

矩形貯槽のスロッシング現象抑制方法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 学生会員(研究当時) 則武一輝 愛知工業大学 正会員 奥村哲夫

1. 序論

2007年に発生した新潟県中越沖地震では、矩形型使用済み核燃料プールにスロッシング現象が発生し、内容液が溢流するという事故が起こった。また先の東日本大震災では、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。これまで、液面揺動を抑えるために、矩形貯槽に金網を設置する研究などが行われている¹⁾。しかし、矩形貯槽における液面揺動を抑制する研究は十分に行われているとは言えない。過去に本学では、矩形貯槽の内壁にフィルターを設置することにより、最大波高抑制に効果があることを確認した²⁾。そこで本研究では、フィルターを設置し加振方向角 θ を変化させることによって、波高抑制効果に変化があるのかを検討することを目的としている。

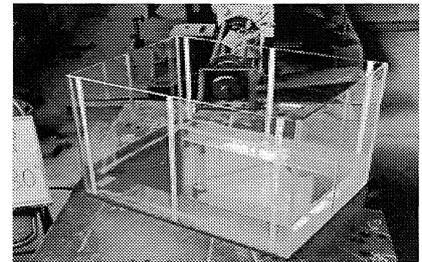


写真-1 アクリル貯槽

2. 実験概要

2.1 貯槽概要

実験に用いる貯槽は、写真-1に示すようなアクリル製の矩形貯槽で、幅 $L=58.8\text{cm}$ 、奥行き $D=43.7\text{cm}$ 、高さ $h=45.0\text{cm}$ である。このアクリル貯槽の幅と奥行き寸法比は1:1.3となる。貯槽の内壁に設置するフィルターは、厚さ3mmのアクリル板に厚さ25mmのプラスチック繊維を接着したもので、低コストで設置が容易なものとなっている。これまでの研究では、フィルターが内容液に浸かっているならば、フィルターを設置する面(設置面)、内容液に浸かっている比率(浸漬比)、フィルターの長さ(フィルター長)を変化させても、一定の波高抑制効果を得られている³⁾。今回の実験パラメータを表-1に示す。

2.2 加振方法

加振実験の模式図と加振方向角 θ を変化させた例を図-1および図-2に示す。振動台の上にアクリル貯槽を載せ、油圧サーボ型試験機で正弦波を入力し、加振方向角 $\theta=0^\circ \sim 90^\circ$ まで 15° 刻みで変化させながら実験を行う。水深を H 、加振したときの最大波高を ΔH とした。また、水深比 $H/L=0.54$ で実験を行い、水深 h は31.8cmとした。

3. 実験結果

3.1 入力振動数-最大波高の関係

図-3にフィルターを設置していない場合およびフィルターを設置した場合で $\theta=0^\circ \sim 90^\circ$ まで 15° 刻みで加振方向角 θ を変化させた場合の最大波高 ΔH を示す。1次の固有振動数の理論値付近で加振実験を行った結果、フィルターが設置されていない場合は $\theta=0^\circ \sim 60^\circ$ において固有振動数の理論値と0.01Hzずれたところに最大波高を観測し、 $\theta=75^\circ$ では固有振動数の理論値と一致する結果となった。フィルターを設置し、加振実験を行った場合、 $\theta=0^\circ \sim 45^\circ$ において最大波高が固有振動数の理論値と一致し、 $\theta=60^\circ$ および $\theta=75^\circ$ では理論値と0.01Hzずれたところで最大波高を観測した。 $\theta=90^\circ$ は幅方向と奥行き方向が完全に逆転

表-1 実験パラメータ

フィルター設置面	4面, 加振軸方向2面, 加振軸直交方向2面, 4つ角(※)
浸漬比	1.0, 0.6, 0.4, 0.2, 0.0
フィルター長	100%, 50%, 20%

全50ケース、ただし、4つ角はフィルター長20%のみ実施

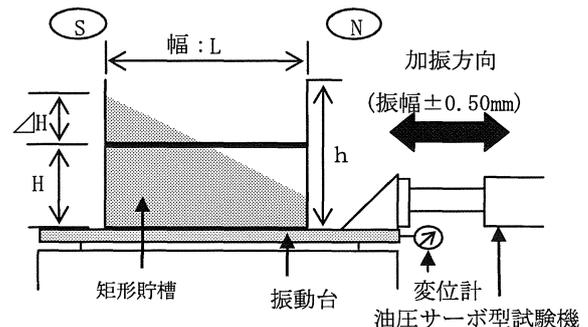


図-1 加振方法の模式図

加振軸直交方向2面

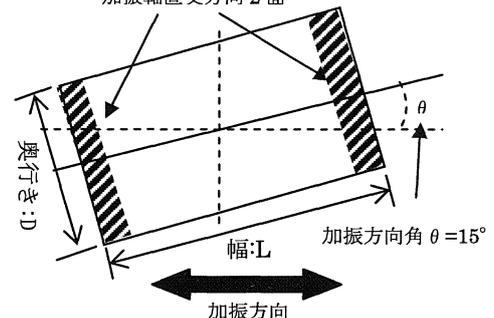


図-2 加振方向角 θ

(加振軸直交方向2面の例)

キーワード スロッシング 矩形貯槽 寸法比 加振方向

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

するため、スロッシング波形は見られなかった。以上より最大波高を観測した入力振動数と固有振動数の理論値は必ずしも一致するとは限らず、固有振動数の理論値から0.01Hz程度ずれたところにも最大波高が出ることを確認できた。またフィルターを設置することによって最大波高を半分程度にできることが確認できた。

