

論文 鉄道構造物に用いる積層ゴム支承の 圧縮ばね定数と品質管理に関する一考察

横山 秀喜¹・筒井 康平²・小南 雄一郎³・増田 耕一⁴

¹正会員 鉄道・運輸機構 設計部 (〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町 6-50-1 横浜アイランドタワー)
E-mail:yokoyama.hid-22t3@jrtr.go.jp(Corresponding Author)

²正会員 鉄道・運輸機構 設計部 (〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町 6-50-1 横浜アイランドタワー)
E-mail:tsutsui.koh-p6x4@jrtr.go.jp

³正会員 オイレス工業株式会社 免制震事業部 (〒326-0327 栃木県足利市羽刈町 1000)
E-mail:kominami@oiles.co.jp

⁴非会員 オイレス工業株式会社 免制震事業部 (〒108-0075 東京都港区港南 1-7-2 品川シーズンテラス)
E-mail:k.masuda@oiles.co.jp

鉄道構造物に用いる積層ゴム支承は、構造物の荷重伝達の他、列車走行性を満足させる性能を有しなければならない。列車走行性の指標の1つとして、圧縮ばね定数を測定しており、管理値を超過した場合は列車走行シミュレーションを用いて走行安全性および乗り心地の検証を行い、列車走行性を満足していることを確認している。これまで、数多くの積層ゴム支承の圧縮ばね定数の計測および列車走行性を検証し、性能を満足していることを確認している。

本報告では、これまで整備新幹線において確認した圧縮ばね定数を整理し、設計値と異なる圧縮ばね定数が列車走行性に与える影響を検証した。さらに、積層ゴム支承の圧縮変形量と列車走行性の関係を整理することで、圧縮変形量が1mm以内であれば悪影響を及ぼさないことを確認した。今後、整備新幹線等における積層ゴム支承の品質管理において、本検討で得られた知見を適用することを考えている。

Key Words: laminated rubber bearing, spring constant, train running performance, train running simulation, running safety, riding comfort

1. はじめに

鉄道構造物は、列車走行性を満足させるため、鉛直変位に多くの制約がある。特に上部工と下部工の荷重伝達に用いる支承に積層ゴム支承を用いた場合は、そのものが圧縮変形し、支点部に鉛直変位が生じるため、積層ゴム支承の品質等に関し、管理基準が定められている。

積層ゴム支承の品質管理のうち、鉛直方向の検証内容は、ゴム支承の品質を確認する圧縮ばね定数および列車走行性の影響を確認する圧縮変形量が挙げられる。圧縮ばね定数の設計値と実測値の差が大きい場合、圧縮ばね定数と相関関係にある圧縮変形量が設計時の想定と異なり、列車走行性に影響が生じる可能性がある。特に、端支点に用いた積層ゴム支承の圧縮変形量が設計値に比べ大きくなる場合においては、列車

が橋梁部に入出する際、桁端部の鉛直変位に伴う段差やそれに伴う軌道面の不同変位が大きくなり、走行列車の輪重が減少することで、列車走行性が低下する。このことから、圧縮ばね定数および圧縮変形量を満足させることは、列車走行性(常時)を確保するうえで重要な要素となっている。

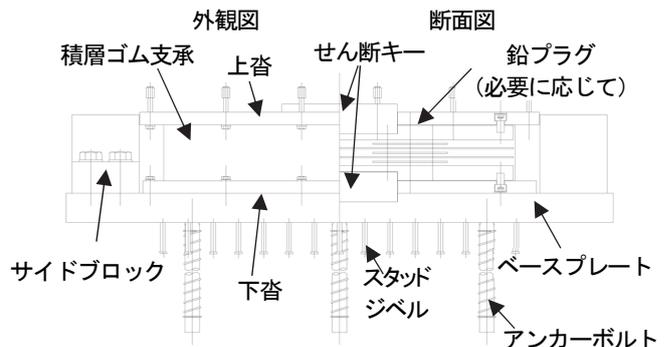


図-1 積層ゴム支承

整備新幹線や在来線新線の連続支間を有する鋼構造物を設計する際は、積層ゴム支承（図-1）を用いた地震時水平力分散設計とすることが多く、これまで321体の積層ゴム支承を製造している。本報告では、整備新幹線を用いた積層ゴム支承の圧縮ばね定数や圧縮変形量の実績を調査し、その現状について整理した。さらに、圧縮ばね定数が列車走行性に与える影響を確認し整理した。これらの結果を踏まえ、整備新幹線等における用いる積層ゴム支承における今後の品質管理方法を考察した。

