

ウレタンエラストマー材料を用いた構造制振要素の研究開発

オーツケミカル株式会社 正会員 ○石花 健太
同 合田 研吾
東京都市大学 非会員 古屋 治

1. はじめに

現在、構造制振要素として高減衰ゴム等の高分子粘弾性材料が用いられている。ウレタンエラストマーは一般的に圧縮特性(耐荷重性)が良く、耐候性に優れる等の特徴がある。また、原材料の開発・選択によって要求特性に応じた分子設計が可能であることから、その特性を生かした構造制振要素の開発を行なっている。

ここでは、構造制振要素として、減衰性ウレタンエラストマー(以下、減衰性ウレタン)および減衰性発泡ウレタンエラストマー(以下、減衰性発泡ウレタン)を用い、振幅、周波数、温度条件下における復元力特性(減衰、剛性)を把握し、両材料の基本的力学特性を比較することにより、両者の性能を明らかにするとともに、ウレタンエラストマーの制振要素としての有効性を検証する。

2. 試験体と試験装置

1) 試験体

試験では、図1に示す形状寸法の減衰性ウレタンおよび減衰性発泡ウレタンの両せん断型試験体を使用した。

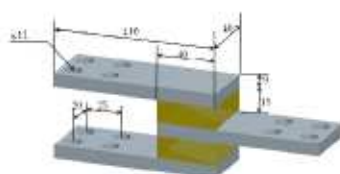


図1 試験体

2) 試験装置

加振試験では、KYB 製油圧サーボアクチュエータ(最大荷重 30 kN, 最大ストローク 200mm)を用い、図2(a)に示すように試験体を設置した。また、環境温度調整器具として図2(b)のような簡易高温槽を用いた。



(a)試験体設置状況 (b)温度管理状況

図2 試験装置

3. 試験方法

試験では、表1に示す加振振幅、加振周波数、環境温度をパラメータとして変化させ、そのときの荷重と変位を計測した。

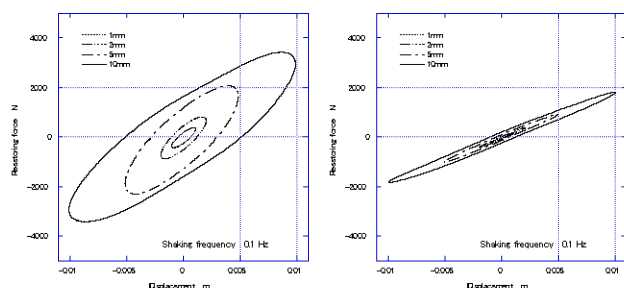
4. 試験結果

1) 荷重-変位ヒステリシスループ

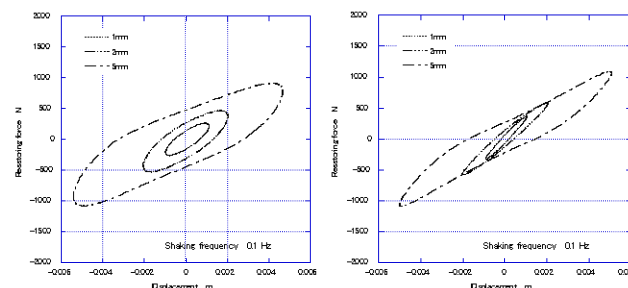
減衰性ウレタンおよび減衰性発泡ウレタンについて、図3(a)~(d)は、加振周波数 0.1Hz 時、温度条件 5℃、20℃ 下で、変位 1mm、2mm、5mm、10mm の荷重-変位ヒステリシスループをそれぞれ示している。

表1 試験項目

試験パラメータ	内容
加振振幅 (mm)	①0.1,0.2,0.5,1,2,5,10,15,20,30(減衰性ウレタン) ②0.1,0.2,0.5,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 (減衰性発泡ウレタン)
周波数(Hz)	0.1,0.2,0.5,1.0,2.0,3.0,5.0,10.0,20.0
温度(℃)	5,10,20,30



(a)減衰性ウレタン 0.1Hz,5℃ (b)減衰性ウレタン 0.1Hz,20℃



(c)減衰性発泡ウレタン 0.1Hz,5℃ (d)減衰性発泡ウレタン 0.1Hz,20℃

図3 各温度条件下におけるヒステリシスループ

今回試験に用いた材料配合では、剛性については、減衰性ウレタンは環境温度が高くなると低下する依存性が認められるが、減衰性発泡ウレタンは温度依存性が小さいといえる。減衰については、いずれの材質も温度が上昇するにしたがって小さくなる傾向にある。

2) 微小変形下での 3Hz および 5 Hz 時の復元力特性

図4は、微小せん断変形領域(0.7%~7%)での加振周波数 3Hz と 5Hz 時のヒステリシスループである。両材質とも同様の傾向を示している。減衰は、3Hz、5Hz とともにせん断変形最小の 0.7%から安定したループ面積を確保しており、微小せん断領域でも減衰効果があることが確認で

きる。また、加振周波数 5Hz 時の方が加振周波数 3Hz 時よりも減衰効果があることがわかる。剛性についても 3Hz 時および 5Hz 時の各振幅で大きな変化がなく、3Hz 時と比較し 5Hz の剛性は多少増加するものの依存性は少ない。

