

主げたのねじり剛性を考慮した 斜角格子げたの荷重分配性状

正 員 菅 原 登*

1. ま え が き

最近の道路橋において、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た斜角格子げた構造とする場合がしばしばある。

さきに、筆者は、ねじり剛性ある主げたをもつ斜角格子げたの解析と計算を行なった。これにもとづいて、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、かつ、対称性を有する斜角格子げたについて、斜角度、横げたと主げたの断面二次モーメントの比、支間長と主げた間隔の比、横げた間隔と主げた間隔の比率、いわゆる形状や断面積の変化が、荷重分配にどのように影響するかを考察しようとするものである。

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、ねじり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。

このとき、横げたは、主げたを弾性たわみとねじりを生じさせる支承上の連続げたとし、主げたは、横げたを固定

支承上の連続げたと考え、この両者の理論を組み合わせる解析すればよい。

いま、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、不静定力として、対称組荷重および逆対称組荷重 $X_{(n)}=1$ ($n=1, 2, 3, \dots, 12$) を交互に挿入すると、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、斜角格子げたの上を移動するときの不静定組荷重影響面は、式(1)により求めることができる。

$$\left. \begin{aligned} [\delta_{(m)(n)}] [X_{(n)}] &= -[P \cdot \delta_{(m)(0)} + T \cdot \theta_{(m)(0)}] \\ m, n &= 1, 3, 5, 7, 9, 11 \\ [\delta_{(m)(n)}] [X_{(n)}] &= -[P \cdot \delta_{(m)(0)} + T \cdot \theta_{(m)(0)}] \\ m, n &= 2, 4, 6, 8, 10, 12 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここで、 $\delta_{(m)(n)}$ は、基本系において、 $X_{(n)}=1$ の力と $X_{(m)}=1$ による変形との間でなす仕事であり、 $\delta_{(m)(0)}$ および $\theta_{(m)(0)}$ は、基本系において、 $X_{(m)}=1$ による変形図そのものである。

したがって、任意の点 x における、 $P=1$ による、または $T=1$ による断面力および変形等の影響面は、式(2)によりまたは式(3)により求めることができる。

$$,,S_x'' = ,,S_x^{(0)''} + \sum_{n=1}^{12} S_{x(n)} \cdot ,,X_{(n)}'' \quad (2)$$

$$,,S_x^{>>''} = ,,S_x^{(0)>>''} + \sum_{n=1}^{12} S_{x(n)} \cdot ,,X_{(n)}^{>>''} \quad (3)$$

ここで、 $,,S_x^{>>''}$ 、または $,,S_x^{>>''}$ は、基本系の任意の点 x における、 $P=1$ による、または $T=1$ による断面力および変形等の影響面であり、 $S_{x(n)}$ は、基本系において、 $X_{(n)}=1$ による断面力図および変形図等の点 x の値である。さらに、 $,,X_{(n)}''$ 、または $,,X_{(n)}^{>>''}$ は、 $P=1$ による、または $T=1$ による不静定組荷重影響面である。(詳しくは文献1)を参照)

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を、各主げた分割点について、電子計算機によって求め、斜角格子げたの形状や断面積の変化が、荷重分配にどのように影響するかを図にあらわすこととする。

