

# 伊達崎橋のPC床版の載荷試験

波 田 野 義 孝\*  
大 西 清 治\*\*

## まえがき

わが国におけるPC桁橋の床版は、弾性理論によりフルプレストレスとなるように設計されている。この種の床版は破壊に対していちじるしく安全なものであることは実験により確かめられている。これに対して床版が破壊をおこす前では、アーチ作用をずとした設計法がY. Guyon氏によって提案され、わが国においても道路公団において実験によりこれを確かめ採用している。この方法によると従来の弾性理論によるものと比較して、PC鋼材が相当減少できる。

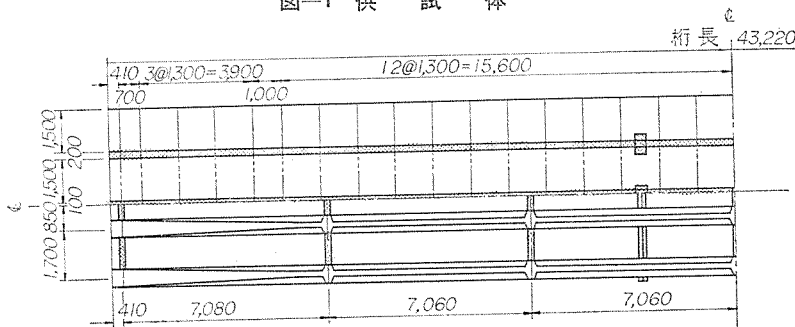
わが国で行なわれた実験は主桁間隔の小さい場合であるので、本橋のごとく間隔が大きい場合も同様であるかを確かめておく必要があるため、今回実際の橋梁について載荷試験を行なった。

## 1. 供試体の概要

供試体は写真-1、図-1に示すごとく、ポストテン  
写真-1 供試橋梁全景



図-1 供 試 体



ション方式により製造されたPC桁4本を間隔1.70mに配置し、桁間の20cm区間および横桁を場所打コンクリートで施工し、横方向に配置されたPC鋼棒によってプレストレスを与え形成された床版である、主桁および床版に関する諸性質は表-1,2のようである。

表-1 主桁の諸性質

型 式	フレシネー式ポストテンション単純桁	
桁 高	1.80 m	
桁 間 隔	1.70 m	
P C 鋼 線	φ 7 mm × 12	

表-2 床版に関する諸性質

鋼 棒 中 心 間 隔	1.30 m
床版スパン中央の偏心量	0
有効プレストレス	9.7 kg/cm <sup>2</sup>
鋼 棒 直 径, 種 類	φ 24 mm (第2種)

試験時のコンクリートの圧縮強度および弾性係数は、表-3のとおりである。

表-3 試験時のコンクリートの性質

種 類	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	弾性係数 (kg/cm <sup>2</sup> )
桁間コンクリート	270	2.38 × 10 <sup>5</sup>
主桁コンクリート	460	3.42 × 10 <sup>5</sup>

## 2. 許容荷重の比較

床版中央部について弾性理論を用いフルプレストレスリングとした場合と、Y. Guyon氏の提案式を用いた場合の載荷試験時における許容荷重を求める。

### (1) 弾 性 理 論

鋼棒の引張力  $P_t = 25$  t/本

鋼棒の間隔  $x = 1.30$  m

偏心量  $e = 0$  cm

プレストレス

$$\sigma_{ct} = \frac{P_t}{A_c} = \frac{25.0}{1.30} \times \frac{1}{0.16 \times 1.0} = 120 \text{ t/m}^2/\text{m}$$

許容曲げモーメント

$$M = \frac{bh^2\sigma_{ct}}{6} = \frac{1.0 \times 0.16^2 \times 120}{6} = 0.513 \text{ t-m/m}$$

