

斜梁桥

[日] 高岛春生 著

张德礼 译

中国建筑工业出版社

斜 梁 桥

[日]高岛春生 著

张 德 礼 译

中国建筑工业出版社

本书选译自日本高岛春生著《道路桥横分配实用算法——后编——》第七章斜梁桥一章。

本书主要内容系汇集了日本国内外有关斜梁桥文献中的一些理论研究、模型实验、桥梁实物试验等资料，并提出在具体设计中能够适用的几种计算法和算例。

本书可供市政工程和公路部门设计技术人员参考。

道路桥の横分配实用算法
——后编——

高岛春生 著 1968

理工学书现代社 东京
出版

* * *

斜 梁 桥

张 德 礼 译

*
中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*
开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 5 1/8 字数: 137 千字

1978年12月第一版 1978年12月第一次印刷

印数: 1—12,000册 定价: 0.47 元

统一书号: 15040·3495

译 者 的 话

本书选译自日本高岛春生著《道路桥横分配实用算法——后编——》第七章斜梁桥一章。

本章汇集了日本国内外有关斜桥文献中所发表的理论研究、模型实验、桥梁实物试验等资料，并提出在具体设计中能够适用的几种计算法和算例。

当前，在我国城市桥梁和公路桥梁建设不断发展的新的形势下，有关设计部门经常遇到斜桥位的问题；特别是城市内的桥位大多要服从于城市道路网规划设计，则更易遇到桥位与规划路线成一定角度的设计问题。为此，特将该书第七章斜梁桥译出，供我国从事此项设计的有关工程技术人员参考。但应注意，书中多处引用了日本各部门所公布的规范以及其他有关的规定和资料等，这些不完全符合我国的实际情况，读者须依照我国有关的设计规范以及科学实验数据，斟酌取舍，吸收其可用的经验。

由于译者水平有限，难免有错译和漏译的地方，希望读者指正。

在翻译过程中，承杭州市勘测设计处市政组有关同志大力协助，又蒙业师周进三教授进行校阅，并提出许多宝贵意见，特此一并致谢。

前 言

关于正桥的荷重横向分配的计算，以往论述的颇多。但近年来桥梁架设的趋向，常以道路线型为主，这样，就无疑需要斜桥。如所周知，斜桥的横向分配与正桥相比很不相同，其主梁弯矩等有所减少，然而，该种桥梁的受力情况则相当复杂。不论是理论解析，或数值解析等方面，都还在研究阶段，尚未能提供出作为实用计算的确定方法。不过，作为桥梁设计工作人员，至少应该很好地理解斜桥的特性，并采用比较简单合理的计算方法，作出经济的设计。

在现阶段寻求斜桥的实用算法，还有些困难。但是，如果将以往有关文献中所发表的而且能够应用的算法，汇总起来加以论述，是走向发展的一步，故此决定编写本书。

本书力图汇集多数有关文献中的理论研究，模型试验，桥梁实物试验等资料进行说明，首先以理解斜桥的性状、特性为重点，清楚理解本书所述的实用算法在斜桥的理论、特性中的范围，正确注意应用时的适用性，期待研究发展更加合理的斜桥计算方法。

本书虽名为斜梁桥，但实际内容包括斜板、斜格子梁，即意味着一般所述的一切正桥型式的桥梁，现都成为斜角 $\varphi < 90^\circ$ 的斜桥了。

斜桥的平面形状有如图 1（见 1 页）所示的各种。其中常用的为（a）的形状，其他的形状，在理论上还难以求解。因此，本书主要也只就（a）式的斜桥加以叙述。目前，（b）（c）形式属于几何性质，也还有若干解法的文献可寻，但（d）（e）在现阶段则尚无实用解法，遇此，多是勉强套用（a）等的方法。

