

# PC 連結桁の設計に関する研究

## —ゴム支承の設計ばね定数について—

阪神高速道路公団 PC 構造物検討委員会\*

### 1. まえがき

阪神高速道路公団においては、都市内高架道路がおかれている周辺環境に適合した構造形式として PC 連結桁が多用されてきている。この PC 連結桁とは隣接する径間のプレキャスト単純桁を、中間橋脚上で現場打ちの鉄筋コンクリートによって連結した構造物であり、施工においては単純桁の容易さを持っている。また、連結構造にすることにより伸縮装置を減らし連続桁なみの走行性を有するもので、伸縮継手の維持補修から解放されるという長所をもつものである。

本報告は、連結桁の設計に用いる中間支点上のゴム支承のばね定数の標準的な値の設定を検討したもので、当公団の設計基準における支承設計最小反力を明確にしたことによる変更事項とその内容を示したものである。

すなわち、従来、連結桁の支承設計最小反力として、活荷重による負の反力の取扱いが不明確であった。この負の反力を考慮することにより、従来、設計基準のばね定数で求まっていたゴム支承の必要面積が得られないケースが生じることになった。このため、設計基準(60.4)に基づいて別途作成している PC 構造物標準図集では、設計基準の改定を前提として新しい数値を仮定したが、本報告では、その後の検討も含めているため、その値と異なっているので注意されたい。

以上の検討のため、昭和 60 年度 PC 構造物検討委員会(委員長：藤井 学 神戸大学助教授)において、まずゴム支承の支圧応力に関する実験を行い、応力集中の程度の把握、最小支圧応力時のゴム支承の機能(摩擦抵抗)を確認し、許容される最大、最小支圧応力度を検討した。

このあと PC 連結桁の中間支点上の支承に用いるばね定数の試算を行い、各種構造形式のばね定数を決めた。

以下にゴム支承実験の結果および PC 連結桁のゴム支承の圧縮ばね定数の適用範囲の検討、ゴム支承の設計手順について報告する。

### 1. ゴム支承に関する実験<sup>1)</sup>

#### 1.1 試験の概要

ゴム支承の挙動、特に、最大、最小支圧応力度の設定に関しての検討のため摩擦係数、圧縮特性、支圧応力分布状態、老化特性についての実験を行った。このうち老

表-1 試験概要

試験種類	測定項目						
	外観	寸法	圧縮荷重	圧縮変位	せん断荷重	せん断変位	引張荷重
① 摩擦係数	○	○			○	○	
② 圧縮特性	○	○	○	○			
③ 応力分布状態	○	○	○				
④ 老化特性	○	○			○	○	○

表-2 試験供試体

試験	名称	A, B, C		D	
		寸法	厚さ	寸法	厚さ
①	*-1-1	150×150	10×1	φ170	11×1
	*-1-2	"	10×2	"	11×2
②	*-2-1	200×150	12×1	φ200	14×1
	*-2-2	"	12×2	"	14×2
	*-2-3	"	12×3	"	14×3
	*-2-4	350×262.5	12×1	φ350	14×1
	*-2-5	"	12×3	"	14×2
	*-2-6	600×400	12×1	φ560	14×1
	*-2-7	"	12×3	"	14×3
④	*-4-1	150×150	10×1	φ170	11×1

注) A, B: CR1 種, C: CR2 種, D: NR

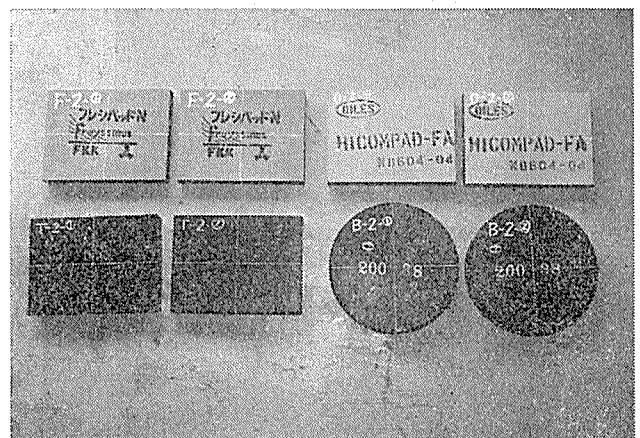
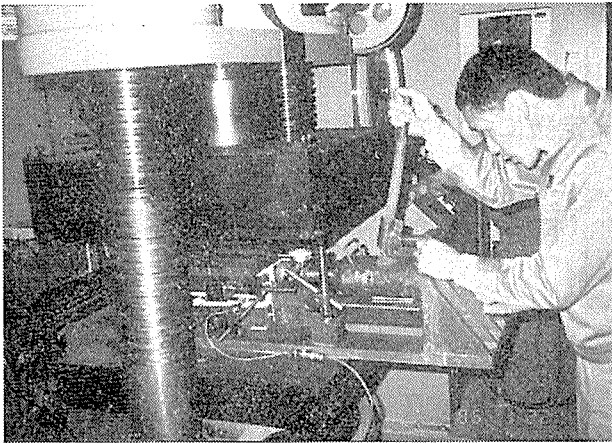


写真-1 各供試体の一部

\* 阪神高速道路公団委託委員会  
委員長 藤井 学(神戸大学助教授)



写真—2 摩擦測定の様子



写真—4 圧縮試験後の各供試体

化特性についての詳細は、紙面の関係で省略した。

### 2.1 試験の概要

本試験では、ゴム支承の材質を CR 1 種、CR 2 種および NR の 3 種類とし、CR 系は矩形、NR 系は円形とした。試験の内容および測定項目を表—1 に示す。

