

## 入射角の異なる振動を受けるステンレス鋼製タンクのバルジング振動低減に関する検討

愛知工業大学 学生会員 ○佐久間真輝, 正会員 鈴木森晶  
森松工業株式会社 正会員 青木大祐, 行田聡, 坂東芳行

## 1. はじめに

矩形型タンクの破損メカニズムは、平野らが指摘している地震動によりタンクの内容液が共振してその表面が激しく上下運動するスロッシング現象。および、箕輪らが指摘している地震動によりタンクのパネルと内容液が連成振動し、パネル中央が大きく変形するバルジング現象が要因であると考えられている<sup>1), 2)</sup>。

本研究では、タンク自体を制震構造にすることを想定して、高減衰ゴムを用いた制振装置を設置して加振実験を行った。

## 2. 実験概要

本実験では幅 3000 mm, 奥行 3000 mm, 高さ 3000 mm のステンレス鋼製パネルタンク(以下タンク)(写真-1)を用いて、水深 2700 mm(常用水深)で加振実験を行った。厚さは上段 1.5mm, 中段 2.0mm, 下段 2.5mm で材質は SUS304 を使用する。

実験では、タンクに写真-2 に示す内外ゴム株式会社製「ハネナイト GP-60L」を制震ゴムとして用いる。制震ゴムは、縦 150 mm, 横 150 mm, 板厚 10 mm の高減衰ゴムを使用する。この高減衰ゴムを鋼板で挟みこむように接着させることによって制振装置(写真-2)とする。

愛知工業大学所有の屋外振動台を用いて、1 軸正弦波の定常波加振と地震波加振を行った。定常波加振では振幅はすべて  $\pm 1.0$  mm に設定して加振を行った。振動数は 2~6 Hz の範囲で、0.5 Hz 刻みを基本とし、バルジング振動数付近は 0.1 Hz 刻みで行った。地震波には、短周期地震波として東北地方太平洋沖地震今市 NS 波(変位 20% 相当)を用いた。加振方向角は  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  の 2 通り行った。

圧力計を高さ 2500mm, 2100mm, 1500mm, 1100mm, 500mm, 100mm の位置に設置し、サンプリングタイムは 1ms で計測した。

