

橋梁用ゴム支承（リング沓）の性能試験に関して

梅 田 辰 一*

1. ま え が き

福岡都市高速道路1号線は、東西に広がる博多湾岸を走る高架式自動車専用道路である。リング沓はこのほぼ中間部に広大な埋立地のある箱崎地区に建設中の高架橋（延長 700 m）のゴム支承として採用し、目下施工中である。本報告は、ゴム支承（リング沓）がその理論と実用沓としての機能に関して、いかに対比されるかについて二、三の試験項目を設定し、その機能効果の検討を行ったので、ここにその内容について紹介するものである。

2. 高架構造の概要

道路規格は第2種第2級で設計速度 60 km/h、縦断勾配は 0.3%、幅員構成は 6車線（上下 3車線 $W=12.750$ m）の2層式高架橋となっている。また上部工形式はポストテンションPC単純桁、支間 $l=27.200$ m、6主桁（桁1本あたり重量 60 t~70 t）、支点反力 $R_{max}=71.7$ t である。

3. ゴム支承（リング沓）

橋梁用支承材としてのゴム沓の素材は、現在ポリクロロプレンゴムが広く使用されているが、天然ゴム橋梁ベアリングはゴムの工学的性質を具備し、従来のゴム支承材の利用域であった比較的low反力のものから 100 t 以上の高反力のゴム沓への開発が行われ今日の進歩となっている。リング沓はおそらくその代表的なもので、形状においては在来の矩形を円形とし、隅部の応力集中を避けた形状でせん断層の等方性を有効に活用している。

また、せん断層の膨出抑制を従来の接着界面の接着力のみによらず、リングメッシュと称するフープ鉄筋を躯体に内蔵させ、そのフープテンションとゴム自身の物理的強度（天然ゴム）によってとらせる新しいタイプのゴム支承である。リング沓の特性といわれているいくつかを記して見ると、

1) 上部構のあらゆる方向の変形を弾性的に吸収す

る。

2) リング沓はゴムの等方性を有効に活用したため、形状を円形とした。

3) 円形状の支承面は矩形状に比較し応力の集中がない。

4) 円形は据え付けに対し方向性を考慮する必要がない。したがって、施工がきわめて容易となる。

5) 円形によるせん断変形の等方性は特に斜橋、曲線橋に適應する。

6) 特殊設計を行ったものは 100~200 m の連続スパンにも適用できる。かつ鋼製支承に比べすこぶる経済的である。

4. リング沓の構造

リング沓の形状は 図-1 に示すように円形（標準品）のタイプで内部構造は図解のごとく、ゴムの上下に鉄板を焼付け、ゴムの中間には鉛直荷重によるゴム自由側面への膨出抑制のため、リングメッシュを配列している。

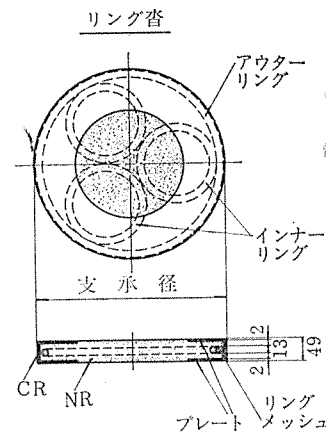


図-1

リングメッシュは3個の内蔵リング（インナーリング）とそれを集束する外リング（アウターリング）より構成され、個々のリングは相互に接する部分を溶接により接合したものであり、メッシュの線径以外の空隙にはゴムが充満され上下ゴム層と一体となっている。

* 福岡北九州高速道路公社 設計課長

5. リング沓の設計計算

(1) 設計諸元

桁 種: ポストテンションPC単純桁
 桁 長: $L=27\,960\text{ mm}$
 支 間: $l=27\,200\text{ mm}$
 支点反力: $R_{\min}=44.8\text{ t}$
 " : $R_{\max}=71.7\text{ t}$
 桁の回転角: $\tan\theta=1/300$

(2) 設計計算

a) 伸縮量

$\delta = \alpha(T_{\max} - T_{\min})l + \beta(s + c)l + 0.04l$
 α : 桁の線膨張係数 $0.01\text{ mm/m/}^\circ\text{C}$
 T_{\max} : 桁に生じる最高温度 $+35^\circ\text{C}$
 T_{\min} : 桁に生じる最低温度 -5°C
 l : 支間 27.2 m
 β : 乾燥収縮およびクリープてい減率 0.7
 s : 単位あたり乾燥収縮量 0.2 mm/m
 c : 単位あたりクリープ量 0.31 mm/m

ただし $c = \frac{\sigma}{E_c} \varphi = \frac{50}{3.25 \times 10^5} \times 2.0 = 0.31$

σ : プレストレスによる軸応力 50 kg/cm^2
 E_c : プレストレス導入時の弾性係数 $3.25 \times 10^5\text{ kg/cm}^2$

φ : クリープ係数 2.0
 $\delta = 0.01\{+35 - (-5)\}l + 0.7(0.2 + 0.31)l + 0.04l$
 $= 0.797l$
 $\therefore = 0.797 \times 27.2$
 $= 21.7\text{ mm}$

b) ゴムの総厚 $\sum t_e$

$\sum t_e \leq 2 \cdot 4l \dots\dots\dots$ 条件
 $= 2 \times 21.7 \approx 44\text{ mm}$

