マルチセル円筒殻の応力解析について

北海道大学　正員　能町純雄
〃　〃　○堺　孝司

1. まえがき

著者らは，先に，マルチセル円筒殻に鉛直荷重を中央に載荷した場合の応力解析を行なった。[1] 本報告では，荷重状態として，図1に示す場合を考え，この荷重状態の時のマルチセル円筒殻の応力解析を行う。解析では，長軸方向に，Finite Sine Transformations を，断面回転方向には，Finite Fourier Transformations を行う。この Finite Fourier Transformation を行う事によって，単に，8元の連立方程式を解く問題に帰着する。

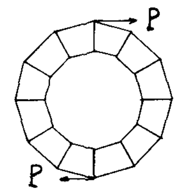

図.1

2. 折板要素の断面力

図2に示す細長い矩形板要素において，平面応力状態から導き出される剪断力T，法線力S，及び，平板の曲げの問題から導き出される曲げモーメントM，剪断力Xは，各々，次の如くなる。

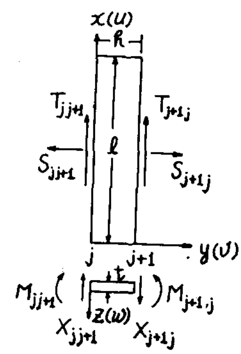

図.2

$$T_{jj+1}=\frac{N_1h}{6}(2\ddot{u}_j+\ddot{u}_{j+1})+\frac{\nu N_1}{2}(\dot{v}_{j+1j}-\dot{v}_{jj+1})+\frac{Gt_1}{2}(\dot{v}_{jj+1}+\dot{v}_{j+1j})+\frac{Gt_1}{h}(u_{j+1}-u_j)$$

$$T_{jj-1}=\frac{N_1h}{6}(2\ddot{u}_j+\ddot{u}_{j-1})+\frac{\nu N_1}{2}(\dot{v}_{jj-1}-\dot{v}_{j-1j})-\frac{Gt_1}{2}(\dot{v}_{j-1j}+\dot{v}_{jj-1})-\frac{Gt_1}{h}(u_j-u_{j-1})$$

$$S_{jj+1}=\frac{N_1}{h}(v_{j+1j}-v_{jj+1})+\frac{\nu N_1}{2}(\dot{u}_j+\dot{u}_{j+1})+\frac{Gt_1}{2}(\dot{u}_{j+1}-\dot{u}_j)+\frac{Gt_1h}{6}(2\ddot{v}_{jj+1}+\ddot{v}_{j+1j})$$

$$S_{jj-1}=\frac{N_1}{h}(v_{jj-1}-v_{j-1j})+\frac{\nu N_1}{2}(\dot{u}_{j-1}+\dot{u}_j)-\frac{Gt_1}{2}(\dot{u}_j-\dot{u}_{j-1})-\frac{Gt_1h}{6}(2\ddot{v}_{jj-1}+\ddot{v}_{j-1j})$$

$$M_{jj+1}=\frac{2K_1}{h}\left\{2\theta_j+\theta_{j+1}-\frac{3}{h}(w_{j+1j}-w_{jj+1})\right\}-\nu K_1\ddot{w}_{jj+1}$$

$$M_{jj-1}=-\frac{2K_1}{h}\left\{2\theta_j+\theta_{j-1}-\frac{3}{h}(w_{jj-1}-w_{j-1j})\right\}-\nu K_1\ddot{w}_{jj-1}$$

$$X_{jj+1}=-\frac{6K_1}{h^2}(\theta_j+\theta_{j+1})+K_1\ddot{\theta}_j-\frac{12K_1}{h^3}(w_{jj+1}-w_{j+1j})+\frac{2K}{h}(\ddot{w}_{jj+1}-\ddot{w}_{j+1j})-\frac{K_1h}{6}(2\ddddot{w}_{jj+1}+\ddddot{w}_{j+1j})$$

$$X_{jj-1}=-\frac{6K_1}{h^2}(\theta_j+\theta_{j-1})+K_1\ddot{\theta}_j-\frac{12K_1}{h^3}(w_{j-1j}-w_{jj-1})+\frac{2K_1}{h}(\ddot{w}_{j-1j}-\ddot{w}_{jj-1})+\frac{K_1h}{6}(2\ddddot{w}_{jj-1}+\ddddot{w}_{j-1j})$$

