

R. F シールドルーム KIT の強度計算について

澤 田 知 之*
能 町 純 雄**
浦 島 三 郎***

On reckoning of strength per unit area for a R. F Shield Room KIT

Tomyuki SAWADA

Sumio. G. NOMACHI

Saburou URASHIMA

要 旨

本稿は、シールドルーム強度計算とパネル材の力学諸元について幾くつかの実験と理論との比較検討を行ない破壊開始荷重、安全率許容荷重の試算を行なったものである。

Synopsis

In this paper, it is described some experiments and theories in relation to the strength of Schield Room and the mechanics properties of panel material, in which makeu a comparison and given an account of one another, and so it is tried to get amount of Begining of breaking lood, Safety factor and allowalle load.

ま え が き

シールドルーム強度計算とパネル材の力学諸元について検討を加え、次の3種の構造について破壊開始荷重、安全率、許容荷重の試算を行なった。

Aタイプ： $4.8 \times 6 \times 2.5$ m

Cタイプ： $4.8 \times 6 \times 3.6$ m

- イ) 中央天井パネルの中心点の吊り荷重
- ロ) 天井用補強材の中心点に掛る吊り荷重
- ハ) パネルの等分布荷重

Bタイプ： $2.4 \times 6 \times 2.5$

- イ) 天井の中心点に掛る吊り荷重
- ロ) パネルの等分布荷重

パネル吊荷重については、一辺 25 cm 強の正方形荷重として解析した。振り破壊、ボルトと継手金

具パネルの協力作用の解明は今後の課題であろう。吊り荷重 1000 kg に対する変位、応力は求めている。より小さな荷重で破壊するからであろう。I, 実験, II, 理論, IIIまとめの3章からなっている。

I. 実 験

§ 1. パネル材の曲げ

(a) 供試体

パネル母材から巾 10 cm, 長さ 42 cm の供試体 8 個を作成し、これにストレイン・ゲージ 28~20 個を表裏面に貼付し(写真-1 参照)中央一点荷重きよる曲げ試験, 対称=点荷重による曲げ試験を行った。この外パネルの耐圧試験用供試体, 数個を作成して耐圧試験を行ったがこれは後に述べる。

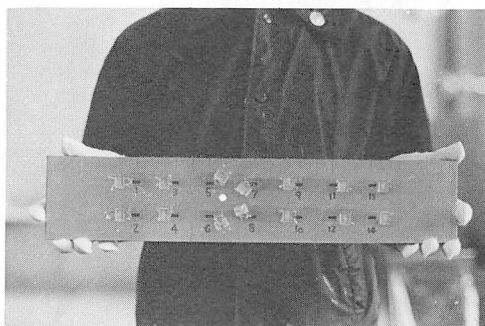
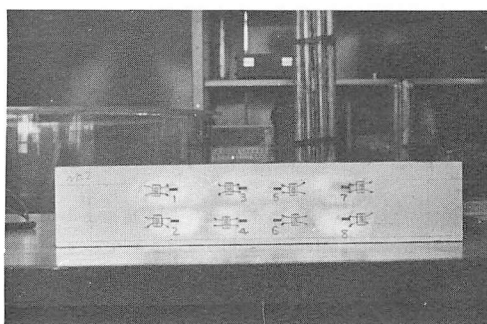
(b) 曲げ実験について

1 点載荷, 2 点載荷の各測定値を比較検討した

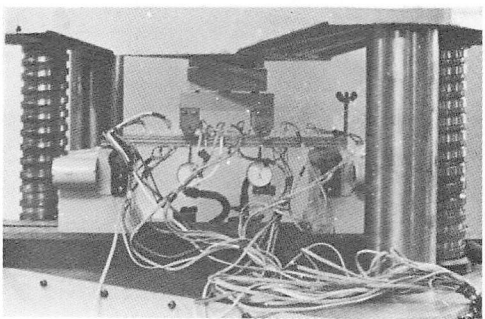
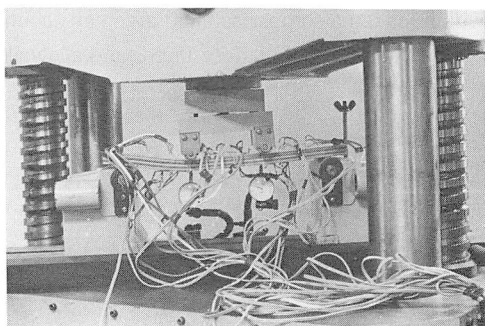
* 助教授 土木工学科