Pigeaudの表より曲げモーメント

$$M = 0.155 P \times 0.8$$

$$\therefore P = \frac{0.513}{0.155 \times 0.8} = 4.11 \text{ t}$$

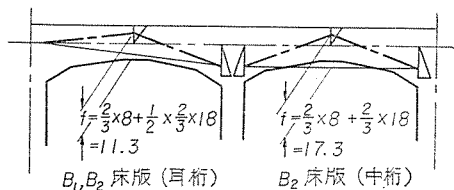
\* 福島県土木部道路課橋梁係長

\*\* オリエンタルコンクリート KK 技術部技術課長

(2) Y. Guyon の提案による計算式

圧力線のライズ  $f$  は 図-2 のようになる、普通の場合許容荷重は端床版  $B_1, B_3$  の方が小さくなり、横締め P C 鋼材断面積を決定するのは端床版 ( $B_1, B_3$ ) である。

図-2



$$B_1, B_3 \quad M = P_t \cdot f = \frac{25.0}{1.3} \times 0.113 = 2.17 \text{ t-m/m}$$

$$\therefore P = \frac{2.17}{0.155} = 14.0 \text{ t}$$

$$B_2 \quad M = \frac{25.0}{1.3} \times 0.173 = 3.33 \text{ t-m/m}$$

$$\therefore P = \frac{3.33}{0.155} = 21.5 \text{ t}$$

これらをまとめると 表-4 のとおりとなる。

表-4 床版の許容荷重

床 版	弾性理論フル プレストレス	Y. Guyon の計算法
$B_1, B_3$	4.1 t	14.0 t
$B_2$	4.1 t	21.5 t

3. 載荷試験装置および試験

載荷は各床版中央に一点集中荷重とし、荷重の分布を自動車輪荷重と同様になるように 図-2, 写真-2 に示すごときコンクリート ブロック  $700 \times 400 \times 350 \text{ mm}$  を

図-3 載荷装置

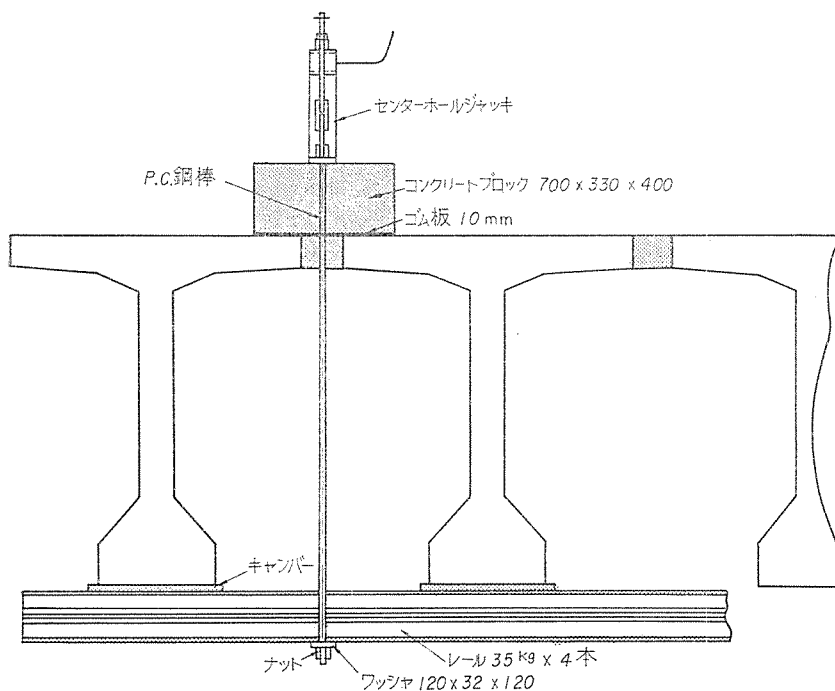
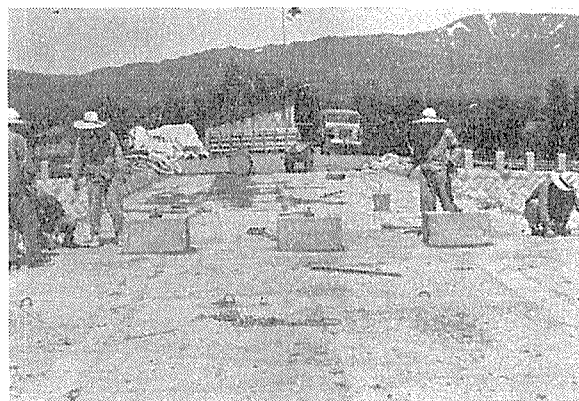


