

横方向プレストレスングによる PC 格子桁橋の 二次応力に関する二・三の検討

INVESTIGATIONS OF SECONDARY STRESSES DUE TO TRANSVERSE PRESTRESSING IN PC GRILLAGE GIRDER BRIDGES

猪 又 稔*・藤 田 嘉 夫**

By Minoru INOMATA and Yoshio FUJITA

An eccentric transverse prestressing causes secondary stresses in PC grillage girder bridges. Authors have proposed a calculating method of this secondary stress and discussed some problems about it.

In this paper, model tests are purposed to clarify occurrence of the secondary stresses. Furthermore to offer useful informations for design practices, the paper deals with (1) effects of eccentric prestress in cross beams and floor slabs, (2) the effective width of flange of the cross beam due to prestressing force and (3) design charts for secondary stresses.

Keywords : PC grillage girder bridge, secondary stress, transverse prestressing

1. ま え が き

PC 格子桁橋は最も一般的な構造形式であり、その施工方法は通常主桁をプレキャスト方式で製作し、橋台・橋脚に架設後、横締めによって一体化する。この場合、横締め用緊張材が偏心して配置されると、プレストレスングによる横方向の変形が主桁によって拘束されるため二次的な応力が発生する。この二次応力の設計法についてはすでに提示し、また剛支点ならびに弾性支点上の PC 格子桁橋を対象として、横締めによって発生する横桁の不静定力が、横桁のプレストレス、主桁の曲げモーメント、主桁の支点反力および橋脚はり部材の応力に及ぼす影響を明らかにした¹⁾²⁾。

しかしながら実際に PC 格子桁橋の設計に際しては、さらに次のことを明らかにする必要がある。1) 緊張材の偏心配置は、部材引張部にプレストレスを有効に与えることを目的とするものであるが、不静定構造では二次応力によって偏心効果は減少することになる。PC 格子桁橋の標準設計あるいは実橋の設計においては、横材

(床版および横桁)の緊張材が偏心して配置されているものが多く、またプレストレスの算定においても偏心プレストレスが全く有効であるとしている場合が多いが、実際にはどの程度の効果が期待できるのか。2) 横方向偏心プレストレスングによる二次応力の大きさは、格子曲げ剛度、格子ねじり剛度に影響されるが、これら剛度に関係ある横桁の曲げ剛性を求める場合、あるいは横締めによって主桁支点到二次反力が生じないように、プレストレス力の合力作用点が横桁断面図心と一致するように緊張材を配置する場合、横桁断面諸元に影響を及ぼすフランジの有効幅をどのような値とするのか。

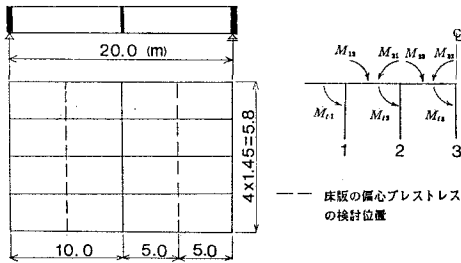
本文では設計の実務に寄与するため、これらの問題について検討し、また横方向偏心プレストレスングによる二次応力の発生ならびに理論解析の妥当性を検証するために模型実験を行った。さらに設計の際に二次応力を簡便に算定できるように計算図を提示した。

2. PC 格子桁橋の横方向偏心プレストレスの効果

文献 1) の格子桁橋 Model 1 (図—1) を用いて中間横桁、端横桁および床版について偏心プレストレスの効果を検討してみる。計算に用いる諸数値は次のとおりである。断面二次モーメントの算定に際しては、横桁フラ

* 正会員 北海道工業大学教授 土木工学科
(〒006/札幌市西区手稲前田 419-2)

** 正会員 工博 北海道大学教授 工学部土木工学科
(〒060/札幌市北区北 13 条西 8 丁目)



図一 格子桁橋概要図

ンジの有効幅は道路橋示方書(Ⅲ)の規定³⁾によった。

主 桁：

スパン長	20 m
間 隔	1.45 m
桁 高	1.1 m
断面二次モーメント	0.06681 m ⁴
ねじり剛さ係数	0.005107 m ⁴
弾性係数 (E)	3.5 × 10 ⁹ t/m ² (34.3 GPa)
せん断弾性係数	0.43 E

中間横桁：

間 隔	10 m
桁 高	0.92 m
断面二次モーメント	0.03038 m ⁴
弾 性 係 数	3.0 × 10 ⁹ t/m ² (29.4 GPa)

端横桁：

桁 高	1.1 m
断面二次モーメント	0.07129 m ⁴
弾 性 係 数	3.0 × 10 ⁹ t/m ² (29.4 GPa)

ここでは、横桁の緊張材は直線的に配置されているものとし、端横桁および中間横桁のプレストレス力とその偏心量との積をそれぞれ $Pe^{(1)}$ 、 $Pe^{(2)}$ とすれば、文献 1) に示す方法によって横桁節点の二次曲げモーメントが得られることになり、それを表一に示す。端横桁の二次曲げモーメントについては、これを独立した連続桁として計算してもほぼ同じ結果が得られることもわかる。

