



Title	細隙及び方形孔を有する鋼床版の実験的研究
Author(s)	土橋, 由造; Dobashi, Yoshizo; 三浦, 重幸 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 24, 109-120
Issue Date	1961-02-28
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/40671">https://hdl.handle.net/2115/40671</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	24_109-120.pdf



# 細隙及び方形孔を有する鋼床版の実験的研究

土 橋 由 造  
三 浦 重 幸

## An Experimental Study on Rectangular Steel Plates with Slits or Square Opening

Yoshizo DOBASHI  
Shigeuki MIURA

### Abstract

The writer has serially presented the difference solution for each group of rectangular plates shown in the title. Tests are made in order to check the propriety of the assumptions on which his method is based and also the accuracy of the numerical results.

In spite of the practical existence of various ferroconcrete works with slits or square openings few investigations have been made on the bending of slitted slabs except by P. S. Symond or Nomachi and of the slabs with square openings except by Wiedemann, Gyoten or Furr who gave approximate solutions to some cases of square slabs with concentric square openings by the method of finite difference or others.

The writer's difference expressions round the opening are different from Gyoten's or Wiedemann's in their derivation from the boundary conditions.

The fact of our having no strict analytical access to these slabs for the present requires any experimental measure of the accuracy of our solution.

### は し め に

著者は先に数回に亘り表題の如き床版の有限差解を発表して来たが<sup>1)</sup>、此の実験は解法上の仮定の妥当性と解の精度を検討するを目的として行なつたものである。建築物の床版に於いて細隙及び方形孔を有する床版の例は多い。併し細隙を有する床版の曲げに関しては Symond, P. S.<sup>2)</sup> 及び能町博士<sup>3)</sup> の研究の外は殆んど行なわれていない様である。方形有孔床版の曲げの研究も Wiedemann<sup>4)</sup>、堯天博士<sup>5)</sup>、Furr<sup>6)</sup> の有限差法等に依る正方形版に同心の正方形開口のある場合の近似解の外はない様である。著者の開口部周辺の有限差式と Wiedemann, 堯天博士の式とは夫々境界条件より作式する方法に於いて異なつている。何れにしても厳正解のない現在その精度に就いての一応の目安が立てられなければならぬ。

## I. 実験計画

## §1 供試体

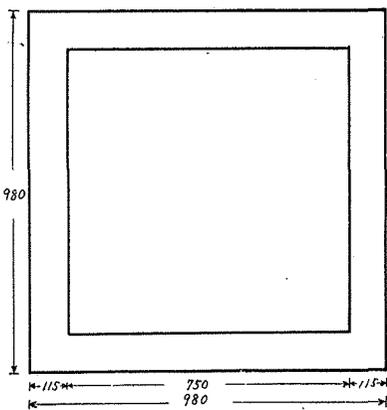
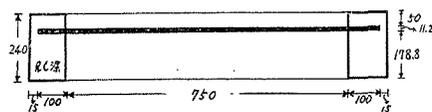
供試体は一辺75 cm 平均厚11.2 mm (版8カ所の平均)の鋼製正方形版で、周辺固定に近からしめる為と取扱いの便を考慮して鋼版の外周に11.5 cm×24 cmの鉄筋コンクリート深を設けた。鋼床版は厚22 mmの素材より機械切削に依り仕上げたものである。第I-1, 2表に鋼床版及び鉄筋コンクリート側梁の諸元を示す。

第I-1表

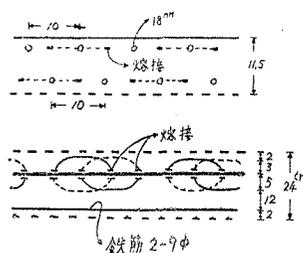
	$E$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2 \times 10^6$ )	降伏点 ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )	引張強度 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	伸び (%)	備考
鋼材	1.99	22.08	33.75	45.1	テストピース4本の 平均値

第I-2表

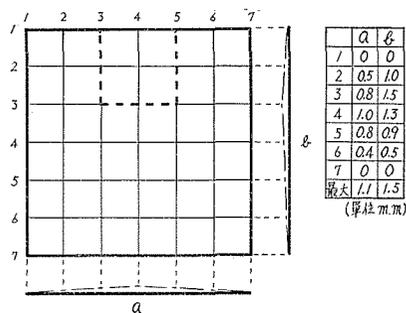
	$E$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2 \times 10^5$ )	破壊強度 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	備考
コンクリート	2.38	275	テストピース3本の 平均値 (35.7.26)



第I-1図

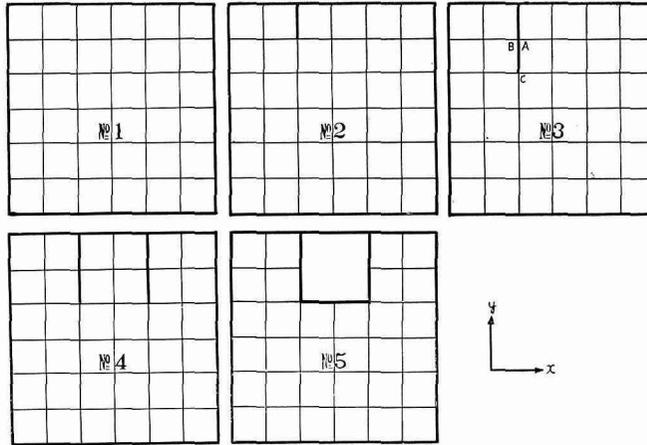


第I-2図



第I-3図 R.C 梁打設後の鋼床版のヒズミの状況

尚 R.C 側梁と鋼床版の一体化の為に第I-2図の如く鋼床版四周へ径18 mmの穴を穿孔し且つ上下面に6φ鉄筋を熔接した。供試体作製後の歪の状況を第I-3図に示す。第I-4図は供試体を穿孔順序別に描いたものである。細隙幅は3 mmで電気ドリルで穴を穿孔しヤスリ仕上げを



