

## 動的粘弾性測定によるゴムのエネルギー吸収性の評価

|        |      |      |
|--------|------|------|
| 武蔵工業大学 | 学生会員 | 丸山健司 |
| 武蔵工業大学 | 正会員  | 皆川 勝 |
| 武蔵工業大学 | 非会員  | 飯島正徳 |

## 1. 研究背景

大地震が発生した際、隣接桁間・桁と橋台間では衝突が発生し、その際高い衝突力が作用する。これにより桁・橋台、さらには落橋防止構造までもが損壊し、落橋に至る危険性が高い。これを受けて、大地震時に隣接桁間・桁と橋台間で生じる衝突力を緩和するため、緩衝材を設置することが推奨されている<sup>1)</sup>。

この緩衝材に求められる性能として、衝突力の低減効果とエネルギーの吸収性が挙げられる。現在では、鋼材等に比べ剛性が低く、衝突力の低減効果に優れること、繰り返し衝突に対応できること、比較的低コストであることなどから、緩衝材としてゴムが用いられる機会が多くなっている。

## 2. 研究目的

ゴムには弾性と粘性を併せ持つ粘弾性<sup>2)</sup>という性質がある。このため、ゴムが発揮する性能は外力の周波数より変化する。また、ゴム弾性は分子鎖のミクロブラウン運動に起因するため、温度により性能が変化する。このため、本研究では、緩衝材や防振に使用される四種類のゴムに着目し、外力の周波数と温度によるエネルギー吸収性の変化を動的粘弾性測定(Dynamic Mechanical Analysis: DMA)により評価した。

## 4. 動的粘弾性測定(DMA)

DMAとは、動的粘弾性測定装置を用い、試料に図-1に示すような周期的に変動する応力を与え、発生するひずみを測定することにより、力学的応答から粘弾性を測定する方法である<sup>3)</sup>。DMAでは応力の周波数や試料の温度を変化させることが可能で、エネルギー吸収性の周波数依存性や、温度依存性を測定することができる。

## 3. エネルギー吸収性の指標

ゴムの粘弾性は複素弾性率  $E^*$  により式(1)で表される。ここで、貯蔵弾性率  $E'$  は外力に対して同期的な応答である弾性成分を表し、損失弾性率  $E''$  は非同期的な応答である粘性成分を表している。

$$E^* = E' + iE'' \quad (1)$$

ゴムなど高分子材料のエネルギー吸収性を表す指標として正接損失  $\tan\delta$ <sup>4)</sup>がある。これは式(2)に示すように  $E'$  と  $E''$  の比で与えられる。本研究ではエネルギー吸収性の指標として  $\tan\delta$  を用いた。

$$\tan\delta = E''/E' \quad (2)$$

## 5. 実験概要

[周波数依存性] 試料はクロロプレンゴム(CR)、天然ゴム(NR)、スチレンブタジエンゴム(SBR)、ブチルゴム(IIR)の四種類とし、補強材により、硬度を65度に調節したものをを用いた。試料は図-2に示すような直径5mm、厚さ2mmの円盤型とした。測定にはMettler Toledo社製DMA861<sup>o</sup>を使用し、変形モードはせん断で行った。装置の構造を図-3に示す。外力の周波数は0.1~100Hzの範囲で行い、試料の温度制御は行わないものとした。

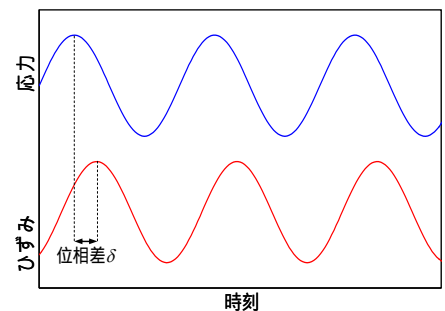


図-1 周期的な応力とひずみ

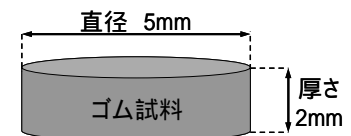


図-2 試料の形状と寸法

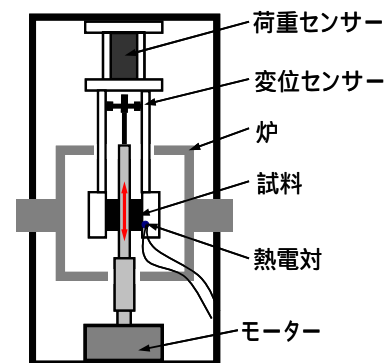


図-3 動的粘弾性測定装置の構造

キーワード：緩衝材，ゴム，エネルギー吸収性，動的粘弾性測定

連絡先：武蔵工業大学 工学部 都市基盤工学科 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 Tel&FAX 03-5707-2226

[温度依存性] 試料にはクロロプレンゴム(CR)を選択し、補強材を全く配合していない試料と、補強材により硬度を65度に調節した試料を用いた。試料の形状は図-4に示すような厚さ0.7mm、長さ50mm、幅10mmの短冊状とした。測定にはセイコーインスツルメンツ社製DMS6100を用い、測定の周波数は1Hz、温度範囲は-70～30とし、変形モードは引張で行った。