表一 横桁の二次曲げモーメント

格子桁の場合		端横桁を独立した連続桁とみなした場合
中間横桁	$M_{12} = 0.003 Pe^{(1)} - 0.043 Pe^{(2)}$ $M_{21} = 0.003 Pe^{(1)} - 0.083 Pe^{(2)}$ $M_{33} = 0.002 Pe^{(1)} - 0.103 Pe^{(2)}$ $M_{32} = 0.002 Pe^{(1)} - 0.122 Pe^{(2)}$	
端横桁	$M_{12} = -0.001 Pe^{(1)} + 0.022 Pe^{(2)}$ $M_{21} = -1.286 Pe^{(1)} - 0.011 Pe^{(2)}$ $M_{33} = -1.285 Pe^{(1)} - 0.001 Pe^{(2)}$ $M_{32} = -0.858 Pe^{(1)} + 0$	$M_{12} = 0$ $M_{21} = -1.286 Pe^{(1)}$ $M_{33} = -1.286 Pe^{(1)}$ $M_{32} = -0.857 Pe^{(1)}$

横材(横桁および床版)の偏心プレストレス σ_{cp} は、プレストレス力を P 、断面積を A 、断面係数を Z 、緊張材の偏心量を e (図心より上向きを正)、横材の二次曲げモーメントを M とすれば次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{cp} &= \frac{P}{A} + \frac{Pe+M}{Z} \\ \text{あるいは} \\ \sigma_{cp} &= \frac{P}{A} + \frac{Pe\eta}{Z} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 η は偏心プレストレスの曲げ成分係数で次式のようなになる。

$$\eta = 1 + \frac{M}{Pe} \dots\dots\dots (2)$$

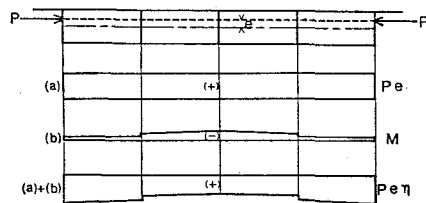
(1) 中間横桁の偏心プレストレス

図二は、偏心プレストレスによる中間横桁の曲げモーメントを示したもので、(a) は横桁の曲げ変形が主桁の拘束を受けない場合の曲げモーメントであり、(b) は主桁の拘束による二次曲げモーメント(表一)である。したがって横桁の曲げモーメントは (a)+(b) となる。式 (2) の偏心プレストレスの曲げ成分係数 η の値は横桁中央点で最小となる。端横桁のプレストレス力が中間横桁の二次曲げモーメントに及ぼす影響は小さいので、これを無視して横桁中央点の η を求めれば

$$\eta = 1 + (-0.122)Pe^{(2)}/Pe^{(2)} = 0.878 \dots\dots\dots (3)$$

となり偏心プレストレスの効果の大きいことがわかる。

横桁中央点の η の値は、付図に示した計算図からわかるように、格子曲げ剛度 β および格子ねじり剛度 μ の値が小さいほど、また主桁数が多くなるほど小さくなる。一般には、 β は 100~500、 μ は 20~100 の範囲にあり、この範囲での η の値はほぼ 0.5 以上となる。このことは通常的设计においては、中間横桁の偏心プレストレスの効果が期待できることを示している。



図二 中間横桁の曲げモーメント

(2) 端横桁の偏心プレストレス

端横桁の偏心プレストレスによる二次曲げモーメントは表一からわかるように、中間横桁のプレストレス力が端横桁の二次曲げモーメントに及ぼす影響が小さいのでこれを無視すれば、端横桁の内部支点間での η の値は $-0.286 \sim 0.142$ となり、このことは偏心プレストレスの効果ほとんどないことを示している。このように端横桁の偏心プレストレスはその効果がないばかりか主桁支点には二次反力を発生させることになる。この二次反力は中間横桁のプレストレスによる影響は非常に小さいので、端横桁のプレストレス力とその偏心量との積の大きさによって決まるものである。図三は

スパン長が 17 m から 40 m までの 140 橋の PC 格子桁道路橋標準設計¹⁾について、端横桁緊張材の偏心比(緊張材の偏心量と桁高との比)の分布状態を示したものでその値は最大で 0.2 程度となっている。これによる主桁支点の二次反力は設計荷重による反力の 50%²⁾にも達することになる。このようなことから端横桁の緊張材はそのプレストレス力の合力作用点が端横桁断面図心と一致するように配置することが望ましいといえる。