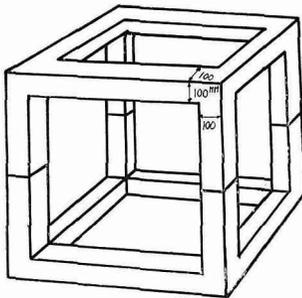
第I-4図

施した。

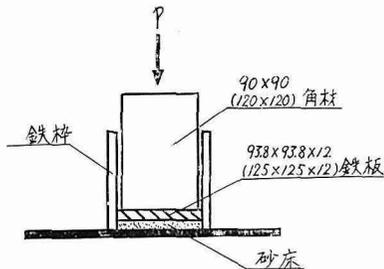
供試体の製作は昭和35年5月27日(打込)に行なわれ、実験は昭和35年7月26日より1週間に1種ずつ5種の版を5週に亘つて行なつた。

## §2 載荷方法

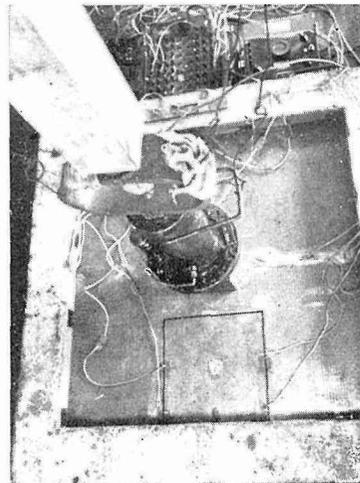
第I-5図に示すR.C架台に供試体をのせ、版中央部に第I-6図の加圧版を置きその上へ手押ポンプ使用の油圧機(25tオイルジャッキ)を装置し建物のR.C梁を利用して集中荷重を加えた。載荷力の示度はループ荷重計に依つた。尚メーターのダイヤルゲージの目盛りは $60 \times 10^{-3} \text{ mm}$ が100kgに相当する。載荷面積は約 $88 \text{ cm}^2$  ~  $156 \text{ cm}^2$ で荷重の加え方は0から100kgとびに逐次あげて1000kgまで載荷した。



第I-5図



第I-6図



写真I-1

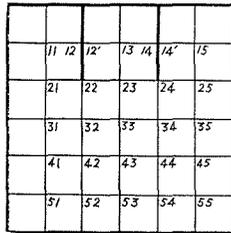
§3 撓み及び歪の測定

床版上、下面に共和無線研究所製の KPR-4 及(補助として KP-22) 歪計を接着し歪の計測は SM-4 j Strain Indicator. SS-24 j Strain meter Switch Box で行なつた。撓みの測定には床版裏面にダイヤルゲージ (1/1000 mm) 読みをあてて測定した(梁四周よりダイヤルゲージ支承棒を出し緊結)。床版裏面狭き為各点の計測を同時に出来なかつたので数回に分けて行い、各点 3 回ずつの載荷を測定した。

II. 準備計算

§1 定義と版の区劃に依る名称

正方形版の各辺を 6 等分 (8 等分) し各位置を第 II-1, 2 図の如く記号する。



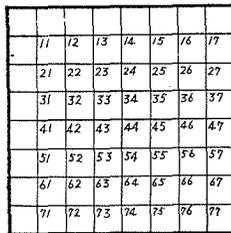
第 II-1 図

$$N = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$$

$$\psi = \frac{N}{\lambda^2} w$$

$$\varphi = \frac{N}{\lambda} \theta$$

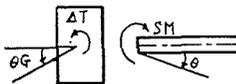
- 茲に
- $N$ : 版剛度
  - $E$ : ヤング係数
  - $h$ : 版厚
  - $\nu$ : ポアソン比
  - $\psi$ : 撓度
  - $w$ : 撓み
  - $\lambda$ : 区幅
  - $\varphi$ : 撓角
  - $\theta$ : 傾斜角



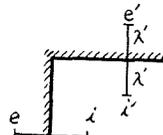
第 II-2 図

§2 版の固定度

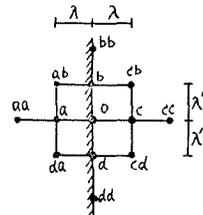
本実験では載荷装置及び供試体形状から考えて周辺の梁の撓みは殆んど無視出来るものと思われるので、梁に生ずる捩れのみを考慮して、方程式を樹て周辺固定の場合の解と比較してみる。