** 教 授 北海道大学工学部土木工学科

*** 助 手 土木工学科



写－1 ゲージを接着した一例を示す。試験前の状況である。

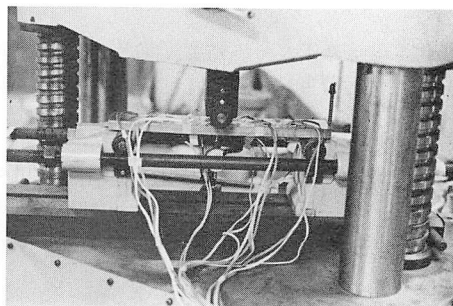


写－2 2点载荷曲げ試験
上・降状直後
下・载荷直後

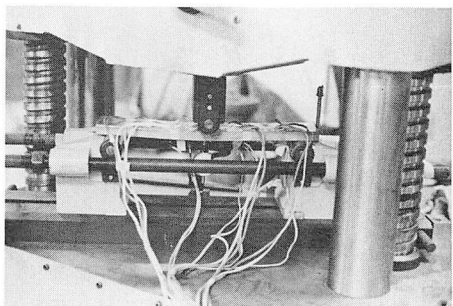
ところ1点载荷の曲げによる荷重－ひずみ曲線がパネル材の曲げ特性を代表するのに十分であると結論された。写真－2, 3 参照。

曲げ実験は解析の結果、図－1の曲げモーメント－ひずみ曲線としてまとめられた。曲線の形は降伏点を有する材料の典型的な形である。すなわち、Steel Yield Type であり、上下面の鋼板の働きが大部分であり、中間プライウッドは上下鋼板の相互間隔を維持する役割が殆どすべてであることを示している。

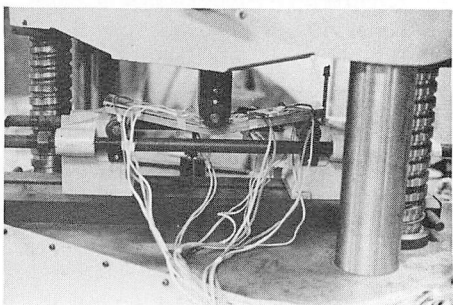
曲げモーメントは $300 \text{ kg} \cdot \text{cm/cm}$ 以内では、フックの法則が成立し、この点で中間プライウッドの剪断破壊音が始まり降伏点と考えられる。 $300 \text{ kg} \cdot \text{cm/cm}$ 以上では、プライウッドの剪断破壊が進行し塑性ヒンデが形成され $300 \text{ kg} \cdot \text{cm/cm}$ で完全破壊となる。



載荷直後



荷状開始



破断終局

写－3 I点中央載荷

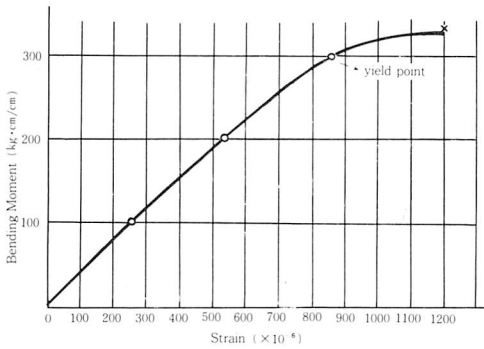


図-1 曲げモーメント-ひずみ曲線

これから次のことが結論される。

破断曲げモーメント	330kg cm/cm
降伏曲げモーメント	300kg cm/cm
許容曲げモーメント	200kg cm/cm

(この時安全率は1.5)

降伏曲げ剪断力	15 kg/cm
許容曲げ剪断力	10 kg/cm

(この時安全率は1.5)

(c) パネル材の曲げ剛性

i, 実験による曲げ剛性

0~100 kg·cm/cm	$D=0.396 \times 10^6$ kg·cm
100~200 kg·cm/cm	$D=0.372 \times 10^6$ kg·cm
200~300 kg·cm/cm	$D=0.351 \times 10^6$ kg·cm

(1)

ii, 理論による曲げ剛性

上下鋼板厚を t , 中間プライウッド厚 h , 両材質の弾性定数を E, E' , ポアソン比を ν, ν' とすれば理論曲げ剛性 D は

$$D = \frac{E h^2 t}{2(1-\nu^2)} \left\{ 1 + \frac{E' h(1-\nu^2)}{6 E t(1-\nu'^2)} \right\} \quad (2)$$