写真-2 載荷装置



硬質ゴム板の上に置き、ゴム板と床版上面はモルタルにてキャッピングを行なった。荷重は主桁下突縁に橋軸に直角に 35 kg レール 4 本を組合わせた桁を用いて鋼棒の

表-5 荷重載荷順序とその位置

試験番号	載荷番号	載荷位置	荷重 (t)	摘 要
I	$B_1$		0 → 9 → 15 → 0	2 回くり返す
I	$B_2$		同 上	
I	$B_3$		同 上	
II	$B_2$		0 → 15 → 0	
III	$B_1$		0 → 15	
III	$B_1, B_2$		0 → 15 → 15	
III	$B_1, B_2, B_3$		0 → 15 → 15 → 15 → 0	

支点とした。この鋼棒を床版を通してコンクリート ブロック の中央を通りブロック上面にて センターホール ジャッキに結合し、ジャッキを作動させることにより載荷をおこなった。

(1) 載荷方法

載荷試験は各床版について 15 t ま で載荷したのち荷重を 0 にもどし、再び荷重をくり返しておこない、最後に床版 I から床版 III まで順次載荷をおこない、床版 I, II, III 同時載荷の場合について測定した。各載荷番号と位置は 表-5 に示すとおりである。

(2) 測定方法

コンクリートのひずみは電気抵抗線ひずみ計 (ゲージ長 60 mm) を床版の上下に 図-4, 写真-3, 4 のごとく配置して測定をした。

図-4 測定位置

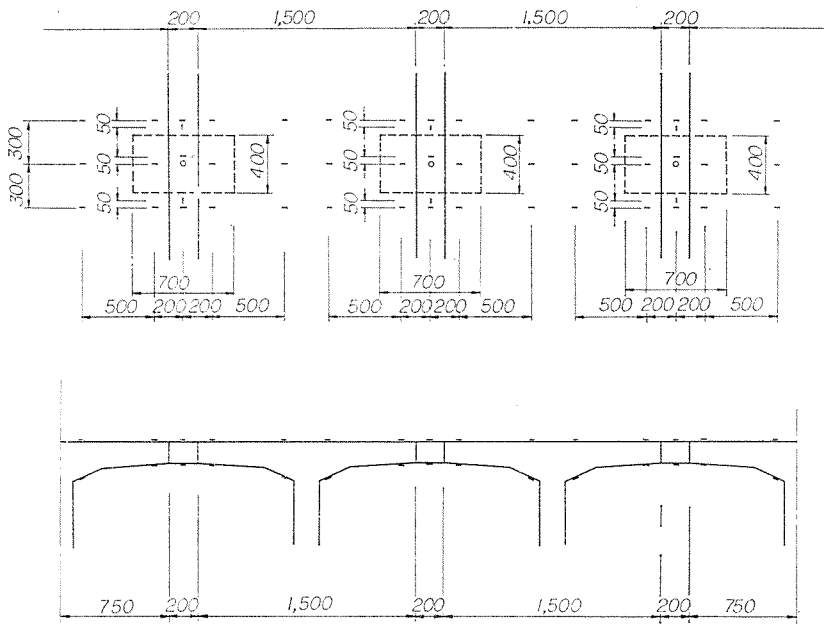


写真-3

4. 測定結果

床版断面の上下両面のコンクリートひずみ  $\epsilon, \epsilon'$  を測定したとき床版の平面保持が成立するものと仮定すれば  $\epsilon + \epsilon'/2$  は床版中立軸の平均ひずみであり ( $\epsilon - \epsilon'$ ) は彎曲率に比例する。床版の厚さを  $d$  とすれば、曲率は  $1/r = -\epsilon - \epsilon'/d$  である。直角二方向のひずみと

