

ゴムダンパーのオゾン劣化により生じたき裂に関する解析的検討

名古屋工業大学 学生会員 〇川 晃太
名古屋工業大学大学院 正会員 永田 和寿
名古屋工業大学大学院 学生会員 六谷 拓真

1. 背景・目的

近年，耐震性能を高めるために高減衰ゴムを用いたゴムダンパーの使用が増加している一方で，気温や光，オゾンなどの影響により経年劣化が深刻化し，それによってゴムダンパー本来の耐震性能が発揮できていないことが問題視されている。

既往の研究よりオゾン劣化によるき裂の発生の支配的要素はひずみであると考えられ，ひずみ 70% 以上でき裂が確認されているといった論文¹⁾がある，そのため本研究では，論文¹⁾の実験で使ったものと同じゴムで材料試験を実施し，得られたデータをもとにゴムダンパーを解析することで劣化の特徴を再検討することを目的とした。

2. 研究概要
2.1 解析手法

今回，汎用構造解析プログラム ABAQUS を用いて解析をした．解析コストを小さくするべく図 1 に示すように，本来のゴムダンパーの半分のモデルで作成した．ゴム層，内部鋼板のどちらの要素も C3D8RH のソリッド要素として定義した．本ゴムダンパーは 12 mm の 6 枚のゴム層と 3 mm の 5 枚の内部鋼板を交互に重ねた積層構造とし，また上沓には 300×150×30 mm の鋼板に厚さ 10 mm の被覆ゴムでおおっているものを完全結合させている．さらに下沓には 340×170×10 mm の下部鋼板を取り付けている．ゴム支承と下部鋼板の接着部分に R 値が 5 mm のフィレットを施してある．

2.2 材料特性

ゴムの材料特性を定義するために，単軸引張試験，一様二軸引張試験，一軸拘束二軸引張試験 3 つの材料試験を行った．実験結果より同定して得られたゴムの材料物性値を表 1 に示す．

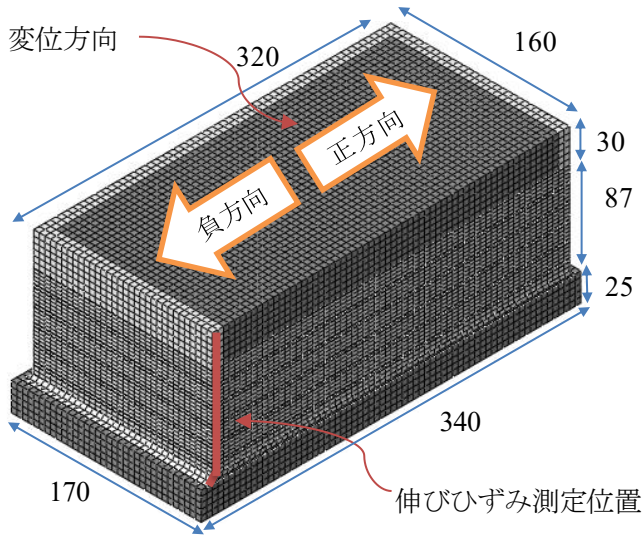
本研究での解析対象にはゴムが含まれているので，ゴム部分においては超弾性を考慮したひずみエネルギー関数である Ogden モデル式 (1) を導入した．

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

α_n, μ_n : 材料物性値

表ー1 材料パラメータ

$\alpha_n(-)$	パラメータ	$\mu_n(\text{kgf}/\text{mm}^2)$	パラメータ
α_1	0.677	μ_1	-252
α_2	0.94	μ_2	123
α_3	129	μ_3	0.435



図ー1 解析モデル(ハーフモデル, 単位: mm)

$\lambda_i (i = 1, 2, 3)$: 各方向の伸長比

また鋼板部分における材料特性は鋼として定義し，いずれもヤング率 2.1E05MPa，ポアソン比 0.3 として定義した．

実験結果より同定して得られたゴムの材料物性値を表 1 に示す．

2.3 解析ケース

ゴムダンパーの下部鋼板を完全固定状態にし，上部鋼板天面に強制変位を与え，せん断変形を施した．また 6 枚のゴム層の合計厚さである 12×6 mm を 100% の変位としている．

道路橋支承便覧より，せん断許容変形の常時 70% と風時 150% に加え 100% の 3 ケースを行った．

正方向载荷時に各ケースの強制変位を与えたときの伸びひずみを表にまとめ，既往の研究をもとに，き裂発生手前の 60% 以上とき裂が発生し始める

70%以上のひずみが表れた個所に着色した．またせん断変形 150%の時の変形図を図－2, 図－3に示す．負方向載荷時に対しても同様のことを行った．

2.4 ひずみの出力

ゴムダンパー表面の伸びひずみを出力する．出力する場所は本来のゴムダンパーにおける中央部分かつ強制変位に垂直であり，上部鋼板から下部鋼板付近のフィレット加工を施してある部分まで 35 個の要素に分け，せん断変形後の伸びひずみを出力する．

3. 結果と考察

3.1 結果

正方向載荷時でのせん断変形 150%のケースでは，フィレット加工部から 5 つ上の要素まで 70%以上のひずみが見られた．また，各鋼板付近のゴムの一つ上のゴム要素にも大きなひずみが見られた．

