

新しい反力分散機能を有する支承の研究

藤岡 靖*¹・渡辺 富夫*²・吉野 伸*³

1. まえがき

橋梁建設においては、振動や騒音の減少をはかり、良好な走行性を求めるために、伸縮装置を減らして橋桁の連続化、多径間化が多く採用されている。また、最近では橋梁景観設計が取り入れられ、架橋周辺の景観との調和が求められ、上・下部工のバランスをはかるため、下部工の形状寸法を均一化する機会が増えている。したがって、上部構造が大型化し、地震時の水平力を従来のように一つの下部構造で受け持つ方式では、上記の要求に対処できない。そこで、上部構造の地震時慣性力を複数の橋脚に均等もしくは、橋脚の剛性に応じて分散させる反力分散方式の採用が必要となる。その方法には、①多脚固定方式、②オイルダンパーや粘性ストッパーなどの減衰装置を利用した構造、③鋼材の弾性変形を利用した構造、④ゴム支承を利用した構造などがあるが、多数設計施工されているゴム支承のせん断剛性を有効に利用した反力分散方式は、多径間になるほどPC桁のプレストレスやクリープおよび乾燥収縮が大きくなるため、通常のせん断型ゴム支承の設計が不可能になる場合や、慣性力をより均等に各橋脚に分散させることが困難な場合がある。

新しい構造の反力分散支承は、スライド機能とせん断機能が複合されたゴム支承（以下、プレスライド支承と記す）であり、架設中の移動量をスライド機構によりすべらせて吸収し、完成時にはせん断型ゴム支承としての機構を持たせた構造で、上記の問題を解消する性能を有したものである。本研究報告は、当該支承の各機能試験を実施し、反力分散支承としての性能の確認を行ったものである。

2. ゴム支承を利用した反力分散方法

ゴム支承を利用して反力を分散させる方法としては、以下の3つのタイプに大きく分けられる。

1) 全支承をせん断変形タイプとし、ゴム部のせん断

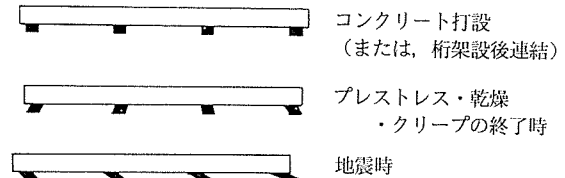


図-1

ばねで地震時の慣性力を分散させる。

2) 全支承をせん断変形タイプとし、桁の短縮量分を反対方向に予備せん断させておき、クリープなどの終了時にゴム支承は無せん断状態となるようにはかる方法。常時の水平力を無視することができ、地震時慣性力は、ゴム部のせん断ばねにより、各下部工に分散させる。

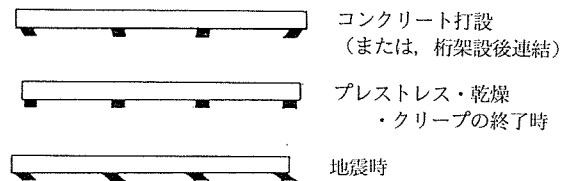


図-2

3) 全支承をプレスライド支承タイプとし、桁の短縮量分はすべらせてとり、桁完成後に、スライド機構を固定ブロックにより拘束する方法。以後はゴム部のせん断変形タイプとして機能する。

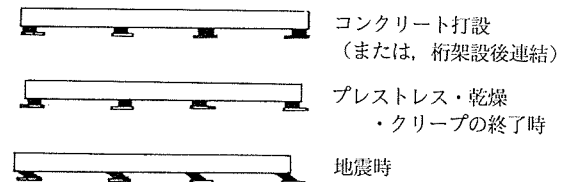


図-3

3. 構造

プレスライド支承の構造をわかりやすく分解し、その概略を図-4に示す。以下、構成部材を簡単に説明する。

*¹ Yasushi FUJIOKA : (株) ピー・エス 大阪支店技術部設計課 主任

*² Tomio WATANABE : 東京ファブリック工業 (株) 技術部第一設計課 課長

*³ Shin YOSHINO : 東京ファブリック工業 (株) 大阪営業所技術担当

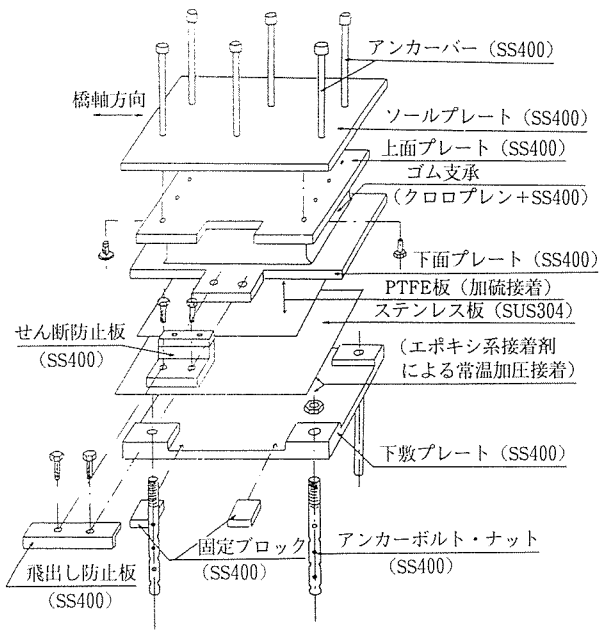


図-4 プレスライド支承の構造

- 1) ゴム支承本体はゴム被覆タイプでクロロプレンゴムと補強材が交互に積層された積層タイプであり、これに上面プレートと下面プレートが加硫接着されている。
- 2) ソールプレートはゴム支承の上面プレートと六角ボルトにより固定され、桁のレアー部分に埋設され滑動防止となる。
- 3) PTFE板はゴム支承の下面プレートの下面に加硫接着されており、桁架設中の移動により、支承が滑動する機能を持つ。
- 4) ステンレス板は3)のPTFE板のすべり相手材であり、下敷プレート上面に加圧接着されている。
- 5) 下敷プレートは四コーナーにサイドブロックが溶