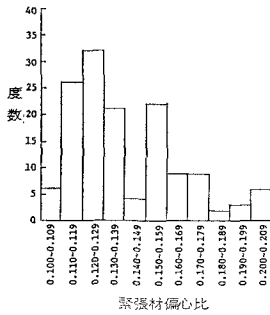


図-3 緊張材偏心比の度数分布

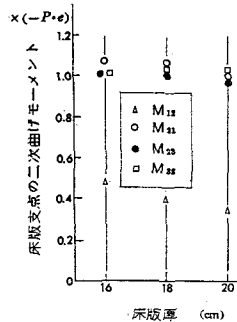


図-4 床版の二次曲げモーメント

(3) 床版の偏心プレストレス

図-1 において、中間横桁と端横桁との中間に、横桁長の 30% の有効幅をもつ床版が配置される場合を考える。床版の偏心プレストレスによる二次応力は文献 1) を応用して求めることができるがその結果を図-4 に示す。これより明らかのように、床版の内部支点間では、二次曲げモーメントの値は、おおよそ $-Pe$ であり、したがって η はほぼ零となり、偏心プレストレスの効果がほとんどないことがわかる。二次曲げモーメントは横材と主桁の曲げ剛性比が小さいほど大きくなるので、中間横桁に比して曲げ剛性の非常に小さい床版の方が、二次曲げモーメントの影響を大きく受けることになる。

3. 横桁フランジ有効幅の検討

前節において、端横桁緊張材の偏心比の大きさによっては主桁支点到に大きな二次反力が生ずることを指摘したが、これを避けるためにプレストレス力の合力作用点が端横桁断面図心と一致するように緊張材を配置することが必要となる。このような場合、端横桁断面諸元に影響を与えるフランジの有効幅の大きさをどのようにとるかが問題となる。また二次応力に影響を及ぼす格子曲げ剛度および格子ねじり剛度の算定には、中間横桁の曲げ剛性が関係する。このようなことから中間横桁に関してもフランジの有効幅の検討が必要となる。プレストレス力による横桁の曲げ変形に対するフランジ有効幅の推定方法として、ここではフランジ幅の大きい横桁を対象としてこれを直方体要素に分割し、有限要素法 (SAP IV)⁴⁾

によりたわみの影響線を求め (図-5)、桁理論によるたわみがこれと近似するようにフランジ有効幅の算定を行ったものである。横桁の形状は、端横桁を想定した片側のみフランジのある場合 (Case A) および中間横桁を想定した両側にフランジのある場合 (Case B) を対象とした。横桁の諸数値を表-2 に示す。

表-2 横桁の種類と諸数値

種別		B (m)	h (m)	t (m)	b ₀ (m)	b (m)
Case A	(1)	3.8	1.1	0.2	0.4	4.3
	(2)	3.8	1.1	0.2	0.3	4.2
	(3)	3.8	1.1	0.2	0.2	4.1
	(4)	5.7	1.1	0.2	0.3	4.2
	(5)	7.6	1.1	0.2	0.3	4.2
	(6)	5.7	1.0	0.1	0.3	4.2
Case B	(1)	3.8	1.1	0.2	0.3	8.1
	(2)	3.8	1.1	0.2	0.2	8.0
	(3)	3.8	1.1	0.2	0.1	7.9
	(4)	5.7	1.1	0.2	0.2	8.0
	(5)	7.6	1.1	0.2	0.2	8.0
	(6)	5.7	1.0	0.1	0.2	8.0

B: 桁長, h: 桁高, t: フランジ厚, b₀: ウェブ厚, b: フランジ幅

図-5 の白ぬきの丸で示した値は、部材軸線上に 1 t (9.8 kN) のプレストレス力が作用した場合の単純支持された横桁中央点のたわみ δ (下向きを正) の影響線であり、ヤング係数を 300 000 kg/cm² (29.4 GPa)、ポアソン比を 0.2 として有限要素法により求めた値である。PC 格子桁橋では、横桁フランジに作用するプレストレス力はほぼ等分布荷重となるので、フランジ部の影響線はその面積に等しい長方形におきかえて考えることができる。これを点線で図に示す。横桁フランジの片側有効幅 λ は横桁寸法により多少の差はあるものの、横桁長を B とすれば、Case A では 0.09B として、また Case B では 0.135B として桁理論により求めたたわみの値と有限要素法で求めた値とはよく近似することがうかがえる。一方道路橋示方書 (Ⅲ) に規定されている横桁フランジの片側有効幅³⁾ λ は次のようである。

$$\lambda = \frac{n-1}{6} (l_s + b_w) + b_s \dots \dots \dots (4)$$

- ここに、 l_s : 主桁の純間隔
- b_w : 主桁のウェブ厚
- b_s : ハンチ部の有効幅
- n : 主桁の本数

ここで、 $(n-1)(l_s + b_w)$ は、ほぼ横桁長 B に等しいので、したがってハンチ部のない横桁では $\lambda \approx 0.167B$ となる。これにより求めたたわみの値も図に示してあるが、中間横桁 (Case B) では、有限要素法あるいは λ を 0.135B とした桁理論によるたわみに比してその差は小さいものの、端横桁 (Case A) では、プレストレス力が桁の上部あるいは下部に作用する場合にはかなり大き

