

鋼鉄道橋に用いるゴム支承の圧縮ばね定数

その1 小型試験体の動的圧縮ばね定数

日本鉄道建設公団
鉄道総合技術研究所
オイレス工業(株)

正会員 鈴木 喜弥, 藤原 良憲
正会員 池田 学
正会員 池永 雅良, ○和氣 知貴

1. はじめに

耐震性能に優れたゴム支承が鋼鉄道橋に広く使われてきているが、ゴム支承の圧縮ばね定数が小さいと列車の走行性に影響を与えることがある。列車走行性の評価においては圧縮ばね定数を精度よく算定することが重要であるが、現行の設計式では十分な精度とはいえない面がある。このため、圧縮ばね定数に影響を及ぼすパラメータについて検討した。

2. 試験体

試験体はLRB6体とRB6体の計12体であり、表1に示すように1次形状係数 K_s を変化させている。 K_s が9.3のLRBと10のRBは3体ずつ、その他は1体ずつ試験を行った。試験体一覧を表1に示す。

表1 試験体一覧

		J240											
		RB 1	RB 2	RB 3,4,5	RB 6	LRB 1	LRB 2	LRB 3,4,5	LRB 6	RB 1	RB 2	RB 3,4,5	RB 6
せん断弾性率 G	N/mm ²	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ゴム1層の厚さ t_e	mm	12	7.5	6	5	12	7.5	6	5	12	7.5	6	5
ゴム層数 n	枚	4	6	8	9	4	6	8	9	4	6	8	9
1次形状係数 K_s	-	5	8	10	12	4.7	7.5	9.3	11.2	5	8	10	12
2次形状係数 S_2	-	5	5.33	5	5.33	5	5.33	5	5.33	5	5.33	5	5.33
鉛径(4本)	mm	-	-	-	-	35	35	35	35	-	-	-	-
試験体数	体	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1

3. 試験条件

ゴム支承が鋼鉄道橋に用いられることを想定して試験条件を決定し、以下の試験項目について試験を行った。

(1) 最大面圧・面圧振幅依存性試験

ゴム支承に働く鉛直荷重は、構造物である橋梁の死荷重と、列車走行時に加わる活荷重の和として与えられる。ゴム支承が様々な条件で使用されることを想定して、死荷重と活荷重の和にあたる応力を最大面圧とし、活荷重の応力を面圧振幅として、それぞれ表2のように変化させて試験を行った。

(2) オフセットひずみ依存性試験

ゴム支承は鉄道橋の温度伸縮の影響を吸収し、橋脚に働く水平荷重を分散するように変形する。その際の最大想定オフセットひずみ量70%を与えた状態で圧縮ばね定数試験を行った。また、中規模程度の地震時に想定されるオフセットひずみ量150%時においても同様に試験を行った。試験条件を表3に示す。

(3) 加振回数・加振振動数依存性試験

16両編成の列車が最大時速260km/hで支承上部を走行すると想定し、加振回数17cycles、加振振動数0.01~3Hzの試験を行った。試験条件を表4に示す。

4. 試験結果

試験結果を吟味する指標として縦弾性率 E_{ap} を用いる。縦弾性率 E_{ap} は計測される鉛直荷重 F_v をゴム支承の受圧面積 A_r で、鉛直

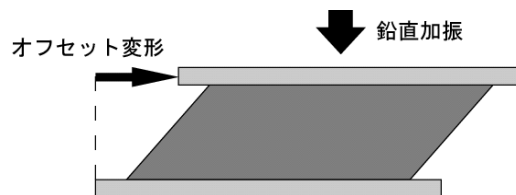


図1 試験概念図

表2 最大面圧・面圧振幅依存性試験

最大面圧 σ_{max} (N/mm ²)		面圧振幅 σ_{amp} (N/mm ²)			
		1.5	3	4.5	6.5
4cycles	4	○	○	○	○
8	○*	○*	○*	○*	○*
12	○*	○*	○*	○*	○*

