

パネル接合部の損傷に着目したステンレス鋼製パネルタンク強度の検討

愛知工業大学 学生会員 ○佐久間 真輝

愛知工業大学 正会員 鈴木 森晶

森松工業株式会社 正会員 青木 大祐, 坂東 芳行, 行田 聡

1. 緒言

日本では、過去数々の地震により貯水タンクなどの被害が報告されている。地震によるステンレス鋼製パネルタンクの破損の原因として、長周期地震動により貯水槽の内部液が共振してその表面が激しく上下動するスロッシング現象および、短周期地震動により貯水槽のパネルと内部液が連成振動、パネル中央が大きく変形するバルジング現象が考えられている。¹⁾

しかし、全てのステンレス鋼製パネルタンクがスロッシング現象やバルジング現象で壊れたとは言い切れず、破損の原因は解明されていないことが多い。タンクの損傷原因のひとつに、パネル接合部に隙間が開いてしまうことが挙げられるが、どの場所からタンクの損傷が起こるかについてはいまだに分からないのが現状である。パネル接合部は水槽内部に 30mm の折り返しを設け、先端部分を溶接接合している。

そこで本研究では、タンクの損傷で特に多いとされるパネル接合部に着目し、ステンレス鋼製パネルタンクの接合部に π 型変位計を取り付け、様々な振動を与えた際にパネル接合部の開き量と動水圧を測定した。両者の因果関係を調べ、ステンレス鋼製パネルタンク破損のメカニズムについて検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

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 (森松工業株式会社製、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 である。

2.2 実験条件

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。実験パラメータを表-1 に示す。入力振動数については、0.1Hz~6.0Hz の範囲でスイープ試験、地震波についても検討を行った。動水圧とパネル接合部の開き量の因果関係を検討

する。

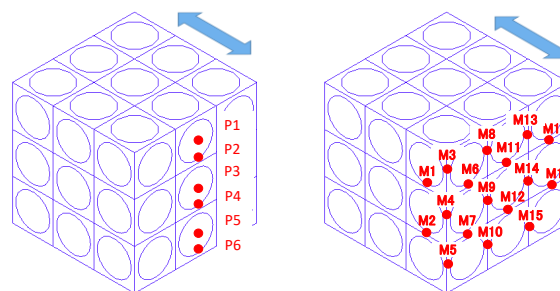
図-1 に計測器設置位置を示す。測定する項目は、水圧、パネル接合部の開き量とし、各点の開き量は、 π 型変位計を用いて測定した。測定位置は、平面パネル一面と隅角部、側面パネルの一部とし、各点のパネル接合部の開き量を測定した。



写真-1 ステンレス鋼製パネルタンク

表-1 実験パラメータ

加振方向角	0° , 45°
定常波加振	0.1Hz~6.0Hz
地震波加振	東北地方太平洋沖地震 今市 NS 波 (変位 20% 相当)



(a) 水圧計設置位置

(b) π 型変位計設置位置

図-1 計測器設置位置

3. 実験結果

3.1 水圧-パネル接合部における開き量の関係

定常波加振スweep試験を行った際の水圧-パネル接合部の開き量を図-2 に示す。π型変位計の値に関しては、実際に計測したデータを半分にした値を示す。ただし、M3, M4, M5 の隅角部については、計測したデータの値をそのまま示す。また、静水圧による接合部の開き量は考慮しない。

左側の縦軸が水圧を加振力で除した応答水圧で、右側の縦軸がパネル接合部の開き量を加振力で除した値の最大応答変位を示す。東北地方太平洋沖地震を入力した際の水圧-パネル接合部の開き量のデータをフーリエ変換したものを図-3 に示す。尚、水圧計については、0° の時の 2500mm の場所にある P1, パネル接合部の変位については 2500mm の場所にある M3, M8, M13 を使用する。データについては、引張はプラス、圧縮はマイナスで算出されるが絶対値の大きい値を示した。図の関係を見るとスweep試験、地震波共に最大応答水圧、最大応答開き量の波形は極めてよく似ていることが分かる。この関係はスweep試験、地震波のどの場所を見ても同じ傾向を得た。また、スweep試験、地震波共に 0.5Hz と 4.5Hz でピークが現れる結果となった。この理由として、0.5Hz 付近では、スロッシング現象が発生し、スロッシングにより波高が高くなったために特に上部で値が大きくなったと考えられる。一方 4.5Hz 付近はバルジング現象が起こったために水圧、パネル接合部の開き量が中段から上段にかけて大きくなったと考えられる。

