

I-B 50

伝達マトリックス法を用いた積層ゴムの限界特性評価に関する研究

九州旅客鉄道（株） ○正会員 高山 智宏
九州大学工学部 正会員 松田 泰治
日本大学理工学部 正会員 塩尻 弘雄

1. まえがき

近年のゴム・鋼板の接着技術の向上により免震用の積層ゴムの開発・実用化がなされている。積層ゴムの合理的設計を行うためには、破壊に至るまでの限界特性を把握することが重要である。しかし、大変形域における挙動に関する実験例は少なく、その安全余裕度を定量的に評価することは重要な課題の一つである。ここでは、伝達マトリックス法を用いて幾何学的非線形と材料非線形および粘性減衰を考慮して積層ゴムの力学特性を評価できる手法の開発を行い、既往の実験結果を参考に、形状係数をパラメータとした限界特性評価を行った。

2. 解析手法

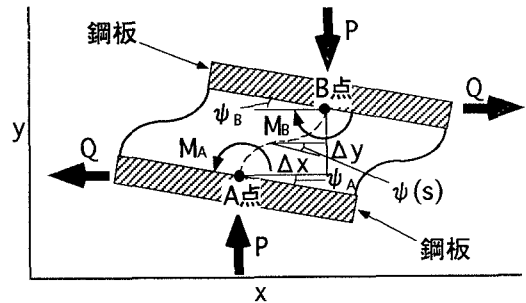
本解析法は鋼板に挟まれたゴム一層の変形を仮定して、伝達マトリックス法により多層の積層ゴムの解析を行うものである。ゴムの変形はせん断と曲げおよび軸方向変形を考慮し、内部鋼板は剛と仮定した。ゴムの粘性減衰はせん断方向のみ、材料物性の非線形性はせん断と曲げ方向についてのみ考慮した。

図-1に示すようなゴム層中の各値についてその位置関係や力およびモーメントの釣合などから関係式を求め、こうした関係式と積層ゴムの形状と荷重の関係から中央点でのモーメントがゼロになるように収束計算を行って積層ゴムの変形時の挙動を求める。なお、以下では積層ゴムのひずみとは変位をゴム総厚で除したものをいう。

3. 解析結果

本解析法を用いて、水越等³⁾の行った小形積層ゴムの加力実験結果の評価を行った。対象試験体は1次形状係数 S_1 が40,20,5、2次形状係数 S_2 が7,4,2の組み合わせの9種類の円形の天然ゴム系積層ゴムである。以下、試験体記号のはじめの数字は S_1 、次の数字は S_2 を示すものとする。積層ゴムに対する加力方法は一定鉛直応力下(0,50,100,200kgf/cm²)におけるせん断加力である。

今回は、破壊ひずみ点の評価・比較を行ったが、



P : y方向軸力（圧縮正）
 Q : x方向せん断力（右正）
 M_A, M_B : A点およびB点におけるモーメント
 ψ_A, ψ_B : A点およびB点における回転角
 Δx : x方向のゴム層内変位
 Δy : y方向のゴム層内変位
 $\psi(s)$: 任意の点sにおける回転角

図-1 ゴム一層における荷重と変形の関係

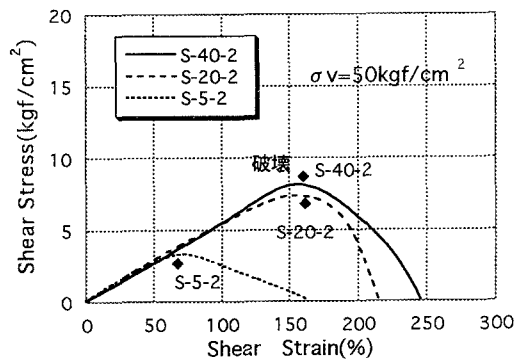


図-2 せん断ひずみ-せん断応力（実験値）

実験においてせん断荷重低下の現象が生じるケースについては、図-2に示すように接線剛性がゼロの点（荷重が最大の点）を破壊点と定義した。実験における破壊性状は、図-3に示すように「せん断型」、「曲げ型」、「圧壊型」などのモードに分類される。形状ごとの実験結果の破壊ひずみ点とその性状モード、および対応する解析結果を図-4に示す。

S_1 =拘束加圧面積/自由表面積（ゴム一層あたり）
 S_2 =直径/ゴムの全層厚

4. まとめ

本解析では、ゴムのせん断破断による破壊の評価は行っていないため、安定形状の積層ゴムに見られるせん断型の破壊では実験値と差異が生じた。しかし、曲げによる影響の卓越する破壊については、曲げ特性の非線形性について簡易なモデル化を行ったにも関わらず精度よく評価できている。