第 II-3 図



第 II-4 図



第 II-5 図

$$\text{長上辺} \quad \varphi = \frac{N}{\lambda} \theta = \frac{N}{\lambda} \cdot \frac{w_i - w_e}{2\lambda} = \frac{1}{2} (\psi_i - \psi_e)$$

$$\text{短辺上 } \varphi = \frac{N}{\lambda} \theta = \frac{N}{\lambda} \cdot \frac{w'_i - w'_s}{2\lambda'} = \frac{1}{2r} (\psi'_i - \psi'_s)$$

$$\text{但し } r = \lambda'/\lambda$$

今長辺上に就いて考えてみると、梁の区片(長さ $\lambda'$ )は第II-3図の様に版からの曲げモーメント $M$ と、梁の区幅間の振りモーメントの差 $\Delta T$ を受けて両者が釣合の状態にある。

$$\Delta T + SM = 0$$

$$\text{但し } SM = \lambda' M$$

$SM$ : 合モーメント

上式の $\Delta T$ は次の様にして求める。

振り角 $\vartheta$ と振りモーメント $T$ の関係式は

$$\vartheta = \frac{dT}{J_s} = \frac{T}{J_s}$$

$$\therefore dT = J_s \frac{d^2\vartheta}{dy^2} dy$$

$$\text{茲に } J_s = \bar{J}_a G$$

$J$ : 振り係数

$G$ : 振り弾性係数

これを有限差式にて表せば第II-5図の0点では次式の様になる。

$$\Delta T_0 = \frac{J_s}{(r\lambda)^2} (\theta_0^a - 2\theta_0^a + \theta_0^a) \lambda'$$

$$\ddot{u} = \frac{J_s}{N\lambda} \text{ とおき } \theta^a = -\theta \text{ として}$$

$$\Delta T_0 = \frac{\ddot{u}}{r^2} \left\{ (\psi_c - \psi_d) - \frac{1}{2} (\psi_{bc} - \psi_{ab} + \psi_{ca} - \psi_{da}) \right\} \lambda'$$

ここで $\nu=0$   $\lambda=\lambda'$  ( $r=1$ )として $\ddot{u}$ を求める。尚

$$N = \frac{Eh^3}{12}, \quad G = \frac{E}{2}, \quad \lambda = \frac{l_x}{8}$$

振り係数 $\bar{J}_a$ は東博士の研究より<sup>7)</sup>

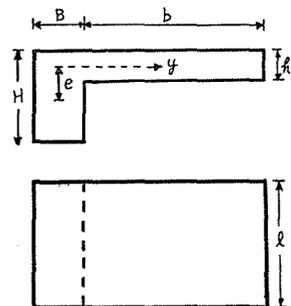
$$\bar{J}_a = J_a + \frac{1}{3} h^3 b \left( f + \frac{1}{2} \cdot \frac{e^2}{h^2} \cdot \frac{1}{g + a^{-2} I_P / I_B} \right)$$

$$\doteq J_a + \frac{1}{3} h^3 b f$$

$$a = n\pi b/l \quad \text{但し } n \doteq 1 \text{ としてよい。}$$

版の曲げ応力系で $y=b$ で対称のとき

$$f(a) = (\cos h^2 a)/a (\cos ha \cdot \sin ha + a)$$



第II-6図

梁の捩り係数として A. Föpple 式を用いる。

$$J_d = \frac{B^3 H^3}{3.6(B^2 + H^2)}$$

茲で  $b = 37.5 \text{ cm}$      $l = 75 \text{ cm}$      $h = 1.12 \text{ cm}$   
 $B = 11.5 \text{ cm}$      $H = 24 \text{ cm}$      $E_s/E_c = 8.3613$

$$J_d = 8.2461 \times 10^3 \quad \frac{1}{3} b h^3 f = 0.0794 \times 10^3$$

$$\bar{J}_d = 8.3255 \times 10^3 \quad \therefore \bar{n} = 4.5358 \times 10^2 \rightarrow 454$$

$\bar{n}=454$  として方程式を樹てると第 II-1 表となる。

第 II-1 版中央集中荷重,  $\bar{n}=454$  の場合の方程式

	$\psi_{24}$	$\psi_{34}$	$\psi_{33}$	$\psi_{24}$	$\psi_{23}$	$\psi_{22}$	$\psi_{14}$	$\psi_{13}$	$\psi_{12}$	$\psi_{11}$	$\psi_{14}$	$\psi_{13}$	$\psi_{12}$	$\psi_{11}$	荷重項
44	20	-32	8	4											1
34	-8	25	-16	-8	6		1								0
33	2	-16	22	4	-16	2		2							$\bar{n}=454$
24	1	-8	4	20	-16	2	-8	4							$\lambda=\lambda'$
23		3	-8	-8	23	-8	2	-8	3						$\lambda=\lambda''$
22			2	2	-16	20		4	-16	2					*
14		1		-8	4		20	-16	2		1				*
13			1	2	-8	2	-8	21	-8	1		1			*
12					3	-8	1	-8	22	-8			1		*
11						2		2	-16	20					2
14'								-453	454		455	-454			*
13'								227	-453	227	-227	455	-227		*
12'								227	-453	227	-227	455	-227		*
11'								227	-453			-227	455		*

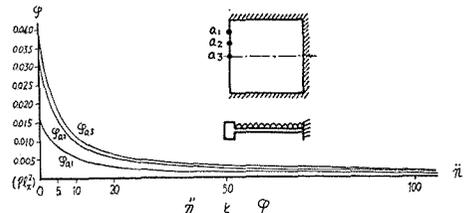
第 II-2 表に周辺固定 ( $\bar{n}=\infty$ ) と  $\bar{n}=454$  の正方形版の中央部集中荷重 (荷重面積  $l_x/8 \times l_x/8$ ) の場合の解を挙げる。第 II-3 表は各辺を 6 等分した場合の周辺固定版の解である (荷重面積  $l_x/6 \times l_x/6$ )。

