

波高抑制装置を設置した受水槽のスロッシング現象抑制に関する実験的研究

愛知工業大学 学生会員 ○日比野広之
愛知工業大学 正会員 鈴木森晶 愛知工業大学 正会員 奥村哲夫

1. 序論

我が国では地震によるスロッシング現象によって石油タンクの火災や核燃料プールの内容液越流などの被害が報告されている。また、先の東日本大震災では、病院やマンションなどの給水タンクに亀裂が生じるなどの被害が報告されている。円形タンクに対してはスロッシング現象を抑える研究が進んでいるが、矩形貯槽に対してはほとんど行われていない。本学では、小型水槽の内壁に波高抑制装置を設置することにより、波高抑制効果があることを確認した¹⁾。しかし、実際の受水槽と小型水槽では、大きさや構造に違いがあるため、文献 1) で使用している波高抑制装置を用いた場合に波高抑制効果が期待できるかを検討する必要がある。本研究では、写真-1 に示す受水槽に波高抑制装置を設置し、波高抑制効果を調査した。

2. 実験概要

実験に用いる受水槽はステンレス製で、幅 $L=3\text{m}$ 、奥行き $D=3\text{m}$ 、高さ $h=3\text{m}$ である。波高抑制装置を写真-2 に示す。厚さ 25mm のプラスチック繊維を波高抑制装置として受水槽の内壁に設置する。大型振動台に受水槽を載せ加振実験を行う。受水槽内に 2.7m まで注水し、振幅 $\pm 3.0\text{mm}$ で 10 秒間加振した。液面の挙動は受水槽上部に設置したレーザー変位計で計測した。

実験で使用する波高抑制装置設置箇所の一例を図-1 に示す。受水槽は 1m 四方のパネルを組み合わせで作られており、上から上段、中段、下段と定義した。波高抑制装置は 1m 四方に加工して設置した。

加振方向角は図-2 の様に定義し 0° と 45° の2ケースについて実施した。実験パターンを表-1 に示す。表-1 に示すように波高抑制効果の高いと思われる位置に波高抑制装置を設置した。また、装置の厚みを変更し実験を行った。

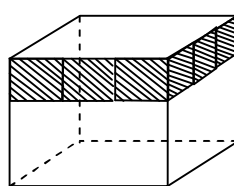
受水槽のスロッシング n 次モードの固有振動数 $f(\text{Hz})$ の理論値を水深 $H(\text{m})$ 、重力加速度 $g(\text{m/s}^2)$ 、受水槽の幅 $L(\text{m})$ を用いて式(1)より求め、1次・2次モードに



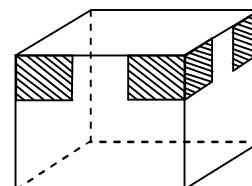
写真-1 受水槽



写真-2 波高抑制装置



上段全面



上段四隅

図-1 波高抑制装置設置箇所

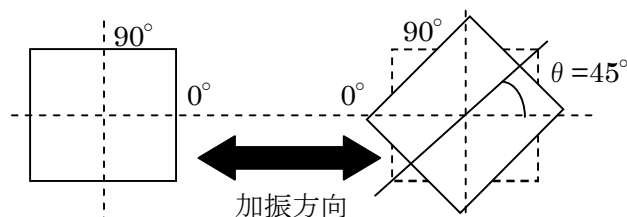


図-2 加振方向角

表-1 実験パターン

加振方向角 θ	0° , 45°
波高抑制装置設置箇所	上段全面, 上段四隅, 上中段四隅
装置厚み(mm)	25, 50, 75

おいて固有振動数の理論値付近で実験を行った。

実験で用いる受水槽の1次モードの理論値は、 0.49Hz 、2次モードの理論値は 0.87Hz となる。

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{(2n-1) \cdot \pi \cdot g \cdot \tanh\left(\frac{(2n-1) \cdot \pi \cdot H}{L}\right)}{L}} \quad (1)$$

3. 実験結果

図-3 に加振方向角 0° において波高抑制装置設置箇所の違いによる波高抑制効果の差を示す。固有振動数付近において加振した場合、上段四隅の場合は非制振の場合と比べて、波高は 20% 低減している。上

段全面の場合は 30%低減している。上中段四隅の場合、非制振と比べて波高を 20%低減しているが、上段四隅、上段全面と比べて波高抑制効果の向上は見られない。つまり、上段に設置した場合と上中段に設置した場合では、上段に設置した場合において波高抑制効果が高い結果が得られた。以上より、上段全面に設置した場合が最も抑制効果が高いが、上段四隅と比べ抑制効果に大きな差はなく、抑制装置の設置コストを考慮すると、上段四隅に装置を設置するだけでもある程度の効果が期待できると思われる。

