実大タンクのスロッシング波高抑制に対して効果的なフィルターの設置形態に関する研究

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
愛知工業大学　学生会員　櫛田真志

1.　はじめに

我が国では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，水道施設で使用されるSUS製およびFRP製の矩形型貯水槽(以下，実大タンク)に破損が多く発生した．

本学においては，実大タンクにプラスチック繊維をフィルターとして設置し，フィルターの設置箇所および位置を変化させてスロッシング現象の抑制の手法を検討してきた[1), 2)]．

本研究では，実大タンクを使用し，筆者らの実験で大きなスロッシング波高抑制効果が得られた2つの手法を組み合わせた手法を採用する[3)]．そして，スロッシング波高をより効果的に低減できるような手法を示すことを目的とする．

2.　実験計画

2.1　供試体概要

写真-1のように幅 L=2000mm，奥行き D=2000mm，高さ h_t=2000mmのFRP製パネルタンクを使用し，フィルターを設置しない状態(以下，非制振)と，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．本研究で使用するフィルターは，図-1に示すように厚さ30mm，幅300mm，長さ500mm，空隙率90%程度の(株)吉原化工製の「もやいドレーンマット」である．

2.2　実験方法

実験は写真-1のように屋外大型振動台に実大タンクを載せ，水深 H=1400mm(常用水深)に設定し，振幅±4mmで正弦波加振を行った．次に，兵庫県南部地震における神戸海洋気象台で観測された JMA 神戸 NS 方向(以下，神戸 NS)を入力した．そして，最大波高⊿H および減衰定数 h を算出する．

2.3　実験条件

表-1に実験パラメータを示す．加振角度θは0°で行う．正弦波の振動数はスロッシングの1次モード(0.595Hz付近)，2次モード(1.060Hz)および神戸NSの3ケースで加振する．また，本研究では図-2(b)に示すように，筆者らの研究において大きな波高抑制効果が得られた2種類のフィルター設置手法を組み合わせた実験を行う．1つ目はフィルターを水面に対して水平の向きにし，内壁面に取り付けた手法(内壁水平型)，2つ目はフィルターを水面に対して鉛直の向きにし，中間位置に取り付けた手法(中間鉛直型)である．なお，水面を0mmとした場合，内壁水平型はフィルターの

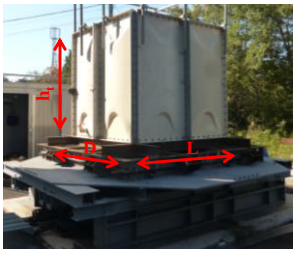
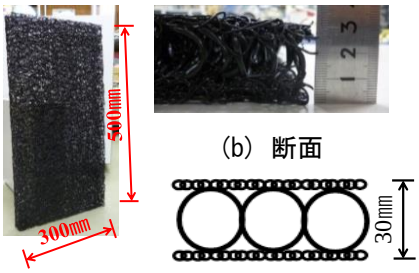


写真-1　実大タンク

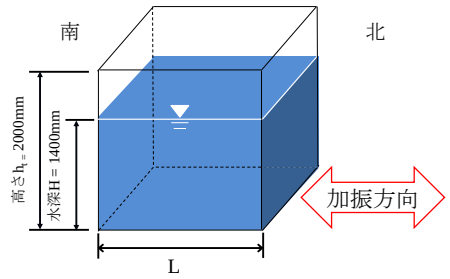


(a) 全体　(b) 断面　(c) 断面の模式図

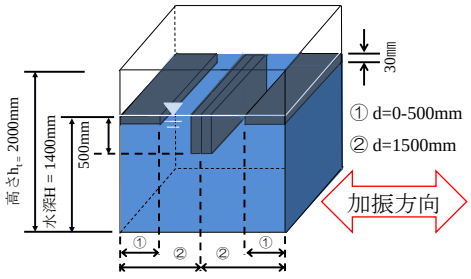
図-1　もやいドレーンマットの概要

表-1　実験パラメータ

加振方向角(°)	0
入力振動数(Hz)	0.595 付近 (1次モード) 1.060 付近 (2次モード)
入力地震波	JMA神戸NS方向
フィルターの設置形態	非制振 (d=0mm) 内壁水平型，中間鉛直型 (d=0-500,1500mm)
合計	6ケース



(a) 非制振



(b) 波高抑制手法(制振)

