

目 次

ま え が き	2
1. 等方性版としての曲げモーメントの検討	3
1.1 概 説	3
1.2 等方性版としての曲げモーメント	3
1.3 考 察	5
2. 直方異方性版としての曲げモーメントの検討	13
2.1 概 説	13
2.2 直交異方性版としての曲げモーメント	15
2.3 実際の鉄筋コンクリート床版の異方性	18
2.4 考 察	20
3. 各種の示方書・指針等における配力鉄筋に関する規定	22
3.1 わが国の関連規定	22
3.2 外国における規定の一例	24
4. 配力鉄筋量に関する細則の提案	31
あ と が き	35

ま え が き

わが國の道路橋床版は一般に鋼道路橋設計方書（以下「鋼示」と略称する）の19条（1方向版）または21条（2方向版）の規定にしたがって設計されているが、1方向版の場合における配力鉄筋の配置については、19条の解説に「床版を1方向版として設計しても、 T 荷重に対しては主鉄筋と直角方向にも版中心では相當の曲げモーメントがおこる。このことから考えて、支間と直角方向に、主鉄筋量の少なくとも25%の配力鉄筋を配置しなければならない」とあるのみで、適正な配力鉄筋量の範囲については明らかにされていない。

しかるに、通常よく行なわれている等方性版の解法によって、 T 荷重による主鉄筋に直角な方向の曲げモーメントを求めると、主鉄筋が車両進行方向に直角な床版の場合には主鉄筋方向の曲げモーメントの60~80%にもおよび。

このことから、いま、配力鉄筋量は主鉄筋方向とそれに直角な方向の曲げモーメントの大きさの比に応じて定めることが妥当であるものとすれば、所要配力鉄筋量は車両進行方向に対する床版の支間の方向あるいは床版の支間長によってきわめて広範囲に変化するので、床版の設計をより合理的ならしめるためには床版の設計条件に応じた配力鉄筋の適正量をより明確に定める必要があると考えられる。

この資料は上記のような観点から鉄筋コンクリート道路橋床版の配力鉄筋量について検討し、鋼示19条解説に示された配力鉄筋に関する記述の補正を目的とした配力鉄筋量の細則を提案したものである。

橋 梁 研 究 室
太 田 実

1. 等方性版としての曲げモーメントの検討

1.1 概 説

鋼筋19条および21条の曲げモーメント計算式は、相対する2辺が単純支持された無限巾を有する等方性版としての計算式(Marcusの式)にもとづく理論値を基準にして得られたものであるので、まず、これと同じ仮定条件のもとで主鉄筋に直角方向の曲げモーメントをもとめて、主鉄筋方向の曲げモーメントの関係を明らかにする。

上記の Marcus の式によるほか、Homberg の表および Pucher の図表による値を求めて比較する。

1.2 等方性版としての曲げモーメント

(1) 仮定条件

1) 記 号

M_x : 主鉄筋方向の曲げモーメント

M_y : 主鉄筋に直角な方向の曲げモーメント

M_{xm} : 版中央における主鉄筋方向の曲げモーメント

M_{ym} : 版中央における主鉄筋に直角な方向の曲げモーメント

2) 対 象

鉄筋コンクリート床版(単純支持、1方向無限等方性版)

3) 輪荷重分布および版厚

鋼筋19条の算式において用いられた仮定¹⁾にあわせて、輪荷重分布は図1.1のように、また、版厚は表1.1のように仮定する。これらにおいて、舗装は5cm厚としている。

4) 荷重状態

図1.2のようなT荷重の配列を考える。

ただし、Homberg および Pucher の図表による計算においては、主鉄筋が車両進行方向に直角な床版の荷重状態は図1.3のごとくとした。

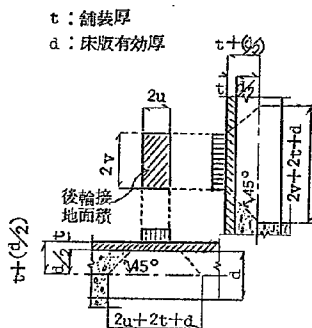
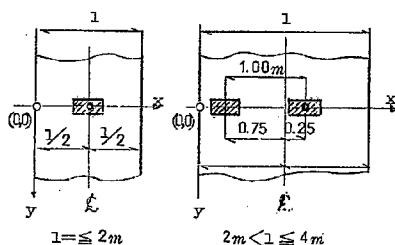


図 1.1 版厚 (有効厚) の仮定

主鉄筋が車両進行方向に			
直角な床版		平行な床版	
支間, l (m)	有効厚, d (cm)	支間, l (m)	有効厚, d (cm)
1.0	14.4	1.0	16.0
1.5	16.1	1.5	17.1
2.0	17.6	2.0	18.7
4.0	22.4	4.0	21.0

図 1.1 輪荷重分布
の仮定



a) 主鉄筋が車両進行方向に直角な床版

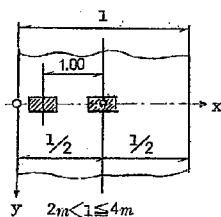
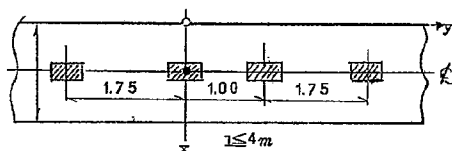


図 1.3



b) 主鉄筋が車両進行方向に平行な床版

図 1.2 荷重状態の仮定

(2) 曲げモーメント

1) Marcus の式による計算結果

鉛示の算式が準拠している Marcus の式により、各種の〔舗装厚 + ($d/2$)〕に対する曲げモーメントを求めると、図 1.4 および図 1.5 のようになる。2)

これらから、(1), 3) の版厚の仮定にしたがって各種支間について最大曲げモーメントを求めると、表 1.2 のとおりである。

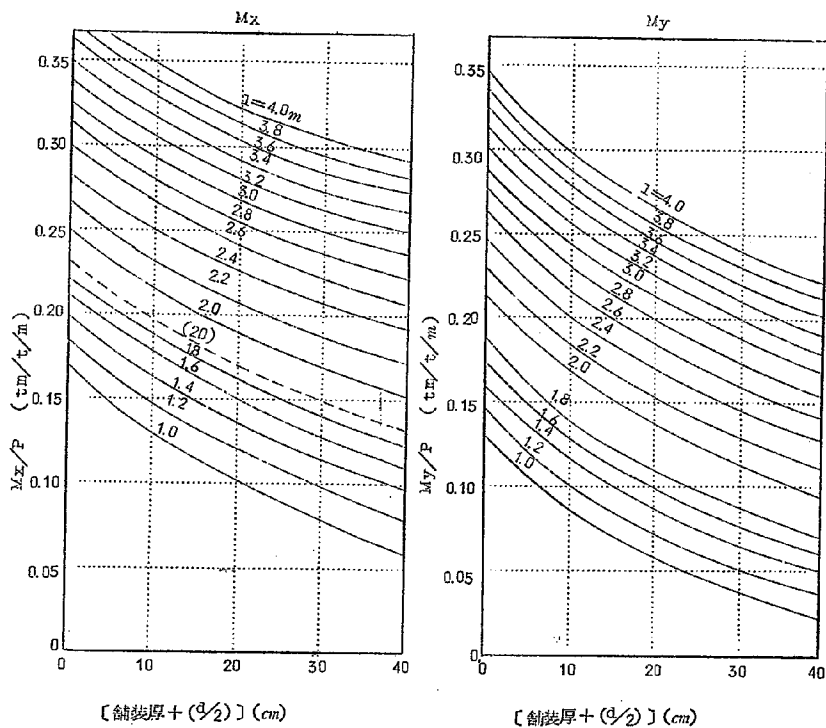


図 1.4 Marcus の式による計算結果

(主鉄筋が車両進行方向に直角な床版)

