

鉄筋コンクリート橋床版の載荷実験

九州大学工学部 正員 水野高明
三井共同建設コンサルタントKK 正員 政近 範光
九州大学大学院 学生員 ○大和 竹史

1. まえがき

近年、析橋を直交異方性版として解析せんとする設計理論が唱えられ、現在いろいろな方法が用いられている。直交異方性版に関してはすでに多くの研究がなされているが筆者等も先に鉄筋コンクリート橋床版に関する載荷実験を行なったのでその結果を報告し若干の考察を試みる。

2. 試験床版の構造と試験方法

21 床版構造

図-1に試験床版構造を示した。桁を3本有する鉄筋コンクリート曇方性版で桁間隔はそれぞれ、80cm、スパンは200cmで単純支持されている。

2.2 載荷方法

荷重はジャッキにより集中荷重とし荷重の読みは予め校正されたミリリングを用いて行なった。載荷盤には硬質ゴムを用いてその上に鉄板を置いた。まず200kgの初期荷重を加え測定はそこを起点として行なった。荷重は400kgより段階的にあげ、各段階において測定し、漸次除荷して各段階なうに残留ひずみ等を測定した。載荷は図-2に示した様に一處偏心載荷、二處対称載荷、一處対称載荷としそれぞれA、(A₂)、B、Cと名付ける。

2.3 ひずみ, たわみ, ねじり測定方法

ひずみ測定はワイヤストレングージを床版の表面および断中央断面下縁に貼付して行ない、たわみは $1/100$ mm ダイヤルゲージを用いて測定した。ねじり測定は断一本づつに5測点を設けダイヤルゲージ($1/100$ mm)を用いて行なった。図-3、図-4にストレングージ貼付位置とダイヤルゲージ取付位置及びねじり測定用ダイヤルゲージ取付位置を示した。

3. 測定結果

図5～図6に載荷 A_1 のひずみおよびたわみ測定

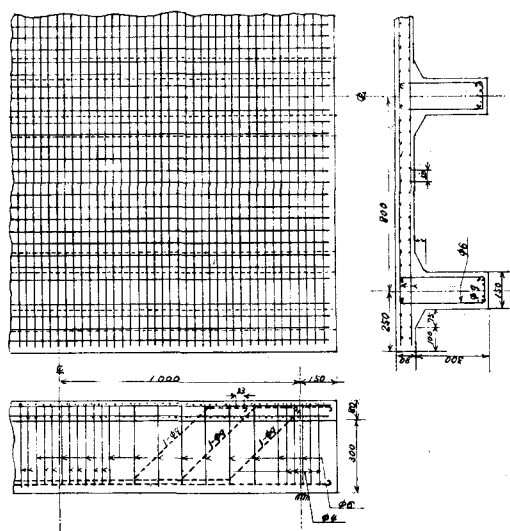


图-1

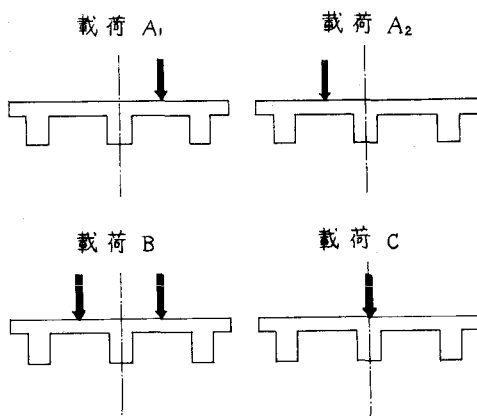


图-2

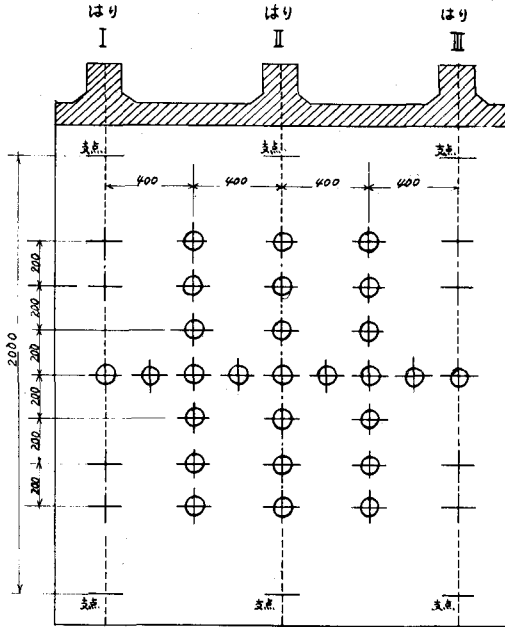


図-3

結果を示した。なおコンクリートの弾性係数を、別に製作してあった小床版を用いて測定した。これによると $E = 30 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ を得た。以後理論応力、たわみの計算にはこれを用いる。

