

実大タンクのスロッシング波高抑制を目的としたフィルターの最適設置形態の検討

愛知工業大学 学生会員 ○櫛田真志
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. はじめに

我が国では、周期 2～5 秒のやや長周期地震動によるスロッシング現象の被害が多く報告されている。近年では 2011 年の東北地方太平洋沖地震 (M9.0) が挙げられる。被害事例として、スロッシング現象が発生し、ステンレス製や FRP 製の矩形貯水槽が破損し、避難所で水が配給されず、手洗い、洗面等の生活用水が使用できず、衛生面で甚大な影響をもたらした。

そのため、本学では実大タンクにフィルターを水面に対して鉛直に設置した場合の設置位置をパラメータとし、効果的な波高抑制手法を検討してきた。そして、タンクの中間位置に設置することで高い波高抑制効果が得られた^{1), 2)}。

本研究では、既往の研究とは異なり、フィルターを静水面に対し水平に設置し、設置位置を変化させて実験を行う。従来の鉛直に設置する場合に比べ効果的な波高抑制効果が得られるかを検討し、最適な設置形態(図-1 参照)および位置を提示する。

2. 実験計画

2.1 実験概要

本実験に用いる FRP 製パネルタンク（以下、実大タンク）を写真-1 に示す。寸法は 3000×3000×3000mm である。水深 H は 2000mm(常用水深)と設定し、タンク内にフィルターを設置し、内壁面からの距離 d を変化させていく。今回使用するフィルターは、図-2 に示す(株)吉原化工製の「もやいドレーンマット」を用いる。厚さ 30mm, 長さ 500mm, 幅 300mm である。

2.2 実験方法

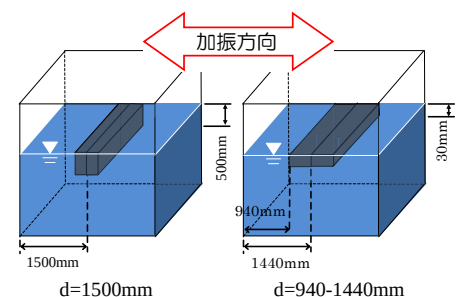
実験は、写真-1 に示すように屋外大型振動台にタンクを載せ、振幅±7mm の正弦波加振と JMA 神戸 NS 方向 50%相当の地震波で行う。タンク上面にレーザー変位計を設置し、静水面からの波高を $\angle H$ とし、設置パターンごとに波高を観測した。

2.3 実験条件

表-1 に実験パラメータを示す。スロッシング固有振動数の理論値を算出することができ、 $f_1=0.502\text{Hz}$, $f_2=0.883\text{Hz}$ となる。この値を基にスワイプ試験を行った結果、1 次モードの固有振動数は 0.475 Hz, 2 次モードの固有振動数は 0.855 Hz となったため、この値を固有振動数として実験を進めていく。



写真-1 実物大 FRP タンク



(a) 鉛直型 (b) 水平型

図-1 設置形態

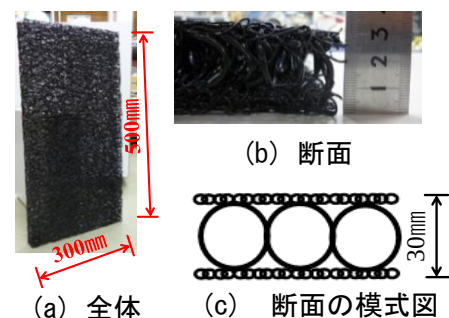


図-2 もやいドレーンマット

表-1 実験パラメータ

水深 H (mm)	2000	
加振振幅 (mm)	±7	
加振角度 (°)	0	
加振時間 (s)	40	
入力振動数 (Hz)	1次モード：0.475 付近 2次モード：1.040 付近	
入力地震波	JMA神戸NS方向50%変位	
設置位置 (mm)	鉛直	d = 110 (内壁) d = 1500 (中間)
	水平	d = 90-590 (内壁) d = 940-1440 (中間)

3. 実験結果

1 次, 2 次モードおよび地震波での最大波高 $\angle H/\angle H_0$ と設置位置の関係を図-3,4 および 5 に示す. グラフの縦軸は最大波高 $\angle H/\angle H_0$, 横軸はフィルターの設置位置を示している. 最大波高 $\angle H/\angle H_0$ は, 各設置パターンでの最大波高 $\angle H$ を, フィルターを設置していない状態 (非制振) での最大波高 $\angle H_0$ で無次元化した値である.