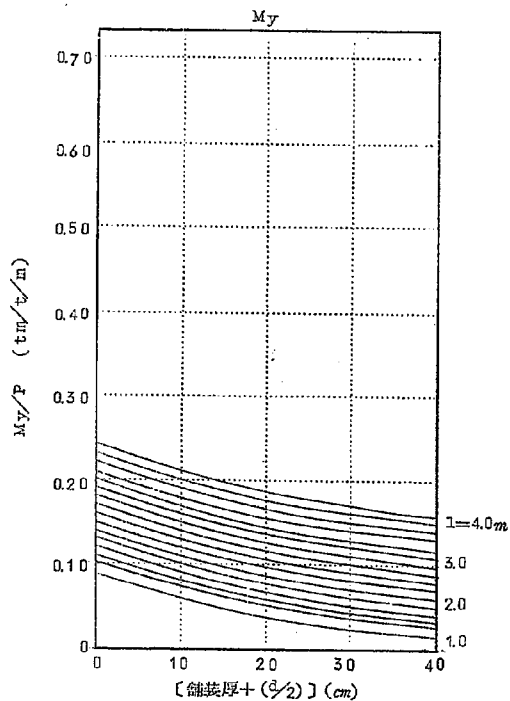
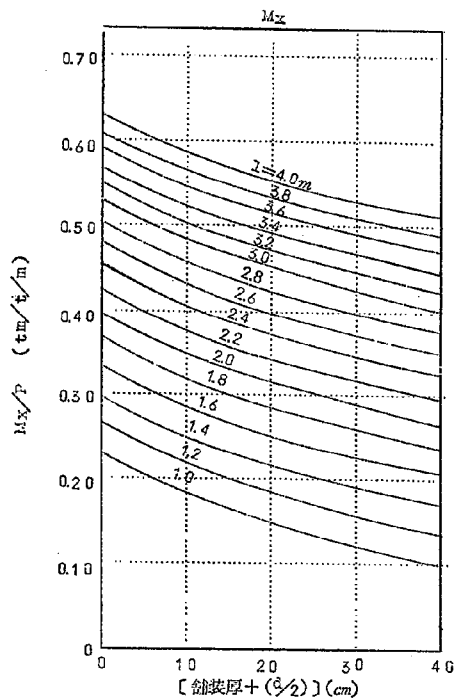


図 1.5 Marcus の式による計算結果 (主鉄筋が車両進行方向に平行な床版)

表 1.2 Marcus の式より求めた M_x , M_y

支間 l (m)	主鉄筋が車両進行方向に直角な床版			主鉄筋が車両進行方向に平行な床版		
	M_x	M_y	M_y/M_x	M_x	M_y	M_y/M_x
1.0	0.123	0.079	0.641	0.173	0.054	0.312
1.5	0.160	0.113	0.706	0.258	0.078	0.302
2.0	0.205	0.157	0.766	0.334	0.099	0.297
2.5	0.246	0.196	0.796	0.404	0.122	0.302
3.0	0.279	0.228	0.818	0.464	0.148	0.319
3.5	0.307	0.254	0.828	0.519	0.172	0.332
4.0	0.330	0.277	0.840	0.568	0.198	0.349

2) Homberg の表による値

Homberg の表³⁾を用いて 2 辺単純支持無限版の版中央の曲げモーメントを求めると、表 1.3 のようになる。

表 1.3 Homberg の表より求めた M_{xm} , M_{ym}

支間 l (m)	主鉄筋が車両進行方向に直角な床版			主鉄筋が車両進行方向に平行な床版		
	M_{xm}	M_{ym}	M_{ym}/M_{xm}	M_{xm}	M_{ym}	M_{ym}/M_{xm}
1.0	0.161	0.104	0.645	0.195	0.046	0.236
1.5	0.206	0.146	0.707	0.263	0.080	0.283
2.0	0.237	0.176	0.742	0.374	0.071	0.191
2.5	0.296	0.233	0.786	0.463	0.091	0.196
3.0	0.344	0.280	0.817	0.546	0.121	0.221
3.5	0.381	0.316	0.830	0.617	0.153	0.248
4.0	0.413	0.350	0.848	0.683	0.162	0.267

3) Pucher の図表による値

Pucher の図表⁴⁾ (図 1.6、図 1.7) を用いて版中央の曲げモーメントを求めると、表 1.4 のとおりである。

表 1.4 Pucher の図表より求めた M_{xm} , M_{ym}

支間 l (m)	主鉄筋が車両進行方向に直角な床版			主鉄筋が車両進行方向に平行な床版		
	M_{xm}	M_{ym}	M_{ym}/M_{xm}	M_{xm}	M_{ym}	M_{ym}/M_{xm}
1.0	0.116	0.063	0.544	0.168	0.032	0.191
2.0	0.165	0.113	0.685	0.336	0.049	0.146
3.0	0.257	0.196	0.763	0.454	0.073	0.161
4.0	0.310	0.242	0.781	0.551	0.112	0.203

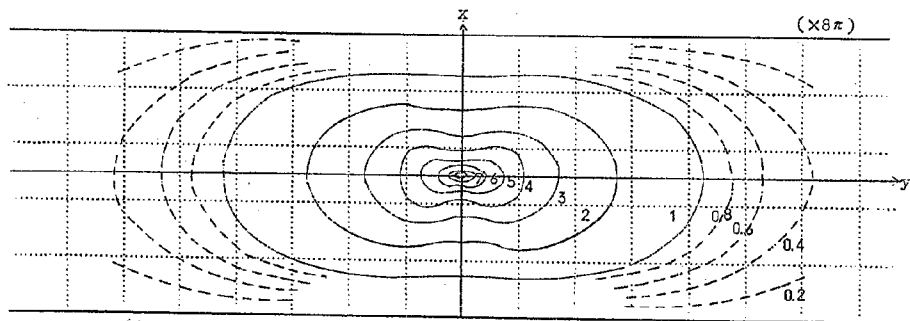


図 1.6 Pucher の図表より

2 辺単純支持版の版中央点のモーメント M_x の影響面

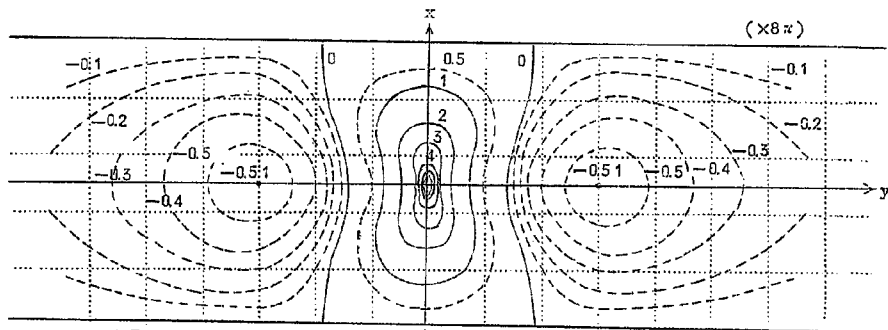


図 1.7 Pucher の図表より

2 辺単純支持版の版中央点のモーメント M_y の影響面

これら3通りの計算結果を比較して図示すると、図 1.8 のようである。またそれぞれにおける M_y/M_x 値をまとめて示すと図 1.9 のようになる。

1.3 考 察

(1) 主鉄筋が車両進行方向に直角な床版の場合

等方性版としての3通りの計算結果を比較すると、 M_x および M_y のそれぞれの絶対値については計算方法により20%程度以下の差異があるが、 M_y/M_x の値は3者ともきわめてたがいに近似した傾向を示す。

床版の支間が1.0～4.0 mの範囲において M_y/M_x 値は支間に応じて0.6～0.8程度の範囲に変化する。

(2) 主鉄筋が車両進行方向に平行な床版の場合

計算方法により M_x および M_y の絶対値についてはそれぞれ最大20%および40%程度の差を生ずるが、 M_x の絶対値にくらべて M_y のそれはかなり小さい。

すなわち、 M_y/M_x 値はおおむね0.2～0.3程度であり、この値は支間によってほとんど変化しない。

以上のことから、鉄筋コンクリート道路橋床版を等方性版として設計し、かつその配力鉄筋量は M_y/M_x 値に応じて定めるものとすれば、主鉄筋が車両進行方向に直角な床版と主鉄筋が車両進行方向に平行な床版とは、主鉄筋量に対する配力鉄筋量の基準値は別個に定めるのが合理的であると考えられる。

