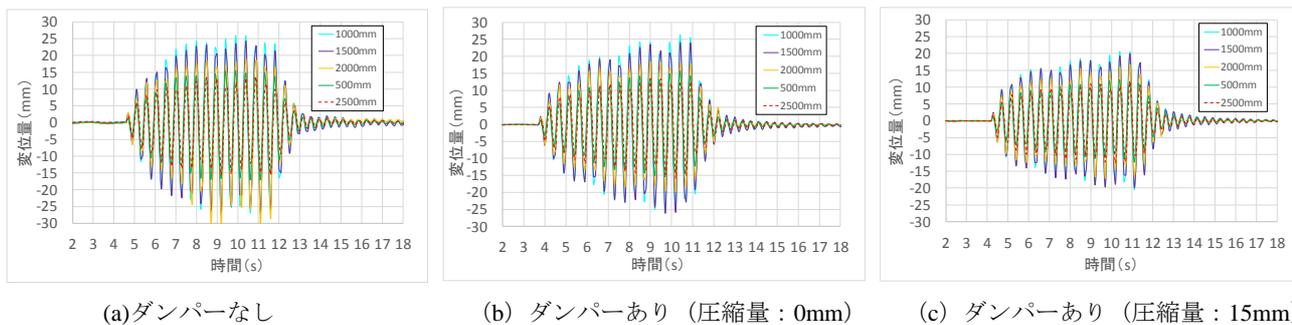


図-2 2.1Hzで加振したときの各地点における壁面変位量

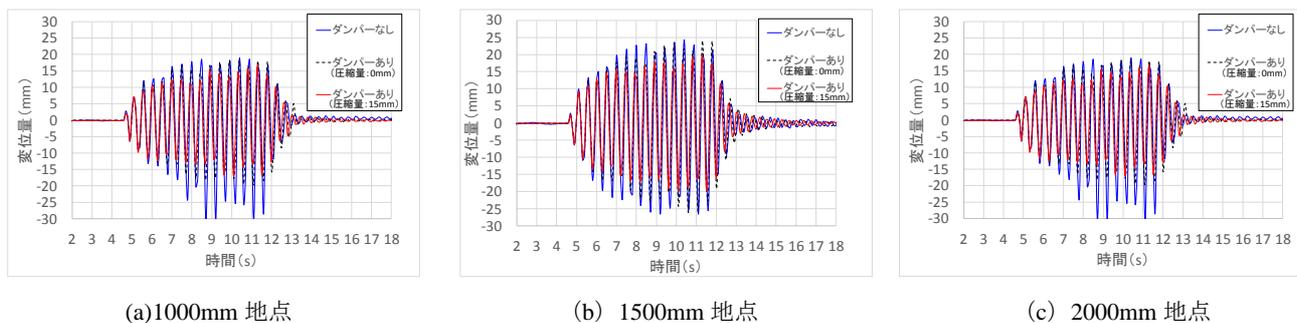


図-3 2.1Hzで加振したときの各条件における壁面変位量

を示す。全ての条件において加振終了後、直ちに減衰していることから、バルジングの特徴を示していることがわかる。また、ダンパーの有無に関わらず、1000mm地点において最も変位量が大きい結果となった。これは、1000mm地点が今回使用したFRPタンクの繋ぎ目の部位であることが要因であると考えられる。図-3は同条件で変位量の大きかった3つの地点の変位量をダンパーの有無で比較した図である。ダンパーなしとダンパーあり(圧縮量:0mm)とを比較すると、2000mm地点では効果が認められるが、その他の地点では効果がみられなかった。これは圧縮量が0mmでは反力が不足して、写真-6のようにバルジング中にタンク壁面とダンパーに隙間が生じるため、効果が少なかったと考えられる。一方、ダンパーなしとダンパーあり(圧縮量:15mm)を比較すると、どの地点においてもダンパーを設置することで、変位量を減少できている。これは、加振前の初期状態からタンク壁面に反力を与えておくことで、バルジング発生中においてもタンク壁面とダンパーに隙間が生じず、壁面変位を効率的に吸収させることができたからと考えられる。



写真-6 ダンパーとタンク壁面に生じる隙間

を付記する。

参考文献

- 1) 厚生労働省健康局水道課：「東日本大震災水道施設被害状況調査報告書(平成23年度災害査定資料整理版)」, 3.1 拠点施設の被害状況とその要因・課題, 2012.12.
- 2) 井上涼介, 坂井藤一, 大峯秀一：2011年東北地方太平洋沖地震における水槽の広域被害および地震動特性との関連の分析, 第34回土木学会地震工学研究発表会, A13-639, 2014.10.
- 3) 坂井藤一, 迫田治行：大型液体タンクの地震応答に関する研究, 第4回日本地震工学シンポジウム論文集, 1975.11.
- 4) 岡田統夫, 坂井藤一, 迫田治行：有限要素法による大型液体タンクの地震応答解析, 川崎重工技報, No. 59 & 61, 1975.12. & 1976.6.
- 5) 箕輪親宏：長方形水槽のスロッジングインパクトー阪神大震災の水槽被害に関して, 日本機械学会論文集C編, Vol. 63, No. 612, pp. 2643-2649, 1997.8.
- 6) 箕輪親宏, 清水信行, 鈴木純人：長方形ステンレスパネル水槽の振動台実験, 日本機械学会論文集C編, Vol. 68, No. 668, pp. 1056-1063, 2002.4.
- 7) 塩野谷遼, 平野廣和, 井田剛史, 河田彰：実機貯水槽を用いたバルジング振動に関する振動実験, 土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol.73, No.4, 2017.8.

4. おわりに

本研究ではバルジング対策のひとつとして、既存の貯水槽においても本体を持ち上げることなく設置できるゴムダンパーを使用した方法を考案し、その効果を検証した。その結果、ある程度の効果を実タンクで実証することができ、壁面変位をゴムで吸収することでバルジングを抑制できることを掴めた。しかし、施工方法などに大きな課題を残しており、引続き開発検討を行い実用化を目指す。

謝辞：本研究の一部は、(独)日本学術振興会科学研究費・基盤研究(C)及び(独)科学技術振興機構研究成果展開事業地域産学バリュープログラムの給付を受けたこと