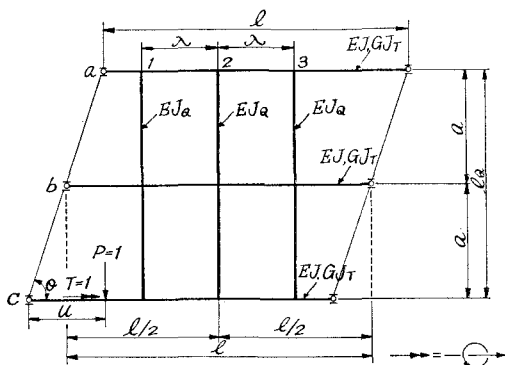


図-1

* 北見工業大学 助教授

図-2～図-5は、 $P=1$ による曲げモーメントについて、最大曲げモーメントを生ずる点に關しての性状をあらわす。

図-6～図-9は、 $P=1$ によるねじりモーメントについて、

大部分の場合、主げた中央に載荷したとき、支点に最大ねじりモーメントが生ずるので、この点に關しての性状をあらわす。

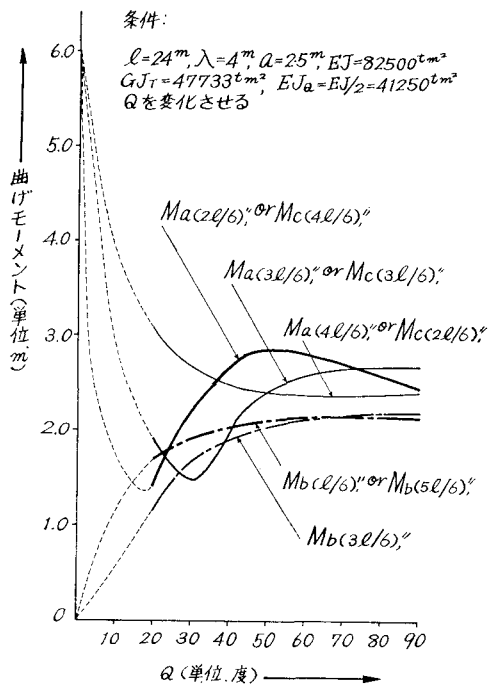


図-2

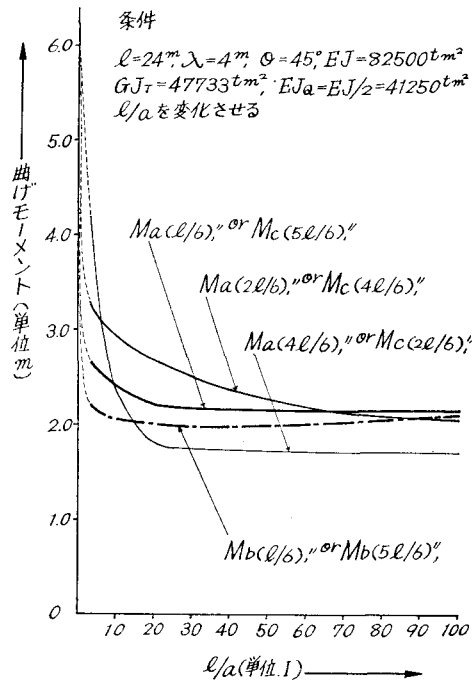


図-4

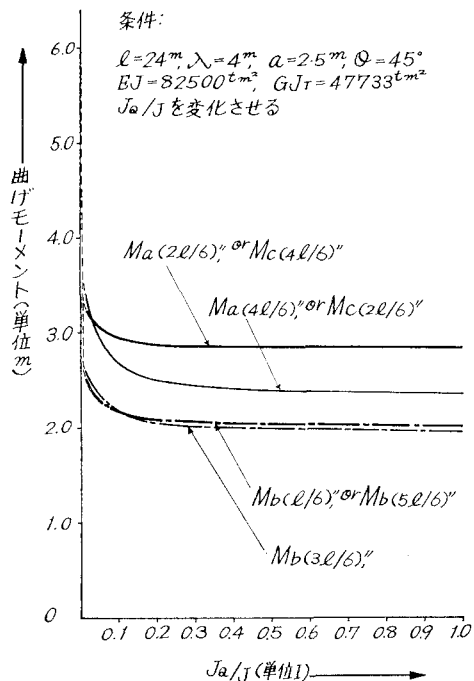


図-3

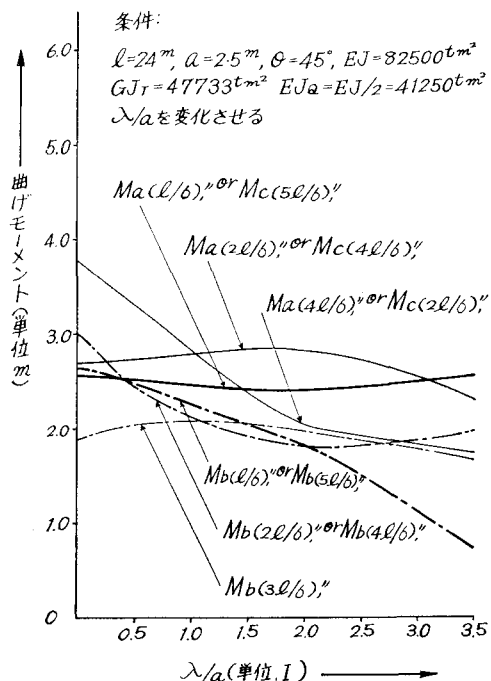


図-5

図-10～図-13は、 $T=1$ による曲げモーメントについて、形状や断面値の変化によって、最大曲げモーメントを生ずる点が、かなり移動するので、一例として、主げた中央に

載荷したとき、主げた中央に於ける性状をあらわす。また、ある形状や断面値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にあらわす。

