

ゴムダンパーのき裂に対する解析的検討

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. はじめに

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(写真1)。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。

既往の研究では、オゾン劣化した支承供試体に 150% のせん断ひずみを与えたところ、ひずみ分布に関係なく、供試体表面の全体に多数のき裂が発生したとの報告がある。しかし、実環境におけるゴム支承のき裂発生分布は上査、下査付近に多数発生していることが報告されている。本研究ではこの実験と実環境においてどのような条件の違いでき裂発生分布が変わるのか明らかにすることにした。

2. 解析概要

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。なお本解析においては解析コストを考慮してハーフモデルとしている。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。今回の解析ではゴムの挙動を解析するものとして、常時、風時、レベル 2 地震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×2.5 のせん断ひずみ、つまりせん断ひずみ 250%程度で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、ゴムダンパーのき裂発生を考察することとした。



写真-1 き裂の入ったゴムダンパー

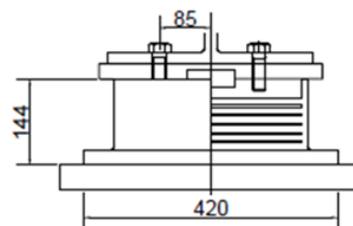


図-1 実際のゴムダンパー(単位 mm)

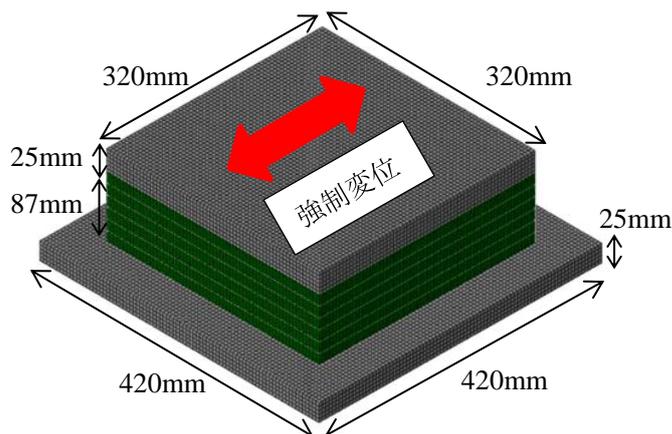


図-2 解析モデル図(単位 : mm)

表-1 材料パラメータ表

α_1	1.0
μ_1	1.37506
α_2	2.0
μ_2	0.49408
α_3	1/3
μ_3	-0.00394

3. 材料特性について

まず、ゴムに用いる材料特性を定義する。本検討では

キーワード ゴムダンパー、き裂、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

せん断ひずみが大き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 Ogden モデルであり、式(1)を用いた。Ogden モデルを採用した理由としては、他のひずみエネルギー関数に比べて高ひずみ領域での解析が比較的高精度にできる点にある。材料パラメータ表を表-1に示す。

$$W = \sum_{n=1}^N \frac{\mu_n}{\alpha_n} (\lambda_1^{\alpha_n} + \lambda_2^{\alpha_n} + \lambda_3^{\alpha_n} - 3) \quad (1)$$

α_n, μ_n : 材料物性値

4. 解析結果

解析結果を図-3 に示す。ゴムダンパー全体の挙動の確認として荷重-変位曲線とした。低ひずみ領域では線形挙動を描いている事に対し、高ひずみ領域では非線形挙動を描いていることが見てとれる。

5. 変形図の比較

図-4 から図-6 までにゴムダンパーの変形図を Z-Y 方面の視点で示す。き裂発生の可能性を観察するため、応力成分を S_{22} 成分とした。せん断ひずみ 70% 状態の応力分布に対して、せん断ひずみが大きい 150% や 250% 状態の応力状態は高い応力がより広く分布している事が確認できる。また変形が大きくなるほど被覆ゴムがまだら状に変形している事も見て取れる。さらに内部鋼板付近のゴムを確認すると圧縮状態のゴム要素が存在することも確認できた。