2. 設計圧縮ばね定数の算定と製作時の品質管理

積層ゴム支承は、鉄道構造物等設計標準・同解説鋼・合成構造物¹⁾（以下、「鋼標準」と呼ぶ）に基づいて設計し、鋼標準の施工編、鋼鉄道規格²⁾SRS34 鉄道橋用ゴム支承の品質管理要領（以下、「SRS」と呼ぶ）および各橋梁の設計図に示される仕様書等に従って製作時の品質管理を行っている。

(1) 圧縮ばね定数の設計式

積層ゴム支承の平面形状は、支承に作用する鉛直力と支承面積から求まる圧縮応力度(式(1))を満足することが原則となっている。積層ゴム支承のばね定数は、設計式(2)によって算出することが鋼標準に定められており、積層ゴム支承の形状、寸法およびゴムのせん断弾性率などから算出するため、実際に作用する鉛直荷重の大小によらず圧縮ばね定数（以下、「設計圧縮ばね定数」と呼ぶ）が定まり、鉛直荷重と圧縮変形量の関係は線形を示す。

$$\text{圧縮応力度} = \frac{Rd(\max)}{A_e} \quad (1)$$

$$K_v = \frac{2000 \cdot G \cdot S^2}{G \cdot S^2 + 400} \cdot \frac{A_e}{\sum t_e} \quad (2)$$

ここに

Rd(max)：支承に作用する最大鉛直荷重(kN)

A_e：ゴム部のみの断面積(mm²)

K_v：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)

S：一次形状係数

Σt_e：ゴム層総厚さ(mm)

実際の積層ゴム支承の鉛直荷重と圧縮変形量の関係は非線形（図-2）であり、計算式(2)を算出する積層ゴム支承の断面積 A_e が想定する鉛直荷重レベルと実際に作用する鉛直荷重レベルが異なれば圧縮ばね定数に違いが生じる。そのため、藤原ら³⁾により設計式の改良提案がなされている。

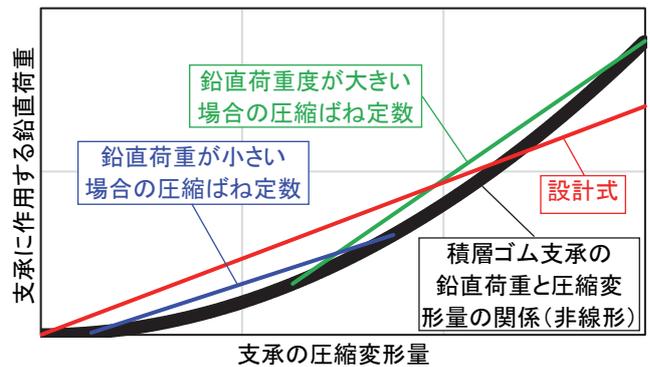


図-2 積層ゴム支承の鉛直荷重と鉛直変位の関係

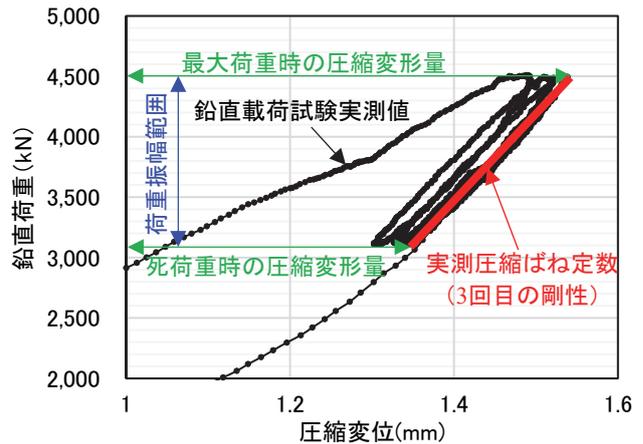


図-3 圧縮ばね定数測定概念



写真-1 鉛直荷重試験状況

(2) 製作時の品質管理

整備新幹線等に用いる積層ゴム支承は、SRSと同様に圧縮ばね定数と圧縮変形量を確認するが、荷重荷重方法や管理基準に独自の考え方を取り入れている。その内容を表-1、鉛直荷重試験にて測定する圧縮ばね定数（以下、「実測圧縮ばね定数」と呼ぶ）の測定概念を図-3、試験の状況を写真-1に示す。なお、圧縮ばね定数および圧縮変形量の測定は、全ての積層ゴム支承に対して実施することとしている。

整備新幹線等に用いる積層ゴム支承の実測圧縮ばね定数は、死荷重から最大荷重までの繰り返し荷重（3回）を実施し、3回目の荷重振幅範囲と死荷重荷重時から最大荷重荷重時までの圧縮変形量から算出する。これはSRSの圧縮変形量の測定方法と同様であり、整備新幹線