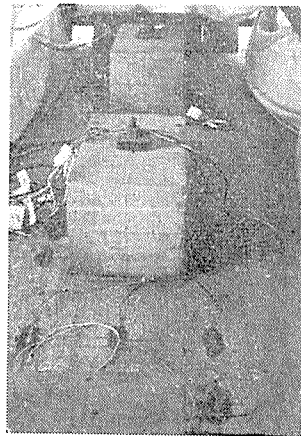
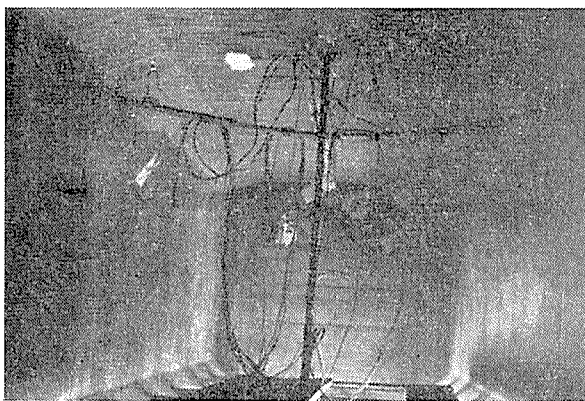


写真-4



曲率が求まれば、弾性限内の単位長あたりの軸方向力  $n_x$ , 曲げモーメント  $m_x$  は次式により求まる。

$$n_x = \frac{Ed}{2} \cdot \frac{\epsilon_x + \epsilon_x' + \eta(\epsilon_y + \epsilon_y')}{1 - \eta^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$m_x = \frac{Ed^2}{12} \cdot \frac{\epsilon_x - \epsilon_x' + \eta(\epsilon_y - \epsilon_y')}{1 - \eta^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中の  $\eta$  はポアソン係数を示す。

ここではポアソン係数  $\eta = 0$  と仮定し次式により測定値より求めた。

$$n_x = \frac{Ed}{2} (\epsilon + \epsilon') \dots\dots\dots (3)$$

$$m_x = \frac{Ed^2}{12} (\epsilon - \epsilon') \dots\dots\dots (4)$$

いま測定したひずみと、コンクリートの弾性係数は現場打  $E_c = 2.38 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ , 主桁  $E_c = 3.42 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$  および床版の厚さ中央では 16 cm, 中央より 20 cm では 16.5 cm 支承部 25.9 cm の各寸法より曲げモーメントを求め、それらを表-6 に示す。表の測定位置は図-5 に示す配置で X 軸に対称な測点の曲げモーメントは平均値であり、( ) 内の数字は床版上側のひずみを推定して求めた値である。表の