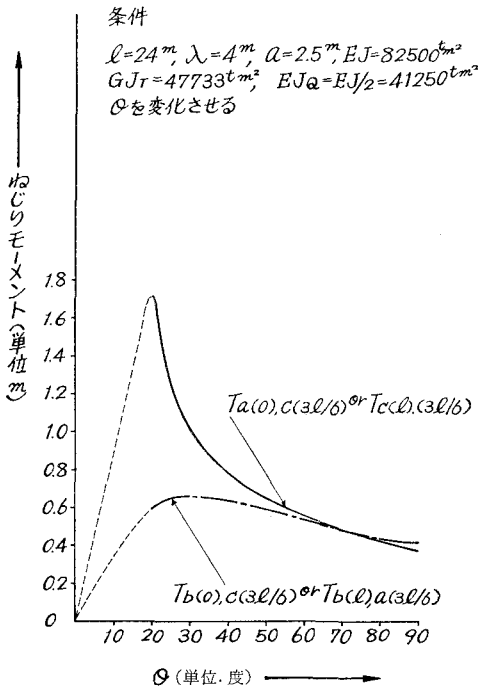


図-6

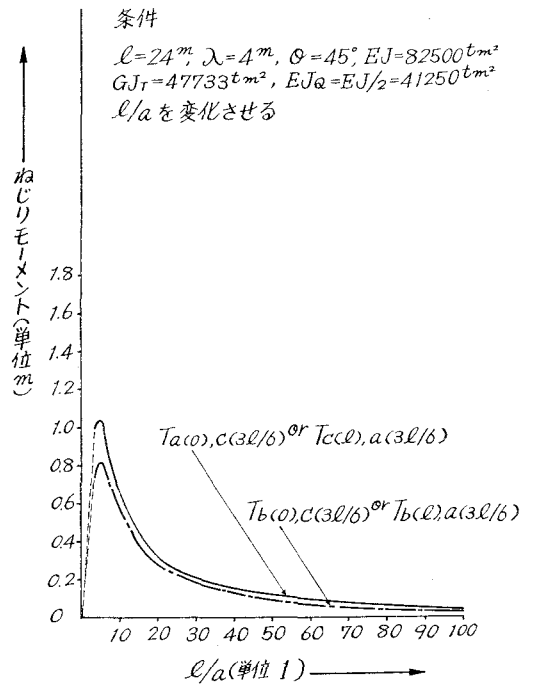


図-8

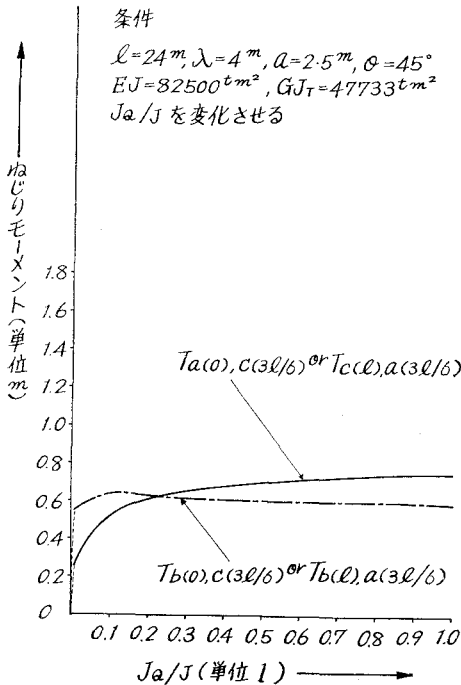


図-7

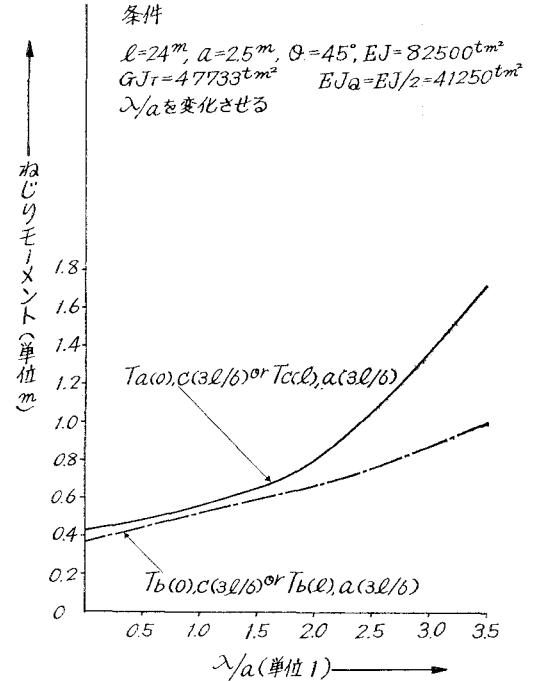


図-9

なお、 $T=1$ によるねじりモーメントについては、いかなる場合でも、支点に $T=1$ が荷重したとき、最大ねじりモーメントが生じ、1 となるので、図にあらわさないこと