表-1 圧縮ばね定数の測定方法と管理基準

		測定方法	管理基準	管理基準超過時の対応
圧縮ばね定数	SRS	最大圧縮応力度からその 1/3 の応力度の範囲内の鉛直荷重について3回の繰り返し載荷試験を行い、3回目の荷重範囲と圧縮変形量から算出する剛性	実測値が設計値に対して±30%以内とし同一支承線上の相対差が±10%以内。なお、 <u>圧縮変形量で管理してよい</u> 。	特に定めていない
	整備新幹線等	死荷重相当の鉛直力載荷状態から最大荷重まで（活荷重相当の鉛直力）の繰り返し載荷（3回）を実施し、3回目の荷重振幅範囲と死荷重載荷時から最大荷重載荷時までの圧縮変形量から算出する剛性	実測値が設計値に対して±20%以内とし、同一支承線上の相対差が±10%以内。	車両と構造物の動的相互作用を考慮した走行シミュレーションにより列車走行性能を検証
圧縮変形量	SRS	設計死荷重反力に相当する鉛直荷重を載荷した状態から最大設計反力に相当する荷重（活荷重）による荷重範囲の圧縮載荷を3回繰り返し、3回目が見す圧縮変形量	1mm以下	車両と構造物の動的相互作用を考慮した走行シミュレーションにより列車走行性能を検証
	整備新幹線等	死荷重相当の鉛直力載荷状態から最大荷重まで（活荷重相当の鉛直力）の繰り返し載荷（3回）を実施し、3回目の荷重振幅範囲と死荷重載荷時から最大荷重載荷時までの圧縮変形量から算出する剛性	圧縮ばね定数の算出に用いるため特に管理値を定めていない	—

等に用いる積層ゴム支承は、列車走行時に作用される鉛直荷重（活荷重）から計測される圧縮変形量を基に実測圧縮ばね定数を算定することで、列車走行性を満足する品質を有した支承であることを確認するためである。さらに実測圧縮ばね定数は設計圧縮ばね定数の±20%以内としている（SRSは±30%以内）。これは、整備新幹線等の鋼鉄道橋においては、積層ゴム支承の実測圧縮ばね定数のばらつきを減らし、列車走行性への影響を軽減させる狙いである。ただし、整備新幹線等に用いる積層ゴム支承の実測圧縮ばね定数が管理値を超過した場合は、車両と構造物の動的相互作用を考慮した列車走行シミュレーション（以下、「走行シミュレーション」と呼ぶ）を用いて列車走行性を検証し、その値が満足すれば積層ゴム支承が所定の品質を有していると判断している。なお、SRSの圧縮ばね定数の管理値には、圧縮ばね定数の範囲のほかに圧縮変形量による管理もあるが、これまで整備新幹線等で検証していなかったため、適用した事例はない。

3. 実測圧縮ばね定数の整理

実測圧縮ばね定数の整理は、整備新幹線の連続合成桁（2径間～4径間）に用いた積層ゴム支承259体の実績を対象とした。対象とした積層ゴム支承は一辺が400mm～2,000mm（平均1,230mm）の矩形やφ1,950mmの円形、1層当たりの平均ゴム厚の11mm～46mm（平均26mm）、層数が3層～15層（平均5層）、1次形状係数Sが8～20

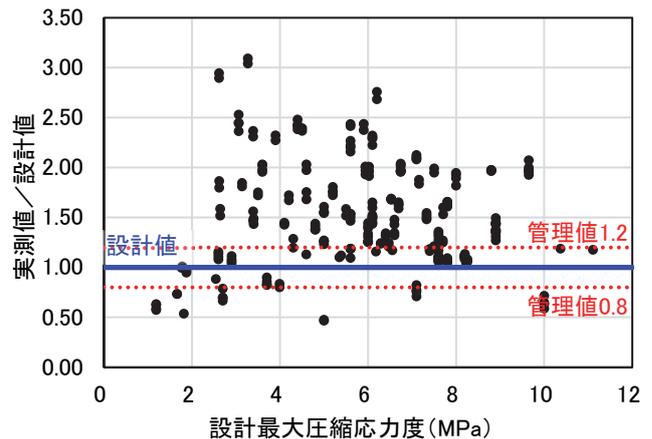


図-4 圧縮ばね定数の実測値/設計値と設計最大圧縮応力度の関係

（平均 12）である。設計最大圧縮応力度と実測圧縮ばね定数の設計圧縮ばね定数に対する割り合い（以下、「実測値/設計値」と表現する）との関係を図-4に示す。実測値/設計値の最小値が0.47、最大値が3.09であり、管理値である設計圧縮ばね定数の±20%に入った積層ゴム支承は、55体（全体の21%）のみという結果であった。傾向として、実測値/設計値が管理値である1.2の上方側に分布する支承が多く、特に設計最大圧縮応力度が小さい側（6MPa程度以下）では実測値/設計値が2.0を上回る積層ゴム支承が多い。これは、設計式(2)が想定した鉛直荷重レベルと実測圧縮ばね定数を測定した鉛直荷重のレベルが異なっていることが要因と考えられる。そのため、設計式(2)が示す圧縮ばね定数は、設計最大圧縮応力度がその許容値（12MPa、ゴム1層当たりの1次形状係数S>8の場合）に近い側にあることを想定して