＜参考文献＞

- 1) 松田・塩尻：伝達マトリックス法による積層ゴムの簡易解析，日本建築学会構造工学論文集 Vol.39B,1993年3月
- 2) 飯塚真臣：免震構造設計指針（日本建築学会）pp545～563 積層ゴムの大変形マクロモデル
- 3) Kaoru Mizukosi et al.：Failure test of laminated rubber bearings with various shapes,Earthquake Engineering,Tenth World Conference ISBN 90 5410 060 5,1992

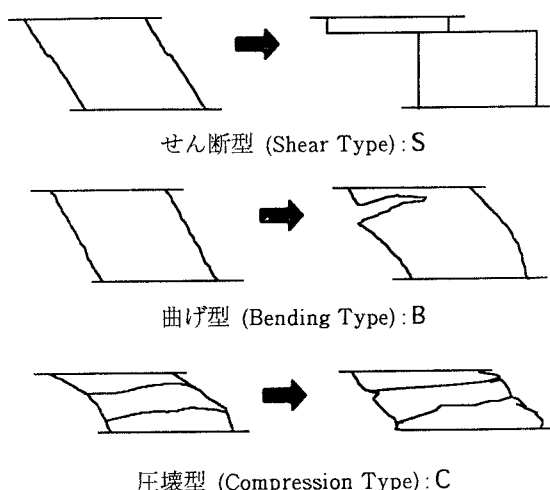


図-3 破壊モードの分類

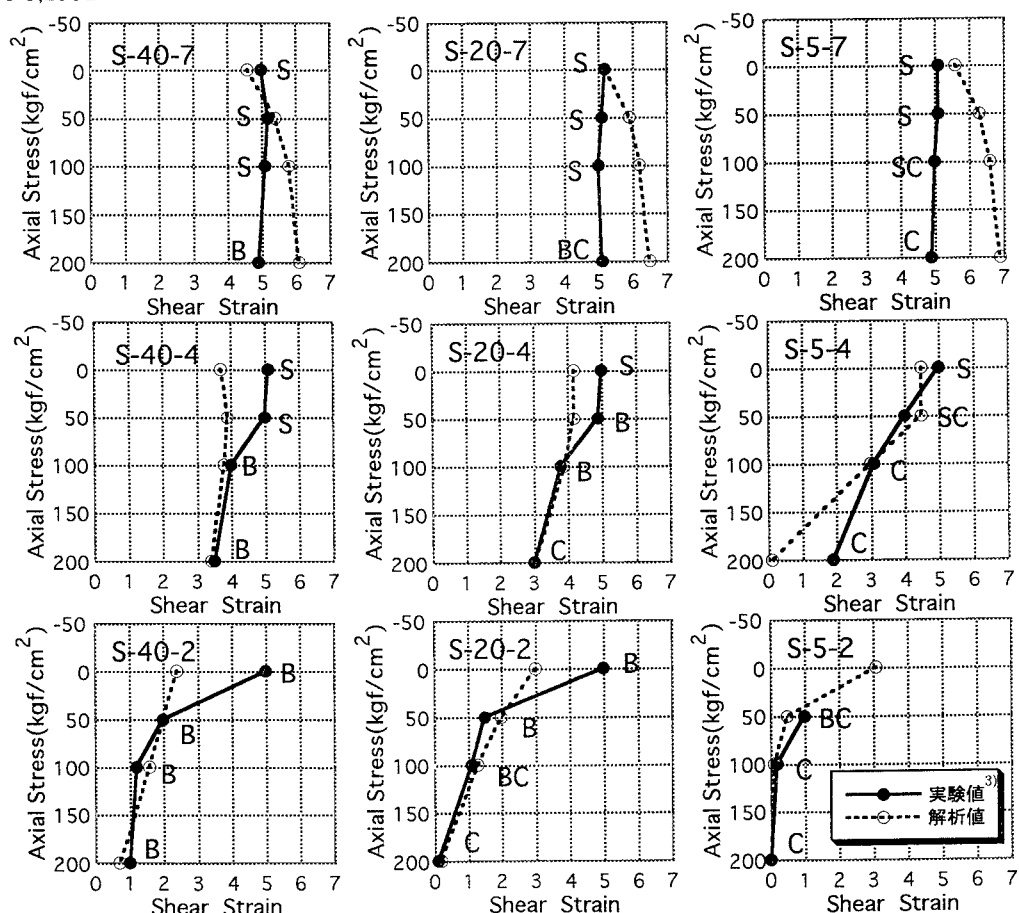


図-4 鉛直応力による破壊限界