にする。

これら図-2～図-13の曲げモーメントおよびねじりモーメントのサフィックスにおいて、第一項はその点の断面力

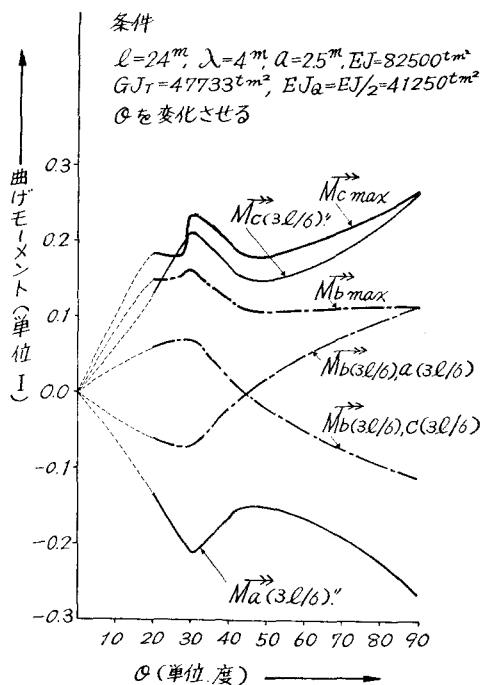


図-10

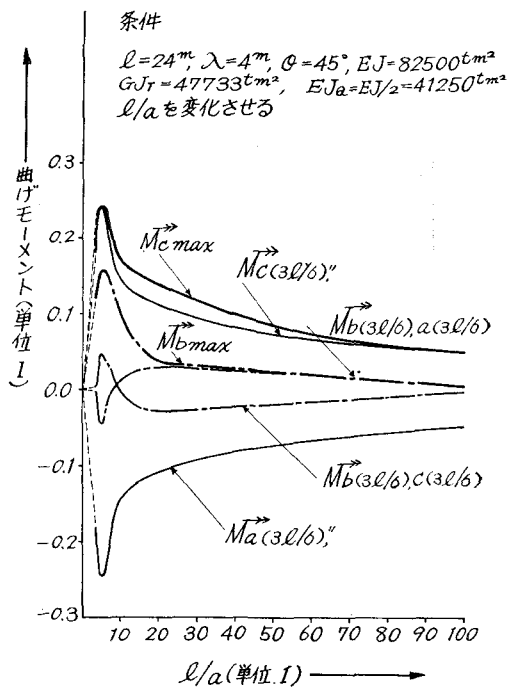


図-12

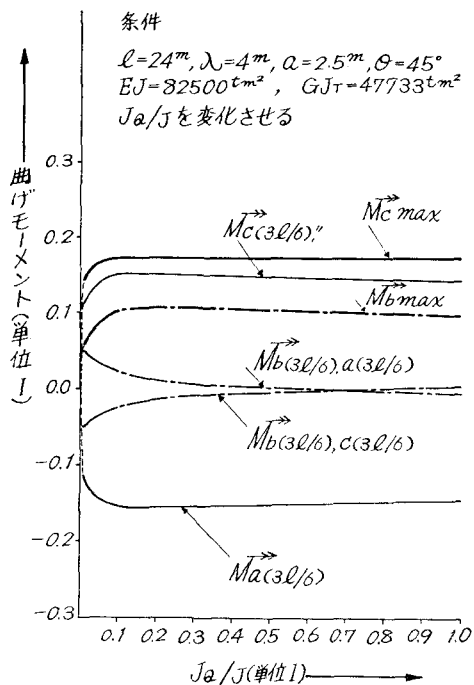


図-11

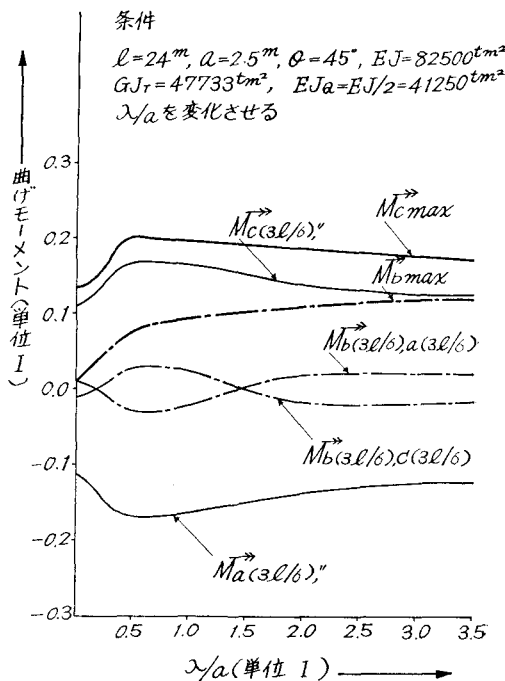


図-13

を、第二項は載荷点を示す。また、 $\Rightarrow$ は、 $T=1$ が載荷したときをあらわすものとする。

3. 荷重分配性状

(1) $P=1$ による曲げモーメントについて

θ を変えたとき、耳げたの荷重分配は、 $M_{a(4l/6),''}$ or $M_{c(2l/6),''}$ については、 θ が大きくなるにつれて良くなり、 $\theta \geq 45^\circ$ ではほとんど変化がない。しかし、 $M_{a(2l/6),''}$ or $M_{c(4l/6),''}$ および $M_{a(3l/6),''}$ or $M_{c(3l/6),''}$ については、 θ によって変化がはなはだしい。中げたの荷重分配は、 θ が大きくなるにつれて悪くなり、 $\theta \geq 45^\circ$ ではほとんど変化がない。また、耳げた、あるいは中げたの最大曲げモーメントは、耳げた、あるいは中げたのそれぞれの曲線の上側を結んで求められる。耳げたおよび中げたの最大曲げモーメントは、 $\theta \leq 45^\circ$ ではかなり変化があるが、 $\theta \geq 45^\circ$ ではほとんど変化がない。