図-3 より, 1 次モードについては, 既往の研究でも明らかになっているように鉛直型では内壁に設置するよりも中間位置に設置した際に, 高い波高抑制効果が得られ, 非制振の際の 40%以下に波高を抑制している²⁾. しかし, 水平型に着目すると中間位置に設置するよりも内壁に設置した方がより効果的に波高を抑制していることがわかる. 水平型では内壁面に設置した方が効果的で約 20%まで抑制できている. これは鉛直型の中間位置に設置した値と同等の結果である.

図-4 より, 2 次モードについても, 鉛直型で中間位置に設置することで 20%以下に波高を抑制している. 内壁に設置した場合でも 30%以下まで抑制できているため, 鉛直型は 1 次, 2 次モードともに高い波高抑制効果を発揮すると考えられる. また, 水平型は鉛直型の内壁に設置した場合よりも波高抑制効果が低下していることがわかる. しかし, 内壁・中間のどちらも約 30%まで抑制することができ, 十分な波高抑制効果はあるといえる.

図-5 より, 地震波を入力した場合については, 水平型は設置位置に関わらず 90%程度まで抑制しているのに対して, 鉛直型は 70~80%まで抑制しているため, 地震波においては鉛直型が有効である. どちらの設置形態も 1 次・2 次モードと異なり抑制効果は見られるが効果的であるとは言えない. そのため, 地震波でも効果的に波高を抑制することのできる設置形態および位置の検討が今後必要である.

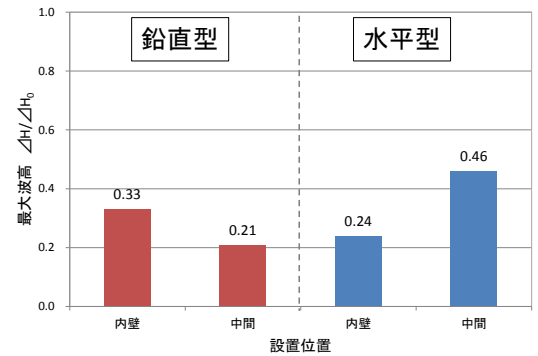


図-3 設置位置-最大波高関係 (1 次モード)

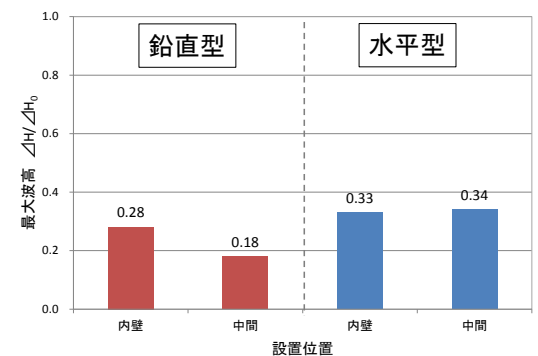


図-4 設置位置-最大波高関係 (2 次モード)

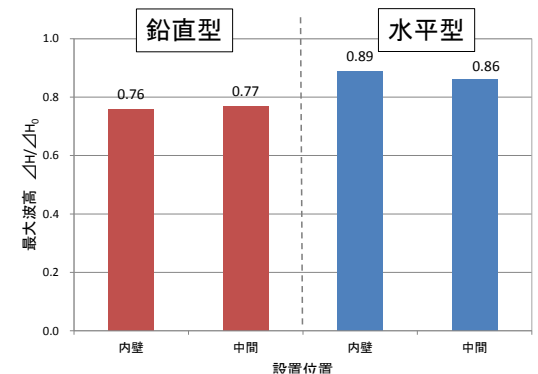


図-5 設置位置-最大波高関係 (地震波)

4. 結論

- (1) 1 次モードにおいては, 水平型では内壁, 鉛直型では中間に設置することで高い波高抑制効果が得られる.
- (2) 2 次モードにおいては, どちらの設置形態も波高抑制効果に大きな差はなく, どの位置に設置しても十分に波高を抑制できる.
- (3) 地震波においては, 水平型よりも鉛直型の方がわずかながら波高抑制効果があり, 設置位置は内壁・中間のどちらでもほぼ同等の効果であると言える. 地震波に対して効果的な波高抑制効果を得るためのさらなる検討が必要である.

参考文献

- 1) 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.
- 2) 黒田亮, 鈴木森晶, 日比野広之: フィルターの設置位置による矩形型貯水槽のスロッシング波高抑制効果の検討, 土木学会第 69 回年次学術講演会, 2014.9.