

ステンレス鋼製パネルタンク内部の動水圧分布に着目した破損メカニズムの検討

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. 諸言

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溶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溶液が連成振動し、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^{1),2)}。しかし、タンク内部の動水圧について詳しい研究事例があまりない。バルジングやスロッシングが水中でどのように振動伝達をして、パネルに影響を与え、タンク破壊につながっているのかは不透明である。

そこで本研究では、水中での振動伝達挙動を測定するためにタンク内部に圧力センサーを設置し、動水圧分布を測定した。計測した動水圧を用いて、タンク破損のメカニズムについて検討する。

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。

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を 0.10Hz~1.00Hz では±2.5mm, 1.10Hz~6.00Hz では±1.0mm に設定して加振を行った。振動数を 0.10Hz~1.00Hz では 0.10Hz 刻みを基本とし、スロッシング振動 1 次モード付近の 0.45Hz~0.55Hz, スロッシング振動 2 次モード付近の 0.85Hz~0.90Hz では 0.01Hz 刻みで計測する。1.10~6.00Hz の範囲では、0.5Hz 刻みを基本とし、バルジング振動付近の 4.50Hz~5.50Hz では 0.1Hz 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。

すべての圧力計のサンプリングタイムは 1ms で計測した。側板圧力計を高さ 2500mm, 2100mm, 1500mm, 1100mm, 500mm, 100mm の位置に設置する。タンク内部の圧力計は高さ

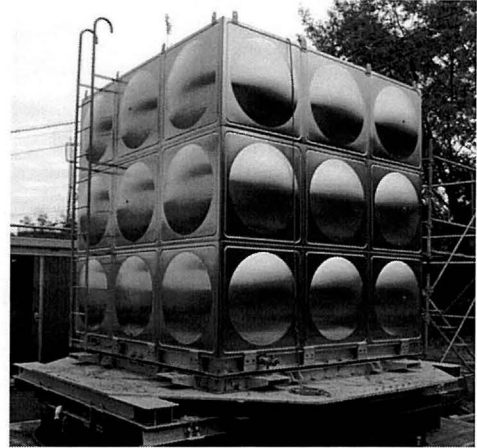


写真-1 ステンレス鋼製パネルタンク

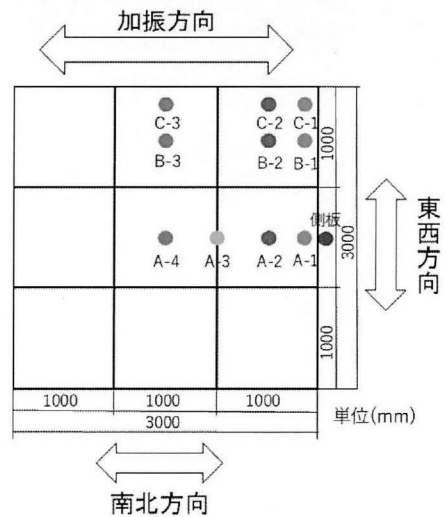


図-1 水圧センサー設置位置(上面図)

表-1 水圧センサー設置位置の詳細

| | 側板から(南北方向) | 側板から(東西方向) |
|-----|------------|------------|
| A-1 | 100mm | 1500mm |
| A-2 | 500mm | 1500mm |
| A-3 | 1000mm | 1500mm |
| A-4 | 1500mm | 1500mm |
| B-1 | 100mm | 500mm |
| B-2 | 500mm | 500mm |
| B-3 | 1500mm | 500mm |
| C-1 | 200mm | 200mm |
| C-2 | 500mm | 200mm |
| C-3 | 1500mm | 200mm |

キーワード タンク, ステンレス, スロッシング, 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

2500mm～ 0mm を 500mm 刻みにした位置を基本とし表-1, 図-1 のように設置する. 実験結果は A 面での比較, B 面での比較, C 面での比較で検討を行い, A-1, B-1, C-1 での比較, A-2, B-2, C-2 での比較, A-4, B-3, C-3 での比較で検討を行う.

3. 実験考察

3.1 正弦波入力試験による結果

1 次モードおよび 2 次モードのスロッシング, ならびにバルジングの高さ-動水圧関係を図-2 に記す.