J_q/J を変えたとき、耳げたおよび中げたの荷重分配は、 J_q/J が大きくなるにつれて良くなる。すなわち、最大曲げモーメントは小さくなり、 $J_q/J \geq 0.2$ ではほとんど変化がない。したがって、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 0.2 位が最も経済的であり、直角格子げたの場合と同じことが適用される。

l/a を変えたとき、耳げたの荷重分配は、 l/a が大きくなるにつれて良くなり、特に、 $M_{a(l/6),''}$ or $M_{c(5l/6),''}$ および $M_{a(4l/6),''}$ or $M_{c(2l/6),''}$ については、 $l/a \geq 20$ ではほとんど変化がない。中げたの荷重分配は、 l/a が大きくなるにつれて良くなり、 $l/a \geq 10$ ではほとんど変化がない。また、耳げたおよび中げたの最大曲げモーメントは、 l/a が大きくなるにつれて小さくなり、特に、中げたについては、 $l/a \geq 10$ ではほとんど変化がない。

λ/a を変えたとき、耳げたの $M_{a(4l/6),''}$ or $M_{c(2l/6),''}$ および中げたの $M_{b(l/6),''}$ or $M_{b(5l/6),''}$ の荷重分配は、 λ/a によって変化がはなはだしい。しかし、それ以外の荷重分配は、それ程変化がない。また、耳げたおよび中げたの最大曲げモーメントは、 $\lambda/a \geq 1.0$ ではほとんど変化がない。

これらのことを追求すると、特殊の形状や断面値の構造のものを除いて、格子げた作用のないものと比較すると、曲げモーメントは、耳げたでは約 50%、中げたでは約 60% 減少する。また、格子げた作用が充分であるときの荷重分配は、求めようとする点が、横げたに接近し、かつ、その横げたが、各支点に近い位置にあるとき程良好である。したがって、 θ 、 l/a 、 λ/a を変えたとき、荷重分配の変化がはなはだしいのは、荷重分配を求めようとする点が、横げた間にあって極く接近したり、離れたたり、または横げた間がない場合のように移動するからである。このことは、荷重分配は、 θ はもちろんであるが、 l/a 、 λ/a (横げたの配置) に大きく影響されることを意味している。すなわち、 $\theta \leq 45^\circ$

では横げたの本数を増して、隅角部にも横げたを配置することが必要である。また、 l/a を小さくすることは、格子げた作用を不十分にすることになるから、なるべく大きい方がよい。さらに、横げたは集中させるより、適当間隔離れた方が、格子げた作用上有効である。つまり、 $\lambda/a \geq 1.0$ (座屈のことを考慮して、横げた間隔は、普通 6 m 位が限度のようである) がよい。

(2) $P=1$ によるねじりモーメントについて

θ を変えたとき、耳げた支点および中げた支点の荷重分配は、 θ が大きくなるにつれて良くなり、特に、耳げた支点については、 θ が大きくなるにつれて急激に良くなる。

J_q/J を変えたとき、耳げた支点の荷重分配は、 J_q/J が大きくなるにつれて悪くなる。しかし、中げた支点の荷重分配は、 $J_q/J \geq 0.2$ ではほとんど変化がない。

l/a を変えたとき、耳げた支点および中げた支点の荷重分配は、 l/a が大きくなるにつれて急激に良くなる。

λ/a を変えたとき、耳げた支点および中げた支点の荷重分配は、 λ/a が大きくなるにつれて悪くなる。

これらのことを追求すると、格子げた作用が充分であるときの荷重分配は、載荷点が、横げたの近くにあり、そしてその横げたが、橋軸方向で荷重分配を求めようとする支点到に接近し、かつ、幅員方向で離れている位置にあるとき程悪い。したがって、 θ 、 l/a 、 λ/a を変えたとき、荷重分配の変化がはなはだしいのは、載荷点が、横げた間にあって極く接近したり、離れたたり、または横げた間になく、しかも幅員方向で接近したり、離れたりの位置にある場合のように移動するからである。このことは、荷重分配は、横げたが支点到に接近して配置され、かつ主げたの間隔の大きいとき程悪いことを意味している。すなわち、荷重分配は、 θ 、 l/a を変えたときについては、 θ 、 l/a が大きくなるにつれて良くなるが、 λ/a を変えたときについては、反対に、悪くなる。

