

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 ○則竹一輝 愛知工業大学 正会員 鈴木森晶
愛知工業大学 学生会員 奥野祐朗 愛知工業大学 正会員 奥村哲夫

1. 序論

2007年に新潟県中越沖を震源とするM6.8の地震が発生した。その結果、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。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、円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。そこで本研究では、過去の研究で最も波高を抑制できたプラスチック繊維のフィルターを矩形貯槽の内壁に設置し、スロッシング現象の抑制をねらった。また、液面揺動がどのように変化するのかについて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の寸法比は1:1.3となり、2007年の新潟県中越沖地震により溢流した、柏崎刈羽原発の使用済み核燃料プール(幅17.9m、奥行き14.0m)と同比率となる。この貯槽の内壁部分に、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させたフィルターを設置した。写真-2に、フィルターを設置した貯槽を示す。本研究では、この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)の3つを変化させた。実験パラメータを表-1に示す。



写真-2 フィルターを設置した貯槽

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

2.2 加振方法

加振実験の模式図を図-1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、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 $H/L=0.52$ で実験を行い、水深は30.8cmとした。

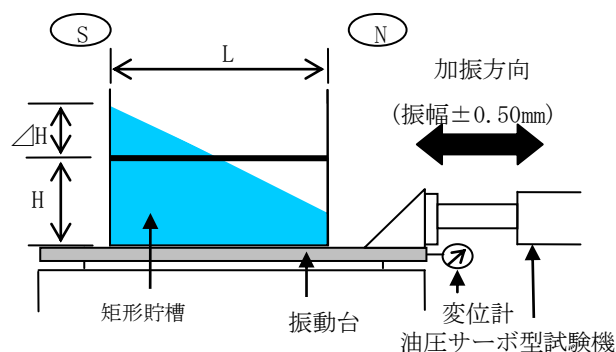


図-1 加振方法の模式図

3. 実験結果

3.1 設置面の違いによる変化

フィルターの設置位置を変化させた場合の実験結果の一例を図-2に示す。1次の固有振動数の理論値付近で加振試験を行った結果、4面および加振軸方向2面に設置した場合、大きく最大波高を抑制することができ、フィルター無しの場合と比べ、最大で1/10程度まで最大波高が低下した。また、加振軸直交方向2面および4つ角にフィルターを設置した場合でも、最大波高を1/2程度以下まで抑制することができ、十分に効果があることが確認できた。

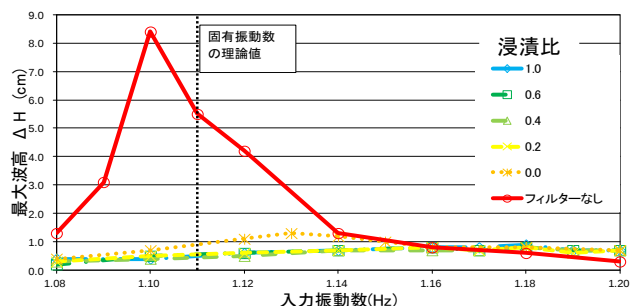
3.2 フィルター長の違いによる変化

フィルターを全面に設置出来ないことを想定し、フィルター長を奥行きの長さに対して100%、50%、20%と変化させて実験を行った。その結果を図-3に示す。フィルター長が短くなるにつれて、最大波高抑制効果が低くなる結果となった。しかし、最も効果が少なかった20%の場合でも、最大波高を1/2程度まで抑制することができた。