第 II-2 表

			*1段 $\bar{n}=\infty$
			2段 $\bar{n}=454$
	0.0285		
	0.0090		
	0.0298	0.0275	
	0.0218	0.0090	
	0.0600	0.4778	0.2535
	0.0572	0.4499	0.2567
	0.0600	0.1777	0.3444
	0.0613	0.1800	0.3172
			0.4161
			0.4191

第 II-3 表

			$\bar{n}=\infty$
	0.0150		
	0.0422	0.1136	
	0.0588	0.2821	0.2521



第 II-7 図

第 II-2 表の 2 つの周辺状態の版を撓度より比較すると  $\bar{n}=454$  の版は周辺固定に殆んど近い事が判る。従つて以下の細隙及び有孔版の解析はすべて周辺固定版として進める。尚第 II-7 図に  $\bar{n}$  と  $\varphi$  との関係の一例を示す<sup>8)</sup>。この図からも  $\bar{n}=454$  の版は周辺固定に極めて近い事を知り得る。

### §3 応力表及び応力図

第 II-4, 5, 6, 7 表は各状態に於ける  $\lambda=\lambda$   $\lambda=l_x/6$  の場合の中央部集中荷重 (荷重面積  $l_x/6 \times l_x/6$ ) の解及び応力表であり、第 II-8, 9, 10, 11, 12 図が応力図である (ただし簡単の為  $\nu=0$  とした)。

第II-4表

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0300	0.0858	0.1178	0.0844	0.0300	0	0	0	0
0.1800	0.0448	0.0378	0.0334	0.4572	0.0402	0.1800	0	0	0
0	0.0150	0.0427	0.0389	0.0422	0.0100	0	0	0	0
0	0.0129	0.0119	0.0327	0.0105	0.0122	0	0	0	0
0	0.0273	0.0281	0.0243	0.0292	0.023	0	0	0	0
0	0.0285	0.0300	0.0001	0.0300	0.0284	0	0	0	0
0.0444	0	0	0	0	0	0.0408	0	0	0
0	0.0423	0.1139	0.1621	0.1136	0.0423	0	0	0	0
0	0.0273	0.0234	0.0967	0.0228	0.0290	0	0	0	0
0	0.0444	0.0227	0.0131	0.0228	0.0107	0	0	0	0
0	0.0298	0.0374	0.0002	0.0374	0.0300	0.4620	0	0	0
0	0.0589	0.1622	0.2522	0.1621	0.0589	0	0	0	0
0	0.1178	0.0133	0.1801	0.0131	0.0443	0	0	0	0
0	0.0333	0.0269	0.1802	0.0270	0.0333	0.1178	0	0	0
0	0.0001	0	0.0001	0	0	0	0	0	0
0.8400	0	0	0	0	0	0.8406	0	0	0
0	0.0422	0.1136	0.1621	0.1136	0.0422	0	0	0	0
0	0.0292	0.0229	0.0970	0.0229	0.0292	0	0	0	0
0	0.0165	0.0374	0.0132	0.0229	0.0165	0.0844	0	0	0
0	0.0500	0	0	0.0374	0.0500	0	0	0	0
0.4572	0	0	0	0	0	0.4572	0	0	0
0	0.0750	0.0422	0.0588	0.0422	0.0750	0	0	0	0
0	0.0122	0.0106	0.0378	0.0122	0.0122	0	0	0	0
0	0.0222	0.0292	0.0445	0.0292	0.0222	0	0	0	0
0	0.0284	0.0300	0.0300	0.0300	0.0284	0	0	0	0
0.0376	0	0	0	0	0	0.0396	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0300	0.0844	0.1176	0.0844	0.0300	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1800	0.0396	0.4584	0.8370	0.4584	0.0396	0.1800	0	0	0

第II-5表

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0926	0.0868	0	0	0	0	0	0	0
0	1.1502	0.162	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0463	0.0434	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0241	0.0299	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0371	0.0226	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	(0.0234)	0.1167	0.0289	0.0263	0.0376	0	0	0	0
0	0.0463	0.0376	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0310	0.0848	0.1166	0.0834	0.0298	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1848	0.0566	0.162	0.8052	0.4446	0.372	0.1788	0	0	0
0	0.0153	0.0434	0.0583	0.0417	0.044	0	0	0	0
0.0310	0.0153	0.0313	0.0102	0.0117	0.0298	0	0	0	0
0	0.0153	0.0299	0.0456	0.0297	0.0122	0	0	0	0
0	0.0292	0.0226	0.0009	0.0300	0.0283	0	0	0	0
0.0438	0	0	0	0	0	0.0390	0	0	0
0	0.0425	0.1167	0.1620	0.1131	0.0420	0	0	0	0
0.0350	0.0377	0.0289	0.0942	0.0232	0.0390	0	0	0	0
0	0.0102	0.0497	0.0133	0.0226	0.0104	0.0840	0	0	0
0	0.0274	0.0376	0	0.0370	0.0300	0	0	0	0
0.4472	0	0	0	0	0	0.4542	0	0	0
0	0.0593	0.1637	0.2324	0.1629	0.0587	0	0	0	0
0.1186	0.0437	0.057	0.7792	0.0127	0.0445	0.1174	0	0	0
0	0.0336	0.0965	0.1805	0.0971	0.0332	0	0	0	0
0	0.0000	0.0001	0.0008	0	0.0000	0	0	0	0
0.8442	0	0	0	0	0	0.8358	0	0	0
0	0.0425	0.1142	0.1623	0.1135	0.0422	0	0	0	0
0.0850	0.0292	0.0236	0.0963	0.0227	0.0292	0.0844	0	0	0
0	0.0466	0.0223	0.0133	0.0231	0.0107	0	0	0	0
0	0.0503	0.0375	0.0004	0.0375	0.0297	0	0	0	0
0.4608	0	0	0	0	0	0.4596	0	0	0
0	0.0151	0.0424	0.0588	0.0422	0.0150	0	0	0	0
0.0302	0.0122	0.0108	0.0332	0.0103	0.0122	0.0300	0	0	0
0	0.0222	0.0274	0.0445	0.0272	0.0222	0	0	0	0
0	0.0286	0.0300	0.0002	0.0300	0.0284	0	0	0	0
0.0376	0	0	0	0	0	0.0396	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0302	0.0848	0.1178	0.0844	0.0300	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1812	0.0390	0.4608	0.8382	0.4572	0.0396	0.1800	0	0	0

