

温度依存性を考慮した橋梁用免震ゴムの多軸力学特性の把握

山梨大学 学生会員 ○成田 廣道, 山梨大学 非会員 稲垣 一真
山梨大学大学院 正会員 吉田 純司, 東京工業大学 正会員 竹谷 晃一

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震をきっかけに免震, 制振といった地震対策の増加が見られるようになった¹⁾. この地震対策の増加に伴い道路橋を代表する土木構造物には免震用積層ゴム支承が数多く用いられている. 免震用ゴム支承は, ゴムの柔軟性や減衰性能を積極的に応用していることから, その性能は, ゴムの力学特性に大きく依存する. 特に, 支承の実際の使用環境を考慮すると, 低温～高温に至る温度下で, ゴムは様々なひずみレベル・振動数の载荷を受けることになる. このことから, 著者らは常温において免震用のゴム材料の力学特性を, 様々なひずみ, 振動数下で把握するための材料試験を実施してきた²⁾.

本研究では, 免震用の天然ゴムを対象とし, ゴムの力学特性の温度依存性を把握するための材料試験装置を開発し, 応力-ひずみ関係のデータを収集することを目的とする.

2. 材料試験の概要

(a) 試験装置

本研究では, 様々な温度で試験を行うために, 既往の3軸载荷試験装置³⁾の試験片取り付け部をシリコンのジャバラで覆い, 冷風あるいは熱風を送り込む. 目標となる温度を実現するために, 温度を熱電対で計測し, それを見ながら風量や温度を試行錯誤的に調整する. 目標温度に到達後, 試験は10分後に実施する. ただし, 精度向上のため同一条件下で試験体を代えて複数回実施する. 試験装置, 冷風・温風を生成するための機器を図-1, 2に示す.

(b) 試験体

試験片は, 図-3に示すようにG12天然ゴムを鋼板で挟んだ円柱状の試験体を用いる. この試験体を以下に示す3軸载荷試験装置に取り付け, 上部鋼板を固定し, 下部鋼板に水平変位を与えるせん断試験を行う.

(c) 試験方法

材料試験はいくつかの温度(-15℃, 0℃, 20℃, 40℃, 60℃)を設定し, 動的せん断試験を実施する. 動的せん断試験は様々な温度状況下でのゴムの繰り返し载荷での挙動や振幅, 振動数の影響, 二方向のせん断による応力の連成を調べるために各温度に対して振幅(25%, 50%, 100%, 150%, 200%), 振動数(0.1 Hz, 0.5 Hz, 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz), 载荷経路(水平一方向, 円経路, 八の字経路, 四角経路)を複数設定し実施する.

3. 試験結果と考察

高温下(40℃, 60℃), 低温化(-15℃, 0℃)での一方向载荷における試験結果をそれぞれ図-4, 5に示す. 図より常温と高温/低温の履歴ループを比較すると, その大きさや形状に有意な差異はみられない. これらの結果を定量的に評価するために貯蔵弾性率, 損失弾性率を算出した⁶⁾. 各温度における貯蔵弾性率, 損失弾性率の値の推移を図-6に示す. また-15, 20℃, 60℃での二方向载荷における試験結果を図-7に示す.

(a) 高温下での試験

常温(20℃)を基準に, 温度が上がるにつれて貯蔵弾性率は約15%, 損失弾性率は最大で25%の低下がみられた. この結果から, 高温下ではゴムの剛性および履歴ループの面積が減少することがわかる.

(b) 低温下での試験

一方低温下では, 温度が下がるにつれて貯蔵弾性率は約15%, 損失弾性率は最大20%の増加がみられた. このことから, 低温下ではゴムの剛性, 履歴ループの面積ともに増加することがわかる.

(c) 高温～低温における二方向の試験

各温度における履歴形状は一方向と同様に差異はみられないが, X方向, Y方向の履歴ループには応力の連成がみられた. 貯蔵弾性率, 損失弾性率の値は一方向の载荷によるものと同様な傾向がみられた.

4. まとめ

本研究では, 免震用のゴム材料を対象とし, 温度を中心とした様々な条件下において, その力学特性を把握することを目的とした. 具体的には, 既往の試験装置に恒温槽を追加し, それを用いて-15℃～60℃の範囲において, 様々なひずみレベル・振動数下での応力-ひずみ関係のデータを得ることができた.

今後は, これらのデータを用いて, 温度依存性を含むゴムの構成モデルを開発していくつもりである.

謝辞:

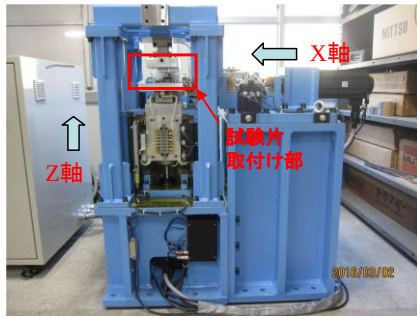
本研究の材料試験で用いた試験体はゴム支承協会に製作して頂きました. ここに記して謝意を表します.

【参考文献】

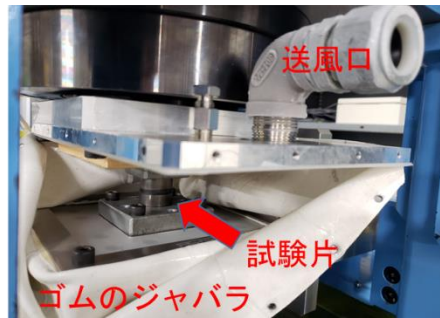
- 1) 免震構造協会: 免震構造入門, 出版社, オーム社, 1995.
- 2) 望月野亜, 吉田純司: 橋梁用免震ゴムの多軸力学特性の把握, 土木学会第73回年次学術講演会, 2018. 08.
- 3) 成田廣道, 吉田純司: 橋梁用免震ゴムの多軸力学特性の把握, 土木学会第74回年次学術講演会, 2019. 09.
- 4) R. M クリステンセン: 粘弾性力学の基礎, 出版社, 雄松堂出版, 2000.

