

短周期振動を受けるステンレス鋼製矩形水槽に対する制震装置の開発

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 青木大祐

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

配水池等に用いられるステンレス鋼製矩形水槽に地震動が作用した場合、短周期振動により水槽の側壁と内容水が連成振動して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¹⁾。筆者らは、先に、バルジング振動の抑制法として高減衰ゴムによる制震装置を提案し、その有効性について報告した^{2,3)}。

本研究では、実水槽に適応する制震装置の開発を目指して、金属板で拘束されたゴム板を水槽架台の下に固定する方式を考案した。様々な寸法・配置条件で制震装置を小型水槽に設置して加振実験を行い、各因子の影響について検討した。

2. 実験装置および方法

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 1000 mm×1000 mm×1000 mm（厚さ 1.5 mm）で、水深は常用水深の 900 mm とした。制震装置には高減衰ゴム（内外ゴム社製 ハネナイト（GP-60L）、厚さ 10 mm）を用い、ゴムのはらみだしを防止するためにその上下面にステンレス鋼板（厚さ 10 mm）を接着して拘束した。また、ステンレス鋼板と鋼製架台をボルトで固定した。加振は大変位時振動再現試験装置（サンエス社製 SPT3D-15K85L-50T）を使用して行った。（以下、制震装置を設置した場合を「制震」、設置しない場合を「非制震」と呼ぶ。）



写真-1 ステンレス鋼製矩形水槽

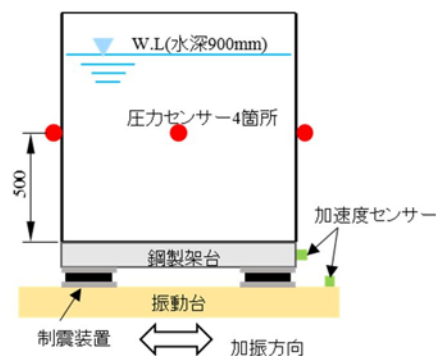


図-1 測定器の設置位置

2.2 実験方法

2.2.1 定常波加振条件

非制震および制震時のバルジング振動数を求めるために、定常波加振を行い、各振動数における水圧を測定した（スイープ試験）。加振は水平一軸方向とし、振動数は 1.0 ～ 12.0 Hz の間で変化させた。なお、振動台の能力を考慮して加振振幅は $\pm 0.1 \sim \pm 3.0$ mm と変えた。

2.2.2 測定項目

図-1 に、測定器の設置位置を示す。水圧測定用の圧力センサーを実験水槽の各側壁の中央に設置した（4 箇所）。また、加速度センサーを鋼製架台および振動台に設置した。

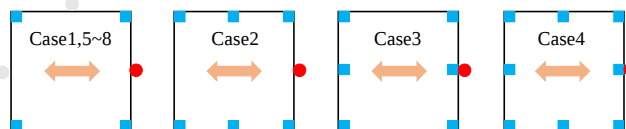


図-2 制震装置の配置（矢印は加振方向）

2.2.3 実験系

表-1 に、ゴム板の面圧（設置数）、ゴム板の形状および配置の組合せを示す。表中の面圧比とはゴムの許容面圧に対する面圧の比である。また、図-2 に設置数を変えた場合の配置を示す。

表-1 実験系

Case	ゴム板寸法 [mm]	設置数	面圧 W [N/mm ²]	許容面圧 W_0 [N/mm ²]	面圧比 W/W_0
1	62×62×10	4	0.65	0.85	0.76
2	62×62×10(X)	6	0.43	0.85	0.51
3	62×62×10(Y)	6	0.43	0.85	0.51
4	62×62×10	8	0.33	0.85	0.38
5	75×75×10	4	0.44	1.18	0.38
6	108×54×10	4	0.43	1.10	0.39
7	φ85×10	4	0.44	1.14	0.39
8	75×75×10(天然ゴム)	4	0.44	1.18	0.38

3. 実験結果および考察

図-3 に、非制震および制震時の応答水圧（図-2 の ● 位置のセンサー）の変化を示す。縦軸には水圧を加振力で除した応答水圧を示した。非制震時のバルジング振動数は 9.0 Hz で、最大応答水圧は 6 Pa/N である。制震時のバルジング振動数は 6.0 ～ 8.0 Hz に移り、長周期化している。また、Case 8 の天然ゴムの場合に比べ応答水圧が大きく低減していることから、高減衰ゴムによる制震効果が現れていることがわかる。長周期化と制震により、最大応答水圧は非制震時の最大値から 70 % 程度低減している。