第II-6表

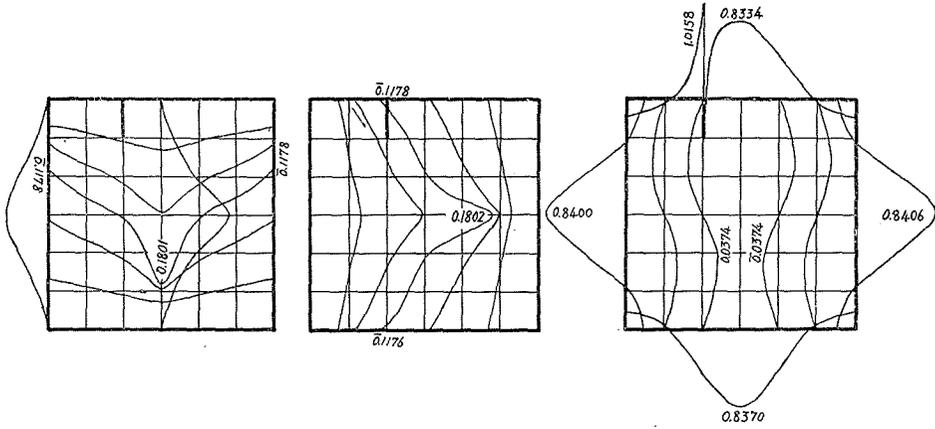
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0924	0.0850	0	0	0	0	0	0	0
0	1.1460	0.0372	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0462	0.0425	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0242	0.0316	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0370	0.0230	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	(0.0231)	0.1166	0.0289	0.0263	0.0376	0	0	0	0
0	0.0462	0.0376	0	0	0	0	0	0	0

第II-7表

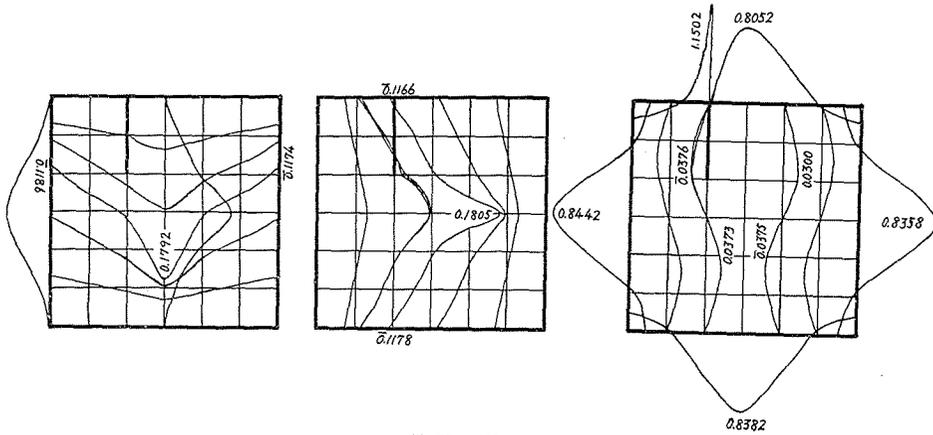
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0310	0.0850	0.1148	0	0	0	0	0	0
0.1860	0.0454	0.0372	0.7602	0	0	0	0	0	0
0	0.0153	0.0425	0.0574	0	0	0	0	0	0
0.0310	0.0152	0.0102	0.0298	0	0	0	0	0	0
0	0.0115	0.0316	0.0477	0	0	0	0	0	0
0	0.0292	0.0230	0	0	0	0	0	0	0
0.0432	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0425	0.1166	0.1625	0	0	0	0	0	0
0.0850	0.0376	0.0289	0.0978	0	0	0	0	0	0
0	0.0101	0.0497	0.0943	0	0	0	0	0	0
0	0.0294	0.0380	0	0	0	0	0	0	0
0.4416	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0594	0.1634	0.2323	0	0	0	0	0	0
0.1188	0.0437	0.057	0.7783	0	0	0	0	0	0
0	0.0337	0.0966	0.1811	0	0	0	0	0	0
0	0.0003	0.0001	0	0	0	0	0	0	0
0.8466	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0426	0.1146	0.1630	0	0	0	0	0	0
0	0.0294	0.0236	0.0963	0	0	0	0	0	0
0	0.0108	0.0227	0.0133	0	0	0	0	0	0
0	0.0503	0.0375	0	0	0	0	0	0	0
0.4620	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0132	0.0426	0.0592	0	0	0	0	0	0
0.0304	0.0122	0.0108	0.0332	0	0	0	0	0	0
0	0.0222	0.0274	0.0446	0	0	0	0	0	0
0	0.0287	0.0301	0	0	0	0	0	0	0
0.0372	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0304	0.0852	0.1184	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1824	0.0372	0.4644	0.8412	0	0	0	0	0	0

