

短周期振動を与えた場合の矩形水槽の挙動に関する基礎的研究

森松工業株式会社 正会員 ○行田 聡
森松工業株式会社 正会員 坂東芳行
岐阜工業高等専門学校 正会員 渡邊尚彦

1. 緒言

ステンレス鋼製、鋼製、FRP製の貯水槽では、地震動が作用した場合に、曾根ら¹⁾が指摘している長周期振動によって貯水槽の流体表面が揺動するスロッシング現象や箕輪ら²⁾が指摘している短周期振動により貯水槽の側壁と流体が連成振動し、側壁に大きな水圧が作用するバルジング現象が起こることが知られている。これまでスロッシング現象については現象解明から対応策に至るまで多数の研究が行われており、近年では、バルジング現象についての研究も始められてきた。しかし、既往の研究は円筒形水槽を対象としており矩形水槽についての報告例は少なく、とくに流体と構造の連成振動のメカニズムは未だ解明されていない点が多い。

本研究では小型のステンレス鋼製矩形水槽を用いて振動実験を行い、流体と構造の連成振動について検討した。

2. 実験装置および方法

水で満たされた水槽構造の振動特性を把握するためには、振動特性を決定づける固有振動数のデータを取得することが重要である。水槽の振動特性を把握することで、流体と構造の連成振動による問題の対策に繋がれると考えられる。そこで本研究では、振動台試験機による加振実験を行い、バルジング固有振動数を得ることを目的とした。

2.1 実験装置

写真-1に、本実験に用いた振動台およびステンレス鋼製矩形水槽（以下、実験水槽）を示す。実験水槽の寸法は500 mm×500 mm×500 mmで、板厚を0.5と0.8 mmとした。いずれの実験水槽でも、水深は400 mmで一定とした。

図-1に、加振方向と圧力センサーの設置位置を示す。圧力センサーは実験水槽の中心に設置した。

2.2 実験方法

2.2.1 定常波加振

振動台試験機に実験水槽を設置し、定常波加振実験（スイープ試験）を行い、各振動数における動水圧を測定した。加振は水平方向と鉛直方向で行った。加振振幅は±1.0 mmとし、入力振動数は水平加振では3.0から16.0 Hz、鉛直加振（振動台試験機の能力上）では6.0から16.0 Hzの間で変化させた。

2.2.2 地震波加振

図-2に、地震波の加速度応答スペクトルを示す。入力地震波には神戸海洋気象台で観測されたJMA神戸EWを使用した。地震波加振実験は、板厚0.8 mmの実験水槽のみで行った。



写真-1 ステンレス鋼製矩形水槽

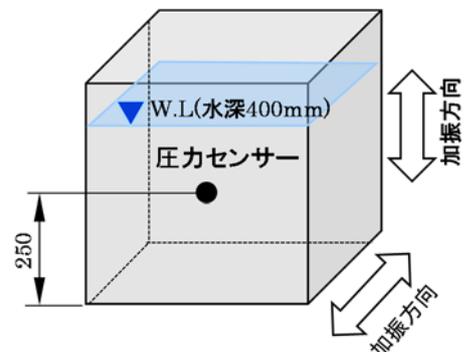


図-1 加振方向と測定器設置位置

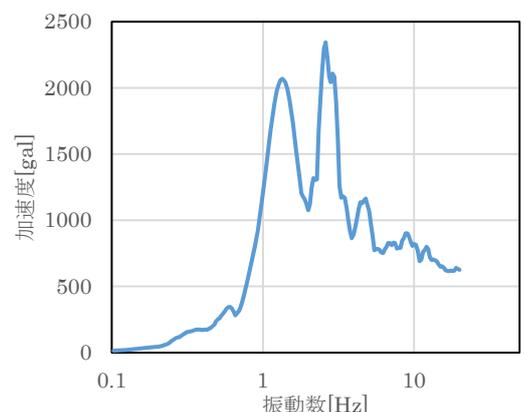


図-2 加速度応答スペクトル（地震波）

3. 実験結果および考察

3.1 定常波加振

図-3 に、振動数に対する応答水圧の変化を示す。a) は板厚 0.5 mm, b) は板厚 0.8 mm の結果である。グラフの縦軸は動水圧 P を加振力 F で除した応答水圧 P/F , 横軸は振動数である。

板厚 0.5 mm の場合 (図-3 a), 水平および鉛直加振のいずれでも, 12.5 Hz 付近にピークが存在する。このことから短周期振動である 12.5 Hz 付近で実験水槽の側板と内容液が連成振動し, バルジング振動が発生していると推察される。板厚 0.8 mm の場合 (図-3 b), 0.5 mm の場合よりピークの応答水圧は低く, 若干高い振動数に現れる。ピークの現れる振動数への板厚の影響が小さい点については, 水槽の拘束条件や付属する計器類の影響についての検証が必要と考えられる。