算出されているためと推測される。よって、設計式(2)から算定されるばね定数は大きく、圧縮応力度が小さいほど実測値/設計値が小さくなる場合がある。なお、設計最大圧縮応力度が小さくなったのは、設計で用いる地震時水平力に対応できる水平ばね定数を確保するため、支承面積および高さを増減させた結果、支承に作用する鉛直荷重に対し必要支承面積が大きくなったためである。

設計最大圧縮応力度と実測圧縮ばね定数を測定する荷重振幅範囲における圧縮変形量の関係を図-5、実測圧縮変形量と設計圧縮変形量との関係を図-6に示す。実測圧縮変形量は、一部に1mmを上回る値があるものの、ほとんどが1mmを下回る値であることが分かる。これは、1mmを上回る支承は、連続桁の橋脚高さが高い中間橋脚に用いられた支承であり、水平力分散設計の分担率の関係から支承高さが高く圧縮ばね定数が小さい(柔らかい)支承を用いたためである。次に、圧縮変形量の実測値と設計値を比較すると、ほとんどの値が設計圧縮変形量側(図-6の赤線より下側)に分布している。これは、設計式(2)と実測圧縮ばね定数に違いがあるものの、実測圧縮変形量は設計圧縮変形量より下回るものであり、列車走行性の観点からみると、積層ゴム支承が変形しない(硬くなる)ため、安全側になると判断できる。

4. 実測圧縮ばね定数を用いた列車走行性の検証

(1) 列車走行性の評価指標

列車走行性を検証する走行シミュレーションは、算出される積層ゴム支承の圧縮変形に伴う構造物(橋梁)の鉛直方向の挙動に着目した。シミュレーションの解析手法およびモデルは、既往の研究⁹⁾を参考に以下のとおり実施した。モデルの概要を図-7に示す。

- ・構造物は梁要素および質点を有する平面骨組要素でモデル化しており、走行シミュレーションを単線走行で模擬したため1軌道を支える剛性(2箱桁であれば1箱相当、1箱桁であれば全体剛性の半分)とした。
 - ・積層ゴム支承はばね要素としてモデル化しており、1支承線上2基配置しているうちの1基分の実測圧縮ばね定数とした。
 - ・軌道は構造物の梁要素上に等分布ばねとして設定し、ばね定数はスラブ軌道の一般的なばね定数(60,000kN/m)とした。
 - ・車両は二次元ばねマスモデルにモデル化し、1車両当たり1車体-2台車-4車輪軸の計10自由度としている。載荷する車両は、対象橋梁が建設される路線を通過する新幹線車両形式とし、乗車率100%を想定した車両質量および編成数とした。列車速度はその影響を確認するため50km/h~300km/hとした。
- 列車走行性の検証は、鉄道構造物等設計標準・同解説

