

# 斜角格子げたの荷重分配性状

菅原 登

(昭和44年4月28日受理)

## Characteristics of Load-Distribution of the Skew Plane-Framed Structure

by Noboru SUGAWARA

### Abstract

The author already reported on an analysis of a skew plane-framed structure in consideration of the torsional rigidity of its main beams, and of the structure with right grillage system.

In this paper, an observation, based on this analysis, is made of the characteristics of the load-distribution in accordance with the variabilities of the shape and the sectional property of the structure; that is, variation of the skew angle  $\theta$ , variation of the ratio  $l/a$  of the span length to the spacing of the main beams, variation of the ratio  $\lambda/a$  of the panel length of the cross beams to the spacing of the main beams, and variation of the ratio  $J_Q/J$  of the moment of inertia of the cross beam to that of the main beam.

The results are as follows:

- (1) The structure of any extreme shape is an advantage in respect of stress when designing a bridge.
- (2) The value of the bending moment when  $\theta > 60^\circ$  is approximately the same as in the case of a right bridge, but the point of the maximum bending moment shifts considerably from the midspan when  $\theta < 60^\circ$ .
- (3) The cross beams must be arranged each at a proper distance.
- (4) When the shape is extreme in structure the cross beams must be arranged at the corner.
- (5) The most economical sectional property is  $J_Q/J \doteq 0.2$ .

### 1. ま え が き

最近の道路橋においては、荷重の横分配を図る目的から、格子げた構造とする設計が普通に行なわれている。また、主げたに薄肉箱断面形を採用して、主げたのねじり剛性を考慮し、かつ、架設地点の状況によっては、その斜角格子げた構造として設計しなければならない場合がしばしばある。

主げたのねじり剛性を考慮すれば、合理的にして経済的な設計をすることができるが、不

静定次数が高い構造となるばかりでなく、直橋では解析が容易であっても、斜橋では解析が非常に複雑になるものである。

さきに、筆者は主げたのねじり剛性を考慮した斜角格子げたについて、厳密な解析を行なった。これに基づいて、ここでは、ねじり剛性と曲げ剛性のある3本の主げたに、曲げ剛性のみのある3本の横げたが直交して対称性を有する斜角格子げたについて、斜角度  $\theta$ 、支間長と主げた間隔の比  $l/a$ 、横げた間隔と主げた間隔の比  $\lambda/a$ 、いわゆる形状の変化や、横げたと主げたの断面二次モーメントの比  $J_q/J$ 、いわゆる断面常数の変化等が荷重分配にどのように影響するかを考察する。

### 2. 解析の概要と計算

図-1のような主げたのねじり剛性を考慮した斜角格子げたにおいて、支承条件として各主げたは曲げ変形に対しては両端単純支持であり、ねじれ変形に対しては両端固定支持とする。また、主げたと横げたの連結条件としてそれらは剛結であるとするとき、これは内的12次の不静定構造である。

解析にあたって、この斜角格子げたの各主げた間の横げた中央に切断点を設けてこれを基本系とし、代わりに不静定力として対称組荷重および逆対称組荷重を挿入する。

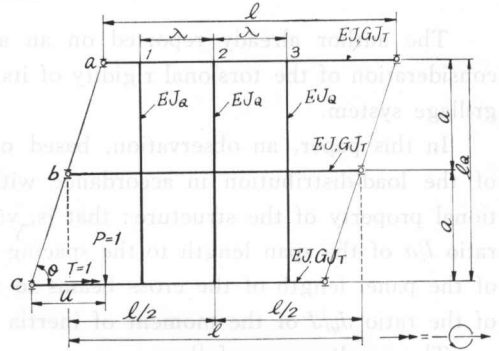


図-1

斜角格子げたの上を、垂直荷重  $P=1$  およびねじりモーメント荷重  $T=1$  が同時に作用して移動するとき、不静定力影響面  $X_{(i)}$  ( $i=1, 2, \dots, 12$ ) は次の式から得られる。