ここで，ν；ポアソン比，$N=Et/(1-\nu^2)$，$K=Et^3/12(1-\nu^2)$，$(\cdot)$；xに関する微分

3. 解析

i) 節点における力のつりあい

図.3に示す如く，外側と内側の各節点での力のつりあいは，

1) $M_{jj-1}-M_{jj+1}-M_{ji}=0$

2) $T_{jj-1}+T_{jj+1}+T_{ji}=0$

3) $P_j+S_{jj+1}\cos\alpha-S_{jj-1}\cos\alpha-X_{jj+1}\sin\alpha-X_{jj-1}\sin\alpha-X_{ji}=0$

4) $S_{jj+1}\sin\alpha+S_{jj-1}\sin\alpha+X_{jj+1}\cos\alpha-X_{jj-1}\cos\alpha+S_{ji}=0$

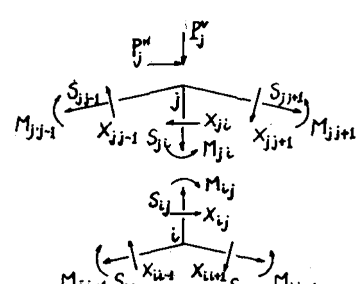

図.3

5) $M_{ii-1} + M_{ij} - M_{ii+1} = 0$

6) $T_{ii-1} + T_{ij} - T_{ii+1} = 0$

7) $S_{ii-1} \cdot \cos\alpha - S_{ii-1} \cdot \cos\alpha - X_{ii+1} \cdot \sin\alpha - X_{ii-1} \cdot \sin\alpha + X_{ij} = 0$

8) $S_{ii+1} \cdot \sin\alpha + S_{ii-1} \cdot \sin\alpha + X_{ii+1} \cdot \cos\alpha - X_{ii-1} \cdot \cos\alpha - S_{ij} = 0$

以上，1)～8)式に，2で示した各断面力を代入する。次に，これにInfinite Fourier Transformationを行い，$x=0, l$においては，その面内では無限の剛性を有し面外には自由に動けるダイヤフラムを有し，かつ，単純支持であるとした。

又，変形は，次に示す如く半径方向と接線方向の変形に変換したものを用いる。

$$v_{jj+1} = v_j^\circ \cos\alpha + w_j^\circ \sin\alpha \qquad v_{jj-1} = v_j^\circ \cos\alpha - w_j^\circ \sin\alpha$$

$$v_{j+1j} = v_{j+1}^\circ \cos\alpha - w_{j+1}^\circ \sin\alpha \qquad v_{j-1j} = v_{j-1}^\circ \cos\alpha + w_{j-1}^\circ \sin\alpha$$

$$w_{jj+1} = -v_j^\circ \sin\alpha + w_j^\circ \cos\alpha \qquad w_{jj-1} = v_j^\circ \sin\alpha + w_j^\circ \cos\alpha$$

$$w_{j+1j} = v_{j+1}^\circ \sin\alpha + w_{j+1}^\circ \cos\alpha \qquad w_{j-1j} = -v_{j-1}^\circ \sin\alpha + w_{j-1} \cos\alpha$$

$$v_{ji} = w_j^\circ \qquad w_{ji} = -v_j^\circ$$

内側節点iについても同様である。これによって1)～8)までを整理すると

1)′ $4(2a_1 + a_2)\hat{\theta}_j + 2a_1(\hat{\theta}_{j+1} + \hat{\theta}_{j-1}) + 2a_2\hat{\theta}_i - (2\alpha_1 \sin\alpha + \alpha_2)\hat{v}_j^\circ$