実際には $\sum t_e = 45\text{ mm}$ を使用するので
 $\therefore 45\text{ mm} > 2 \cdot 4l$

c) 必要支圧面積 A

$\frac{R_{\max}}{50} \leq A \leq \frac{R_{\min}}{15} \dots\dots\dots$ 条件
 $\frac{71\,700}{50} \leq A \leq \frac{44\,800}{15}$
 $1\,434\text{ cm}^2 \leq A \leq 2\,986\text{ cm}^2$

実際には $D=430\phi \sim A=1\,451\text{ cm}^2$ を使用するので
 $\therefore 1\,434\text{ cm}^2 \leq 1\,451\text{ cm}^2 \leq 2\,986\text{ cm}^2$

d) ゴム単層厚 t_e と形状係数 S

ゴム総厚 $\sum t_e = 45\text{ mm}$ の場合中間に膨出抑制材(リングメッシュ 13ϕ)を一層入れるので

$$t_e = \frac{\sum t_e - 13}{2} = 16\text{ mm}$$

$$S = \frac{D}{4t_e} \geq 3.5 \dots\dots\dots$$
条件
 $= \frac{430}{4 \times 16} = 6.7 > 3.5$

e) 座屈の検討

$5 \sum t_e \leq D \dots\dots\dots$ 条件
 $5 \times 45 = 225\text{ mm} < 430\text{ mm}$

f) 回転に対する検討

回転による沓端の変形量 δ_1

$$\delta_1 = \tan\theta \frac{D}{2}$$

$$\delta_1 < \delta_2 \dots\dots\dots$$
条件

ここに δ_2 は支点反力による平均圧縮変形量

$$\delta_1 = \frac{1}{300} \times \frac{430}{2} \approx 0.72\text{ mm}$$

$$\delta_2 = \frac{R_{\max} \cdot n \cdot t_e}{(3 + 4.935 \cdot S^2) G_0 \cdot A} \dots\dots\dots$$
円形品の圧縮変形理論式

ただし $S \leq 0.5$ のとき。

注: 上式は防振ゴムにおける円形品の圧縮ばね定数式 $K_c = G_0(3 + 4.935 \cdot S^2) \frac{A}{n \cdot t_e}$ (服部・武井の理論式) より転用されたものであるが, この式は形状係数 S が 0.5 以上になるとその値は, 非常に大きく変動するとされている。したがって, 支承における形状係数の条件 $S \geq 3.5 \sim 4.0$ (実際沓は $S = 5 \sim 8$ 程度) の場合は試験による変形値の確認または数多くの実験より理論式を補正する必要がある。リング沓の場合その補正値を r で示すと表-1 のとおりであり, これより前式を次のように修正する。

表-1

S	r
4.0	1.8
5.0	2.5
6.0	3.0
7.0	3.8
8.0	4.5

$$\delta_2' = \frac{R_{\max} \cdot n \cdot t_e}{(3 + 4.935 \cdot S^2) G_0 \cdot A} r$$

$$= \frac{71\,700 \times 2 \times 16}{(3 + 4.935 \times 6.7^2) 13.5 \times 1\,451} \times 3.8$$

$$\approx 1.98\text{ mm} > 0.72\text{ mm}$$

g) 沓の圧縮ばね定数 K_c

$$K_c = \frac{R_{\max}}{\delta_2'}$$

$$= \frac{71\,700}{0.198} = 363\text{ t/cm}$$

h) 圧縮変形率の検討 ϵ

$$\epsilon = \frac{\delta}{n \cdot t_e} 100 \leq 15\% \dots\dots\dots$$
条件

1) 支点反力による平均圧縮変形率 ϵ_{mean}

$$\epsilon_{\text{mean}} = \frac{\delta_2'}{n \cdot t_e} 100 = \frac{1.98}{2 \times 16} \times 100 \approx 6.18\%$$

2) 回転変形を加算した最大圧縮変形率 ϵ_{max}

$$\epsilon_{\max} = \frac{(\delta_2' + \delta_1)}{n \cdot t_e} \cdot 100 = \frac{(1.98 + 0.72)}{2 \times 16} \times 100$$

$$\approx 8.44\%$$

3) 回転変位を減じた最小圧縮変形率 ϵ_{\min}

$$\epsilon_{\min} = \frac{(\delta_2' - \delta_1)}{n \cdot t_e} \cdot 100 = \frac{(1.98 - 0.72)}{2 \times 16} \times 100$$

$$\approx 3.94\%$$

∴ 6.18%, 8.44%, 3.94% < 15%

i) 支圧応力度

$$\sigma = \frac{K_c}{A} \delta$$

1) 支点反力による平均圧縮応力度 σ_{mean}

$$\sigma_{\text{mean}} \leq 50 \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \text{条件}$$

$$\sigma_{\text{mean}} = \frac{K_c}{A} \delta_2' = \frac{363000}{1451} \times 0.198 \approx 49.53 \text{ kg/cm}^2$$