となる。

E' を 3×10^4 kg/cm², E を 2.1×10^6 kg/cm²

$\nu' = 0.1$ $\nu = 0.3$ $h = 2$ cm $t = 0.1$ cm とすれば

$$D = \frac{E h^2 t}{2(1-\nu^2)} (1 + 0.043)$$

$$\text{木部を無視すれば } D = \frac{E h^2 t}{2(1-\nu^2)} = 0.461 \times 10^6 \quad (3)$$

木部を無視した値の83%が実験値となっている。

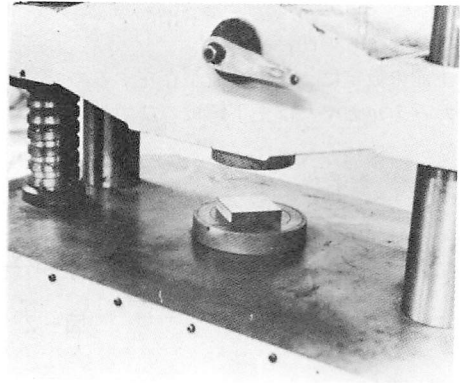
(d) 耐圧試験

床パネルに重量物を置く場合の限界を知る目

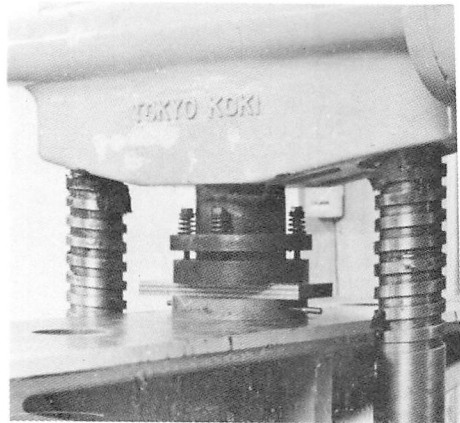
的で行ったもののべ、荷重面積より小さい供試体 (写真-4 参照) と荷重面積より大きい供試体 (写真-6 参照) で行ない、いずれの場合も降伏圧力は、

降伏圧力 = 1 ton/cm² を得た。

許容圧力 = 700kg/cm² (安全率1.42)



写-4



写-5

II. 強度計算

§ 1. 解析の考え方

(a) パネルは0.06cmの鋼板を1.96cm厚さのプライウッドの上下両面に接着した複合材で、等方性平板と考える。

(b) 継手金物とパネルの取り合い、箱形断面の補強材とパネルの取り合いを検討した結果、パネルが天井用補強材に支持され、その反力を補強材が担うものとする。

(c) パネル材の継手金具を通しての相互分担は曲げ剪断力のみを伝達し、曲げモーメントを伝達できないものと仮定する。

(d) パネルの曲げについては、ラグランジェ理論を用い、補強材の曲げについてはベルヌーイ・オイラー理論による。

(e) パネルの中間ブライウッドは上下鋼材の間隔を維持する作用のみとし曲げ剛度に算入せず、実験による結果を参照した値を取る。

§ 2. パネルの曲げ

上記の仮定により中立面が存在するので、曲げたわみを w とすれば上下鋼板のひずみは

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \pm \frac{h}{2} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \\ \varepsilon_y &= \pm \frac{h}{2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\end{aligned}\quad (1)$$

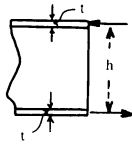


図-2

従って応力は

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \pm \frac{E h}{2(1-\nu^2)} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \\ \sigma_y &= \pm \frac{E h}{2(1-\nu^2)} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) \\ \tau_{xy} &= \pm \frac{E h}{2(1+\nu)} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}\end{aligned}\quad (2)$$

曲げモーメント 捩りモーメントは

$$\begin{aligned}M_x &= -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \\ M_y &= -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) \\ M_{xy} &= -D(1-\nu) \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)\end{aligned}\quad (3)$$

ただし $D = \frac{E h^3 t}{2(1-\nu^2)}$

上式から、剪断力と周辺反力は

$$\begin{aligned}S_x &= -D \frac{\partial \Delta w}{\partial x} \\ S_y &= -D \frac{\partial \Delta w}{\partial y} \\ R_x &= -D \left\{ \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + (2-\nu) \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} \right\} \\ R_y &= -D \left\{ \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + (2-\nu) \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} \right\}\end{aligned}\quad (4)$$