$$AX + PD + T\theta = 0$$

ここに

$$\left. \begin{aligned}
 \mathbf{A} &= \begin{pmatrix} \delta_{(1)(1)} & \delta_{(1)(2)} & \dots & \delta_{(1)(12)} \\ \delta_{(2)(1)} & \delta_{(2)(2)} & \dots & \delta_{(2)(12)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{(12)(1)} & \delta_{(12)(2)} & \dots & \delta_{(12)(12)} \end{pmatrix}, & \mathbf{X} &= \begin{pmatrix} X_{(1)} \\ X_{(2)} \\ \vdots \\ X_{(12)} \end{pmatrix}, & \mathbf{D} &= \begin{pmatrix} \delta_{(1)(0)} \\ \delta_{(2)(0)} \\ \vdots \\ \delta_{(12)(0)} \end{pmatrix}, & \theta &= \begin{pmatrix} \theta_{(1)(0)} \\ \theta_{(2)(0)} \\ \vdots \\ \theta_{(12)(0)} \end{pmatrix} \\
 \delta_{(i)(j)} &= \text{基本系における } X_{(j)}=1 \text{ の力と } X_{(i)}=1 \text{ による変形} \\
 & \text{との間でなす仕事} \\
 \delta_{(i)(0)}, \theta_{(i)(0)} &= \text{基本系における } X_{(i)}=1 \text{ による垂直変位図および} \\
 & \text{ねじり角変位図に相当}
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

したがって、任意の  $x$  点における断面力および変形等の影響面は、重ね合わせの法則により次の式から求めることができる。

$$S_x = S_x^0 + \sum_{\ell=1}^{12} S_{x(\ell)} X_{(\ell)}$$

ここに

$S_x^0$  = 基本系における  $x$  点の断面力および変形等の影響面

$S_{x(\ell)}$  = 基本系における  $X_{(\ell)}=1$  による断面力図および変形図等の  $x$  点の値

(2)

なお、詳しくは文献1)に述べている。

以上の解析にしたがって、 $P=1$  による場合と  $T=1$  による場合の、曲げモーメント影響面およびねじりモーメント影響面の大量の計算を、各主げた6分割点について、電子計算機によって求め、斜角格子げたの形状の変化や断面常数の変化等が、荷重分配にどのように影響するかを図に描くと図-2~図-13のようになる。

数値計算は  $\theta=20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ 。  $l/a=3.5, 5, 10, 20, 100$ 。  $\lambda/a=0.01, 0.1, 0.5, 2, 3.5$ 。  $J_Q/J=0.01, 0.1, 0.2, 0.5, 1$ 。 のそれぞれについて、 $P=1$  による場合と  $T=1$  による場合を行なった。

i) 図-2~図-5は  $P=1$  による曲げモーメントの分配性状である。例えば図-2は外げたと中げたに分類して、種々の  $\theta$  のときに分割点全体にわたって計算した曲げモーメント影響面の中で最大曲げモーメントの値と、その生ずる点を抜粋すると表-1のようになるから、外げたについては3つの点、中げたについては2つの点に限定して、それらの点に着目した  $\theta$  の変化による分配性状を描くことにする。同様にして図-3~図-5が描かれる。

表-1

$\theta$	外 げ た		中 げ た	
	最大曲げモーメント	生 ず る 点	最大曲げモーメント	生 ず る 点
$20^\circ$	3.0898	$a(4l/6) = c(2l/6)$	1.7212	$b(l/6) = b(5l/6)$
$25^\circ$	2.8272	$a(4l/6) = c(2l/6)$	1.8160	$b(l/6) = b(5l/6)$
$30^\circ$	2.6544	$a(4l/6) = c(2l/6)$	1.9031	$b(l/6) = b(5l/6)$
$45^\circ$	2.8685	$a(2l/6) = c(4l/6)$	2.0625	$b(l/6) = b(5l/6)$
$90^\circ$	2.6870	$a(3l/6) = c(3l/6)$	2.1892	$b(3l/6)$