接固定されており、そこを、アンカーボルトによって下部構造と固定している。

6) せん断防止板はL字形でゴム支承の上面プレートと下面プレート間に締付けボルトによって取り付けられ、ゴム部のせん断変形を拘束する。

7) 飛出し防止板および固定ブロックは橋桁の完成時に、スライド機構を拘束し、ゴム部のせん断機構に移行させた際、下面プレートとサイドブロックとの遊間部に固定ブロックをはめこんで、飛出し防止板をかぶせ締付けボルトで固定する。以後、せん断型ゴム支承となる。

プレスライド支承のセット時、スライド機構状態の正面および側面を図-5に示し、せん断防止板の取付け状態を写真-1に示す。次に、橋桁完成時、せん断防止板を取り外し、せん断機構に移行した状態の正面および側面を図-6に示し、飛出し防止板の取付け状態を写真-2に示す。

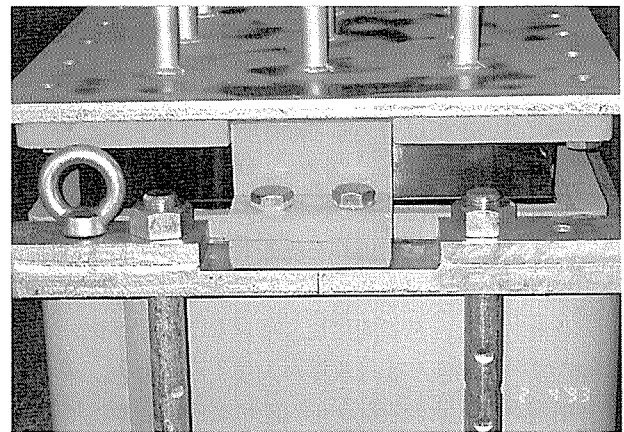


写真-1 せん断防止板取付け状態

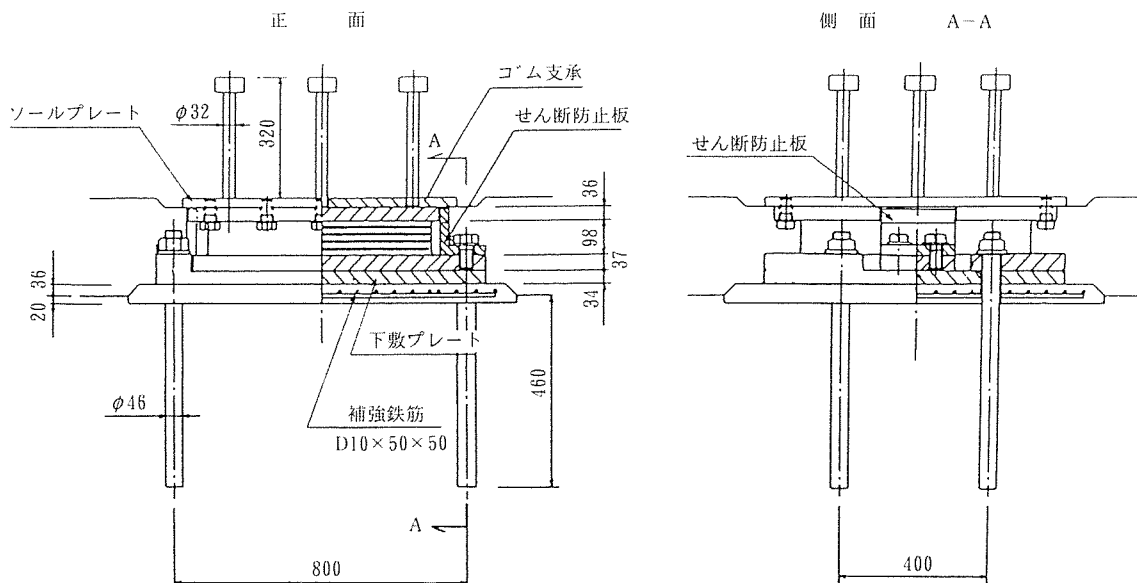


図-5 セット時、スライド機構状態図

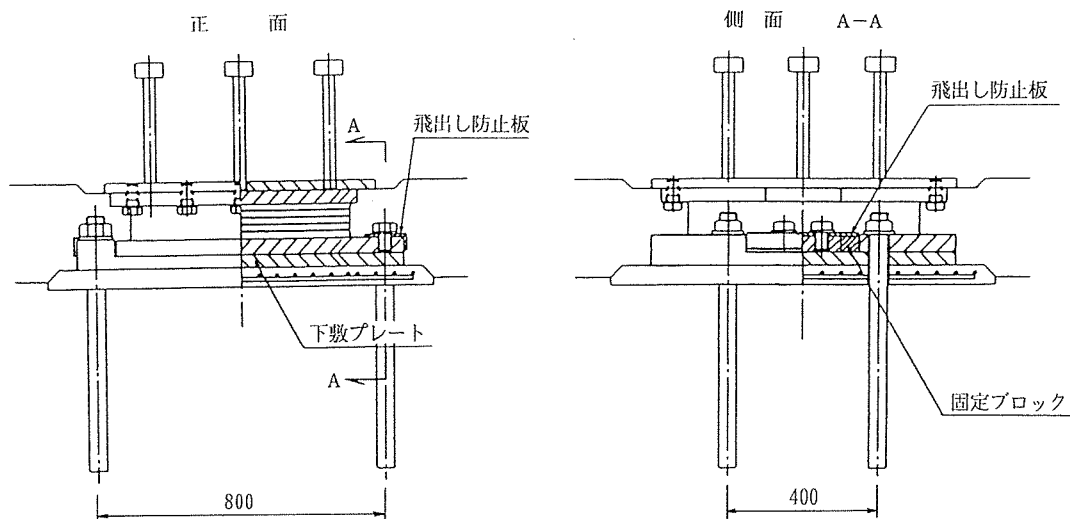


図-6 橋梁完成時、せん断機構状態図

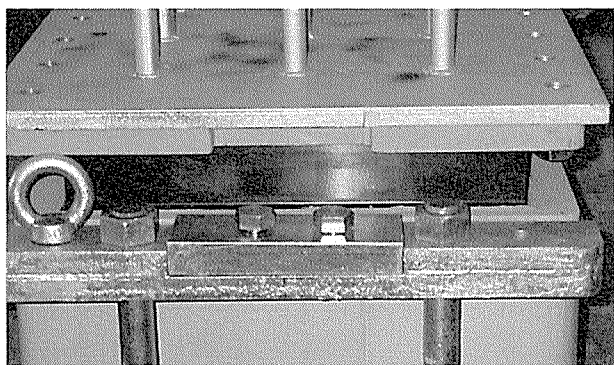
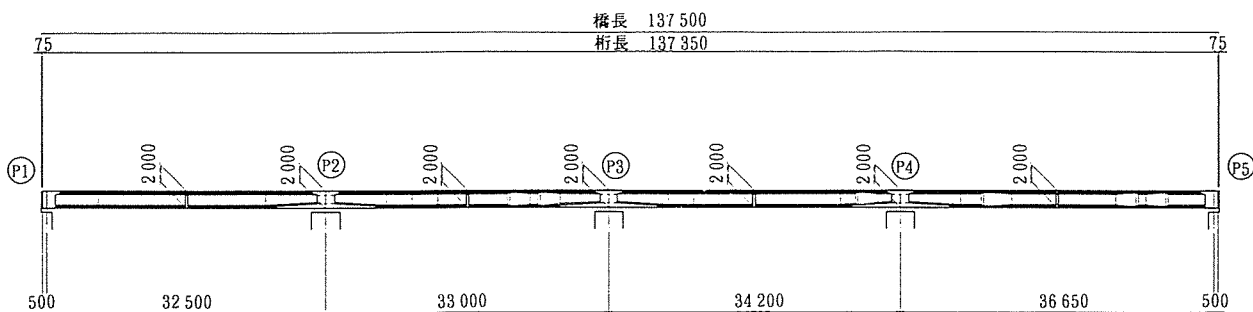


写真-2 飛出し防止板取付け状態

4. 試設計計算

プレスライド支承の性能確認試験をするにあたり、下記の橋梁を設定して設計計算を行い、ゴム支承の形状寸法を求めた。設計の対象とした橋梁の概要を図-7に示す。

側面図



断面図

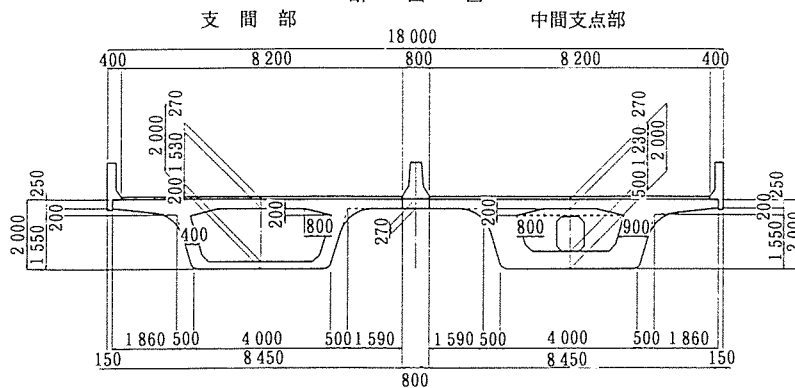
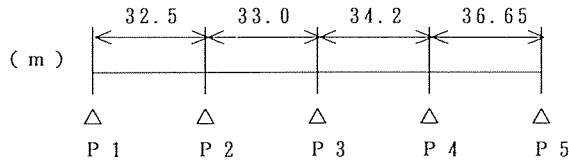


図-7 対象橋梁一般図

◇研究報告◇

4.1 設計条件

- 1) 4径間連続PC箱桁
- 2) 支間長



3) 支点反力 (tf) および移動量 (mm)

No.	R_{max}	R_{min}	R_{d1}	R_d