またせん断変形 100%のケースでもフィレット加工位置に 70%以上のひずみが見られた．

負方向載荷時では 150%のケースにおいて正方向載荷時のフィレット加工部①に発生している最大のひずみに比べ，大きなひずみはどこにも見られなかったが，積層ゴム全体を通して鋼板付近のゴムの 1,2 個下のゴム要素で 60%以上のひずみが見られた．

3.2 考察

正方向のせん断変形において 100%，150%の積層ゴムの下部分では，き裂発生可能性がある 70%以上のひずみが見られたことより，常時のせん断許容変形(70%)より少し大きなせん断変形をした際にき裂発生可能性が高いことがわかる．実環境において下部鋼板付近においてき裂が多く発生しているが，これは常時を超えたせん断変形に耐え切れず，き裂が発生したということが考えられる．

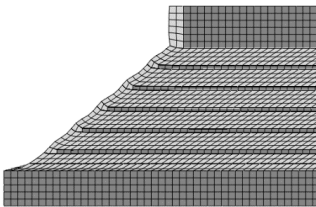
下部鋼板に近い内部鋼板付近のゴム周辺のひずみが大きくなっており，風時のせん断許容変形(150%)に至ると，ひずみが 60%を超えることから，風時を少し超えるせん断変形が起こると，内部鋼板付近にもき裂が発生すると考えられる．

4. 結論

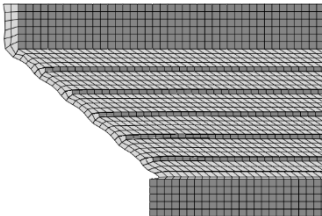
本研究ではゴムダンパーの中央(ハーフモデルの断面)においての解析でしか検討していない．そこで今後の課題として，少しずつした位置などで解析を進めていくことで被覆ゴムのき裂を面で検討していく．

表－2 正，負方向の伸びひずみ

正方向			負方向			要素
70%	100%	150%	70%	100%	150%	
-2.25	-2.62	-2.92	4.45	7.50	12.42	上部鋼板の被覆ゴム①
-4.76	-5.53	-5.98	7.64	11.77	18.29	上部鋼板の被覆ゴム②
-5.79	-6.68	-7.51	10.71	16.63	24.53	上部鋼板の被覆ゴム③
-7.00	-7.76	-7.34	8.29	10.49	13.85	上部鋼板の被覆ゴム④
-9.76	-10.85	-11.72	19.09	27.41	37.57	上部鋼板の被覆ゴム⑤
-10.72	-9.59	1.42	23.27	34.66	53.67	上部鋼板の被覆ゴム⑥
-5.12	-1.32	24.33	27.26	39.71	65.59	ゴム
-1.55	9.01	40.79	15.73	28.04	60.80	ゴム
2.65	13.53	49.82	16.21	31.72	64.70	ゴム
11.34	26.21	61.37	10.77	15.80	26.90	ゴム
11.63	28.11	59.32	22.49	35.48	53.81	鋼板付近のゴム 上
11.68	24.48	44.09	23.63	40.37	69.37	鋼板付近のゴム 下
3.78	9.86	26.34	22.82	37.68	71.50	ゴム
8.35	23.78	59.14	14.69	27.92	60.41	ゴム
10.75	23.76	58.69	12.89	28.72	65.12	ゴム
18.49	34.57	70.74	9.04	15.79	28.58	ゴム
18.96	36.81	68.51	20.36	33.99	53.12	鋼板付近のゴム 上
18.17	32.02	52.46	21.34	39.14	69.23	鋼板付近のゴム 下
7.79	14.83	25.29	20.68	36.45	72.10	ゴム
12.12	28.85	65.84	13.20	26.61	59.61	ゴム
14.10	27.97	62.24	11.37	27.63	64.62	ゴム
21.88	38.56	75.47	7.32	14.28	25.54	ゴム
22.49	40.97	72.80	17.94	31.86	51.10	鋼板付近のゴム 上
21.20	35.18	56.04	18.68	36.52	66.89	鋼板付近のゴム 下
10.60	18.26	30.35	18.24	34.20	69.63	ゴム
15.27	32.84	69.43	10.85	23.85	57.23	ゴム
17.63	32.26	66.14	8.76	24.61	60.43	ゴム
26.12	43.81	80.25	4.10	10.65	22.91	ゴム
26.59	45.65	76.24	12.39	26.19	46.14	鋼板付近のゴム 上
24.19	37.66	57.69	12.59	29.89	61.11	鋼板付近のゴム 下
15.66	25.99	49.23	12.37	28.02	62.48	ゴム
21.38	39.44	72.53	4.37	16.65	51.27	ゴム
25.67	42.04	75.98	0.55	14.27	47.67	ゴム
34.98	55.12	91.39	-3.34	4.05	30.34	ゴム
32.97	52.53	81.55	-4.54	4.68	23.38	鋼板付近のゴム 上
28.91	43.67	70.22	-8.97	-3.62	30.22	鋼板付近のゴム 下
29.53	47.36	78.01	-2.24	6.92	34.19	ゴム
36.16	55.27	89.55	1.70	12.68	43.51	ゴム
51.22	74.13	112.41	-17.40	-9.79	15.30	フィレット加工①
29.92	41.24	59.01	-27.29	-36.33	-49.00	フィレット加工②



図－2.正方向 変形図



図－3.負方向 変形図

参考文献

1) 澤田慎太郎，永田和寿：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，修士論文，2021 年 3 月