4. 結果考察

4.1 荷重分配に関する一解法

直交異方性版と考えると任意断面を図-7に示したがこれを3本の丁型ばりからなるものと考えた場合、偏荷重Pはどの様に分配されるかを解析した。解析にあたり次の様な仮定を設ける。

(1) 各桁の反力はその変位量に比例し比例定数は各桁により異なる。

(2) 変位量は直線的でかつ荷重長に对称とする。

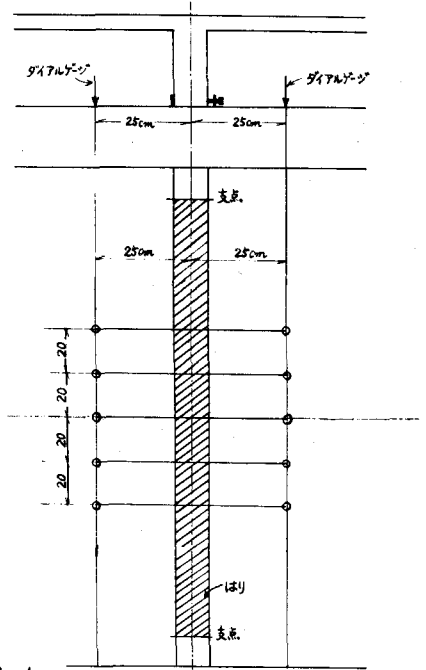


図-4

注 ○はダイヤルゲージ測定位置

載荷 A_1

ひずみ $(10^{-6}) + 31 \text{ 張} - \text{圧縮}$
荷重 800 kg
荷重点

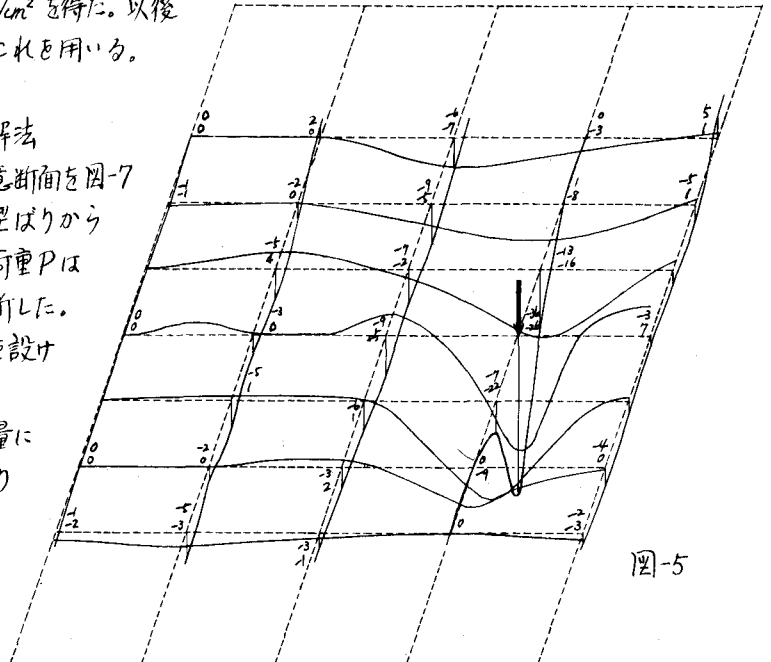


図-5

解析

外力Pは桁反力の総和であるから

$$R_I + R_{II} + R_{III} - P = 0 \quad (1)$$

モーメントのつりあい条件(桁直まり)より

$$R_I \lambda - R_{II} \lambda + P e = 0 \quad (2)$$

但し λ : 桁間距離, e : 桁IIと荷重位置の間隔

仮定(1)(2)より

$$\left. \begin{aligned} R_I &= k_I \delta_I = k_I (\alpha - b \lambda) \\ R_{II} &= k_{II} \delta_{II} = k_{II} \alpha \\ R_{III} &= k_{III} \delta_{III} = k_{III} (\lambda + 2b e - b \lambda) \end{aligned} \right\} (3)$$

