

受水槽のスロッシング被害を想定した制振装置検討のための基礎的実験

(株)十川ゴム 正会員 ○井田剛史 (株)十川ゴム 勝井達也
中央大学 正会員 平野廣和 中井商工(株) 正会員 連重俊

1. はじめに

浮き屋根式タンクを始め、水道施設、汚水処理施設、核燃料貯蔵施設などに設置されている大型容器において、地震動によるスロッシング現象が発生し、内容液が溢流、さらには貯槽自体が破壊されるなどの被害が報告されている。2011年3月11日に発生した東日本大震災(M9.0)でも多くの貯槽でスロッシング被害が報告されているが、本研究では水道施設等に設置されている受水槽(写真1)を対象として制振装置を検討する。水道施設等の受水槽は一般に病院などの公共施設の他、集合住宅などにも多く設置され、ライフラインとして重要な役割を担っており、これらに被害が生じると給水できなくなるなど生活に大きな影響を及ぼすことが想定される。一方で対策として制振装置を受水槽に適用する場合、上水を扱う場合が多いため、衛生性から適用できる材料が限定されること、さらに既設の水槽内への設置では、狭空間での現地施工の課題がある。そこで、著者らは衛生性に優れた樹脂配管を利用し、さらに狭空間の現地施工にも対応した制振装置モデルを検討し、矩形水槽を用いてその効果を検証する。

なお、本報は写真1に示す受水槽に制振装置を設置して振動実験を実施し、その制振効果を評価するための基礎的実験として検証するものである。

2. 制振装置モデル及び実験方法

実験モデルは、写真2及び図1に示すように水深450mmまで注水した矩形水槽(900mm×1000mm)を油圧式振動台に設置するものとし、起振条件として、本モデルのスロッシング1次固有振動数である0.83Hzの変位±3mmを20サイクル与えた。また、計測はスロッシング時の液面波高(変位)を水槽上部に設置したレーザー変位センサーで3分間測定し、その時最大波高と減衰波形から減衰定数を算出して比較した。

なお、レーザー変位センサーで液面を検知するため、液面上にはφ0.5mmのマイクロビーズ(発泡PS樹脂)を浮遊させた。

制振装置は水槽内の中央部に図2に示すモデルを起振直角方向(パネル4枚)に設置し、差込長については、50mm, 100mm, 150mm, 350mmのパターンで設置することで波高低減効果の比較を行なった。

また、樹脂チューブ(φ6)の取付けピッチについては、水平方向(H)及び鉛直方向(V)を表1のパターンで取付けて比較した。

表1 制振装置の樹脂チューブ取付けピッチ

試料 No	取付けピッチ(mm)		閉塞率(%)
	H	V	
①-40×40	40	40	28
②-20×20	20	20	51
③-10×10	10	10	84



写真1 受水槽タンク (SUS製)



写真2 矩形水槽モデル

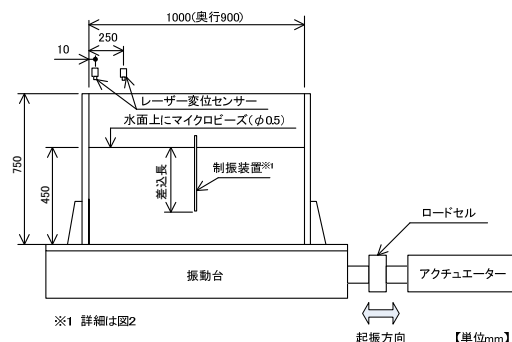


図1 実験モデル概略図

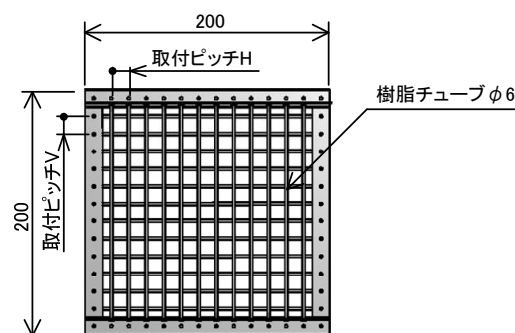


図2 制振装置モデル概略図

3. 結果

表1の試料No②・20×20で差込長を変化させた時の最大波高の変化を図3に示す。なお、差込長0mmのデータは非制振時の波高を比較としてプロットしたものである。図3より差込長が大きくなるにつれて、非制振時と比較して波高低減効果が高くなっていることがわかるが、対数近似的な傾向を示しており、制振装置の差込長（設置枚数）に対する制振効果を考えると必ずしも差込長を大きくすれば良いという結果とは言えない。これは水槽の液面付近程流速が速く、底面に近づく程流速が遅くなることに起因するものと考えられる。

