

劣化したゴムダンパーの挙動に関する基礎的検討

名古屋工業大学 学生会員 ○澤田 慎太郎
 名古屋工業大学 正会員 永田 和寿

1. 背景・目的

近年、ゴムダンパーが経年によって劣化が生じていることが報告されており、特にオゾン劣化と気温によるき裂の発生や硬化によってゴムそのものの性能が失われていることが確認されている。そのため、これらのデバイスが所定の性能を発揮することができるかどうか確認が生じてくる。

そこで本研究ではオゾンによって劣化したゴムダンパーがせん断剛性によってゴムの性能にどのように影響を及ぼすかについて基本的な挙動を確認することにした。

2. 研究概要

2.1 解析手法

本解析では汎用構造解析プログラム ABAQUS を用いた。図-1 に示されたゴムダンパーの静的解析を行った。概略モデルを図-2 に示す。ゴム層、内部鋼板いずれも要素タイプ C3D8RH のソリッド要素として定義し、ゴム層 12mm の 6 層を厚さ 3mm の内部鋼板と交互に重ねた積層構造とした。このゴムダンパーの上面には寸法 320×320×25mm の上部鋼板を、下面には 420×420×25mm の下部鋼板を完全結合させている。

今回の解析では基本的なゴムの挙動を解析するものとして、常時、風時を想定したひずみになるように静的な繰り返し解析を行うことにした。ゴム層の総厚×2 の 144mm、つまりせん断ひずみ 200%程度の強制変位を上部鋼板の上面全体を水平に正負方向で繰り返し生じさせて、ゴムの水平荷重とせん断ひずみの関係から、ゴムダンパーの基本的な挙動を考察することとした。

2.2 材料特性

まず、ゴムに用いる材料特性を定義する。本検討では基本的な検討としてせん断ひずみが小さい範囲内で解析を行うこととした。そこで解析における超弾性の構成則としてひずみエネルギー関数を導入する。今回採用したひずみエネルギー関数 W は Neo-Hookean モデルであり、式(1)を用いた。

$$W=C_{10}(I_1 - 3) \quad (1)$$

このうち C_{10} は材料試験からカーブフィッティングすることで得られる材料定数、 I_1 はひずみの第 1 不変量

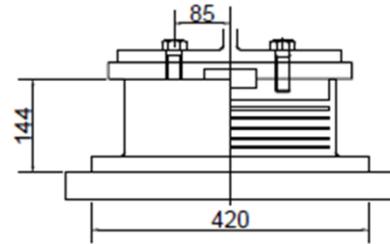


図-1 実際のゴムダンパー(単位: mm)

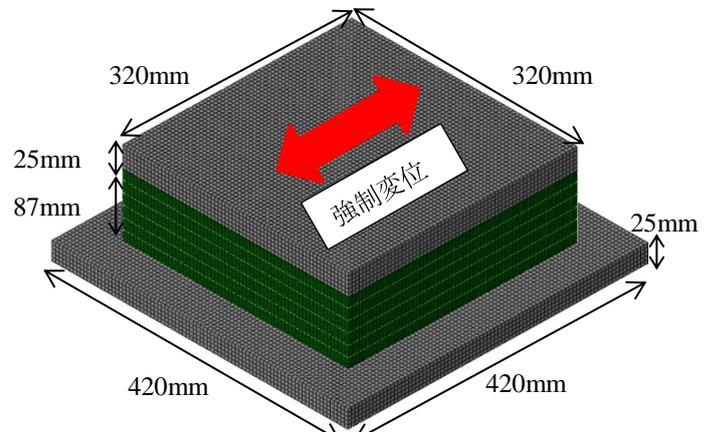


図-2 解析モデル図(単位: mm)

表-1 解析ケース

ケース名	C_{10}
健全	0.198
10%硬化	0.218
20%硬化	0.238

である。

せん断弾性率 G は Neo-Hooke モデルだけでなくいずれのモデルにおいても

$$G=2\left(\frac{\partial W}{\partial I_1} + \frac{\partial W}{\partial I_2}\right) \quad (2)$$

であり、 I_2 はひずみの第 2 不変量であるが、Neo-Hooke モデルは I_2 を用いていないため、式(2)から

$$G=2\frac{\partial W}{\partial I_1} \quad (3)$$

この式(3)と上記の式(1)をまとめると

$$G=2C_{10} \quad (4)$$

となる。つまりゴムのせん断弾性率というのは材料試験から得られた材料定数 C_{10} に依存するということが

キーワード ゴムダンパー、劣化、静的解析

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL 052-735-5482

分かる。そこで公表されている Treloar のゴムの材料試験データ¹⁾から材料定数 C_{10} とその定数値を変化させた定数とでどのようにゴムの挙動が変化するか確認することにした。

2.3 解析ケース

表-1 に解析ケースを示す。材料係数 C_{10} (0.198)を10%, 20%高くした値を入力することでゴムの挙動にどのように影響するか確認を行った。

3. 結果と考察

健全なダンパーと硬化させたダンパーとの比較についての結果と考察を以下に示す。

3.1 健全なダンパーの解析結果

図-3 のグラフに示すように、せん断ひずみが200%に近いところにおいても水平荷重-せん断ひずみ関係は概ね線形挙動であり、せん断剛性の妥当性も確認できた。また図-4 に示すように、ゴムの変形においてはゴム層のせん断変形が確認できた。被覆ゴムに生じる応力は積層ゴムに生じる応力に比べ低くなり、とくに内部鋼板付近の被覆ゴムはより応力が小さくなっていることがわかる。しかし、上部鋼板、下部鋼板付近での被覆ゴムのみ応力がわずかに高くなっていることが確認できた。