2) 回転変形を加算した縁端最大応力度 σ_{\max}

$$\sigma_{\max} = \frac{K_c}{A} (\delta_2' + \delta_1) = \frac{363000}{1451} \times (0.198 + 0.072)$$

$$\approx 67.55 \text{ kg/cm}^2$$

3) 回転変形を減じた縁端最小応力度 σ_{\min}

$$\sigma_{\min} = \frac{K_c}{A} (\delta_2' - \delta_1) = \frac{363000}{1451} \times (0.198 - 0.072)$$

$$\approx 31.52 \text{ kg/cm}^2$$

6. リング沓の性能試験

リング沓の支承機構は、① 上部構反力の支持を平面支圧機構とし、② 構造物の変形（温度変化、乾燥収縮、クリープ）をゴムのせん断変形で吸収する。また③ 活荷重による桁の回転変位はゴムの圧縮弾性によって許容するものである。したがって、本試験においてはこれらゴム支承特有の機能と安全度を確認するため①について圧縮変形試験、②について圧縮せん断変形試験、③について回転変位試験を実施した。試験の結果は次のとおりである。

供試体諸元

- 支 承 直 径： $D=430 \text{ mm}$
- 受 圧 面 積： $A=1451 \text{ cm}^2$
- 支 承 全 厚： $H=48 \text{ mm}$
- ゴ ム 総 厚： $\sum t_e=45 \text{ mm}$
- ゴ ム 単 層 厚： $t_e=16 \text{ mm}$
- ゴ ム 層 数： $n=2 \text{ 層}$
- 自由ゴム総厚： $n \cdot t_e=32 \text{ mm}$
- 形 状 係 数： $S=6.7$
- 静 的 せん 断 弾 性 係 数： $G_0=13.5 \pm 1.3 \text{ kg/cm}^2$
- 最大許容反力： $R_{\max}=72.5 \text{ t}$
- 最大許容応力： $\sigma_{\max}=50 \text{ kg/cm}^2$
- 最大許容伸縮量： $\Delta l_{\max}=22.5 \text{ mm}$

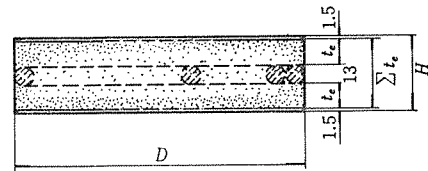


図-2 供試体形状

(1) 圧縮変形試験

a) 概 説 ゴム支承に圧縮力が作用すると、ゴムはその応力度に従い圧縮変形を生ずる。この変形率は“道路橋支承便覧”によれば支圧応力度 $\sigma=50 \text{ kg/cm}^2$ のときゴム自由厚の15%以下であればよいとされている。また垂直荷重 P_V と変形量 δ が判明すれば、支承の圧縮ばね定数 $K_c=P_V/\delta$ (t/cm) を算出することができる。

b) 試験方法 供試体を図-3の要領で試験装置にセットし、まずなじみ荷重として常用応力度 $\sigma=50 \text{ kg/cm}^2 \sim P_V=72.5 \text{ t}$ の垂直荷重を荷重し、次に荷重 P_V を $1 \text{ t} \sim \sigma=0.7 \text{ kg/cm}^2$ までもどし、そのときのひずみ計

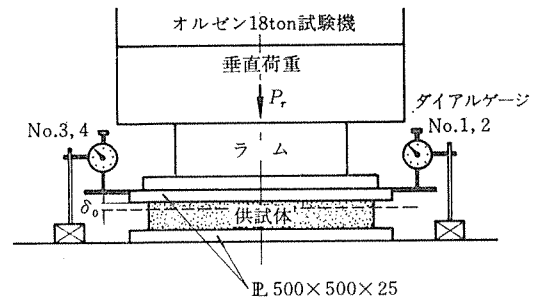


図-3 圧縮変形試験装置およびひずみ計位置図

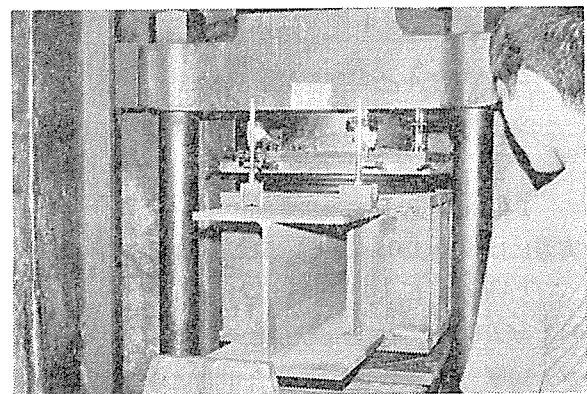


写真-1 圧縮変形試験

表-2 圧縮変形測定値

(単位 1/100 mm)

区分 ひずみ計 No. 応力 (kg/cm ²) 荷重 (t)	第 1 回					第 2 回					全平均	変形率 (%)	
	1	2	3	4	平均	1	2	3	4	平均			
1	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	15	81	66	87	86	80	79	63	83	80	76	78	2.43
43.5	30	121	115	146	153	134	121	112	142	148	130	132	4.12
72.5	50	172	162	214	221	192	174	161	212	218	191	191	5.97
100	69	214	205	263	271	238	218	205	261	269	238	238	7.44
145	100	267	257	328	335	297	276	258	327	331	298	297	9.28
180	124	297	286	365	365	328	307	286	362	359	328	328	10.25
1	0.7	-3.5	2.5	6	8.5	3.3	0.7	0.5	0.0	0.0	0.3	1.8	0.06