著 者

目 录

译者的话

前 言

第一章 总论	1
第一节 斜梁桥的性状	1
1-1 斜桥的定义	1
1-2 斜桥的特性	1
1-3 斜桥设计上存在的问题	4
第二节 斜板桥的横向分配	6
2-1 奥尔森(Olsen)氏的研究(文献3)	6
2-2 尼尔森(Nielsen)氏的研究(文献4)	7
2-3 沃格特(Vogt)氏的研究(文献5, 6)	9
2-4 杭伯格(Homberg)氏的研究(文献7)	12
2-5 模型斜板的研究	14
第三节 斜格子梁桥的横向分配	15
3-1 纽马克(Newmark)氏等的研究(文献13, 14)	15
3-2 5根主梁斜桥的研究	18
3-3 斜格子梁理论的研究	22
3-4 各向异性平行四边形板的研究	25
3-5 关于斜梁桥横梁配置的研究	31
第四节 斜梁桥的理论概要	35
4-1 理论的种类和应用	35
4-2 根据板理论的解法	37
4-3 根据各向异性板理论的解法	38
4-4 根据斜格子梁理论的解法	38
第五节 实际的荷载试验	39
5-1 预应力混凝土斜梁桥的荷载试验	39
5-2 预应力混凝土斜悬臂格子梁桥的实验	42

5-3 斜向合成格子梁桥的模型试验	43
5-4 合成正交格子斜梁桥的荷载试验	47
5-5 合成斜交格子斜梁桥的荷载试验	50
第二章 主要的计算方法	52
第一节 各向异性平行四边形板理论	52
1-1 正交格子斜梁桥的计算方法(根据文献33)	52
1-2 应用实例(正交格子梁桥)	56
1-3 斜交格子斜梁桥的计算法(根据文献34)	63
1-4 应用实例(斜交格子斜梁桥)	67
第二节 斜格子梁理论	70
2-1 横向分配系数的计算公式	70
2-2 主梁的弯矩影响线	72
2-3 横梁的弯矩影响线	74
2-4 应用实例1	75
2-5 应用实例2	83
第三节 一般斜角格子梁理论	89
3-1 主梁上无抗扭刚度时(文献43)	89
3-2 主梁上有抗扭刚度时(文献44)	93
3-3 应用实例	95
第三章 实用计算法	99
第一节 实用计算法的应用	99
第二节 斜板桥的简易计算法	100
2-1 计算法的条文	100
2-2 解说	102
第三节 斜梁桥的正桥修正法	104
3-1 几项基本设想	104
3-2 修正值 $\bar{K}$ 的图表	105
3-3 应用实例	108
第四节 斜格子梁桥的简易计算法	110
4-1 简易计算法的概要	110
4-2 由正桥变换成斜桥的变换图表	113
4-3 应用实例	113
第五节 横梁的计算	116

第四章 计算实例	118
第一节 斜向钢筋混凝土板桥	118
第二节 斜向预应力混凝土梁桥(中空板式)	119
2-1 由正桥变换成斜桥的变换法	120
2-2 用模型板实验的方法	124
第三节 简支斜向合成梁桥	127
3-1 采用格子理论体系计算的方法	128
3-2 采用板理论体系计算的方法	129
3-3 横梁(横向联结系)的计算	129
第四节 连续斜格子梁桥	130
4-1 采用实用算法	130
4-2 与精确解的比较	133
附录 I	
附录 II	
附录 III	
附录 IV	
参考文献	154