3.2 健全なダンパーと硬化させたダンパーとの比較

図-5 のグラフに示すように10%, 20%と材料物性値の値を高くさせるごとにグラフの直線の傾き、つまり剛性が高くなっていることが分かる。また図-6, 7 の変形図からは硬化したダンパーは被覆ゴムも含め、全体的に応力が高くなったが、せん断変形性状に大きな違いは見られなかった。しかし健全なダンパーと比べ、上部鋼板、下部鋼板付近の被覆ゴムの応力が高くなっていることに関しては顕著に表れていた。

4. 結論

本研究では劣化したダンパーの常時、風時の基本的な挙動を把握することを目的とし、せん断ひずみの比較的小さな範囲で解析的検討を行った。本研究で得られた結論を以下に示す。

健全なダンパーと比べ、せん断変形に大きな差はなかったが、硬化することでゴム全体の応力は高くなることがわかる。またダンパーに硬化が生じてても、被覆ゴムでの応力の変化はほとんど見られないことがわかる。

参考文献

1)Treloar,L.R.G,Trans.FaradaySoc.,50,(1954),pp.881-896

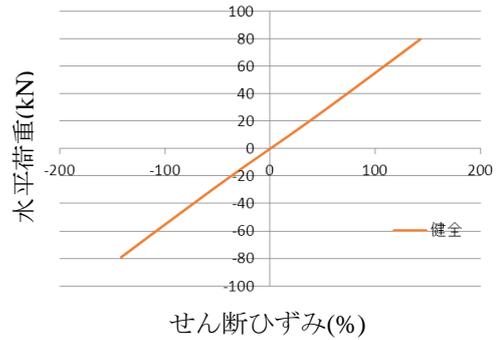


図-3 健全なダンパーの水平荷重-せん断ひずみ関係

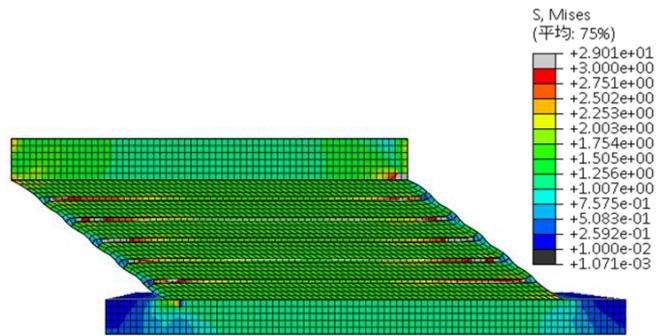


図-4 健全なダンパーの変形図

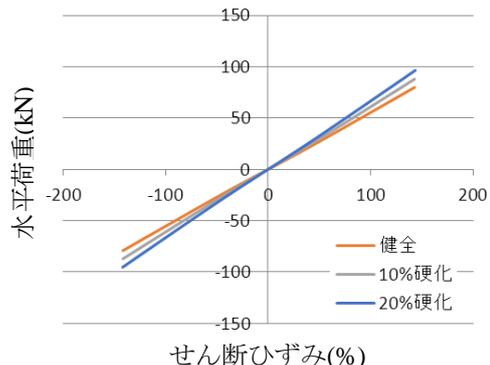


図-5 健全なダンパーと硬化させたダンパーとの比較

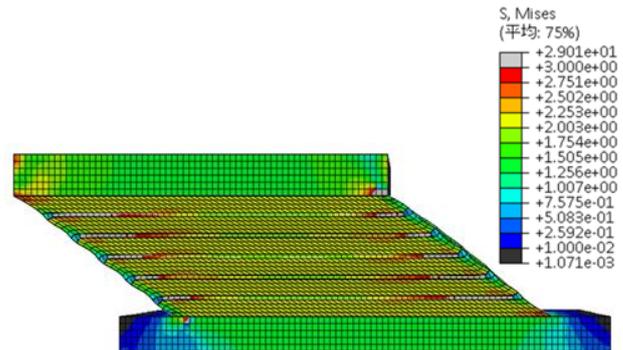


図-6 10%硬化したダンパーの変形図

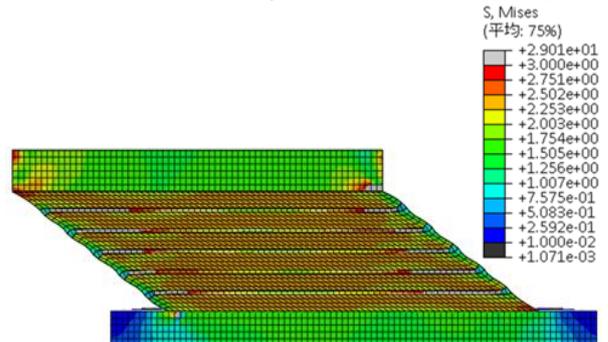


図-7 20%硬化したダンパーの変形図