

フィルターを設置した矩形型貯水槽模型の固有振動数と応答波形の位相の変化

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 学生会員 黒田亮

1. 序論

2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震(M9.0)では、スロッシング現象により、病院やマンション等に設置されている貯水槽の被害(写真-1)が生じ、避難所の生活用水が十分に配給されず大きな被害を被った¹⁾。

本学では、貯水槽模型にプラスチック繊維のフィルターを内壁面に設置することにより高い波高抑制効果が得られることを示してきた²⁾。またフィルターを設置することにより、矩形型貯水槽模型が分割され、固有振動数が変化する可能性があり、入力波形に対しても応答波形の位相の変化などが考えられる。

そこで、本研究では、矩形型貯水槽模型にフィルターを設置したことによる固有振動数の変化および入力波形と応答波形の位相差の変化についての検討を行う。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

図-1に示すように矩形型貯水槽模型は、内側寸法：高さ $h=896\text{mm}$ 、幅 $L=1800\text{mm}$ 、奥行き $D=587\text{mm}$ の亚克力製の矩形型貯水槽模型(以下、 $L1800\text{mm}$ 貯水槽)である。フィルターは、(株)吉原化工製の「もやいドレーンマット」厚さ 30mm を用いる。

2.2 実験方法

実験は水深 $H=600\text{mm}$ まで水を満たし、 $\pm 1\text{mm}$ もしくは $\pm 2\text{mm}$ の振幅で正弦波加振を行った。最大波高 $\Delta H(\text{mm})$ は加振時における静水面からの変化量である。

2.3 実験条件

図-1に示すようにフィルターは、内壁面から距離 d の位置に設置する。 $d=0\text{mm}$ とは、フィルターを設置しない、非制振の状態を表している。入力振動数 $f(\text{Hz})$ は、 $L1800\text{mm}$ 貯水槽の1次～4次モードの理論値をすべて含む範囲とする。この条件でスイープ試験を行い、矩形型貯水槽模型の固有振動数の変化について検討する。特に水槽にフィルターを設置した場合、フィルターが隔壁のような働きをし、例えば $L1800\text{mm}$ 貯水槽が、 $d=450\text{mm}$ の場合、 420mm 、 900mm 、 420mm の長さに分割されることが考えられる。

表-1に $L1800\text{mm}$ 貯水槽において前述のようにフィル

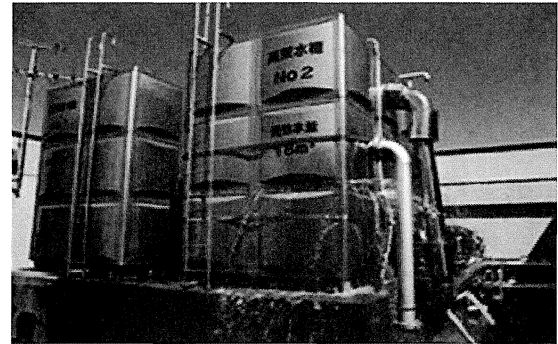


写真-1 貯水槽の被害

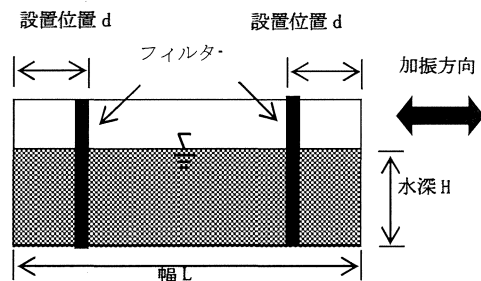


図-1 矩形型貯水槽模型側面図

表-1 固有振動数の理論値

矩形水槽 の幅 L	固有振動数 $f_n(\text{Hz})$			
	1次モード	2次モード	3次モード	4次モード
1800mm	0.582	1.138	1.472	1.742
900mm	0.917	1.613	2.082	2.464
870mm	0.935	1.640	2.118	2.506
420mm	1.363	2.361	3.048	3.606

ターにより分割されたと仮定した場合の固有振動数の理論値を示す。

3. 実験結果

3.1 固有振動数の理論値との関係

実験結果と固有振動数の理論値との関係を、図-2に示す。グラフの横軸は入力振動数 $f(\text{Hz})$ を表し、縦軸は各振動数における最大波高 $\Delta H(\text{mm})$ を表している。

図-2より、 $L1800\text{mm}$ 貯水槽の理論値付近でのみ波高が大きくなっており、その他の理論値付近では波高が非常に小さい。これにより、フィルターを設置したことによってこの $L1800\text{mm}$ 貯水槽の固有振動数は大き