$- 6b_1 \sin\alpha(\hat{v}_{j+1}^\circ + \hat{v}_{j-1}^\circ) - 6b_1 \cos\alpha(\hat{w}_{j+1}^\circ - \hat{w}_{j-1}^\circ) = 0$

2)′ $(2\beta_1 + \beta_2)\tilde{u}_j - \gamma_2 \tilde{u}_i - \gamma_1(\tilde{u}_{j+1} + \tilde{u}_{j-1}) + \mu_2 \cdot \hat{w}_j^I - \varepsilon_2 \hat{w}_j - 2\varepsilon_1 \sin\alpha\, \hat{w}_j^\circ$

$- \mu_1 \sin\alpha(\hat{w}_{j+1}^\circ + \hat{w}_{j-1}^\circ) + \mu_1 \cos(\hat{v}_{j+1}^\circ - \hat{v}_{j-1}^\circ) = 0$

3)′ $-(2\varkappa_1 \sin\alpha + \varkappa_2)\hat{\theta}_j - 6b_1 \sin\alpha(\hat{\theta}_{j+1} + \hat{\theta}_{j-1}) - 6b_2\hat{\theta}_i + \left(\frac{l}{m\pi}\right)^2 \mu_1 \cos\alpha(\tilde{u}_{j-1} - \tilde{u}_{j+1})$

$+ (2\zeta_1 \cos^2\alpha + 2\eta_1 \sin^2\alpha + \eta_2)\hat{v}_j^\circ - \chi_2 \hat{v}_j^I + (\chi_1 \sin^2\alpha - \xi_1 \cos^2\alpha)(\hat{v}_{j+1}^\circ + \hat{v}_{j-1}^\circ)$

$+ (\chi_1 + \xi_1)\sin\alpha \cdot \cos\alpha(\hat{w}_{j+1}^\circ - \hat{w}_{j-1}^\circ) = \tilde{P}_j$

4)′ $6b_1 \cos\alpha(\hat{\theta}_{j+1} - \hat{\theta}_{j-1}) - \left(\frac{l}{m\pi}\right)^2 (2\varepsilon_1 \sin\alpha + \varepsilon_2)\tilde{u}_j - \mu_2 \left(\frac{l}{m\pi}\right)^2 \tilde{u}_i - \xi_2 \hat{w}_j^I$

$- \mu_1 \left(\frac{l}{m\pi}\right)^2 \sin\alpha(\tilde{u}_{j+1} + \tilde{u}_{j-1}) + (2\sin^2\alpha\, \zeta_1 + 2\cos^2\alpha\, \eta_1 + \zeta_2)\hat{w}_j^\circ$

$- (\xi_1 + \chi_1)\sin\alpha \cos\alpha(\hat{v}_{j+1}^\circ - \hat{v}_{j-1}^\circ) + (\sin^2\alpha \cdot \xi_1 - \cos^2\alpha \cdot \chi_1)(\hat{w}_{j+1}^\circ + \hat{w}_{j-1}^\circ) = 0$

5)′ $-4(2a_3 + a_2)\hat{\theta}_i - 2a_3(\hat{\theta}_{i-1} + \hat{\theta}_{i+1}) - 2a_2\hat{\theta}_j + (2\alpha_3 \sin\alpha + \alpha_2)\hat{v}_j^I$

$+ 6b_3 \sin\alpha(\hat{v}_{j+1}^I + \hat{v}_{j-1}^I) + 6b_3 \cos\alpha(\hat{w}_{j+1}^I - \hat{w}_{j-1}^I) - 6b_2 \hat{v}_j^\circ = 0$

6)′ $-(2\beta_3 + \beta_2)\tilde{u}_i + \gamma_3 \cdot (\tilde{u}_{i+1} + \tilde{u}_{i-1}) + \gamma_2 \tilde{u}_j - \mu_3 \cdot \cos\alpha(\hat{v}_{j+1}^I - \hat{v}_{j-1}^I)$