な差が生じることがわかる。

次に、主桁支点に二次反力が生じないように、端横桁断面図心とプレストレス力の合力作用点が一致するように緊張材を配置する場合、また中間横桁の偏心プレストレスの曲げ成分係数 η を求める場合に、前述の検討結果から得られたフランジ有効幅と道示(Ⅲ)による有効幅との差異がどの程度の影響を及ぼすかを図-1 に示す格子桁橋について検討してみる。道示(Ⅲ)によるフランジ有効幅をもつ端横桁断面においては、前述のように計算上の断面図心と実際の断面図心が一致しないので、計算上の図心とプレストレス力の合力作用点が一致するように緊張材を配置しても横桁の曲げ変形によって支点到二次反力が生ずることになる。これについて検討した結果を図-6 に示す。 G_1, G_2 はフランジ有効幅が $0.09B$ および道示(Ⅲ)による横桁断面の図心であり、 g_1 および g_2 はそれぞれの断面のプレストレス力の合力作用点である。いま g_2 が G_2 と一致するように緊張材を配置する場合、 G_1 の断面ではフランジ有効幅に含まれる緊張材が減少するのでプレストレス力の合力作用点は下方に移動し g_1 となる。この g_1 が G_1 と一致しない場合には de なる偏心量が生じ、横桁に曲げモーメントが作用することになる。 de は緊張材の配置状態やウェブ厚等によって変化するものである。ここでは図に示す緊張材の配置に対して偏心量 de および主桁 1 と 2 の支点の二次反力 $\Delta Q_1, \Delta Q_2$ を求めた。偏心量については桁高 h との比 (de/h)、また二次反力については設計荷重による反力 Q との比 ($\Delta Q/Q$) として表示した。なお横桁長が大きい場合(主桁数が 6 本および 7 本の場合)についても検討し併せて示した。この結果、道示(Ⅲ)によるフランジ有効幅の端横桁断面図心に、プレストレス力の合力作用点が一致するように配置した場合の二次反力は設計荷重による反力の $-9\sim 7\%$ 程度となった。

次に中間横桁のフランジ有効幅の差異による偏心プレストレスの曲げ成分係数 η の比較を表-3 に示す。これより、この程度のフランジ幅の差異では、 η にはほとんど差のないことが認められる。