- 第1段 撓度  $\psi (P)$
- 2 曲げモーメント  $M_x //$
  - 3 曲げモーメント  $M_y //$
  - 4 振りモーメント  $M_{xy} //$
  - 5 反力  $A (P/l)$

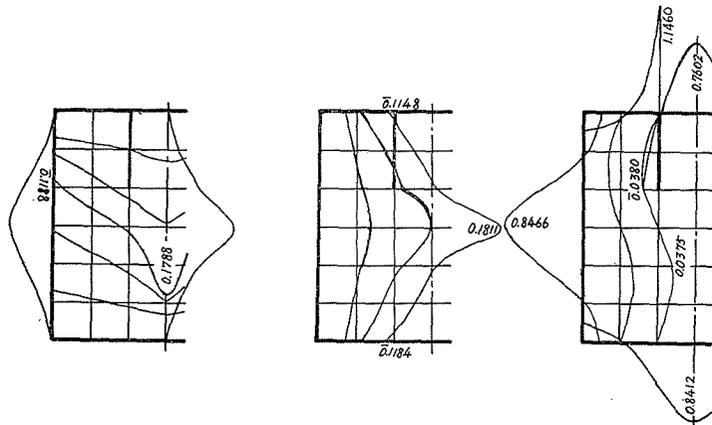
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0404	0.1234	0	0	0	0	0	0	0
0	2.2424	1.5732	0.7866	0	0	0	0	0	0
0	0.0202	0.0499	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0404	0.0213	0.0272	0	0	0	0	0	0
0	0.0330	0.0577	0.0493	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0527	0.1506	0.2306	0	0	0	0	0	0
0.1054	0.0424	0.0291	0.2000	0	0	0	0	0	0
0	0.0184	0.0324	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0520	0.0314	0.0243	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.1336	0.0535	0.0102	0.2262	0	0	0	0	0
0	0.0346	0.0973	0.1618	0	0	0	0	0	0
0	0.0081	0.0158	0	0	0	0	0	0	0
0.8558	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0463	0.1263	0.1820	0	0	0	0	0	0
0	0.0337	0.0243	0.1114	0	0	0	0	0	0
0	0.0297	0.0194	0.0021	0	0	0	0	0	0
0	0.0553	0.0455	0	0	0	0	0	0	0
0.4698	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0161	0.0461	0.0647	0	0	0	0	0	0
0.0322	0.0139	0.0114	0.0373	0	0	0	0	0	0
0	0.0141	0.0341	0.0526	0	0	0	0	0	0
0	0.0316	0.0339	0	0	0	0	0	0	0
0.0374	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0322	0.0922	0.1294						



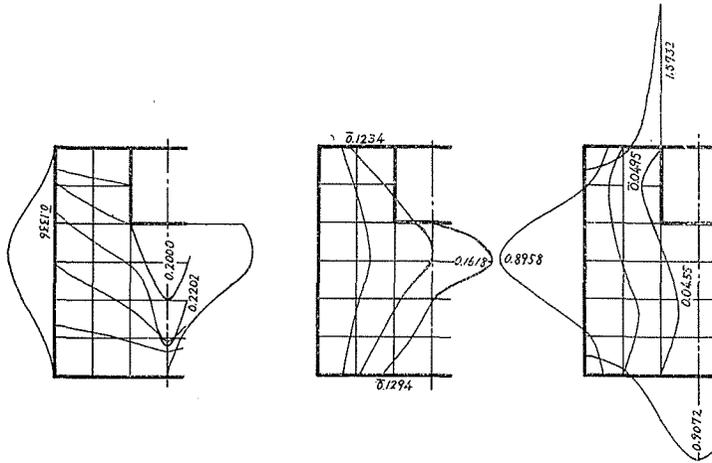
第 II-9 図



第 II-10 図



第 II-11 図

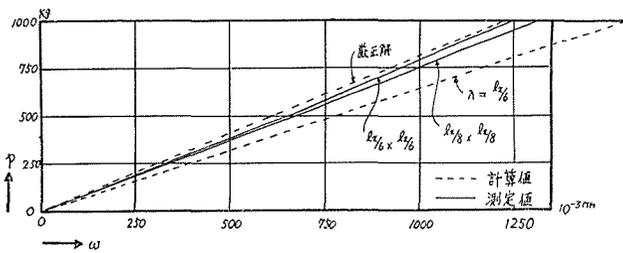


第 II-12 図

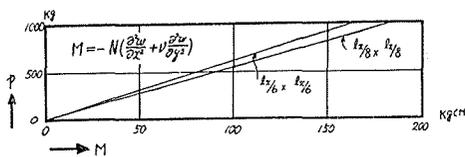
III. 実験結果

§ 1 版の固定度の検討

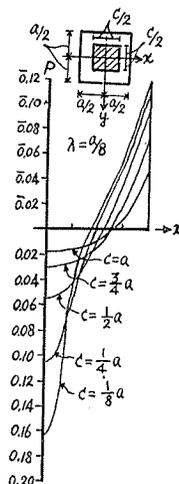
準備計算より本実験の床版の固定度は殆んど周辺固定に近いと云う結果を得た。之れを実験に依つて確かめてみる。第 III-1, 2 図は荷重面積  $l_x/6 \times l_x/6$ ,  $l_x/8 \times l_x/8$  の二種の状態に於ける No. 1 版(無孔版)の集中荷重 1000 kg までの中央点の撓み及び測定歪から逆算した曲げモーメントのグラフである。図中の厳正解とは D. Young の計算値  $w_{\text{中央}} = 0.0611 Pa^2/Eh^3$  ( $\nu = 0.3$ ),  $1229 \times 10^{-3} \text{ mm}/1000 \text{ kg}$  である(測定値第 III-1 表参照)。第 III-2 図の二種の荷重面積の異なる集中荷重に依る中央点の曲げモーメントの差違に關連して Försterling<sup>9)</sup> の図表(第 III-3 図)は好個の参考文献である。以上の実験結果より実験版は略々周辺固定の状態に近いと云う事が出来る。