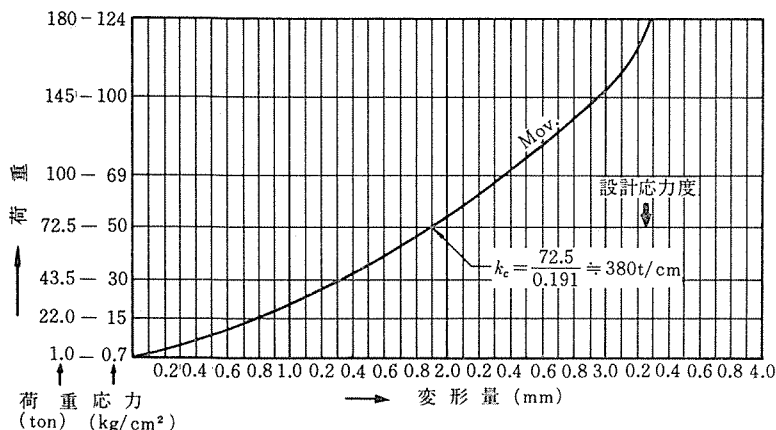


図-4 変形曲線

(ダイヤルゲージ) の目盛を 0 とする。

以後荷重 P_v を 22→43.5→72.5→100→145→180(t) まで連続的に載荷し各点の変形量を測定し、測定値は 4 個のひずみ計の平均値とした。

写真-1 は $P_v=280$ t 時の試験状況である。

c) 試験結果 圧縮変形試験の結果は表-2, 図-4 のとおりである。

(2) 圧縮せん断変形試験

a) 概 説 ゴム支承は桁の伸縮をゴムのせん断

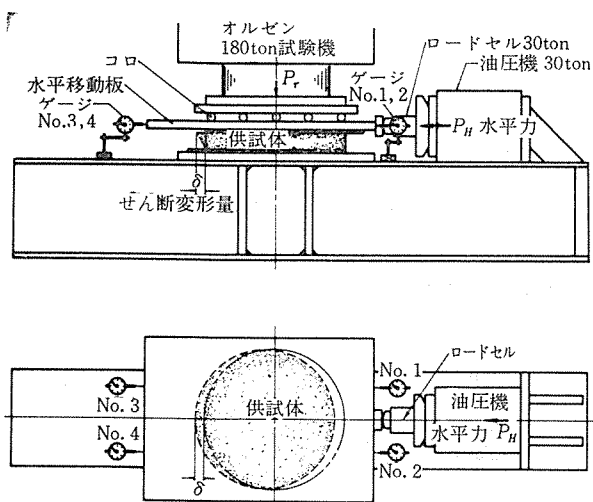


図-5 せん断試験装置およびひずみ計位置図

変形で吸収する。許容せん断変形量は“道路橋支承便覧”によればゴム総厚の 50% とされている。また、せん断変形量 δ とせん断力 P_H が判明すればゴムの静的せん断弾性係数 $G_0 = P_H \cdot \sum t_e / A \cdot \delta$ (kg/cm²) を算出することができる。

b) 試験方法 供試体を図-5 の要領で試験装置にセットし、供試体と試験機および装置のなじみのため垂直荷重 $P_v=7$ t $\sim \sigma \approx 5$ kg/cm² を載荷し、次に油圧機により水平力 $P_H=10$ t を負荷し、ただちに 0 t にもどす。次に垂直荷重 P_v を条件に従い

表-3 荷重条件 $P_v=21.7$ t $\sim \sigma=15$ kg/cm²

水平力 P_H (kg)	6 000	8 000	10 000	14 000	20 000
ゲージ No. 1	1 408	1 834	2 370	3 467	4 836
ゲージ No. 2	1 381	1 802	2 330	3 412	4 761
ゲージ No. 3	1 472	1 831	2 367	3 362	4 728
ゲージ No. 4	1 376	1 794	2 220	3 399	4 746
平均値	1 408	1 815	2 322	3 410	4 768
せん断変形率 ϵ (%)	31.3	40.3	51.6	75.8	105.9
せん断弾性係数 G_0 (kg/cm ²)	13.2	13.6	13.4	12.7	13.0
*せん断変形率 ϵ (%)	31.8	41.0	52.5	77.1	107.8
*せん断弾性係数 G_0 (kg/cm ²)	13.0	13.5	13.2	12.6	12.8

表-4 荷重条件 $P_v=72.6$ t $\sim \sigma=50$ kg/cm²

水平力 P_H (kg)	6 000	8 000	10 000	14 000	20 000	23 000
ゲージ No. 1	1 153	1 712	2 264	3 409	4 599	5 283
ゲージ No. 2	1 191	1 754	2 314	3 472	4 674	5 360
ゲージ No. 3	1 154	1 714	2 266	3 412	4 603	5 285
ゲージ No. 4	1 192	1 756	2 318	3 478	4 682	5 372
平均値	1 172	1 734	2 290	3 443	4 639	5 325
せん断変形率 ϵ (%)	26.0	38.5	50.9	76.5	103.1	118.3
せん断弾性係数 G_0 (kg/cm ²)	15.8	14.3	13.5	12.6	13.4	13.4
*せん断変形率 ϵ (%)	27.2	40.2	53.1	79.9	107.7	123.6
*せん断弾性係数 G_0 (kg/cm ²)	15.2	13.7	13.0	12.1	12.8	12.8

