

ステンレス鋼製貯水槽における高減衰ゴムの温度変化による動水圧低減効果の実験的研究

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

わが国では、規模が大きい地震が起きるたびに貯水槽の破損が報告されている。近年では、熊本地震などで学校や病院など公共施設の貯水槽の破損が報告されている。この破損により、避難民に生活用水を配給できない二次災害が発生した。二次災害を避けるためには、貯水槽の地震対策が急務である^{1),2)}。

我が研究グループでは、高減衰ゴムを用いた制振装置により実験を行っており高い動水圧低減効果が確認できている。しかし、ゴムは温度変化により性能が変化する性質を有しており、その点に関して動水圧への減衰効果は明らかになっていない。そこで本研究では、高減衰ゴムおよび天然ゴムの4種のゴムの0℃から40℃の条件下で加振実験を行い、ゴムの温度変化による動水圧低減効果の変化を明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

本実験では写真-1に示した幅3000mm、奥行3000mm、高さ3000mmのステンレス鋼製パネルタンク(以下タンク)を用いて、水深2700mm(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±1.0mmに設定して加振を行った。振動数は0.5Hz刻みを基本とし、2.0～6.0Hzの範囲に設定し加振を行った。また、パルジング振動付近では0.1Hz刻みで加振を行った。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。

側板水圧計として株式会社共和電業製「PGM-05KG」を高さ2500mm、2100mm、1500mm、1100mm、500mm、100mmの位置に設置した。すべての水圧計のサンプリングタイムは1msで計測した。

高減衰ゴムとして用いるゴムは内外ゴム株式会社製「ハネナイト GP60L, MP40, MP60, CP55S」と、「天然

ゴム NR60」を用いる。

制震装置は、縦、横、板厚が150mm×150mm×10mmのゴムを使用する。実際に設置している様子を写真-2に示す。表-1に使用するゴムの特性パラメータを示す。特性としてGP60Lは一般用、MP40およびMP60は広温度域、CP55Sは耐寒性用、NR60は天然ゴムである。図-1に温度変化によるゴムの硬度変化を示す。硬度は0℃から40℃の温度域で、GP60Lは約2倍、MP40は1.5倍、MP60は1.3倍、CP55Sは1.2倍変化する。



写真-1 ステンレス鋼製パネルタンク



写真-2 ステンレス鋼製パネルタンク

キーワード タンク, ステンレス, パルジング

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

図-2の高減衰ゴムの種類を変えた場合の外気35℃付近での実験結果である。結果より、どのゴムを用いてもバルジング固有振動数が短周期側に移動した。GP-60Lは3.6Hz、MP-40は2.9Hzになった。一番大きな低減効果を発揮したのは広温度域に対応したMP40であった。

図-3および図-4には、各ゴムの気温変化による減衰効果を示した。GP60Lを設置した際の最大応答水圧-入力振動数の関係を図-3に示す。非制震と比較すると、0℃以上10℃未満では水圧低減率は9%だが、30℃以上40℃未満は54%と温度によって低減率にばらつきがみられる。低減率にばらつきがあり、通年で一定の水圧低減効果は期待できないと考える。MP40を設置した際の入力振動数と最大応答水圧の関係を図-4に示す。非制震と比較すると、4パターン全ての温度域で約70%低減した。振動数に着目すると、0℃以上10℃未満の最大応答水圧をとる入力振動数は4.15Hz、30℃以上40℃未満の最大応答水圧をとる入力振動数は2.9Hzと温度によって振動数にずれが生じている。これは温度上昇によりゴムの固有振動数が小さくなったためだと考える。

4. 結言

MP40が通年で約70%の動水圧減衰効果を示した。また、MP60、CP55Sもまた、多少のばらつきがみられたが通年の動水圧減衰が見込める。GP60Lに関しては0～40℃の間に動水圧抑制効果ばらつきがみられた。よって通年を通した一定の動水圧抑制効果が見込めない。

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
- 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

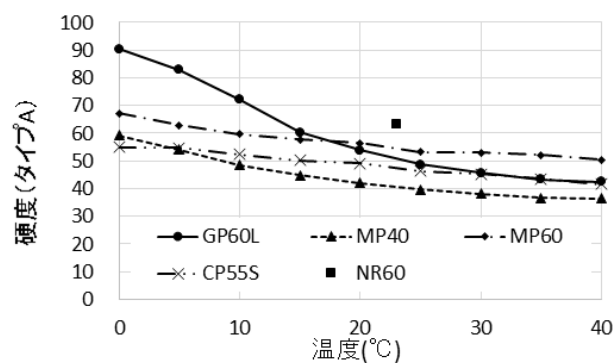


図-1 ゴム硬度の温度依存性

表-1 高減衰ゴムの特性パラメータ

項目	GP60L	MP40	MP60	CP55S	NR60
硬さ(タイプA)	55	39	50	49	60
最大伸び(%)	810	500	350	830	410
引張強さ(kgf/cm ²)	85	61	79	100	84
圧縮永久ひずみ(%)	16	13	9	25	23
備考	一般用	広温度域	耐寒性用	耐寒性用	天然ゴム

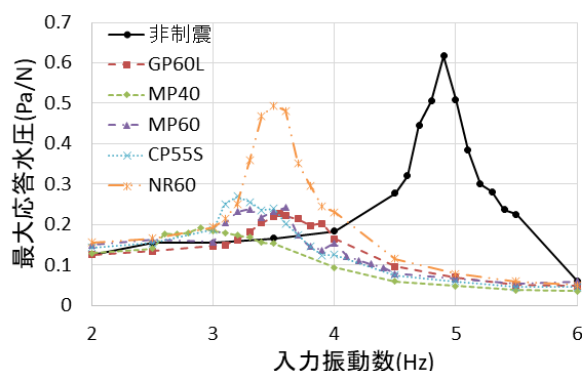


図-2 応答水圧-振動数関係(ゴム種類の検討)

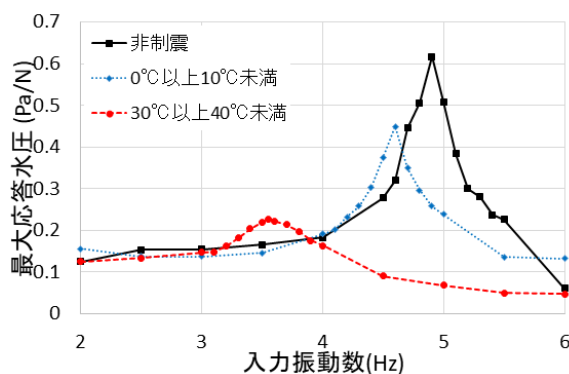


図-3 応答水圧-振動数関係(GP60L)

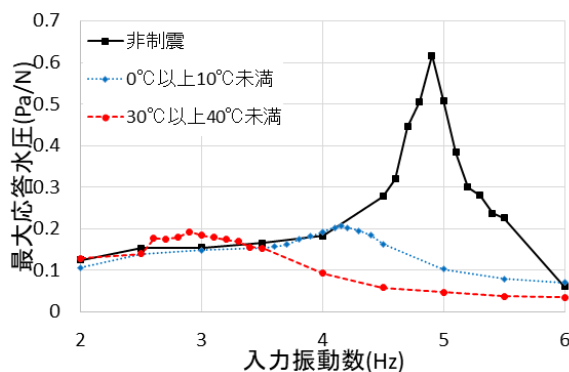


図-4 応答水圧-振動数関係(MP40)