P 1	244.62	117.34	156.70	553.36
P 2	513.92	316.57	368.09	1 285.62
P 3	574.21	359.47	408.65	1 298.40
P 4	647.50	451.56	483.41	1 629.50
P 5	310.52	161.48	203.69	666.55

R_{max} : 最大支点反力 (tf)

R_{min} : 最小支点反力 (tf)

R_{d1} : 死荷重反力 (tf)

R_d : 一橋脚上の総死荷重 (tf)

- 4) 許容圧縮応力度 (kgf/cm^2) : $15 \leq \sigma \leq 80$ ¹⁾
- 5) ゴムの静的せん断弾性率 (kgf/cm^2) : $G_0=10.0$
- 6) ゴムのクリープにより低減されたせん断弾性率 (kgf/cm^2) : $G_t=7.0$
- 7) ゴム部の許容せん断変形量
 ……常時 : $\Sigma t_e \times 0.7$ ¹⁾
 ……地震時 : $\Sigma t_e \times 1.5$
- 8) 桁の回転角……端 支 点 : $\theta=1/300$
 ……中間支点 : $\theta=1/600$
- 9) 設計水平震度 : $K_h=0.25$
- 10) 支承个数 (1 支点当たり) : $n=4$ 個
- 11) 橋脚のばね定数 (tf/cm) : K_p

P 1	P 2	P 3	P 4	P 5
552.72	1 300.0	586.0	472.0	403.0

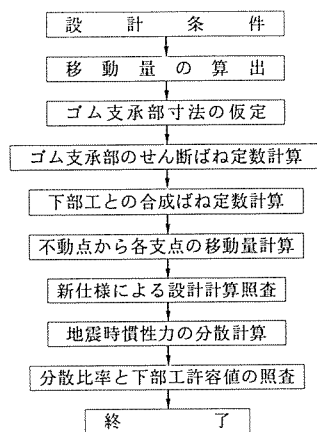


図-8 設計手順フローチャート

プレスライド支承の設計フローチャートを簡単に示すと、図-8 のようになる。

4.2 移動量の算出

(1) 各径間の移動量

プレスライド支承はコンクリート桁の初期収縮をすべらせてしまうので、スライド機構を拘束した後の移動量が重要となる。そこで、スライド機構の固定時期を全径間打設後とし、仮にコンクリート材令を 12 ヶ月とすれば、以後終了時までの移動量は次のようにして求められる。