キーワード スロッシング 矩形型貯水槽模型 フィルター 位相差

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

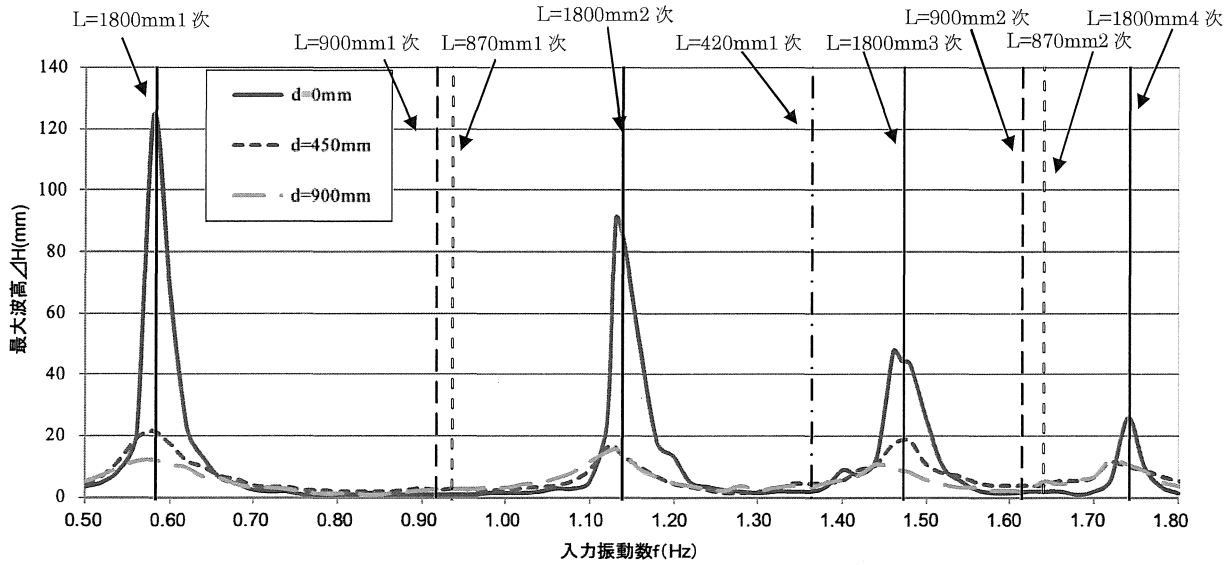


図-2 実験結果と固有振動数の理論値との関係

く変化しないと言える。

また、フィルターを設置しない場合(d=0mm)ではモードの次数が増えるにつれてピーク時の最大波高が小さくなっていくが、フィルターを設置した場合(d=450mm, d=900mm)ではモードの次数が増えてもピーク時の最大波高はほぼ同じ値を示す。高次モードになるほど最大波高は小さくなり、1次モードが最も高い波になることがわかった。

以上のことから、1次・2次モードの波高抑制効果に加え、3次・4次モードの波に対してもフィルターによる波高抑制効果は、どのモードの波に対しても効果が期待できるといえる。

3.2 入力波に対する位相差

入力波と応答波高との関係を図-3に示す。グラフの横軸は加振を開始してから時間(s)を表し、縦軸は応答波高(mm)を表している。このグラフは一例として入力振動数0.58Hz(1次モード)の場合でまとめており、特に10.0s~12.0sの区間で示した。

d=0mmの場合は 0.49π rad程度、d=450mmおよびd=900mmの場合には 0.58π rad程度の位相差がある。フィルターの有無による位相差は 0.09π rad程度であり、フィルターを設置した場合の方が設置しない場合より遅れている。

4. 結論

1) フィルターを設置しても矩形型貯水槽模型は分割されたことにはならず、矩形型貯水槽模型全体の固有振動数は変化しない。

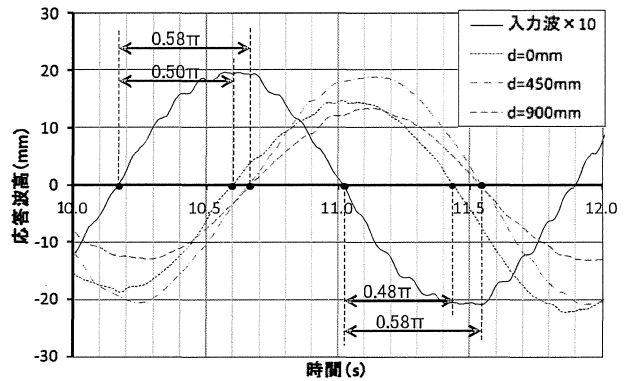


図-3 入力波と応答波高の位相差

- 2) スロッシング現象として波高が高くなる範囲は、固有振動数の周辺のみに限られる。またその波高は、高次モードになるほど小さくなり、1次モードが最も高い波になる。
- 3) フィルターを設置しない場合、入力波形と応答波形の位相差は 0.5π rad程度であり、フィルターを設置するとその位相差はさらに20%程度大きく生じる。

謝辞：本研究は科学研究費(基盤研究(B) 25289140 代表：平野廣和)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。

参考文献

- 1) 宮城県沖地震対策研究協議会，東北地質調査業協会：東日本大震災に関する技術講演会 論文集，2012.2.23
- 2) 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, Vol.68, No.2, I_785-I_794,2012.9.