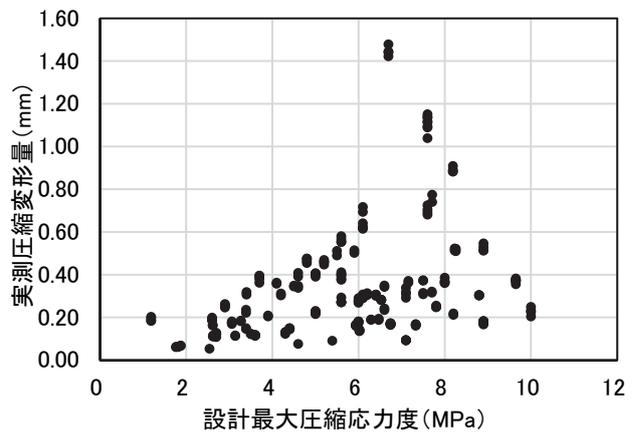


図-5 実測圧縮変形量と設計最大圧縮応力度の関係

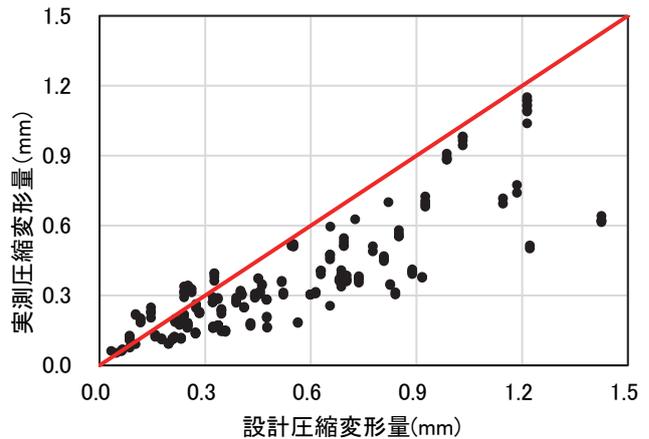


図-6 実測圧縮変形量と設計圧縮変形量の関係

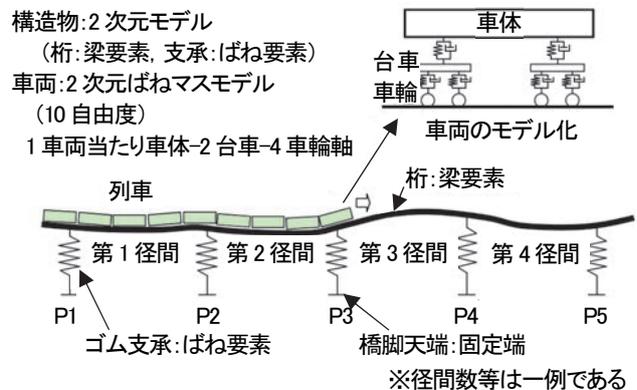


図-7 走行シミュレーションのモデル概要

変位制限標準⁹⁾(以下、「変位制限標準」と呼ぶ)に基づき、走行安全性は輪重減少率、乗り心地は車体(台車直上位置)の鉛直加速度により評価した。なお、評価速度は、整備新幹線の最高速度である260km/hとしている。輪重減少率は、平成4年版の鋼橋標準⁹⁾に定められている0.25を規定値としている。これは、輪重変動と横圧の著大値が共存する場合の走行安全性上通過目標とすべき制限値として定められるA制限(横圧輪重が0.8相当値、輪重減少率0.28)より安全性を考慮して定められている。なお、変位制限標準では、輪重減少率の規定値を0.37としているが、対象橋梁の設計が変位制限標準発刊前に行

われているものが多く、より安全側となる0.25を規定値として用いた。乗り心地は、変位制限標準に定められている鉛直加速度の限界値 2.0m/s^2 を規定値としている。これは、平成4年版の鋼標準に定められていたJanewayの乗り心地指標に定められている乗り心地係数1.5（乗り心地が普通）を満足できる加振加速度の制限値が 0.2g （列車速度 260km/h 、スパン $L_b=50\text{m}$ 以上であれば卓越振動数 f が 1.5Hz 以下）と同様の考え方であるため、変位制限標準に定められている管理値を用いた。

(2) 走行シミュレーションの結果

走行シミュレーション結果の整理は、整備新幹線に用いた22橋を対象とした。圧縮ばね定数の実測値/設計値と輪重減少率の関係を図-8、鉛直加速度の関係を図-9に示す。輪重減少率および鉛直加速度は、通過するすべての車両位置にてその値を算出し、最も大きい値を抽出している。

輪重減少率および鉛直加速度の結果において、圧縮ばね定数の実測値/設計値が0.8を下回る場合および1.2を上回る場合においてもそれぞれの規定値以下であることが確認できた。

5. 圧縮ばね定数が列車走行性に与える影響と管理手法の提案

(1) 圧縮ばね定数の変化による走行シミュレーションの結果

走行シミュレーションを実施した橋梁のうち、10橋において、圧縮ばね定数の値を変化させ、圧縮ばね定数が列車走行性（輪重減少率、鉛直加速度）に与える影響を検証した。検証に用いた橋梁の諸元を表-2に示す。なお、1次モードの固有振動数は、走行シミュレーション

表-2 圧縮ばね定数を変化させた列車走行性の検証に用いた橋梁の諸元

	構造形式(箱数)	支間長(m)	1次モードの固有振動数(Hz)
A	4径間連続合成桁(1)	48.3+110+48.3	1.941
B	3径間連続合成桁(2)	59.2+60+59.2	1.310
C	2径間連続合成桁(2) :馬桁付	2x44.3	2.932
D	2径間連続合成桁(2) :馬桁付	2x42.2	2.279
E	4径間連続合成桁(2)	50+3x60	1.300
F	4径間連続合成桁(1)	63.9+2x60+63.9	1.500
G	3径間連続合成桁(1)	61+67+88.3	1.832
H	3径間連続合成桁(1)	98.3+100+98.3	1.382
I	3径間連続合成桁(1)	103.3+64+60	1.469
J	4径間連続合成桁(1)	98.5+2x103+98.5	0.912

