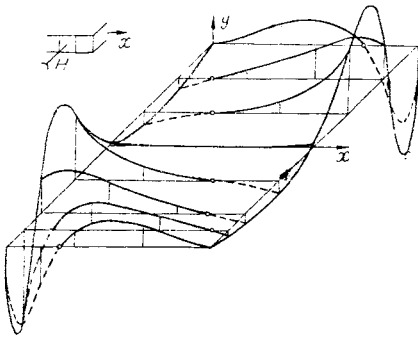


斜め単純版の設計について

編 集 部

鉄筋コンクリート版橋において斜め版を用いることが多くなってきたが、これについて実用的設計方法が従来ほとんど発表されていない。従つて設計者は適当に仮定して設計しているというのが実情である。斜め版につき、これまで Anzelius¹⁾, Nielsen^{2),3)}, Rongved, Johanson, Vogt^{4),5),6)}, Jensen⁷⁾ 等の諸氏によつて種々の観点から研究が行われてきたが、これにもかかわらず、その曲げモーメント、せん断力の傾向についていまだによくわかっていないといつてよい。

図-1



A. Anzelius¹⁾ は斜め版を理論的に研究し、斜めの境界条件を考えて版の方程式

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{p}{D}$$

の解法を行い、複雑な解析の結果、特殊の場合についてその理論解を得た。図-1 は彼の求めた斜角 45° の斜め単純版が等分布荷重をうけた場合のねじりモーメント図であるが、よく斜め版の複雑性を示している。その後 N.T. Nielsen^{2),3)} はポアソン比を 0 として差分方程式を用い、版の方程式の解法を行い、これをもとにして H. Vogt⁵⁾ は斜め版の曲げモーメントに関する図表を発

図-2

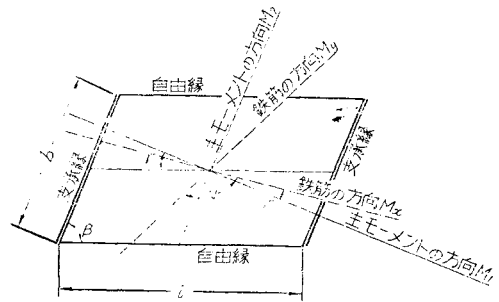


表-1

主モーメント $M_1 = K_1 ql^2$, $M_2 = K_2 ql^2$							主モーメント M_1 の方向		
版 の 中 央									
b/l	係数	斜め版の斜角 (β)					r		
		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 線 の 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			
鈍 角 部									
0.5	K_1	0.016	0.029	0.034	0.028	0.018	$\tau = 90 - \frac{\beta}{2}$		
	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			

表した。これらの研究によつて斜め版の性質も順次明らかにされつつあるので、それらの大要について紹介する。なお、実際の構造物ではポアソン比は 0 でなく（コンクリートでは約 1/6 である）、また等方性でもないのので、この結果をそのまま適用できないのであるが、実際の設計には十分参考になるものと考えられる。

(A) Nielsen の結果^{2),3)} : 等分布荷重をうける斜め単純版の主モーメント M_1 , M_2 の大きさおよび方向は表-1 より求めることができる。鉄筋コンクリート版においては、この曲げモーメントの方向と鉄筋の方向とをなるべく一致させるのがよいが、一致しないときは図-2 の記号を用いて次式によつて鉄筋方向の曲げモーメント M_x , M_y を求め、これによつて設計する必要がある。この式はねじりモーメントに対しても考慮して求めたものである。

$$M_x = \frac{1}{\sin \psi} \{ M_1 \cos \delta \sin(\psi - \delta) \}$$

$$+ M_2 \cos^2(\psi - \delta) + |M_1 \sin \delta \cos \delta - M_2 \cos \delta \cos(\psi - \delta)|$$

$$M_y = \frac{1}{\sin \psi} \{ M_1 \sin^2 \delta - M_2 \cos \delta \sin(\psi - \delta) - M_1 \sin \delta \sin(\psi - \delta) - M_2 \sin(\psi - \delta) \cos(\psi - \delta) \}$$