次に表1に示す樹脂チューブの取付けピッチから閉塞率と最大波高の関係を図4に示す。なお、閉塞率0%は非制振時の波高を比較としてプロットしたものである。図4より制振装置を設置することで28%の閉塞率で最大波高を半減していることがわかる。さらに閉塞率を上げるとその効果は高まり、84%閉塞させると非制振時の約20%まで波高を抑制できることが確認できた。これらの傾向としては、閉塞率を上げることで2次曲線的に最大波高を低減させるものと推測される。しかしながら、閉塞率を上げるには樹脂チューブを相当数設置する必要があるため、施工コストを増大させることから受水槽に適切な波高低減量を設定することが重要かと考える。上述の起振条件で計測した減衰波形を図5に示し、各条件における減衰波形から算出した減衰定数を表2に示す。

図5より、非制振時で起振中（約16.6秒）波高が増大し続けるのに対し、制振装置を設置した場合、起振途中から波高成長が抑制されていることがわかる。また、表2より、起振終了後の減衰定数が制振装置を設置することで非制振時に比べて2倍以上に上昇していることから制振装置の波高抑制と制振効果が確認できた。

4. まとめ

本研究により、受水槽のスロッシング被害を想定した制振装置を検討するための基礎評価が確認できた。つまり、実際の受水槽で地震時に想定されるスロッシングに対し、本制振装置の差込長と閉塞率を適切に設定することで、必要とされる波高低減効果と制振性能及び経済性のバランスを確立するため基礎データとして活用できるものとする。

今後、スロッシング時における受水槽内の動液圧変化を確認することで受水槽耐力への影響度を把握し、これらの検証データを用いて受水槽用制振装置として設計・施工した場合での実機試験を実施する予定である。これにより実際の受水槽でのスロッシング抑制効果の有効性を確認して実用化を進めていく。

参考文献

- 1) 池田, 井田, 平野, 佐藤: 矩形断面容器におけるスロッシング対策案の検討, 応用力学論文集, Vol.11, pp549-556, 2008.8.
- 2) 村田, 宮島: 受水槽のスロッシングが地震直後に発生する水圧・水量の異常挙動に及ぼす影響, 日本地震工学会論文集, Vol.7, pp27-42, 2007.2.

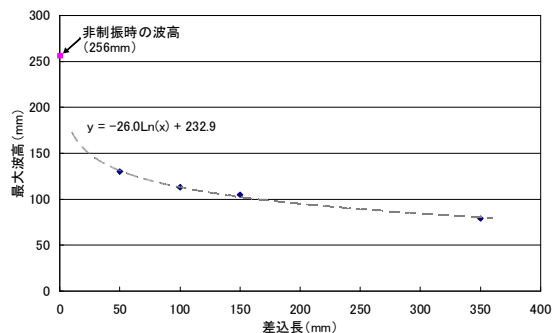


図3 差込長と最大波高の関係

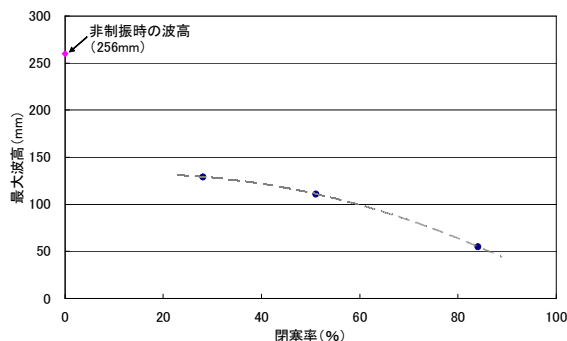


図4 閉塞率と最大波高の関係

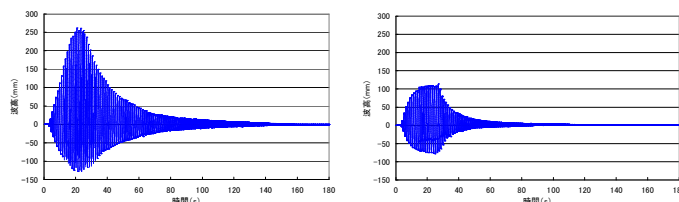


図5 非制振時と試料No②(差込長150mm)の減衰波形

表2 各パターンにおける減衰定数

条件	減衰定数
非制振時	0.0088
①-40×40(差込長150mm)	0.0169
②-20×20(差込長150mm)	0.0198