* RB-1、LRB-1については行っていない。

表3 オフセットひずみ依存性試験

σ_{max} (N/mm ²)		オフセットひずみ v (%)			
		0	30	70	150
8	○	○	○	○	○
6.5	○	○	○	○	○

表4 加振回数・振動数依存性試験

σ_{max} (N/mm ²)		加振振動数 f (Hz)			
		0.01	0.1	1	3
8	○	○	○	○	○
6.5	○	○	○	○	○

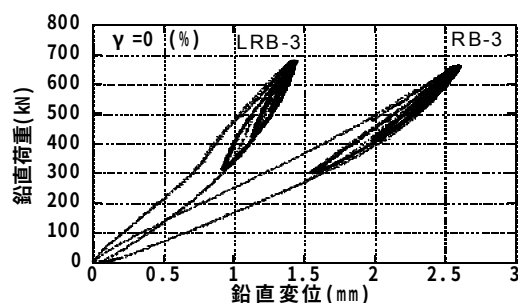


図2 面圧振幅の変化による履歴の変化

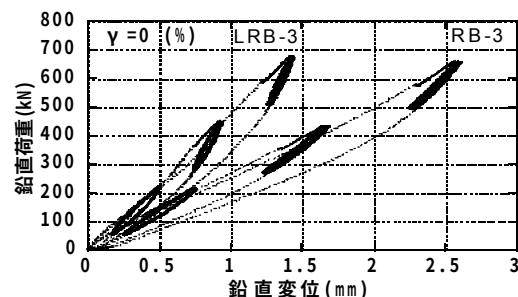


図3 最大面圧の変化による履歴の変化

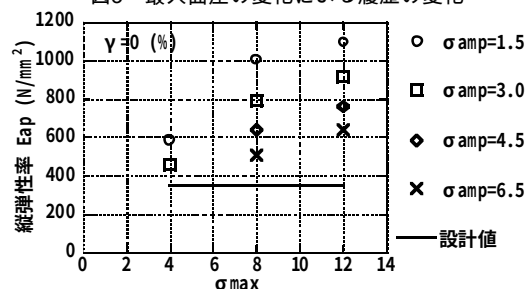


図4 縦弾性率 E_{ap} の σ_{max} 、 σ_{amp} 依存性

キーワード：LRB・ゴム支承・圧縮ばね定数・列車走行性・設計

連絡先：〒326-0327 栃木県足利市羽刈町1000、TEL：(0284)70-1820、E-mail：wake@oiles.co.jp

変位 δv をゴム総高さ Σt_e で基準化した $\sigma - \varepsilon$ 曲線の割線剛性であり、次式で与えられる。

$$E_{ap} = \frac{F_v}{A_r} \cdot \frac{\sum t_e}{\delta_v} \quad \dots \dots \dots (1)$$

(1) 最大面圧・面圧振幅依存性試験

□240LRB-3、RB-3の履歴を図2、3に示し、LRBについては変化の傾向を示すグラフを図4に示す。履歴を見ると、LRBの鉛直変位量はRBのおよそ半分程度であり、圧縮ばね定数はLRBの方がRBよりも大きな値を示した。また、面圧振幅が大きくなると繰り返し加振部の履歴の割線剛性は小さくなり(図2)、最大面圧が大きくなると割線剛性も大きくなった(図3)。

この傾向をグラフにした図4を見ると、縦弾性率 E_{ap} は最大面圧に比例し、面圧振幅に反比例する挙動を示している。また、面圧振幅が最大面圧に近くなると実験値は設計値に近くなる傾向が見られた。これらの傾向は形状係数によらず確認できた。

(2) 形状係数依存性

圧縮ばね定数に与える形状係数 (K_s) の影響を調べるために K_s を変化させて試験を行った。図5から、縦弾性率 E_{ap} は K_s に比例して大きくなり、既往設計式はその変化の傾向を概ね捉えていると言える。この傾向はRBにも同様に見られた。LRBとRBで比較すると、LRBの方がRBよりも縦弾性率 E_{ap} は大きな値を示した。

(3) オフセットひずみ依存性試験

試験結果を図6、7に示す。LRB、RBともにひずみ量の増大とともに鉛直の沈み込み量はほぼ線形に大きくなった。縦弾性率 E_{ap} の変化は、ひずみ70%までは±10%程度であるが、それ以降はひずみの増大に伴い縦弾性率 E_{ap} も概ね大きくなる傾向があった。150%までオフセットしても縦弾性率 E_{ap} の変化率は形状係数の小さいRB-1、LRB-1を除けば+20%程度であった。