$M/P$  は測定曲げモーメントを載荷荷重で割った値を示す。表-6 の値の一部を図示すると、図-6 のごとくなる。

5. 測定値と計算値の比較

いま軸荷重の分布を舗装の厚さを考慮してコンクリートブロックを敷いて代用させる、モーメントの解法は単

表-6 各測点の曲げモーメント

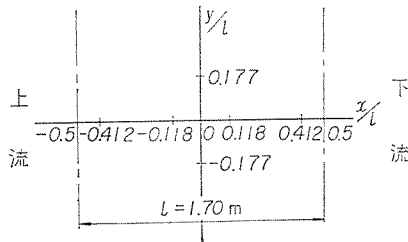
試験番号 I

床版	測 定		荷 重 (t)		M/P	
	$\alpha/l$	$y/l$	9.0	15.0	9.0	15.0
B <sub>1</sub>	0.412	0	-0.86	-1.61	-0.095	-0.106
		0.177	-0.65	-1.11	-0.072	-0.073
	0.118	0	(0.44)	(0.79)	(0.049)	(0.052)
		0.177	0.40	0.75	0.044	0.050
	0	0	(0.51)	(0.99)	(0.057)	(0.065)
		0.177	0.40	0.76	0.044	0.050
B <sub>2</sub>	-0.118	0	(0.39)	(0.72)	0.043	(0.048)
		0.177	0.32	0.60	0.036	0.040
	-0.0412	0	-1.04	-2.71	-0.115	-0.179
		0.177	-0.73	-1.57	-0.081	-0.104
	0.412	0	-0.86	-1.57	-0.095	-0.104
		0.177	0.58	-1.32	0.064	-0.087
B <sub>3</sub>	0.118	0	(0.46)	(0.73)	(0.051)	(0.048)
		0.177	0.44	0.64	0.049	0.042
	0	0	(0.51)	(0.62)	(0.057)	(0.041)
		0.177	0.35	0.47	0.039	0.031
	-0.118	0	(0.52)	(1.10)	(0.058)	(0.073)
		0.177	0.46	1.00	0.051	0.017
B <sub>3</sub>	-0.412	0	(-0.99)	-1.78	(-0.110)	-0.117
		0.177	-1.00	-1.89	-0.111	-0.125
	0.412	0	-1.22	-2.47	-0.135	-0.163
		0.177	-0.66	-1.76	-0.073	-0.116
	0.118	0	(0.32)	(0.40)	(0.032)	(0.026)
		0.177	0.29	0.35	0.032	0.023
B <sub>3</sub>	0	0	(0.88)	(1.31)	(0.098)	(0.086)
		0.177	0.36	0.51	0.040	0.034
	-0.118	0	(0.45)	(0.57)	(0.050)	(0.038)
		0.177	0.37	0.48	0.041	0.032
	-0.412	0	-0.67	-1.72	-0.074	-0.114
		0.177	-0.38	-1.19	-0.042	-0.079

試験番号 II

床版	測 点		荷 重 (t)		M/P	
	x/l	y/l	15.0	15.0	15.0	15.0
B <sub>2</sub>	0.412	0	-1.74	-1.90	-0.115	-0.125
		0.177	-1.24	-1.42	-0.084	-0.094
	0.118	0	(0.76)	(0.63)	(0.050)	(0.042)
		0.177	0.62	0.57	0.041	0.038
	0	0	(0.93)	(0.86)	(0.061)	(0.057)
		0.177	0.59	0.54	0.039	0.036
-0.118	0	(0.89)	(0.87)	(0.059)	(0.057)	
	0.177	(0.77)	0.76	0.051	0.050	
-0.412	0	-1.76	-1.76	-0.116	-0.116	
	0.177	-1.79	-1.78	-0.118	-0.117	

図-5 測定位置の座標



註：表-6~8 の y/l=0.177 は ±0.177 を示す

図-6 荷重～モーメント図

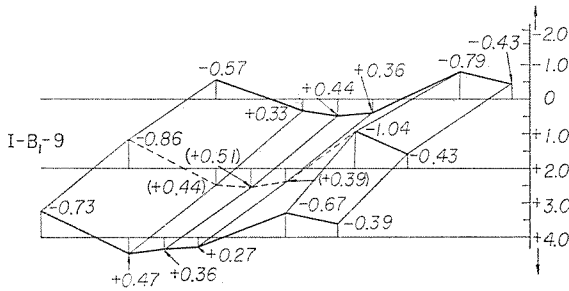
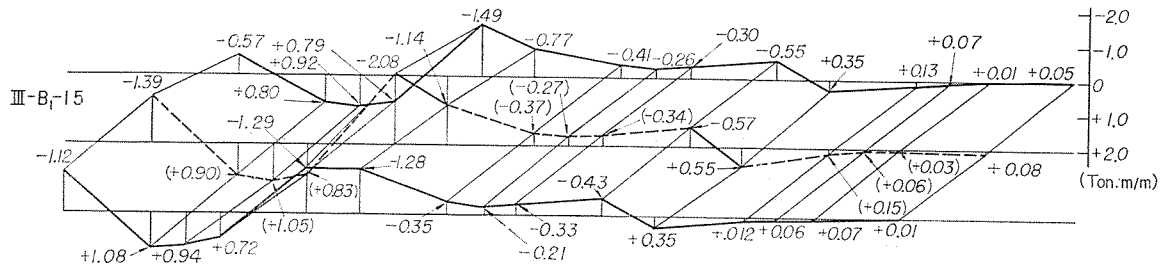