$+ \mu_3 \sin\alpha(\hat{w}_{j+1}^I + \hat{w}_{j-1}^I) + (2\varepsilon_3 \sin\alpha - \varepsilon_2)\hat{w}_j^I + \mu_2 \hat{w}_j^\circ = 0$

7') $\mu_3 \cos\alpha \left(\frac{\ell}{m\pi}\right)^2 (\tilde{u}_{i+1} - \tilde{u}_{i-1}) + \xi_3 \cos^2\alpha (\tilde{v}^I_{j+1} + \tilde{v}^I_{j-1}) - \xi_3 \sin\alpha\cos\alpha (\tilde{w}^I_{j+1} - \tilde{w}^I_{j-1})$

$-(2\zeta_3\cos^2\alpha + 2\eta_3 \sin^2\alpha + \eta_2)\tilde{v}^I_j + (2\varkappa_3 \sin\alpha - \varkappa_2)\tilde{\vartheta}_i - 6b_2\tilde{\vartheta}_j$

$+6b_3\sin\alpha(\tilde\vartheta_{i+1}+\tilde\vartheta_{i-1}) - \chi_3\sin^2\alpha(\tilde v^I_{j+1}+\tilde v^I_{j-1}) - \chi_3 \sin\alpha\cos\alpha(\tilde w^I_{j+1}-\tilde w^I_{j-1})$

$+\chi_2 \tilde v^0_j = 0$

8') $-(2\zeta_3\sin^2\alpha + 2\eta_3\cos^2\alpha+\zeta_2)\tilde w^I_j + \xi_2\tilde w^0_j + \xi_3\sin\alpha\cos\alpha(\tilde v^I_{j+1}-\tilde v^I_{j-1})$

$-\xi_3\sin^2\alpha(\tilde w^I_{j+1}+\tilde w^I_{j-1}) + \left(\frac{\ell}{m\pi}\right)^2(2\varepsilon_3\sin\alpha-\varepsilon_2)\tilde u_i - \left(\frac{\ell}{m\pi}\right)^2\mu_2\tilde u_j$

$\left(\frac{\ell}{m\pi}\right)^2\mu_3\sin\alpha(\tilde u_{i+1}+\tilde u_{i-1}) - 6b_3\cos\alpha(\tilde\vartheta_{i+1}-\tilde\vartheta_{i-1}) + \chi_3\sin\alpha\cos\alpha(\tilde v^I_{j+1}-\tilde v^I_{j-1})$

$-\chi_3\cos^2\alpha(\tilde w^I_{j+1}+\tilde w^I_{j-1}) = 0$

ここで

$a_i = \frac{K_i}{h_i}$, $b_i=\frac{K_i}{h_i^2}$, $\alpha_i = K_i\left(\frac{6}{h_i^2}+\nu\left(\frac{m\pi}{\ell}\right)^2\right)$, $\beta_i = \frac{Gt_i}{h_i}+\frac{N_ih_i}{3}\left(\frac{m\pi}{\ell}\right)^2$, $\gamma_i=\frac{Gt_i}{h_i}-\frac{N_ih_i}{6}\left(\frac{m\pi}{\ell}\right)^2$

$\varepsilon_i = \left(\frac{m\pi}{\ell}\right)^2\left(\frac{\nu N_i}{2}-\frac{Gt_i}{2}\right)$, $\mu_i=\left(\frac{m\pi}{\ell}\right)^2\left(\frac{\nu N_i}{2}+\frac{Gt_i}{2}\right)$, $\zeta_i=\frac{N_i}{h_i}+\frac{Gt_ih_i}{3}\left(\frac{m\pi}{\ell}\right)^2$, $\xi_i=\frac{N_i}{h_i}-\frac{Gt_ih_i}{6}\left(\frac{m\pi}{\ell}\right)^2$,