すなわち、配力鉄筋量の定め方を上記のように考えるかぎり、主鉄筋量に対する配力鉄筋量は、主鉄筋が車両進行方向に直角な床版で70%、主鉄筋が車両進行方向に平行な床版で30%程度とするのが妥当と思われる。

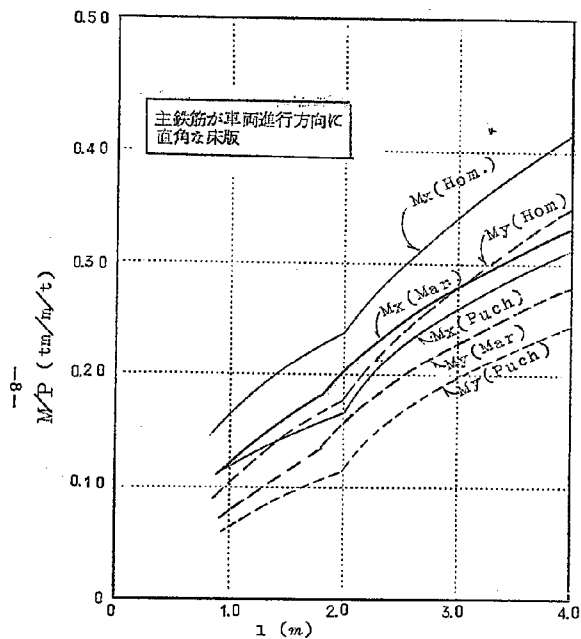
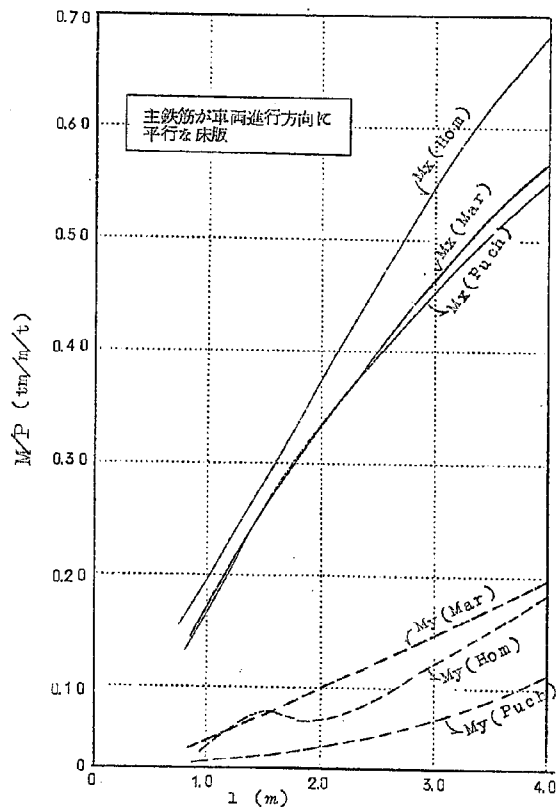


図 1.8 等方性版としての床版の
曲げモーメント



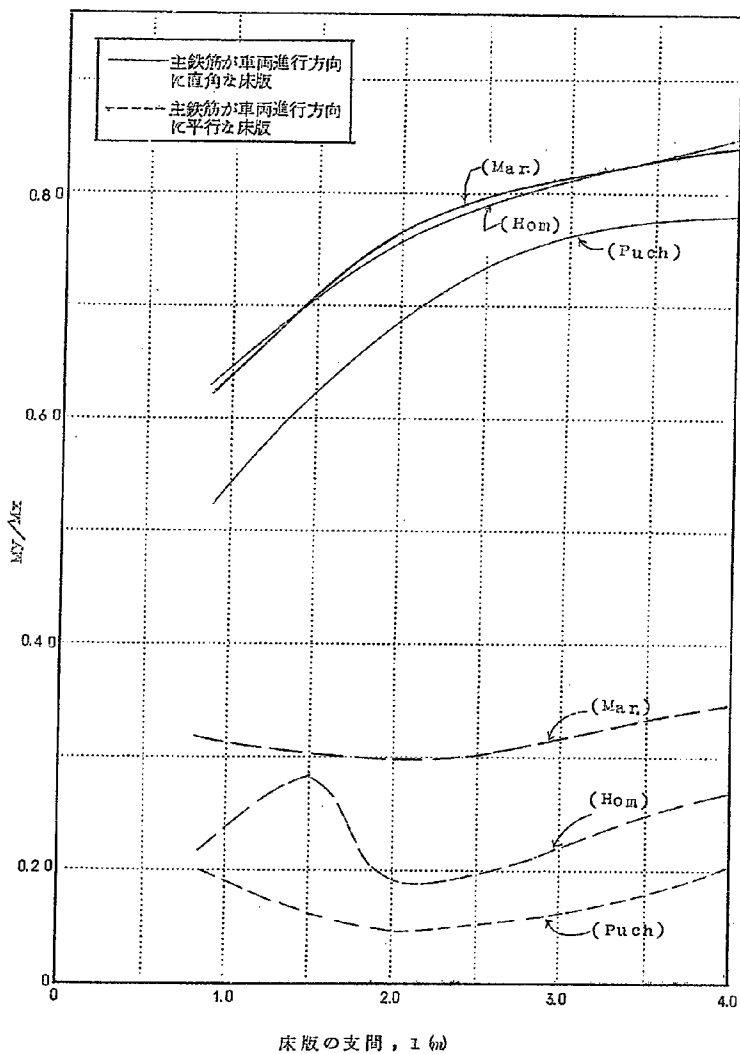


図 1.9 M_y/M_x (等方性版)

2. 直交異方性版としての曲げモーメントの検討

2.1 概 説

鉄筋コンクリート床版の設計にあたっては、鉄筋と圧縮側コンクリート断面を有効断面とし、引張側コンクリート断面を無視して断面算定を行なうが、実際に使用中の床版がかりにこのような假定どおりに作用するものとすれば、主鉄筋量と配力鉄筋量に応じて主鉄筋に直角な断面および平行な断面の断面 2 次モーメントの値の差は、コンクリート全断面が有効に作用する場合にくらべて顕著になり、直交異方性版としての作用をすることが推察される。

そこで、上記のような設計における假定にしたがって、直交異方性版としての床版の曲げモーメントについて検討する。

2.2 直交異方性版としての曲げモーメント

(1) 假定条件

等方性版としての曲げモーメントの検討において用いた假定条件 (1.2-(1)) と同じとする。

(2) 曲げモーメント

ここでは、Homborg の表 3) を用いた計算のみを行なった。

主鉄筋に平行および直角な断面の断面 2 次モーメント I_Q および I の比 I_Q/I を 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 (等方性版) の 4 種にかえてそれぞれについての曲げモーメント M_{xm} , M_{ym} および M_{xm} に対する M_{ym} の比 M_{ym}/M_{xm} を求めると、表 2.1 および図 2.1、図 2.2 のとおりである。

また、これらより床版の I_Q/I 値と M_{ym}/M_{xm} 値との関係を求めると、図 2.3 のようになる。

表2.1 各種の I_0/I に対する 曲げモーメント

支間, l (m)	I_0/I	主鉄筋が車両進行方向に直角な床版			主鉄筋が車両進行方向に平行な床版		
		M_{xm}	M_{ym}	M_{ym}/M_{xm}	M_{xm}	M_{ym}	M_{ym}/M_{xm}
1.0	0.25	0.217	0.058	0.258	0.215	0.026	0.121
	0.50	0.187	0.080	0.428	0.200	0.039	0.195
	0.75	0.171	0.094	0.550	0.197	0.043	0.218
	1.00*	0.161	0.104	0.645	0.195	0.046	0.236
2.0	0.25	0.326	0.107	0.329	0.391	0.039	0.100
	0.50	0.278	0.140	0.504	0.386	0.048	0.124
	0.75	0.253	0.160	0.633	0.380	0.060	0.158
	1.00*	0.237	0.176	0.742	0.374	0.071	0.191
3.0	0.25	0.481	0.179	0.372	0.575	0.049	0.085
	0.50	0.404	0.227	0.562	0.556	0.071	0.128
	0.75	0.367	0.259	0.705	0.550	0.097	0.176
	1.00*	0.344	0.280	0.817	0.546	0.121	0.221
4.0	0.25	0.582	0.229	0.394	0.766	0.074	0.098
	0.50	0.487	0.286	0.588	0.720	0.108	0.150
	0.75	0.441	0.323	0.733	0.702	0.155	0.221
	1.00*	0.413	0.350	0.848	0.683	0.182	0.267