以上の様に、断面力とたわみ w の関係式が単一材料の平板と同じ式で表現できるので、単一材料の平板曲げの理論がそのまま用いられる。すなわ

ち基本微分方程式は

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q \cdot f(x, y)}{D}$$

但し、 $q \cdot f(x, y)$ は荷重分布関数

§ 3. ケース A, C の場合

(a) 概説

図-3 は天井パネル A B C D の中央部に正方形荷重が作用する場合を考える。その境界条件は A D E, B C F では辺長 7 cm 厚さ 0.45 cm の正方形箱鋼材が補強材として用いられ、D C では剪断力は伝達されるが曲げモーメントが存在しない機構になっている。

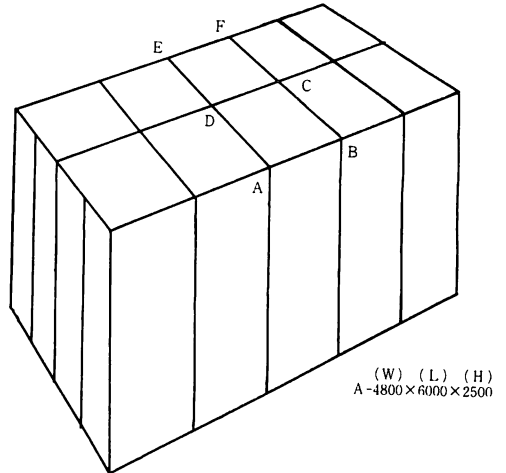


図-3

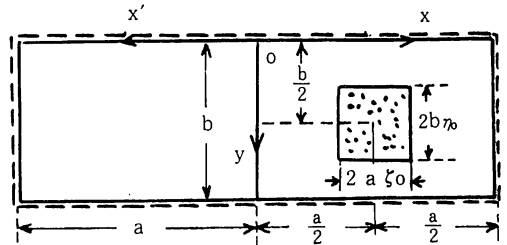


図-4 天井パネルの座標

(b) 計算のもととなる式

複雑な誘導の課過は省略するが、いま荷重強度を W とし A B C D パネルのたわみを $w^{(1)}$, D C F E パネルのたわみを $w^{(2)}$ とすれば

$$w^{(1)} = \frac{4 W a^3}{\xi_0 \eta_0 b D \pi^6}$$

$$\times \sum_m \sum_n \frac{\sin \frac{m\pi}{2} \sin m\pi \xi_0 \sin \frac{n\pi}{2} \sin n\pi \eta_0}{m \cdot n (m^2 + a_n^2)^2}$$

$$\times \sin m\pi \eta_0 \cdot \sin m\pi \eta$$

$$+ \sum_n A_n \left\{ Q_{n,\xi} + \frac{(1-\nu)}{2} P_{n,\xi} \right\} \cdot \sin n\pi \eta \quad (5)$$

$$w^{(2)} = \sum_n A_n \left\{ Q_{n,\xi} + \frac{(1-\nu)}{2} P_{n,\xi} \right\} \cdot \sin n\pi \eta \quad (6)$$

$$\text{上式中 } \xi = \frac{x}{a}, \eta = \frac{y}{b}, \xi' = \frac{x'}{a}, \alpha_n = \frac{a}{b} n$$

$2\xi_0 a, 2\eta_0 b$ は中央矩形分布荷重の x, y 方向の辺長 $m, n = 1, 2, 3, \dots$ integer

$$Q_{n,\xi} = \frac{\cos h \alpha_n \pi (2-\xi) - \cos h \alpha_n \pi \xi}{\cos h 2\alpha_n \pi - 1}$$

$$P_{n,\xi} = \frac{\alpha_n \cdot \pi \cdot \xi \cdot \sin h \alpha_n \pi (2-\xi) - \alpha_n \pi (2-\xi) \cdot \sin h \alpha_n \pi \xi}{\cos h 2\alpha_n \pi - 1}$$

(5),(6)式は周辺で単純支持され、 $x=x'=0$ で両パネルのたわみが等しいことを示している。 A_n は $x=x'=0$ で、両式が連続するように決定する。