$\eta_i = K_i\left(\frac{12}{h_i^3}+\frac{2}{h_i}\left(\frac{m\pi}{\ell}\right)^2+\frac{h_i}{3}\left(\frac{m\pi}{\ell}\right)^4\right)$, $\chi_i=K_i\left(\frac{12}{h_i^3}+\frac{2}{h_i}\left(\frac{m\pi}{\ell}\right)^2-\frac{h_i}{6}\left(\frac{m\pi}{\ell}\right)^4\right)$

$\varkappa_i = K_i\left(\frac{6}{h_i^2}+\left(\frac{m\pi}{\ell}\right)^2\right) \qquad (i=1,2,3)$

ii) 有限フーリエ変換

各変形について次なる有限フーリエ変換を行う。

$\tilde\vartheta^0_j = \sum_{k=1}^{n}\tilde\Theta^0_k \cos\frac{k\pi}{n}j \qquad \tilde\vartheta^I_j = \sum_{k=1}^{n}\tilde\Theta^I_k \cos\frac{k\pi}{n}j$

$\tilde v^0_j = \sum_{k=1}^{n}\tilde V^0_k \cos\frac{k\pi}{n}j \qquad \tilde v^I_j = \sum_{k=1}^{n}\tilde V^I_k \cos\frac{k\pi}{n}j$

$\tilde w^0_j = \sum_{k=1}^{n}\tilde W^0_k \sin\frac{k\pi}{n}j \qquad \tilde w^I_j = \sum_{k=1}^{n}\tilde W^I_k \sin\frac{k\pi}{n}j$

$\tilde u^0_j = \sum_{k=1}^{n}\tilde U^0_k \sin\frac{k\pi}{n}j \qquad \tilde u^I_j = \sum_{k=1}^{n}\tilde U^I_k \sin\frac{k\pi}{n}j$

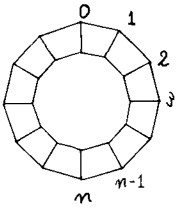

図.4

その結果をマトリックス表示すると

$$A\cdot v = P \qquad v^T = [\tilde\Theta^0_k\ \tilde V^0_k\ \tilde W^0_k\ \tilde U^0_k\ \tilde\Theta^I_k\ \tilde V^I_k\ \tilde W^I_k\ \tilde U^I_k]$$

$$P^T = [0\ \ 0\ \ \tilde P_j\ \ 0\ \ 0\ \ 0\ \ 0\ \ 0]$$

Aは(8×8)のマトリックスで各要素をK_{ij}で表示すると次の如くなる。

$K_{11} = 4(2a_1+a_2+a_1\cos\frac{k\pi}{n})$, $K_{12} = -(2\alpha_1\sin\alpha+\alpha_2+12b_1\sin\alpha\cos\frac{k\pi}{n})$, $K_{13} = -12b_1\cos\alpha\sin\frac{k\pi}{n}$, $K_{14}=K_{17}=K_{18}=0$, $K_{15}=2a_2$, $K_{16}=6b_2$, $K_{21}=0$, $K_{22} = -2\mu_1\cos\alpha\sin\frac{k\pi}{n}$, $K_{23} = -(2\varepsilon_1\sin\alpha+\varepsilon_2+2\mu_1\sin\alpha\cos\frac{k\pi}{n})$, $K_{25}=K_{26}=0$, $K_{24} = (2\beta_1+\beta_2-2\gamma_1\cos\frac{k\pi}{n})$, $K_{27}=\mu_2$, $K_{28}=-\gamma_2$, $K_{31} = -(2\varkappa_1\sin\alpha+\varkappa_2+12b_1\sin\alpha\times\cos\frac{k\pi}{n})$, $K_{32} = (2\zeta_1\cos^2\alpha+2\eta_1\sin^2\alpha+\eta_2)+2(\chi_1\sin^2\alpha-\xi_1\cos^2\alpha)\cos\frac{k\pi}{n}$, $K_{33} = 2(\chi_1+\xi_1)\sin\alpha\cos\alpha\sin\frac{k\pi}{n}$, $K_{34} = -\left(\frac{\ell}{m\pi}\right)^2\mu_1\cos\alpha\sin\frac{k\pi}{n}$, $K_{35}=-6b_2$, $K_{36}=-\chi_2$, $K_{37}=K_{38}=0$
$K_{41} = -12b_1\cos\alpha\sin\frac{k\pi}{n}$, $K_{42} = 2(\xi_1+\chi_1)\sin\alpha\cos\alpha\sin\frac{k\pi}{n}$, $K_{43} = (2\zeta_1\sin^2\alpha+2\eta_1\cos^2\alpha+\zeta_2)+$

$+2(\xi_1 \sin^2\alpha - \lambda_1 \cos^2\alpha)\cos\frac{k\pi}{n}$, $K_{4.4} = -\left(\frac{\ell}{m\pi}\right)^2(2\varepsilon_1 \sin\alpha + \varepsilon_2 + 2\mu_1 \sin\alpha\cdot\cos\frac{k\pi}{n})$, $K_{4.5} = K_{4.6} = 0$

$K_{4.7} = -\xi_2$, $K_{4.8} = -\left(\frac{\ell}{m\pi}\right)^2\mu_2$, $K_{5.1} = -2a_2$, $K_{5.2} = 6b_2$, $K_{5.3} = K_{5.4} = 0$, $K_{5.5} = -4(2a_3 + a_2 + a_3 \times$

$\times \cos\frac{k\pi}{n})$, $K_{5.6} = (2\alpha_3 \sin\alpha - \alpha_2 + 12b_3 \sin\alpha\cdot\cos\frac{k\pi}{n})$, $K_{5.7} = 12b_3 \cos\alpha \sin\frac{k\pi}{n}$, $K_{5.8} = 0$,

$K_{6.1} = K_{6.2} = 0$, $K_{6.3} = \mu_2$, $K_{6.4} = \gamma_2$, $K_{6.5} = 0$, $K_{6.6} = 2\mu_3 \cos\alpha \sin\frac{k\pi}{n}$, $K_{6.7} = 2\varepsilon_3 \sin\alpha - \varepsilon_2$

$+2\mu_3 \sin\alpha \cos\frac{k\pi}{n}$, $K_{6.8} = -(2\beta_3 + \zeta_2 - 2\gamma_3 \cos\frac{k\pi}{n})$, $K_{7.1} = -6b_2$, $K_{7.2} = \lambda_2$, $K_{7.3} = K_{7.4} = 0$

$K_{7.5} = 2\chi_3 \sin\alpha - \chi_2 + 12b_3 \sin\alpha \cos\frac{k\pi}{n}$, $K_{7.6} = -(2\zeta_3 \cos^2\alpha + 2\eta_3 \sin^2\alpha + \eta_2) - 2(\chi_3 \sin^2\alpha -$

$\xi_3 \cos^2\alpha)\cos\frac{k\pi}{n}$, $K_{7.7} = -2(\chi_3 + \xi_3)\sin\alpha \cos\alpha\cdot\sin\frac{k\pi}{n}$, $K_{7.8} = 2\left(\frac{\ell}{m\pi}\right)^2\mu_3 \cos\alpha \sin\frac{k\pi}{n}$,

$K_{8.1} = K_{8.2} = 0$, $K_{8.3} = \xi_2$, $K_{8.4} = -\left(\frac{\ell}{m\pi}\right)^2\mu_2$, $K_{8.5} = 12b_3 \cos\alpha \sin\frac{k\pi}{n}$, $K_{8.6} = -2(\xi_3 + \chi_3)\times$

$\times \sin\alpha \cos\alpha \sin\frac{k\pi}{n}$, $K_{8.7} = -(2\zeta_3 \sin^2\alpha + 2\eta_3 \cos^2\alpha + \zeta_2) - 2(\xi_3 \sin^2\alpha - \chi_3 \cos^2\alpha)\cos\frac{k\pi}{n}$

$K_{88} = \left(\frac{\ell}{m\pi}\right)^2(2\varepsilon_3 \sin\alpha - \varepsilon_2 + 2\mu_3 \sin\alpha \cos\frac{k\pi}{n})$

又，荷重項は

$$\widetilde{P}_j = \sum_{k=1}^{n} \widetilde{R}_k \cdot \cos\frac{k\pi}{n} j \quad , \quad C_k[\widetilde{P}_j] = \sum_{j=1}^{n-1} \widetilde{P}_j \cos\frac{k\pi}{n} j \qquad (2)$$

但し，

$$\widetilde{R}_0 = \frac{1}{n}\{C_0[\widetilde{P}_j] + \frac{1}{2}\widetilde{P}_{(n)} + \frac{1}{2}\widetilde{P}_{(0)}\}$$
$$\widetilde{R}_k = \frac{1}{n}\{2C_k[\widetilde{P}_j] + \widetilde{P}_{(n)}\cdot(-1)^k + \widetilde{P}_{(0)}\}$$
$$\widetilde{R}_n = \frac{1}{n}\{C_n[\widetilde{P}_j] + \frac{1}{2}\widetilde{P}_n(-1)^n + \frac{1}{2}\widetilde{P}_{(0)}\}$$

今，考えている荷重状態では，$\widetilde{P}_{(n)} = \widetilde{P}_{(0)} = 1$，$C_0[\widetilde{P}_j] = C_k[\widetilde{P}_j] = C_n[\widetilde{P}_j] = 0$ となる。
すなわち，

$$\widetilde{P}_j = \frac{1}{n} + \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n-1}[1 + (-1)^k]\cos\frac{k\pi}{n} j + \frac{1}{2n}[1 + (-1)^n]\cdot\cos\frac{n\pi}{n} j$$

オ一項は，全節点に一定接線荷重が作用する場合に相当する。従って，オ2,3項の荷重状態との重ね合せによって，図.1に示す荷重状態に相当する変形を求めることが出来る。

iii) 逆変換

$A\cdot U = P$ によって得られた変形を，逆変換する。

$$\theta_j^0 = \frac{2}{\ell}\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{n} \widetilde{\Theta}_k^0 \sin\frac{m\pi x}{\ell}\cos\frac{k\pi}{n} j \qquad \theta_j^I = \frac{2}{\ell}\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{n} \widetilde{\Theta}_k^I \sin\frac{m\pi x}{\ell}\cos\frac{k\pi}{n} j$$

$$V_j^0 = \frac{2}{\ell}\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{n} \widetilde{V}_k^0 \sin\frac{m\pi x}{\ell}\cos\frac{k\pi}{n} j \qquad V_j^I = \frac{2}{\ell}\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{n} \widetilde{V}_k^I \sin\frac{m\pi x}{\ell}\cos\frac{k\pi}{n} j$$

$$W_j^0 = \frac{2}{\ell}\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{n} \widetilde{W}_k^0 \sin\frac{m\pi x}{\ell}\cdot\sin\frac{k\pi}{n} j \qquad W_j^I = \frac{2}{\ell}\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{n} \widetilde{W}_k^I \sin\frac{m\pi x}{\ell}\cdot\sin\frac{k\pi}{n} j$$

$$U_j^0 = \frac{2}{\ell}\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{n} \widetilde{U}_k^0 \sin\frac{m\pi x}{\ell}\cdot\sin\frac{k\pi}{n} j \qquad U_j^I = \frac{2}{\ell}\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{n} \widetilde{U}_k^I \sin\frac{m\pi x}{\ell}\cdot\sin\frac{k\pi}{n} j$$

尚，数値計算は当日会場で発表する予定である。

4. 参考文献

i) 能町，堺；折板によるマルチセル大口径鋼管杭の応力解析について，土木学会オ28回年次学術講演会講演集オI部．S.48.10.

ii) Sumio.G.Nomachi ; On a Stress Analysis of Grid Plate by Finite Fourier Transforms Concerning Finite Integration, Proceedings of the Sixteenth Japan National Congress for Applied Mechanics, 1966.