クリープ低減係数 $\beta=0.2$

表-1 乾燥収縮およびクリープの低減係数²⁾

コンクリートの材令(月)	0.25	0.5	1	3	6	12	24
乾燥収縮およびクリープの低減係数 (β)	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1

1) P 1~P 2

乾燥・クリープ終了まで

$$\Delta = (0.2+0.4)\beta \cdot l = 0.12 \times 32.5 = 3.90 \text{ mm}$$

温度変化時

$$\Delta' = \{(0.2+0.4)\beta + 0.4\} l = 0.52 \times 32.5$$

$$= 16.90 \text{ mm}$$

P 2~P 3 以下についても同じようにして求める。

	Δ	Δ'
2) P 2~P 3	3.96 mm	17.16 mm
3) P 3~P 4	4.10 mm	17.78 mm
4) P 4~P 5	4.40 mm	19.06 mm

(2) 仮定形状によるせん断ばね定数

ゴム支承の寸法を仮計算したうえで、橋脚との合成ばね定数を求める。

1) ゴム支承仮定形状 (mm)

No.	厚さ t	長さ a (a')	幅 b (b')	ゴム厚さ Σt_e
P 1	171	600(610)	600(610)	90=18×5 層
P 2	167	800(810)	950(960)	84=21×4 層
P 3	163	800(810)	950(960)	80=20×4 層
P 4	179	900(910)	1 000(1 010)	96=24×4 層
P 5	181	700(710)	600(610)	100=20×5 層

()内寸法は、被覆ゴム厚を含めた製品寸法を示す。

2) 仮定形状によるせん断ばね定数 (tf/cm)

No.	ゴム支承のみ		各橋脚との合成ばね	
	常時 K_s	地震時 K_s'	常時 K_m	地震時 K_m'
P 1	11.576	16.538	11.339	16.057
P 2	25.920	37.029	25.413	36.003
P 3	27.216	38.880	26.008	36.461

P 4	26.807	38.296	25.366	35.422
P 5	12.127	17.324	11.773	16.610

(3) 移動量の計算

各橋脚との合成ばね定数の比率により、各支点の移動量を求める。

1) 固定後、乾燥・クリープ終了までの移動量： ΔL
合成ばね定数 K_m (tf/cm) と、各径間の移動量 Δ (mm) を用いて、 ΔL を求める。

	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
K_m	11.339	25.413	26.008	25.366	11.773
Δ	3.90	3.96	4.10	4.40	

$$\Delta L_1 = \frac{K_{mn}(\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n) + \dots + K_{m3}(\Delta_2 + \Delta_1) + K_{m2} \cdot \Delta_1}{\Sigma K_m} \quad 3)$$

以上の計算より、

$$\begin{aligned} \Delta L_1 &= 8.00 \text{ mm} \\ \Delta L_2 &= \Delta L_1 - \Delta_1 = 8.00 - 3.90 = 4.10 \text{ mm} \\ \Delta L_3 &= \Delta L_2 - \Delta_2 = 4.10 - 3.96 = 0.14 \text{ mm} \\ \Delta L_4 &= \Delta L_3 - \Delta_3 = 0.14 - 4.10 = -3.96 \text{ mm} \\ \Delta L_5 &= \Delta L_4 - \Delta_4 = -3.96 - 4.40 = -8.36 \text{ mm} \end{aligned}$$

ここに、プラスは右方向、マイナスは左方向を示す。

2) 温度変化による移動量： ΔL_t

合成ばね定数 K_m (tf/cm) と、各径間の移動量 Δ (mm) を用いて、 ΔL_t を求める。

	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
K_m	11.339	25.413	26.008	25.366	11.773
Δ'	16.90	17.16	17.78	19.06	

表-2 ゴム支承の形状と各計算値

No.	長さ a (mm)	幅 b (mm)	ゴムの厚さ $t_e \times n$ 層 (mm)	最大圧縮応力度 σ_{max} (kgf/cm ²)
P 1	171	610	18×5	72.12 ≤ 80
P 2	167	810	21×4	69.16 ≤ 80
P 3	163	810	20×4	75.61 ≤ 80
P 4	179	910	24×4	73.34 ≤ 80
P 5	181	710	20×5	77.97 ≤ 80

圧縮応力振幅 $\Delta\sigma$ (kgf/cm ²)	形状係数 S	座屈の検討 $5 \cdot \Sigma t_e \leq a, b$ (cm)	回転ひずみ量 δ_1 (cm)	圧縮ひずみ量 δ_2 (cm)	局部せん断ひずみ (%)				補強材応力度	
					圧縮による γ_c	せん断による γ_s	回転による γ_r	合計 γ_t	補強材厚 (mm)	σ_s (kgf/cm ²)
39.52 ≤ 50	8.33	45 < 60, 60	0.100	$\delta_1 < 0.133$	111.1	38.5	37.0	186.6 < 267	2.0	649.1 < 1 400
27.50 ≤ 50	10.34	42 < 80, 95	0.067	$\delta_1 < 0.080$	86.0	21.2	30.2	137.4 < 267	2.0	726.2 < 1 400
28.31 ≤ 50	10.86	40 < 80, 95	0.067	$\delta_1 < 0.078$	89.6	0.8	33.3	123.7 < 267	2.0	756.1 < 1 400
23.17 ≤ 50	9.87	48 < 90, 100	0.075	$\delta_1 < 0.107$	95.6	17.9	29.3	142.7 < 267	2.0	880.1 < 1 400
39.52 ≤ 50	8.08	50 < 70, 60	0.117	$\delta_1 < 0.171$	123.8	36.2	40.8	200.9 < 267	2.0	779.7 < 1 400

$$\Delta L_{t1} = \frac{K_{mn}(\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n) + \dots + K_{m3}(\Delta_2 + \Delta_1) + K_{m2} \cdot \Delta_1}{\Sigma K_m} \quad 3)$$