計算の結果

$$A_n = \frac{4W a^4 B_n}{4\xi_0 \eta_0 b^2 a_n^5 \pi^5 C_n}$$

$$B_n = \frac{8}{\pi} \sum_m \frac{\alpha_n m^2 + (2-\nu) \alpha_n^3}{(m^2 + a_n^2)^2}$$

$$\times \sin \frac{m\pi}{2} \cdot \sin m\pi \xi_0 \cdot \sin \frac{n\pi}{2} \cdot \sin h \pi \eta_0$$

$$C_n = \frac{(1-\nu) \{ (3+\nu) \sin h 2\alpha_n \pi + (1-\nu) 2\alpha_n \pi \}}{\cos h 2\alpha_n \pi - 1}$$

上式から A_n が求まり(5)からたわみが得られる。

(c) 曲げモーメント

x 方向曲げモーメント $M_x^{(1)}$ は

$$M_x^{(1)} = -D \left(\frac{\partial^2 w^{(1)}}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w^{(1)}}{\partial y^2} \right)$$

$$= \frac{4W \cdot a}{\xi_0 \eta_0 \pi^4 b} \sum_m \sum_n \frac{m^2 + \nu a_n^2}{m \cdot n (m^2 + a_n^2)^2}$$

$$\times \sin \frac{m\pi}{2} \cdot \sin \frac{m\pi}{2} \cdot \sin m\pi \xi_0 \cdot \sin m\pi \xi$$

$$\times \sin n\pi \eta_0 \times \sin n\pi \eta$$

$$- \frac{D}{a^2} \sum_n A_n (1-\nu)^2 P_{n,\xi} \sin n\pi \eta \times (\alpha_n \pi)^2 \quad (8)$$

上式(8)から M_x は A_n の項により緩和されることがわかる。

y 方向曲げモーメント $M_y^{(1)}$ は

$$M_y^{(1)} = -D \left(\frac{\partial^2 w^{(1)}}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w^{(1)}}{\partial x^2} \right)$$

$$= \frac{4W a}{\xi_0 \eta_0 \pi^4 b} \sum_m \sum_n \frac{\nu m^2 + a_n^2}{m \cdot n (m^2 + a_n^2)^2}$$

$$\sin \frac{m\pi}{2} \cdot \sin \frac{n\pi}{2} \times \sin m\pi \xi_0 \sin n\pi \eta_0$$

$$\times \sin m\pi \xi \cdot \sin h \pi \eta$$

$$+ \frac{D}{a^2} \sum_n (\alpha_n \pi)^2 A_n \left\{ (1-\nu^2) Q_{n,\xi} \right.$$

$$\left. + \frac{(1-\nu)^2}{2} P_{n,\xi} \right\} \sin n\pi \eta \quad (9)$$

上式(9)から M_y は A_n により増加されることがわかる。

(d) 各反力

隅点に生ずる集中反力は

$$2M_{xy}^{(1)} \Big|_{x=0, y=0} = \frac{8W a (1-\nu)}{\xi_0 \eta_0 \pi^4 b} \sum_m \sum_n$$

$$\frac{(-1)^{\frac{m+n}{2}} \cdot \sin m\pi \xi_0 \sin n\pi \eta_0}{(m^2 + a_n^2)^2}$$

$$- \frac{D(1-\nu)}{a^2} \sum_n A_n (\alpha_n \pi)^2$$

$$\frac{(1+\nu) \sin h 2\alpha_n \pi - (1-\nu) 2\alpha_n \pi}{\cos h 2\alpha_n \pi - 1} \quad (10)$$

補強材に作用するパネルからの反力は

$$R_y^{(1)} = \frac{4W a}{\xi_0 \eta_0 \pi^3 b^2} \sum_m \sum_n \frac{a_n^2 + (2-\nu) m^2}{m^2 (m^2 + a_n^2)^2}$$

$$\sin \frac{m\pi}{2} \sin \frac{n\pi}{2} \times \sin m\pi \xi_0 \cdot$$

$$\sin n\pi \eta_0 \cdot \sin m\pi \xi$$

$$+ \frac{D}{a^3} \sum_n A_n (1-\nu)^2 \left(Q_{n,\xi} - \frac{P_{n,\xi}}{2} \right)$$

$$\times (\alpha_n \pi)^3 \quad (11)$$

(e) 補強材について

補強材に作用する力は、パネルの反力 $R_y^{(1)}$ 、それに接続するパネルの反力 $R_y^{(2)}$ が作用する外、補強材の midpoint にパネル隅点を通して X の集中反力が図-5のように作用する。

