

矩形貯槽におけるスロッシング波高抑制のための減衰フィルターの設置位置の検討

愛知工業大学 学生会員 ○黒田 亮
愛知工業大学 正会員 鈴木森晶

1. はじめに

近年，地震に起因するスロッシング現象による貯水タンクの被害が数多く報告されている．特に，2011年に発生した東北地方太平洋沖地震(M9.0)では，水道施設で使用するステンレス製およびFRP製の矩形型貯槽について被害が報告されている．

本学においては，矩形型貯槽にプラスチック繊維を減衰フィルターとして設置し，フィルターの設置箇所および厚さを変化させて矩形型貯槽におけるスロッシング現象の抑制に関する研究を行ってきた^{1), 2)}．

本研究では，矩形型貯槽模型を使用し，減衰フィルターを従来検討してきた壁面ではなく，水槽の中間位置に設置した場合に対して波高をどの程度抑制できるかを検討する．

2. 実験計画

2.1 実験概要

写真-1のように幅 $L=1800\text{mm}$ ，奥行き $D=587\text{mm}$ ，高さ $h=896\text{mm}$ の亚克力製矩形型貯槽模型を使用し，減衰フィルターを設置しない状態(非制振)と，減衰フィルターを設置した状態について加振実験を行い，スロッシング波高抑制効果を検討する．本研究の貯槽に設置する減衰フィルターは，写真-2に示すように厚さ 30mm の(株)吉原化工製の「もやいドレーンマット」を用い，図-1のように内壁から距離 d の位置に設置する．

2.2 実験方法

実験は写真-3に示す大型振動台に矩形型貯槽模型を載せ，水深 $H_w=600\text{mm}$ に設定し， $\pm 1\text{mm}$ の振幅で正弦波加振した．静水面から加振時の最大波高までの高さを $\angle H$ とし，これを観測した．

2.3 実験条件

表-1に矩形型貯槽模型での実験パラメータを示す．加振角度 θ は 0° で行う．振動数は波高が高く，実物貯槽では危険な挙動となりうる一次モード(0.58Hz 付近)および実際の地震波の成分に多く含まれる二次モード(1.13Hz 付近)の2ケースで加振する．図-1に示すように減衰フィルターの設置位置をパラメータとし，距離 d を貯槽内壁($d=30\text{mm}$)に

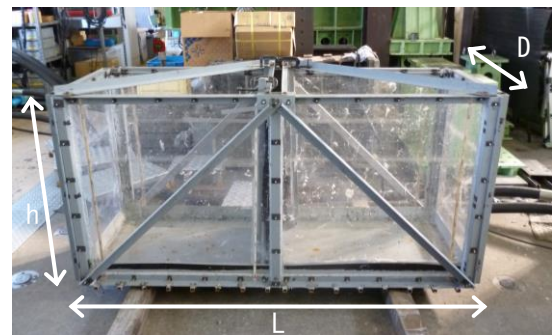


写真-1 矩形貯槽模型



(a) 全体

(b) 側面

写真-2 減衰フィルター

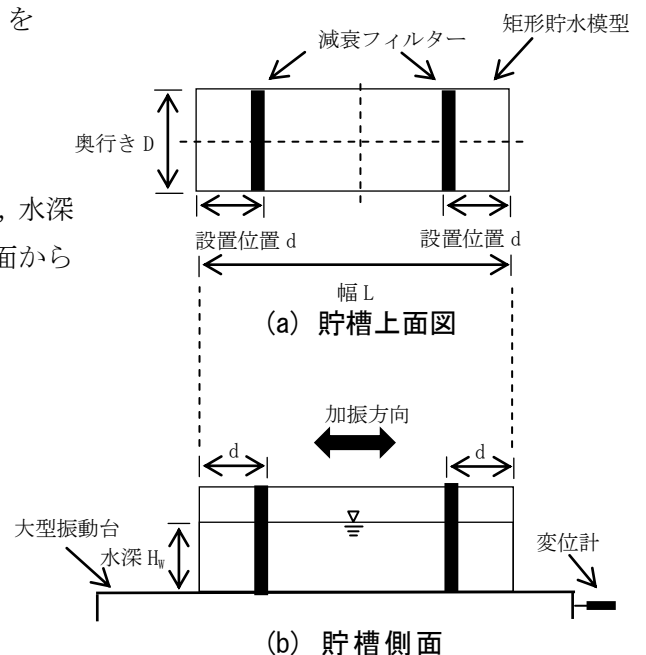


図-1 実験概要

キーワード：スロッシング，矩形貯槽，波高抑制，一次モード，二次モード

連絡先：愛知工業大学〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247 TEL：0565-48-8121，FAX：0565-48-0030