以上の計算より、

$$\begin{aligned} \Delta L_{t1} &= 34.68 \text{ mm} \\ \Delta L_{t2} &= \Delta L_{t1} - \Delta'_1 = 34.68 - 16.90 = 17.78 \text{ mm} \\ \Delta L_{t3} &= \Delta L_{t2} - \Delta'_2 = 17.78 - 17.16 = 0.62 \text{ mm} \\ \Delta L_{t4} &= \Delta L_{t3} - \Delta'_3 = 0.62 - 17.78 = -17.16 \text{ mm} \\ \Delta L_{t5} &= \Delta L_{t4} - \Delta'_4 = -17.16 - 19.06 = -36.22 \text{ mm} \end{aligned}$$

ここに、プラスは右方向、マイナスは左方向を示す。

4.3 ゴム支承の設計計算

前記の仮定形状により設計計算を行う。

1) 所要支圧面積： A

$$\frac{R_{max}}{80} \leq A \leq \frac{R_{min}}{15} \text{ より}$$

No.	所要支圧面積 (cm ²)	幅 (cm)	長さ (cm)
P 1	3 058 ≤ A ≤ 7 823	b=60	51.0 ≤ a ≤ 130.4
P 2	6 424 ≤ A ≤ 21 105	b=95	67.6 ≤ a ≤ 222.2
P 3	7 178 ≤ A ≤ 23 965	b=95	75.6 ≤ a ≤ 252.3
P 4	8 094 ≤ A ≤ 30 104	b=100	80.9 ≤ a ≤ 301.0
P 5	3 882 ≤ A ≤ 10 765	b=60	64.7 ≤ a ≤ 179.4

2) クロロプレンゴムの所要厚さ： Σt_e
温度変化による移動量から求める。

$$\Sigma t_e \geq \frac{\Delta L_t}{0.7} \text{ より、}$$

No.	所要厚さ (mm)
P 1	$\Sigma t_e \geq 49.54$
P 2	$\Sigma t_e \geq 25.40$
P 3	$\Sigma t_e \geq 0.89$
P 4	$\Sigma t_e \geq 24.51$
P 5	$\Sigma t_e \geq 51.74$

3) ゴム支承の形状決定と設計許容値との照査

1), 2) 項よりゴム支承の形状を仮定して、計算を行い、地震時慣性力をより良く分散させるため、形状寸法を変えながら繰り返し計算をし決定する。また、決定した形状寸法が各設計許容値を満足しているかを確認する。表-2 にゴム支承の形状と各計算値を示す。

◇研究報告◇

4.4 地震時慣性力の分散計算

前節で決定したゴム支承の形状により分散計算を行う。

1) せん断ばね定数： $K_s, K_{s'}, K_m, K_{m'}$

ゴム支承の常時および地震時のせん断ばね定数は下式により求める。ここで、 A' はゴム支承の製品寸法により求めた支圧面積 (cm²) である。

$$\text{常時} \quad K_s = \frac{A' \cdot G_t}{\Sigma t_e}$$

$$\text{地震時} \quad K_{s'} = \frac{A' \cdot G_0}{\Sigma t_e}$$

次に、ゴム支承と橋脚との合成ばね定数を同様に下式により求める。

$$\text{常時} \quad K_m = \frac{1}{\frac{1}{K_s \cdot n} + \frac{1}{K_p}}$$

$$\text{地震時} \quad K_{m'} = \frac{1}{\frac{1}{K_{s'} \cdot n} + \frac{1}{K_p}}$$

2) 地震時慣性力による移動量： ΔL_e

地震時の慣性力による、橋脚およびゴム支承の移動量を下式により求める。

$$\Delta L_e = \frac{\Sigma R_d \cdot K_h}{\Sigma K_{m'}}$$

3) 分散水平力の集計： ΣH

橋脚にかかる水平力は、常時および地震時の水平力の合計値として求められ、それが、各橋脚の許容水平力内であることを確認する。

$$\text{常時} \quad H = \Delta L \cdot K_m$$

$$\text{地震時} \quad H' = \Delta L_e \cdot K_{m'}$$

$$\Sigma H = H + H'$$

4) せん断ひずみ率： η_e

ゴム支承のゴム部のせん断変形量 ΣL_r は、常時および地震時の変形量の合計値として求める。なお、このとき、温度変化分の移動量は加えないこととしている⁴⁾。

$$\text{常時} \quad \Delta L_r = \frac{K_m}{K_s} \cdot \Delta L$$

$$\text{地震時} \quad \Delta L_{r'} = \frac{K_{m'}}{K_{s'}} \cdot \Delta L_e$$

$$\Sigma L_r = \Delta L_r + \Delta L_{r'}$$

地震時移動量を考慮したせん断ひずみ率 η_e は下式により求め、それが地震時ひずみの許容値内であることを確認する。

$$\eta_e = \frac{\Sigma L_r}{\Sigma t_e} \times 100$$

以上の計算結果を表-3に一覧表として示す。

なお、プレスライド支承に付属する鋼部材に関する強度計算などについては省略する。

5. 機能確認試験とその結果

試設計を行ったプレスライド支承の中から、試験のモデルとして初期のすべり量が大きく、移動量も大きい端支点の P 1 支承を製作し、スライド機能とせん断機能および圧縮載荷の試験を行い、設計値との整合性を確認した。以下に試験の概要を記す。なお、試験品の個数は 3 個である。

5.1 試験品の諸元

1) 形状寸法 (mm)

厚さ t	長さ a (a')	幅 b (b')
171	600(610)	600(610)