(4) 加振回数・加振振動数依存性試験

図8にLRB、RBにおける17cycles、3Hz試験における縦弾性率 E_{ap} の変化を3cycles目の特性値で基準化して示す。縦弾性率 E_{ap} の変化は3回目の加振までにおよそ1%程度下がるが、3回目以降は縦弾性率 E_{ap} の変化はほとんどないことがわかる。図9に加振振動数による縦弾性率 E_{ap} の変化を示したグラフを示す。縦弾性率 E_{ap} は振動数が1Hzより大きくなると増大する傾向があり、振動数3Hzの時の変化率は20%程度であった。これらの傾向にLRB、RBおよび、形状係数による差は見られなかった。

5. まとめ

1次形状係数を変化させたゴム支承RB6体、LRB6体について各種依存性試験を行い以下の結論を得た。縦弾性率 E_{ap} は、試験条件としての最大面圧・面圧振幅、および、試験体の形状係数により大きく変化し、加振回数、加振振動数、オフセットひずみの影響は比較的少ないことが判った。既往設計式は試験体の1次形状係数の変化を概ね捉えていることがわかった。RBよりもLRBの方が縦弾性率 E_{ap} が大きいため、列車走行性に関してLRBの方が優れていると考えられる¹⁾。

参考文献：1) 池田学、保坂鐵矢、市川篤司、松浦章夫：ゴム支承を適用した連続鋼トラス橋の列車走行性に関する検討、土木学会第56回年次学術講演会、2001。

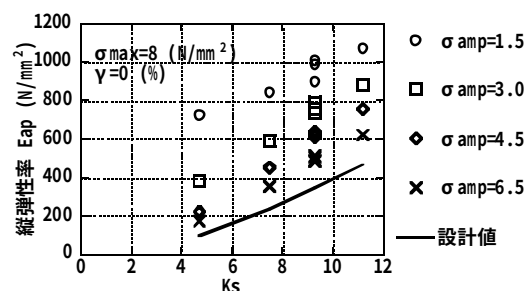


図5 縦弾性率 E_{ap} の形状係数による変化

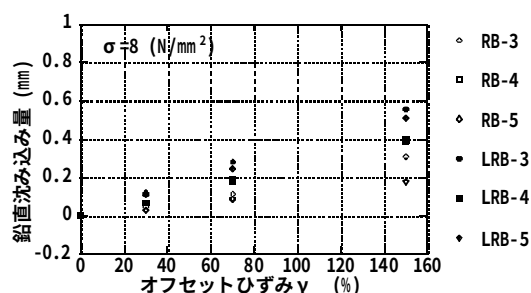


図6 ひずみによる鉛直沈み込み量の変化

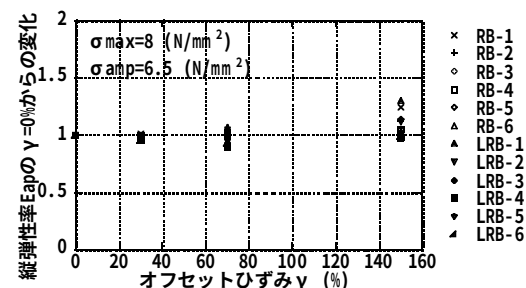


図7 ひずみによる縦弾性率 E_{ap} の変化

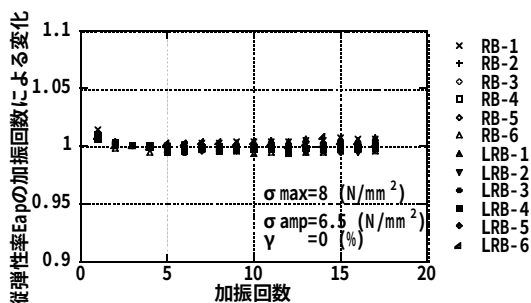


図8 加振回数による縦弾性率 E_{ap} の変化

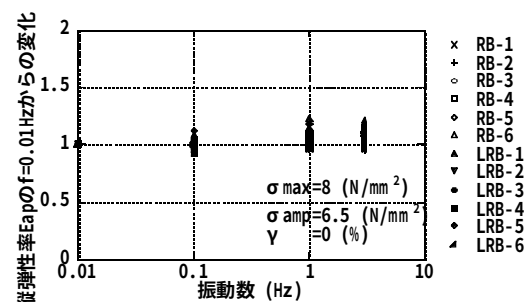


図9 加振振動数による縦弾性率 E_{ap} の変化