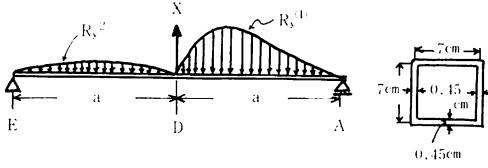


図-5 補強材に作用する力とその断面形

$R_y^{(1)}, R_y^{(2)}, X = (2M_{xy})_{\substack{x=0 \\ y=0}}$ は前述する公式(10)(11)から求まる。

図-4 A, D, E 節点について3連モーメント式を用いると、

$$\frac{4M_D a}{EI} = \frac{2w_D}{a} - i_{DA} \quad (13)$$

$$2M_D = \int_0^a R_y^{(1)}(a-x)dx + \int_0^a R_y^{(2)}(a-x')dx' \quad (14)$$

(14)式中右辺は

$$\begin{aligned} & \int_0^a R_y^{(1)}(a-x)dx + \int_0^a R_y^{(2)}(a-x')dx' \\ & X a \\ & = \frac{4W a^3}{\xi_0 \eta_0 \pi^2 b^2} \sum_m \sum_n \frac{\alpha_n^2 + \nu m^2}{m^2(m^2 + \alpha_n^2)^2} \\ & \times \sin \frac{m\pi}{2} \sin \frac{n\pi}{2} \sin m\pi \xi_0 \sin n\pi \eta_0 \\ & + D \cdot a \sum_n (\alpha_n \pi)^2 A_n \\ & \times \frac{(1-\nu)(3+\nu) \sin h 2\alpha_n \pi + (1-\nu)2\alpha_n \pi}{\cos h 2\alpha_n \pi - 1} \end{aligned} \quad (15)$$

さらに(13)式の右辺 i_{DE}, i_{DA} は $R_y^{(1)}, R_y^{(2)}$ を径間 a なる単紀梁に作用させたときのB点の Slope である。

(f) 柱に作用する力

図-4の支点Aの反力が求むる力である。すなわち

$$R_A = \int_0^a R_y^{(1)} \frac{x}{a} dx + \frac{M_D}{a} + 2M_{xy} \Big|_{x=0}^{x=a} \quad (16)$$

から計算できる。

(g) 補強材の中心に集中荷重が作用する場合

この時集中荷重 P は、補強材とパネルとに分担されるが、その値をそれぞれ P_1, P_2 とすれば、

$$P_1 + P_2 = P \quad (17)$$

$$\frac{P_1(2a)^3}{48EI} = \frac{P_2 ab}{8(1-\nu)D} = w_0 \quad (18)$$

上式中、 EI は補強材の曲げ剛性

(17)(18)から P_1, P_2 を求め補剛材の応力は

$$\sigma = P_1 a / 2W_s \quad (19)$$

$W_s = 2I/H$: 断面係数, H は材の高さ I は断面2次モーメントである。

§ 4. ケースBの場合

(a) この時図-6に示す様に $b=2a$ で長辺の両端は、単純支持され $x=0, x=a$ で剪断力が隣りのパネルに伝達され曲げモーメントは存在しない。たわみ w はパネル中央線に対して2軸対称形である。

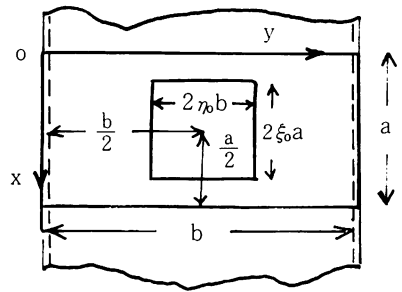


図-6 ケースBの中央パネルの座標

(b) 計算のもととなる式

たわみ w は(5)式と相似形であるが、 $P_{n,\xi}, Q_{n,\xi}$ が変わる。

$$\begin{aligned} w = & \frac{4W \cdot a^3}{\xi_0 \eta_0 b D \pi^2} \sum_m \sum_n \frac{\sin \frac{m\pi}{2} \cdot \sin \frac{n\pi}{2}}{m n (m^2 + \alpha_n^2)^2} \\ & \times \sin m\pi \xi_0 \sin n\pi \eta_0 \sin m\pi \xi \sin n\pi \eta \\ & + \sum_n A_n \left\{ \overline{Q}_{n\xi} + \frac{(1-\nu)}{2} \overline{P}_{n\xi} \right\} \sin n\pi \eta \end{aligned} \quad (20)$$