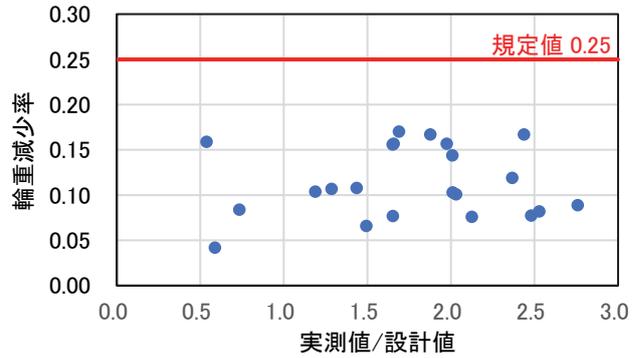


図-8 走行シミュレーションによる輪重減少率

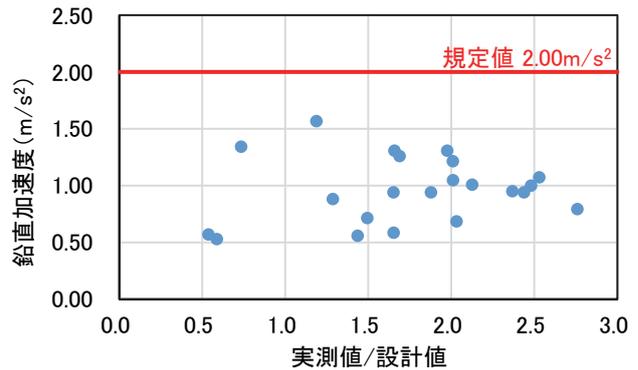


図-9 走行シミュレーションによる鉛直加速度

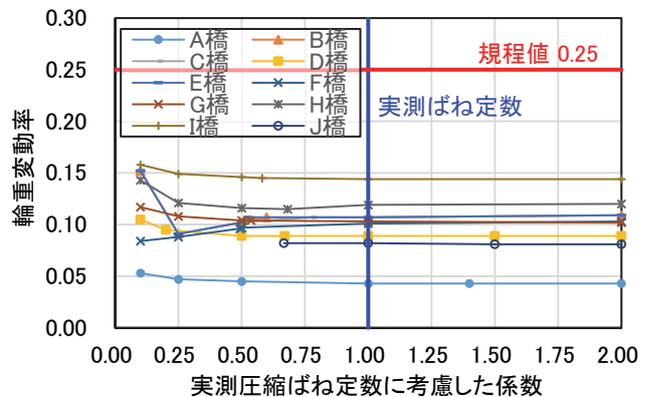


図-10 実測圧縮ばね定数の違いによる輪重変動率

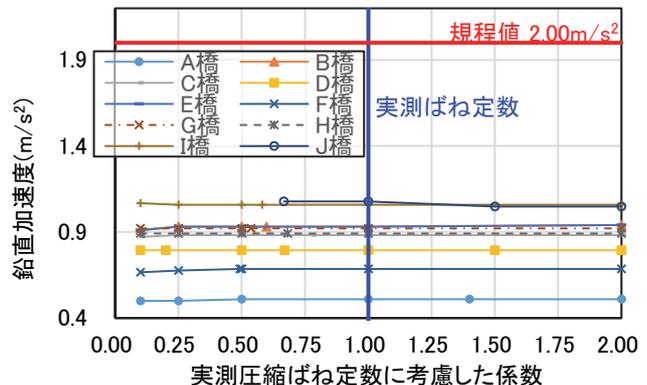


図-11 実測ばね定数の違いによる鉛直加速度

のモデルで算定したものであり、設計値とは異なる。シミュレーションに用いた圧縮ばね定数は、実測圧縮ばね定数に係数として 0.1~2.0 を乗じた値とした。実測圧縮ばね定数を考慮した係数と輪重減少率の関係を図-10、鉛直加速度との関係を図-11 に示す。

輪重減少率は、実測圧縮ばね定数を高い側（青線より右側）に変化させた場合において、すべての橋梁においてほとんど変化がないことが確認できた。また、低い側（青線より左側）においては、橋梁により若干の差はあるものの、係数が 0.5 を下回ると値に変化が見られ、0.25 を下回ると変化量が大きくなる傾向がみられるが、すべての橋梁および係数において規定値を満足する結果が得られた。鉛直加速度は、すべての橋梁において実測圧縮ばね定数に考慮した係数によらず、値の変化がほとんどないことが分かった。係数が 0.5 を下回ると値にわずかな変化がみられるが、すべての橋梁およびパラメータにおいて規定値を満足する結果が得られた。なお、本事例においては、実測圧縮ばね定数の 0.5 倍程度以上の圧縮ばね定数であれば、列車走行性の評価である輪重減少率と鉛直加速度を満足し、その値にほとんど変化が生じないことが確認された。

