

平成 19 年時における鋼鉄道橋に用いるゴム支承の圧縮ばね定数の現状と算出式の提案

(財)SCOPE(前鉄道運輸機構)	フェロー	保坂 鐵矢
(独)鉄道運輸機構	正	藤原 良憲
(財)鉄道総合研究所	正	池田 学
オイレス工業(株)	正	○増田 耕一

1. まえがき

最近、耐震性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、ゴム支承は鋼製支承に比べて圧縮ばね定数が小さいために列車の走行性に影響を与えることがある¹⁾。ゴム支承の圧縮ばねに関する検討はこれまでも行われており²⁾、平成 15 年の年次学術講演会にて鉄道建設公団(現 鉄道運輸機構)の鈴木氏らは現行の設計式に面圧と鉛プラグによる依存を組み込んだ提案式を発表した^{3),4)}。本検討では実製品についての現状をまとめ、その提案式を更に改良して圧縮ばね定数を精度よく表すことを目的とした。

2. 対象サンプル

本検討に用いたサンプルは、これまで鋼鉄道橋用に製作、納入したゴム支承(LRB)のうち、電子データが残存している 2001 年以降のもの合計 190 体を使用した。対象サンプルの諸元を表 1 に示す。

3. 現設計式と既提案式

現設計式を(1)に、平成 15 年の年次学術講演会で提案された式(以下、既提案式とする)を(2)に示す。

表 1 対象サンプル諸元

支承種類	LRB	
形式	丸型	角型
個数	14	176
合計	190	
最大寸法	Φ 1800	□ 1900
最小寸法	Φ 850	450 × 650

$$Kc = \frac{E_{\infty} \times 5 \times G \times Ks^2}{E_{\infty} + 5 \times G \times Ks^2} \times \frac{A}{\sum te} \quad \cdots(1)$$

$$Kc = \frac{E_{\infty} \times 5 \times G \times Ks^2}{E_{\infty} + 5 \times G \times Ks^2} \times \frac{A}{\sum te} \times \frac{(\sigma_{\max})^m}{(\sigma_{amp})^n} \times \left(1 + Z \times \frac{A_p}{A}\right) \quad \cdots(2)$$

ここで、Kc：積層ゴムの圧縮ばね定数(N/mm²)、G：ゴムのせん断弾性率(N/mm)、Ks：形状係数、A：ゴムの面積(mm²)、Σte：ゴム層総厚さ(mm)、E_∞：ゴムの体積弾性率、σ_{max}：最大面圧(N/mm²)、σ_{amp}：面圧振幅(N/mm²)、Ap：鉛プラグの面積(mm²)、m,n：面圧に関する影響因子(既提案式：0.5)Z：鉛プラグの影響因子(既提案式：10)

それぞれの式における実測値/設計値の分布を図 1、図 2 に示す。現設計式(1)が、設計値に対して非常に大きな値になっているのに対し、既提案式(2)は以前発表された縮小試験体では設計値より若干低めになっていたが、実製品ではかなり低めに分布していることがわかる。なお、列車走行性の観点から考えると圧縮ばねは大きい方には有利なため¹⁾、実測値が現設計式よりも大きくなることは問題ではない。現状、圧縮ばね定数が設計値に対して ±20%を超える場合には、走行シミュレーションを行い、列車走行性に問題がないことを確認している。

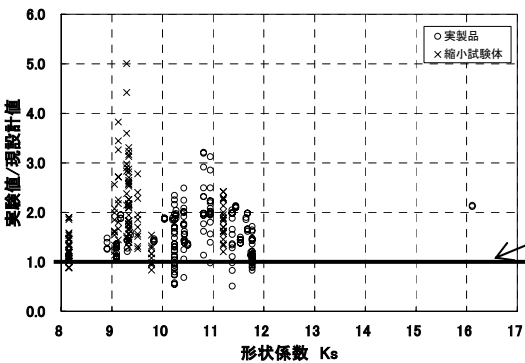


図 1 対現設計式

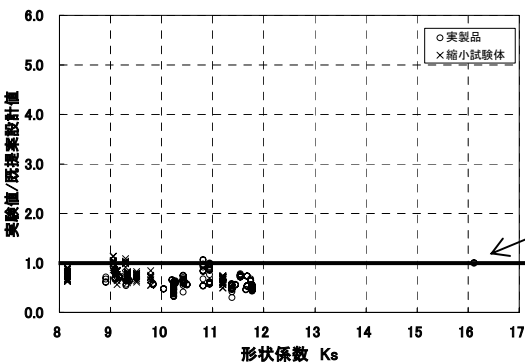


図 2 対既提案式

キーワード：鋼鉄道橋、ゴム支承、鉛直剛性、鉛直ばね定数

連絡先：〒105-8584 東京都港区浜松町 1-30-5（浜松町スクエア）TEL 03-3578-7930 FAX03-3578-7934

4. 新提案式

既提案式の精度を上げることを目的として鉛プラグの影響因子 Z と m および n の数値を変化させて傾向を調べ、新提案式を提案する。

4.1. 鉛プラグの影響

まず、Z を変化させて鉛プラグの影響を変化させた場合について検討した。Z の値を 0, 5, 10, 20 と変化させたときのを図 3 に示す。鉛プラグの影響をなくした Z=0 ではばらつきが大きく、Z を大きくするほどデータが収束する傾向があるが、実測値は設計値より小さくなる傾向が見られる。この傾向から Z=3~5 と設定することが望ましいと考えられる。