スロッシングの 1 次モードでは, 高さが低くなるにつれ, 0.30~0.40kPa に収まる.

スロッシングの 2 次モードでは, 側板に向かうにつれ, 全体的に水圧が上昇する.

バルジングでは, 高さが低くなるにつれ, 水圧が上昇していく. また, タンク中央から側板にかけて水圧が上昇していく.

3.2 地震波入力試験による結果

本研究では東北地方太平洋沖地震変位 20%相当を用い地震波入力試験を行った. 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記す. タンク中央から側板にかけて水圧が上昇していくことがわかる.

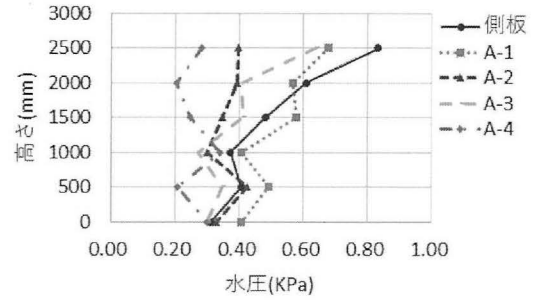
4. 結言

本研究では以下の知見を得た.

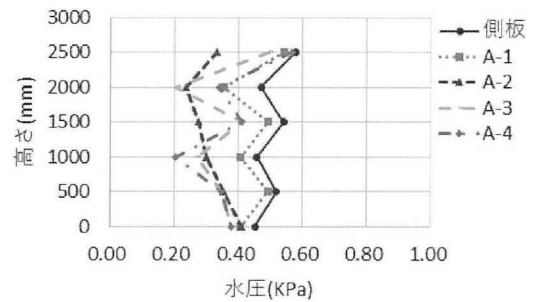
- 1) 1 次モード, 2 次モードのスロッシングともにタンク中央から側板に向かうにつれ水圧が上昇する.
- 2) バルジングでは, タンク中央から側板に向かうにつれ, 水圧が上昇する.

参考文献

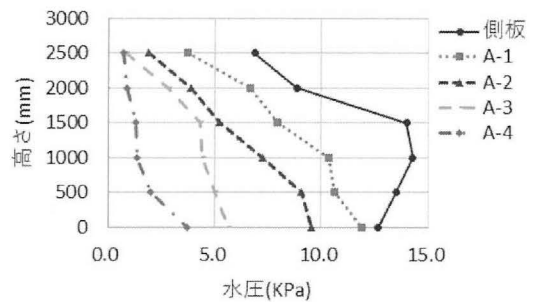
- 1) 則竹一輝, 鈴木森晶, 奥村哲夫, 佐口浩一郎: 矩形貯槽におけるスロッシング挙動とその抑制方法に対する検討, 土木学会論文集 A2 分冊(応用力学)特集号 V01. 15, pp785-794, 2012. 8
- 2) 曾根龍太, 小野泰介, 井田剛史, 平野廣和, 佐藤尚次: 矩形断面貯水槽におけるスロッシング制振対策の検討, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol. 69, No. 2(応用力学論文集 Vol. 16), I-833 I-843, 2013.
- 3) 黒田 亮, 鈴木森晶, 矩形貯槽におけるスロッシング波高抑制のための減衰フィルターの設置位置の検討, 土木学会中部支部研究発表会 I-016 pp31-32 2014. 3



(a) スロッシング 1 次モード A 面



(b) スロッシング 2 次モード A 面



(c) バルジング A 面

図-2 高さ-水圧関係

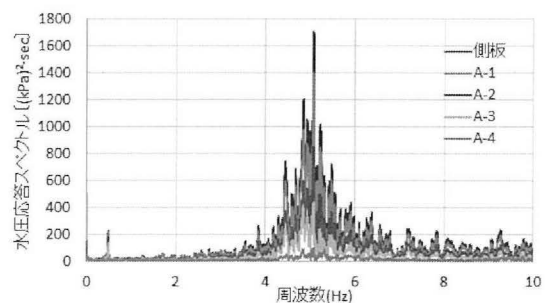


図-3 水圧応答スペクトル-振動数関係 (東北地方太平洋沖地震(変位 20%相当))