鉄筋を直角に配置するときは ($\psi = 90^\circ$)

$$M_x = M_1 \cos^2 \delta + M_2 \sin^2 \delta + |M_1 - M_2 \sin \delta \cos \delta|$$

$$M_y = M_1 \sin^2 \delta + M_2 \cos^2 \delta + |M_1 - M_2| \sin \delta \cos \delta$$

(B) Vogt²⁾の図表：Vogt は荷重状態として

1. 等分布荷重 q をうける場合 (荷重状態A)
2. M点に集中荷重 P をうける場合 (荷重状態B)
3. N点に集中荷重 P をうける場合 (荷重状態C)

の3種を考え、これによつて生ずる曲げモーメントを

M_F : 正の主スパン曲げモーメント

M_E : 負の主鈍角部曲げモーメント

と表わし、またこの比を

$$\alpha = \frac{|M_E|}{M_F} \quad \beta = \frac{M_F}{M_{F\varphi=0}} \quad \gamma = \frac{M_E}{M_{F\varphi=0}}$$

と表わして、この α, β, γ の計算値を荷重状態 A, B, C について図-4~10のように表わしている(図-3参照)。

図-3 斜め板

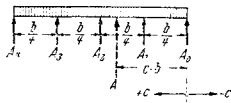
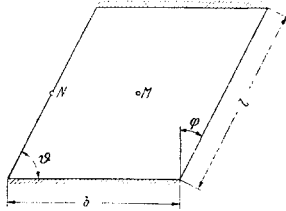


図-4 荷重状態Aによる α の値

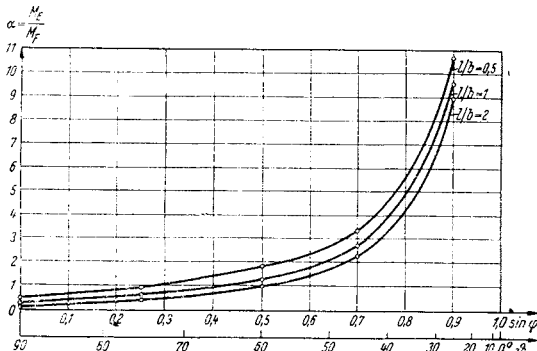


図-5 荷重状態Bによる α の値

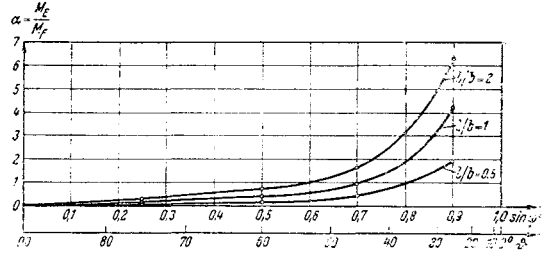


図-6 荷重状態Cによる α の値

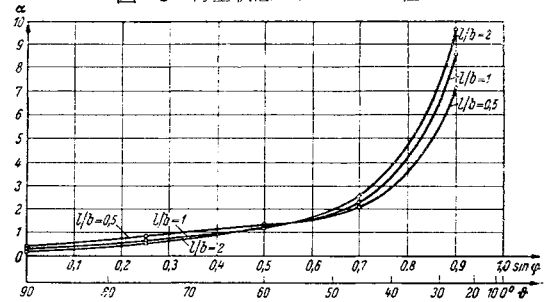
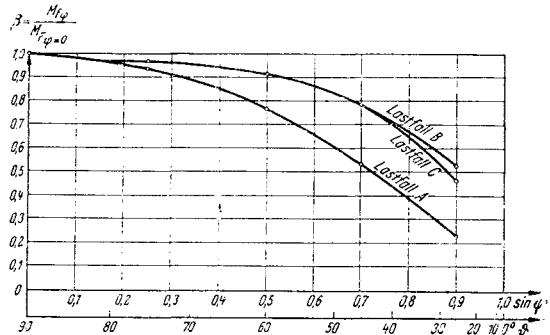