ii) 図-6~図-9は  $P=1$  によるねじりモーメントの分配性状である。この場合は大部分が主げた中央点に載荷したときに支点に最大ねじりモーメントが生ずるので、その点に着目した分配性状をあらわしている。

iii) 図-10~図-13は  $T=1$  による曲げモーメントの分配性状である。この場合は形状の変化や断面常数の変化等によって、最大曲げモーメントを生ずる点がかかなり移動するので、一例として主げた中央点に載荷したときに主げた中央点に着目した分配性状をあらわしている。また、ある形状や断面常数のときの最大曲げモーメントの値を、載荷点や生ずる点に無関係に

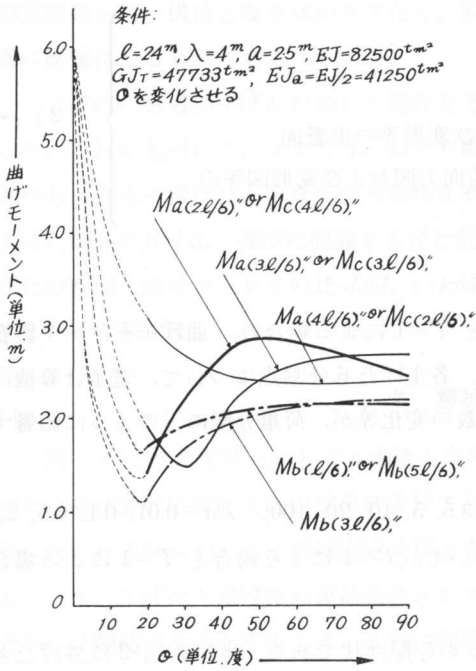


図-2

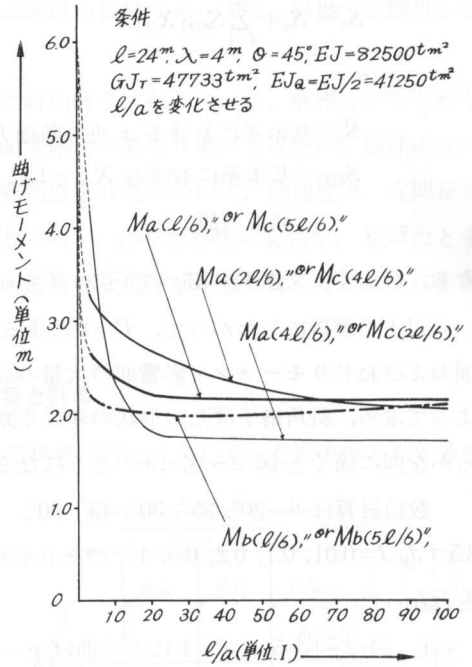


図-3