3.2 地震波加振

図-4 に、振動数とパワースペクトルの関係を示す。水圧のピークは 1.0 と 2.0 Hz 付近に存在し, 図-2 に示す加速度応答スペクトルの卓越振動数帯と相関が見られる。また, この振動数帯は本実験水槽のスロッシング固有振動数と一致している。このことから, 地震波の卓越振動数とスロッシングの固有振動数が同調したことによって水圧が上昇したものと推察される。一方, 定常波加振で見られた 12.5 Hz 付近でのピークは確認できず, 短周期振動によるバルジング振動は発生していないものと考えられる。したがって, 地震波の卓越振動数帯とバルジング固有振動数が同調しなければ, バルジング振動を抑制できると期待される。

4. 結言

- (1) 板厚 0.5 と 0.8 mm の両実験水槽においては, 加振方向によらず 0.8 mm の方がやや高い振動数側にピークが現れるものの, バルジング固有振動数は 12.5 Hz 付近である。
- (2) 今回使用した地震波ではスロッシングによる水圧上昇が卓越し, バルジング振動による影響は現れなかった。地震波の振動数特性によりスロッシングとバルジングの発現の仕方が異なると考えられる。

本研究では小型の実験水槽を用いたが, 今後は実規模水槽での実験および計算での検証が必要である。また, バルジング振動の抑制方法の開発も重要となる。

参考文献

- 1) 曾根龍太, 小野泰介, 井田剛史, 平野廣和, 佐藤尚次: 矩形断面貯水槽におけるスロッシング制振対策の検討, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol. 69, No. 2 (応用力学論文集 Vol. 16), I_833-I_843, 2013. 9.
- 2) 箕輪親宏, 清水信行, 鈴木純人: 長方形ステンレスパネル水槽の振動台実験, 日本機械学会論文集(C編) Vol. 68, No. 668, pp. 1056-1063, 2002. 4

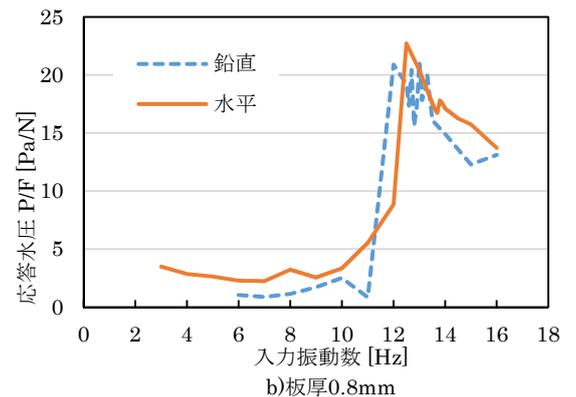
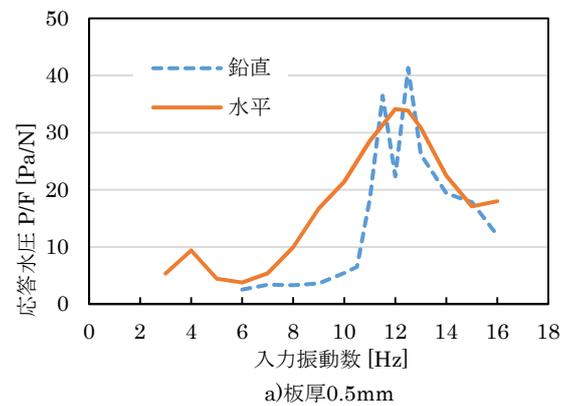


図-3 振動数に対する応答水圧の変化

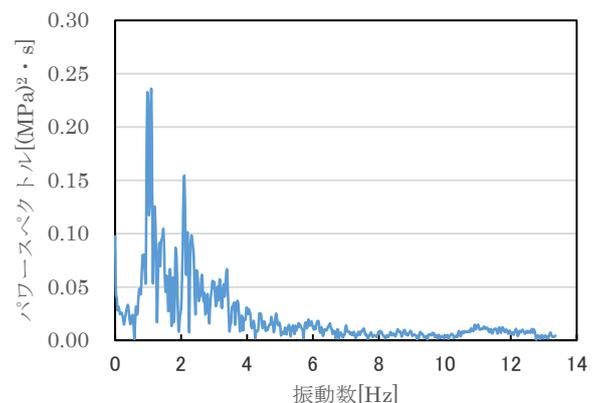


図-4 パワースペクトル