接した状態から貯槽中央位置 ($d=900\text{mm}$) まで変化させる。なお、 $d=0\text{mm}$ とは減衰フィルターを設置していない状態(非制振)であることを表す。また、減衰フィルターの厚さは、 30mm のみを用いた。貯槽の幅 L に対する減衰フィルターの 2 枚分の厚さは 3.3% となる。

3. 実験結果

ここでは、減衰フィルターの設置位置を変化させることで波高抑制に対してどの程度効果があるのかを検証する。図-2 に一次モードにおいて、減衰フィルターの設置位置を変化させた場合の最大波高の変化を示す。縦軸には最大波高を、横軸には減衰フィルターの設置位置 $d(\text{mm})$ を示す。なお、最大波高は、各モードの $d=0\text{mm}$ (非制振) 時に加振方向角 0° に設定して加振した場合の最大波高 $\angle H_0$ で無次元化している。

図-2 より、減衰フィルターの設置位置を貯槽内壁に設置するだけで非制振と比べて約 50% 波高を抑制することができることがわかる。さらに、フィルターの設置位置を内壁から中心位置に向かって近づけていくと、内壁にフィルターを設置した場合と比較して波高抑制効果は大きくなることがわかり、非制振と比べて約 $40\sim 5\%$ まで波高を抑制することができることがわかった。

図-3 に二次モードにおける減衰フィルターの設置位置と最大波高の変化を示す。図-3 から、減衰フィルターは水槽内壁と接していない方が波高抑制効果は得られることがわかる。しかし、一次モードのようなフィルターの設置位置を変化させることによる波高抑制効果の線形的な変化は見られず、非制振と比べて平均して約 20% まで波高を抑制することができることがわかった。

4. 結論

- (1) 一次モードでは、減衰フィルターの設置位置を貯槽内壁に設置するよりも貯水槽の中心位置に近づけて設置する方が波高抑制効果は大きくなり、中心位置 ($d=900\text{mm}$) では非制振の場合と比較して約 5% まで波高を抑制することができた。
- (2) 二次モードについては、減衰フィルターの設置位置を変化させても、波高抑制効果に大きな変化は見られず、減衰フィルターは内壁 ($d=30\text{mm}$) 以外であればどのような設置位置にしても良いことがわかった。

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, 土木学会論文集 A2 分冊(応用力学)特集号 Vol. 15, I_785-I_794, 2012. 9.
- 2) 日比野広之, 鈴木森晶, 奥村哲夫: 実物大貯水槽のスロッシング現象と波高抑制手法に関する研究, 土木学会第 68 回年次学術講演会, I-025, pp. 49-50, 2013. 9.



写真-3 大型振動台

表-1 矩形貯槽模型の実験パラメータ

振動数	一次モード(0.58Hz 付近) 二次モード(1.13Hz 付近)
加振方向角	0°
幅 L に対する減衰フィルターの設置厚さ	$3.3\%(30\text{mm})$
減衰フィルター設置位置 d	0,30,60,90,120,210,300,330, 360,390,420,450,480,510, 600,720,810,900mm
合計	36ケース

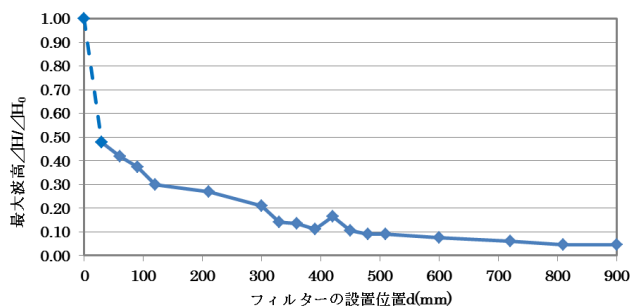


図-2 最大波高と設置位置の関係(一次モード)

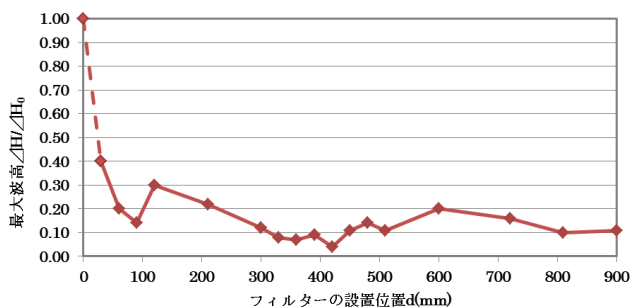


図-3 最大波高と設置位置の関係(二次モード)