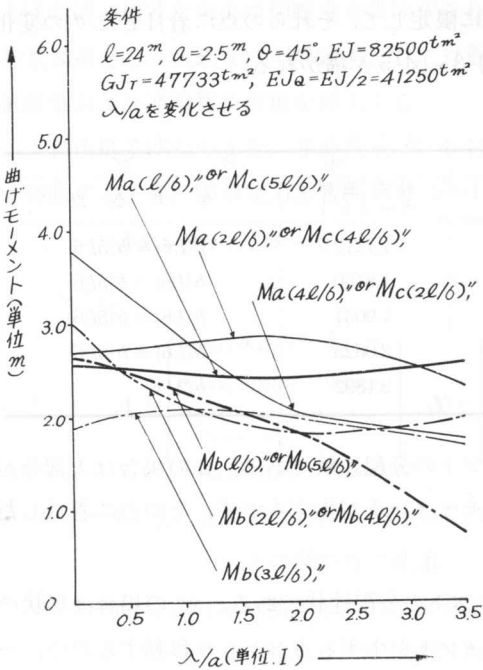


図-4

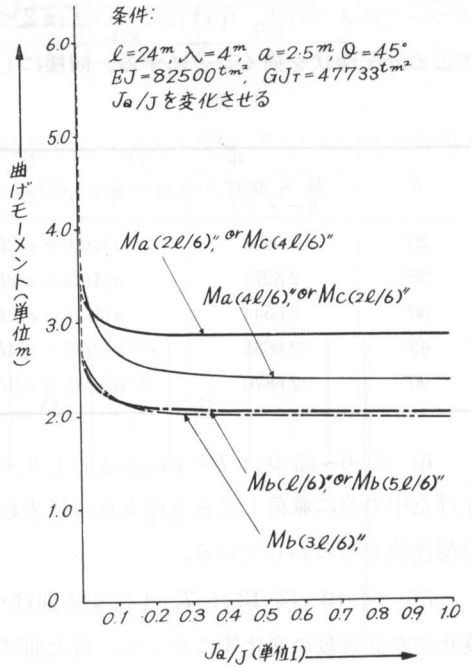


図-5

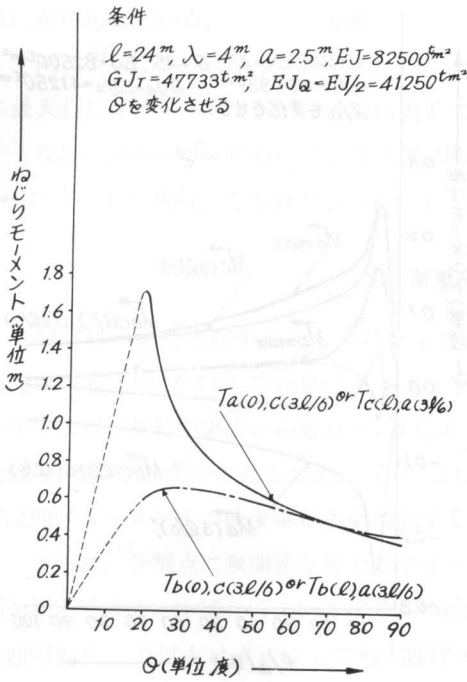


図-6

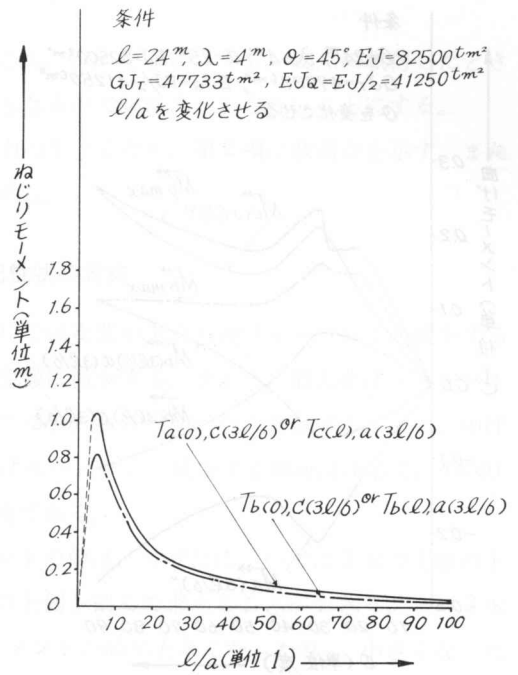


図-7

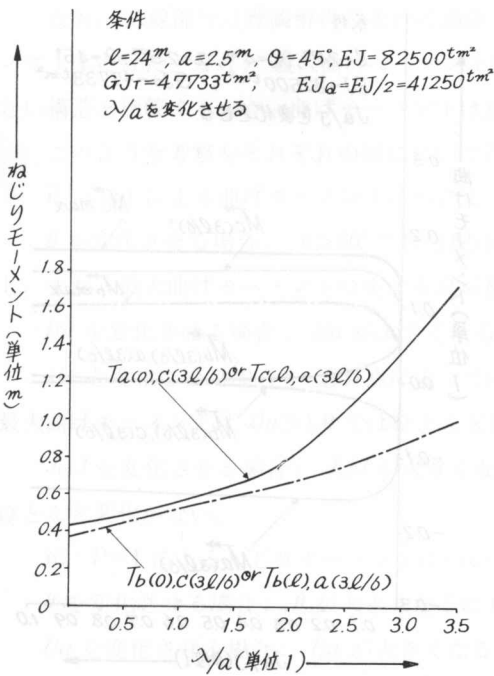


図-8

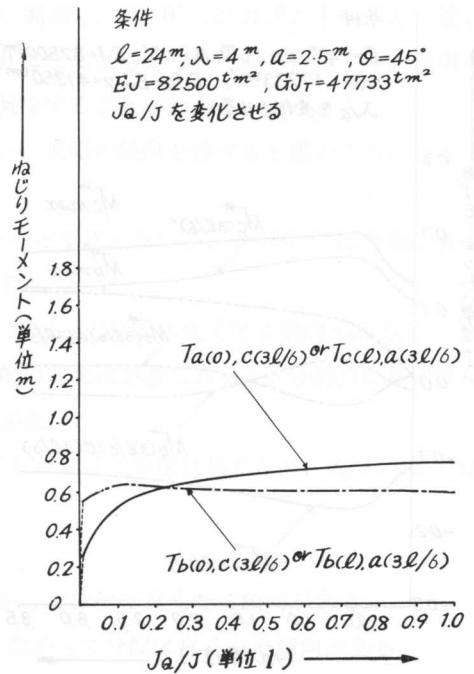


図-9

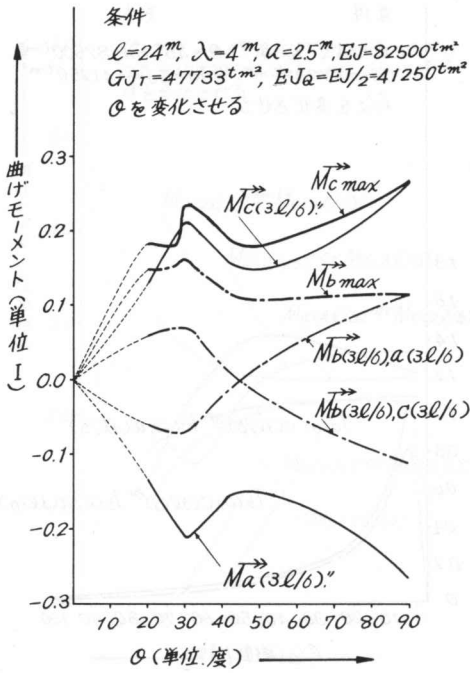


図-10

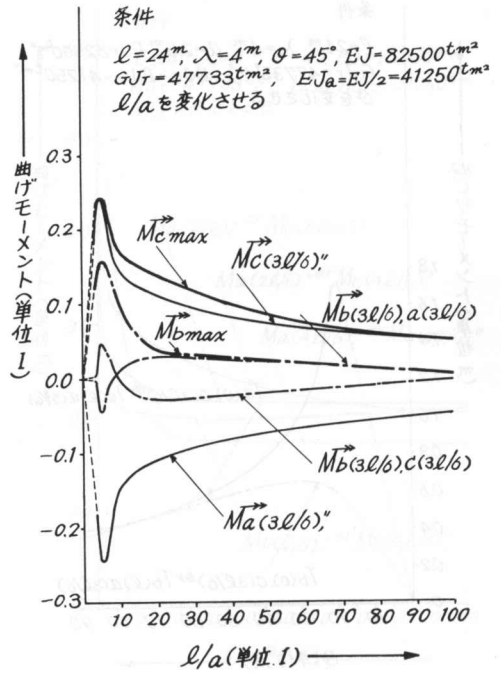


図-11