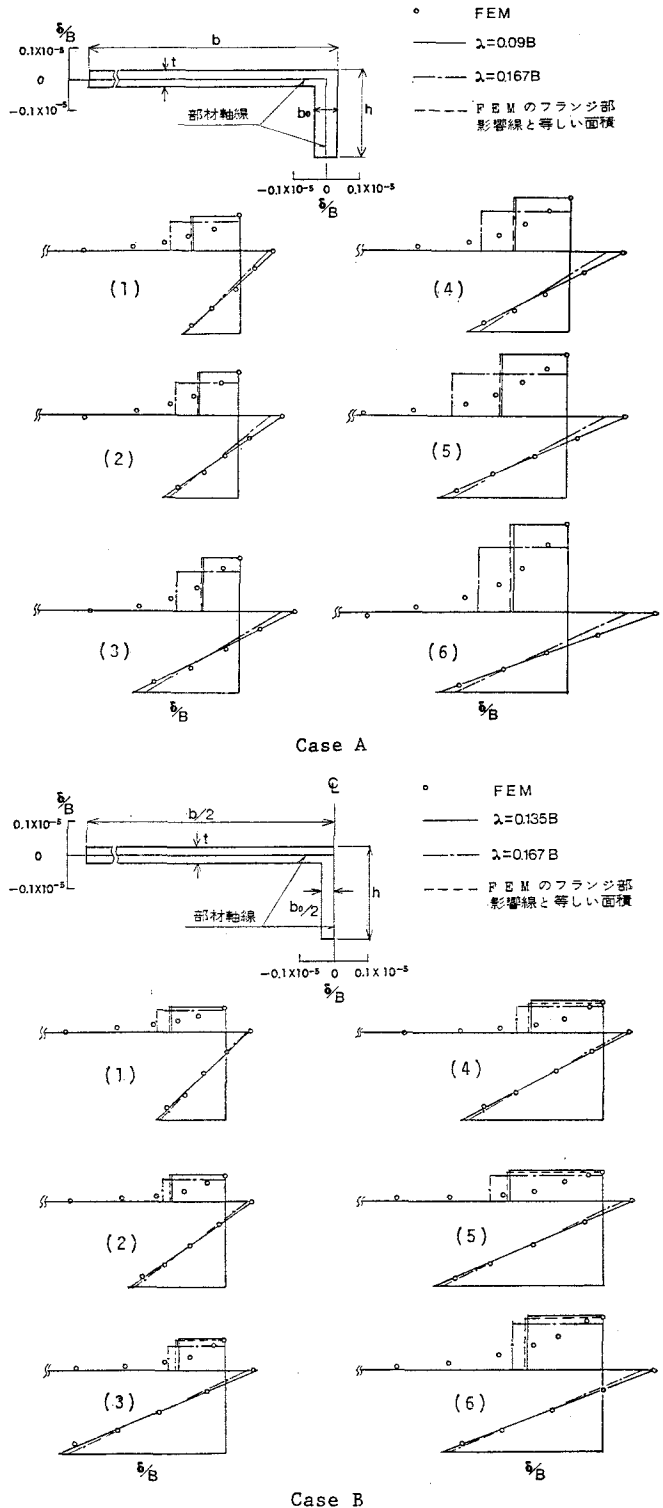


図-5 プレストレス力による横桁中央点のたわみの影響線

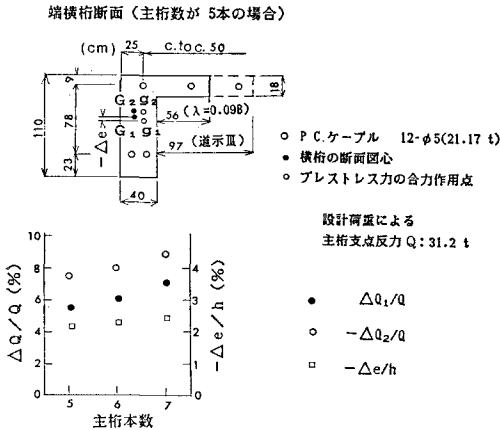


図-6 端横桁フランジ有効幅の差異が二次反力に及ぼす影響

表-3 η の比較

	格子曲げ剛度 β	格子ねじり剛度 μ	横桁中央点の二次曲げモーメント M_{21}	η
λが 0.135B の場合	124	19.8	-0.133 $P_e^{(2)}$	0.867
λが道示(Ⅲ)の場合	128	20.4	-0.122 $P_e^{(2)}$	0.878

4. 二次応力に関する模型実験

(1) 実験の概要

横方向偏心プレストレスングによる二次応力の発生ならびにこれに関する理論解析の妥当性を検証するために模型実験を行った。模型は図-7 に示すように、3本の主桁と3本の横桁からなるモルタル製格子桁で、配筋筋にはφ3.2の鉄線を、また緊張材にはC種1号φ9.2のPC鋼棒を使用した。モルタルの材令28日における圧縮強度は540 kg/cm² (52.92 MPa)であった。

主桁が3本以上の格子桁では、横方向プレストレスングによって主桁支点に正負の二次反力が生じるので、実験に際して自重による反力の小さい支点が浮き上がらないように、上下方向の変位が完全に拘束され、かつ桁の伸縮が自由な支承が必要となる。このような条件で二次反力を精度よく求めることは非常に難しいものとな

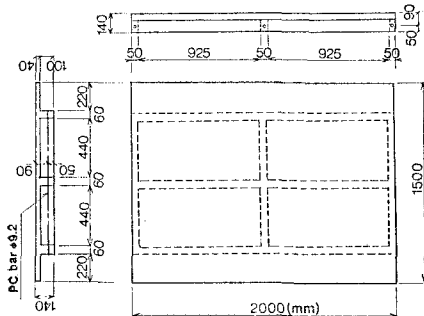


図-7 格子桁模型図

る。また主桁および横桁に貼付したストレインゲージによる測定方法も、二次応力のみ分離検出は難しく、このようなことから本実験においては、模型格子桁の中央主桁支点の支承をとり外して、外側主桁のみによる支持状態とし、横方向プレストレスングによる主桁と横桁のたわみを測定して実験値と計算値の比較を行い、さらに端横桁中央点に鉛直荷重を作用させ、その位置のたわみを測定することによって3主桁支持格子桁の二次反力の検討を行った。たわみはダイヤルゲージ (1/100 mm) により、格子桁の各格点において測定した。荷重の検出は、ダイナモメーター (精密圧力計) および PC 鋼棒に接着したストレインゲージにより行った。

(2) 実験結果と考察

図-8 は2主桁 (外桁) 支持格子桁において、片側の端横桁のプレストレス力 $P^{(1)}$ と格子桁格点のたわみ (下向きを正) との関係を示したもので、また図-9 は中間横桁のプレストレス力 $P^{(2)}$ と格点のたわみとの関係を示したものである。プレストレスングの初期段階においては、支承のあそびがたわみに影響を及ぼすので、プレストレス力 $P^{(1)}$ および $P^{(2)}$ の初期値は1000 kg (9.8 kN) とした。図-10 は端横桁中央点 (格点 2) に作用する鉛直荷重 W_2 (初期値 200 kg : 1.96 kN) とたわみとの関係を示したものである。たわみの実験値は、2回の測定の平均値であり、また δ_4 は格点 4 と 6 の平均値として表わしたものである。図に示すたわみの計算値は、端横桁および中間横桁のフランジ片側有効幅をそれぞれ 0.09B および 0.135B を用いて算出したものを Case 1、また 0.167B を用いて算出したものを Case 2 として示した。ただし Case 2 は、たわみの大きい格点についてのみ表示した。また計算に用いたヤング係数は 314 000 kg/cm² (30.77 GPa) としたが、これは実験により求めた値である。図-8 および図-9 より、横桁のプレストレス力とたわみに関する実験値と計算値とはよい対応を示すことがうかがえる。ただジャッキのアタッチメントの横桁への取付けが安定するようにウェブ高の中心に緊張材を配置したので、この位置でのプレストレス力によるたわみは図-5 に示すたわみの影響線からもわかるように、計算値の Case 1 と Case 2 とのたわみ差は微小なものとなった。鉛直荷重とたわみに関する実験値は Case 1 の計算値とよい近似を示した (図-10)。次に端横桁のプレストレスングによる中央主桁支点の二次反力について検討してみる。図-8 に示すように、端横桁のプレストレス力 $P^{(1)}$ と格点 2 のたわみ δ_2 の実験値はほぼ直線関係にあるので、回帰直線式を求めると次のようになる。