実測圧縮ばね定数に係数として 0.1, 0.25, 0.5 を乗じた値（「係数考慮の実測値」と表現する）／設計値と設計最大圧縮応力度の分布図を図-12 に示す。係数 0.5 を考慮の実測値／設計値の最小値は管理値の下限である 0.8 を大きく下回る 0.27 であった。なお係数 0.25 の最小値は 0.12, 係数 0.1 の最小値は 0.05 であった。これらの結果を踏まえ、実測値／設計値が 0.27 以上であれば、列車走行性である輪重減少率や鉛直加速度に影響が無いと想定される。なお、これまで製作してきた積層ゴム支承は、図-4 に示すとおり実測値／設計値の最小値が 0.47 であるため製作した全ての橋梁において列車走行性を満足できていると判断できる。

(2) 圧縮ばね定数と圧縮変形量の関係

実測圧縮ばね定数に係数を乗じた走行シミュレーションのうち、桁端部支承の圧縮変形量に着目して整理する。実測圧縮ばね定数に考慮した係数と端支点部支承の圧縮変形量の関係を図-13 に示す。なお、支承の圧縮変形量は始端側と終端側のいずれか大きい値を抽出した。

圧縮ばね定数が硬くなる側（係数 1.0 以上）においては、圧縮変形量が減少している。その値は 1mm 以下であり、設計圧縮ばね定数よりも実測圧縮ばね定数が硬くなる場合の影響は些少であると判断できる。圧縮ばね定数が小さくなる側（係数 1.0 以下）においては、圧縮変形量においても係数 0.5 を下回ったあたりから変位が大きくなり、係数 0.25 を下回ると 1mm を上回るものもある。これは、圧縮ばね定数と圧縮変形量は相関関係にあ

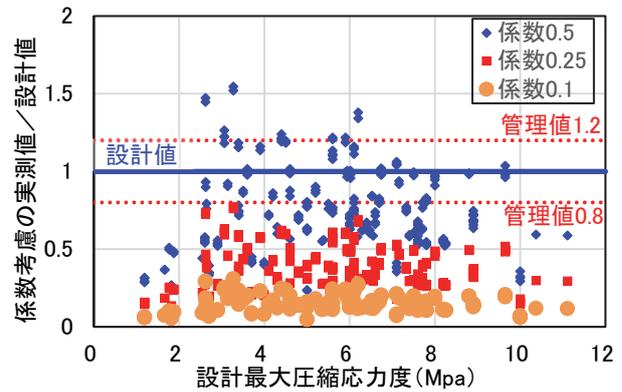


図-12 係数考慮の実測値／設計値と設計最大圧縮応力度の関係

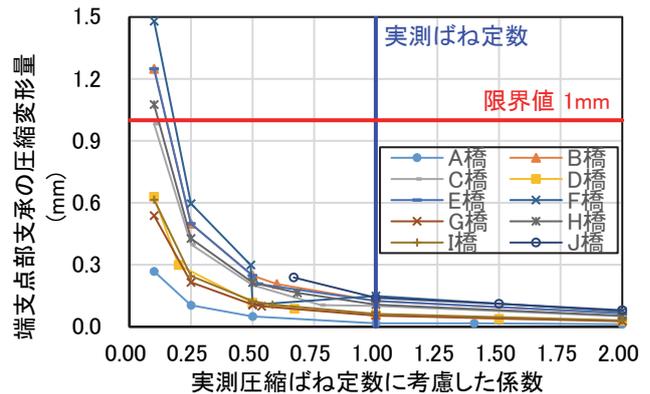


図-13 実測ばね定数の違いによる端支点部支承の圧縮変形量

るため、圧縮ばね定数が小さくなれば支承の変形量が増加することを示している。

図-13には限界値として 1mm の線を示している。これは、SRS の圧縮変形量の管理値 1mm と変位制限標準に示される「桁端部に鉛直変位と角折れが同時に生じる場合の軌道面の不同変位の限界値」の限界値を考慮して示している。これは、端支点部の鉛直変位が 1mm を上回る場合には、鉛直変位と角折れによる軌道変形により生じるレール応力等への影響が大きくなるため、制限を定めたためである。図-10,11 と図-13 の関係より本事例においては積層ゴム支承の圧縮ばね定数から求める圧縮変形量が 1mm を上回っても列車走行性に影響が生じないことを確認した。それらの結果を考慮し、実測圧縮変形量を 1mm 以下に抑えれば、列車走行性に影響が生じないと想定でき、変位制限標準や SRS の規定も満足できると判断した。