図-7 荷重状態A, B, Cによる β の値



註：Lastfall は荷重状態の意味

図-8 荷重状態Aによる γ の値

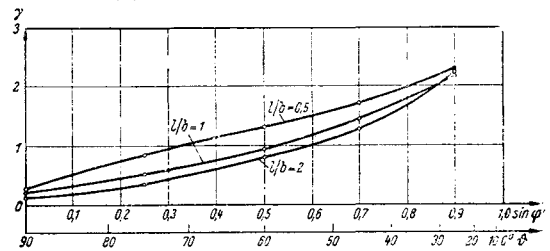


図-9 荷重状態Bによる γ の値

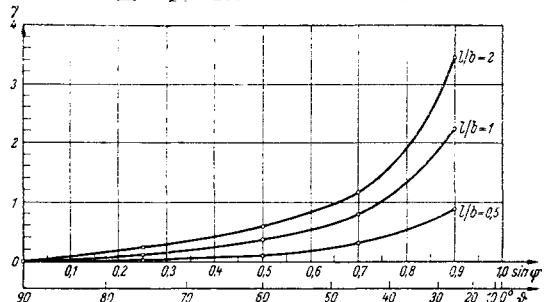
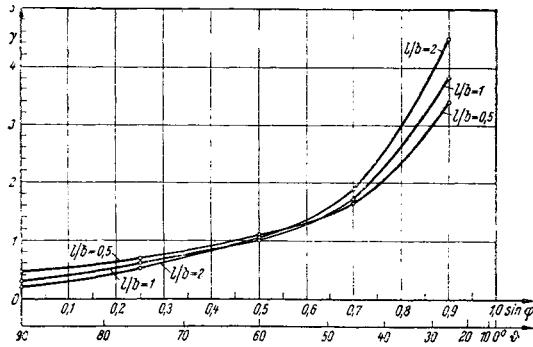


図-10 荷重状態Cによる r の値



以上の資料から次のような斜め版の定性的性質が考えられる。

(1) 図-1 より明らかなように斜め単純版は等分布荷重に対してもスパン方向の曲げモーメントのほかに、他の方向にも相当大きい曲げモーメントが生ずる。特に鈍角の隅角部には相当大きい負の曲げモーメントが生じ、場合によってはスパン曲げモーメントより大きくなることもあるので注意しなければならない。この鈍角部に生ずる負の主曲げモーメントの方向は鈍角の二等分線に直角に生ずる。

(2) 斜め単純版の最大スパン曲げモーメントは同じスパンと同じ版幅とを有する矩形版の曲げモーメントより小さい。この主スパン曲げモーメントの方向は自由縁と支縁に対する垂線との中間にある。

(3) スパンに最大応力度を生ずる位置は斜角が大きくなるに従って中央から鈍角部の方へずれてくる。

(4) スパン中央部の横方向の曲げモーメントは、同一のスパンと幅とを有する矩形版にくらべて、相当大きくなる。スパン方向の曲げモーメントが減少した量だけ横方向の曲げモーメントは増加すると考えてよい。

(5) 版の各点に次式で与えられるねじりモーメントが生ずる。

$$M_{xy} = |M_1 - M_2| \sin \delta \cos \delta$$

従ってこれによつて生ずるせん断応力に対しても考慮する必要がある。図-11 は Vogt が与えた配筋の一例である。

上記の曲げモーメントの分布より推測されるように、斜め単純版の支承反力の分布は矩形版と相当に異なってくる。従つて支承反力の合力の作用点を図-3において鈍角端より cb と表わしたとき、Vogt⁶⁾によれば c の値は図-11~14 で示される。また支承に生ずる応力度は支承反力の平均値(反力 A を版幅 b で割つた値)より η 倍だけ大きくなる。これの計算値は表-2~4 に示してある。これらの表は相当大きな値を示しているが、実際には支承は線接触でないこと、ポアソン比が0でないこと、等により、この表の値より小さくなることが考えら