第一章 总 论

第一节 斜梁桥的性状

1-1 斜桥的定义

斜桥若就斜角加以定义，则如图 1 a 所示的斜桥，以道路中心线（桥轴方向的中心线）与支承线构成的角（ 90° 以下的角） φ 称为斜角，自道路中心线起，

φ 在右边时，称为右 φ° 的斜桥；

φ 在左边时，称为左 φ° 的斜桥。

若左右弄错，则成为方向相反的桥梁，所以应予特别注意。

然而，不同的理论算法，有将斜角用 θ 或 ϕ （图示的角）表示的情形（国外主要以 θ 为斜角的情形较多），所以，应用时，千万不要弄错。

1-2 斜桥的特性

关于斜桥与正桥的不同点，因为要在第二节斜板桥，第三节斜格子梁桥和第五节实际桥梁的荷载试验中详细介绍，所以，本节只作概括性地叙述。

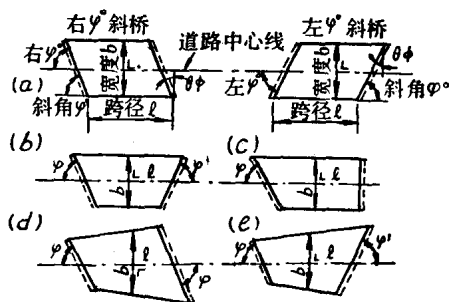


图 1

不论斜板桥，或斜格子梁桥，都是与用正桥的板理论和格子理论求解的关系一样，而且具有相同的特性。但对于象钢筋混凝土板桥那样，纯粹的板和近乎板的梁桥（预应力混凝土合成梁等），或不能看成板的完全的格子梁桥来说，其特性就有若干差别，然而，下面所列举的斜桥特性乃包括此两者。

（1）斜桥，一般由于宽跨比、抗弯刚度、抗扭刚度、斜角、

支承条件、荷重状态等的不同，其横向分配情况变化复杂。

(2) 图2表示按安泽利厄斯 (Anzelius) 斜板分析的理论

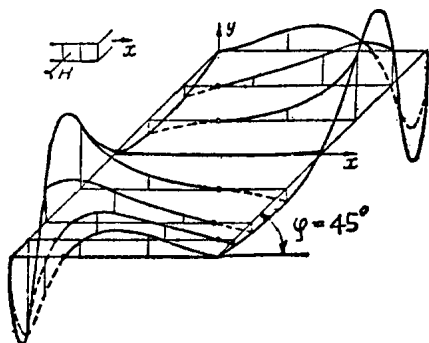


图 2

解求得的，对斜角 45° 的简支斜板，满载均布荷重时的扭矩图。图中清楚地表示出斜板的复杂性，而抗扭刚度的大小，在斜桥上受到的影响与正桥时相当不同。

(3) 斜板的荷重传递，一般有向支承点的最短距离传递分配的特性，

主弯矩方向不是桥轴方向，而是桥轴方向和与支承线成直角方向的中间。

(4) 斜板除了跨径方向的弯矩外，在其他方向也产生相当大的弯矩，尤其在钝角部分产生大的负弯矩，所以应予以注意。

(5) 斜桥的最大跨内弯矩，一般较同等大小的正桥为小。可是其横向的弯矩值却较同等大小的正桥要大得多。

(6) 随着斜角的变小，主梁的弯矩减少，而横梁、桥板的弯矩增大，并且抗扭刚度越大，对斜角的变化越敏感，主梁弯矩减少得更多，而相反横向弯矩则越增大。由这种抗扭刚度引起的影 响，对边梁较显著，但在中部却很少。

(7) 由斜角引起主梁弯矩的减少，均布荷重 (p -load) 比集中荷重 (P -load) 显著。

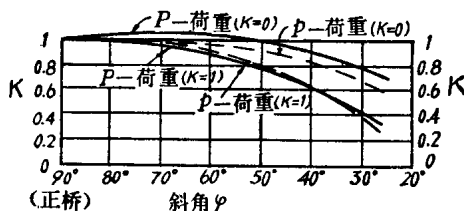


图 3

例如图3表示，

$b/l = 1$, $B_x/B_y \text{ ①} = 36$, 抗扭刚度 $k = 0.1$ 时的斜梁桥, 当斜角为 φ° 时, 由 P 荷重和 p 荷重引起的板中点的主梁弯矩与同等大正桥的比较。由图可知其减少的程度。

(8) 斜桥不象正桥那样, 主梁弯矩的最大值在梁的中点, 而是靠近钝角部分, 且形状不对称, 斜角越小, 越靠近钝角部分。图 4 表示此种状态的一个例子。图中表示满载均布荷重时的最大弯矩发生的位置。