* 印は垂直荷重による圧縮変形量をゴム総厚から差し引いた場合の数値である。

載荷した状態で水平力 P_H を順次負荷するものとし、荷重条件は次のとおりとする。

荷重条件

- A) 垂直荷重 ①... $P_V=21.7\text{ t} \sim \sigma=15\text{ kg/cm}^2$
 ②... $P_V=72.5\text{ t} \sim \sigma=50\text{ kg/cm}^2$
- B) $P_H=6 \rightarrow 8 \rightarrow 10 \rightarrow 14 \rightarrow 20\text{ t}$

(せん断変形率が 30~100% 相当荷重)

測定値は 4 個のひずみ計の平均とした。

c) 試験結果 圧縮せん断変形試験の結果は表一

3.4, 図-6, 7 のとおりである。

試験結果より静的せん断弾性係数 G_0 を算出すると次

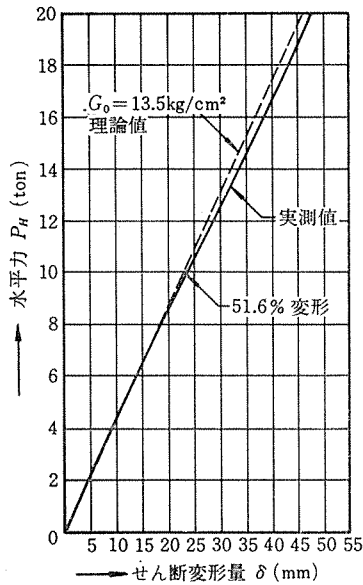


図-6 $\sigma=15\text{ kg/cm}^2$ 下のせん断変形曲線

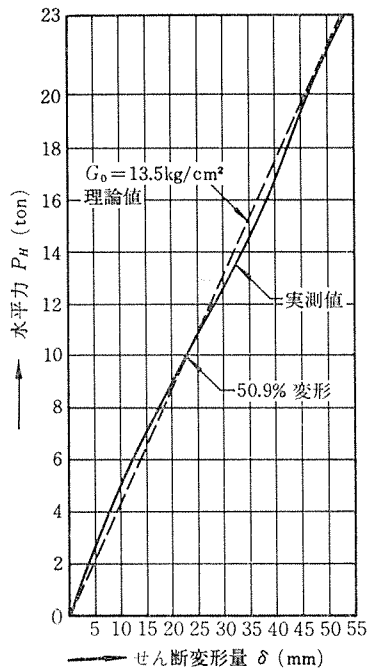


図-7 $\sigma=50\text{ kg/cm}^2$ 下のせん断変形曲線

のとおりである。

$\sigma=15\text{ kg/cm}^2, P_H=10\text{ t}$ の場合

$$G_0 = \frac{P_H \cdot \sum t_e}{A \cdot \delta} = \frac{10\,000 \times 4.5}{1\,451 \times 2.322} \approx 13.4\text{ kg/cm}^2$$

$\sigma=50\text{ kg/cm}^2, P_H=10\text{ t}$ の場合

$$G_0 = \frac{P_H \cdot \sum t_e}{A \cdot \delta} = \frac{10\,000 \times 4.5}{1\,451 \times 2.29} \approx 13.5\text{ kg/cm}^2$$

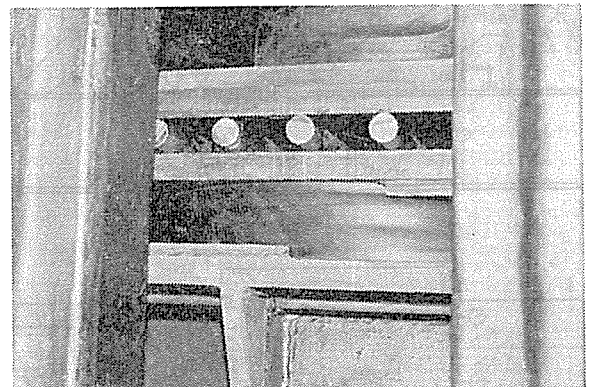
写真-2, 3 はせん断変形試験の状況である。

(3) 回転変位試験

a) 概 説 活荷重による桁のたわみが支承に及ぼす影響として支承の回転があるが、この回転角は“道路橋支承便覧”によれば鋼橋で 1/500, コンクリート橋で 1/300 とされている。ゴム支承の場合この回転機構はゴムの変形(圧縮と復元)によるため、当然ながらゴム支承はこの変形に対して追従しなければ、その機能を発揮することができない。このため回転によって生じる支承縁端の変形量 $\delta_s = D \cdot \theta / 2$ (D =支承直径)は、垂直荷



写真-2 試験装置



垂直荷重 $P_V=72.5\text{ t}$
せん断変形率 $\epsilon=118.3\%$

写真-3 せん断変形状況

重（最大支点反力）による圧縮変形量 δ_0 （圧縮変形試験で判明）より小さくなくてはならない。したがって、試験としては圧縮応力下にあるゴム支承に強制的な回転変位を加えこの追従性を確認しなければならない。

b) 試験方法 図-8 に示すごとく、桁に想定した H ビーム $l=1400$ mm の中央部上下におのおの一枚ずつ供試体を配置する。H ビームのほぼ両端、すなわち支承中心よりおのおの 600 mm の位置に一方は回転発生のため油圧機とジャッキアップ量測定用ダイヤルゲージ 2 個、他方には回転変位測定用ダイヤルゲージ 2 個を設置する。

