



### 3. 設計概要

一般構造図を図-1に、使用材料の強度および許容応力度を表-1に示す。

コンクリート		400 kg/cm <sup>2</sup>	PC 鋼材		12 T 15.2 mm
設計基準強度		400 kg/cm <sup>2</sup>	引張鋼材		12 T 15.2 mm
許容曲げ圧縮応力度	導入直後 設計荷重時	180 140	降伏点応力度		140 kg/mm <sup>2</sup>
許容曲げ引張応力度	導入直後 静荷重時 設計荷重時	-15 0 -15	許容引張応力度	初引張時 導入直後 設計荷重時	126 116 99
許容せん断応力度	設計荷重時 終局荷重時	5.5 53	圧縮鋼材		φ 32 mm (SBPR 95/110)
許容斜引張応力度	設計荷重時	-10	圧縮降伏点応力度		-95 kg/mm <sup>2</sup>
プレストレスを与える時の圧縮応力度		340	許容圧縮応力度	設計荷重時	-66

表-1 材料強度および許容応力度

桁高支間比1/37とした場合、従来のポストテンション方式による設計では、桁上縁側の圧縮応力度が許容値を満足しないため、本橋では、主桁上縁側に圧縮鋼棒φ32mm (SBPR95/110)を配置することで対処している。設計荷重時の合成応力度を表-2、図-2に示す。

		(kg/cm <sup>2</sup> )					
		プレストレス導入直後		静荷重時		設計荷重時	
		上縁	下縁	上縁	下縁	上縁	下縁
圧縮鋼材	直後プレストレス	-92.4	20.0	—	—	—	—
	有効プレストレス	—	—	-131.1	28.4	-131.1	-28.4
引張鋼材	直後プレストレス	-79.1	419.6	—	—	—	—
	有効プレストレス	—	—	-64.9	344.5	-64.9	344.5
主桁自重		245.0	-286.2	245.0	-286.2	245.0	-286.2
橋面荷重		—	—	44.6	-49.6	44.6	-49.3
群集荷重		—	—	—	—	44.0	-48.7
合計		73.5	153.4	93.6	37.4	137.6	-11.3
許容値		>-15	<180	<140	>0	<140	>-15

表-2 合成応力度

バイプレ方式を採用することで、低桁高が可能となるが、主桁剛度の低下は避けられないものである。したがって、橋の振動やたわみに対する検討が重要となってくる。

本橋では、橋の振動について計算上の検討および実橋の振動試験による確認を行った。以下に、振動に対する検討および振動試験結果について述べる。

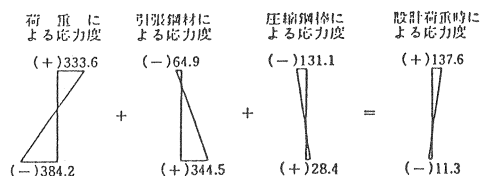


図-2 設計荷重時応力度図

#### 4. 振動試験

本橋は、歩道橋であるため「立体横断施設技術基準」により振動に対する検討を行なった。通常歩行者の歩調は老若男女を問わず、ほぼ、2 Hzであるため、橋に与える力も2 Hzの周期力とみなして差し支えない。したがって、歩道橋のたわみ振動の固有振動数が2 Hzに近い場合には、たわみ振動の振幅が大きくなり、歩行者に対する不快感を増す。たわみ振動の固有振動数は、次式により求めた。

$$f = 1/2 \pi \cdot (n \pi / L)^2 \cdot \sqrt{EI/\bar{m}}$$

f : 固有振動数 (Hz)

L : 支間長 (m)

EI : けたの剛度 (t m<sup>2</sup>)

m : けたの単位長さあたりの質量 (t/m)

n : 振動モードの次数

計算上では、n = 1 のとき f = 1.16 Hz

n = 2 のとき f = 4.62 Hz

となり、前記基準による2 Hz前後(1.5~2.3 Hz)の範囲内にならないため、歩行者に対する不快感はないものといえる。

橋梁完成後、上記結果の確認のため実橋による振動試験を行なった。

測定手順および測定位置を図-3、図-4に示す。

常時微動測定時における上下振動のパワースペクトル図を図-5に示す。これによると、1次から3次モードまでの固有振動数が明確に示されている。

固有振動数は、1次モードで f = 1.23 Hz (計算値 1.16 Hz)