但し $k_{I, II, III}$ は比例定数, $\delta_{I, II, III}$ は変位量で
 $\alpha = \lambda$, $b = \tan \theta$, θ は図7に示した。

桁Iと桁IIIは等断面等剛度である
 から $k_I = k_{III}$ である。式(3)より

$$\left. \begin{aligned} R_I &= k_I \left(\frac{2 - \frac{e}{\lambda}}{2k_I + k_{II}} - \frac{1}{2k_I} \right) P \\ R_{II} &= k_{II} \left(\frac{2 - \frac{e}{\lambda}}{2k_I + k_{II}} \right) P \\ R_{III} &= k_I \left(\frac{2 - \frac{e}{\lambda}}{2k_I + k_{II}} + \frac{1}{k_I} \left(\frac{e}{\lambda} - \frac{1}{2} \right) \right) P \end{aligned} \right\} (4)$$

比例定数 k_I, k_{II}, k_{III} は断面

二次モーメントに比例するから

上式を書きかえて

$$\left. \begin{aligned} R_I &= I_I \left\{ \frac{2 - \frac{e}{\lambda}}{2I_I + I_{II}} - \frac{1}{2I_I} \right\} P \\ R_{II} &= I_{II} \left\{ \frac{2 - \frac{e}{\lambda}}{2I_I + I_{II}} \right\} P \\ R_{III} &= I_I \left\{ \frac{2 - \frac{e}{\lambda}}{2I_I + I_{II}} + \frac{1}{I_I} \left(\frac{e}{\lambda} - \frac{1}{2} \right) \right\} P \end{aligned} \right\} (5)$$

4.2 試験床版への解法適用と実測値との比較

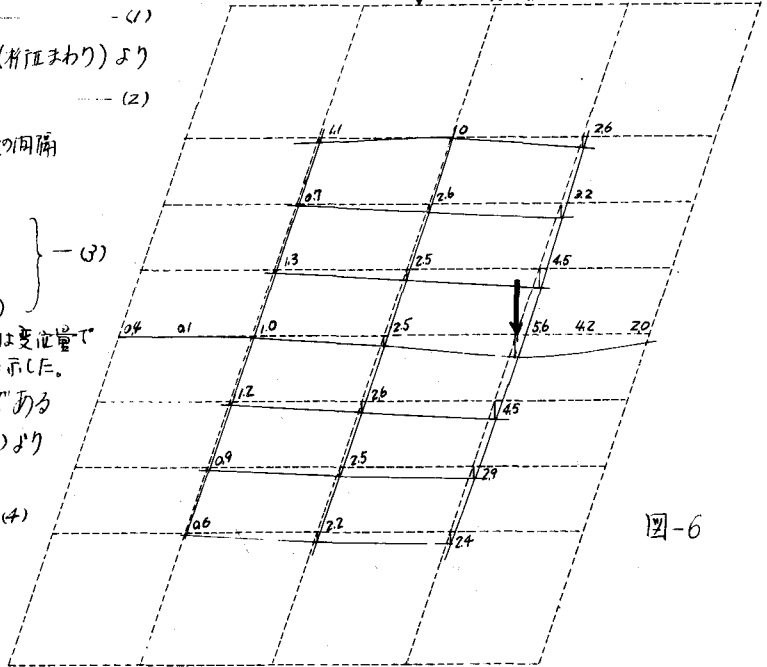
試験床版を3本のT型はりとして仮定する。式(5)より求めた反力によりたわみを求めるがこの場合各T型はりの中
 心線上に反力が作用するものとする。桁I~IIIの断面二次
 モーメント計算値を表-1に示した。このI値を用い各載
 荷に対する反力係数を計算し表-2に示した。表-2に示し
 た反力係数にPを乗じたものがPの分配量でこれを R_I と
 すると支床よりスにある桁たわみは R_I がスパン中央ま
 にかかるから $y = \frac{R_I L^3}{16EI} \left(\frac{7}{L} - \frac{4x^2}{3L^2} \right)$ (6)

(但し L : スパン長, EI : 剛度)

となる。(6)よりたわみの理論値を求め実測値との比較を
 表-3に示した。表-3をみると実測値は全断面有効とした
 断面二次モーメントを用いた理論値にやや近いので以後
 理論計算には全断面有効とした I_L を用いることにする。

載荷 A_1

たわみ
前量
(1/100 mm)
800 kg
荷重点



次に各桁の理論ひずみを算出し実測値との比較を表-4に示した。表中※印の箇所は理論値との差が大きいガンは載荷実直下又は直下付近にあるので載荷方向が傾いているのか応力集中によるものと思われる。※印以外では理論値と実測値とはかなり良くあっており荷重分配は正しいものと思われる。