*等方性版の場合に一致

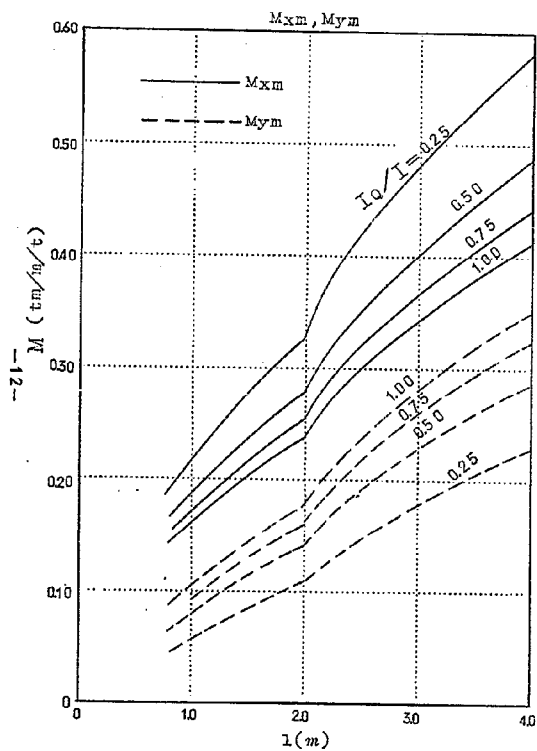
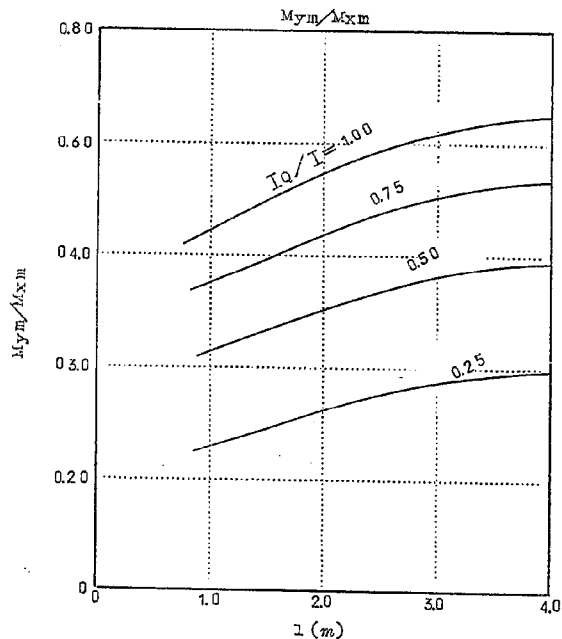


図2.1 直交異方性版としての床版の曲げモーメント

— 主鉄筋が車両進行方向に直角な床版 —

(Hombergの表による)



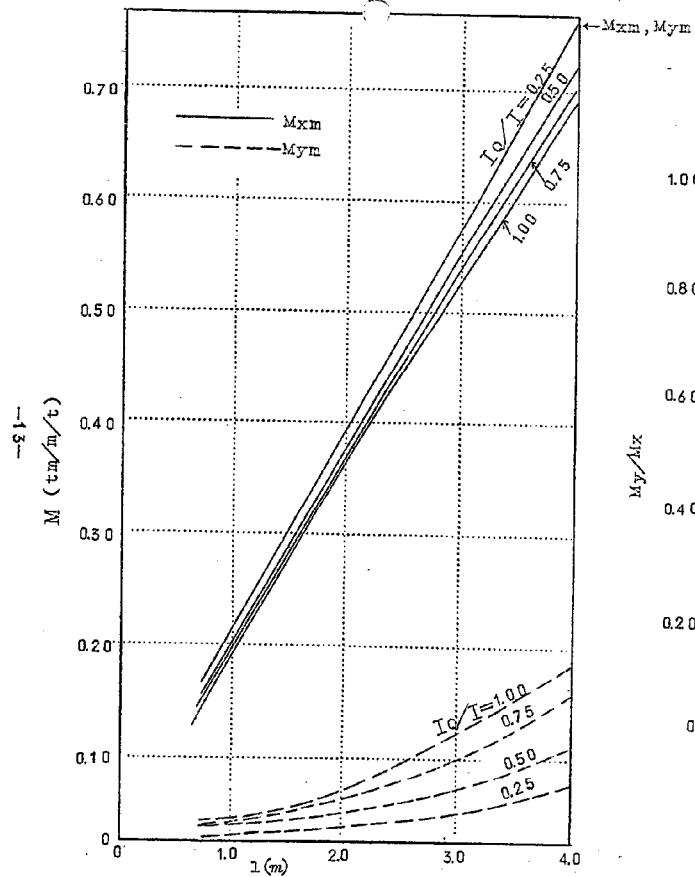
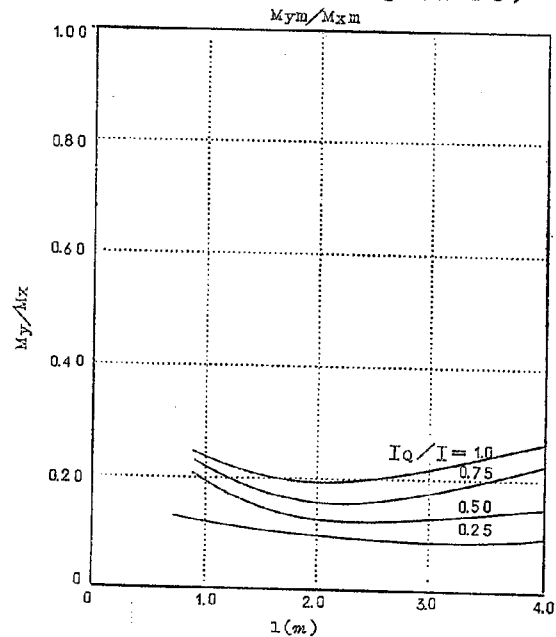


図 2.2 直交異方性版としての床版の
曲げモーメント

— 主鉄筋が車両進行方向に平行な床
版 — (Hombergの表による)