ゴム部の厚さは $18 \times 5 = 90$ mm

表-3 分散計算の計算結果

No.	ゴム支承せん断ばね定数 (tf/cm)		合成せん断ばね定数 (tf/cm)		地震時移動量 (mm) ΔL_e	水平力の集計 (tf)		
	常時 K_s	地震時 $K_{s'}$	常時 K_m	地震時 $K_{m'}$		常時 H	地震時 H'	全水平力 ΣH
P 1	11.576	16.538	11.339	16.057	96.64	9.07	155.18	164.26<316.0**
P 2	25.920	37.029	25.413	36.003	96.64	10.42	347.95	358.37<582.0**
P 3	27.216	38.880	26.008	36.461	96.64	0.36	352.37	352.74<448.0**
P 4	26.807	38.296	25.366	35.422	96.64	10.05	342.33	352.38<450.0**
P 5	12.127	17.324	11.773	16.610	96.64	9.84	160.53	170.37<539.0**

ゴム部のせん断変形量 (mm)			せん断ひずみ率 η_e (%)
常時 ΔL_r	地震時 $\Delta L_{r'}$	合計変形量 ΣL_r	
7.84	93.84	101.67	113.0<150
4.02	93.97	97.99	116.7<150
0.13	90.63	90.76	113.5<150
3.75	89.39	93.14	97.0<150
8.12	92.66	100.78	100.8<150

** 各橋脚の許容水平力を示す。

- 2) ゴムの静的せん断弾性率 $G_0 = 10.0 \text{ kgf/cm}^2$
- 3) ゴム支承のせん断ばね定数

$$K_{s'} = \frac{A' \cdot G_0}{\Sigma t_e} = \frac{3721 \times 10.0}{9.0} = 4.134 \text{ tf/cm}$$

- 4) 圧縮ひずみ量 (設計 R_{\max} 時) $\delta_2 = 1.33 \text{ mm}$

5.2 試験内容

- 1) 圧縮すべり試験……スライド機能の確認と摩擦係数測定

試験品を下敷プレート上に設置して、せん断防止板を六角ボルトで固定し、最大荷重 500 tf の圧縮試験機により P 1 死荷重相当の 160 tf の圧縮荷重を載荷し、その状態のまま、ゴム支承の上面プレートを油圧ジャッキにより、水平力を負荷し、スライド部のすべり性能を確認 (摩擦係数の測定) するとともに、せん断防止板の有効性も確認する。試験概要を図-9 に示す。

- 2) 圧縮せん断試験……せん断ばね定数の確認

下敷プレートのサイドブロックと試験品の下面プレ

トとの遊間に固定ブロックをはめこんで、スライド機構を拘束したうえ、P 1 死荷重相当の 160 tf の圧縮荷重を載荷し、その状態のまま、ゴム支承の上面プレートを油圧ジャッキにより、水平力を負荷し、ゴム部を 70 % 相当の 63 mm までせん断変形させ、せん断ばねを測定する。試験概要を図-10 に示す。

- 3) 圧縮試験……圧縮ひずみ量の確認

試験品を最大荷重 500 tf の圧縮試験機により、許容最大圧縮応力度 80 kgf/cm^2 相当の 290 tf まで徐々に荷重を載荷し、圧縮ひずみ量を測定する。試験概要を図-11 に示す。

5.3 試験結果

- 1) 圧縮すべり試験

スライド機能である PTFE 板とステンレス板との摩擦係数の結果を表-4 に、また、測定記録の例を図-12 に示す。図から明らかなように、すべり出すときの静止摩擦係数から、滑動している間、動摩擦係数は徐々に下

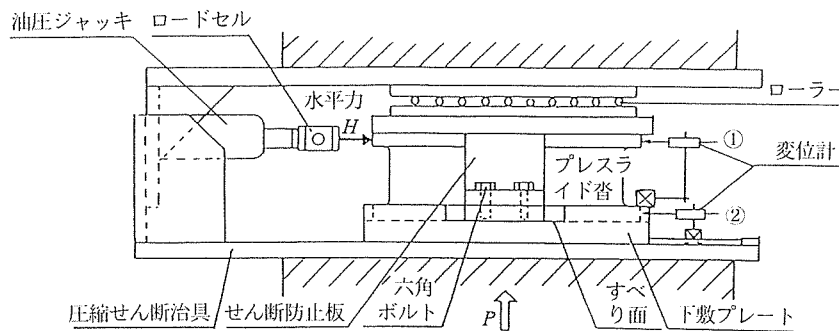


図-9 圧縮すべり試験

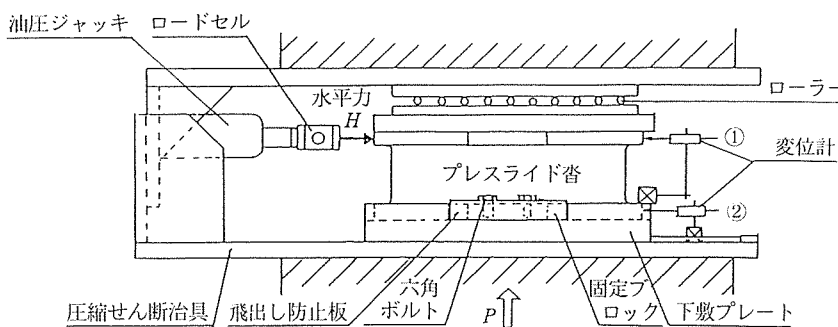


図-10 圧縮せん断試験

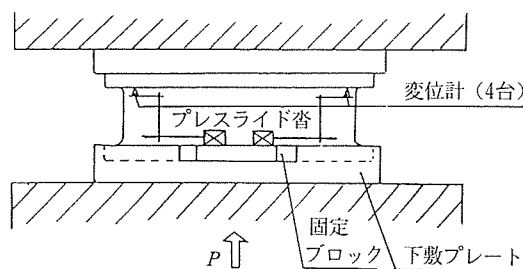


図-11 圧縮試験

◇研究報告◇

表-4 摩擦係数測定結果

試験品 No.	すべり始め			動摩擦係数 %
	圧縮荷重 tf	水平力 tf	静止摩擦係数 %	
1	159.9	4.1	2.6	1.6
2	161.6	6.1	3.8	2.2
3	163.8	6.2	3.8	2.2
1	402.1	9.2	2.3	1.4