図-7 荷重～モーメント図



純支持版と考えて Pigeaud の理論により計算すると、

$$M=0.155 P$$

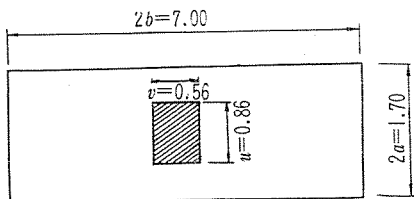
となる。いま P に各荷重を代入すると、

$$P=9.0 \text{ t} \quad M_9=0.155 \times 9=1.40 \text{ t-m}$$

$$P=15.0 \text{ t} \quad M_{15}=0.155 \times 15=2.32 \text{ t-m}$$

いま M/P について測定値の平均と計算値を比較する

図-8



試験番号 III

床版	測 点		荷 重 (t)			M/P		
	x/l	y/l	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
B <sub>1</sub>	0.412	0	-1.39	-1.49	-1.55	-0.092	-0.098	-0.102
		0.177	-0.85	-1.02	-1.05	-0.056	-0.067	-0.069
	0.118	0	(0.99)	(0.67)	(0.57)	(0.059)	(0.044)	(0.038)
		0.177	0.94	0.64	0.56	0.062	0.042	0.037
	0	0	(1.05)	(0.80)	(0.74)	(0.069)	(0.053)	(0.049)
		0.177	0.93	0.56	0.54	0.061	0.037	0.036
-0.118	0	(0.83)	(0.30)	(0.24)	(0.055)	(0.020)	(0.016)	
	0.177	0.76	(0.24)	0.18	0.050	0.016	0.012	
-0.412	0	-2.08	-3.31	-3.16	-0.137	-0.218	-0.209	
	0.177	-1.39	-2.46	-2.43	-0.092	-0.162	-0.160	
B <sub>2</sub>	0.412	0	—	-2.55	-2.00	—	-0.168	-0.132
		0.177	—	-2.14	-1.72	—	-0.141	-0.114
	0.118	0	—	(0.43)	(0.36)	—	(0.028)	(0.024)
		0.177	—	0.33	0.28	—	0.022	0.018
	0	0	—	(0.82)	(0.55)	—	(0.054)	(0.036)
		0.177	—	0.54	0.40	—	0.036	0.026
-0.118	0	—	(0.91)	(0.49)	—	(0.060)	(0.032)	
	0.177	—	0.80	0.40	—	0.053	0.020	
-0.412	0	—	-1.14	-2.20	—	-0.075	-0.145	
	0.177	—	-1.13	-2.51	—	-0.075	-0.166	
B <sub>3</sub>	0.412	0	—	—	-2.77	—	—	-0.183
		0.177	—	—	-1.51	—	—	-0.100
	0.118	0	—	—	0.51	—	—	0.034
		0.177	—	—	0.44	—	—	0.029
	0	0	—	—	1.17	—	—	0.077
		0.177	—	—	0.63	—	—	0.042
-0.118	0	—	—	1.74	—	—	0.049	
	0.177	—	—	0.68	—	—	0.045	
-0.412	0	—	—	-0.57	—	—	-0.038	
	0.177	—	—	-0.37	—	—	-0.024	

と、表-7 のごとくなる。

測定値は中央床版 B<sub>2</sub> よりも端床版 B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub> が大きい傾向を示し、計算値の約 50% の値を示している。また測定値はポアソン係数を、0 と仮定して求めたものであるが、この影響は小さく問題とはならない。

表-7 係数 M/P の比較

床版	測 点	測定値	計算値	測定値/計算値	備 考
B <sub>1</sub> , B <sub>3</sub>	0.412	-0.097	—	—	耳桁側
	0	0.077	0.155	0.497	
	-0.412	-0.148	—	—	中桁側
B <sub>2</sub>	0	0.054	0.155	0.348	試験 I, II の平均
	±0.412	-0.113	—	—	

## 6. むすび

本橋梁の床版設計は Y. Guyon 氏の提案する計算式により行なわれているが、設計曲げモーメントは弾性理論による場合と同様に四辺単純支承版と仮定して計算し