第 III-1 図 No. 1 版(無孔版)中央点の荷重-撓み曲線



第 III-2 図 No. 1 版中央点の曲げモーメント



第 III-3 図 周辺固定, 正方形版の中央部集中荷重の場合の荷重面積の相違に依る中央点の曲げモーメント

§2 各版の中央点の撓み及び曲げモーメント

No. 1~No. 5 版までの  $P=1000 \text{ kg}$  に於ける中央点の撓み及び曲げモーメントの実験値と理論値を第 III-1 表に纏める。理論値の中央点の撓みは細隙部が増大して行つても殆んど変わらないことは有限差法に依る 6 分割解では床版の状態の微妙な変化に対して分割数が少い事その原因であると思われる。

第 III-1 表 版内各条件に於ける正方形版の中央部集中荷重の場合の中央点の撓み及び曲げモーメント

版内条件	中央点の撓み ( $10^{-3}\text{mm}$ )			中央点の曲げモーメント ( $\text{kg}\cdot\text{cm}$ )					
				$M_x$			$M_y$		
	理論値	測定値	差 (%)	理論値	測定値	差 (%)	理論値	測定値	差 (%)
NO1	14.28 1538	1242	+19.2	203.4 180.0	163.8	+9.0	203.4 180.0	164.1	+8.8
NO2	1539	1272	+17.3	180.1	185.9 169.6	+5.8	180.2	182.7 170.0	+5.7
NO3	1540	1295	+15.9	179.2	173.8	+3.0	180.5	177.9	+1.4
NO4	1546	1378 1328	+14.0	178.8	190.7 157.7	+11.8	181.1	192.9 176.5	+2.5
NO5	1814	1795 1782	+1.7	220.2	234.0 211.2	+4.1	161.8	182.4 167.3	-3.4

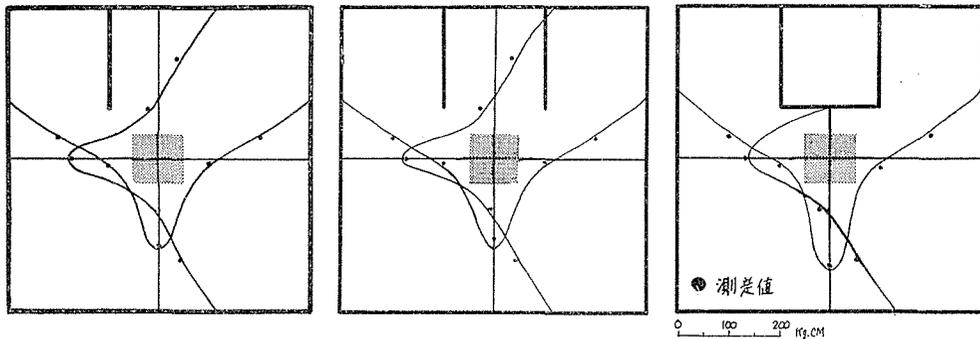
$$\text{差} = \frac{\text{理論値} - \text{測定値}}{\text{理論値}} \times 100$$

註 上段 8 分割解及び荷重面積  $l_x/8 \times l_x/8$  の測定値  
 下段 6 " " "  $l_x/6 \times l_x/6$  "

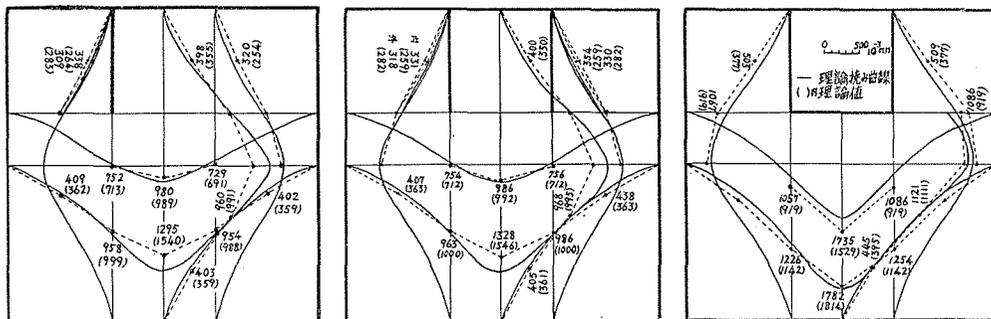
§3 実験結果の諸考察

第 III-4, 5 図に例として No. 3, 4, 5 版の中央線上  $w, y$  方向の測定値より逆算した各点の曲げモーメント及び撓みを図示した。傾向的に割合よく一致していることがわかる。尚細隙版の切欠部周辺(例えば No. 3 版の C 点)の Strain を測定せるに不連続点での応力の攪乱の為か確定的な数値を掴み得なかつた。