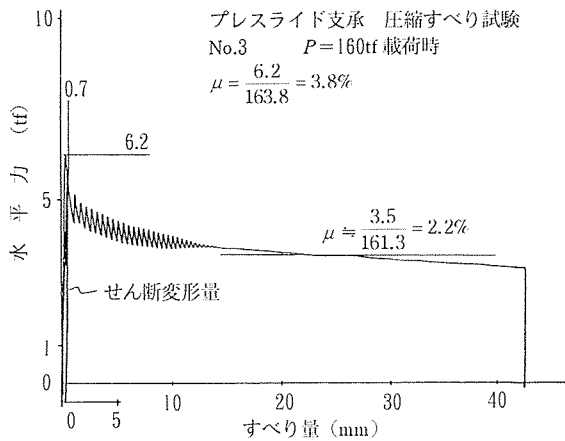


図-12 圧縮すべり試験測定記録

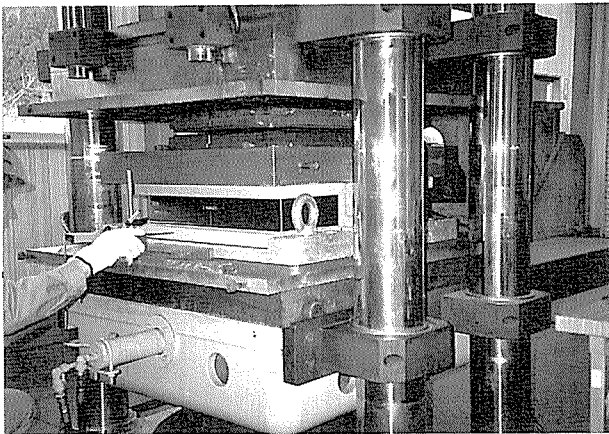


写真-3 圧縮すべり試験

がる。動摩擦係数としては、その平均値で表わす。摩擦係数は4%以下であり、一般的な摩擦係数10%より低く、必要なスライド機能を備えている。また、No.1は圧縮荷重を400tf ($\sigma_c = 111 \text{ kgf/cm}^2$)まで上げて再試験したが、すべり状態はスムーズで摩擦係数は小さくなり、高応力状態でも良くすべった。測定記録の例を図-12に、試験状況を写真-3に示す。

2) 圧縮せん断試験

試験品のゴム部を63mmまでせん断変形させて求めたせん断ばねの結果を表-5に示す。設計値に対して、やや高めであるがバラツキは少ない。測定記録の例を図-13に、試験状況を写真-4に示す。

表-5 せん断ばね定数測定結果

試験品 No.	63 mm 時の水平力 tf	せん断ばね定数 tf/cm	設計値 tf/cm	設計値に対して %
1	27.35	4.341	4.134	+5.0
2	28.0	4.444	4.134	+7.5
3	26.9	4.270	4.134	+3.3

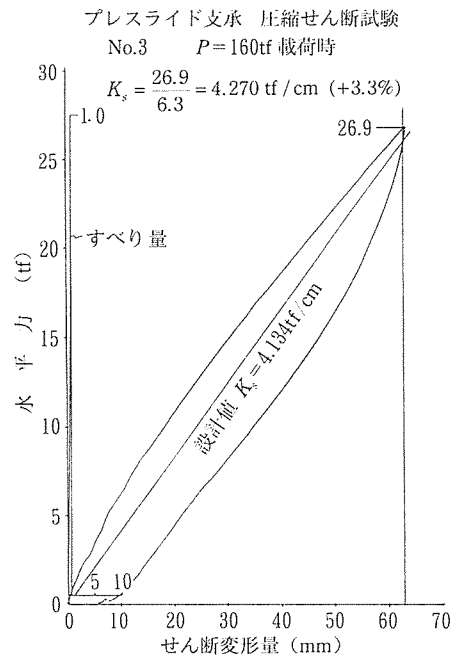


図-13 圧縮せん断試験測定記録

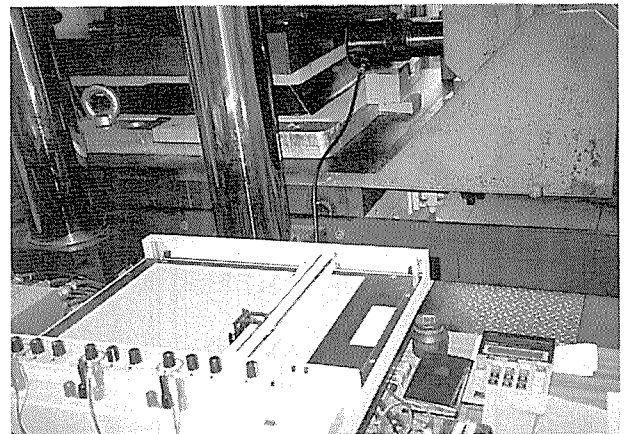


写真-4 圧縮せん断試験

3) 圧縮試験

許容最大応力度まで試験品を圧縮した結果を表-6に示す。設計荷重である245tf時の設計値1.33mmに対し

表-6 圧縮ひずみ量測定結果

試験品 No.	245 tf 時のひずみ量 mm	設計ひずみ量 mm	設計値に対して %	290 tf 時のひずみ量 mm
1	1.17	1.33	-12.0	1.41
2	1.20	1.33	-9.8	1.43
3	1.27	1.33	-4.5	1.52

して、3枚ともやや硬めであったが、回転ひずみ量の1.0 mmを上回り、全面載荷となるので、回転変形がおきても浮き上がることはないと考えられる。

6. 特 徴

プレスライド支承には通常のゴム被覆タイプゴム支承の特徴に加えて、次のような利点がある。

- 1) 桁の収縮量分を予め、ゴム支承のゴム部分でせん断変形させておく、予備せん断型の反力分散支承に比べ、適切なせん断ばねが得られる。
- 2) 構造が簡単であり、桁の移動に対する支承の滑動状況が明確である。
- 3) 条件に応じて、任意のせん断剛性および圧縮剛性が設定できる。
- 4) 形状寸法が任意に設計できる。
- 5) 鉛直荷重下でのせん断繰返しによる特性の変化が少ない。
- 6) 施工中に大地震が発生した場合でも、せん断防止板が破断する構造になっているため、水平力が分散させられ下部工に対する安全性が確保できる。
- 7) 経年後においてゴム支承の交換が必要となった場合でも、桁をジャッキアップすることによりゴム支承の交換が可能である。