$$P^{(1)} = -128.0 \times 10^3 \delta_2 \dots \dots \dots (5)$$

同様に図-10 に示すように、格点 2 の鉛直荷重 W_2 と格点 2 のたわみ δ_2 に関しては、次の回帰式が得

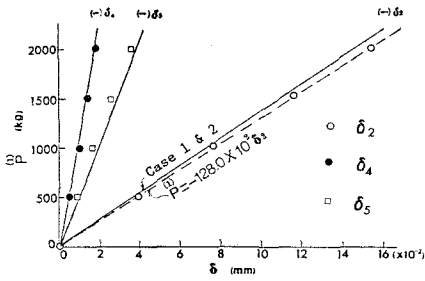


図-8 端横桁のプレストレス力とたわみ

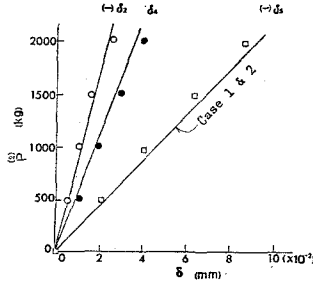


図-9 中間横桁のプレストレス力とたわみ

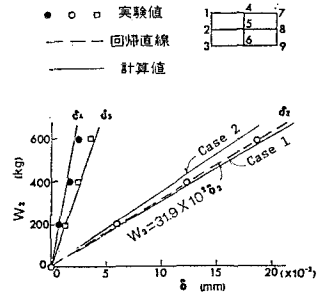


図-10 端横桁の鉛直荷重とたわみ

られる。

$$W_2 = 31.9 \times 10^3 \delta_2 \dots\dots\dots (6)$$

中央主桁支点の二次反力 Q_2 は式 (2) および (3) より次のようになる。

$$Q_2 = -0.25 P^{(2)} \dots\dots\dots (7)$$

なお Q_2 の算定にあたって、格点 8 の鉛直荷重が格点 2 のたわみに与える影響は微小であるのでこれを無視した。

一方、 Q_2 に関する Case 1 と Case 2 の計算値はそれぞれ $-0.23 P^{(2)}$ および $-0.28 P^{(2)}$ となり、したがって実験値はそれらの中間値となった。

以上実験の範囲内において、横桁緊張材の取付け位置の制限により、横桁フランジの有効幅に関しては明確な結果が得られなかったものの、横方向偏心プレストレスングによって二次応力が発生すること、またこれに関する理論解析の妥当性が認められた。

5. 二次応力の計算図

横方向偏心プレストレスングによる二次応力を簡便に算定できるように、計算図を作成し付図として示した。計算図は表-4 に示す PC 格子桁橋について、格子曲げ剛度 β および格子ねじり剛度 μ をパラメーターとして、中間横桁の偏心プレストレスの曲げ成分係数 η および主桁のスパン中央二次曲げモーメント $M_{0.5L}$ を直接読み取れるように作成した。 η は横桁中央点の値を、また $M_{0.5L}$ は外桁および中央桁の値について示した。なお、主桁数が 8 本以上の格子桁橋に対しては、文献 5) の計算式を用いれば比較的容易に二次応力を求めることができる。

表-4 PC 格子桁橋の種別

種 別	中間横桁本数	主 桁 本 数
Model A	1	4, 5, 6 & 7
Model B	2	4, 5, 6 & 7
Model C	3	4, 5, 6 & 7

これらの計算図は次のような PC 格子桁橋に対して利用できる。

- 1) 主桁および横桁は等断面とするが、主桁端部において通常の腹部拡幅程度であれば実用上使用できる。
- 2) 主桁および横桁は等間隔に配置されている。
- 3) 横桁の緊張材の偏心量は全長にわたって一定で、かつ複数の中間横桁からなる場合はそれらのプレストレス力と偏心量との積は等しい。
- 4) 主桁の支持条件は、剛支承、弾性ばり（はり部を有する橋脚）あるいはゴム支承のいずれでも使用できる。ただしゴム支承の場合、端横桁の緊張材は、そのプレストレス力の合力作用点が横桁断面図心近くになるように配置することが必要である。
- 5) 端横桁と中間横桁の曲げ剛性比は、剛支承およびはり部材に支持される場合は 0.5 以上、またゴム支承の場合には 1 以上とする。
- 6) 床版の緊張材は断面図心に配置されているものとする。