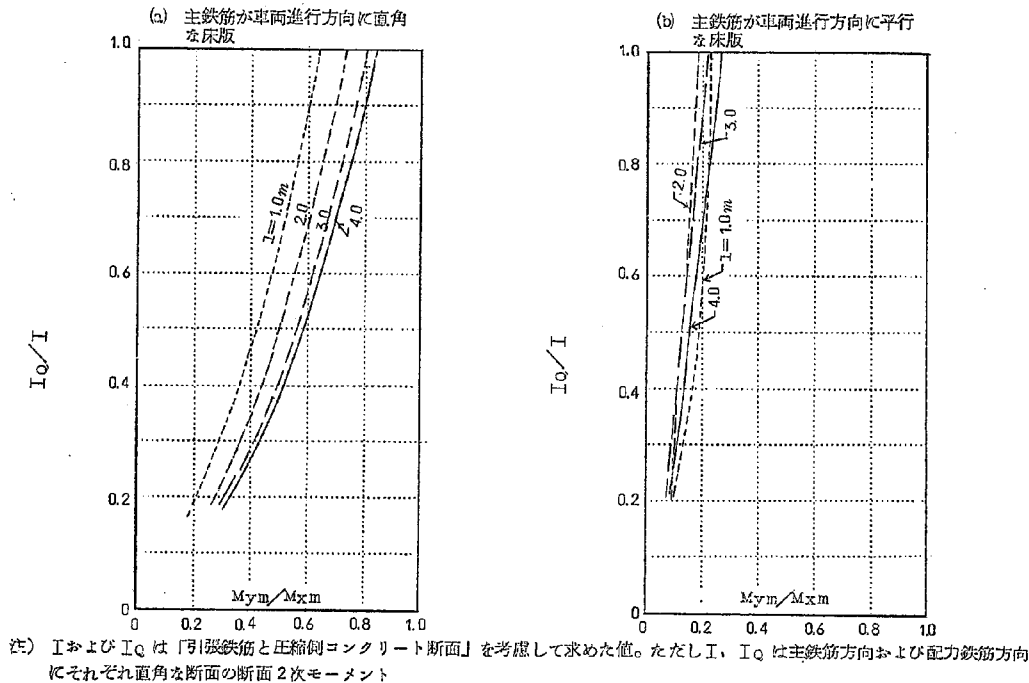


図 2.3 床版の I_0/I 値と $My m/Mxm$ 値との関係

2.3 実際の鉄筋コンクリート床版の異方性

鉄筋コンクリート床版の一設計例について、2.1にのべたような考慮のもとに、鉄筋コンクリート床版の異方性をたしかめてみる。

(1) 条 件

1) 単鉄筋単純版。主鉄筋が車両進行方向に直角な床版

2) 材料：許容応力度 鉄筋： $\sigma_{sa} = 1,400 \text{ Kg/cm}^2$

コンクリート： $\sigma_{ca} = 60 \text{ Kg/cm}^2$

$$n = E_s / E_c = 15$$

(2) 設 計

鋼筋19条にしたがってT-20による設計を行なった結果を表2.2に示す。

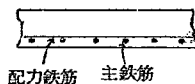
主鉄筋量に対する配鉄鉄筋量の比が0.25, 0.50, 0.75の3種について設計した。

表2.2 単鉄筋鉄筋コンクリート単純版の一設計例

支間 1 (m)	曲げモーメント, M (t·m)			有効厚 (理論) d (cm)	有効厚 (設計) d _o (cm)	主鉄筋 量 (理論) A _s (cm ²)	主鉄筋量(設計) A _{so}		配鉄鉄筋量, A _d (cm ²) **		
	M _d	* M ₁₊₁	ΣM				A _{so} (cm ²)	配筋〔径 一間隔〕	① 0.25 A _s	② 0.50 A _s	③ 0.75 A _s
1.0	0.06	1.54	1.60	1.25	1.25	10.5	11.0	φ13— 12cm	A _d =2.75 φ9— 23cm	5.5 φ13— 22cm	8.5 φ13— 15cm
2.0	0.27	2.31	2.58	1.59	1.60	13.4	13.4	φ16— 15cm	A _d =3.35 φ9— 19cm	6.7 φ13— 19.5cm	10.0 φ13— 13cm
3.0	0.67	3.24	3.91	1.96	2.00	16.5	16.8	φ16— 12cm	A _d =4.2 φ9— 15cm	8.4 φ13— 15cm	12.6 φ16— 16cm
4.0	1.50	3.73	5.03	2.22	2.25	18.7	18.9	φ19— 15cm	A _d =4.7 φ13— 28cm	9.5 φ13— 14cm	14.2 φ16— 14cm

* 鋼筋19条による。

** 配鉄鉄筋は主鉄筋の内側に配置するものとする。



注) 設計条件

1) 主鉄筋が車両進行方向に直角な床版(単純版)

2) 材料の許容応力度； $\sigma_{sa} = 1,400 \text{ Kg/cm}^2$ ， $\sigma_{ca} = 60 \text{ Kg/cm}^2$

3) $n = E_s / E_c = 15$

(3) 断面 2 次モーメント

表 2.2 のように設計された床版について、主鉄筋に直角および平行な断面の断面 2 次モーメント I および I_Q 、ならびに I に対する I_Q の比 I_Q/I を求めると、表 2.3 のようである。

これより、配筋鉄筋比 A_d/A_s とたてよこ剛比 I_Q/I との関係を示すと、図 2.4 のようになる。

表 2.3 表 2.2 に示す床版の断面 2 次モーメント (巾 1 m 当り)

配筋鉄筋比 A_d/A_s	支間, l (m)	主鉄筋に直角な断面 の断面 2 次モーメント I (cm^4)*	主鉄筋に平行な断面 の断面 2 次モーメント I_Q (cm^4)*	I_Q/I	(平均)
0.25	1.0	896	256	0.286	0.29
	2.0	1815	524	0.289	
	3.0	3552	1051	0.296	
	4.0	5060	1463	0.289	
0.50	1.0	896	540	0.604	0.60
	2.0	1815	1087	0.600	
	3.0	3552	2130	0.600	
	4.0	5060	3042	0.601	
0.75	1.0	896	750	0.837	0.82
	2.0	1815	1474	0.813	
	3.0	3552	2898	0.816	
	4.0	5060	4132	0.816	

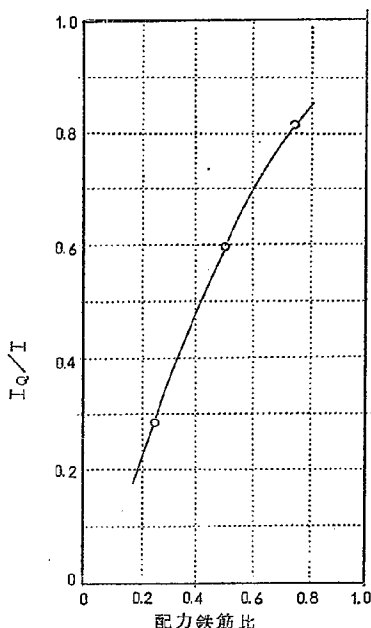
* I , I_Q は鋼材換算の値

2.4 考 察

(1) 主鉄筋が車両進行方向に直角な床版の場合

図 2.3(a) にみられるとおり、床版のたてよこの剛度の比による $M_y/m/M_{x/m}$ の変化がきわめて大きい。すなわち $I_Q/I = 1.0$ (等方性版) のとき $M_y/m/M_{x/m}$ の値は 0.6 ~ 0.8 程度であるのに対し、 $I_Q/I = 0.2$ のときには $M_y/m/M_{x/m}$ は 0.2 ~ 0.3 程度となり、その間 $M_{x/m}$ に対する M_y/m の比は I_Q/I の大きさにほぼ比例して変化する。

これとほぼ相似の関係が、実際の鉄筋コンクリート床版の配筋鉄筋比と I_Q/I と



注) I および I_Q は「引張鉄筋と圧縮側コンクリート断面」を考慮して求めた値
ただし I 、 I_Q は主鉄筋方向および配力鉄筋方向にそれぞれ直角な断面の断面2次モーメント

図 2.4 配力鉄筋比（主鉄筋に対する配力鉄筋の断面積比）と I_Q/I との関係

の関係においてみられる（図 2.4）。

これらのことから、配力鉄筋量の定め方について、つぎの2通りの方法が考えられよう。

- 1) 床版を、鉄筋と圧縮側コンクリート断面が有効断面として作用する直交異方性版として扱うとき、主鉄筋量に対する配力鉄筋量の比が小さければ、 M_{xm} に対する M_{ym} の比もそれにほぼ比例して小さくなるので、配力鉄筋比は任意に定めうる。

ただし、床版の異方性の程度が大きくなるほど、すなわち I_Q/I 値が小さくなるほど、等方性版の場合にくらべて M_x は大きく、 M_y は小さくなるので、それぞれの絶対値に応じた主鉄筋量および配力鉄筋量を定める必要があり、したがってこの場合には鋼示 19 条は適用できない。

- 2) 床版を等方性版として扱うときは、等方性版としての M_x 、 M_y に相応した主鉄筋および配力鉄筋の量を定めるべきである。

この場合には、主鉄筋方向のモーメントに関しては鋼示 19 条が適用されるが、

配力鉄筋量は主鉄筋量の60～80%、平均的には70%程度とする必要がある。

以上を要約すれば、結局、1) 筋示19条にしたがって等方性版として設計し、その主鉄筋量の70%程度の配力鉄筋を設けるか、あるいは、2) 異方性版として設計し、1) の設計よりも配力鉄筋を少なくするかわりに主鉄筋量をふやす、かのいずれかとなる。