7. 施工中における地震対策

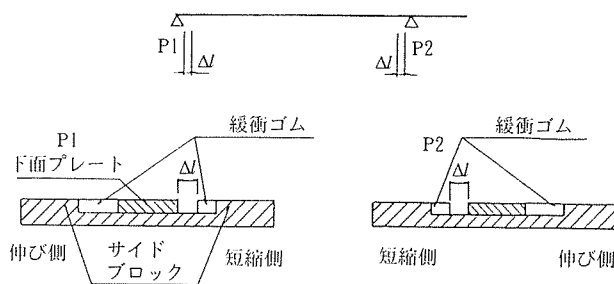
プレスライド支承は、施工時の桁架設中の移動量を滑動で対処する機構となっているため、万一、その期間に地震が発生した場合、そのままでは橋軸方向に下面プレートがすべり、サイドブロックに接触することにより、衝撃力が下部工に伝わり、損傷を招く恐れがある。そのため、施工中においても衝撃力を与えないような配慮が必要となる。

1) 緩衝ゴムを用いて衝撃力を緩和する

たとえば、第一径間を施工中、P1支承はP2方向へ、P2支承はP1方向へ短縮移動するので、下面プレートとサイドブロックの遊間において、その移動量分のみ隙間を明け、緩衝ゴムを設置することによって遊間を埋める。これにより、移動量分はなめらかにすべり、衝突する際の衝撃力を緩和し、両橋脚に伝達することができる。

2) せん断防止板の二段階構造

施工中におけるプレスライド支承のゴム部は、せん断変形防止構造のため、そのままでは地震時の慣性力を下部工のばね定数の高い箇所に集中させることになり、特定の下部工が危険となる。これを防ぐために、せん断防止板の構造を図-14のようにして、すべりの摩擦力に抵抗できるだけの強度とし、適度の水平力に対しては、



Δ = 予想される施工中の短縮移動量

図-14 緩衝ゴムの作用効果

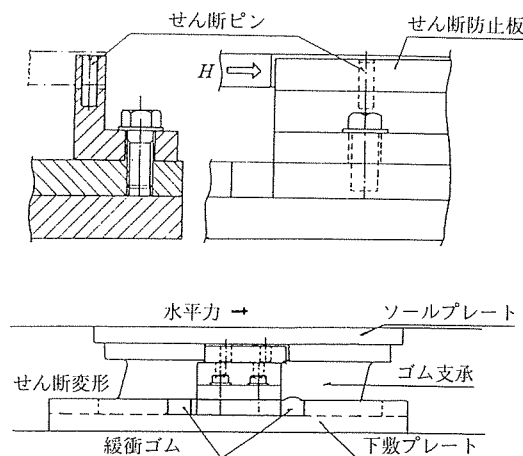


図-15 せん断ピンの作用効果

せん断ピンが破断して、ゴム部のせん断変形が可能となり、せん断剛性に応じて分散させることができる。

3) 試設計計算に対する検討結果

4.3の試設計に対して、桁架設段階における地震慣性力の影響を検討した結果を、表-7および表-8に示す。

架設時における設計水平震度： $K_H = 0.1 \times 1.25 = 0.125$ とする。

表-7 各径間施工時の死荷重反力

	(tf)				
	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5
設 計 値	553.36	1 285.62	1 298.40	1 629.50	666.55
第一径間 施工	455.76	728.30	—	—	—
第二径間 施工	379.42	1 005.82	783.14	—	—
第三径間 施工	441.94	989.86	1 132.06	889.96	—
第四径間 施工	442.08	988.92	1 135.20	1 260.68	552.08

表-8 架設時地震における各橋脚への水平力

	(tf)				
	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5
設 計 値	164.26	358.37	352.74	352.38	170.37
第一径間 施工	44.15	103.85	—	—	—
第二径間 施工	61.43	144.49	65.13	—	—
第三径間 施工	40.99	96.41	43.46	35.00	—
第四径間 施工	91.30	214.74	96.80	77.97	66.57

◇研究報告◇

ゴム支承は、せん断変形をおこさないとして橋脚のばねに比例して、各橋脚に伝達される。

検討の結果、いずれの施工段階においても、設計値を下まわり、安全性に問題はない。

8. あとがき

新しい構造形式を有する反力分散支承——プレスライド支承——について、この支承固有の機能を確認するための、スライド機能、せん断機能試験を行い、設計値と比較して摩擦係数が低く滑りやすい構造であることや、せん断ばね定数の値などの試験結果より、期待していた機能を発揮できる支承であることが確認できた。

さて、現在は、橋梁の長大化、多径間化にともない、地震時の慣性力をいかに効率よく各橋脚に分散できるかが大きな課題となっている。そこで、ゴム支承のせん断剛性を活用しての反力分散支承が開発・利用されているが、架設系の移動量の調整や、完成後の挙動に対して十分な機能を備えているとは言い難く、据付け施工後の調

整が不要で、維持管理が煩雑にならない支承の考案、開発を行う必要があると考えられる。

本支承においても、若干同様の問題を含んではいるが、ほかの分散支承に比べて滑動の挙動が明確であり、移動量に対する調整も簡便であると考えられる。

今後、プレスライド支承は、その実用化により挙動データ・調査データの蓄積を行い、さらに改良を加えることによって、反力分散支承として将来的に期待がもてるであろう。

参 考 文 献

- 1) 道路橋支承便覧，平成3年7月，日本道路協会
- 2) 道路橋示方書・同解説 I 共通編，平成2年2月，日本道路協会
- 3) 設計基準 第4部 構造物設計基準，平成元年12月，阪神高速道路公団
- 4) 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，平成2年2月，日本道路協会

【1993年5月19日受付】