ゴム支承には、圧縮応力度 $\sigma=50$ kg/cm² $\sim P_V=72.5$ t を与える。次に油圧機により H ビームに上向きの力 P_U を与えると H ビームは支承中心を境界線として回転変位を生ずる。このとき上下 2 枚のゴム支承縁端(桁軸方向)

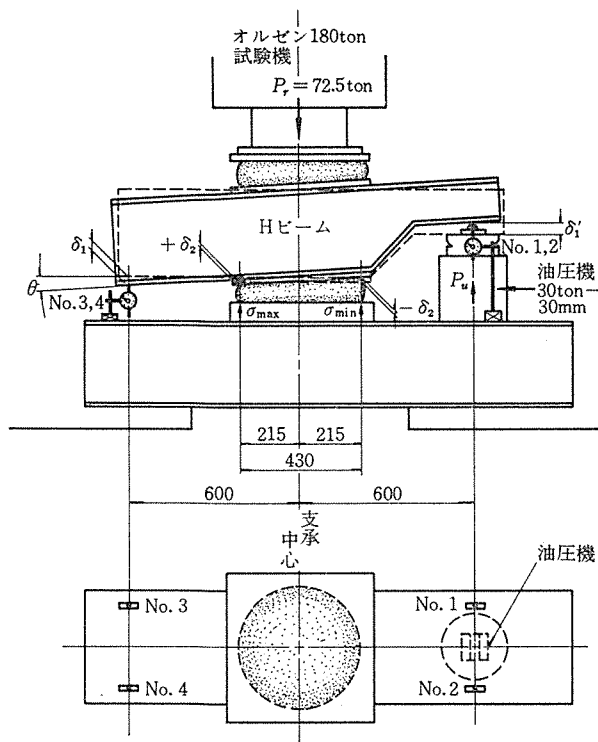


図-8 回転変位試験装置およびひずみ計位置図

には回転角によって圧縮と復元の相反する変形が発生する。もちろんこのときには軸方向圧縮力は $(P_V - P_U)$ と減少しているため、ゴム支承の平均垂直方向圧縮変位も減少していることに注意しなければならない。

観察する回転角は次の 7 通りとした。

- ① 1/1 200, ② 1/600, ③ 1/400, ④ 1/300, ⑤ 1/200,
- ⑥ 1/150, ⑦ 1/120

c) 試験結果 回転変位試験の結果は表-5, 6 のとおりである。

7. 性能試験のまとめ

リング沓性能試験の結果を要約すると次のとおりである。

(1) 圧縮変形試験より

許容応力 $\sigma=50$ kg/cm² ($P_V=72.5$ t) 下における圧縮変形量 $\delta_0=1.91$ mm, 変形率 $\epsilon=5.97\%$ は $\epsilon \leq 15\%$ の

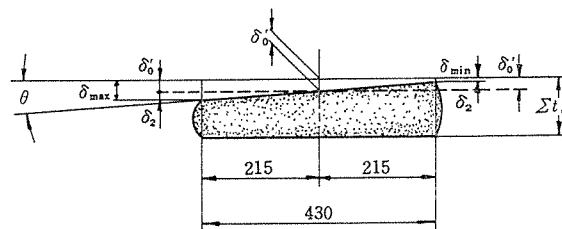


図-9 支承の回転変形状態

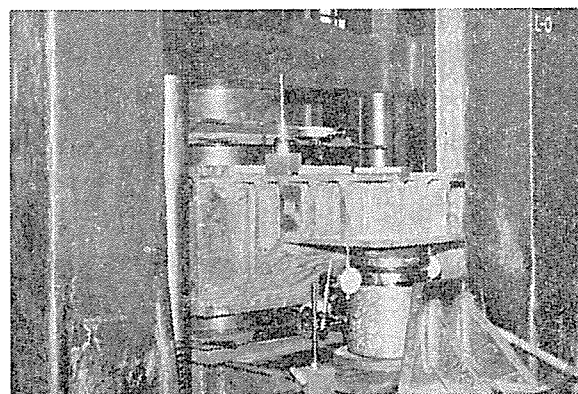


写真-4 回転変位試験装置（手前がジャッキアップ側）

表-5 強制回転変位量測定値 (ポイント $l=600$ mm)

回転角 θ	試験機荷重 $P_V(t)$	ジャッキ荷重 $P_U(t)$	垂直荷重 $P_V - P_U(t)$	予定変位量 $\delta_1(mm)$	ポイント $l=600$ mm の回転変位測定値 (mm)						
					ゲージ No. 1	ゲージ No. 2	ゲージ No. 3	ゲージ No. 4	ゲージ No. 1,2 平均 δ_1'	ゲージ No. 3,4 平均 δ_1	全平均
1/1 200	72.5	1.0	71.5	0.5	0.52	0.52	0.50	0.49	0.52	0.50	0.51
1/600	"	2.0	70.5	1.0	1.04	1.04	0.98	0.97	1.04	0.98	1.01
1/400	"	2.8	69.7	1.5	1.53	1.55	1.45	1.44	1.54	1.45	1.50
1/300	"	3.6	68.9	2.0	2.06	2.08	1.93	1.93	2.07	1.93	2.00
1/200	"	4.9	67.6	3.0	3.09	3.12	2.90	2.90	3.11	2.90	3.01
1/150	"	6.1	66.4	4.0	4.08	4.14	3.83	3.83	4.11	3.83	3.97
1/120	"	8.0	64.5	5.0	5.14	5.21	4.81	4.83	5.18	4.82	5.00
残留	"	0.0	72.5	0.0	0.47	0.47	0.50	0.50	0.47	0.50	0.49