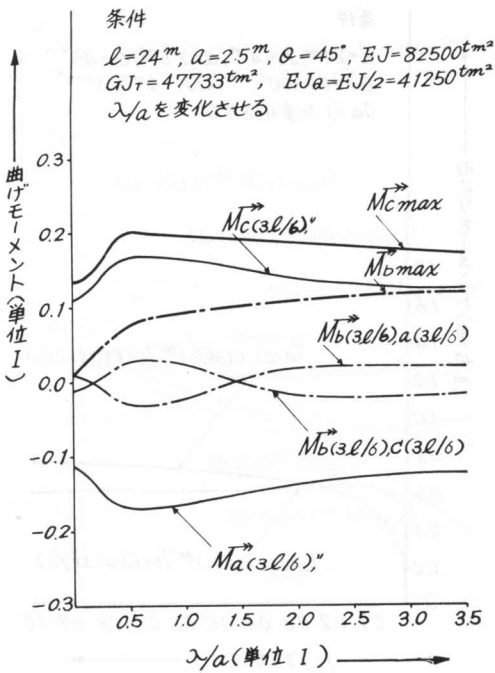


図-12

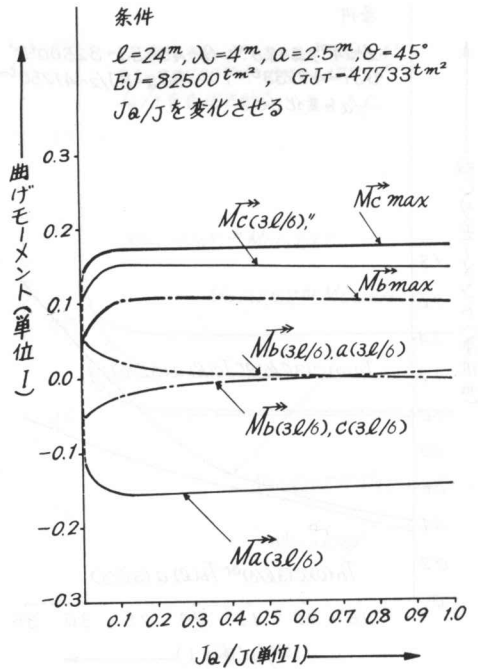


図-13

図にあらわしている。

iv)  $T=1$  によるねじりモーメントについては、いかなる場合でも、支점에载荷したときに最大ねじりモーメントが、その点に生じて1となるので図にあらわさないことにする。

なお、図の suffix において、第1項は断面力の生ずる点を、第2項は载荷点を示す。また  $\rightarrow$  は  $T=1$  が载荷した場合をあらわすものとする。

### 3. 荷重分配性状の考察

図-2について考察すると、外げたは  $\theta > 60^\circ$  では支間中央点の曲げモーメントの減少する傾向はゆるいが、 $\theta < 60^\circ$  では曲げモーメントは急激に減少する。そして、最大曲げモーメントを生ずる点は支間中央点から離れて、 $\theta$  によって  $(2l/6)$  点や  $(4l/6)$  点に移動する。また、中げたは  $\theta > 60^\circ$  では支間中央点および  $(l/6)$  点も曲げモーメントの減少する傾向はゆるく、 $\theta < 60^\circ$  では曲げモーメントの減少率が多少増加する程度である。

さらに、分割点に無関係な最大曲げモーメントの値は、外げたについては3本の実線の上側を結んで求め、中げたについては2本の破線の上側を結んで求めることができる。この2本の曲線から、外げたは  $\theta$  によって最大曲げモーメントの値が大きくなったり、小さくなったり不定であるが、中げたは  $\theta$  が小さくなるにしたがって最大曲げモーメントは減少する傾向がある。