2次モードで f = 3.74 Hz ( " 4.62 Hz)

となっており、計算値とほぼ近い値であり、1.5~2.3 Hzの範囲外にある。

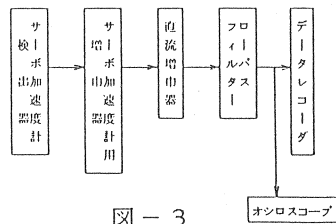


図-3

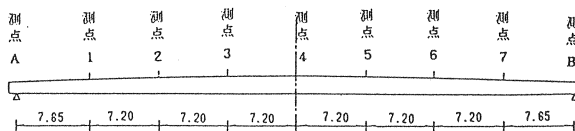


図-4

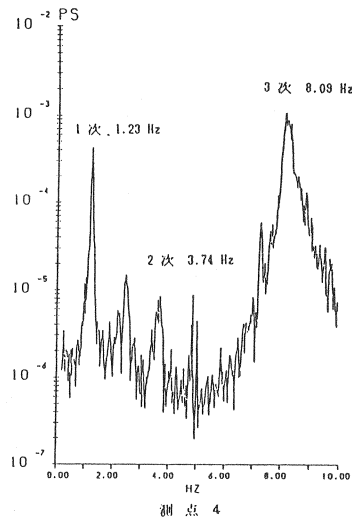
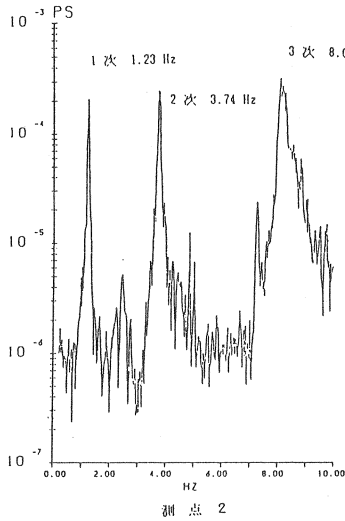


図-5 パワースペクトル図(常時微動-上下振動)

表-3に、1人歩行時および3人走行時の最大加速度を示す。これによると、上下振動2次が卓越していることが判る。これより、各応答速度を計算すると

1人歩行時

$$\begin{aligned} v &= 10.9 / 2 \pi f \\ &= 10.9 / 2 \cdot \pi \cdot 3.74 \\ &= 0.46 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

3人走行時

$$\begin{aligned} v &= 19.7 / 2 \pi f \\ &= 19.7 / 2 \cdot \pi \cdot 3.74 \\ &= 0.84 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

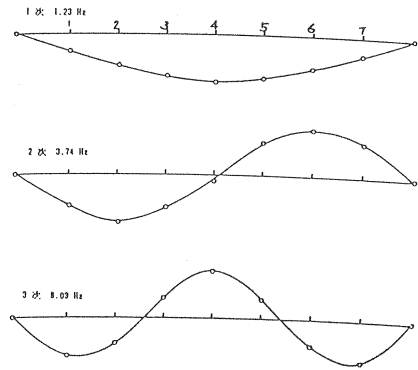


図-6 変位モード図(常時微動-上下振動)

となり、振動便覧に提案値として示されている不快と感じる応答速度 2.4cm/s以下であるため、使用性上の問題はないといえる。

以上の振動試験の結果より、本歩道橋の振動上の問題はないことが確認できた。

測点	歩行者1人	3人走行時
1	7.7 gal	15.6 gal
2	10.9	19.7
3	8.8	13.8
4	4.4	3.2
5	5.5	12.0
6	8.0	17.3
7	6.6	13.6

表-3 最大加速度

5. たわみ追跡調査

本橋の計算上のたわみ量の集計を表-4に示す。クリープによるたわみ計算時のクリープ係数は、

自重、プレストレス  $\varphi = 2.6$

橋面荷重  $\varphi = 2.0$

とした。

群集荷重による最大たわみは72mmであり、そのたわみ度は

$$72/57580 = 1/800$$

となる。

これは、立体横断施設技術基準のたわみ制限値である支間長の1/400を十分に満足している。

実施工時における完成直後のたわみは、表-4の完成直後静荷重時のたわみ量-22mmに対して-30mmであった。表-4に示すように、各荷重によるたわみ量が非常に大きな値であることを考慮すれば、ほぼ計算通りのプレストレスが導入されたと言える。