表一6 支承縁端回転変位量，算定応力度および支承挙動

回転角 θ	平均圧縮変形量 δ_0' (mm)	支承縁端換算変形量 δ_2 (mm)	支承縁端最大変形量 δ_{max} (mm)	支承縁端最小変形量 δ_{min} (mm)	支承縁端最大応力度 σ_{max} (kg/cm ²)	支承縁端最小応力度 σ_{min} (kg/cm ²)	挙動判定
1/1200	1.90	0.19	2.09	1.71	54.7	44.7	浮き上りなし
1/600	1.88	0.36	2.24	1.52	58.6	39.8	〃
1/400	1.86	0.54	2.40	1.32	62.8	34.5	〃
1/300	1.84	0.72	2.56	1.12	67.0	29.3	〃
1/200	1.80	1.08	2.88	0.72	75.3	18.8	〃
1/150	1.77	1.43	3.20	0.34	83.7	8.9	〃
1/120	1.73	1.79	3.52	-0.06	92.1	-1.6	* 〃

◀設計条件

* 1/120 は理論的には浮き上りが発生するはずであるが肉眼では観察できなかった。

備考 $\delta_0=1.91$ mm 測定値 …………… $\sigma=50$ kg/cm² 時の平均圧縮変形量
 $\delta_0'=\delta_0-(\delta_1'-\delta_1/2)$ ……………(P_V-P_U) の荷重における平均圧縮変形量
 $\delta_2=D\cdot\theta/2$ ……………各回転角における支承縁端の換算変形量
 $\delta_{max}=\delta_0'+\delta_2$ ……………支承縁端最大変形量
 $\delta_{min}=\delta_0'-\delta_2$ ……………支承縁端最小変形量
 $\sigma_{max}=K_c\cdot\delta_{max}/A$ ……………支承縁端最大応力度
 $\sigma_{min}=K_c\cdot\delta_{min}/A$ ……………支承縁端最小応力度
 $K_c=380$ t/cm …………… $\sigma=50$ kg/cm² 時の圧縮ばね定数
 ただし $D=$ 支承直径 ~ 430 mm $A=$ 支承面積 ~ 1451 cm²

設計条件を充分満足する。また、試験材の載荷最大能力 $P_V=180$ t ($\sigma=124$ kg/cm²) つまり設計荷重の 2.5 倍の荷重状態でも何等異常なく、そのときの変形率は 10.3% であり荷重除去後もただちにほぼ 100% 復元を示した。

載荷限界についてはイールドポイント（仮りにフープ鉄筋の塑性変形）は試験材の能力限界（オルゼン式 180 t 試験機）につき確認できなかった。

(2) 圧縮せん断変形試験より

静的せん断弾性係数 G_0 は、載荷応力 ($\sigma=15\sim 50$ kg/cm²) に影響されることなく、設計変形率 0~50% 時で $G_0=13\sim 14$ kg/cm² を示し、さらに設計せん断量を越える 118% まで、ほぼ一律に 13.5 kg/cm² 前後の値を示した。

このことは設計荷重下におけるゴム沓のせん断弾性係数がフックの法則に従っているといえ、実用上 G_0 は 13.5 kg/cm² としてよいと思う。なお、この製品せん断試験値とゴム材料試験の低伸張応力試験 (σ_{25}) より求まる静的せん断弾性係数がきわめて近似していることは興味深い。

$$\sigma_{25}=8.2 \text{ kg/cm}^2 \text{ 材料試験 (低伸張応力)}$$

$$G_0=1.639\cdot\sigma_{25} \text{ 静的せん断弾性係数}$$

$$=1.639\times 8.2=13.4 \text{ kg/cm}^2 \text{ (JIS 65}^\circ\text{)}$$

また、クリープによりてい減される G_t についても同様材料試験の永久圧縮ひずみ試験値が 16% であり、天然ゴムを用いたゴム支承の場合のクリープ係数は補正の必要性を痛感する。ちなみに道路橋支承便覧によれば JIS 65^o の場合 $G_0=10$ kg/cm², $G_t=8$ kg/cm² となっている。

次に今回のせん断変形では油圧材のストロークが 50 mm であったため最大変形率は 118% であったが、地震

時における許容変形率の設定のためもっと大きな変形追求も必要と思われる。

(3) 回転変位試験より

本試験に使用したリング沓は、桁の回転変位 $\theta=1/300$ に対し充分追従できる性能を有している。つまり本試験では最高回転角 $\theta=1/120$ を実施したが、沓端の浮き上がりが発生しなかったことによる。

以上の結果、力学的な見地よりリング沓はリングメッシュの拘束によりせん断層の膨出抑制効果を果すとともに、せん断変形、回転変位についてもゴム全体厚として機能が認められ、今回の各試験において G_0 の値をはじめ、定数値をもたらし支承材としての機能を十分に満足するものと思う。