しかるに、等方性版および異方性版として設計された床版の、橋梁への使用状態における挙動について推考すると、いずれの場合も架設当初は引張側コンクリート断面も有効に作用して、等方性版としての M_x , M_y にちかい曲げモーメントが作用するが、異方性版として設計したものは異方性版としての配力鉄筋方向の設計モーメントより、大きな M_y の作用のために、次第にコンクリートに主鉄筋方向のクラックを生じながら作用 M_y が減少し、それが M_x に移行されることになろう。その点で、等方性版として設計された床版では、引張側コンクリートにクラックを生ずるとしても、前述のような曲げモーメントの変化の起り方が少なく、安定した状態を保ちうると考えられる。

(2) 主鉄筋が車両進行方向に平行な床版の場合

図2.3(b)において明らかなように、 I_Q/I の値にかかわらず M_{ym}/M_{xm} 値は0.1～0.3の範囲にあってほとんど変化しない。また I_Q/I の変化にともなう M_x , M_y の絶対値の変化もさわめて少ない(図2.2)。

すなわち、主鉄筋が車両進行方向に平行な床版にあっては等方性版としての曲げモーメントと異方性版としての曲げモーメントに大差がない。

したがって、この場合は筋示19条にしたがって等方性版として設計すればよい。配力鉄筋比は、図1.9より、0.5程度とすれば十分であろう。

以上(1), (2)を総括して、鉄筋コンクリート道路橋床版は等方性版として設計し、等方性版としての性質を満足させるのに必要な量の配力鉄筋を設けることが適当と考えられる。

3. 各種の示方書、指針等における配力鉄筋に関する規定

3.1 わが国の関連規定

わが国の各種示方書・指針等における、鉄筋コンクリート1方向版の配力鉄筋に関する規定を要約して示すと、表3.1のとおりである。

表3.1 1方向版の配力鉄筋に関する規定

示方書・指針等の名称	規 定
(1) 鋼道路橋設計示方書 昭和39年6月 日本道路協会	$A_d > \frac{1}{4} A_s$ ここに、 A_d ：配力鉄筋量 (cm^2/m) A_s ：主鉄筋量 (cm^2/m)
(2) 鋼道路橋の合成ゲタ設計施工指針 昭和40年6月 日本道路協会	床版の設計は斜示による。
(3) 鉄筋コンクリート道路橋設計示方書 昭和39年6月 日本道路協会	Ⅰゲタ橋の床版 $A_d > \frac{1}{4} A_s$ ここに、 A_d ：配力鉄筋量 (cm^2/m) A_s ：引張主鉄筋量 (cm^2/m) ただし床版長さ1m当り少なくともφ9mm 3本
(4) 鉄筋コンクリート標準示方書 昭和42年3月 土木学会	1) 等分布荷重をうける場合 $A_d > \frac{1}{6} A_s$, 2) 集中荷重をうける場合 $A_d > \frac{1}{6} A_s + \alpha A_s(c)$ ここに、 A_d ：配力鉄筋量 (cm^2/m) A_s ：引張主鉄筋量 (cm^2/m) $A_s(c)$ ：集中荷重に対する引張主鉄筋の量 (cm^2/m) ただし α は、 a) スラブ中央附近載荷に対し 下側配力鉄筋 $\alpha = (1.0 - 0.25 \frac{l}{b}) (1 - 0.8 \frac{v}{V})$ ただし、 $\frac{l}{b} > 2.5$ の場合には $\frac{l}{b} = 2.5$ のときの α 。

b) スラブ縁端附近片側載荷に対し

$$\text{上側配力鉄筋 } a = \frac{1}{8} \left(1 - 2 \frac{v}{b} \right)$$

ここに, l : スラブのスパン

b : スラブ巾*

v : 荷重の分布巾

*スラブ有効巾については144条につきの規定がある。

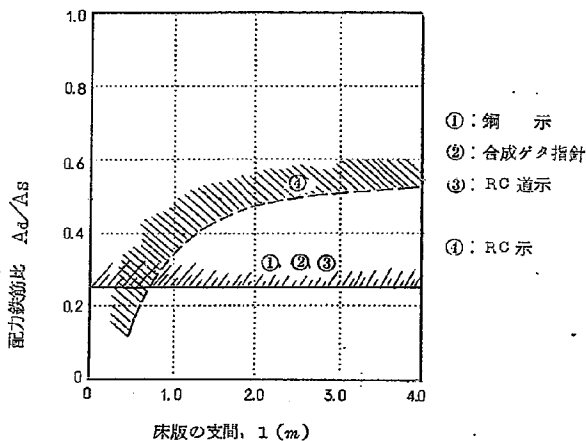
$$\text{スラブ有効巾} = v + 2.4 x \left(1 - \frac{x}{l} \right)$$

ここに, x : 注目断面から最寄りの支床までの距離

l : スラブのスパン

これらの規定を図示すると、図3.1のようである。

図3.1 1方向版の配力鉄筋に関する規定



3.2 外国における規定の一例

(1) AASHO-1965 (アメリカ)による規定

AASHOの示方書⁵⁾の1.3.2(四): Distribution Reinforcement

の項に示されている規定は、つぎのようである。

集中荷重の横配分をはかるために、主鉄筋に直角な方向にスラブの下側に鉄筋を配置する。ただし、スラブの上におかれる上層層が 2ft 以上の厚さをもつカルバートや床版のように、この規定が適用できないようなものは、これによらない。

配筋鉄筋量は、正モーメントに対して必要な主鉄筋量に対する百分率であらわすものとし、次式で与えられる。

主鉄筋が車両進行方向に平行な床版の場合

$$\text{配筋鉄筋比}(\%) = \frac{100}{S} \leq 50$$

主鉄筋が車両進行方向に直角な床版の場合

$$\text{配筋鉄筋比}(\%) = \frac{220}{S} \leq 67$$

ここに、S=有効スパン(ft)

主鉄筋が車両進行方向に直角な床版の場合、上式より求めた配筋鉄筋をスラブ支間の中央 1/2 区間に配置し、両外側 1/4 区間にはその 50 以上を配置することとする。

上記の規定値を、metric system に換算して図示すると、図 3.2 のようである。

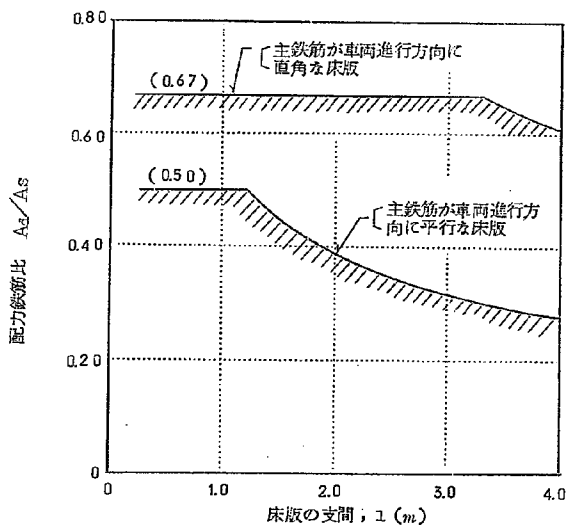


図 3.2 AASHO の示方書における配筋鉄筋量の規定

(2) DIN (ドイツ)における規定

1) DIN 1045 (1959) ④ — 鉄筋コンクリート構造物施工基準 — における規定

1方向版の配力鉄筋に関して、つぎのように規定されている。

1方向版では正鉄筋または負鉄筋に直角の方向に配力鉄筋を配置しなければならない。版の長さ1m当りの配力鉄筋量は、一般に版の巾1m当りの引張鉄筋量の $\frac{1}{5}$ 以上としなければならない。版が集中荷重をうけるとときには、上記の配力鉄筋量に集中荷重に対して必要な引張鉄筋量の α 倍以上を加えたものとしなければならない。