3.2 加振方向角の違いによる波高抑制効果の関係

図-4に加振方向角 θ の違いによる最大波高 ΔH の関係を示す。図-4よりフィルターの有無にかかわらず、加振方向角 θ が大きくなるにつれて、最大波高 ΔH も小さくなっていることがわかる。フィルターを設置していない場合は加振方向角が $\theta=0^\circ \sim 60^\circ$ の間では最大波高 ΔH がおよそ7cm~8cmを観測したが、 $\theta=60^\circ$ 以降になると最大波高 ΔH が急激に下がっていることがわかる。フィルターを設置した場合、加振方向角 $\theta=0^\circ \sim 45^\circ$ では最大波高 ΔH がおよそ3cm~5cmの間となった。

図-5は加振方向角 θ を変化させた場合において、フィルターを設置することによる波高抑制効果の変化を示したものである。縦軸はフィルターを設置した場合の波高をフィルターがない場合の波高で除した値をとってある。この図より、フィルターを設置することにより加振方向角 θ の大きさによらず、波高を半分程度以下に抑制することができる。また、加振方向角 θ が大きくなるにつれ、フィルターありの場合とフィルターなしの場合の波高の比が小さくなり、波高抑制効果が大きくなることがわかる。

4. 結論

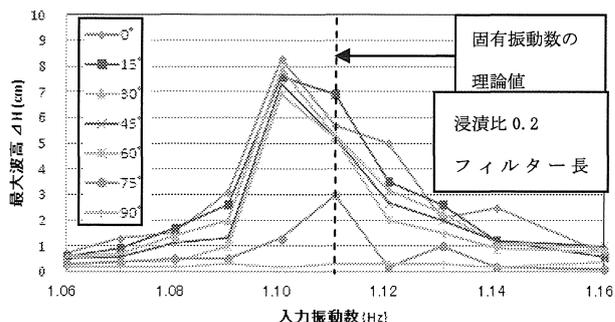
本研究では、矩形貯槽の内壁部分にフィルターを設置し、加振方向角を変化させ、最大波高がどのように変化するかを調査し、その抑制効果について検討した。本研究の結果を下に示す。

- (1)固有振動数の理論値付近で実験を行ったが、フィルターの有無に関わらず、理論値から0.01Hzずれたところに最大波高が出ることを確認できた。
- (2)今回のサイズのフィルターを設置した場合、最大波高をおよそ半分以下にすることができる。
- (3)フィルターを設置した場合、加振方向角 θ を変化させても波高抑制効果は大きく変化しない。すなわち、どの加振方向角 θ においても一定の高波抑制効果を期待することができる。

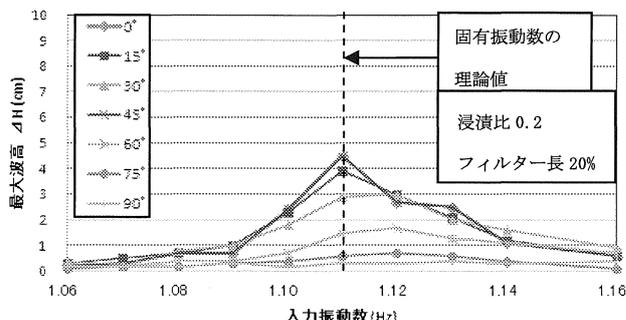
謝辞：本研究は科学研究費(基盤研究(C) 22560486 代表：平野廣和)の研究助成により行った。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 池田達哉, 平野廣和, 井田剛史, 佐藤尚次: 矩形断面容器におけるスロッシング対策に関する一提案, 土木学会第64回年次学術講演会, I-269, pp.537-538, 平成21年9月
- 2) 鈴木森晶, 奥村哲夫: 加振方向角を変えた矩形型貯槽のスロッシング現象に関する基礎的実験, 土木学会第65回年次学術講演会, I-646, pp.1291-1292, 平成22年9月
- 3) 則竹一輝, 鈴木森晶, 奥野裕朗, 奥村哲夫: 矩形貯槽のスロッシング現象抑制方法に関する実験的研究, 土木学会中部支部研究発表会, 講演概要集, I-6, 平成23年3月



(a) フィルターなし



(b) フィルターあり

図-3 入力振動数-最大波高 ΔH の関係(液深 31.8cm)

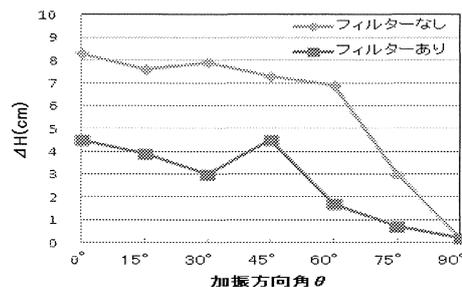


図-4 最大波高 ΔH と加振方向角 θ の関係

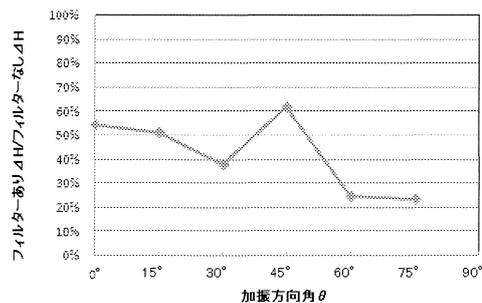


図-5 波高抑制効果の割合