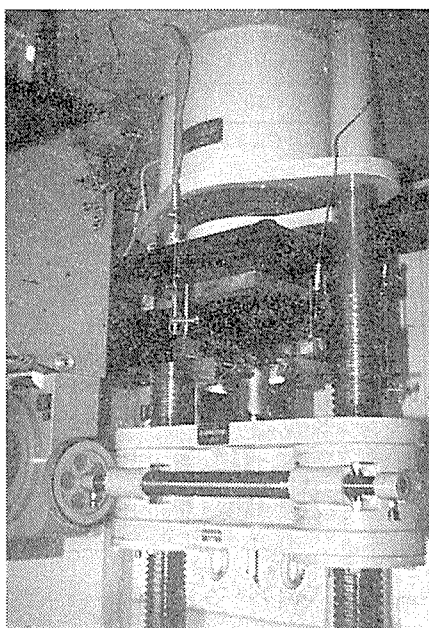
### 2.2 試験内容

#### (1) 摩擦係数の測定

支圧応力度を  $\sigma_c = 30, 20, 10 \text{ kg/cm}^2$  に保持し、それぞれの載荷条件において水平荷重を作用させて、各タイプのゴム沓の摩擦係数の測定を行った。供試体の相手材は上下ともコンクリート面とし、上は、ベニヤ型枠、鋼製型枠、下はコテ仕上げの条件による 2 通りとした。

#### (2) 圧縮試験

300 ton および 3000 ton の圧縮試験機を用いて、各タイプ別ゴム沓の形状係数別、積層別の支圧応力度と圧縮ひずみ量を測定した。圧縮荷重は試験機の最大能力ま



写真—3 圧縮試験の様子

で載荷し、その途中に抑制層の破損やゴムの剝離、亀裂等の異状を観察した。

#### (3) 応力分布状態の測定

圧縮試験に使用した 3 つの形状係数の供試体のうちから 3 層のものを使用して、ゴム支承の上面に圧力判別シート（低圧  $50 \text{ kg/cm}^2$  用、中圧  $80 \text{ kg/cm}^2$  用）を介在させ、各々の感圧応力での応力分布状態をみた。

### 2.3 試験結果

#### (1) 摩擦係数

平均支圧応力度  $\sigma = 10 \text{ kg/cm}^2$  では、各供試体の摩擦係数は A 供試体  $\mu = 0.49 \sim 0.68$  (ゴム厚の 118%~112% 変形時に滑動)、B 供試体  $\mu = 0.63 \sim 0.77$  (同 97%~115%)、C 供試体  $\mu = 0.57 \sim 0.70$  (同 83.6%~111%)、D 供試体  $\mu = 0.76 \sim 0.78$  (同 108%~109%) 程度となり、支承便覧に示される  $\mu = 0.40 \sim 0.55$  は確保されている (平均支圧応力度  $\sigma_{\min} = 15 \text{ kg/cm}^2$  とした時の  $\mu$  値)。また、ゴム厚の 70% 変形時では、すべての支承について滑りは発生していない。

平均支圧応力度  $\sigma \geq 20 \text{ kg/cm}^2$  では、ゴム層厚の 150% せん断変形まで滑りは発生しなかった。

摩擦抵抗は、コテ対ベニヤ型枠の方がコテ対鋼製型枠のものより高くなる傾向を示した。

#### (2) 圧縮特性

圧縮破壊強度は 1 層 > 2 層 > 3 層の傾向である。破壊現象は、内蔵されているフープ筋 (D 供試体) あるいは鋼板がゴムの膨出により引張られ破断したものである。

各供試体について、その破壊強度 ( $\sigma_f$ ) と許容支圧応力度 ( $\sigma_a$ ) を仮定した場合の安全率 ( $\sigma_f/\sigma_a$ ) を表—3 に示す。

#### (3) 応力分布状態

作用支圧応力度  $\sigma = 80 \text{ kg/cm}^2$  の場合に注目すると全支承面積に比べ、圧力判別シートの発色域が 70% 前後

表-3 破壊強度と安全率

供試体 No.	積層	破壊強度 $\sigma_f$ (kg/cm <sup>2</sup> )	安全率 $\sigma_f/\sigma_a$			
			$\sigma_a=50$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_a=60$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_a=70$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_a=80$ kg/cm <sup>2</sup>
A-2-2	12×2	851.7	17.03	14.20	12.17	10.65
B-2-2	"	861.7	17.23	14.36	12.31	10.77
C-2-2	"	758.3	15.17	12.64	10.83	9.48
D-2-2	14×2	324.8	6.50	5.41	4.64	4.06
A-2-3	12×3	676.7	13.53	11.28	9.67	8.46
B-2-3	"	686.7	13.73	11.45	9.81	8.58
D-2-3	14×3	285.0	5.70	4.75	4.07	3.56
A-2-5	12×3	862.9	17.26	14.38	12.33	10.79
B-2-5	"	640.9	17.82	10.68	9.16	8.01
C-2-5	"	896.6	17.93	14.94	12.81	11.21
D-2-5	14×3	423.3	8.47	7.06	6.05	5.29
A-2-7	12×3	752.9	15.06	12.55	10.76	9.41
B-2-7	"	821.7	16.43	13.70	11.74	10.27
C-2-7	"	1241.3	24.83	20.69	17.73	15.52
D-2-7	14×3	447.8	8.96	7.46	6.40	5.60

