

矩形タンクのバルジング振動への内構材影響に関する実験的研究

岐阜工業高等専門学校 学生会員 ○宮崎泰樹
森松工業株式会社 正会員 行田聡
岐阜工業高等専門学校 正会員 渡邊尚彦

1. はじめに

近年、地震波の短周期成分によって引き起こされるバルジングによる貯水槽の破損被害が報告されている。これまでタンクのバルジング現象に関する研究は主に船舶の分野で発達してきており、付加水質量の影響に着目した接水固有振動数計算の実用公式が提案されている¹⁾。しかし実際の貯水タンクには剛性を高めるために内構材が取り付けられており、それらの影響については、未だ明らかになっていない点が多い。本研究では模擬された内構材を有するステンレス製矩形タンクについて振動実験を行い、バルジング周波数と振動モードの観点から内構材の影響について検討した。

2. 実験条件

はじめに図1に計測の全体図を示す。タンクの寸法は500[mm]×500[mm]×500[mm]で、板厚を1.5[mm]とした。これに液位0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%と変化させて実験を行った。実際の貯水タンクは側面に縦補強材が溶接され、これを引張材やトラス材で拘束する構造となっている。本実験では内構材なしをType1とし、内構材ありとして図2に示す2種のモデル(Type2, Type3)を使用した。加振は大変位地震動再現試験装置(サンエス社製 SPT3D-15K-85L-50T)を使用して振動台上のタンクに強制振動を与えた。加振条件としてはsweep加振で得られたバルジング周波数周辺で固定周波数加振実験を行った。加速度振幅は0.2gである。図3に示す位置にひずみゲージ、加速度センサーを取り付け、サンプリングタイム 200[Hz]で測定した。

3. 実験結果および考察

各タンクの液位条件において目視で大きな振動が確認された周波数を表1に示す。Type2, Type3ではType1に比べて高周波数側でバルジング周波数がみられやすい傾向にあった。これは内構材によってタンクの剛性が高くなったためと考えられる。またType2とType3ではバルジング周波数は大きくは変わらなかった。ここから、引張材のバルジング周波数への影響は小さい

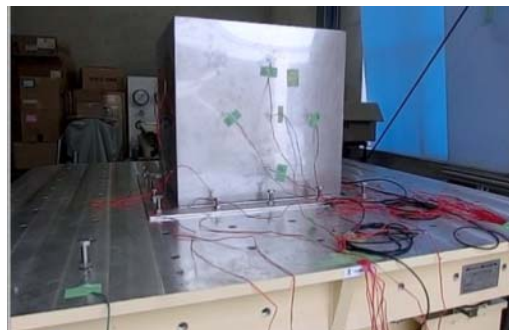
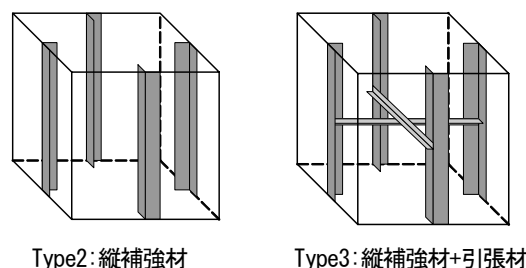


図1 計測の全体図



Type2: 縦補強材

Type3: 縦補強材+引張材

図2 内構材ありのタンク

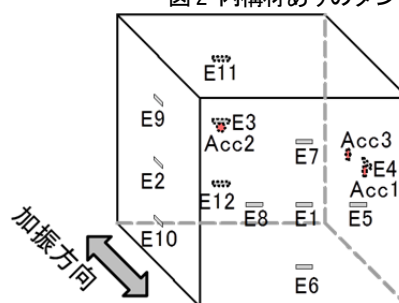


図3 測定位置

といえる。液位40%, 80%の場合についてType1, Type2, Type3の応答曲線を図4に示す。ここではE1~E4のひずみゲージで観測されたひずみのみを表示している。Type1では液位40%, 80%ともに、4点すべてのひずみがほぼ同じ周波数で大きな値を示した。それに対してType2, Type3ではそれぞれの周波数で大きな値を示す位置が異なっている。例えばType3の液位40%の結果では、35[Hz]付近ではE1, E2ゲージが大きな値を示し、74[Hz]付近ではE3, E4ゲージが大きな値を示している。Type3のタンクについて目視で確認できた各バルジング周波数での側壁面近辺の水はね位置を図5に示す。ここからも、各周波数で振動するパネル位置が移動していることがわかる。以上から内構材を有するタンクは、Type1のように4枚のパネルが連成するこ

