

I - A60

積層ゴム支承の座屈に関する実験

(株)ブリヂストン 正会員 堀井 隆

(株)ブリヂストン 正会員 須藤千秋

1. はじめに

従来、道路橋に用いる積層ゴム支承の設計において、座屈の発生を防ぐために、一般に二次形状係数 S_2 を 5 以上とする設計が行われてきた（道路橋支承便覧（平成 3 年 7 月））。しかし近年橋梁の多径間連続化の進展や type B 可動支承の設計等の要請から、支承高さが高くなる傾向が強まっている。弊社では暫定的に S_2 の下限値を 3 としているが、これらの安全性を実験的に確認する必要を感じ実行した。そこで一次形状係数 S_1 を一定とし、 S_2 と面圧条件をパラメーターとし、座屈との関係を実験した。

座屈の照査には σ （最大反力、死荷重による面圧）と座屈照査式 σ_{cRa} を比較する方法がある。本方法は、免震設計法マニュアル（案）（平成 4 年 1 2 月）採用されているが、本実験ではこの σ_{cRa} の妥当性についての検討も行った。

2. 実験概要

2.1 供試体

表－1 に示す 6 種類の供試体を各 2 体用いた。

表－1 供試体条件

	外形寸法 (mm)	有効寸法 (mm)	一層ゴム厚 (mm)	層数	一次形状係数 S_1	二次形状係数 S_2	せん断弾性係数 G	σ_{cRa} (kgf/cm ²)
①	250×250	240×240	8	10	7.5	3.00	8	72.0
②	250×250	240×240	8	7	7.5	4.29	8	102.9
③	250×250	240×240	8	6	7.5	5.00	8	120.0
④	250×250	240×240	8	10	7.5	3.00	10	90.0
⑤	250×250	240×240	8	7	7.5	4.29	10	128.6
⑥	250×250	240×240	8	6	7.5	5.00	10	150.0

一次形状係数 S_1 、二次形状係数 S_2 は次式により得られる。

$$S_1 = \frac{a \cdot b}{2(a+b) \cdot t_e} \quad \dots \textcircled{1}$$

$$S_2 = \frac{a}{\sum t_e} \quad \dots \textcircled{2}$$

ここに、 a, b : 有効寸法、 t_e : ゴム 1 層厚、 $\sum t_e$: 総ゴム厚。

座屈照査式 σ_{cRa} は次式により得られる。

$$\sigma_{cRa} = G \cdot S_1 \cdot a / \sum t_e / f_s \quad \dots \textcircled{3}$$

ここに、 G : せん断弾性係数。

2.2 実験方法

- (1) ひずみ γ 、面圧 σ をそれぞれ変化させ、面圧の増加による水平剛性の変化および二次形状係数 S_2 と座屈の関係測定する。
- (2) 座屈の判定方法としては、 $P - \delta$ 曲線上で負勾配が生じたときをもって判断する。
- (3) 座屈が生じた場合の面圧 σ と座屈照査式 σ_{cRa} を比較し、安全率 f_s がいくつで座屈したかを測定し、 σ_{cRa} の妥当性を検討する。

キーワード：積層ゴム支承、座屈、二次形状係数、面圧

連絡先：神奈川県横浜市戸塚区柏尾町 1 番地 TEL 045-825-7589 FAX 045-825-7676

3. 実験結果

図-1にせん断弾性係数 $G=10$ 、二次形状係数 $S_2=3.00$ の積層ゴムの $\sigma=30\text{kgf/cm}^2$ 時、図-2に $\sigma=120\text{kgf/cm}^2$ 時のせん断ひずみ $\gamma=0.7, 1.5, 2.5$ における水平変位と水平荷重の関係、 $P-\delta$ 曲線を示す。面圧 σ は次式により得られる。

$$\sigma = R/(a(b-u)) \quad \cdots(4)$$

ここに、 R ：最大反力、 a, b ：有効寸法、 u ：水平変位である。

図-3にせん断弾性係数 $G=10$ 、せん断ひずみ $\gamma=1.5$ の場合において、 $\sigma=30\text{kgf/cm}^2$ 時の水平剛性を1とした場合の、面圧 σ の変化にともなう水平剛性の変化率を示す。この結果、二次形状係数 S_2 が小さいほど水平剛性の低下率が大きく、面圧依存性が大きいと言える。