となる。圧力判別シートを用いた場合、特に弾性体に対してはその発色からは正確に発生応力は読み取れないが、仮に平均応力度を求めると 105~120 kg/cm<sup>2</sup> 程度の応力が作用していることがわかる。

また、ゴム支承メーカー各社の社内技術資料<sup>2)~5)</sup>には、加圧応力の 1.4~1.7 倍程度の部分的な応力が発生しているとしている。

### 2.4 まとめ

#### (1) 許容最小支圧応力度

最小支圧応力度の許容値を決定するには、安全率をいくらにするかが大きな要因となるが、仮に安全率  $F=1.2$  を採用すると現行の 15 kg/cm<sup>2</sup> が妥当であると思われる。

#### (2) 許容最大支圧応力度

最大支圧応力度も安全率の決定が最大要因であり、これについて多数の異なる意見があり決定し難い。仮にコンクリート構造物と同様、安全率  $F=3.0$  とすれば平均支圧応力度 80 kg/cm<sup>2</sup> までは可能であるが、判定シートの発色域の出方のバラツキや、応力分布の集中性が考えられることにより、安全性を考え許容最大支圧応力度 60 kg/cm<sup>2</sup> の値を設定するのが良いと思われる。

### 3. ゴム支承のばね定数の適用範囲の検討

従来、連結桁の設計において中間支点上のゴム支承のばね定数は、設計基準で設定された標準的な値を用いて実施してきた。これより求めた最小支承反力として、死荷重、または、死荷重+最小活荷重(「負反力を与える活荷重」以下最小活荷重という)のうち、死荷重+最小活荷重を考慮すると問題が生じるケースができた。

このため、本章では、前章で示したゴム支承の最大、

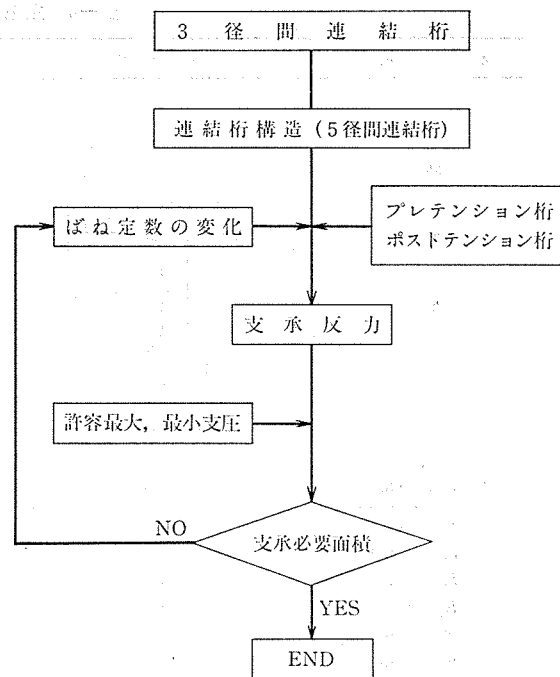


図-1 ゴム支承の検討フロー

最小支圧応力度の条件下で、ゴム支承のばね定数を見直すこととした。

検討フローは、図-1 のとおりである。

### 3.1 連結桁の断面力算定

#### (1) 試算条件

検討対象は、当団の標準幅員 19m で、表-4 の諸

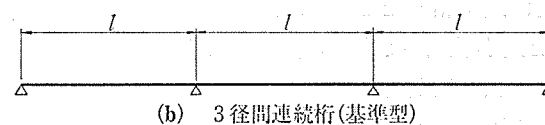
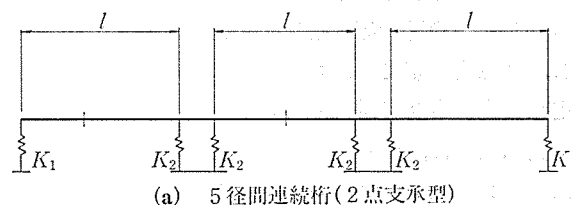
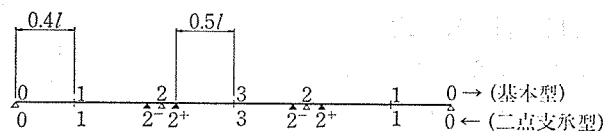


図-2 支間割り



着目点	側径間 0.4l	中間支点	中央径間 0.5l
基準型	1	2	3
二点支承型	1	2- 2+	3

図-3 設計断面位置

表-4 主桁断面の形状寸法

種 別	プレテンション桁	ポストテンション合成桁	ポストテンション非合成桁
断 面 形 状			
スパン l (m)	20.0	25.0 30.0 35.0 40.0	25.0 30.0 35.0 40.0
H (cm)	100	160 190 220 250	140 170 195 225
H1 (cm)	53	80 107 137 167	54 84 109 139
H2 (cm)	4	10 13 13 13	15 15 15 15
BL (cm)	35	65 70 70 70	50 50 50 50
BU (cm)	75	80 100 100 100	150 150 150 150
B0 (cm)	15	18 20 20 20	18 20 20 20
B1 (cm)	10	23.5 25 25 25	16 15 15 15
B2 (cm)	30	31 40 40 40	21 20 20 20