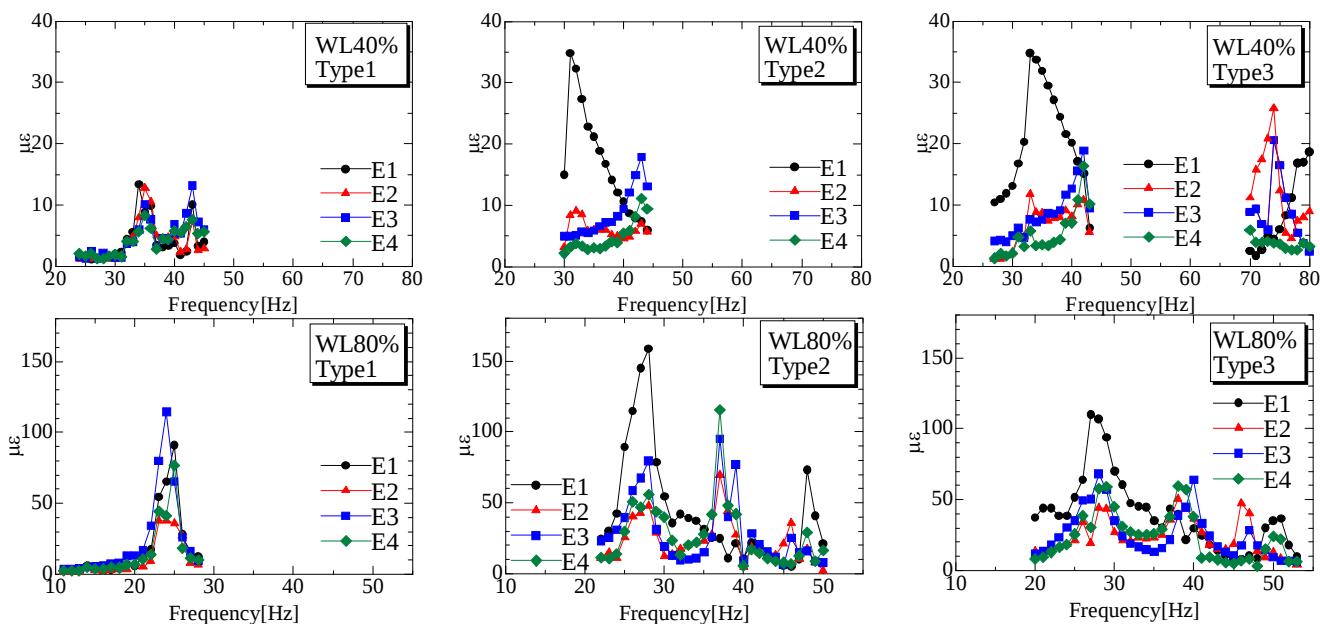


図4 固定周波数加振実験における応答曲線

表1 バルジング周波数

	Type1	Type2	Type3
0%	48,53,56	81-82	80
20%	48,53,57	72,82	未測定
40%	35,43	33,43,73	33,40,45,74,80
60%	27-28	20-21,56,67,73	未測定
80%	23-24	28,37,48	27,29,37,45,50
100%	21	27	28,37,45,49

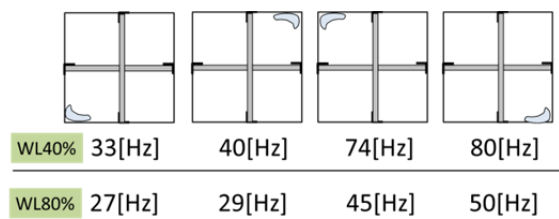


図5 目視で確認された水はね

とはなく、隣り合う2枚で振動しているといえる。これは内構材によって変位が拘束されるためだと考えられる。時刻歴波形の特徴に着目すると、一般的にはバルジング周波数周辺では一定振幅で振動する場合が多かったが、Type1の80%以上の液位条件でうなりを伴う波形が多くみられた。図6はType1の液位80%のバルジング周波数周辺のひずみ時刻歴(E1)で、特徴的な時刻歴の例である。次にType1について各液位でのバルジング周波数を固有値解析の結果と比較したものを図7に示す。固有値解析は初期たわみなしのモデルと5[mm]の溶接ひずみを考慮したモデルで行った。ここから、初期たわみがバルジング周波数に強い影響を与えること、また初期たわみを考慮することで精度良い推定ができることがわかる。

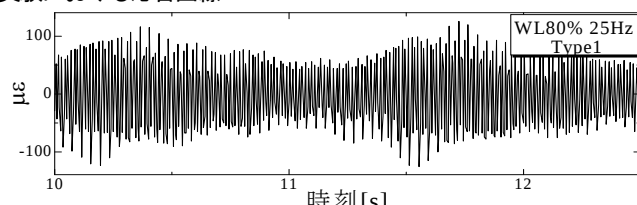


図6 うなりのあるひずみ時刻歴

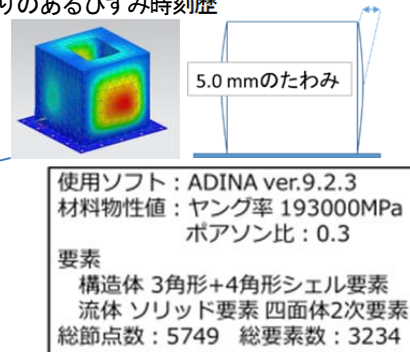
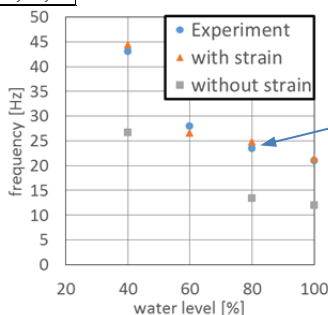


図7 固有値解析

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- ・内構材がある場合には、内構材なしの場合と比較してバルジングが高周波数帯で見られやすく、縦補強材の影響が大きい。
- ・内構材がある場合、周波数に応じて異なるパネル位置での振動を起こす傾向がある。
- ・内構材なしのタンクでは、高液位条件バルジング周波数周辺でうなりをとともなう波形が観察されやすい。
- ・側面の初期たわみがバルジング周波数に強い影響を与える。

参考文献

- 1) 遠山泰美, 明石委子: 矩形タンクの接水振動解析, 造船協会論文集第182号, pp.601-609, 1997.