4.2. 面圧の影響

次に、m,n を変化させて面圧の影響を変化させた場合について検討した。m,n の値を 0, 0.5, 1 と変化させたときの実測値/設計値のグラフを図 4 に示す。m,n の値が大きくなると、データは収束するが傾向があるが、実測値は設計値より小さくなる傾向が見られる。この傾向から m,n=0.2~0.3 と設定することが望ましいと考えられる。

4.3. 新提案式(m,n,Z の設定)

4.1., 4.2.より、既設計式(2)において Z=3, m=n=0.3 と設定した圧縮ばね定数の設計式を提案する。

$$Kc = \frac{E_{\infty} \times 5 \times G \times Ks^2}{E_{\infty} + 5 \times G \times Ks^2} \times \frac{A}{\sum te} \times \left(\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{amp}} \right)^{0.3} \times \left(1 + 3 \times \frac{A_p}{A} \right)$$

現設計式とこの式を用いた時の対設計値の分布を表 2 に示す。差が±20%以内となるのは、現設計式が 22.1%であるのに対し新提案式は 63.3%となる。±30%以内では、84.8%を網羅している。

表 2 新提案式を用いた時の対設計値

対設計値	~0.7	0.7~0.8	0.8~1.2	1.2~1.3	1.3~
現設計式	5 (2.6%)	2 (1.1%)	42 (22.1%)	9 (4.7%)	132 (69.5%)
既提案式	159 (83.7%)	10 (5.3%)	21 (11.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
新提案式	12 (6.3%)	31 (16.3%)	120 (63.3%)	10 (5.2%)	17 (8.9%)

5. まとめ

規定案式のパラメータを変化させ、より精度の高い設計式を提案した。提案式は、これまでに製作・納入したゴム支承の鉛直ばね定数を概ね網羅することができたが、それでも水平ばね定数のような精度では再現しきれていない。したがって、精度を得るために設計だけでなく製造等も含めた更なる検討が必要であると思われる。

【参考文献】

- 1)池田,保坂,市川,松浦:ゴム支承適用した連続鋼トラス橋の列車走行性に関する検討(平成 13 年 10 月)
- 2)池田,谷口,相原,鈴木,藤原,菅原:地震時水平力分散構造における列車通過時のゴム支承の圧縮変位に関する検討(平成 17 年 9 月)
- 3)藤原,池田,池永,和気: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)(平成 15 年 9 月)
- 4)藤原,池田,池永,和気: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)(平成 15 年 9 月)

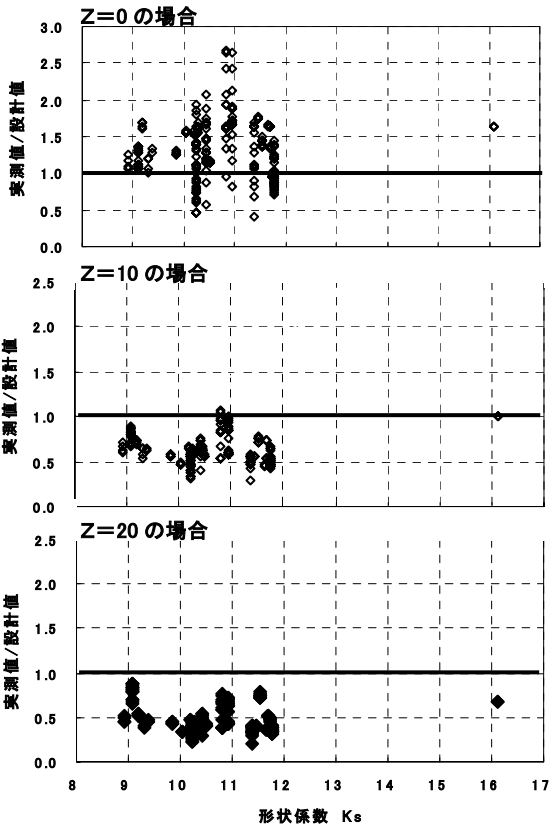


図 3 鉛プラグの因子を変化させた場合の対実測値

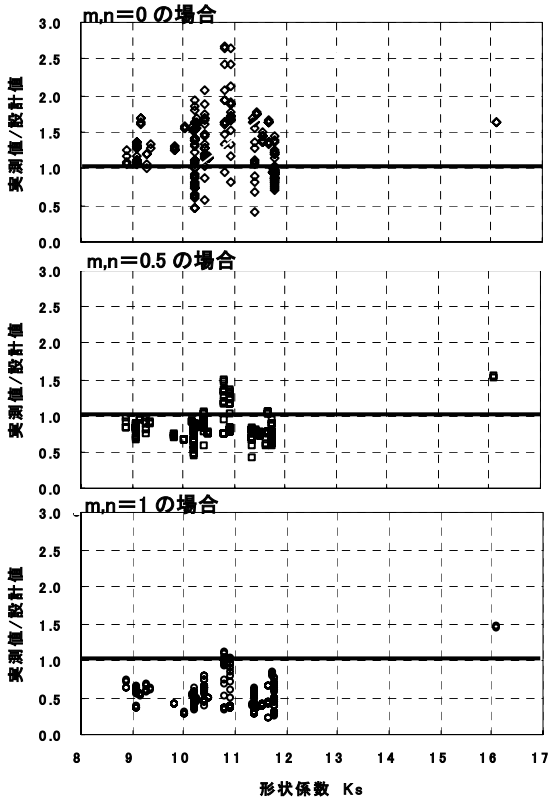


図 4 面圧の因子を変化させた場合の対実測値