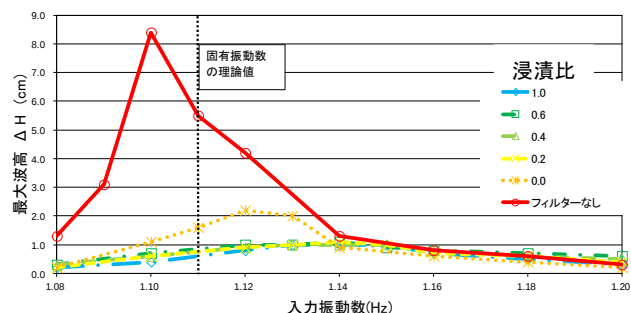
3.3 浸漬比の違いによる変化

フィルターを貯槽の底面まで設置が出来ない場合もあるため、フィルターを液体に浸漬させる比率を変化させ、

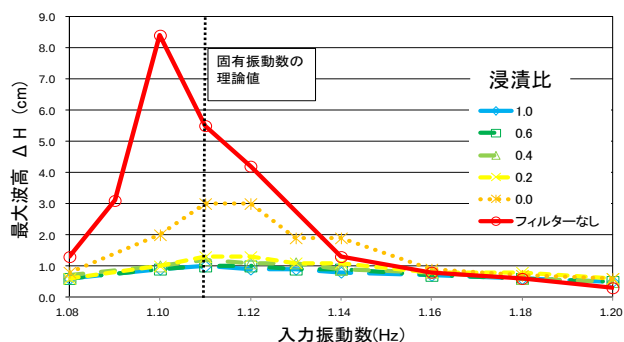
同様に加振実験を行った。フィルターの浸漬比を変化させた場合の波高の変化について、図-2 および図-3 の中にプロットして示す。全体として、浸漬比が大きくなるにつれて、スロッシング波高抑制効果が高くなることが分かる。また、浸漬させずに液面に接触させるように設置した場合(浸漬比=0.0)であったとしても、波高抑制が可能であった。しかしながら、浸漬比を 0.2 以上とすることで、ある一定以上の効果があり、それ以上浸漬比を大きくしても、劇的な効果の増大は期待できなかった。言い換えると、わずかでも浸漬しているだけで、大きな効果を発揮できることが分かった。



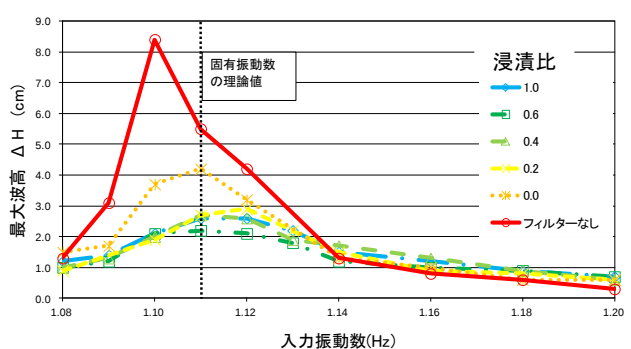
(a) 4面・フィルター長 100%



(b) 加振軸方向2面・フィルター長 100%

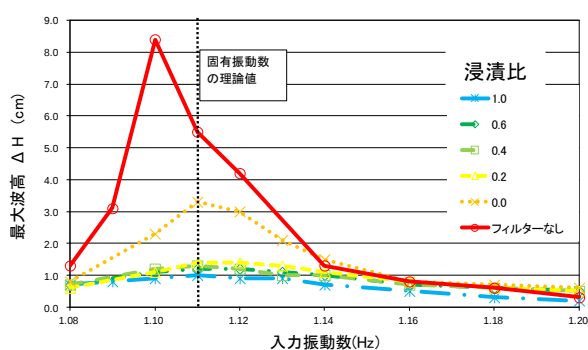


(c) 加振軸直交方向2面・フィルター長 100%

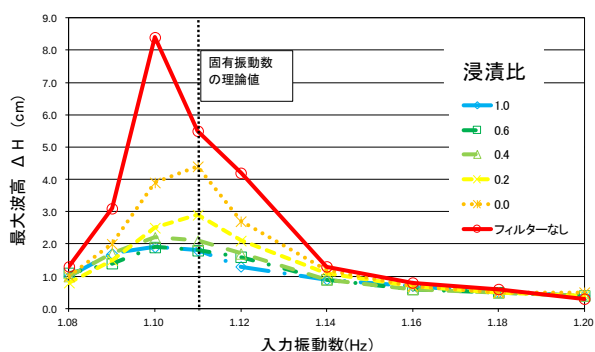


(d) 4つ角・フィルター長 20%

図-2 フィルター設置面の違いによる波高の変化



(a) 4面・フィルター長 50%



(b) 4面・フィルター長 20%

図-3 フィルター長の違いによる波高の変化

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、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)貯槽の内壁に対してフィルターを設置することにより、波高を最大で 1/10 程度まで抑制することができる。
- (2)フィルターが内容液に対してわずかでも浸かっていれば、波高を 1/2 程度以下に抑制することができる。

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る。

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