図-2　フィルターの設置手法の概要

下部を 30mm まで沈ませ，中間鉛直型は 500mm まで沈ませた．

3. 実験結果

3.1 正弦波を入力した場合の波高抑制効果の検討

図-3 において，スロッシングの 1 次および 2 次モードにおける非制振および 2 種類のフィルター設置手法を組み合わせた場合(以下，制振)の最大波高を示す．縦軸には最大波高⊿H を，横軸には入力振動数を示す．

図-3(a)より，1 次モードでは非制振と比較して，制振はおよそ 20%以下に波高を低減することができた．また，図-3(b)より， 2 次モードでは非制振と比較して，およそ 30%以下に波高を低減することができた．

3.2 正弦波を入力した場合の減衰効果の検討

図-4 において，各モードにおける非制振および制振の減衰定数を示す．縦軸には減衰定数 h を，横軸にはフィルター設置の有無を示す．

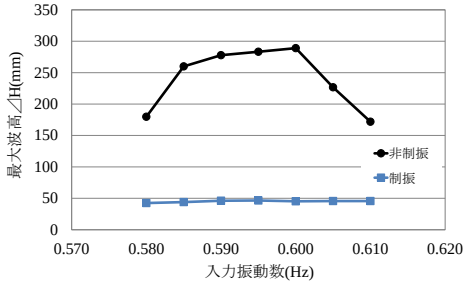
図-4 より，1 次モードにおいて，非制振では h=0.003 に対し，制振では h=0.040 であった．また，2 次モードでは，制振 h=0.013 に対し，制振の場合は h=0.056 となった．

3.3 地震波入力した場合の波高抑制効果の検討

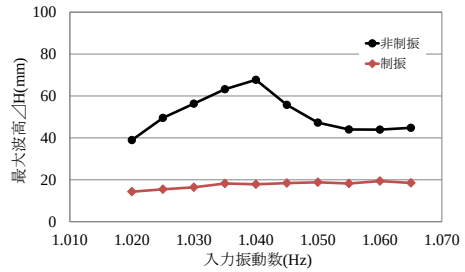
図-5 において，神戸 NS を入力した場合の非制振および制振の最大波高を示す．縦軸には最大波高⊿H を，横軸には，フィルター設置の有無を示す．

図-5 より，神戸 NS の変位を 30%および 50%に設定した地震波を入力した際，非制振と比べて制振は半分以下に波高を低減することができた．

以上のことから，本研究で採用した波高抑制手法は 1 次および 2 次モードにおいて，非制振と比べておよそ 30%以下に波高を低減でき，地震波を入力した場合は，半分以下に波高を低減できた．よって，効果的なスロッシング波高抑制手法であると考える．



(a) 1 次モード



(b) 2 次モード

図-3 最大波高と入力振動数の関係

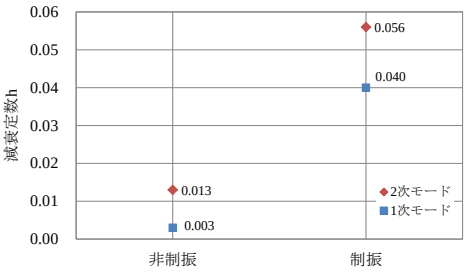


図-4 正弦波を入力した際の減衰定数

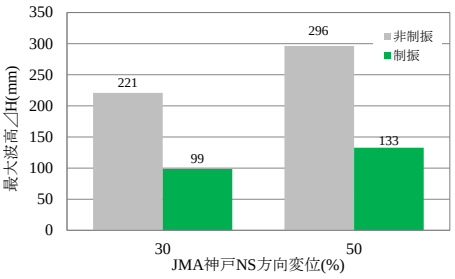


図-5 地震波を入力した際の最大波高

4. 結論

(1) 実大タンクにおいて，スロッシングの 1 次および 2 次モードに関わらず，本研究で採用した波高抑制手法は非制振の場合と比較しておよそ 30%以下にスロッシング波高を低減することができた．特に，1 次モードでは減衰効果が顕著に見られた．

(2) 神戸 NS の変位を 30%および 50%にした地震波を入力した際において，本研究で採用した波高抑制手法は非制振の場合と比較して半分以下に波高を低減することができた．

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，I-154，pp.307-308，2014.9.
3) 櫛田真志，鈴木森晶，黒田亮：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，平成 26 年度土木学会中部支部研究発表会，2015.3.