(3) 整備新幹線等に用いる積層ゴム支承の品質管理に関する提案

現状、積層ゴム支承の品質管理項目のうち鉛直方向の検収内容は、ゴム支承の品質を確認する圧縮ばね定数および列車走行性への影響を確認する圧縮変形量である。本報告において、整備新幹線等へ採用される積層ゴム支承は、計算式(2)の想定している鉛直荷重レベルと異なる荷重レベルで圧縮ばね定数が計測されており、設計値

の±20%以内に収まっているものは少なかったこと、しかしその変位量は 1mm 以内であり列車走行性への影響が無かったこと、実測圧縮ばね定数の値を 0.1 倍～2.0 倍しても列車走行性に影響は出ないことが確認できた。

整備新幹線等に用いる積層ゴム支承は、列車走行性を満足させる品質の確保が重要であるため、死荷重から最大荷重までの荷重振幅範囲（活荷重相当の鉛直力）により測定される実測圧縮変形量が 1mm 以内であることを確認することで、列車走行性が満足できる品質を有していると判断できる。よって、今後の整備新幹線等へ適用する積層ゴム支承の品質管理は、この考え方をを用いて実施することを考えている。

6. まとめ

本報告においては、最近の整備新幹線で用いた積層ゴム支承の実績を調査し、圧縮ばね定数の整理した。また、走行シミュレーションにより検証した列車走行性の結果および圧縮ばね定数が列車走行性に与える影響を整理した。これらの結果を踏まえ、今後の品質管理の考え方に關してまとめた。結果を以下にまとめる。

- ・積層ゴム支承の実測圧縮ばね定数は、管理値である設計圧縮ばね定数の±20%以内にはほとんど入らず、走行シミュレーションにて列車走行性を検証していることを確認した。
- ・走行シミュレーションにて検証した橋梁においては、全て列車走行性を満足していることを確認した。
- ・圧縮ばね定数を変化させ、走行シミュレーションで列車走行性を検証した結果、実測圧縮ばね定数の 0.1 倍の値であっても列車走行性を満足できることを確認した。

・実測圧縮ばね定数の 0.5 倍程度以上の値であれば列車走行性を評価する輪重減少率および鉛直加速度の値に変化が生じないことを確認した。すべての支承の実測値／設計値は、0.5 倍の実測値／設計値を上回ることが確認できたため、製作した全ての橋梁において列車走行性を満足できていると判断できる。

・積層ゴム支承は、実測圧縮変形量が 1mm 以下であれば軌道面の不同変位への影響を解消し、列車走行性を満足させることが可能であると想定できる。

・整備新幹線等へ適用する積層ゴム支承の製作時の品質管理は、設計圧縮ばね定数に対する管理値の定めではなく、死荷重から最大荷重までの荷重振幅範囲（活荷重相当の鉛直荷重）により測定される実測圧縮変形量が 1mm 以内であることを確認する変位規定とすることで、列車走行性を満足させる積層ゴム支承の品質を有していると考えられる。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物，2009
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼・合成構造物）鋼鉄道橋規格（SRS），2010
- 3) 藤原良憲，池田学，増田耕一，小南雄一郎，和氣知貴：鉄道用鉛プラグ入り積層ゴム支承の圧縮ばね定数算定における精度向上に関する研究，構造工学論文集 Vol.62A，2016
- 4) 池田学，藤原良憲，谷口望，齊藤雅充：高速列車による合成桁のゴム支承の鉛直変位挙動と列車走行性への影響，構造工学論文集 Vol.62A，2016
- 5) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 変位制限，2004
- 6) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物，1992

(Received April 2, 2021)

(Accepted June 4, 2021)

A CONSIDERATION FOR SPRING CONSTANT AND QUALITY MANAGEMENT OF LAMINATED RUBBER BEARINGS FOR RAILWAY STRUCTURES

YOKOYAMA Hideki, TSUTSUI Kohei, KOMINAMI Yuichiro
and MASUDA Koichi

Laminated rubber bearings for railway structures are required to have performances, such as load transmission and train running performances. As one of indices of the train running performances, we measure the compression spring constants of the bearings. When the measured value exceeds the permissible range at the inspection stage, the running safety and the riding comfort of the bridge should be verified by using train running simulation before applying those bearings. A number of laminated rubber bearings have inspected their spring constants and verified the train running performances of the corresponding bridges.

In this paper, authors collected and discussed the inspection data and the running simulation results of the bearings applied to the bridges in the projected Shinkansen lines until now. As a result, authors clarified that the quality and the train running performances are not affected by the spring constant of the bearings if the compressive deformation is less than 1mm. Authors are thinking about applying the knowledge that we got in this study for the quality control of laminated rubber bearings in the Shinkansen bridges in the future.