

鋼鉄道橋に用いるゴム支承の圧縮ばね定数

その2 実大ゴム支承の圧縮ばね定数

日本鉄道建設公団
鉄道総合技術研究所
オイレス工業㈱

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

1. はじめに

前報では小型試験体を用いて各種依存性試験を行い、ゴム支承の圧縮ばね定数に影響を与える要因を絞り込み傾向を掴んだ。その結果、圧縮ばね定数は試験体の形状係数、および、試験条件である最大面圧と面圧振幅に大きく依存していることが判った。しかし、現在用いられている圧縮ばね定数の設計式は最大面圧と面圧振幅による影響を考慮していない。そこで本報では実際に使用されるゴム支承を含む大型試験体について圧縮ばね定数試験を行い、パラメータスタディを行うことで、より精度の高い設計式を提案することを目的とする。

2. 試験体

試験体一覧を表1に示す。試験体は詳細試験を行う□800試験体2体と、実際に使用されるゴム支承10体の計12体である。

3. 試験条件

試験条件一覧表を表2～4に示す。最大面圧、面圧振幅をそれぞれ表のように変化させて試験を行う。詳細試験体についてはオフセット変形を与えた状態における試験も行う。

4. 試験結果

4.1 最大面圧・面圧振幅依存性

□800LRB、RBの履歴曲線を図1、2に示す。LRBはRBよりも沈み込み量が少なく、履歴面積が大きく減衰性能が高いことがわかる。また、履歴は骨格曲線に従って描かれており、面圧振幅が大きくなると圧縮ばね定数が低下し(図1)、最大面圧が大きくなると圧縮ばね定数も大きくなっていることがわかる(図2)。

上記の変化の傾向を示すために縦弾性率 E_{ap} の変化の傾向を示すグラフを図3、4に示す。縦弾性率 E_{ap} はLRBの方がRBよりも大きな値を示した。また、特性変化の傾向は実際に使用されるゴム支承においても同様であり、小型試験体に見られたものと同じであった。

4.2 オフセットひずみ依存性

小型試験体同様に、ゴム支承はせん断ひずみの増大とともに鉛直方向に沈み込み(図5)、縦弾性率 E_{ap} はやや大きくなる傾向がある。しかし、150%変形時においても縦弾性率 E_{ap} の変化率はLRB、RBともに高々+10%程度であった。(図6)

5. 設計式

前報の結果から、圧縮ばね定数に与える影響の比較的大きかった項目であるRB・LRBの区別、および、 σ_{max} ・ σ_{amp} の影響を設計法に取り入れる。圧縮ばね定数の既往設計式は(1)式で与

表1 試験体一覧

支承種類	単位	詳細試験体		実際に使用されるゴム支承						
		LRB	RB	LRB	LRB	LRB	LRB	LRB	LRB	LRB
ゴム体寸法	mm	□800	□800	□1200	□1900	□1250	□1600	□1050	□550	
ゴム1層厚さ	mm	20	20	26	39	27	36	24	11	
層数	枚	8	8	9	3	6	4	4	12	
G	N/mm ²	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	
鉛径	mm	120	-	170	275	165	225	150	75	
Ks	-	9.3	10.0	10.8	11.4	10.9	10.4	10.2	11.8	
S2	-	5.0	5.0	5.1	16.2	7.7	11.1	10.9	4.2	
試験体数	体	1	1	1	1	1	1	3	3	

表2 最大面圧・面圧振幅依存性試験(詳細試験体)

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

表3 最大面圧・面圧振幅依存性試験(実物件試験体)

最大面圧 σ_{max} (N/mm ²)		面圧振幅 σ_{amp} (N/mm ²)			
		4cycles			
		1.5	3	4	4.5
4	○	○	○	○	-
6	○	○	○	○	○
8	○	○	○	○	-

表4 オフセットひずみ依存性試験(詳細試験体)

σ_{max} (N/mm ²)		オフセットひずみ y (%)			
		4cycles			
		0	30	70	150
8	○	○	○	○	○
6.5	○	○	○	○	○