上式中

$$\begin{aligned} \overline{Q}_{n\xi} = & \frac{\cos h \alpha_n \pi (1-\xi) + \cos h \alpha_n \pi \xi}{\cos h \alpha_n \pi + 1} \\ \overline{P}_{n\xi} = & \frac{\alpha_n \pi (1-\xi) \sin h \alpha_n \pi \xi + \alpha_n \pi \xi \times \sin h \alpha_n \pi (1-\xi)}{\cos h \alpha_n \pi} \\ & + 1 \\ & m, n = 1, 3, 5, \dots \end{aligned}$$

(c) 各断面力

M_x, M_y, M_{xy} は公式(8)(9)(10)中 $Q_{n,\xi} P_{n,\xi}$ を $\overline{Q}_{n,\xi}$
 $\overline{P}_{n,\xi}$ とおきかえ

$$2M_{xy}^{(1)}\Big|_{y=0} = \frac{8W a(1-\nu)}{\xi_0 \eta_0 \pi^4 b} \sum_m \sum_n \frac{(-1)^{\frac{m+n}{2}} \sin m\pi \xi_0 \cdot \sin n\pi \eta_0}{(m^2 + \alpha_n^2)^2} \\ - \frac{D(1-\nu)}{a^2} \sum_n A_n (\alpha_n \pi)^2 \\ \times \frac{(1+\nu) \sin h \alpha_n \pi - (1-\nu) \alpha_2 \pi}{\cos h \alpha_n \pi + 1} \quad (21)$$

また、 A_n の値は

$$A_n = \frac{2W \cdot a^4 B'_n}{4 \xi_0 \eta_0 b^2 \alpha_n^5 \pi^5 C'_n} \\ B'_n = \frac{8}{\pi} \sum_m \frac{\alpha_n \cdot m^2 + (2-\nu) \alpha_n^3}{(m^2 + \alpha_n^2)^2} \sin \frac{m\pi}{2} \sin \\ m\pi \xi_0 \sin \frac{n\pi}{2} \sin n\pi \eta_0 \\ C'_n = \frac{(1-\nu)\{(3+\nu) \sin h \alpha_n \pi - (1-\nu) \alpha_n \pi\}}{\cos h \alpha_n \pi + 1}$$

から計算される。柱の反力は(21)式そのものである。

§ 5. 数値計算

(a) ケースA、Cについて

長辺244cm短辺122cmで載荷面積は図-7に示す
①②③④の4例である。

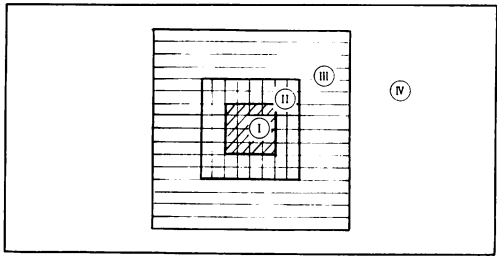


図-7 荷重分布の模式図

- I 24.4×24.4 cm²の荷重分布面積
- II 48.8×48.8 cm²の荷重分布面積
- III 97.6×97.6 cm²の荷重分布面積
- IV 片側のパネルに等分布荷重が作用する場合

表-1 載荷パネルの中心点の M_x, M_y, w の値

荷重状態	M_x	M_y	w
①	0.545W	1.379W	0.0158Wb ² /D
②	0.283W	0.681W	0.0135Wb ² /D
③	0.122W	0.294W	0.013Wb ² /D
④	0.0419W	0.113W	0.00653Wb ² /D

Wは荷重全体の大きさ

表-2 各荷重状態における補強材の曲げモーメントの中心に生ずる値 M_B (kg・cm)

荷重状態	①	②	③	④
M_B	33.96W	33.96W	34.07W	35.59W

表-3 A点の柱に作用する力 R_A

荷重状態	①	②	③	④
R_A	0.3608W	0.3608W	0.3614W	0.3542W

(b) 天井補強材の中央にPなる荷重が作用する場合補強材の断面2次モーメントI、
断面係数 W

$$I = 7^3 \times 0.45 \times \frac{2}{3} = 102.89 \text{cm}^4$$

$$W_s = I / 3.5 = 29.39 \text{cm}^3$$

前記、公式(17)(18)から $a=2b=244\text{cm}$ を考慮して

$$P_1 = 0.773 P \quad P_2 = 0.227 P$$

補強材の最大曲げモーメント

$$M_B = P_1 \times 122 = 94.3P (\text{kg} \cdot \text{cm})$$

ただしPはkgで表わす。

補強材の許容応力を1200kg/cm²とすれば、許容曲げモーメントは

$$M_{at} = 1200 \times 29.39 = 35.27 t \cdot \text{cm}$$

$$M_B = M_{at} \text{と} \text{お} \text{い} \text{て} P_{at} = 374 \text{kg}$$

この時安全率は1.5以上(材質による)