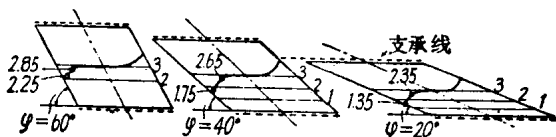


图 4

(9) 为了了解斜梁桥的特性, 作为一个例子, 图 6 表示将图 5 所示的, 假定有 5 根主梁, $\varphi = 30^\circ$, $B_x = 345.8 E_c \text{ ②}$, $B_y = 46.3 E_c$ (横梁与主梁系正交, 并考虑 3 根横梁均匀排列时), $B_y/B_x = 0.134$, 抗扭刚度系数 $k = 1$ 的正交各向异性平行四边形板, 按主梁方向, 横梁方向都分成 8 等分组成的斜网, 进行计算而得的弯矩影响面。

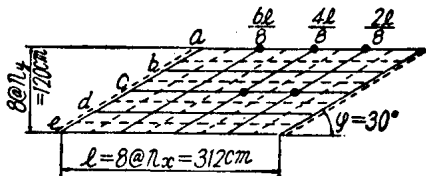


图 5

图中:

(a) 图为满载均布荷重时的主梁弯矩图, 由图可知中梁小, 外梁大, 而且对外梁的 $l/2$ 点不对称。

(b) 图是中梁中点的弯矩影响面。

(c) 图是中梁 $l/4$ 点的弯矩影响面。

(d) 图是外梁 $3l/4$ 点的弯矩影响面。

- ① B_x = 桥轴方向每单位板宽的抗弯刚度;
 B_y = 与桥轴成直角方向每单位板宽的抗弯刚度;
 (详原著前编 104~106 页及 157 页)。——译者
- ② E_c = 混凝土的弹性模量。——译者

(e)图是外梁 $l/2$ 点的弯矩影响面。

(f)图是外梁 $l/4$ 点的弯矩影响面。

通过图6(d)和(f)的比较, 可知钝角部分一侧的 $3l/4$ 点较 $l/4$ 点为大, 而且也能理解到, 外梁比中梁大。另外, 也还可以看出, 由于荷重状态的不同而产生负弯矩。