ただし、
$$\alpha = 0.4 \left(1 - \frac{t_1 + 2s}{b} \right)$$

ここに、 t_1 = 引張鉄筋に直角方向の荷重の接地長さ

s = 上置層の厚さ

b = 版の有効巾*

なお、配力鉄筋の最小量は、Betonstahl I を用いるときは版の長さ1m当り直径7mmの鉄筋を少なくとも3本、Betonstahl II, IIIを用いるときは直径6mmの鉄筋を少なくとも3本、Betonstahl IVを用いるときは直径5mmの鉄筋を少なくとも3本、または、より細い直径のこれらと等断面積の鉄筋量としなければならない。

配力鉄筋の材質が主鉄筋の材質よりもおとるときは、配力鉄筋量は、それぞれの鉄筋の許容応力度に反比例してこれを増さなければならない。

*版の有効巾

a) 1方向単純版の曲げモーメントを計算する場合

$$b_1' = t_1 + 2s$$

$$\text{または } b_1'' = \frac{2}{3} \left(1 + \frac{t_1 + 2s}{2} \right)$$

b_1' と b_1'' のうち、大きい方をとる。

b) 1方向単純版のせん断力を計算する場合

$$b_2' = t_1 + 2s$$

$$\text{または } b_2'' = \frac{1}{3} \left(1 + \frac{t_1 + 2s}{2} \right)$$

b_2' と b_2'' のうち、大きい方をとる。

ここに、1 : 版のスパン

s : 上置層の厚さ

t_1 : 主鉄筋に直角方向の荷重の接地長さ

上記の規定は、わが国の旧鉄筋コンクリート標準示方書（昭和33年11月、土木学会）にほとんどそのまま採用された。ただし、配力鉄筋の最小量の規定として

「SS39、SS41を用いる場合φ8mmを少なくとも3本、SS49、SS50を用いる場合はφ6mmを少なくとも3本」

としている点のみ、上記DIN1045の規定と異なっている。

上記の規定を図示すると、図3.3のようである。

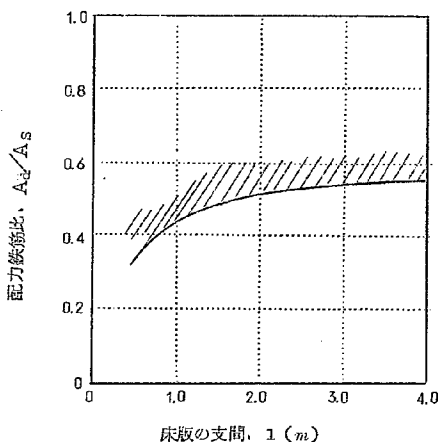


図 3.3
DIN1045および
わが国の旧RC示
における配力鉄筋
量の規定

2) DIN 1073 (1941) 7) —— 鋼道路橋の計算基準 —— における規定

床版に関する規定を抜粋し、原文における章・節・項の番号をそのまま用いて示すと、つぎのようである。

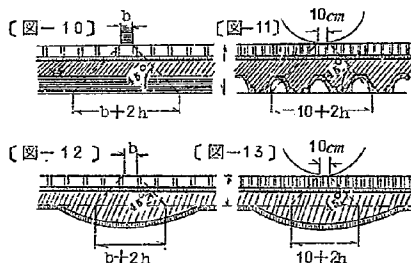
II、一般規定

§ 5 設計細目

4. 床版の荷重分布

床版、横ゲタ、中間横ゲタの計算においては、集中荷重の載る面とこれを支持する部分との間に荷重を分布する層が存在しているため、車道の圧力は図-10、11、12および13に示される巾に分布するものと見做してよい。この面積は載

荷面（輪帯巾×10 cm）より45°の方向に床版の下面まで〔Belag鋼のときはその下面まで（図10、11）、Tonnenblech または凹板のときはその上面まで（図12、13）〕荷重が拡がるものとして求める。



コンクリート中に埋込まれた圧延ゲタまたは板ゲタにおける荷重分布については § 8 参照。

鉄筋コンクリート版の計算および施工については、DIN 1075 (1938) § 6, Ziff 1, 木床については DIN 1074 (1930) § 6, Ziff 2 による。

N、許容応力

§ 12. 鉄筋コンクリート床部の許容応力

鉄筋コンクリート床部の計算と許容応力は DIN 1075 (1938) による。

- 3) DIN 1075 (1955) ^{B)} —— 石橋の計算基準 —— における規定
車道用鉄筋コンクリート床版に関する規定の要点はつぎのとおり。

4. 車道版

4.1 車道床版

- 鉄筋コンクリート車道床版の最小厚は 12 cm とする。

（中略）

- 車道床版の曲げモーメントは版理論によって求める（DIN 1072 の自動車荷重によるモーメントについては、文献：Rüsch: Tafeln zur Berechnung der Fahrbahnplatten がある）。

また、版の境界条件を実際の状態に即して考慮するときは、モーメントは近似計算によってもよいが、DIN 1045 § 19, § 22, Ziff. 4, Abs. 2 および § 25, Ziff. 5, Abs. 1, による荷重分配ならびに配力鉄筋の規定を適用してはならない。

- 1つの方向に主として荷重を伝えるような版の場合には、荷重の横分配によって生ずるモーメントのみならず、コンクリートのポアソン効果により生ぜしめ

られる力に抵抗しうるように計算された量の配筋鉄筋を配置しなければならない。

この配筋鉄筋は主鉄筋の配置されている側に配置する。コンクリートのポアソン効果によって副方向に生ずるモーメントが正確に求められないときは、副方向におけるモーメントの差の $\frac{1}{6}$ の値としてよい。

(以下略)

DIN 1075 の規定にみられるように、床版の曲げモーメントは版理論によって求めることとしており、したがって主鉄筋および配筋鉄筋の量は理論計算によって得られる M_x , M_y の値にもとづいて決定すべきものと解される。

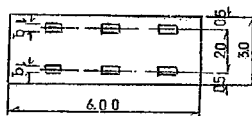
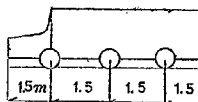
そこで、Rusch の表 9)、より DIN (60) および (45) の荷重による M_x , M_y を求めると、図 3.4 のようである。これより、 M_y/M_x に比例して配筋鉄筋を設けるものとすれば、配筋鉄筋量は主鉄筋量の 50~60 程度となる。

表 3.2 DIN (60)、(45) による M_x , M_y

(モーメントの単位 tm/m)

1 st	(60)						(45)					
	車両進行方向に直角			" 平行			" 直角			" 平行		
	M_{ym}	M_{xm}	M_y/M_x	M_{ym}	M_{xm}	M_y/M_x	M_{yn}	M_{xn}	M_y/M_x	M_{yn}	M_{xn}	M_y/M_x
1.0	1.26	2.19	0.575	1.17	1.79	0.654	0.96	1.71	0.562	0.90	1.36	0.662
2.0	2.03	3.99	0.510	1.79	2.78	0.644	1.56	3.05	0.512	1.37	2.13	0.644
3.0	2.84	5.47	0.520	2.59	4.65	0.556	2.16	4.16	0.520	1.99	3.55	0.561
4.0	3.51	6.90	0.509	3.62	6.77	0.535	2.68	5.26	0.509	2.78	5.18	0.537