元の主桁が配置された直橋（3径間連続桁）とした。断面力算定には、その構造系を実構造物に忠実なばね支承上の、5径間連続桁〔2点支承型〕（図-2(a)）と中間橋脚上の2点支承を仮想の1点支承に置き換えた3径間連続桁〔標準型〕（図-2(b)）とし、図-3の位置での設計断面力を比較した。なお、2点支承型では、ゴム支承のばね定数を変化させて試算している。また、支承反力は、ザットラー修正を行ったギョンマゾネ理論から求めた。

(2) ばね定数変化による支承反力  
 支承反力の計算としては、最大支承反力と最小支承反力（死荷重または「死荷重+最小活荷重」）について行った。以下ばね定数を変化させた場合の支承反力について表-5~7に示す。

3.2 ゴム支承の必要面積

(1) 計算式

ばね定数を変化させた場合の支承反力を用いて、ゴム支承の許容最大支圧応力度、許容最小支圧応力度を満足するゴム支承の設計を行う。

すなわち ゴム支承の面積 A は、次式を満足しなければならない。

$$A_2 \geq A \geq A_1 \dots\dots\dots(1)$$

表-5 ばね定数を変化させた場合のプレテンション桁反力一覧

スパン	種別	ばね定数 (t/cm)			着目点			中間支点反力	
		端支点 (K1)	中間支点 (K2)	max min	0 (t)	2- (t)	2+ (t)	max (t)	min (t)
20m	0	基準型		max min	22.3 (100) 11.3 (100)	30.6 (100) 12.3 (100)	30.1 (98) 11.8 (96)	30.6	11.8
	1	100	100	max min	22.2 (100) 11.3 (100)	24.7 (81) 14.1 (115)	22.1 (72) 11.5 (94)	24.7	11.5
	2	200	200	max min	22.2 (100) 11.4 (101)	28.1 (92) 13.2 (107)	23.2 (76) 10.1 (82)	18.1	10.1
	3	250	250	max min	22.2 (100) 11.4 (101)	29.7 (97) 12.6 (102)	23.9 (78) 9.1 (74)	29.7	9.1
	4	300	300	max min	22.4 (100) 11.4 (101)	31.3 (102) 11.9 (97)	24.6 (80) 7.8 (63)	31.3	7.8
	5	350	350	max min	22.4 (100) 11.4 (101)	32.9 (108) 11.3 (92)	25.4 (83) 6.8 (55)	32.9	6.8
	6	100	250	max min	22.2 (100) 11.4 (101)	29.9 (98) 12.6 (102)	23.9 (79) 9.0 (76)	29.9	9.0
	7	1000	250	max min	22.2 (100) 11.4 (101)	29.6 (97) 12.5 (102)	23.9 (79) 8.3 (70)	29.6	8.3
	8	∞	250	max min	22.2 (100) 11.4 (101)	29.6 (97) 12.5 (102)	24.0 (80) 8.3 (70)	29.6	8.3

( ) の値は基準型に対する二点支承型の百分率  
 基準型反力は一支承反力×その値  
 中間支点反力 min の上段は死荷重のみ、下段は死荷重+活荷重

$$A_1 = R_{max} / \sigma_{max}, A_2 = R_{min} / \sigma_{min} \dots\dots\dots(2)$$

ここに、A : ゴム支承所要面積 (cm<sup>2</sup>)

A1 : 最大支圧応力度  $\sigma_{max}$  から決まるゴム支承面積 (cm<sup>2</sup>)

A2 : 最小支圧応力  $\sigma_{min}$  から決まるゴム支承

表-6 ばね定数を変化させた場合のポストテンション合成桁反力一覧表

スパン	着目点		2-		2+		設計反力(t)		スパン	着目点		2-		2+		設計反力(t)	
	ばね定数K		(t)	( )	(t)	( )	max	min		ばね定数K		(t)	( )	(t)	( )	max	min
25 m	基準型	max	110.5	(100)	110.4	( 99)		60.3	35 m	基準型	max	160.2	(100)	160.1	(100)		96.8
		min	55.0	(100)	54.9	(100)	110.5	54.9			min	90.5	(100)	90.4	(100)	160.2	90.4
	600 t/cm	max	91.8	( 83)	86.2	( 78)		62.6		600 t/cm	max	140.3	( 88)	133.3	( 83)		94.5
		min	62.5	(114)	53.5	( 97)	91.8	53.5			min	99.3	(110)	88.5	( 98)	140.3	88.5
	800 t/cm	max	94.8	( 85)	86.8	( 78)		57.9		800 t/cm	max	143.3	( 89)	133.5	( 83)		93.7
		min	62.1	(113)	51.8	( 94)	94.8	51.8			min	98.9	(109)	86.4	( 95)	143.3	86.4
1000 t/cm	max	98.2	( 88)	87.7	( 79)		57.3	1000 t/cm	max	146.6	( 91)	134.5	( 84)		93.0		
	min	61.1	(111)	49.6	( 90)	98.2	49.6		min	97.8	(108)	83.7	( 92)	146.6	83.7		
1200 t/cm	max	101.6	( 91)	88.8	( 80)		56.7	1200 t/cm	max	150.1	( 94)	135.6	( 85)		92.3		
	min	59.8	(109)	47.4	( 86)	101.6	47.4		min	96.3	(106)	80.7	( 89)	150.1	80.7		
1800 t/cm	max	111.5	(100)	92.7	( 83)		55.2	1800 t/cm	max	160.3	(100)	139.7	( 87)		90.3		
	min	55.6	(101)	38.7	( 70)	111.5	38.7		min	91.4	(101)	70.0	( 77)	160.3	70.0		
30 m	基準型	max	134.2	(100)	134.1	(100)		79.0	40 m	基準型	max	187.2	(100)	187.1	(100)		115.5
		min	73.2	(100)	73.1	(100)	134.2	73.1			min	108.7	(100)	108.5	(100)	187.1	108.5
	600 t/cm	max	115.0	( 86)	109.3	( 81)		77.0		600 t/cm	max	165.1	( 88)	157.3	( 84)		113.0
		min	81.0	(111)	71.7	( 98)	115.0	71.7			min	118.3	(109)	106.5	( 98)	165.1	106.5
	800 t/cm	max	117.4	( 87)	109.6	( 82)		76.4		800 t/cm	max	168.2	( 90)	157.3	( 84)		112.1
		min	81.1	(111)	70.2	( 96)	117.4	70.2			min	118.2	(109)	104.3	( 96)	168.2	104.3
1000 t/cm	max	120.1	( 89)	110.3	( 82)		75.8	1000 t/cm	max	171.8	( 92)	158.2	( 84)		111.3		
	min	80.3	(110)	68.1	( 93)	120.1	68.1		min	117.1	(108)	101.3	( 93)	171.8	101.3		
1200 t/cm	max	123.0	( 92)	111.3	( 83)		75.2	1200 t/cm	max	175.6	( 94)	159.3	( 85)		110.5		
	min	79.1	(108)	65.7	( 90)	123.0	65.7		min	115.7	(106)	98.0	( 90)	175.6	98.0		
1800 t/cm	max	132.1	( 98)	114.8	( 86)		73.5	1800 t/cm	max	186.7	(100)	163.6	( 87)		108.3		
	min	74.8	(102)	57.1	( 78)	132.1	57.1		min	110.4	(102)	86.4	( 79)	186.7	86.4		