(10)即使斜桥, 当斜角 $\varphi > 75^\circ$ 时, 几乎与正桥一样, 也可不考虑斜角的影响。由图3的例子可以明显地看出。

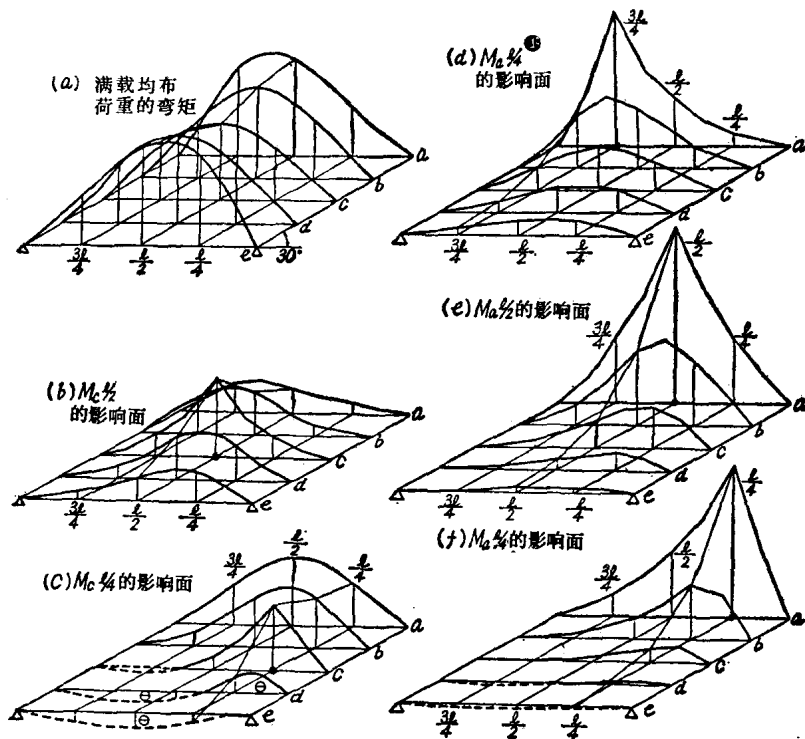


图 6

1-3 斜桥设计上存在的问题

如前言中所说, 由于斜桥的分析正处在研究发展阶段, 目前

● 原书为 $M_{cl/4}$, 疑误, 似应为 $M_{cl/4}$ 。——译者

还存在着不少的问题。下面列举出这些问题,以待今后加以研究。

(1) 斜桥的理论公式,因超静定量多,一般必须用电子计算机等进行计算,所以,应进一步研究适合的实用计算方法,使之朝着减轻实际工作者负担的方向发展。

(2) 就板理论体系来说,对于考虑扭转时抗扭刚度系数值—— k ,或古扬-马松奈特(Guyon-Massonnet)法的 α 值的计算,难以正确决定(这一数值对正桥也有同样问题)。因此,即使是采用实验值或推测值,也难以获得整体的精确值。

(3) 虽然主梁弯矩的研究已有所进展,但横向断面内力计算方法,还研究得不够。

(4) 斜桥的断面内力,并非如正桥那样左右对称,而是主梁弯矩的最大值向钝角一边移动,故要求有关这种定量简易的计算方法。

(5) 如果斜角变小,则在近梁端桥板的一部分,有比较大的拉力作用,并产生扭转,这样,对桥板的加强,凸起的防止等,就成为必要,但定量计算研究得还不够充分。同时,支承反力,支座结构等,也必须重新考虑。

(6) 只研究了斜桥的简支梁部分,而对连续梁、悬臂梁型式等的研究则不够充分,因此,发展包括简易方法的应用,乃是当务之急。

(7) 只对规则的平行四边形斜桥研究分析的多,而对任意不规则的斜桥简易实用计算应用的研究则不够充分,目前也期待着这种斜桥计算法的发展。

(8) 虽然对横梁与主梁配置成直角,或与支承线配置成平行的斜桥,在理论上、经济上进行了研究,但定量地研究明白也还是需要的。

(9) 对使用箱形梁的斜桥,在箱梁的支承部分(一般支座有2个以上)有扭矩作用,因而,希望包括这些抗扭刚度大的斜格子梁桥的理论分析和简易实用计算方法有所发展。

(10) 由日本成冈教授等用斜座标的差分法解析各向异性平

行四边形板，得到近似于古扬-马松奈特方法的解式，但若将其整理成与古扬氏的表相同的点（9点）的计算表和图表等发布，据此，就能正确地得到由正桥变换成斜桥的变换，故此，期待着这种计算表及图表的整理发表。

第二节 斜板桥的横向分配

了解斜梁桥的一种特殊形状的斜板桥的荷重分布状态，断面内力大小等特性，对于理解斜梁桥来说是有意义的，以下就国外各研究者所得的主要研究成果，加以叙述：

2-1 奥尔森（Olsen）氏的研究（文献3）

奥尔森氏就简支斜板桥的实验结果，提出了以下的近似算法。依据图7所示的斜板，则

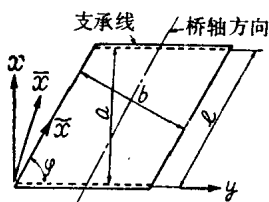


图 7

(1) $l \geq 1.3b$, $\varphi \geq 50^\circ$ 时

可作为宽度 b ，计算跨径 l 的矩形板桥来计算。钢筋的配置，对于 M_x 配置在平行于 $\bar{x}$ 方向；对于 M_y 配置在平行于 y 方向。

(2) $l = 1.3b \sim 0.7b$ 时

当 $\varphi > 75^\circ$ 时，可作为宽度 b ，计算跨径 a 的矩形板桥来计算。钢筋的配置，对于板中央的 M_x ，配置在平行于 x 方向，对于板边缘部分的 M_x ，配置在平行于 $\bar{x}$ 方向；对于 M_y ，板中央部分及边缘部分都配置在平行于 y 方向。