8. 材料試験成績

リング沓に使用している天然ゴムの材料試験の結果は表一7 のとおりである（試験場所一財団法人ゴム化成品検査協会）。

表一7 材料試験成績

(1) 常態試験

試験項目	条件または方法は	単 位	試験値	備 考
か た さ	JIS K 6301	度	65	JIS A
引 張 強 さ	〃	kg/cm ²	292	
伸 び	〃	%	530	
引 裂 強 さ	〃	kg/cm ²	121	A型試験片
低伸張応力	〃	kg/cm ²	8.2	25% 伸張
静的せん断弾性係数	JIS K 6386	kg/cm ²	13.44	$G_0=\sigma_{25}\times 1.639$

(2) 熱老化試験

試験項目	条件または方法	単位	試験値	備 考
かたさ変化	JIS K 6301 70°C×96 h	度	+2	
引張強さ変化	"	%	-5.7	
伸び変化	"	%	-11.0	
圧縮永久ひずみ	JIS K 6301 70°C×22 h	%	16	

(3) その他

試験項目	条件または方法	単位	試験値	備 考
オゾン劣化	JIS K 6301 50±5 PPHM ×110 h	判 定	異状なし	
耐油 (体積変化)	JIS K 6301 23°C×22 h	%	+34.2	JIS 3号油
耐水 (重量変化)	50°C×72 h	%	+1.6	蒸留水
接着強さ	JIS K 6301 金属とゴム	kg/cm ²	93	ゴム切れ

9. む す び

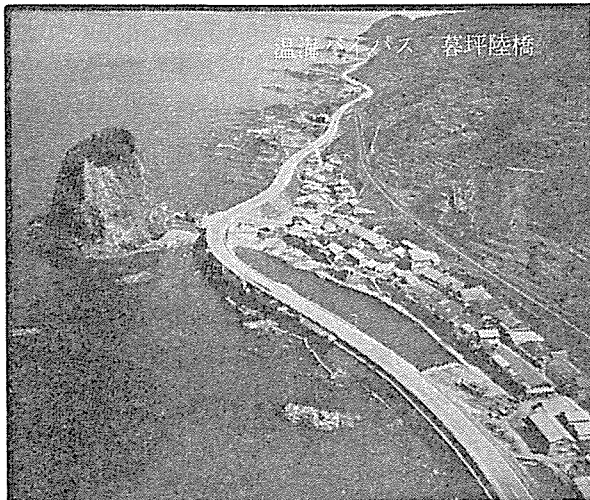
以上福岡都市高速道路1号線箱崎地区に使用中のリング沓の設計ならびに各種試験について述べたが、本試験の性能試験については九州大学、徳光善治、松下博通両先生に親しくその御指導を仰ぎ、また供試体、試験治具については株式会社BBMに御協力を願った。ここに両先生はじめ関係者に深く感謝いたします。

ゴム支承の試験はこれですべてではないが、従来はサンプル試験が多く、実用沓との関係が定量的にはっきりとしたものがなかった。この点、本試験により究明し、立証できたことは設計上における大きな飛躍であり、信頼と貴重な経験を生んだといえよう。そしてこのことがゴム製支承の評価のステップとして今後一段と多角的見地からのテストを充実化し、ゴム製支承の設計示方ならびに施工性上の解明の契機になれば幸いである。

1974.12.10・受付

会 員 増 加 に つ い て お 願 い

会員の数はその協会活動に反映するもので、増加すればそれだけ多くの便益が保証されています。現在の会員数は2100余名ですが、まだまだ開拓すべき分野が残されており。お知合いの方を一人でも余計ご紹介下さい。事務局へお申し出で下されば入会申込書はすぐお送りいたします。



プレストレストコンクリート

構造物の設計・施工
(BBRV・フレシネー・SEEE工法)

製品の製造・販売
(けた、はり、パイル、マクラギ、版類)

ASCC 北海道ピー・エス・コンクリート株式会社

本社
札幌支店
東京支店
名古屋支店
大阪支店
仙台営業所
建築営業所
福岡営業所
静岡事務所
広島事務所
美唄工場
幌別工場
掛川工場
京都工場

東京都豊島区北大塚1丁目16番6号(大塚ビル)
札幌市中央区北5条西5丁目2番地(住友生命ビル)
東京都豊島区北大塚1丁目16番6号(大塚ビル)
名古屋市中区錦3丁目2番31号(栄町ビル)
大阪市北区万才町4番地(浪速ビル)
仙台市本町1丁目1番8号(日本オフィスビル)
東京都豊島区北大塚1丁目16番6号(大塚ビル)
福岡市博多区博多駅前1丁目3番地(八重州博多駅前ビル)
静岡県掛川市富部
広島市立町1番20号(広島長銀ビル)
美唄市字美唄1453の65
幌別市千歳町130番地
静岡県掛川市富部
京都市南区久世東土川町6

☎(03)918-6171
☎(011)241-5121
☎(03)918-6171
☎(052)961-8780
☎(06)313-0751
☎(022)25-4756
☎(03)918-6171
☎(092)441-9131
☎(05372)2-7175
☎(0822)48-3185
☎(01266)3-4305
☎(01438)5-2221
☎(05372)2-7171
☎(075)922-1181