図-4 に 1 次モードおよび 2 次モードに対する波高抑制装置の厚みを変化させた場合における最大波高の変化を示す。図-4(a)に示すように、1 次モードでは、波高抑制装置の厚みが 25mm の場合、非制振と比べて波高は 20%低減している。50mm の場合では 40%、75mm の場合では 50%低減できる効果が得られた。装置の設置厚さを増すごとに波高抑制効果も大きくなる結果となったが、50mm および 75mm では波高抑制効果の差は 10%程度であることから、ある程度の厚みで波高抑制効果は頭打ちとなることが予想できる。

図-4(b)に示すように、2 次モードでは、非制振の最大波高が 200mm 近くになり、1 次モードの非制振と比べて最大波高が高くなる結果が得られた。これに対し、上段四隅に波高抑制装置を設置した結果、装置厚が 50mm の場合、非制振と比べて最大波高は 80%低減している。しかし、装置厚 75mm おいても最大波高は 80%低減するにとどまり、2 次モードに対しては薄い装置厚で大きな効果を発揮することが分かった。

4. 結論

(1)波高抑制装置設置箇所を変えても抑制効果に大きな差はなかった。

(2)抑制効果に大きな差がないためコスト面を考慮す

ると上段四隅へ装置を設置することが望ましいと思われる。

(3)1 次モードでは波高抑制装置の設置厚を増やせば波高も小さくなる結果となった。

(4)2 次モードでは波高抑制装置の設置厚を増やした場合でも波高抑制効果に差が生じない結果となった。

謝辞：本研究は科学研究費(基盤研究 (C) 22560486 代表：平野廣和)の研究助成および愛知工業大学耐震実験センター研究助成金を得た。ここに感謝の意を表する。

参考文献

1)則竹一輝，鈴木森晶，奥村哲夫，佐口浩一郎，倉橋奨，矩形貯槽におけるスロッシング挙動とその抑制方法に対する検討，応用力学論文集，巻:15 ページ：1.785-1.794，平成 24 年 8 月

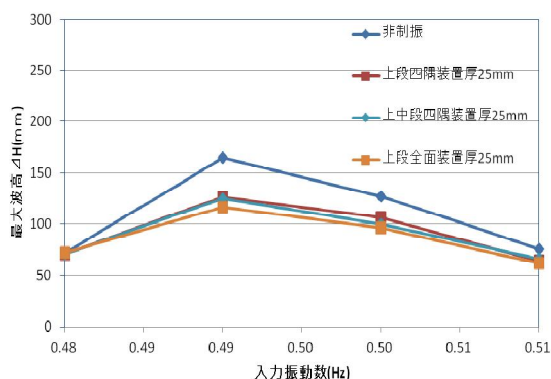
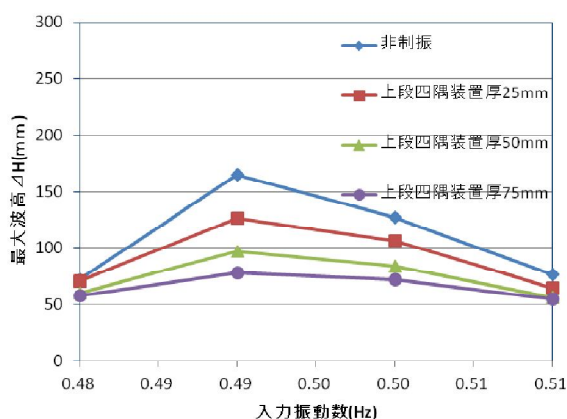
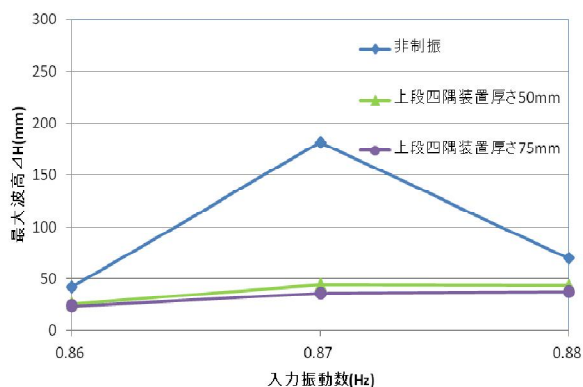


図-3 波高抑制装置設置箇所による波高の変化
(1 次モード 加振方向角 0°)



(a) 1 次モード 加振方向角 0°



(b) 2 次モード 加振方向角 0°

図-4 波高抑制装置設置厚さによる波高の変化