( ) の値は基準型に対する二点支承型の百分率  
 基準型反力は一支承反力×1/2 の値  
 設計反力 min の上段は死荷重のみ、下段は死荷重+活荷重

面積 (cm<sup>2</sup>)

$\sigma_{max}$  : 許容最大支圧応力度 (kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma_{min}$  : 許容最小支圧応力度 (kg/cm<sup>2</sup>)

$R_{max}$  : 最大支承反力 (kg)

$R_{min}$  : 最小支承反力 (kg)

(2) 検討ケース

ゴム支承の必要面積については、次の3ケースについて検討を行った。

I. CASE 1+CASE 3

II. CASE 1+CASE 4

III. CASE 2+CASE 4

ただし、CASE 1: 最大支圧応力度 50 kg/cm<sup>2</sup> に対する必要面積

CASE 2: 最大支圧応力度 60 kg/cm<sup>2</sup> に対する必要面積

CASE 3: 最小支圧応力度 15 kg/cm<sup>2</sup> に対する必要面積 (最小活荷重無視)

CASE 4: 最小支圧応力度 15 kg/cm<sup>2</sup> に対する必要面積 (最小活荷重考慮)

計算結果を表-8~表-10 と 図-4~図-6 に示す。

表-8 プレテンション桁必要面積一覧表

ばね定数 (t/cm)		100	200	250	300	350
必要面積 (cm <sup>2</sup> )						
A <sub>1</sub>	CASE 1	494	562	594	626	658
	CASE 2	412	469	496	523	549
A <sub>2</sub>	CASE 3	854	827	820	807	800
	CASE 4	767	674	607	520	454