表-2 荷重状態Aによる η の値

$\sin \varphi$	φ	δ	η ($l/b=1/2$)	η ($l/b=1$)	η ($l/b=2$)
0	0°	90.0°	1.00	1.00	1.00
0.25	14.5°	75.5°	1.34	1.72	2.49
0.50	30.0°	60.0°	1.71	2.57	4.30
0.70	44.5°	45.5°	2.01	3.35	5.96
0.90	64.2°	26.8°	2.40	4.61	9.36

表-3 荷重状態Bによる η の値

$\sin \varphi$	φ	δ	η ($l/b=1/2$)	η ($l/b=1$)	η ($l/b=2$)
正 の 値					
0	0°	90.0°	3.06	1.91	1.23
0.25	14.5°	75.5°	3.05	1.88	2.95
0.50	30.0°	60.0°	3.02	2.22	5.96
0.70	44.5°	45.5°	3.00	3.44	8.55
0.90	64.2°	26.8°	2.96	5.25	13.50

負 の 値

0	0°	90.0°	-0.20	-0.06	-
0.25	14.5°	75.5°	-0.31	-0.55	-0.75
0.50	30.0°	60.0°	-0.31	-0.60	-1.08
0.70	44.5°	45.5°	-0.46	-0.46	-1.08
0.90	64.2°	26.8°	-0.65	-0.81	-2.57

表-3 荷重状態Cによる η の値

$\sin \varphi$	φ	δ	η ($l/b=1/2$)	η ($l/b=1$)	η ($l/b=2$)
1) 鈍角部の近くに荷重がある場合					
正 の 値					
0	0°	90.0°	7.45	6.60	5.66
0.25	14.5°	75.5°	8.92	9.02	10.20
0.50	30.0°	60.0°	10.28	11.52	14.50
0.70	44.5°	45.5°	11.32	13.65	18.35
0.90	64.2°	26.8°	12.72	16.58	23.70

負 の 値

0	0°	90.0°	-0.10	-0.87	-2.18
0.25	14.5°	75.5°	-0.28	-0.72	-1.98
0.50	30.0°	60.0°	-0.98	-1.32	-2.14
0.70	44.5°	45.5°	-1.50	-2.32	-3.90
0.90	64.2°	26.8°	-2.08	-3.57	-6.32

2) 鈍角部の近くに荷重がある場合

正 の 値

0	0°	90.0°	7.45	6.60	5.66
0.25	14.5°	75.5°	6.08	4.46	2.41
0.50	30.0°	60.0°	5.08	2.81	2.44
0.70	44.5°	45.5°	4.73	2.28	3.22
0.90	64.2°	26.8°	5.40	4.25	7.95

負 の 値

0	0°	90.0°	-0.10	-0.87	-2.18
0.25	14.5°	75.5°	-0.11	-0.80	-2.07
0.50	30.0°	60.0°	-0.12	-0.54	-0.67
0.70	44.5°	45.5°	-0.14	-	-1.50
0.90	64.2°	26.8°	-0.14	-	-2.52