図-4 に、ゴム板の面圧比 W/W_0 （面圧／許容面圧）に対して応答水圧低減率 D および長周期化率 F をプロットした図を示す。 D および F は次式で求めた。

$$D = (1 - P_{\text{MAX}} / P_{\text{MAX},0}) \times 100 [\%] \quad (1)$$

$$F = (1 / f_{\text{MAX}}) / (1 / f_{\text{MAX},0}) \times 100 [\%] \quad (2)$$

ここで、 P_{MAX} は最大応答水圧、 f_{MAX} はバルジング振動数、添え字 0 は非制震時を表す。面圧比が高くなるほど応答水圧低減率は増大し、長周期化率も高くなる。本制震装置の性能がゴム板の面圧比に強く依存することがわかる。

図-5 に、一例として、Case 1 の振動伝達率 λ （振動台に対する鋼製架台の加速度の比）を示す。非制震および制震時の応答水圧も併記した。非制震時のバルジング振動数帯での振動伝達率が低くなっており、制震装置の振動伝達特性によっても応答水圧が低く抑えられていることがわかる。

4. 結 言

本研究の実験結果より、以下の知見を得た。

- 1) 制震装置の設置により、バルジング振動数は低振動数側に移るとともに、最大応答水圧は大きく低減し、高減衰ゴムによる制震効果が確認された。
- 2) 制震装置性能はゴム板の面圧比に強く依存し、面圧比が高くなるほど応答水圧低減率は増大し、長周期化率も高くなった。
- 3) バルジング振動数でのゴム板の振動伝達特性が、応答抑制効果に影響することが確認された。

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. 4.
- 2) 青木大祐，坂東芳行，加藤健太，鈴木森晶「制震ゴムによる矩形貯水槽の動水圧低減に関する実験的検討」，日本水道協会研究発表会，京都，2016. 11.
- 3) 青木大祐，坂東芳行，加藤健太，鈴木森晶「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」，土木学会中部支部研究発表会 2017，金沢，2017. 3.

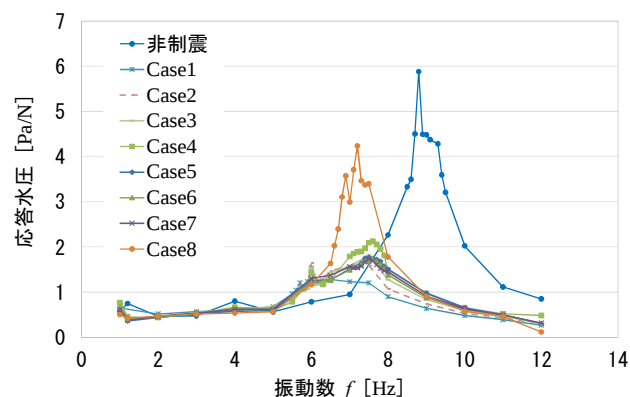


図-3 非制震および制震時の応答水圧

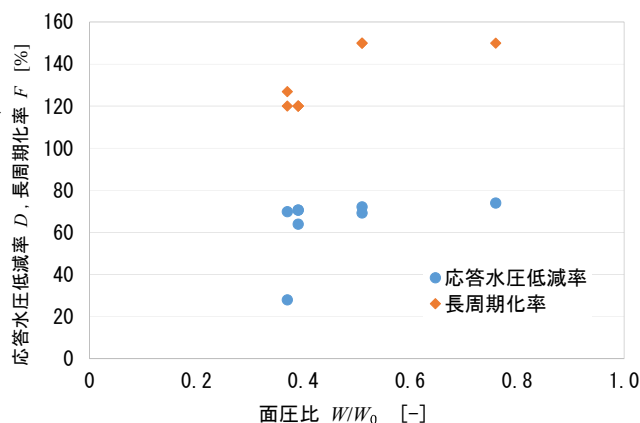


図-4 面圧比に対する応答水圧低減率のプロット

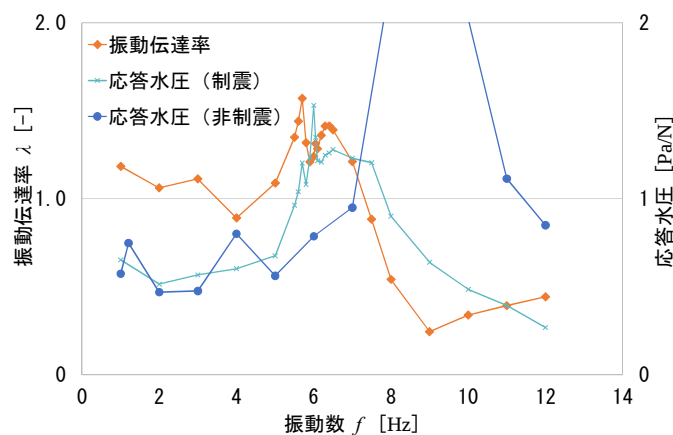


図-5 振動伝達率と応答水圧