

バルジング振動域におけるステンレス鋼製矩形貯水槽の動水圧の抑制

森松工業 株式会社 正会員 ○青木 大祐
 森松工業 株式会社 正会員 坂東 芳行
 愛知工業大学 (研究当時) 加藤 健太
 愛知工業大学 正会員 鈴木 森晶

1. はじめに

地震時でのステンレス鋼製矩形貯水槽の固有振動モードには、スロッシング振動とバルジング振動がある。スロッシング振動とは、地震動により貯水槽内の水が共振してその水面が激しく上下動する現象であり、主に長周期地震動によって励起される。一方、バルジング振動とは、地震動により貯水槽と水が連成振動して槽の側板に大きな水圧が作用する現象であり、短周期地震動によって励起される¹⁾。スロッシングについては現象解明から対応策まで数多くの研究が行われている²⁾が、バルジングに関しては円筒形水槽を対象としたものが多く矩形水槽についての報告はほとんどない。とくに、流体と構造体の連成振動のメカニズムは解明されておらず、具体的な対応策も見受けられない。

本研究では、ステンレス鋼製矩形槽の架台の下に高減衰ゴム板を配置して、バルジング振動域における動水圧の抑制に関して実験的検討を行った。

2. 実験装置および方法

2.1 実験装置

図-1 に、実験に用いたステンレス鋼製矩形槽を示す。槽の幅、奥行きおよび高さは、3,000 mm で、水深は、2,700 mm (常用水深) とした。

制震ゴムには高減衰ゴム (内外ゴム株式会社製、ハネナイト GP-60L) を用いた。ゴム板の寸法は 175 mm×250 mm で、図-1 の右下に示すように槽架台の下にゴム板を設置した。ゴム板の板厚を 10 および 20 mm、図-2 に示すようにゴム板の配置 (枚数) を変えた。

2.2 実験方法

屋外振動台を使用し、正弦波および地震波による 1 軸加振を行った。地震波については、JMA 神戸 NS 波 (変位 50 %相当) を用いた。

貯水槽の高さ方向 (100, 500, 1,100, 1,500, 2,100 および 2,500 mm) に水圧計を設置して、動水圧の分布を測定した。また、同様に貯水槽高さ方向に (500, 1,500 および 2,500 mm) にレーザー変位計を設置して、貯水槽の変位を測定した。

3. 結果および考察

図-3 に、非制震時および制震時の入力振動数に対する最大動水圧応答の変化を示す。各振動数における加振力が異なるので、縦軸には最大動水圧を各振動数における加振力で除した動水圧応答を示した。



図-1 ステンレス鋼製矩形槽

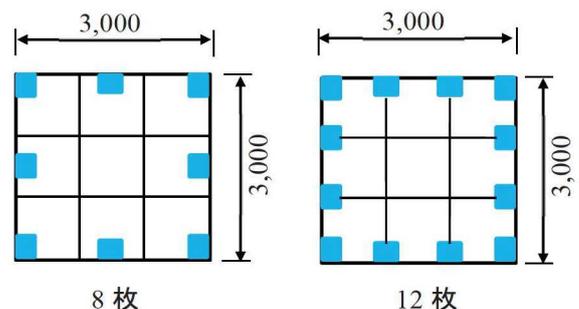


図-2 制震ゴム板の配置

いずれのゴム板の厚さおよび配置枚数においても、動水圧は抑制される。これは、高減衰ゴムの特徴である運動エネルギーを熱エネルギーに変換して発散する効果が現れて、貯水槽の振動が抑制されるためである。また、バルジング振動数は、非制震時で 4.4 Hz であるのに対して、ゴム板の設置により数 % 低周波領域へ移動しており、若干ではあるが長周期化の傾向が窺える。

図-4 に、高さ方向の動水圧分布を示す。非制震と板厚 20 mm のゴム板を 8 枚配置した場合である。この図から、ゴム板により貯水槽全体に渡って動水圧が抑制されていることがわかる。

図-5 に、ゴム板厚および配置枚数を変えた場合の動水圧抑制効果を示す。ここで、動水圧抑制効果は、非制震に対する制震時の最大動水圧の比とした。動水圧抑制が最も高いのは板厚 20 mm のゴム板を 8 枚配置した場合であり、最大動水圧は 40 % 程度まで抑制される。

図-6 に、バルジング振動時の貯水槽高さ 2,500 mm における貯水槽変位 (非制震と板厚 20 mm のゴム板を 8 枚配置した場合) を示す。動水圧の結果と同様に、制震時での貯水槽の変位は 40 % 程度まで抑制される。