4.3 横方向モーメントに関して

実測結果は、いずれの載荷に対しても固定ばりの様な分布をしているので載荷Bに対して図-8に示す様な単位巾の2スパン固定ばりを想定して計算を行ない理論値と実測値の比較を試みた。モーメントの計算に際しての荷重は1型ばりのたわみ図の面積比で分担されるものとする。即ち支床よりXの距離にある単位巾2スパン固定ばりに加わる荷重は次式より得られる。

$$p = \frac{Px(3lx - 4x^2)/48EI \times 1}{\int_0^l \frac{P}{48EI} (3lx - 4x^2) dx} \quad (7)$$

式(7)に $x=0.2l, x=0.3l, x=0.4l, x=0.5l$ 及び $l=200\text{cm}$ を代入して得た値を表-5に示した。 $x=0.5l$ に対して2スパン固定ばりのスパン方向理論ひずみを求め実測値とともに表-6に示した。これとみると両者は良くあっており式(7)の仮定は正しいものと思われる。

4.4 破壊について

載荷Aで破壊実験を行なった結果最終的破壊は床版の斜引張破壊であった。計算上、桁下縁に曲げ亀裂が生じるのは12tonであり、実験では1~2tonで亀裂がはいり大体、一致する。又斜引張亀裂は計算上で9.1tonで生じるところが実験では9ton付近で生じこれも大体一致している。桁IIには下縁より曲げによる亀裂が上方にのびたが桁IIIでは内側下縁から斜引張力による亀裂が斜め上方にのび、外側には生じなかった。これは荷重がばりをスパン直向方向にねじょうとあるおじりモーメントう為と思われる。床版部では曲げによる亀裂が4~5tonで生じたがこれは床版部を桁部と固定端とする両端固定ばりとした理論値とよく一致している。両端固定ばりとして斜引張力による破壊をおこす荷重Pの理論値は36.6tonで実験の40ton付近と良く一致する。

5. あとがき

測定は同一荷重に対し3回実施しその結果は、いずれも良く一致し載荷A、載荷Bは互に対称であり両者が極めて良く一致した事は本床版の対称性が良であることを示している。今後は床版を固定版として解きその解に泥下の影響を加えて解析し実測値と比較したい。

表 3 $(\times 10^{-2} \text{mm})$

はり	X=100	X=80	X=60	X=40
I.				
実測値	0.6			
全断面I ₀	-0.03			
換算I ₀	-0.10			
II.				
実測値	4.2	4.0	4.0	3.2
全断面I ₀	2.60	2.57	2.15	1.53
換算I ₀	8.53	8.10	6.82	4.85
III.				
実測値	3.4			
全断面I ₀	2.64			
換算I ₀	8.60			

(載荷-A2, P=1.2t)

表 4

載荷	ゲージ位置	ひずみ $\times 10^{-6}$	
		理論値	実測値
A2	はりI X=40cm	0	+0.5
	" X=60	0	0
	" X=100	0	-1.0
	はりII X=40	-15[-23]	-15.5
	" X=60	-22[-33]	-37.0
	" X=80	-29[-47]	-64.5
(P=4.8ton)	" X=100	-37[-57]	-124.0
	はりIII X=40	-16[-27]	-12.5
	" X=60	-24[-37]	-27.0
	" X=100	-37[-63]	-36.0

ひずみは引張り+圧縮- (○)内は換算断面

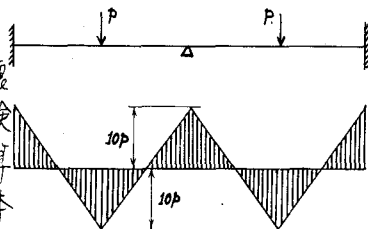


図-8

表 5

	p
x=0.2l	0.0057
x=0.3l	0.0089
x=0.4l	0.0094
x=0.5l	0.0100

*P

表 6

ゲージ位置	モーメント	応力度	ひずみ $\times 10^{-6}$	
			理論値	実測値
X=0.5l	kg/cm	kg/cm ²		
1 (9)	80	0.33	1	5 (9)
2 (8)	0	0	0	5 (4)
3 (7)	-80	-7.50	-25	-31 (28)
4 (6)	0	0	0	0 (1)
5	80	0.33	1	8