また、クリープによるたわみも非常に大きなものであるため、完成後たわみの追跡調査を行なうことで、プレストレスの変化量が計算上と一致するかどうかの確認をすることにした。たわみの追跡調査は、完成後から本年まで5年間にわたり定期的に行なってきた。

図-7に、1日における本橋のたわみ変化図を示す。図-7によると、桁上と桁下の温度差により主桁が1日で28mm程度たわむことが判る。これは、計算上では10度程度の温度差が床版と桁に生じていることになる。測定時の気温差が5度あることやアスファルト舗装の影響を考えれば、妥当な値と思われる。このように、温度差による影響が大きいため、たわみの経年変化の状態を調べるためには、この温度変化の生じない午前6:00の測定値による必要がある。

図-8に、午前6:00に測定した、過去5年間のたわみ変化を示す。

クリープおよびプレストレスの増減を考慮した変化量は、計算上では表-4より  $(-22) - (-15) = 7\text{mm}$  となる。

(mm)

		弾性たわみ	クリープたわみ	弾性+クリープ
桁	自重	378	983	1361
橋	面	73	146	219
群集荷重		72	—	—
引張プレストレス	直後	-392	—	—
	有効	-318	-923	-1241
圧縮プレストレス	直後	-81	—	—
	有効	-108	-246	-354
完成直後静荷重時		-22	—	—
静荷重時		—	—	-15

表-4 たわみ量の集計

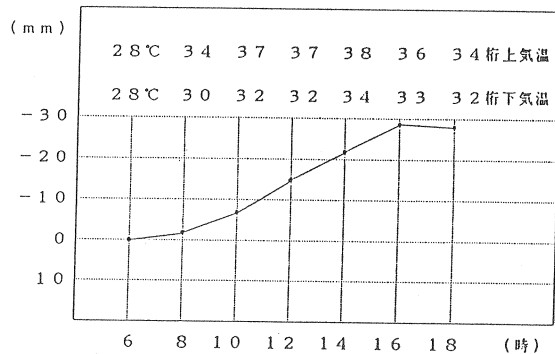


図-7 1日におけるたわみ変化

図-8より、実測値では、5mm程度の変化が生じ、ほぼ安定している。5年間経ているため、クリープはほとんど終了していると考えられるので、今後もほぼ同じ値を保つと推定される。

計算値と実測値の差はほとんど見られず、これは、例えばプレストレスによる応力度が5%程度異なった場合、クリープたわみは、

$$(-923-246) \times 0.05 = -58\text{mm}$$

の差が生じることを考えると、ほぼ計算通りのプレストレスが導入されていると考えられる。

#### 6. あとがき

本橋はバイプレ工法にて、桁高をPC桁としては、ほぼ限界近くまで絞ったものであるが、振動試験、たわみの調査を行なった結果、何ら問題ないことが確認できた。今後も、同様な歩道橋の計画があると思われるが、本橋の検討結果より、PC構造の単純桁であれば、振動およびたわみについても十分安全であると思われる。

最後に、当時本橋の振動試験に多大の御尽力と御指導を頂いた、九州大学の振動研究室の方々に深く感謝致します。

#### <参考文献>

田島、小深田、小嶺：バイプレ方式による川端橋側道橋の設計および施工について  
プレストレストコンクリート Vol. 27, No. 5

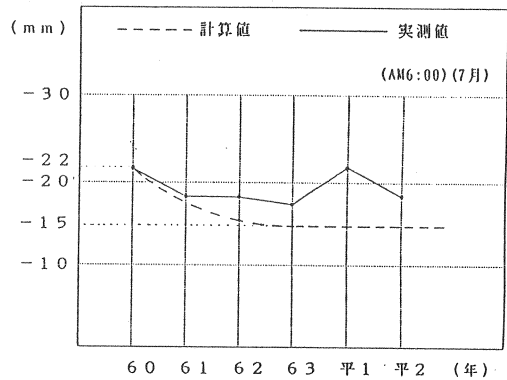


図-8 たわみの経年変化量