

ゴム支承の材料・構造特性に関する実験及び解析的研究

長崎大学大学院 学生会員 ○東哲平 中田侑吹
長崎大学工学研究科 正会員 松田浩 山口浩平 古賀掲維
ゴム支承協会 今井隆 原暢彦

1. まえがき

現在ゴム支承が橋梁支承の主流になっている。積層ゴム支承のせん断ひずみは、ゴム積層部の厚さの70%（温度変化など桁の常時伸縮時）まで許容されている。ゴム材料の変形特性は大きくはらみ出しも生ずる材料であるが、3次元的材料特性は厳密には考慮されずに設計されているのが現状である。

また、熊本地震において、ゴム支承部に損傷を受けた橋梁があったことから、ゴムの大変形特性の定量的評価が必要とされている。

以上のことから、本研究では、実験的及び解析的に橋梁用ゴム支承の大変形特性を定量的に評価することを目的としている。なお、実験時の計測には、大変形の追従も可能であるデジタル画像関連法（以下：DICM）を用いて計測する。

2. 偏心を施した2軸圧縮せん断試験

DICMにより積層ゴム供試体の圧縮せん断状況下のひずみ分布を可視化する試験方法を確立するための検証試験を実施した。過去に行った圧縮せん断試験より、課題が見つかり、以下のように修正した。

- ・ 残留変形による剛性の低下については、連続で試験を行わずに十分な時間を空ける。
- ・ せん断変形に伴う圧縮荷重の低下については、手動ポンプにより圧縮荷重を維持する。
- ・ 供試体下部の鋼板と治具の摩擦力については、テフロンスプレーを施す。
- ・ 塗膜の剥離については、供試体側面に直接ランダムパターンを施す。

例として、残留変形によるせん断変形による剛性の低下、圧縮荷重の低下についてのみ図1に示す。

また、载荷圧縮荷重の偏心によるひずみ分布の偏在も認められたので、圧縮荷重の偏心の影響に

ついても検討する。

2.1 試験概要

試験で用いた供試体のイメージを図2、概要を表1に示す。この供試体側面の被覆ゴムにランダムパターンを施し、ロードセル、変位計、CCDカメラを用いて計測を行う。ここで試験風景を図3に示す。

試験は、载荷位置を5mm刻みで移動させて供試体上部中央より、右に最大25mm、左に最大10mmずらした計7パターンである。载荷条件は圧縮荷重30kNを与えた後、地震時の許容せん断ひずみである175%のせん断ひずみを与える。ここで、せん断ひずみはゴム層24mmの175%である42mmのせん断変位として与える。载荷パターンは、「圧縮開始→圧縮完了→せん断開始（圧縮荷重維持）→せん断完了→除荷後圧縮荷重の载荷位置の調整」を繰り返す。

2.2 試験結果

紙面の都合により、偏心量が-10mm, 0mm, 25mmのみのコンター図（図4）と、最大ひずみ、最小ひずみの表（表2、表3）を示す。

図4より、せん断ひずみ0%、70%では圧縮荷重の偏心によるひずみ分布への影響が見受けられた。しかし、175%では偏心によるひずみ分布への影響は小さい。また、表2、表3より、せん断ひずみが大きくなるに伴いひずみの値の最大値と最小値の差が小さくなっている。以上より、せん断ひずみが大きくなるに伴って圧縮荷重の偏心によるひずみ分布への影響は小さくなることが分かる。

したがって、この試験機、計測方法での積層ゴム供試体の圧縮せん断状況下のひずみ分布を可視化することは可能である。ただし、上記の修正点に加えて、偏心によるひずみ分布への影響を考慮し、ジャッキの载荷位置を供試体中央近傍（±5mm以内）に配置する必要がある。

キーワード 積層ゴム支承 DICM 大変形

連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-1-4 長崎大学 095-819-2007 工学部構造工学コース

3. 非線形 FEM 解析

DICM を用いた計測により得られたひずみ分布の妥当性を検証するために、Marc/Mentat を用いて解析を行った。

3.1 解析概要

解析モデルの概要を表 4 に示し、解析モデルを図 5 に示す。また、ゴム材料の材料定数を表 5 に示す。内部鋼板は SS400 の材料定数 ($E=2.1 \times 10^5$ N/mm², $\nu=0.33$) を用いた。境界条件は、解析モデル上面の要素に対して Z 軸方向に 3N/mm² の面圧条件を与え、X 軸、Y 軸方向は節点の変位を 0mm に固定した。また、解析モデル下面の要素に対して X 軸方向にせん断ひずみ 175% に相当する 42mm の変位を変位制御で与え、Y 軸、Z 軸方向は節点の変位を 0mm に固定した。上記の条件で解析を行い、ひずみ分布を得る。

3.2 解析結果

本解析の結果を図 6 に示す。圧縮荷重載荷後のひずみ分布の再現できているといえる。しかし、要素数が少ないためゴム層のはらみ出しの形状まで再現できていない。また、せん断変位増加に伴い上面が回転している。これに対して、要素の再分割、多点拘束 (MPC) を設定していく予定である。