[計算例 1]

主桁本数が 7 本、中間横桁本数が 1 本、 $\beta=130$ 、 $\mu=20$ 、 $L=20$ m、 $a=1.45$ m の場合。

計算図 (4) Model A より $\eta=0.69$

主桁 1: $M_{0.5L(1)} \cdot a / (PeL) = -0.022$

$$\therefore M_{0.5L(1)} = -0.30 Pe$$

主桁 4: $M_{0.5L(4)} \cdot a / (PeL) = 0.017$

$$\therefore M_{0.5L(4)} = 0.23 Pe$$

[計算例 2]

主桁本数が 7 本、中間横桁本数が 3 本、 $\beta=330$ 、 $\mu=100$ 、 $L=35$ m、 $a=2.0$ m の場合。

計算図 (12) Model C より

$$\eta^{(2)} = 0.80 \quad \eta^{(3)} = 1.12$$

主桁 1: $M_{0.5L(1)} \cdot a / (PeL) = -0.0045$

$$\therefore M_{0.5L(1)} = -0.08 Pe$$

主桁 4: $M_{0.5L(4)} \cdot a / (PeL) = 0.005$

$$\therefore M_{0.5L(4)} = 0.09 Pe$$

6. ま と め

設計実務に寄与するため、横材の偏心プレストレスの

効果およびプレストレス力が作用する場合の横桁フランジの有効幅について検討を行った。また模型実験により二次応力の発生ならびに理論解析の妥当性を検証し、さらに PC 格子桁橋の横締めによる二次応力を簡便に算定できるように計算図を提示した。結論をまとめると次のようである。

(1) PC 格子桁橋の横方向偏心プレストレスについて、中間横桁では、その効果が認められるが、床版および端横桁では、それがほとんど期待できない。特に端横桁においては、緊張材の偏心配置によって主桁支点の二次反力が設計荷重による反力の 50% にも達することもあり、これが支承あるいは下部工に影響を及ぼす等の問題も生じる。このようなことから床版および端横桁の緊張材はそのプレストレス力の合力作用点が断面図心に一致するように配置することが必要である。ただし端横桁において、配筋等の施工上の都合で偏心が避けられない場合は二次応力の計算を行う必要があるが、その際端横桁は独立した連続桁とみなして計算することができる。

(2) 主桁支点に二次反力が生じないように、端横桁のプレストレス力の合力作用点が横桁断面図心と一致するように緊張材を配置する場合、あるいは格子曲げ剛度および格子ねじり剛度を求める場合、横桁の断面諸元に影響を与える横桁フランジの有効幅が問題となる。これを有限要素法により検討した結果、表—2 に示す横桁の範囲内においては、横桁フランジの片側有効幅 λ は、横桁寸法によって多少の差はあるものの、桁長を B で表わせば端横桁に対して $\lambda=0.09 B$ 、中間横桁に対して $\lambda=0.135 B$ の値が得られた。

(3) 模型実験の範囲内において、横桁緊張材の取付け位置の制限により、横桁のフランジ有効幅に関しては明確な結果が得られなかったものの、横方向偏心プレストレスによって二次応力が発生すること、またこれに関する理論解析の妥当性が認められた。

(4) 横方向偏心プレストレスによる中間横桁および主桁の二次応力を簡便に算定できるように計算図を提示した。ただし主桁に関しては、中間横桁緊張材の

偏心比が 10% 以下の場合には、一般に二次応力は小さいので照査は省略できる。

参考文献

- 1) 猪又 稔：プレレスト・コンクリート格子桁橋の横方向プレストレスによる二次応力について、コンクリート工学, Vol. 17, No. 10, 1979.
- 2) 猪又 稔：横方向プレストレスによる PC 格子げたの二次応力に及ぼす弾性支承の効果, コンクリート工学, Vol. 20, No. 2, 1982.
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 (III コンクリート橋編), pp. 92~94, 1978.
- 4) Bathe, K.J. et al. : SAP IV A Structural Analysis Program for Static and Dynamic Response of Linear Systems, June, 1973.
- 5) 猪又 稔：主桁の曲げ剛性およびねじり剛性を考慮した横桁のプレストレスの計算法, プレレスト・コンクリート, Vol. 17, No. 5, 1975.