キーワード 材料試験, 橋梁, 免震, 積層ゴム支承

連絡先 〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 TEL: 055-220-8521



(a) 動的3軸荷重試験装置



(b) 試験片取り付け部

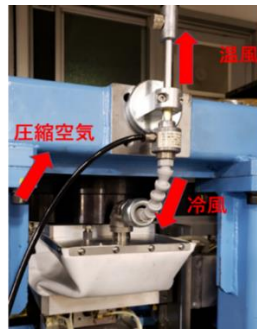


(c) 恒温槽

図-1 試験装置

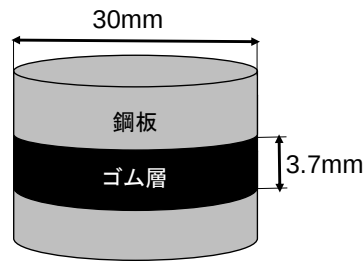


(a) 熱風機

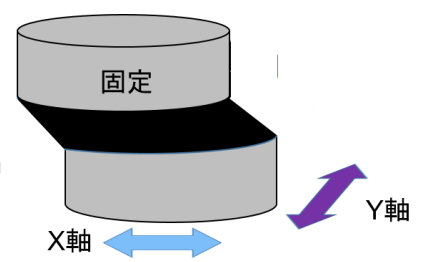


(b) 冷風機

図-2 試験に用いる温風機, 冷風機



(a) 試験体



(b) 試験体変形時

図-3 試験体の概要

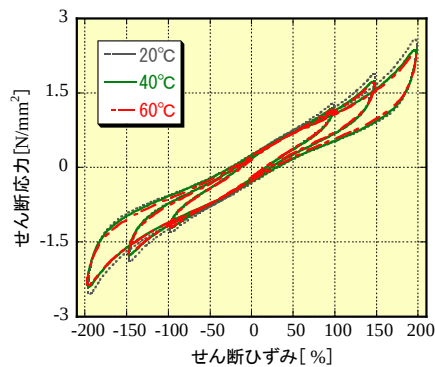


図-4 高温下における一方向荷重での応力-ひずみ関係

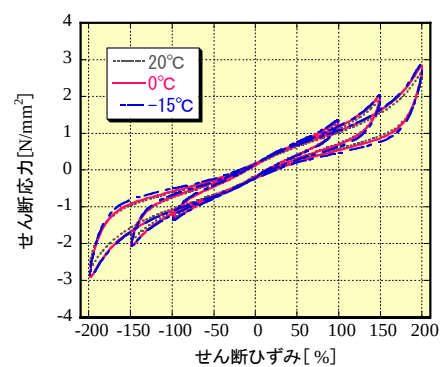
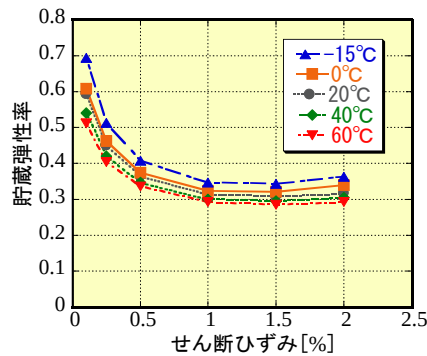
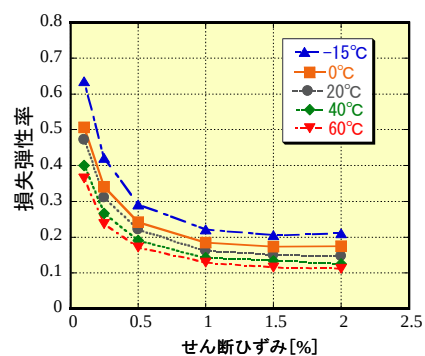


図-5 低温下における一方向荷重での応力-ひずみ関係

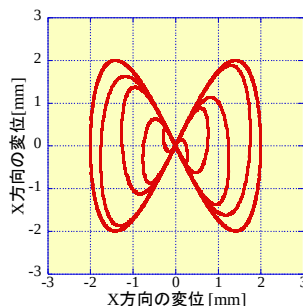


(a) 貯蔵弾性率

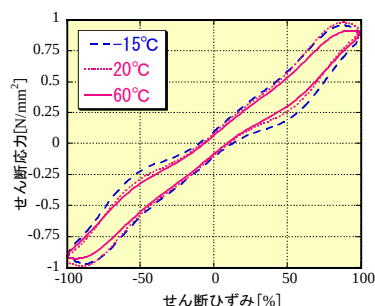


(b) 損失弾性率

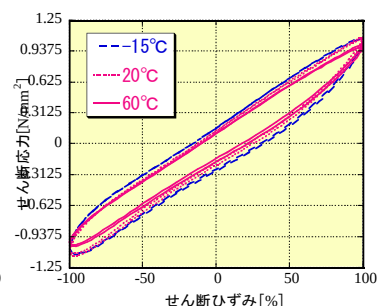
図-6 各温度における一方向せん断試験での貯蔵弾性率, 損失弾性率



(a) ハの字経路



(b) X方向



(c) Y方向

図-7 各温度における二方向荷重でのハの字経路の経路図と応力ひずみ関係