なお、点線部分は理論解析の条件に適合しない範囲で、 $\theta = 0^\circ$  では外げたと中げたと重なって1本のけたとなり、最大曲げモーメントは6.0になると考えられるから、格子げた作用のない構造と比較するとき、曲げモーメントは相当減少することがわかる。

このような考察をそれぞれの図について行ない、大略の傾向を述べると次のようになる。

#### i) $P=1$ による曲げモーメントについて

$\theta$  を変化させる場合： $\theta > 60^\circ$  では分配はほとんど変化がないが、 $\theta < 60^\circ$  では急激に変化し、また、最大曲げモーメントの生ずる点が移動する。

$l/a$  を変化させる場合： $l/a$  が大きくなるにしたがって分配は良くなる傾向がある。

$\lambda/a$  を変化させる場合：着目点によっては分配の変化は急激であるが、分割点に無関係な最大曲げモーメントは  $\lambda/a > 1.0$  ではほとんど変化がない。

$J_q/J$  を変化させる場合： $J_q/J$  が大きくなるにしたがって分配は良くなり、 $J_q/J > 0.2$  ではほとんど変化がない。

#### ii) $P=1$ によるねじりモーメントについて

$\theta$  を変化させる場合： $\theta$  が大きくなるにしたがって分配は良くなる傾向がある。

$l/a$  を変化させる場合： $l/a$  が大きくなるにしたがって分配は良くなる傾向がある。

$\lambda/a$  を変化させる場合： $\lambda/a$  が大きくなるにしたがって分配は悪くなる傾向がある。

$J_q/J$  を変化させる場合： $J_q/J > 0.2$  では分配はほとんど変化がない。

iii)  $T=1$  による曲げモーメントについて

$\theta$  を変化させる場合:  $\theta$  によって分配は良くなったり, 悪くなったり不定である。

$l/a$  を変化させる場合:  $l/a < 10$  では分配の変化は急激であるが,  $l/a > 10$  では良くなる傾向がある。

$\lambda/a$  を変化させる場合:  $\lambda/a > 1.0$  では分配はほとんど変化がない。

$J_Q/J$  を変化させる場合:  $J_Q/J > 0.2$  では分配はほとんど変化がない。

また, 共通していることとして, 特殊の形状や断面常数の構造のものを除くと, 中げたの分配は外げたの分配より常に良いこと, さらに,  $P=1$  による曲げモーメントについては格子げた作用のない構造のものと比較すると, 外げたでは約 50%, 中げたでは約 65% 減少することがわかる。

#### 4. あとがき

斜角格子げた橋は, 多くの場合架設地点の状況によって設計しなければならないが, 考察から明らかなように, 特殊の形状の構造は応力上不利である。また, 一般には垂直荷重による曲げモーメントの応力が支配的であるから, 斜角度  $\theta$  が大きいときは直橋として設計しても大差はない。しかし, 斜角度  $\theta$  が小さいときは最大曲げモーメントの生ずる点が, かなり移動することに注意しなければならない。その他, 横げたは一部分に集中させて配置しないで適当間隔離すべきであること, 形状によっては隅角部にも横げたを補助的に増すべきであること, 横げたの断面二次モーメントは主げたの断面二次モーメントの 20% 程度にするのが経済的であること等がわかる。(土木学会北海道支部研究発表会にて一部発表, 昭和 43 年 2 月 26 日, 札幌)

#### 参 考 文 献

- 1) 菅原 登: 主げたのねじり剛性を考慮した斜角格子げたの解析と電算による影響面の計算. 北見工業大学研究報告 2 卷 2 号, 1968.
- 2) H. Homberg u. K. Trenks: Drehsteife Kreuzwerke. Springer, 1962.
- 3) A. Hawranek u. O. Steinhardt: Theorie und Berechnung der Stahlbrücken. Springer, 1958.