3.2 パネル接合部における開き量の検討

スロッシング現象とバルジング現象での検討を図-4 の(a)-(b)で検討する。0.5Hz ではスロッシング現象により、パネル接合部の開き量を加振力で除した値が大きくなったと考えられる。また、4.5Hz ではバルジング現象により、パネル接合部開き量を加振力で除した値が大きくなったと考えられる。しかし、両者を比較すると 4.5Hz のほうがその値が大きいことが分かった。このことから、スペクトルピークが同調したときに、開き量が大きくなるものの、それ以外の振動数帯では、パネル接合部の開き量にほとんど変化がないことも確認された。

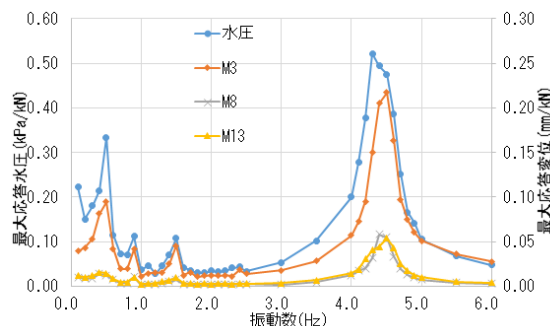


図-2 スweep試験 (H=2500mm) 水圧-開き量応答値

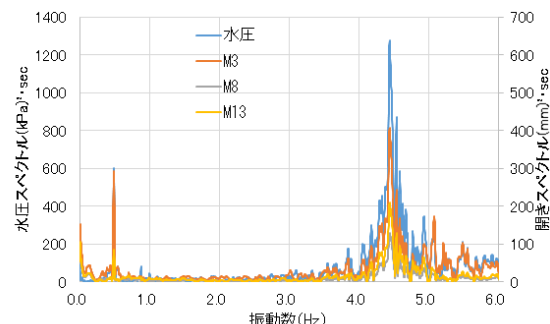
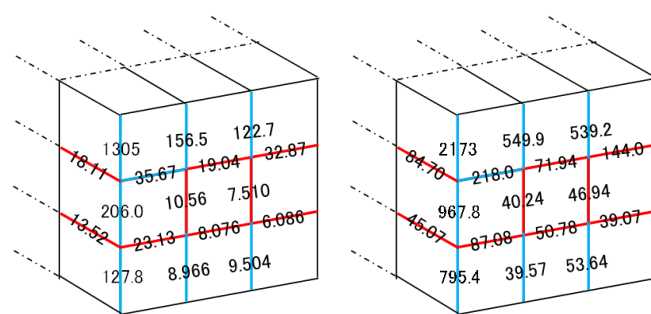


図-3 東北地方太平洋沖地震 (H=2500mm)

水圧-開き量 フーリエスペクトル



(a) 角度 0 度, 0.5Hz, 45mm (b) 角度 0 度, 4.5Hz, 1mm

単位 $\times 10^{-4} (\text{mm}/\text{kN})$

図-4 開き量-加振力比

4. 結言

今回、様々な振動を与えた際にパネル接合部がどの程度開くかを測定した。そして、動水圧などの因果関係を調べることにより、ステンレス鋼製パネルタンク破損のメカニズムについて検討を行った。本実験の結論を以下に示す。

- 1) 動水圧とタンクのパネル接合部の開き量に相互作用はある。
- 2) パネルタンクは中段から上段、真ん中付近にかけてパネル接合部のひずみ量大きい。

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