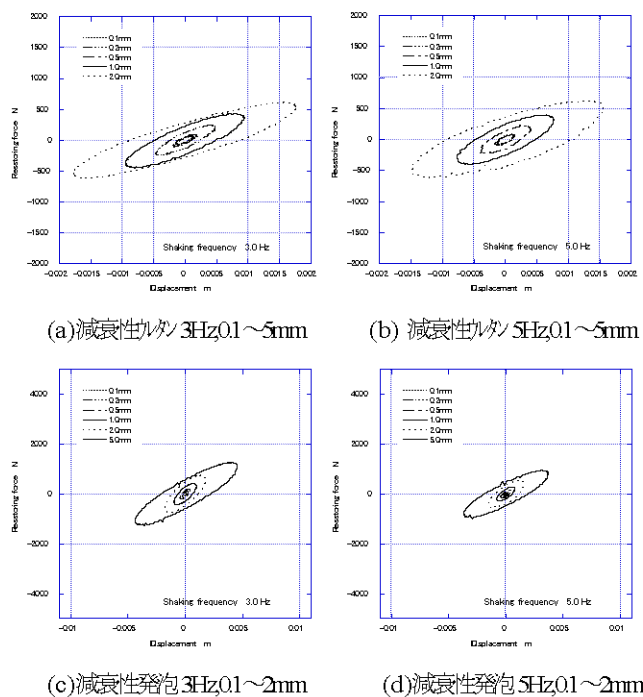


図4 微小変形下での復元力特性

3) 破壊限界評価

減衰性発泡ウレタンは、微小な独立気泡(気泡の直径 30 μm 程度)から構成されており、微小から中小せん断変形領域に適しているが、ここでは、その内部破断を含む使用限界について加振周波数 0.1Hz でのヒステリシスループから評価した結果を示す。図 5 (b)に示すように、せん断変形 11mm までは試験体に亀裂の発生が確認できなかったが、せん断変形 12mm(80%)で試験体に亀裂の発生が認められたため試験を中止し使用限界と評価した。減衰性ウレタンは、図 5 (a)に示すように 0.1Hz、30mm(200%)まで大変形試験を行なったが破損は確認されなかった。

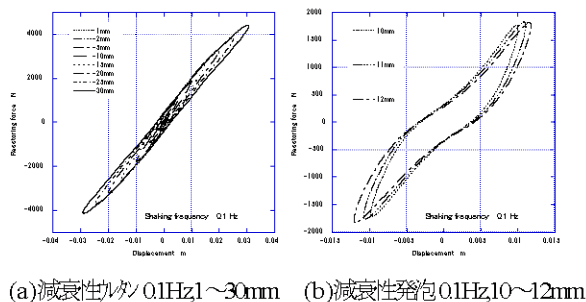


図5 破壊限界評価試験結果

4) 振幅依存性、周波数依存性、温度依存性

各試験条件で行なった試験結果をそれぞれ振幅依存性、周波数依存性、温度依存性別にまとめたものが図 6 ~ 図 8 である。ここでは、減衰性ウレタンと減衰性発泡ウレ

タンを比較するために、加振振幅 7%、加振振動数 0.1Hz、環境温度 20℃で各結果を正規化した。図 6 の振幅依存性に示すように、減衰については両材質ともに小変形から大変形まで依存性はほとんどない。剛性については、減衰性ウレタンでは振幅依存性があまり認められないのに対して、減衰性発泡ウレタンでは、変形が増加するにしたがって、剛性が減少する傾向にある。図 7 の周波数依存性が示すように、両材質とも加振周波数が増加するにしたがって、減衰、剛性ともに大きくなっているが、減衰性ウレタンの方が周波数依存性は小さいといえる。また、図 8 の温度依存性については、環境温度が上昇するにしたがって、減衰、剛性ともに小さくなる傾向にあるが、減衰性発泡ウレタンの剛性については、温度依存性が小さいといえる。

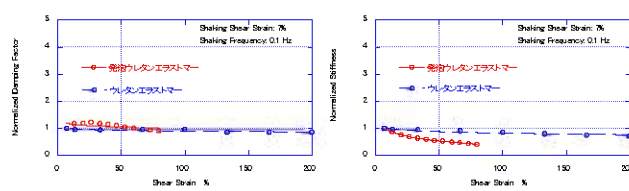


図6 振幅依存性

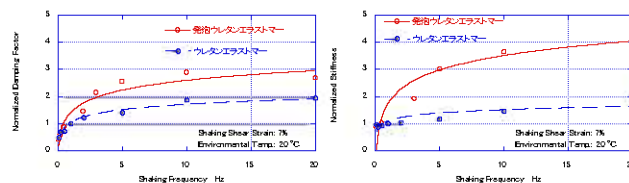


図7 周波数依存性

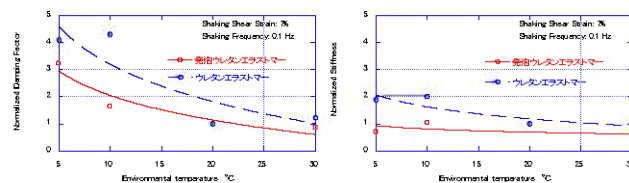


図8 温度依存性

4. まとめ

減衰性ウレタンと減衰性発泡ウレタンの基本性能試験より以下の結果を確認した。

- ・減衰性発泡ウレタンは、せん断ひずみ 0.7~33%程度で振幅依存性が小さく、使用限界能力からも微小せん断から中小せん断ひずみの範囲での使用に適している。
- ・減衰性ウレタンは、せん断ひずみ 0.7~200%で振幅依存性が小さく、微小せん断から大せん断ひずみまで幅広い変形能力を有している材質である。
- ・減衰性ウレタンと減衰性発泡ウレタンの周波数依存性と温度依存性を比較した場合、減衰性発泡ウレタンは温度依存性が小さく、減衰性ウレタンは周波数依存性が小さいことを確認した。

5. 今後の課題

各材質の耐久試験、クリープ、応力緩和試験を実施する。また、今回の基本データをもとに復元力特性のモデル化を行い、応答解析より減衰効果を確認する。