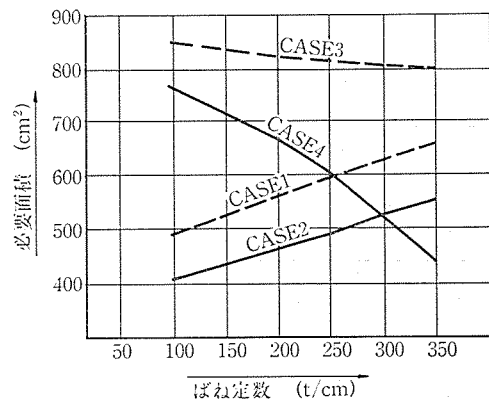


図-4 プレテンション桁ゴム支承の適用範囲

(3) 考察

最大支圧応力度 50 kg/cm<sup>2</sup> (CASE 1), 最小支圧応力

表-7 ばね定数を変化させた場合のポストテンション非合成桁反力一覧表

スパン	着目点		2-		2+		設計反力(t)		スパン	着目点		2-		2+		設計反力(t)	
	ばね定数K		(t)		(t)		max	min		ばね定数K		(t)		(t)		max	min
25 m	基準型	max	79.4	(100)	79.4	(100)	79.4	+0.3	35 m	基準型	max	110.7	(100)	110.7	(100)	110.7	62.1
		min	36.1	(100)	36.2	(100)					57.1	(100)	57.1	(100)	110.7		
	600 t/cm	max	77.8	( 98)	64.4	( 81)	77.8	36.6		600 t/cm	max	106.2	( 96)	92.3	( 83)	106.2	57.8
		min	37.7	(104)	25.7	( 11)					59.9	(105)	45.9	( 80)	106.2		
	800 t/cm	max	84.4	(106)	67.5	( 85)	84.4	35.6		800 t/cm	max	112.9	(102)	95.1	( 86)	112.9	56.6
		min	34.8	( 96)	19.4	( 54)					56.7	( 99)	38.4	( 83)	112.9		
1000 t/cm	max	90.4	(114)	70.3	( 89)	90.4	34.6	1000 t/cm	max	119.9	(108)	97.9	( 88)	119.9	55.4		
	min	32.0	( 89)	13.5	( 37)				53.5	( 94)	31.3	( 55)	119.9			31.3	
1200 t/cm	max	96.1	(121)	73.0	( 92)	96.1	33.8	1200 t/cm	max	126.7	(114)	100.5	( 91)	126.7	54.3		
	min	29.5	( 82)	8.1	( 22)				50.3	( 88)	24.5	( 43)	126.7			24.5	
1800 t/cm	max	110.7	(139)	79.8	(101)	110.7	31.6	1800 t/cm	max	145.2	(131)	107.7	( 97)	145.2	51.5		
	min	22.8	( 63)	-6.1	(-17)				42.1	( 74)	6.6	( 12)	145.2			6.6	
30 m	基準型	max	94.6	(100)	94.6	(100)	94.6	51.0	40 m	基準型	max	130.2	(100)	130.1	(100)	130.2	75.1
		min	46.4	(100)	46.4	(100)					69.8	(100)	69.7	(100)	130.2		
	600 t/cm	max	89.2	( 94)	76.4	( 81)	89.2	47.3		600 t/cm	max	123.1	( 95)	108.4	( 83)	123.1	70.6
		min	49.5	(107)	37.5	( 81)					74.0	(106)	59.0	( 85)	123.1		
	800 t/cm	max	95.9	(101)	79.0	( 84)	95.9	46.2		800 t/cm	max	130.1	(100)	111.2	( 85)	130.1	69.3
		min	46.6	(100)	31.0	( 67)					70.8	(101)	51.6	( 74)	130.1		
1000 t/cm	max	102.2	(108)	81.7	( 86)	102.2	45.2	1000 t/cm	max	136.8	(105)	113.9	( 88)	136.8	68.1		
	min	43.9	( 95)	24.8	( 53)				67.6	( 97)	44.2	( 63)	136.8			44.2	
1200 t/cm	max	108.3	(114)	84.4	( 89)	108.3	44.2	1200 t/cm	max	143.3	(110)	116.6	( 90)	143.3	66.9		
	min	41.2	( 89)	18.9	( 41)				64.4	( 92)	37.0	( 53)	143.3			37.0	
1800 t/cm	max	124.5	(132)	91.8	( 97)	124.5	41.7	1800 t/cm	max	162.4	(125)	124.0	( 95)	162.4	63.7		
	min	34.0	( 73)	3.2	( 7)				55.6	( 80)	17.5	( 25)	162.4			17.5	

( ) の値は基準型に対する二点支承型の百分率  
 基準型反力は一支反力×1/2 の値  
 設計反力 min の上段は死荷重のみ、下段は死荷重+活荷重

表-9 ポストテンション合成桁必要面積一覧表

スパン	ばね定数 (t/cm)		600	800	1000	1200	1800
	必要面積 (cm <sup>2</sup> )						
25 m	A <sub>1</sub>	CASE 1	1836	1896	1964	2032	2230
		CASE 2	1533	1583	1640	1697	1862
	A <sub>2</sub>	CASE 3	3900	3862	3822	3782	3682
		CASE 4	3567	3455	3308	3162	2581
30 m	A <sub>1</sub>	CASE 1	2300	2348	2402	2460	2642
		CASE 2	1921	1961	2006	2054	2206
	A <sub>2</sub>	CASE 3	5135	5096	5056	5016	4902
		CASE 4	4782	4682	4542	4382	3809
35 m	A <sub>1</sub>	CASE 1	2806	2866	2932	3002	3206
		CASE 2	2343	2393	2448	2507	2677
	A <sub>2</sub>	CASE 3	6303	6250	6203	6156	6023
		CASE 4	5903	5763	5583	5383	4669
40 m	A <sub>1</sub>	CASE 1	3302	3364	3436	3512	3734
		CASE 2	2757	2809	2869	2933	3118
	A <sub>2</sub>	CASE 3	7537	7477	7424	7370	7224
		CASE 4	7104	6957	6757	6537	5763

表-10 ポストテンション非合成桁必要面積一覧表

スパン	ばね定数 (t/cm)		600	800	1000	1200	1800
	必要面積 (cm <sup>2</sup> )						
25 m	A <sub>1</sub>	CASE 1	1556	1688	1808	1922	2214
		CASE 2	1299	1409	1510	1605	1849
	A <sub>2</sub>	CASE 3	2441	2375	2308	2254	2108
		CASE 4	1714	1294	900	540	407
30 m	A <sub>1</sub>	CASE 1	1784	1918	2044	2166	2490
		CASE 2	1490	1602	1707	1809	2079
	A <sub>2</sub>	CASE 3	3153	3082	3015	2948	2781
		CASE 4	2500	2068	1654	1261	213
35 m	A <sub>1</sub>	CASE 1	2124	2258	2398	2534	2904
		CASE 2	1774	1885	2002	2116	2425
	A <sub>2</sub>	CASE 3	3855	3775	3695	3622	3435
		CASE 4	3062	2561	2088	1634	440
40 m	A <sub>1</sub>	CASE 1	2462	2602	2736	2866	3248
		CASE 2	2056	2173	2285	2393	2712
	A <sub>2</sub>	CASE 3	4709	4622	4542	4462	4249
		CASE 4	3935	3442	2948	2468	1167