当 $75^\circ > \varphi > 50^\circ$ 时，可作为宽度 b ，计算跨径 $(a + l)/2$ 的矩形板桥来计算。钢筋的配置，对于板中央的 M_x ，配置在平行于 $\bar{x}$ 方向，对板边缘部分的 M_x ，配置在平行于 $\bar{x}$ 方向；对 M_y ，都配置在平行于 y 方向。

(3) 当 $l < 0.7b$, $\varphi > 50^\circ$ 时

可作为宽度 b ，计算跨径 a 的矩形板桥来计算。钢筋的配置，对于 M_x ，板中央部分及板边缘部分都配置在平行于 $\bar{x}$ 方向；对 M_y ，都配置在平行于 y 方向。

以上不论哪种情况，在边缘端部，距自由端 $b/5$ 的宽度范围内，均假定产生与中部的正 M_y 同等大小的负 M_y ，必须配置负钢筋。

2-2 尼尔森 (Nielsen) 氏的研究 (文献4)

尼尔森氏提出了求解荷载均布荷重时，简支斜板的主弯矩 M_1 ， M_2 的大小和方向的方法。

用图8所示的斜板符号，得出表1所列的成果。

表1表示主弯矩 M_1 ， M_2 (与 M_1 成直角方向的弯矩) 的大小和方向。

用 $M_1 = K_1 q l^2$ ， $M_2 = K_2 q l^2$ ，由斜角 φ 和 b/l 求出 K_1 和 K_2 ，并用与斜角 φ 的关系来表示 M_1 的

方向 γ 。但在钝角部分的 M_1 ，其方向则用 $\gamma = 90^\circ - \frac{\varphi}{2}$ 来表示。

在钢筋混凝土板中，最好尽量使钢筋的方向与这一弯矩的方向相一致，否则，就需要用下式求出钢筋方向的弯矩 M_x 和 M_y ，并用此弯矩进行设计。

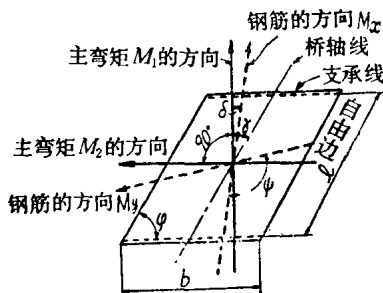


图 8

$$M_x = \frac{1}{\sin \psi} \{ M_1 \cos \delta \sin(\psi - \delta) + M_2 \cos^2(\psi - \delta) + [M_1 \sin \delta \cos \delta - M_2 \cos \delta \cos(\psi - \delta)] \} \quad (1a)$$

$$M_y = \frac{1}{\sin \psi} \{ M_1 \sin^2 \delta + M_2 \cos \delta \sin(\psi - \delta) + [M_1 \sin \delta \sin(\psi - \delta) - M_2 \sin(\psi - \delta) \cos(\psi - \delta)] \} \quad (1b)$$

$\varphi = 90^\circ$ 时 (将钢筋配置成直角时)

$$M_x = M_1 \cos^2 \delta + M_2 \sin^2 \delta + [M_1 - M_2] \sin \delta \cos \delta \quad (2a)$$

$$M_y = M_1 \sin^2 \delta + M_2 \cos^2 \delta + [M_1 - M_2] \sin \delta \cos \delta \quad (2b)$$