6. 考察

道路橋支承便覧(平成 30 年改訂版)によるとゴム支承の鉛直引張による限界応力は約 $4.5\text{N}/\text{mm}^2$ である。本研究では健全なゴムダンパーの解析のため、引張応力はさほど大きな値ではない。しかし仮にこのゴムダンパーがオゾン劣化して剛性が高くなった場合、内部鋼板付近にて圧縮表示のゴム要素が存在することから、内部鋼板付近の被覆ゴムにて特にき裂が発生する可能性がある。特にせん断ひずみが高いほど、上沓から下沓にかけての内部鋼板付近にて圧縮表示のゴム要素が発現するため、き裂は全体に発生すると考えられる。

7. 結論

本研究では健全なダンパーの常時、風時、レベル 2 地震時の挙動を把握することを目的とし、せん断ひずみの比較的大き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。

1) ゴムダンパーのせん断変形が大きいほど被覆ゴムの

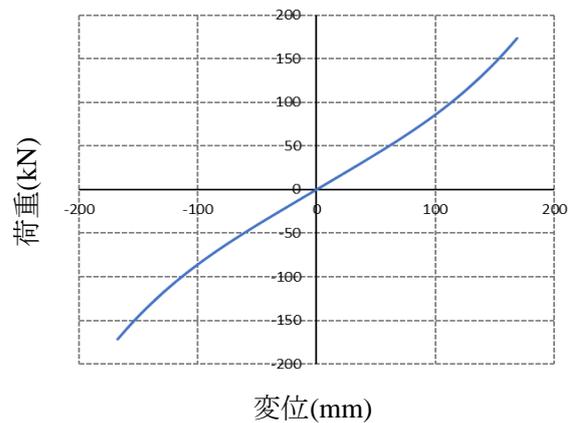


図-3 荷重-変位曲線

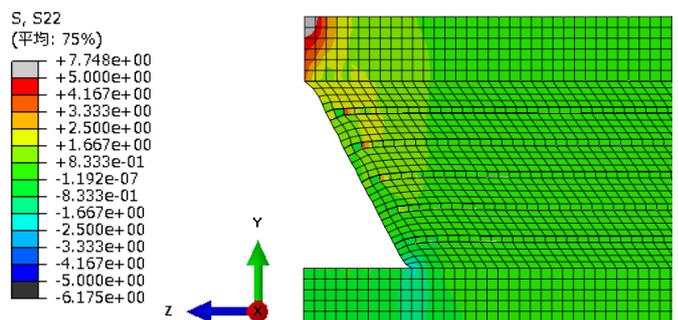


図-4 せん断ひずみ 70% 時の変形図

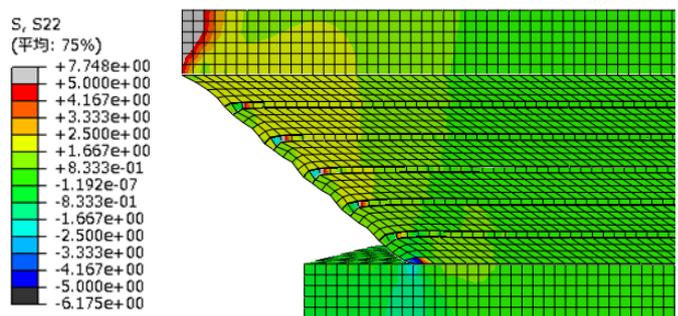


図-5 せん断ひずみ 150% 時の変形図

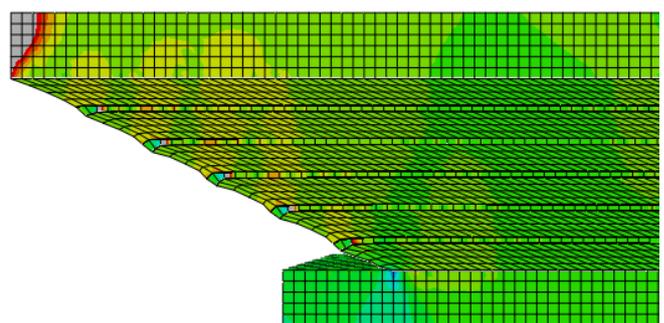


図-6 せん断ひずみ 250% 時の変形図

表面はまだら状に変形することが確認できた。

2) せん断ひずみが高くなるほど高い応力のゴム要素が増え、それと同時に圧縮状態のゴム要素も増えることが分かった。そのため、き裂の発生もせん断ひずみが大きくなるほど全体の被覆ゴム表面に発生するのではないかと推測できた。