このときの補強材中央のたわみ

$$w_B = \frac{P_1 (2a)^3}{48 E I} = 3.23 \text{cm}$$

柱にA作用する力 $R_A = \frac{P}{2} = 187 \text{kg}$ Aに

(c) ケース B の場合

図-5 と同じ荷重について、計算結果を表記する。

表-4 荷重パネル中心点の M_x , M_y , w の値

荷重状態	M_x	M_y	w
①	$0.644W$	$1.369W$	$0.066Wb^2/D$
②	$0.395W$	$0.668W$	$0.0665Wb^2/D$
③	$0.277W$	$0.272W$	$0.0593Wb^2/D$
④	$0.118W$	$0.104W$	$0.0400Wb^2/D$

表-5 柱に作用する反力 R_A の値

荷重状態	①	②	③	④
R^A	$-0.0661W$	$-0.0020W$	$0.0199W$	$0.0207W$

(d) 床パネルの耐圧についての実験の結果

許容圧力 $1000/1.5 \div 667\text{kg}$ (安全率1.5)

降状圧力 1000kg

安全率を1.43にとって 700kg としてもよい。

(e) 壁パネル材の挫屈荷重 P_{cr}

$$P_{cr} = \frac{D\pi^2}{H^2} \quad (\text{kg/cm})$$

ただし H は壁の高さ $H = 360\text{cm}$ とすれば

$$P_{cr} = \frac{Eh^2t\pi^2}{2(1-\nu^2)H^2} = 21\text{kg/cm}$$

安全率1.5として 14kg/cm , 短辺 122cm について

$$14 \times 122 \div 1.7 \quad \text{ton}$$

の載荷になる。この載荷強度になる以前に他の箇所が破断する。

柱部分にあたる取付け金具がどの程度パネルと結合できるか不明であるが、単独では支持能力は殆んどないと考えられる。

III. ま と め

実験によるパネルの許容曲げモーメント $200\text{kg}\cdot\text{cm/cm}$

補強材の許容曲げモーメント

$$M_{al} = 35.3 \text{ t}\cdot\text{cm} \quad (\text{ss-35})$$

$$M_{al} = 41.2 \text{ t}\cdot\text{cm} \quad (\text{ss-40})$$

ケース A, C の場合、各荷重状態における許容モーメントに対する荷重強度は次のようになる。

パネル中心の曲げモーメントより		表-6	同じ荷重による補強材の M_B より	
荷重状態	Wal	たわみ	Wal	Wal
①	145kg	0.73cm	1038kg	1211kg
②	293kg	1.26cm	1038kg	1211kg
③	680kg	2.23cm	1035kg	1207kg
④	1769kg	3.77cm	991kg	991kg
			(ss-35)	(ss-40)

補強材が ss-35 のとき第1列と第3列を比べ小さな W をとり。それが許容荷重強度、安全率1.5となる。

補強材が ss-40 のとき第1列と第4列を比べる。

補強材の中心に集中荷重をかけるとき

ss-35 に対して許容荷重 374kg

ss-40 に対して許容荷重 436kg

柱にかかる荷重は表-6 から求めた W を用いて表-3 から計算する。

ケース B の場合 各荷重状態における許容モーメントに対する荷重強度とたわみは次の様である。

表-7

荷重状態	Wal	たわみ	たわみを3cmとする W
①	147kg	3.1cm	147kg
②	299kg	6.3cm	150kg
③	722kg	13.7cm	159kg
④	1695kg	22.2cm	242kg

板厚 2cm であるから、変形は 4cm 以上になると元の状態に荷重除去後、復することが難しい。大変ラフであるが、 3cm のオーダーとして制限すれば上表(表-7) 第4欄のようになる。たわみが大きくとも応力は許容値内にある。

破壊荷重は W_{ai} に1.5倍したものである。

詳しく言えば破壊開始荷重である。

ケースBの柱への力は表-5に表-7の値を代入して求まるが①②の荷重分布に対しては浮き上り反力である。値は小さい。

参 考 文 献

- Timoshenko & Goodier: Heory of Elasticity (Second edition)
- 倉 西 正 嗣: 弾性学 (現代工学社)
- 川 本 眺 万: 応用弾性学 (共立出版社)

(昭和53年11月29日受理)