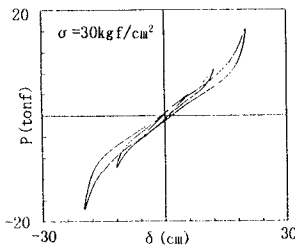


図-1. 非座屈時の $P-\delta$ 曲線

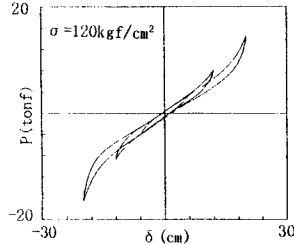


図-2. 非座屈時の $P-\delta$ 曲線

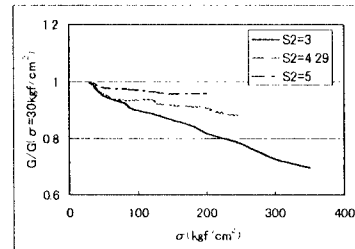


図-3. 水平剛性の変化率

図-4に座屈が生じたときの $P-\delta$ 曲線を示す。

図-5にせん断弾性係数 $G=8$ において、座屈が生じた場合の座屈照査式 σ_{cRa} の安全率 f_s とせん断ひずみ γ の関係を示す。この結果、 $f_s=1.0$ でも座屈は生じておらず、現在の座屈照査で用いられている $f_s=2.5$ は充分に安全側であると言える。

図-6に二次形状率 $S_2=3.00$ の場合におけるせん断弾性係数 G と、面圧 σ の変化にともなう水平剛性の変化率の関係を示す。この結果、せん断弾性係数 G が小さい方ほど低下率が大きいことが分かる。

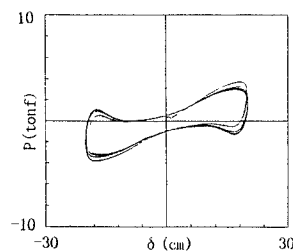


図-4. 座屈時の $P-\delta$ 曲線

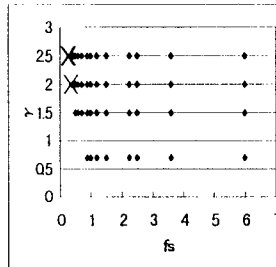


図-5. 座屈と安全率の関係

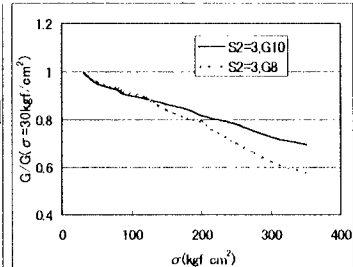


図-6. 水平剛性の変化率

4. まとめ

- (1) 座屈照査式 σ_{cRa} は、 $\sigma_{cRa} > \sigma$ であれば座屈が生じないとされているが、座屈が生じたケースにおいて、安全率 $f_s=1.0$ でも座屈は生じず、座屈照査式 σ_{cRa} が充分安全側な照査式であることを示す事が出来た。従って、現在の2.5という安全率は今後低減させる事が出来る可能性はあると考えられる。
- (2) 本実験は1次形状率 S_1 が7.5と条件的に比較的良好な供試体を用いて行ったため、座屈照査式 σ_{cRa} が、安全率1.0である面圧条件であっても座屈が生じなかったとも考察できる。よって今後1次形状率を下げた供試体を用いて実験を行うことにより、さらに座屈照査式 σ_{cRa} の妥当性を考察する必要がある。
- (3) 面圧 σ の増加にともない水平剛性 G は二次形状係数 S_2 にかかわらず低下するが、 S_2 が小さいほど低下率は大きく、現在の設計ではこのような水平剛性の面圧依存性は考慮に入れていないため、極力 S_2 は大きくした方が良いと言える。