4. あとがき

今回示した試験方法で積層ゴム供試体の圧縮せん断試験を行い、併せて内部の応力状態の把握を目的として被覆ゴムのない供試体での試験を行っていく予定であり、発表時に報告する。

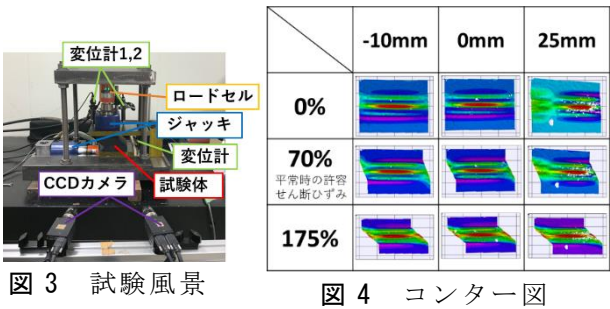


図 3 試験風景

図 4 コンター図

表 2 最大ひずみ

eyy Max	載荷位置 (mm)								範囲
	-10	-5	0	5	10	15	20	25	
せん断 (%)	0	0.08	0.0775	0.0825	0.098	0.0625	0.11	0.136	0.108
	70	0.157	0.157	0.195	0.165	0.162	0.177	0.19	0.228
	175	0.455	0.455	0.47	0.46	0.455	0.455	0.426	0.465

表 3 最小ひずみ

eyy Min	載荷位置 (mm)								範囲
	-10	-5	0	5	10	15	20	25	
せん断 (%)	0	-0.0305	-0.028	-0.032	-0.043	-0.0395	-0.06	-0.049	-0.067
	70	-0.05	-0.05	-0.048	-0.05	-0.05	-0.05	-0.072	-0.092
	175	-0.07	-0.075	-0.075	-0.07	-0.07	-0.07	-0.056	-0.055

表 4 解析モデル概要

層数	被覆ゴム	ゴム層 (mm)	鋼板 (mm)	上部/下部鋼板 (mm)
3層	1mm	100×100×8	100×100×1.2	100×100×8

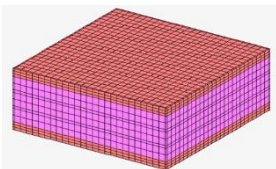


図 5 解析モデル

表 5 ゴム材料定数

C10	0.263009
C01	0.0363394
C20	0.000541403
C11	-0.00103934
C30	0.000117418

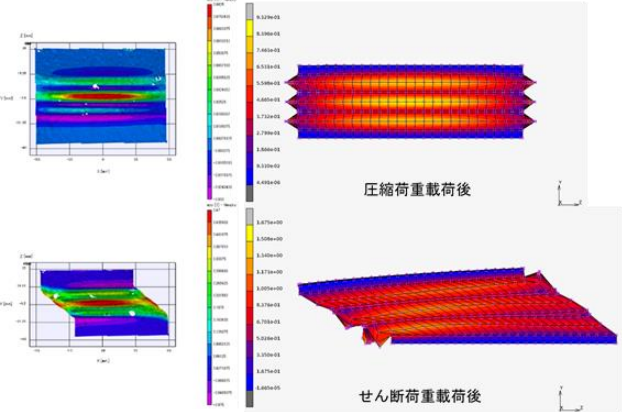


図 6 コンター図

参考文献

1) 飯塚博, 山下義裕: ゴム材料の力学特性同定と FEM 解析への利用, 日本ゴム協会誌, 第 77 巻, 第 9 号, 2004

2) 柚木和徳, 吉田純次, 塩畑英俊, 今井隆, 杉山俊幸: 有限要素モデルを用いた積層ゴム支承の回転限界の把握と設計式の構築

3) 橋本学, 棚橋隆彦: GSMAC 有限要素法による非圧縮超弾性体解析に関する実用化に向けた検討

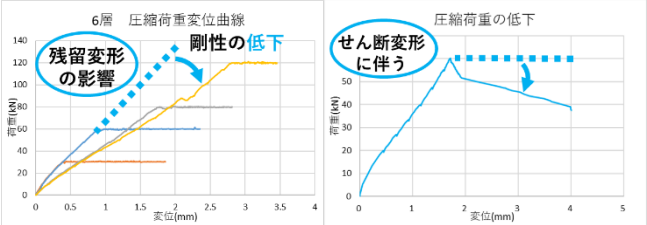


図 1 課題

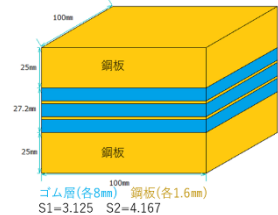


図 2 供試体内部構造

表 1 供試体概要

供試体概要	3層
形状	102mm×102mm×77.2mm (被覆ゴム 1mm)
積層構造	8mm×3層
ゴム材料	NRG=1.0N/mm ²
1次形状係数	3.12
2次形状係数	4.17