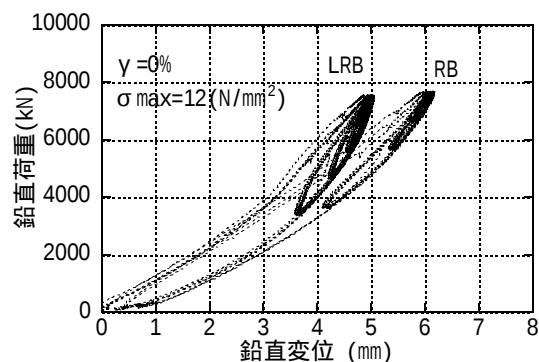


図1 面圧振幅の変化による履歴の変化

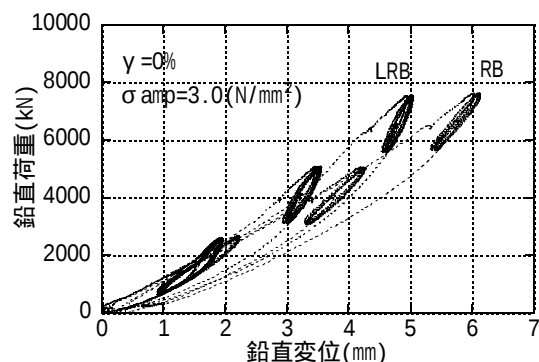


図2 最大面圧の変化による履歴の変化

キーワード：LRB・実物大ゴム支承・圧縮ばね定数・設計

連絡先：〒326-0327 栃木県足利市羽刈町1000、TEL：(0284)70-1820、FAX：(0284)70-1821

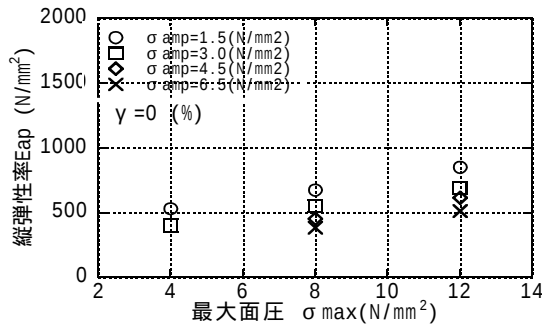


図3 RBのσmax、σamp依存性

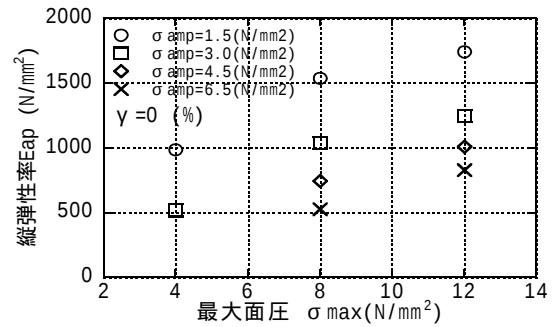


図4 LRBのσmax、σamp依存性

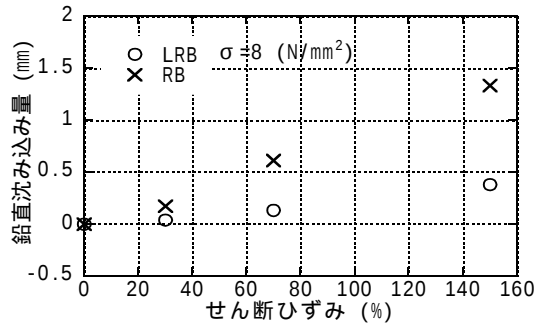


図5 せん断変形による鉛直沈み込み量

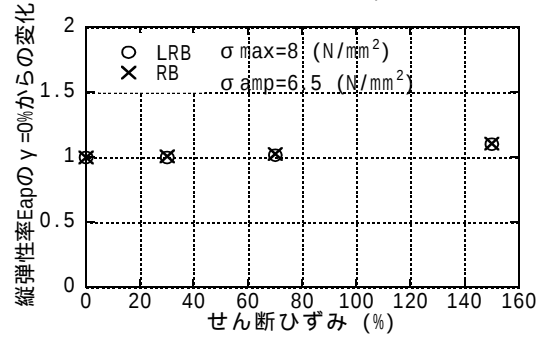


図6 せん断変形による縦弾性率Eapの変化

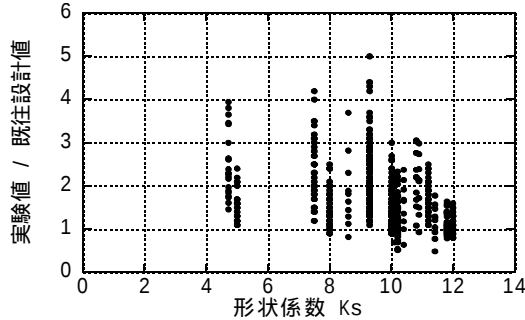


図7 対既往設計値

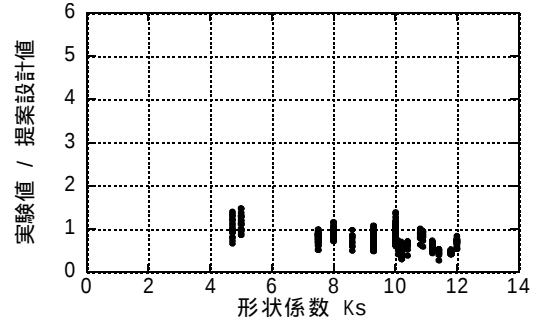


図8 対提案設計値

えられる。

$$K_c = \frac{E_\infty \cdot 5 \cdot G \cdot K_s^2}{E_\infty + 5 \cdot G \cdot K_s^2} \cdot \frac{A_r}{\sum t_e} = f(K_s) \cdot \frac{A_r}{\sum t_e} \dots (1)$$

ここで、 K_c ：積層ゴムの圧縮ばね定数(N/mm)、 G ：ゴムのせん断弾性率(N/mm)、 K_s ：ゴム1層の形状係数(-)、 A_r ：ゴム部純断面積(mm²)、 $\sum t_e$ ：ゴム層総厚さ(mm)、 E_∞ ：ゴムの体積弾性率である。