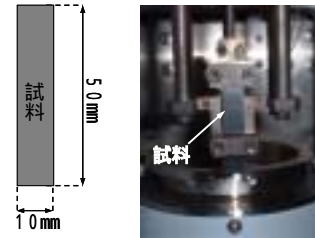


図-4 試料形状と試料の取り付け状況

## 6. 実験結果及び考察

周波数と  $\tan\delta$  の関係を図-5に、周波数と貯蔵剛性率  $G'$  の関係を図-6に示す。図-5から、0.1～100HzにおいてIIRやCRでは外力の周波数が上昇するにつれてエネルギー吸収性は上昇し、NRやSBRではエネルギー吸収性がほとんど変化しないことが分かる。このようにエネルギー吸収性の周波数依存性はゴムの種類により異なる。特にIIRは10～100Hz付近でのエネルギー吸収性が高いため防振や防音に適していることが分かる。一方、地震の周波数に近い1～10Hzの領域では、IIR、CR、SBR、NRの順にエネルギー吸収性が高いことが分かる。このように、周波数依存性を明らかにすることで、用途によるゴムの使い分けが可能になると考えられる。

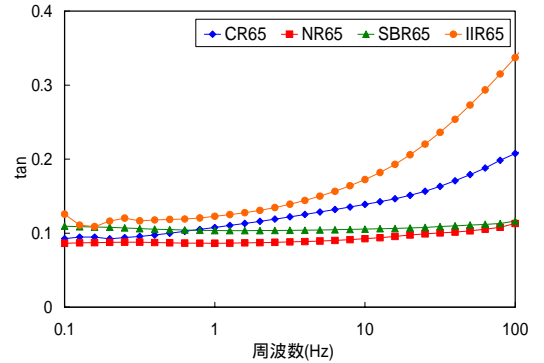


図-5 周波数による  $\tan\delta$  の変化

温度と  $E'$  の関係を図-7に、温度と  $\tan\delta$  の関係を図-8に示す。図-7に示すとおり、 $E'$ は-30℃付近で急激に変化する。この温度をガラス転移温度( $T_g$ )といい、軟らかさを維持するためには、使用される温度よりもゴムの  $T_g$  を低くする必要がある。また、図-6と図-7を比較すると、 $G'$ や  $E'$ は周波数に比べ、温度により急激に変化するため、ゴムの粘弾性にとって温度は重要な要因であると考えられる。図-8から、ゴムの種類は同じでも、配合によりエネルギー吸収性の温度依存性は変化することが分かる。このことから、ゴムの種類はもとより、ゴムに配合される補強材や、可塑剤等により、エネルギー吸収性を変化させることができると考えられる。

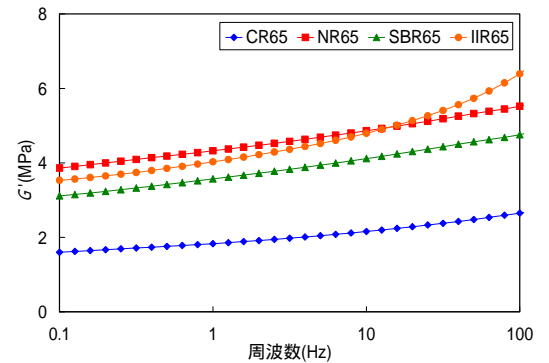


図-6 周波数による  $E'$  の変化

## 7. まとめ

本研究では動的粘弾性測定を行い、ゴムのエネルギー吸収性の周波数依存性と温度依存性を測定した。その結果を以下にまとめる。

- ゴムのエネルギー吸収性は外力の周波数により変化する。
- エネルギー吸収性の周波数依存性はゴムの種類により異なる。
- IIRは10～100Hz付近でのエネルギー吸収性に優れている。
- 地震の周波数に近い1～10Hzの周波数領域では、IIR、CR、SBR、NRの順にエネルギー吸収性が高い。
- ゴムの粘弾性は周波数に比べ、温度により急激に変化する。
- ゴムの種類が同じでも、配合により粘弾性は変化する。

### 【参考文献】

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震設計編，1996.12.
- 2) 村上謙吉：レオロジー基礎論，産業図書，1993.5.
- 3) 齋藤安俊：物質科学のための熱分析の基礎，共立出版，1990.12.
- 4) 戸原春彦ら：防振ゴム，日本鉄道車輛工業会，1975.8.

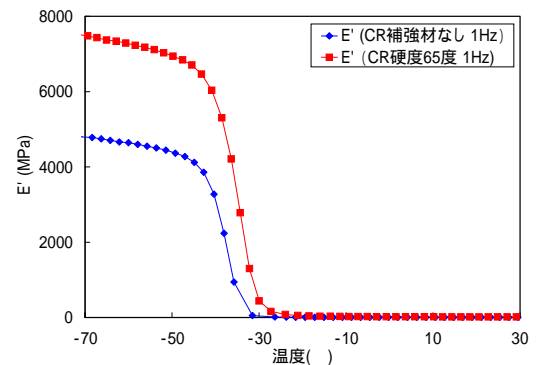


図-7 温度による  $E'$  の変化

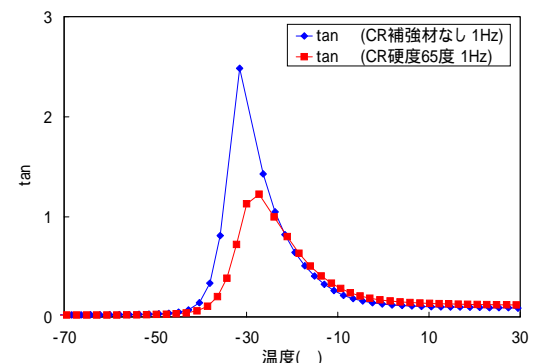


図-8 温度による  $\tan\delta$  の変化