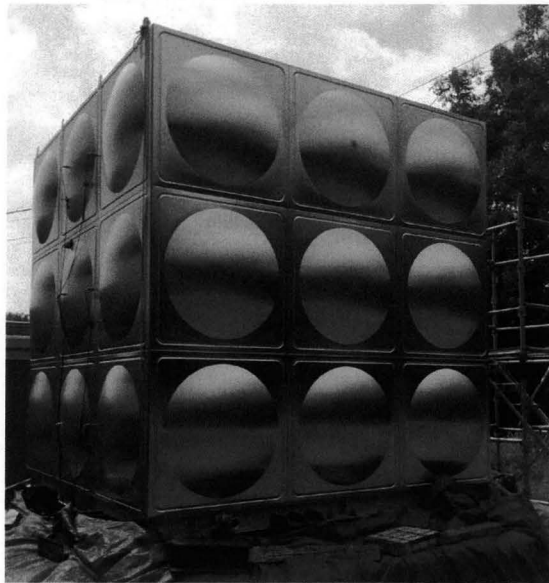


写真-1 ステンレス鋼製パネルタンク

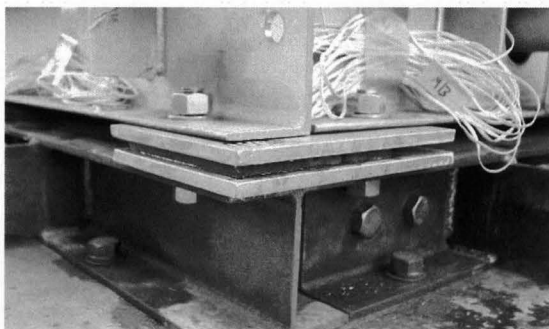


写真-2 制振装置

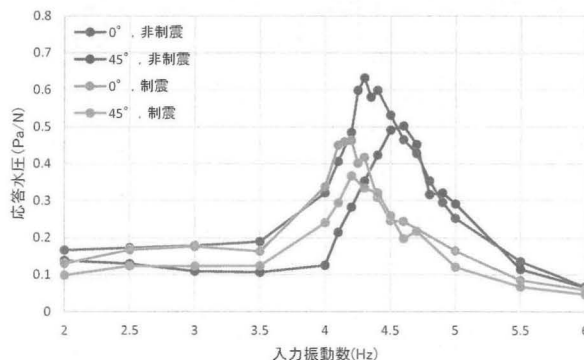


図-1 水圧-振動数関係

キーワード タンク, ステンレス, バルジング

連絡先 〒470-0356 愛知県豊田市八草町八千草 1247 愛知工業大学 TEL 0565-48-8121

### 3. 実験考察

#### 3.1 定常波加振

図-1 に応答水圧と入力振動数の関係を示す。応答水圧はタンク底部から高さ 500mm の位置に設置した圧力計で計測した水圧を加振力で除した値である。

加振方向角  $0^\circ$  での非制振時と制振装置設置時との応答水圧、固有振動数の違いを比較すると、図-1 より高減衰ゴムによる制振効果は最大水圧を約 25%減少させ、最大水圧が生じる振動数を 0.1Hz 長周期化した。一方、 $45^\circ$  では一部の区間の水圧を増幅してしまうが、最大水圧を超えることはない。また、約 27%最大水圧を減少させることができ、最大水圧が生じる振動数は 0.4Hz 長周期化する。バルジング振動付近では、非制震において  $0^\circ$  から  $45^\circ$  に加振方向角が変わると、水圧が 20%低減する。最大水圧が生じる振動数は 0.3Hz 短周期化する。制振装置を設置した場合、 $0^\circ$  より  $45^\circ$  の水圧が低くなり、最大水圧が生じる振動数は双方同じ周波数になった。

#### 3.2 地震波加振

本研究では東北地方太平洋沖地震を地震波として用いた。加振により得られた水圧の応答スペクトルと振動数の関係を図-2 に示す。応答スペクトルには加振をして得られた水圧波形を高速フーリエ変換したものを示す。水圧の計測には、タンク底部から高さ 500mm の位置に設置した圧力計を用いる。

図-2 より制振装置を設置すると加振方向角  $0^\circ$  において、4.4Hz 付近の水圧を約 38%減少させた。  $45^\circ$  に関しては顕著な減少は見られず、スペクトルピークが 4.6Hz から 4.4Hz に移動する。

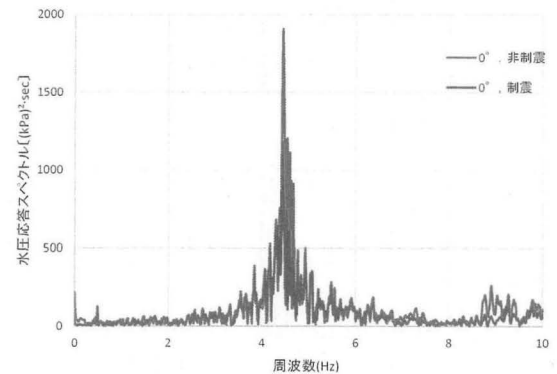
#### 4. おわりに

今回の実験において以下の知見を得た。

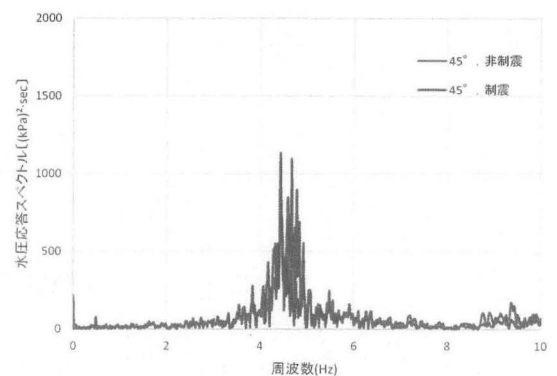
- 1) バルジング振動に生じる水圧は加振方向角  $45^\circ$  より  $0^\circ$  のほうが高い。
- 2) 高減衰ゴムを用いた制振装置を設置することで、水圧を下げるができるが、加振方向角  $45^\circ$  では有意な低減効果が見られなかった。

#### 参考文献

- 1) 則竹一輝, 鈴木森晶, 奥村哲夫, 佐口浩一郎: 矩形貯槽におけるスロッシング挙動とその抑制方法に対する検討, 土木学会論文集 A2 分冊(応用力学)特集号 V01.15, pp785-794, 2012.8
- 2) 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.
- 3) 黒田 亮, 鈴木森晶, 矩形貯槽におけるスロッシング波高抑制のための減衰フィルターの設置位置の検討, 土木学会中部支部研究発表会 I-016 pp31-32 2014.3



(a) 加振方向角  $0^\circ$



(b) 加振方向角  $45^\circ$

図-2 水圧応答スペクトル-振動数関係  
(東北地方太平洋沖地震  
今市 NS 波(変位 20%相当))