図7に縦弾性率Eapの対既往設計値を示す。図には、大型試験体(2体)・小型試験体(12体)・実物件大型ゴム支承(10体)のデータが含まれている。対既往設計値は試験条件により大きくばらつき最大で5程度の値を示した。

提案設計式は小型試験体の結果を用いてσmax、σampについてのパラメトリックスタディを行い式の骨格を定め、さらに大型試験体の結果から係数を決定した。

$$K_c = f(K_s) \cdot \frac{A_r}{\sum t_e} \cdot \left(\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{amp}} \right)^m \cdot \left(1 + 10 \cdot \frac{A_p}{A_r} \right) \dots (2)$$

ここで、σmax：最大面圧(N/mm²)、σamp：面圧振幅(N/mm²)

参考文献：1)BS5400:Part9.Bridge Bearings,Section 9.1,P12,1983.1

mm²)、m,n：最大面圧、面圧振幅の影響係数、 A_r ：ゴム部の純断面積(mm²)である。

図8にm=n=0.5とした場合の(2)式的设计値に対する実験値との比較を示す。試験体別にデータを見ると、試験条件による対設計値の変動幅は、通常用いられる形状係数の範囲では、概ね±30%程度以内に収まった。対設計値の分布の変化を標準偏差で見ると既往設計式では0.7であったものが0.2に収束した。対提案設計値は形状係数を横軸にしたときにやや右下がりになった。精度は決して良いとは言えないが、対既往設計値と比較すると、提案設計式は試験体・試験条件等の違いによる試験結果の変化をよく吸収できていると考えられる。

6. まとめ

ゴム支承の各種依存性試験を行い、圧縮ばね定数の設計式を提案した。提案設計式は既往の設計式よりもよくゴム支承の圧縮ばね定数を表現できることが判った。今後は、さらに精度を上げるため、形状係数の関数f(Ks)、係数m,nの検討を行っていききたい。