なお、地震波の結果については口頭発表時に報告する。

4. おわりに

高減衰ゴム板を用いたステンレス鋼製矩形貯水槽のバルジング動水圧に関する実験から、以下の結論を得た。

1. 比較的薄いゴム板を矩形貯水槽架台の外周に部分的に配置することにより、動水圧が大きく抑制される。
2. 同一板厚では、配置枚数が少ない方が側板に生ずるバルジング動水圧が低くなる。また、板厚が大きいくほど、槽の側板に生ずるバルジング動水圧も低くなる。
3. ゴム板を配置することにより、貯水槽の変位も同様に抑制される。

今後、ゴム板の特性等の影響について検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 青木大祐, 鈴木森晶, 黒田亮: 実物大貯水槽における耐震性能向上のためのフィルター設置に関する実験的研究, 土木学会論文集 A2 (応用力学), Vol. 71, No. 2 (応用力学論文集 Vol. 18), I_49-I_58, 2015.

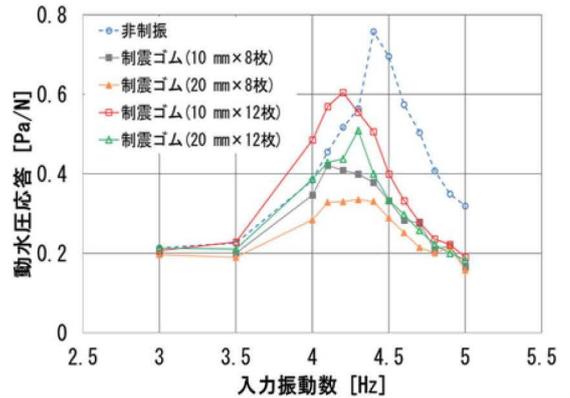


図-3 入力振動数に対する動水圧応答の変化

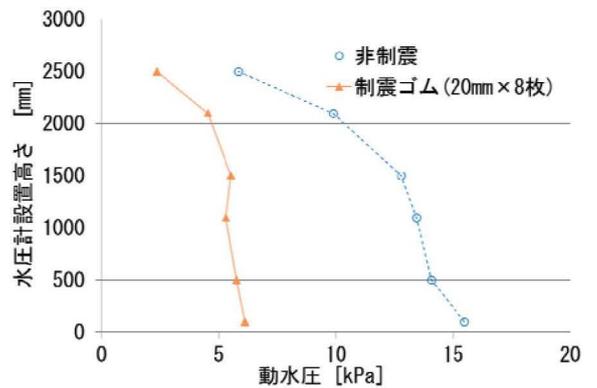


図-4 高さ方向の動水圧分布

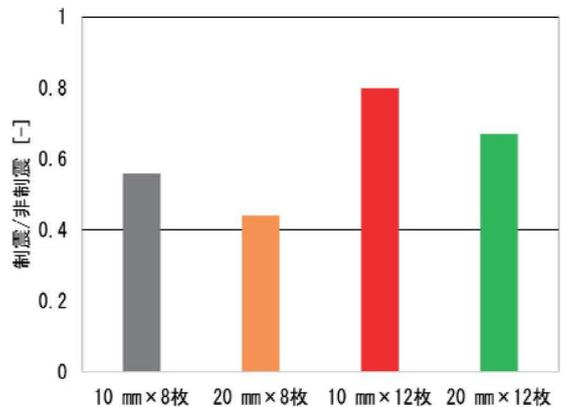


図-5 動水圧抑制効果

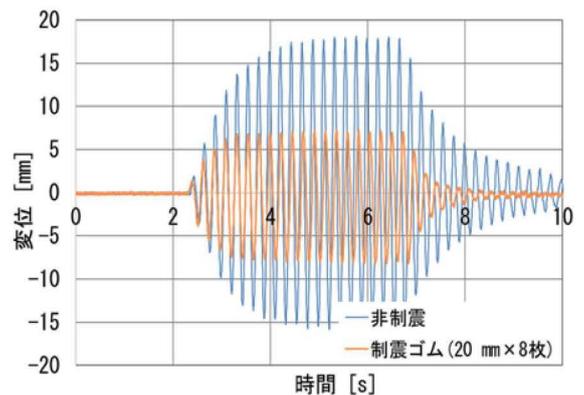


図-6 貯水槽の変位