SLW



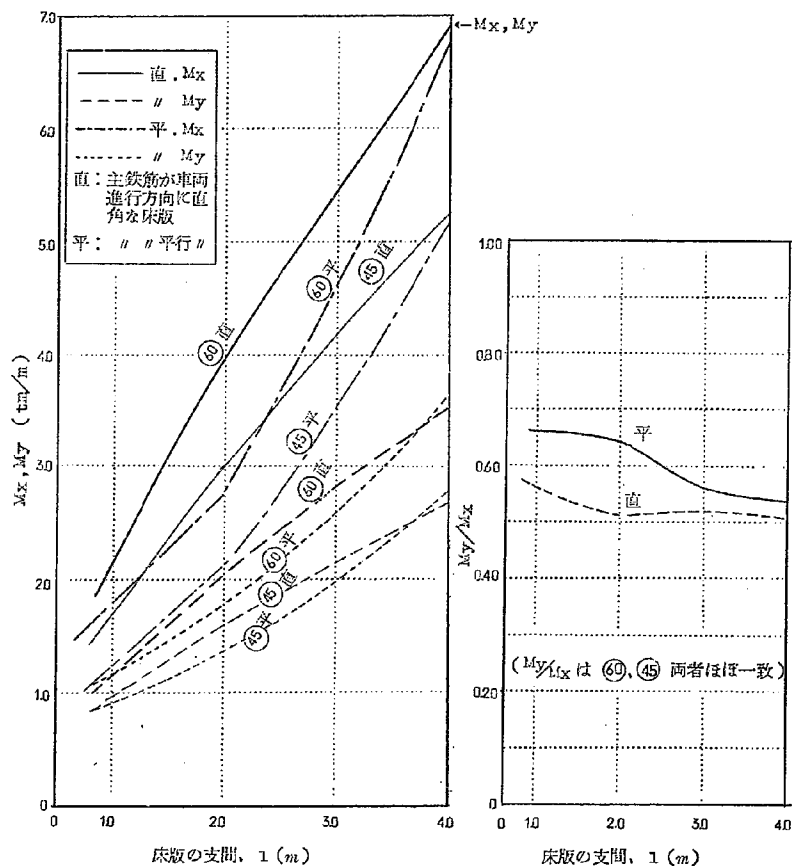


図3.4 Rüsckの表より求めた
DIN 69, 45 による M_x, M_y

4. 配力鉄筋量に関する細則の提案

1.において等方性版としての曲げモーメントを、2.において直交異方性版としての曲げモーメントについて検討し、さらに3.においてわが国および米、独の各国の現行の示方書・指針等における鉄筋コンクリート床版の配力鉄筋に関する規定を概観したが、これらを総括して、配力鉄筋量に関して結論的事項を列挙すると、つぎのようである。

- 1) わが国の現行の鋸道路橋設計示方書、合成ゲタ設計施工指針および鉄筋コンクリート道路橋設計示方書においては、鉄筋コンクリート1方向版の配力鉄筋量については「主鉄筋量の $\frac{1}{4}$ 以上」と規定または解説されているが、配力鉄筋量の適正量についての細目は示されていない。また、主鉄筋が車両進行方向に直角な床版と主鉄筋が車両進行方向に平行な床版とについて、配力鉄筋量の基準が区分されていない。

しかし、わが国のI荷重が単軸車両であることの特質により、主鉄筋が車両進行方向に直角な床版と平行な床版とでは、主鉄筋方向の曲げモーメント M_x とそれに直角な方向の曲げモーメント M_y との生じ方がいじりしく相違するので、版理論にしたがって配力鉄筋量を合理的に定めるためには、少なくとも主鉄筋が車両進行方向に直角な床版と平行な床版とで配力鉄筋量の基準値を別に定める必要がある。

- 2) アメリカのAASHTOあるいはドイツのDINによる配力鉄筋量の規定は版理論にもとづく M_y の値に準拠している。とくにAASHTOの規定は、車両進行方向に対する主鉄筋方向の別および床版の支間との関連において配力鉄筋量を明示している。
- 3) 1および2において検討したところより、床版を等方性版として扱うときは主鉄筋が車両進行方向に直角な床版の M_y は M_x の60～80%、主鉄筋が車両進行方向に平行な床版の M_y は M_x の20～30%となり、鋼示19条の解説等に表示された配力鉄筋量の最小値(主鉄筋量の25%)は、主鉄筋が車両進行方向に平行な床版に対しては妥当な値といえるが、主鉄筋が車両進行方向に直角な床版に対してはこの値はかなり過小となる。

床版を直交異方性版として扱うときは、配力鉄筋方向および主鉄筋方向の版の剛度の比 I_y/I_x 、すなわち主鉄筋量に対する配力鉄筋量の比 A_d/A_s にほぼ比例して M_y/M_x が変化する。配力鉄筋比は任意に定めうる。しかし、配力鉄筋量をかりに主鉄筋の25%とする場合、主鉄筋が車両進行方向に直角な床版にあっては M_x は等方性版としてのそれの1.3倍程度、 M_y は同じく0.6倍程度となるので、主鉄筋量は等方性版の場合より多く必要となる。したがって、直交異方性版として床版を設計するときは、鋼示19条は適用できない。

- 4) 2.4にのべたように、床版築設後の安定性を考えると、等方性版として設計しておくことがのぞましいといえる。

以上のようなことから勘案のうえ立案した配力鉄筋量に関する細則案をつぎにかかげる。

1 方向鉄筋コンクリート道路橋床版 の配力鉄筋量に関する細則（案）

昭和 4 2 年 7 月
土木研究所橋梁研究室

1 方向版の配力鉄筋

配力鉄筋は主鉄筋と直角方向に配置するものとし、版の長さ 1 m 当りの配力鉄筋量は、版の幅 1 m 当りの主鉄筋量に対し、表 1 に示す係数 α を乗じた値以上とする。

表 1 係 数、 α

	① 支間中央 1/2 区間について	② ①の両外側 1/4 区間について
主鉄筋が車両進行方向に直角な床版	0.70	0.35
主鉄筋が車両進行方向に平行な床版	0.30	

単鉄筋版の場合は、版の上側にも上記の値 $1/3$ 以上の配力鉄筋を配置するものとし、また複鉄筋版の場合は引張および圧縮鉄筋のそれぞれに対して上記の配力鉄筋を配置するものとする。

なお、配力鉄筋は版の下側に配置するものと上側に配置するもののいずれについても、その間隔が 30 cm をとえないように適当な鉄筋径を定めるものとする。ただし、配力鉄筋の最小径は鉄筋の材質にかかわらず 1.3 mm とする。

〔解 説〕

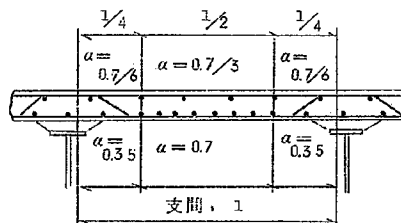
配力鉄筋量を求めるための係数 α は、1 方向無張版を等方性版理論によって計算して求めた主鉄筋方向およびそれに直角な方向の曲げモーメントの大きさを基準にして定めたものである。

主鉄筋が車両進行方向に直角な床版の場合に、支間中央部と支点寄りの部分とで配力鉄筋量をかえたのは

（図-1 参照）、配力鉄筋方向の曲げモーメントの支間方向の変化を考慮したものである。

配力鉄筋の最小間隔および最小径をそれぞれ 30 cm および 1.3 mm としたのは、主として施工上の配筋によるものである。

図 - 1



あ と が き

道路橋床版の曲げモーメントは、厳密には支持ゲタの弾性をも考慮して解析すべきであると考えられるが、その場合には支持ゲタの諸元との関連において床版のモーメントを考慮することになり、そのような場合に対して配力鉄筋量の標準値を規定するためには、必然的に設計条件に応じた種々の区分ごとに数値を与えることになる。

ここでは、床版を剛支承上の版と考えて等方性版および直交異方性版としての曲げモーメントについて検討し、曲げモーメント値に準拠した配力鉄筋量の細則（案）を提案した。

鋼道橋設計方書に、床版の配力鉄筋量に関する細則が補正されることが望まれるが、この資料はその検討資料の一部として活用されうものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 田原保二：“鋼道路橋設計方書改正の要点”；昭和30年土木学会夏季講習会パンフレット 土木学会
- 2) “鉄筋軽量コンクリート床版設計資料”，土木研究所資料 第177号，昭和41年4月，建設省土木研究所
- 3) H. Homberg, J. Weinmeister; “Einflußflächen für Kreuzwerke” 1956, Springer-Verlag.
- 4) A. Pucher; “Einflussfelder elastischer Platten”, 1951, Springer-Verlag.
- 5) “Standard Specifications for Highway Bridges”, 1965, the American Association of State Highway officials.
- 6) DIN 1045: Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton, 1959.
- 7) DIN 1073: Berechnungsgrundlagen für Stählerne Straßenbrücken, 1941.
- 8) DIN 1075: Massive Brücken, Berechnungsgrundlagen, 1955.
- 9) H. Rüsch: “Fahrbahnplatten von Straßenbrücken”, 1956. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn.