I-122　方眼マルチセル構造体の応力解析について

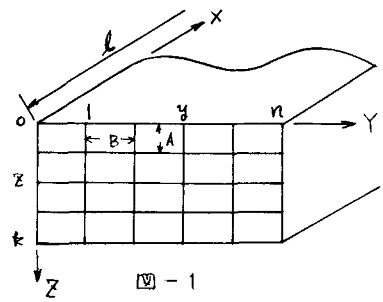
室蘭工業大学　正員　能町純雄
同　同　松岡健一
同　○学生員　佐藤博

1．まえがき

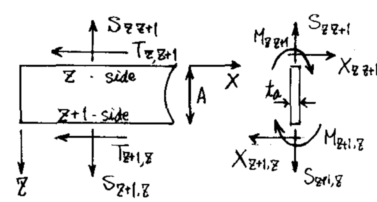
先に、著者らはマルチセル構造体の曲げに対する応力計算を行ったが、ここでは、さらにマルチセル構造を拡張した方眼マルチセル構造体について、応力計算を行ったものである。解析方法としては、帯板要素に分割し、要素は平面応力状態にあるとして誘導した変位せん断公式を用い、分割点でカのつり合をとり、フーリエ定和分変換を用いて計算を行った。

2、基本公式

図－1のような方眼マルチセル構造体について X, Y, Z 方向の変位をそれぞれ u, v, w とし、X軸まわりの回転角を θ とする。図－2のように細長い矩形帯板要素をとり出すと、帯板の縁 $z, z+1$ での せん断力 T と法線方向力 S を表わす公式は次のように得られる。(*)



図－1



図－2

$$T_{z,z+1} = \frac{A \cdot N_a}{6}(2\ddot{u}_z + \ddot{u}_{z+1}) + \frac{\nu N_a}{2}(\dot{w}_{z+1} - \dot{w}_z) + \frac{G t_a}{2}(\dot{w}_z + \dot{w}_{z+1}) + \frac{G \cdot t_a}{A}(u_{z+1} - u_z) \tag{1}$$

$$T_{z+1,z} = \frac{A \cdot N_a}{6}(2\ddot{u}_{z+1} + \ddot{u}_z) + \frac{\nu N_a}{2}(\dot{w}_{z+1} - \dot{w}_z) - \frac{G t_a}{2}(\dot{w}_z + \dot{w}_{z+1}) - \frac{G t_a}{A}(u_{z+1} - u_z) \tag{2}$$

$$S_{z,z+1} = \frac{N_a}{A}(w_{z+1} - w_z) + \frac{\nu N_a}{2}(\dot{u}_z + \dot{u}_{z+1}) + \frac{G t_a}{2}(\dot{u}_{z+1} - \dot{u}_z) + \frac{G t_a A}{6}(2\ddot{w}_z + \ddot{w}_{z+1}) \tag{3}$$

$$S_{z+1,z} = \frac{N_a}{A}(w_{z+1} - w_z) + \frac{\nu N_a}{2}(\dot{u}_z + \dot{u}_{z+1}) - \frac{G t_a}{2}(\dot{u}_{z+1} - \dot{u}_z) - \frac{G t_a A}{6}(2\ddot{w}_{z+1} + \ddot{w}_z) \tag{4}$$

上式中　$N_a = \dfrac{E \cdot t_a}{1-\nu^2}$,　$\dot{u} = \dfrac{du}{dx}$

一方、曲げに関して帯板の縁 $z, z+1$ について モーメント M、それによるせん断力を X とすると、

$$M_{z,z+1} = 2K_a(2\theta_z + \theta_{z+1} - 3\Delta v_z/A) \tag{5}$$

$$M_{z+1,z} = 2K_a(2\theta_{z+1} + \theta_z - 3\Delta v_z/A) \tag{6}$$

$$A \cdot X_{z,z+1} = -6K_a(\theta_z + \theta_{z+1} - 2\Delta v_z/A) \tag{7}$$

$$A \cdot X_{z+1,z} = -6K_a(\theta_z + \theta_{z+1} - 2\Delta v_z/A) \tag{8}$$

ここで　$\Delta v_z = v_{z+1} - v_z$　　$K_a = E t_a^3 / 12 \cdot A(1-\nu^2)$

(*) 能町，尾崎，大島，佐藤：ホーロースラブの応力計算について．－土木学会北海道支部研究発表論文集－ S46度

フーリェ定和分変換[(**)]

関数 $f(x)$ のフーリェ定和分変換を次のように記す。

$$\mathbb{S}_i[f(x)] = \sum_{x=1}^{n-1} f(x)\sin\frac{i\pi}{n}x \qquad (9) \qquad\qquad \mathbb{C}_i[f(x)] = \sum_{x=1}^{n-1} f(x)\cos\frac{i\pi}{n}x \qquad (10)$$

逆変換は

$$f(x) = \frac{2}{n}\sum_{i=1}^{n-1}\mathbb{S}_i[f(x)]\sin\frac{i\pi}{n}x \qquad (11) \qquad\qquad f(x) = \frac{2}{n}\sum_{i=0}^{n}\mathbb{R}_i[f(x)]\cos\frac{i\pi}{n}x \qquad (12)$$

ただし

$$\left\{\begin{aligned} \mathbb{R}_0[f(x)] &= \frac{1}{2}\left\{\mathbb{C}_0[f(x)] + \frac{1}{2}f(n) + \frac{1}{2}f(0)\right\} \\ \mathbb{R}_i[f(x)] &= \mathbb{C}_i[f(x)] + \frac{1}{2}f(n)(-1)^i + \frac{1}{2}f(0) \\ \mathbb{R}_n[f(x)] &= \frac{1}{2}\left\{\mathbb{C}_n[f(x)] + \frac{1}{2}f(n)(-1)^n + \frac{1}{2}f(0)\right\} \end{aligned}\right. \qquad (13)$$

上記の公式を用いて

$$\mathbb{S}_i[\Delta^2 f(x-1)] = -\sin\frac{i\pi}{n}\left\{(-1)^i f(n) - f(0)\right\} - \mathbb{D}_i\mathbb{S}_i[f(x)] \qquad (14)$$

$$\mathbb{C}_i[\Delta^2 f(x-1)] = \Delta f(n-1)(-1)^i - \Delta f(0) - \mathbb{D}_i\mathbb{R}_i[f(x)] \qquad (15)$$

$$\mathbb{S}_i[\bar{\Delta} f(x-1)] = -2\cdot\sin\frac{i\pi}{n}\mathbb{R}_i[f(x)] \qquad (16)$$

$$\mathbb{C}_i[\bar{\Delta} f(x-1)] = -\left\{\Delta f(n-1)(-1)^i + \Delta f(0)\right\} + \left(1+\cos\frac{i\pi}{n}\right)\left\{f(n)(-1)^i - f(0)\right\} + 2\cdot\sin\frac{i\pi}{n}\mathbb{S}_i[f(x)] \qquad (17)$$

ただし

$$\Delta^2 f(x-1) = f(x+1) - 2\cdot f(x) + f(x-1) \qquad\qquad \bar{\Delta} f(x-1) = f(x+1) - f(x-1)$$

$$\mathbb{D}_i = 2\cdot\left(1-\cos\frac{i\pi}{n}\right) \qquad\qquad \Delta f(x) = f(x+1) - f(x)$$

3．部材接合部における力のつり合

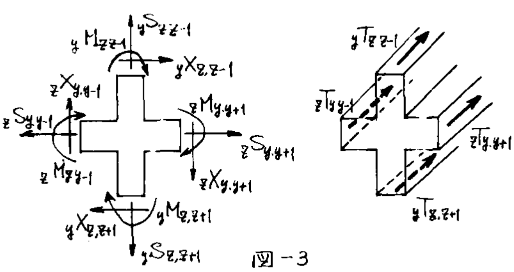
部材接合部 (y, z) の力のつり合は図－3より

$${}_zT_{y.y+1} + {}_zT_{y.y-1} + {}_yT_{z.z+1} + {}_yT_{z.z-1} = 0 \qquad (18)$$

$${}_zS_{y.y+1} - {}_zS_{y.y-1} - {}_yX_{z.z+1} + {}_yX_{z.z-1} = 0 \qquad (19)$$

$${}_zX_{y.y+1} - {}_zX_{y.y-1} + {}_yS_{z.z+1} - {}_yS_{z.z-1} = 0 \qquad (20)$$

$${}_zM_{y.y+1} + {}_zM_{y.y-1} + {}_yM_{z.z+1} + {}_yM_{z.z-1} = 0 \qquad (21)$$



図－3

上式に (1)～(8) の式を代入し差分式を作ると

$$\frac{BN_b}{6}\Delta_Y^2\dddot{u}_{y-1,z} + \frac{1-\nu}{2B}N_b\Delta_Y^2\dot{u}_{y-1,z} + \frac{AN_a}{6}\Delta_Z^2\dddot{u}_{y,z-1} + \frac{1-\nu}{2A}N_a\Delta_Z^2\dot{u}_{y,z-1} + (AN_a+BN_b)\dddot{u}_{y,z} + \frac{1+\nu}{4}N_b\bar{\Delta}_Y\ddot{v}_{y-1,z} + \frac{1+\nu}{4}N_a\bar{\Delta}_Z\ddot{w}_{y,z-1} = 0 \qquad (22)$$

$$\frac{N_b}{B}\Delta_Y^2 v_{y-1,z} + \frac{1-\nu}{12}BN_b\Delta_Y^2\ddot{v}_{y-1,z} + \frac{1-\nu}{2}BN_b\ddot{v}_{y,z} + \frac{12}{A^2}K_a\Delta_Z^2 v_{y,z-1} + \frac{1+\nu}{4}N_b\bar{\Delta}_Y\dot{u}_{y-1,z} + \frac{6}{A}K_a\bar{\Delta}_Z\theta_{y,z-1} = 0 \qquad (23)$$

$$\frac{N_a}{A}\Delta_Z^2 w_{y,z-1} + \frac{1-\nu}{12}AN_a\Delta_Z^2\ddot{w}_{y,z-1} + \frac{1-\nu}{2}AN_a\ddot{w}_{y,z} + \frac{12}{B^2}K_b\Delta_Y^2 w_{y-1,z} + \frac{1+\nu}{4}N_a\bar{\Delta}_Z\dot{u}_{y,z-1} - \frac{6}{B}K_b\bar{\Delta}_Y\theta_{y-1,z} = 0 \qquad (24)$$

$$2K_b\Delta_Y^2\theta_{y-1,z} + 2K_a\Delta_Z^2\theta_{y,z-1} + 12(K_a+K_b)\theta_{y,z} - \frac{6}{B}K_b\bar{\Delta}_Y w_{y-1,z} + \frac{6}{A}K_a\bar{\Delta}_Z v_{y,z-1} = 0 \qquad (25)$$

4．境界条件

$Z=0$ 点上における力のつり合を 図－4 に示す.

$${}_0T_{y.y+1} + {}_0T_{y.y-1} + {}_yT_{0,1} = 0 \qquad (26) \qquad\qquad {}_0S_{y.y+1} - {}_0S_{y.y-1} - {}_yX_{0,1} = 0 \qquad (27)$$

$${}_0X_{y.y+1} - {}_0X_{y.y-1} + {}_yS_{0,1} = -P_{0y} \qquad (28) \qquad\qquad {}_0M_{y.y+1} + {}_0M_{y.y-1} + {}_yM_{0,1} = 0 \qquad (29)$$

(**) S.G.Nomachi : On Finite Fourier Sine Series with Respect to Finite Defferences , Memoris, Muroran, I.T vol 5. No1. 1965

(26)～(29) に (1)～(8) 式を代入し差分式を作ると

$$\frac{BN_{bo}}{6}\Delta_Y^2\ddot{u}_{y-1,0} + \frac{1-\nu}{2B}N_{bo}\Delta_Y^2\dot{u}_{y-1,0} + \left(\frac{AN_a}{3}+BN_{bo}\right)\ddot{u}_{y,0} + \frac{AN_a}{6}\ddot{u}_{y,1} + \frac{1-\nu}{2A}N_a\Delta_Z\dot{u}_{y,0} + \frac{1+\nu}{4}N_{bo}\Delta_Y\ddot{v}_{y-1,0} + \frac{1-3\nu}{4}N_a\ddot{w}_{y,0} + \frac{1+\nu}{4}N_a\ddot{w}_{y,1} = 0 \tag{30}$$

$$\frac{N_{bo}}{B}\Delta_Y^2 v_{y-1,0} + \frac{1-\nu}{12}BN_{bo}\Delta_Y^2\ddot{v}_{y-1,0} + \frac{1-\nu}{2}BN_{bo}\ddot{v}_{y,0} + \frac{12}{A^2}K_a\Delta_Z v_{y,0} + \frac{1+\nu}{4}N_{bo}\Delta_Y\dot{u}_{y-1,0} + \frac{6}{A}K_a(\theta_{y,0}+\theta_{y,1}) = 0 \tag{31}$$

$$\frac{12}{B^2}K_{bo}\Delta_Y^2 w_{y-1,0} + \frac{N_a}{A}\Delta_Z w_{y,0} + \frac{1-\nu}{12}AN_a(2\ddot{w}_{y,0}+\ddot{w}_{y,1}) + \frac{3\nu-1}{4}N_a\dot{u}_{y,0} + \frac{1+\nu}{4}N_a\dot{u}_{y,1} - \frac{6}{B}K_{bo}\Delta_Y\theta_{y-1,0} = -P_{\bar{o}y} \tag{32}$$

$$2K_{bo}\Delta_Y^2\theta_{y-1,0} + 4(3K_{bo}+K_a)\theta_{y,0} + 2K_a\theta_{y,1} - \frac{6}{B}K_{bo}\Delta_Y w_{y-1,0} + \frac{6}{A}K_a\Delta_Z v_{y,0} = 0 \tag{33}$$

隅点 $y=0$ では

$${}_{z0}T_{0,1} + {}_{y0}T_{0,1} = 0 \tag{34}$$

$${}_{z0}S_{0,1} - {}_{y0}X_{0,1} = -Y_{L,0} \tag{35}$$

$${}_{z0}X_{0,1} + {}_{y0}S_{0,1} = -P_{\bar{o},0} \tag{36}$$

$${}_{z0}M_{0,1} + {}_{y0}M_{0,1} = -M_{L,0} \tag{37}$$

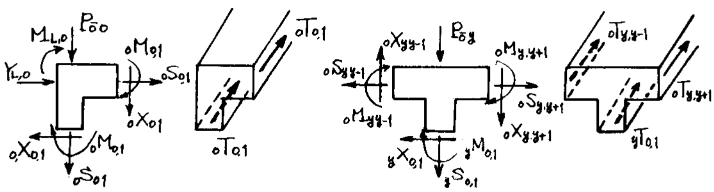


図 - 4

(34)～(37) に (1)～(8) 式を代入すると

$$\frac{1}{3}(AN_{ao}+BN_{bo})\ddot{u}_{0,0} - \frac{(1-\nu)}{2}\left(\frac{N_{ao}}{A}+\frac{N_{bo}}{B}\right)\dot{u}_{0,0} + \frac{AN_{ao}}{6}\dddot{u}_{0,1} + \frac{1-\nu}{2A}N_{ao}\dot{u}_{0,1} + \frac{BN_{bo}}{6}\dddot{u}_{1,0} + \frac{1-\nu}{2B}N_{bo}\dot{u}_{1,0} + \frac{1-3\nu}{4}N_{bo}v_{0,0} + \frac{1+\nu}{4}N_{bo}v_{1,0}$$
$$+ \frac{1-3\nu}{4}N_{ao}w_{0,0} + \frac{1+\nu}{4}N_{ao}w_{0,1} = 0 \tag{38}$$

$$\frac{1-\nu}{6}BN_{bo}\ddot{v}_{0,0} - \left(\frac{N_{bo}}{B}+\frac{12}{A^2}K_{ao}\right)v_{0,0} + \frac{12}{A^2}K_{ao}v_{0,1} + \frac{1-\nu}{12}BN_{bo}\ddot{v}_{1,0} + \frac{N_{bo}}{B}v_{1,0} + \frac{3\nu-1}{4}N_{bo}\dot{u}_{0,0} + \frac{1+\nu}{4}N_{bo}\dot{u}_{1,0} + \frac{6}{A}K_{ao}(\theta_{0,0}+\theta_{0,1}) = -Y_{L,0} \tag{39}$$

$$\frac{1-\nu}{6}AN_{ao}\ddot{w}_{0,0} - \left(\frac{N_{ao}}{A}+\frac{12}{B^2}K_{bo}\right)w_{0,0} + \frac{1-\nu}{12}AN_{ao}\ddot{w}_{0,1} + \frac{N_{ao}}{A}w_{0,1} + \frac{12}{B^2}K_{bo}w_{1,0} + \frac{3\nu-1}{4}N_{ao}\dot{u}_{0,0} + \frac{1+\nu}{4}N_{ao}\dot{u}_{0,1} - \frac{6}{B}K_{bo}(\theta_{0,0}+\theta_{1,0}) = -P_{\bar{o}0} \tag{40}$$

$$4(K_{ao}+K_{bo})\theta_{0,0} + 2K_{ao}\theta_{0,1} + 2K_{bo}\theta_{1,0} + \frac{6}{A}K_{ao}\Delta_Z v_{0,0} - \frac{6}{B}K_{bo}\Delta_Y w_{0,0} = -M_{L,0} \tag{41}$$

同様な式が $Z=k$, $y=0$, $y=n$ の境界上でも成立する。

(22)～(25) 式を Y, Z 方向に定和分変換、X 方向に有限フーリェ変換を行い、境界でのつり合を考慮すると、次のようになる。なお $A_1, A_2 \cdots A_7$, $B_1 \cdots B_6$, $C_1 \cdots C_6$, $D_1 \cdots D_5$ は (22)～(25) 式の各項の係数である。

$$-\left\{A_5+\left(\frac{A_2}{M^2}-A_1\right)D_i+\left(\frac{A_4}{M^2}-A_3\right)D_j\right\}S_iS_j[\dot{u}^m_{y,z}] + 2\cdot\sin\frac{i\pi}{n}A_6R_iS_j[v^m_{y,z}] + 2\cdot\sin\frac{j\pi}{k}A_7S_iR_j[w^m_{y,z}]$$
$$= \left(\frac{A_2}{M^2}-A_1\right)\sin\frac{i\pi}{n}\cdot S_j[(-1)^i\dot{u}^m_{n,z}-\dot{u}^m_{0,z}] + \left(\frac{A_4}{M^2}-A_3\right)\sin\frac{j\pi}{k}\cdot S_i[(-1)^j\dot{u}^m_{y,k}-\dot{u}^m_{y,0}] \tag{42}$$

$$-\{B_3M^2+(B_1-B_2M^2)D_i+B_4D_j\}R_iS_j[v^m_{y,z}] + 2\cdot\sin\frac{i\pi}{n}B_5S_iS_j[\dot{u}^m_{y,z}] - 2\cdot\sin\frac{j\pi}{k}B_6R_iR_j[\theta^m_{y,z}]$$
$$= \left(\frac{3\nu-1}{4}N_b-B_5\cos\frac{i\pi}{n}\right)S_j[(-1)^i\dot{u}^m_{n,z}-\dot{u}^m_{0,z}] + \frac{6}{A^2}(2K_{ao}-K_a)\left\{D_jS_j[(-1)^iv^m_{n,z}-v^m_{0,z}] + \sin\frac{j\pi}{k}[(-1)^{i+j}v^m_{n,k}+(-1)^jv^m_{0,k}-(-1)^iv^m_{n0}-v^m_{0,0}]\right\}$$
$$+ B_4\cdot\sin\frac{j\pi}{k}R_i[(-1)^jv^m_{y,k}-v^m_{y,0}] + \frac{6}{A}(2K_{ao}-K_a)\sin\frac{j\pi}{k}R_j[(-1)^i\theta^m_{n,z}+\theta^m_{0,z}] + S_j[(-1)^iY^m_{R,z}-Y^m_{L,z}] \tag{43}$$

$$-\{C_3M^2+C_4D_i+(C_1-C_2M^2)D_j\}S_iR_j[w^m_{y,z}] + 2\cdot\sin\frac{j\pi}{k}C_5S_iS_j[\dot{u}^m_{y,z}] - 2\cdot\sin\frac{i\pi}{n}C_6R_iR_j[\theta^m_{y,z}]$$
$$= \left(\frac{3\nu-1}{4}N_a-C_5\cos\frac{j\pi}{k}\right)S_i[(-1)^j\dot{u}^m_{y,k}-\dot{u}^m_{y,0}] + \frac{6}{B^2}(2K_{bo}-K_b)\left\{D_iS_i[(-1)^jw^m_{y,k}-w^m_{y,0}] + \sin\frac{i\pi}{n}[(-1)^{i+j}w^m_{n,k}+(-1)^iw^m_{n,0}-(-1)^jw^m_{0,k}-w^m_{0,0}]\right\}$$
$$+ (C_1-C_2M^2)\sin\frac{i\pi}{n}R_j[(-1)^iw^m_{n,z}-w^m_{0,z}] - \frac{6}{B}(2K_{bo}-K_b)\sin\frac{i\pi}{n}R_i[(-1)^j\theta^m_{y,k}+\theta^m_{y,0}] + S_i[(-1)^jP^m_{uy}-P^m_{\bar{o}y}] \tag{44}$$

$$(-\mathcal{D}_3+\mathcal{D}_1\mathcal{D}_i+\mathcal{D}_2\mathcal{D}_j)R_iR_j\{\theta^m_{y,z}\}-2\sin\frac{i\pi}{n}\mathcal{D}_4S_iR_j[w^m_{y,z}]-2\sin\frac{j\pi}{k}\mathcal{D}_5R_iS_j[v^m_{y,z}]$$

$$=\frac{6}{A}(2K_{a0}-K_a)\Big\{\sin\frac{j\pi}{k}S_j[(-1)^iv^m_{n,z}+v^m_{0,z}]+(1+\cos\frac{j\pi}{k})[(-1)^{i+j}v^m_{n,k}+(-1)^jv^m_{0,k}-(-1)^iv^m_{n,0}-v^m_{0,0}]\Big\}+\mathcal{D}_5(1+\cos\frac{j\pi}{k})R_i[(-1)^jv^m_{y,k}-v^m_{y,0}]$$

$$-\frac{6}{B}(2K_{b0}-K_b)\Big\{\sin\frac{i\pi}{n}S_i[(-1)^jw^m_{y,k}+w^m_{y,0}]+(1+\cos\frac{i\pi}{n})[(-1)^{i+j}w^m_{n,k}+(-1)^iw^m_{n,0}-(-1)^jw^m_{0,k}-w^m_{0,0}]\Big\}-\mathcal{D}_4(1+\cos\frac{i\pi}{n})R_j[(-1)^iw^m_{n,z}-w^m_{0,z}]$$

$$+(\mathcal{D}_j-6)(K_a-2K_{a0})R_j[(-1)^i\theta^m_{n,z}+\theta^m_{0,z}]+(\mathcal{D}_i-6)(K_b-2K_{b0})R_i[(-1)^j\theta^m_{y,k}+\theta^m_{y,0}]-\{(-1)^{i+j}M^m_{RR}+(-1)^iM^m_{R0}-(-1)^jM^m_{L,k}-M^m_{L,0}\} \quad (45)$$

ここで

$$M^2=(m\pi/l)^2 \qquad u^m_{0,0}=\int_0^l u_{0,0}\sin\frac{m\pi}{l}x\,dx \qquad v^m_{0,0}=\int_0^l v_{0,0}\sin\frac{m\pi}{l}x\,dx \qquad w^m_{0,0}=\int_0^l w_{0,0}\sin\frac{m\pi}{l}x\,dx$$

$$\theta^m_{0,0}=\int_0^l \theta_{0,0}\sin\frac{m\pi}{l}x\,dx \qquad P^m_{\bar{0}0}=\int_0^l P_{\bar{0}0}\sin\frac{m\pi}{l}x\,dx \qquad Y^m_{L,0}=\int_0^l Y_{L,0}\sin\frac{m\pi}{l}x\,dx \qquad M^m_{L,0}=\int_0^l M_{L,0}\sin\frac{m\pi}{l}x\,dx$$

$u^m_{n,0}$, $v^m_{n,0}$, $w^m_{n,0}$ $\theta^m_{n,0}$ $P^m_{\bar{0}n}$ Y^m_{R0} M^m_{R0} についても同様である。

また、フーリェ定和分変換の逆変換より次の関係式が成立している。

$$S_j[v^m_{0,z}]=\frac{2}{n}\sum_{i=0}^{n}R_iS_j[v^m_{y,z}] \qquad S_j[v^m_{n,z}]=\frac{2}{n}\sum_{i=0}^{n}(-1)^iR_iS_j[v^m_{y,z}] \qquad S_i[w^m_{y,0}]=\frac{2}{k}\sum_{j=0}^{k}S_iR_j[w^m_{y,z}]$$

$$S_i[w^m_{y,k}]=\frac{2}{k}\sum_{j=0}^{k}(-1)^jS_iR_j[w^m_{y,z}] \qquad R_j[\theta^m_{0,z}]=\frac{2}{n}\sum_{i=0}^{n}R_iR_j[\theta^m_{y,z}] \qquad R_j[\theta^m_{n,z}]=\frac{2}{n}\sum_{i=0}^{n}(-1)^iR_iR_j[\theta^m_{y,z}]$$

$$R_i[\theta^m_{y,0}]=\frac{2}{k}\sum_{j=0}^{k}R_iR_j[\theta^m_{y,z}] \qquad R_i[\theta^m_{y,k}]=\frac{2}{k}\sum_{j=0}^{k}(-1)^jR_iR_j[\theta^m_{y,z}] \qquad \theta^m_{0,0}=\frac{4}{n\cdot k}\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{k}R_iR_j[\theta^m_{y,z}]$$

$$\theta^m_{n,0}=\frac{4}{n\cdot k}\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{k}(-1)^iR_iR_j[\theta^m_{y,z}] \qquad \theta^m_{0,k}=\frac{4}{n\cdot k}\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{k}(-1)^jR_iR_j[\theta^m_{y,z}] \qquad \theta^m_{n,k}=\frac{4}{n\cdot k}\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{k}(-1)^{i+j}R_iR_j[\theta^m_{y,z}]$$

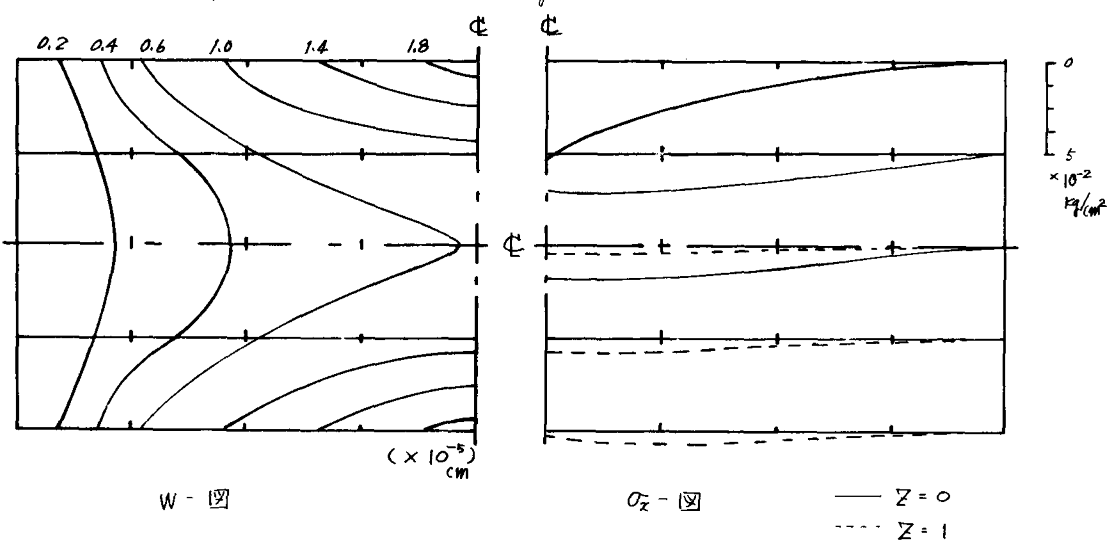
上述式と各境界で得られるつり合式を満すように(42)〜(45)の境界値を定め、この4式を解き逆変換を行うことにより、各接合点での変位と断面力を求めることができる。

5、数値計算例

簡単のために $K_a=2K_{a0}$, $K_b=2K_{b0}$ とし、Y方向には変位はなく、Z方向には伸縮がないものと仮定して計算を行った。下図は $l/2$ 点上、自由端の両端に集中荷重が作用している場合の例である。なお、断面諸量は次のとうりである。

$n=4$, $k=3$ $l=100\,cm$ $A=B=10\,cm$ $t_a=t_b=1.0\,cm$

$E=2.1\times10^5\,kg/cm^2$ $\nu=0.15$ $P=1\,kg$.



W - 図　　　σ_z - 図　　　—— Z = 0　- - - - Z = 1