撓みの理論値と測定値とは相当のひらきはあるが曲げモーメントは割合よく一致していることがわかる。尚細隙版の切欠部周辺(例えば No. 3 版の C 点)の Strain を測定せるに不連続



第 III-4 図  $P=1000 \text{ kg}$  (荷重面積  $l_x/6 \times l_x/6$ ) に於ける中心線上の曲げモーメント



第 III-5 図  $P=1000 \text{ kg}$  (荷重面積  $L_x/6 \times L_x/6$ ) に於ける各点の撓み

点での応力の擾乱の為か確定的な数値を掴み得なかつた。又版端部の曲げも版部と梁の材料の異なりに依る不連続点であるが故か適確な数値は得られず測定値は理論値りよも 2 割程度低い値であつた。

No. 3 版の A 及び B 点の理論撓みは  $0.0434 P$ ,  $0.0463 P$  である。荷重点に近い A 点が B 点より撓み量が尠いと云うことは明らかにこの様な切欠状態に於ける有限差解の誤差である。著者の既往の研究より<sup>1)</sup> 2 分割解と 4 分割解では相当の開きがあり、これに原因する誤差であらうと思われる。尚 A B 2 点を測定した結果は

- A 点  $338 \times 10^{-3} \text{ mm}/1000 \text{ kg}$
- B 点  $309 \times 10^{-3} \text{ mm}/1000 \text{ kg}$

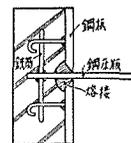
であつた (No. 4 版に就いても同様のことが云える)。

む す び

以上、鉄筋コンクリート梁に依つて周辺固定の状態に殆んど近くならしめた鋼床版に、順次切欠を作り、5 種類の版に就き中央部集中荷重に依る載荷実験を行ない、有限差法に依る解を対比せしめつつ、解の精度等に就き検討せる過程を報告した。

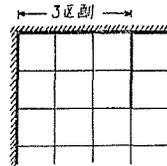
この実験結果を結論的に要約すると次の如くである。

i) 周辺固定に近くならしめる為のコンクリート梁と、鋼床版との接合点の応力の擾乱を除く為の工夫として、本実験の如く直接鋼版をコンクリート中に埋込まず、第 III-6 図の如き鋼側板に鋼床版を熔接するのとも一方法であらう。



第 III-6 図

ii) この程度の(位置及び大きさ)細隙を有する版であるならば、版全体の応力に対する細隙の影響は尠く、局部的なものである事が実験に依り確かめられた。



第 III-7 図

iii) 6 分割解では撓みは測定値と可成りかけ離れてはいるが、応力は割合よく一致する事を確かめ得た。

但し次の事に注意する必要がある。

iv) 周辺固定の細隙版を有限差式にて解き、特に撓みを検討する場合には、一辺の区割数を6以上にする必要がある。

v) 有限差式にて本実験の如き版を解く場合、細隙或は有孔部から固定辺までの区割数は最小3区割は必要と思われる。

## 附 記

支持力の総和を求めて検算するに本計算では0.02%程度の誤差であつた。

終りに臨みこの実験を行なうに当つて柴田助教始め建築構造第二研究室の諸氏及び構造第一研究室向井、内村両君の御指導並びに御協力を得た。深く感謝致します。

## 文 献

- 1) 土橋由造・斎藤満智子： 矩形有孔床版の曲げ応力。 建築学会研究報告第42号, (2. 1958).  
土橋由造・三浦重幸： 中央部薄肉矩形版及び有孔床版の応力研究。 北大工学部研究報告第19号, (7. 1958).  
土橋由造・三浦重幸： 有孔矩形版の応力研究。 建築学会論文報告集第63号, (10. 1959).  
土橋由造・三浦重幸： 細隙を有する正方形版の応力。 建築学会道支部研究発表会第16回, (3. 1960).  
土橋由造・木戸清男・大倉英彦： 有孔矩形版の応力研究。 建築学会道支部研究発表会第16回, (3. 1960).  
土橋由造・三浦重幸： 細隙を有する矩形床版の応力。 北大工学部研究報告第23号, (6. 1960).  
土橋由造・井野 智： 細隙を有する床版の応力。 応用力学連合講演会第10回, (9. 1960).  
土橋由造： 有限差法に依る有孔矩形版解の精度に就いて。 建築学会道支部研究発表会第17回。
- 2) Symond, P. S.: Concentrated-Force Problems in Plane Strain, Plane Stress, and Transvers Bending of Plates. *Journal of Applied Mechanics*, (Sep. 1946).
- 3) 能町純雄： 平版のクラック周辺の曲げ応力の集中に就いて。 土木学会論文集第68号, (5. 1960).
- 4) E. Wiedemann: Der Formänderungs zustande einer quadratischen Platten mit quadratischer Öffnung. *Ingenieur Archiv*. (7. 1936).
- 5) 堯元義久： 開口平版の階差方程式に依る近似解。 建築学会研究報告第33号, (10. 1955).
- 6) H. L. Furr: Numerical Method for Approximate Analysis of Building Slabs. *Journal of The A.C.I.* (12. 1959).
- 7) 東 洋一： 振りを受けるT形材の有効巾。 建築学会研究報告第31号, (5. 1955).
- 8) 横田道夫・土橋由造： 梁の振れの版に及ぼす影響。 建築学会研究報告第25号, (7. 1953).
- 9) Beton u. Eiesen: Strechenlasten auf elastisch biegsamen Platten im Sonderfall quadratischer Seitenverhältnisse. (1937, Ht 9) (平面構造論 坪井著).