(1986.6.5・受付)

付図 (計算図)

記号の説明

η : 中間横桁中央点に関する偏心プレストレスの曲げ成分係数 (Model C の $\eta^{(2)}$ および $\eta^{(3)}$ はそれぞれ 4 等分点および中央の位置の横桁に対する値である)

$M_{0.sL}$: 主桁のスパン中央の二次曲げモーメント

L : 主桁のスパン長

a : 主桁間隔

P : 中間横桁のプレストレス力

e : 中間横桁緊張材の偏心量 (上向きを正にとる)

β : 格子曲げ剛度

$$\beta = \left(\frac{L^3}{2a} \right) \cdot \frac{EI}{E_0 I_0}$$

μ : 格子ねじり剛度

$$\mu = \frac{L}{8a} \cdot \frac{EI}{GJ}$$

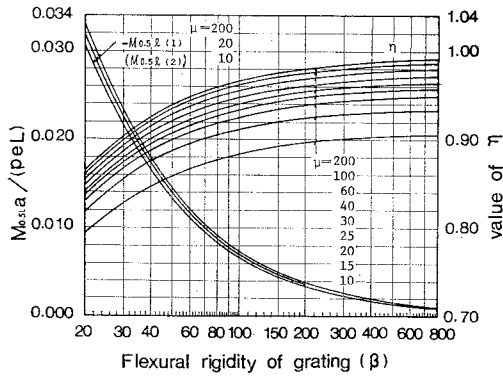
$E_0 I_0$: 主桁の曲げ剛性

EI : 中間横桁の曲げ剛性

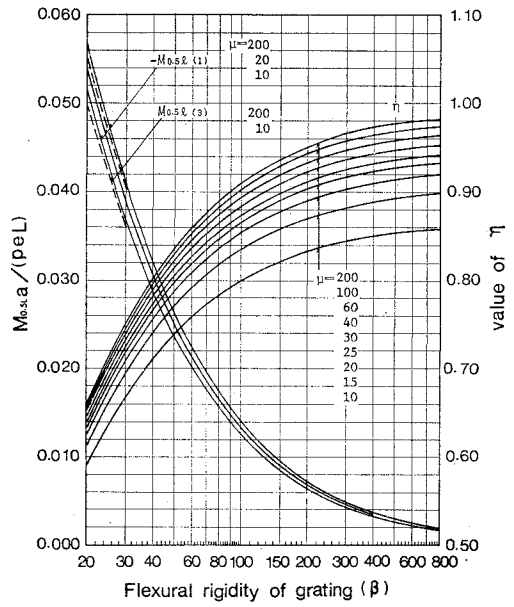
GJ : 主桁のねじり剛性

n : 主桁本数

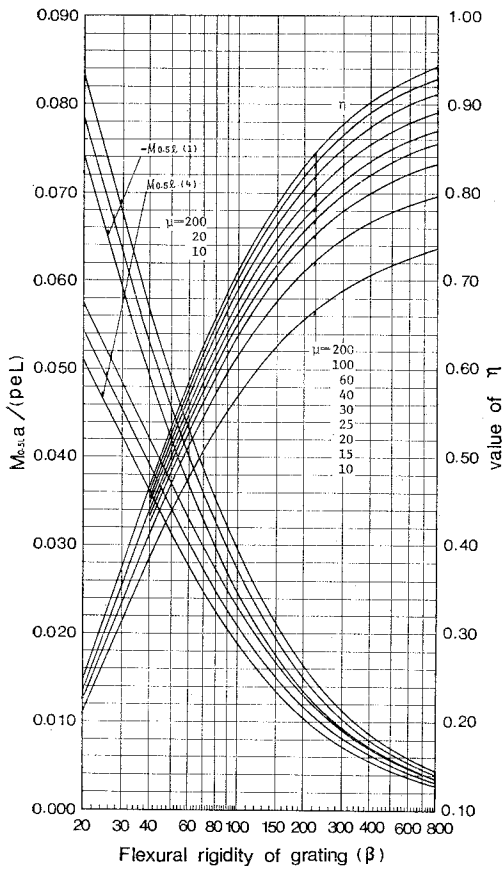
[付 図]



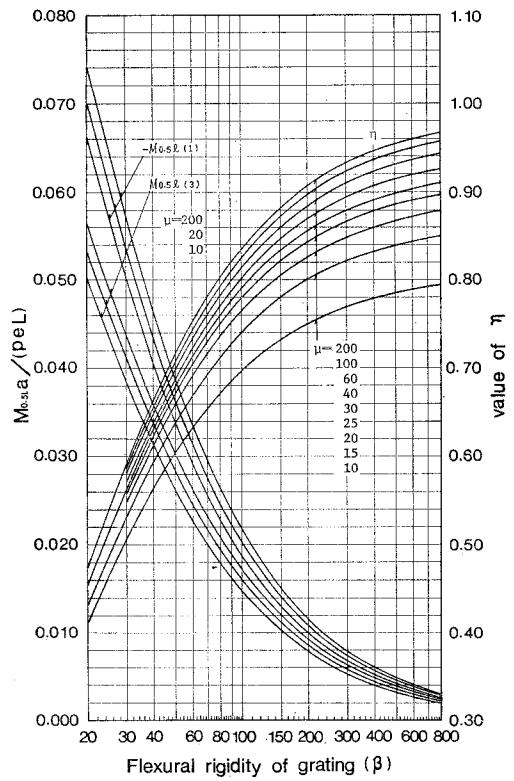
(1) Model A (n=4)



(2) Model A (n=5)



(4) Model A (n=7)



(3) Model A (n=6)