度 15 kg/cm<sup>2</sup> (CASE 3) の条件を満足するゴム支承のばね定数について、図-4~図-6 より 推定すると、活荷重による最小反力を考慮しない場合 (CASE 3)、した

場合 (CASE 4) は表-11 のようになり、現行設計基準の値 (表-12) と比較すると、プレテンション桁、ポストテンション桁のばね定数が満足されない (CASE 1+

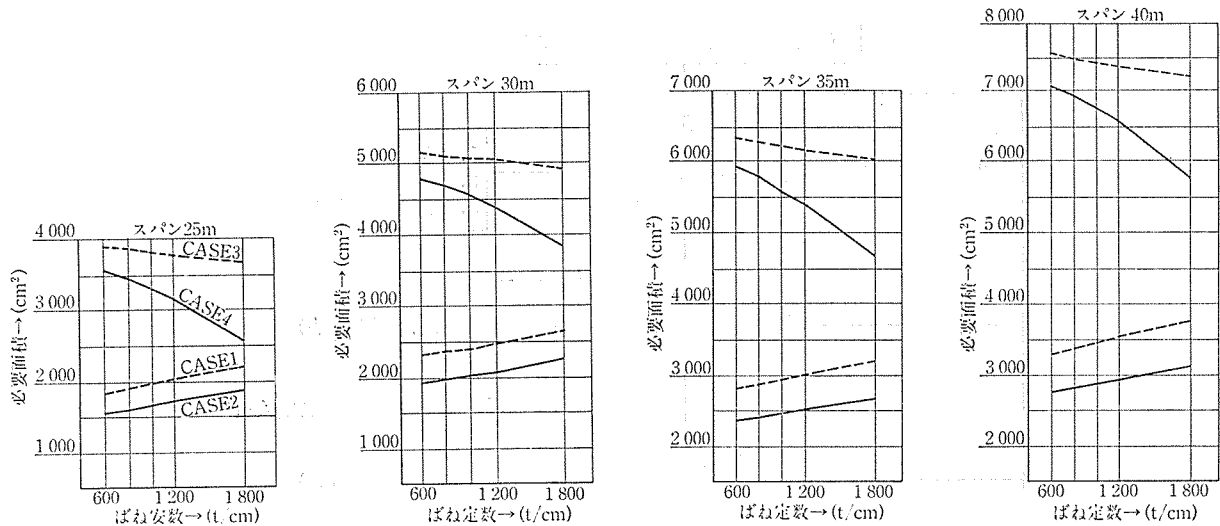


図-5 ポストテンション合成桁ゴム支承の適用範囲

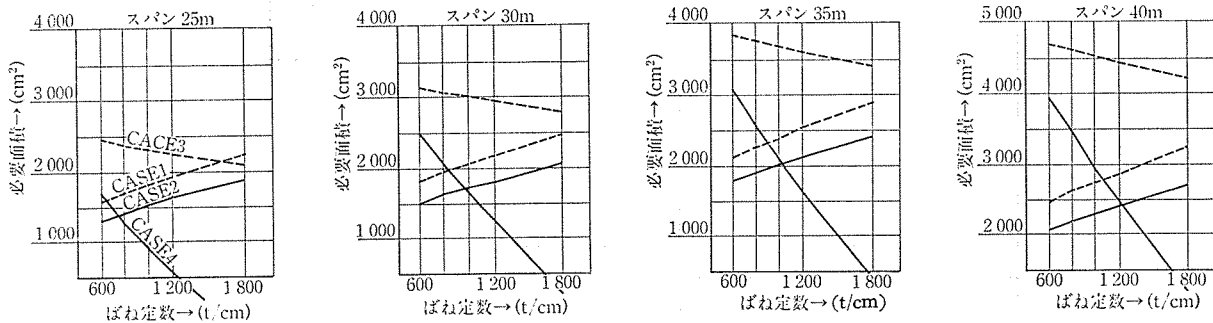


図-6 ポストテンション非合成桁ゴム支承の適用範囲

表-11 ゴム支承のばね定数

桁区分	CASE (1+3)	CASE (1+4)
プレテンション桁	450 t/cm	250 t/cm
ポストテンション合成桁	4 400 t/cm	2 150 t/cm
ポストテンション非合成桁	1 600 t/cm	650 t/cm

表-12 ゴム支承のばね定数

桁区分	現行基準	CASE (2+4)	最終(案)
プレテンション桁	280 t/cm	290 t/cm	250 t/cm
ポストテンション合成桁	1 200 t/cm	2 400 t/cm	1 200 t/cm
ポストテンション非合成桁	1 000 t/cm	750 t/cm	700 t/cm

CASE 4)。

一方、実験結果より示された最大支圧応力度  $60 \text{ kg/cm}^2$  (CASE 2)、最小支圧応力度  $15 \text{ kg/cm}^2$  (CASE 4) の場合について、式 (1) を満足するばね定数は、表-12 の CASE (2+4) 欄となった。

以上の検討の結果、当公団での連結桁中間支点上のゴム支承のばね定数としては、表-12 の最終案とした。

これらの値は、構造系変化にも対応できるよう少し余裕をもたせたものである。なお、ポストテンション合成桁のばね定数は、計算上 2 150 t/cm まで可能であるが、