上式中 $[\quad]$ 项内为扭矩的影响部分。

依据以上结果，作成斜板桥和正板桥的弯矩比较表，示于

表 1

主弯矩 $M_1 = K_1 q l^2$, $M_2 = K_2 q l^2$

主弯矩 M_1 的方向

板 的 中 央

b/l	系 数	斜 板 的 斜 角 φ				
		90°	75°	60°	45°	30°
0.5	K_1	0.125	0.118	0.096	0.068	0.040
	K_2	0	-0.003	-0.011	-0.015	-0.009
1.0	K_1	0.125	0.118	0.095	0.067	0.039
	K_2	0	-0.002	-0.004	-0.006	-0.003
2.0	K_1	0.125	0.117	0.094	0.065	0.036
	K_2	0	0	-0.001	-0.001	-0.001

自 由 边 的 中 央

0.5	K_1	0.125	0.118	0.095	0.067	0.035
2.0	K_2	0	-0.006	-0.018	-0.024	-0.019

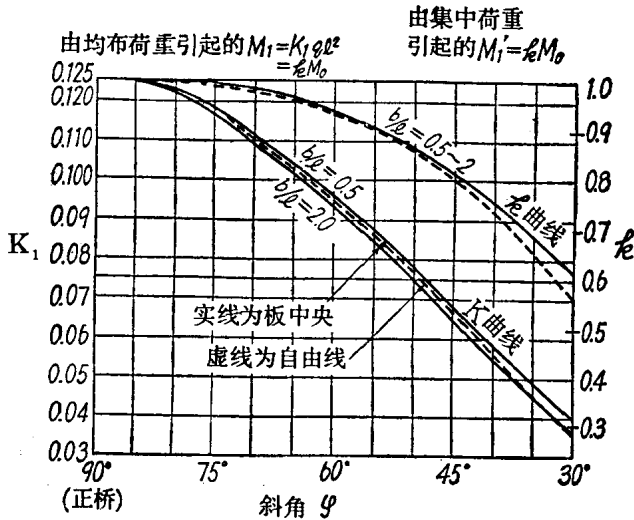
钝 角 部 分

0.5	K_1	0.016	0.029	0.034	0.028	0.018
	K_2	-0.016	-0.049	-0.101	-0.159	-0.249
1.0	K_1	0.031	0.040	0.040	0.031	0.019
	K_2	-0.031	-0.067	-0.0120	-0.0178	-0.250
2.0	K_1	0.063	0.063	0.053	0.038	0.021
	K_2	-0.063	-0.105	-0.160	-0.214	-0.268

$$\gamma = 90 - \frac{\varphi}{2}$$

表 2。由表 2 可知，桥轴方向的 M_1 值（由 φ 得与桥轴方向成 γ 角的方向）与正桥的相比，减少很多。而且得到既不论 b/l 的值多大，也不论是板的中点，或是自由边，都有同一减少值。图中右侧栏以 $k = \frac{K_1}{0.125}$ 来表示，这样，只要使斜桥的 M_1 值 = $k \times$ 正桥的 M 值即可。

表 2



2-3 沃格特 (Vogt) 氏的研究 (文献5,6)

沃格特对由 3 种荷载状态产生的如图 9

所示板的弯矩中, 设

正的主跨弯矩 $= M_F$

负的主钝角部分弯矩 $= M_R$

正桥时的 $M_F = M_{F\varphi=0}$

并将以上的比值写成

$$\alpha = \frac{M_R}{M_F} \quad \beta = \frac{M_F}{M_{F\varphi=0}} \quad \gamma = \frac{M_R}{M_{F\varphi=0}} \quad (3)$$

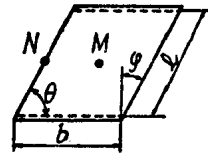


图 9

将 α 、 β 、 γ 值按照下述荷载状态的类别作成图表, 即:

I 荷载均布荷重 q 时 (荷载 A);

II 在板中点 M , 荷载集中荷重 $P = 1$ 时 (荷载 B);

III 在板边缘中点 N , 荷载集中荷重 $P = 1$ 时 (荷载 C)。

图 10 分别是荷载状态 A、B、C 的 β 值与斜角的关系, 由图可知, 由斜角引起的减少率比较明确, 其中, 由均布荷重引起的减少更为显著。