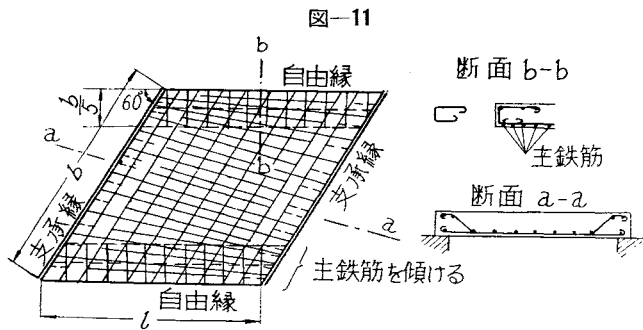


図-11

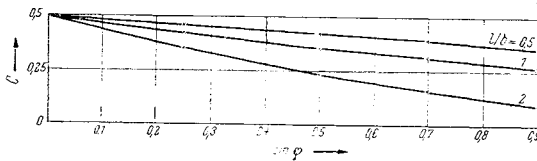


図-12 荷重状態Aによるcの値

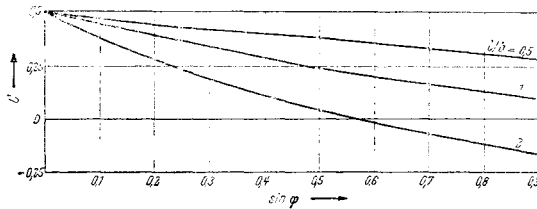


図-13 荷重状態Bによるcの値

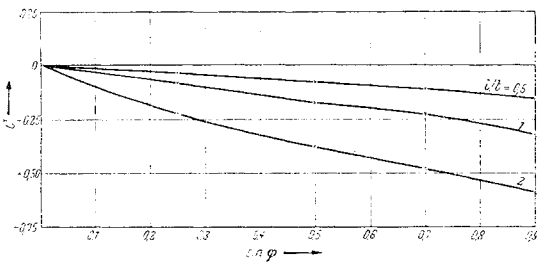


図-14 荷重状態Cによるcの値

れるが、反力の応力度が局部的に平均値より大きくなる点に注意する必要がある。

以上の外に Illinois 大学においても Jensen⁷⁾ 等によつて差分方程式を用いて斜め版の解析が行われているし、また電子計算機の発達した現在において差分方程式の解法がきわめて容易になつてきているので、今後この方向の研究が発展することと思われる。

最後に二方向斜め版、固定斜め版、連続斜め版、等についていえば、現在のところ資料がきわめて少なく、二方向斜め版について直角二方向版にくらべて、版の中央では辺に平行方向のモーメントが若干増加し、辺に直角方向の曲げモーメントが若干減少することがいわれている程度である。なお斜め版について土木学会誌 42 巻 1 号 (昭和 32 年 1 月) の技術相談 (p. 32) に各国の設計、計算の実情および参考文献が紹介されている。

参考文献

- 1) Anzelius : Über die elastische Deformation parallslogrammförmiger Platten. Bauingenieur 1939 H 25/36
- 2) Nielsen : Skævinklede plader, Ingeniørvidenskabelige skrifter, Nr. 3. Kopenhagen 1944
- 3) Rüsçh : Fahrbrunnplatten von Staßenbrücken (1956) (この中に Nielsen の論文を紹介されている)
- 4) Vogt : Die Berechnung schiefwinkligen Platten und plattenartiger Brückensystem, B. u. E. 1940 H. 17
- 5) Vogt : Das statische Verhalten von zweiseitig aufgelagerten schiefwinkligen Einfeldplatten, B. u. St 1955 H. 11
- 6) Vogt : Die Auflagerkräfte von zweiseitig aufgelagerten schiefwinkligen Einfeldplatten, B. u. St 1956 H 8
- 7) Jensen : Analysis of Skew Slabs, Univ. of Illinois Bul. 332 (1941) (このほかにも Univ. of Illinois Bul. 369 (1947), Bul. 386 (1950) に縁石をもつ斜め単純版の計算例その他の研究が報告されている)

(国鉄構造物設計事務所 松本 嘉司)

直読式・特許 NO. 3020813, 3020958

朝日・砂表面水率計 SAND MOISTURE METER ASAHI

益々好評 道路の各種舗装工事、土木建築工事、コシクリート施工に於て世界に誇る日本コンクリート建設施工界のマスコミたる本水率計を是非とも御愛用下さい。

日本国唯一製品 現場用 (A型) 5・10型 試験用 (B型) 5・10型
建設省、建築局、東京都庁、建設局、農林省、県庁土木事務所、土木研究所、道路舗装会社、三菱セメント初め各セメント会社、大学実験室、他業者納入——仕様パンフレット御送り致します。

朝日連動式篩振盪器 1/2HP付・電磁攪拌器・電気乾燥器・ブローア・リッフルサンプラー
JIS 標準篩 (ASTM) ・最新型水中ポンプ、ギャポンプ・カスケードサンプラー
各種器具、機械設計製作販売並修理——御照会乞

朝日理化学工業株式会社 本社 東京都文京区弓町 1 ~ 25 番地

墨田工場・大成工場 TEL (92) 7906 (代)