ゴムの材質を考慮すると 1 200 t/cm 以下の方が望ましく、試算上 1 200 t/cm で不合理が生じていないので 1 200 t/cm とした。また、設計条件によって最大支圧応力  $60 \text{ kg/cm}^2$  (CASE 2) と最小支圧応力  $15 \text{ kg/cm}^2$  (CASE 4) で、必要面積が満足できない場合、最大支圧応力度  $60 \text{ kg/cm}^2$  (CASE 2) を満足できる面積の支承を用い、最小支圧応力度を満足しない対策として、支承自体を上、下部工に固定できる構造を用いることも考えられる。

#### 4. ゴム支承の設計

以上で、本報告の検討は終わるが、連結桁のゴム支承設計は、端支点と中間支点とで取扱いが変化しており、複雑な面があるので、参考として当公団における PC 連結桁のゴム支承の設計手順を示す (図-7)。

なお、図中の基準とは、当公団の設計基準 (第 2 部、第 3 部) を示す。

#### 5. あとがき

PC 連結桁の中間支点支承に、連結桁としての負反力が生じる活荷重載荷による最小反力でのゴム支承の設計が問題となった。このため、今回許容最小、最大支圧応

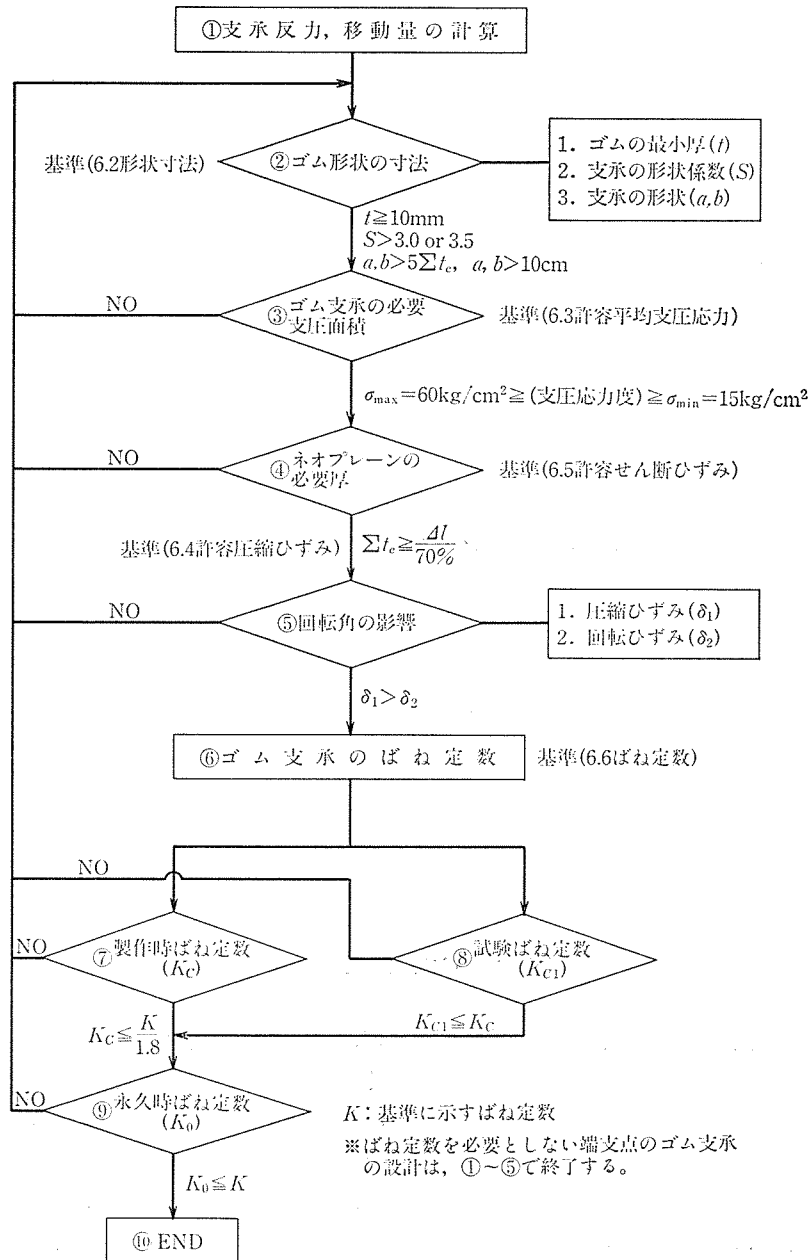


図-7 ゴム支承の設計手順

力をゴム支承実験から検討した。そして、その結果を用いて仮定ばね定数による連結桁の反力から可能なゴム支承面積を求めていき、設計に用いるばね定数を検討した。これらの検討結果として、標準的な取扱いにおいて、

- 1) 許容最小支圧応力度は、15 kg/cm<sup>2</sup>、許容最大支圧応力度は、60 kg/cm<sup>2</sup> とする。
- 2) 連結桁断面力算定に用いる中間支点ばね定数は、前掲表-12の最終案の値として提唱するものとした。

本報告を終わるにあたって、末筆ながら、支承実験に

協力された皆様、議論に参加下さいました委員会の方々に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) PC 構造物検討委員会：“ゴム支承の試験報告書”，PC 構造物の設計施工に関する検討業務（その3）No. 6, 阪神高速道路公団, 昭和61年9月
- 2) “ナジミ層を有する DSF パット（フレッシュパット）”, 東京ファブリック工業株式会社
- 3) “水平反力分散用リング沓”, 株式会社 BBM
- 4) “ゴム支承体の設計施工”, 極東鋼弦 コンクリート 振興株式会社
- 5) “技術資料”, オイレス工業株式会社

【昭和62年2月23日受付】