(3) $T=1$ による曲げモーメントについて

θ を変えたとき、耳げたおよび中げたの荷重分配は、 θ によって変化がはなはだしい。また、最大曲げモーメントは、耳げたについては、 $\theta \geq 45^\circ$ では大きくなり、中げたについては、 $\theta \geq 45^\circ$ ではほとんど変化がない。

J_q/J を変えたとき、耳げたおよび中げたの荷重分配ならびに最大曲げモーメントは、 $J_q/J \geq 0.1$ ではほとんど変化がない。

l/a を変えたとき、耳げたおよび中げたの荷重分配は、 l/a によって変化がはなはだしい。また、耳げたおよび中げたの最大曲げモーメントは、 l/a が大きくなるにつれて小さくなる。

λ/a を変えたとき、耳げたおよび中げたの荷重分配は、 λ/a によってかなり変化がある。また、最大曲げモーメントは、耳げたについては、 $\lambda/a \geq 0.5$ では小さくなり、中

たについては、 λ/a が大きくなるにつれて大きくなる。

これらのことを追求すると、格子げた作用が充分であるときの荷重分配は、載荷点が、横げたに接近し、そして荷重分配を求めようとする点に、大きな変位を生ずる位置にあるとき程悪い。

以上を総括的に考察すると、 θ を変えたとき、耳げたの荷重分配は、 $P=1$ を載荷した場合は、 θ が大きくなるにつれて良くなり、反対に、 $T=1$ を載荷した場合は悪くなる。しかし、一般には、 $P=1$ による影響が支配的であるから、なるべく、 θ は大きい方が有利である。また、 $\theta \geq 45^\circ$ では直角格子げたの場合とほとんど差がない。 J_Q/J を変えたとき、荷重分配は、 J_Q/J ではほとんど変化がないから、0.2 位が適当である。 l/a を変えたとき、荷重分配は、 l/a が大きくなるにつれてよくなる。しかし、経済性を考慮したとき、当然限度がある。 λ/a を変えたとき、荷重分配は、 $P=1$ 、または $T=1$ を載荷した場合の曲げモーメントについては、 $\lambda/a \geq 0.1$ ではほとんど変化がないが、 $P=1$ を載荷した場合のねじりモーメントについては、 λ/a が大きくなるにつれて悪くなる。しかし、一般には、曲げモーメントによる影響が支配的であるから、横げたは適当間隔に離して配置する方が有利である。なお、いずれの場

合も、特殊の形状や断面値の構造のものを除いて、中げたの荷重分配は、耳げたの荷重分配より良好であるのを知ることができる。

4. む す び

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、斜角度、支間長と主げたの間隔の比、横げた間隔と主げたの間隔の比等の特殊のものは不利である。したがって、一例として、斜角度については、なるべく 45° 以上になるように設計することが望ましい。なお、ここでは、主げた 3 本と横げた 3 本の斜角格子げたの場合を述べたが、主げたと横げたの本数が増したときにも、同じような傾向があるものと思われる。

参 考 文 献

- 1) 菅原 登：ねじり剛性ある主げたをもつ斜角格子げたの解析と計算，土木学会北海道支部研究発表会論文集 23 号，1967.
- 2) H. Homberg u. K. Trenks：Drehsteife Kreuzwerke, Springer, 1962.
- 3) A. Hawranek u. O. Steinhardt：Theorie und Berechnung der Stahlbrücken, Springer, 1958.