(昭和 36 年 5 月造船協会春季講演会において講演)

船の機関室の振動について (第 1 報)

正員 川 上 益 男*

On the Vibration of Engine Room of Ship (Part 1)-Theoretical Analysis-

By Masuo Kawakami, *Member*

Summary

In this first report the vibration of the engine room of the ship is theoretically analysed. In other reports 11), 12), 13) the author has studied effects of many decks, deck openings and pillars to the vibration of the main structure of the transverse section, which is constructed with members of bottom, the lowest deck and both side frames, by ignoring the correlation of longitudinal members.

In this paper the vibratory behavior of the engine room in the three dimensional state is studied by taking in correlational effects of longitudinal members to the transverse members. Eigenvalue equations of the engine room in the symmetrical and asymmetrical modes of the vibration of both transverse and longitudinal sections are acquired.

1 緒 言

船の局部構造要素である防撓板の振動については従来からかなり多くの研究¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾があるがその周辺の境界条件は簡単な場合に限られている。また立体的な船体構造に近い状態に関する研究⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾も発表されているが、局部振動の問題がすべて解決されたとは言いがたい。船体局部振動の厳密な解析は内部に梁柱を取付けた防撓板構造として取扱わねばならないことは言うまでもないが、そのような解析は理論的には可能であつても実用計算は現在の段階では非常な困難をとまう。最近船の機関室構造の部材寸法の合理的設計の不明明に関連して、より精密な研究が要望されているにもかかわらず、その構造の複雑さのため立体構造としての振動の研究はみあたらない。著者は立体構造としての解析の前にまず各部材の連成影響がどのようになるかを知る目的で、縦部材の干渉を無視した船体横断面の振動について、主構造（船底、船側および最下甲板部材よりなる構造）の振動¹¹⁾、つぎに主構造の振動に対する多層甲板の影響¹²⁾および甲板開口と梁柱の影響¹³⁾等について調べそれらの連成影響が判明したので、こんどは縦部材の干渉の影響を導入した立体構造としての機関室の振動に関する理論的な計算結果を報告する。

2 機関室構造の縦横断面要素への分解

機関室構造をその骨組に着目して縦横断面要素に分解する。断面要素の数を多くすればそれだけ精度があがるわけではあるが一方計算はそれだけ複雑になるので必要最小限度と考えられる縦横要素に分解し(第 1 図), 横断面要素には [0], [1], [2] の番号を, 縦断面要素には [δ], [I], [II] の番号を付け縦横断面要素の交点には第 2 図のごとき番号をつける。

横断面要素を第 3 図, 縦断面要素を第 4 図に示す。縦横断面要素の交点に作用する相互反力を船底部では P , 甲板部では Q で表わし交点番号を下付記号とする。主機からの起振力を P , 横起振モーメントを M_T , 縦起振モーメントを M_L で表わす。ただしいずれも時間因子はなくしたものである。これらは他の断面要素へは相互反力をもつて伝達される。

主機の横起振モーメントは, 主機の H 型振動の場合は [0], [1], [2]—横断面とも M_T は方向大きさとも同じ

原稿受付 昭和 36 年 1 月 20 日

* 広島大学工学部

第1図 機関室構造の縦横断面要素

第2図 縦横断面要素の交点の番号

第3図 横断面要素

第4図 縦断面要素

とし、X型振動の場合は [1] ではこのまま、[0] では零、[2] では大きさが等しく方向を反対にとればよい。

縦横断面要素の干渉ではここで考えた相互反力の外に曲げモーメントと振りモーメントの平衡による干渉があるがそれは小さいと考えられるので無視し、また振動減衰力も無視している。

船底および船側部材では周囲の水の付加質量を μ_i に算入し、船底では鬼頭史城博士の研究¹⁴⁾を、船側では0.8Dの喫水を仮想し熊井豊二博士の研究¹⁵⁾を用いて計算する。

主機重量は [1], [2] および [I], [II] の範囲に等分布しているものとみなした。

本文に記載していない各種の記号はまとめて附録に示してある。

3 縦横断面要素の解

一般に i 部材の振動の方程式は

$$EI_i \frac{\partial^4 y_i}{\partial x_i^4} + \mu_i \frac{\partial^2 y_i}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

となる。いま

$$y_t(x_t, t) \equiv y_t(x_t) \cdot e^{i\lambda t}$$

とおけば (1) は

$$EI_t y_t^{(4)} - \lambda^2 \mu_t y_t = 0 \quad (2)$$

無次元座標 ξ_t , η_t を用いると

$$\eta_t^{(4)} - \kappa_t^4 \eta_t = 0 \quad (3)$$

ただし

$$\kappa_t^4 = \lambda^2 I_t^4 \mu_t / EI_t \quad (4)$$

(3) の解は次のようになる。

$$\eta_t = A_t \operatorname{ch} \kappa_t \xi_t + B_t \operatorname{sh} \kappa_t \xi_t + C_t \cos \kappa_t \xi_t + D_t \sin \kappa_t \xi_t \quad (5)$$

A_t , B_t , C_t , D_t は各部材の結合の境界条件より決定される常数である。

3.1 [0]—断面要素の解

[0]—横断面要素と [6]—縦断面要素とは同じ力学系であるから [0]—横断面の解を求めておけば [6]—縦断面については縦部材の寸法その他を入れて修正すればよいので, [0]—横断面の解を具体的に示す。

船体局部振動が主目的であるから縦部材の拘束によつて船側と甲板および船底との結合部の変位はないものとする。断面内各部材の結合条件は傾斜および曲げモーメントを連続とする。縦部材との結合点では変位, 傾斜および曲げモーメントが連続で剪断力は縦部材からくる反力を含めた平衡方程式を作る。

第5図のごとく縦部材との交点で部材を切つて考えねばならないので, 計算の簡易化と [1]—断面要素への応用を考えて (I0) と (II0) との外側要素と船底真中要素とに関する連結点の変位, 傾斜, 曲げモーメント, 剪断力および反力等の間に成立する関係式を別々に求めておく。

(i) [0]—断面外側要素

境界条件より各部材の振動形の係数を消去してゆくと (1N), (2N), (1M), (2M) の点 (これは船底および甲板の (I0), (II0) の点であるが記法の簡易化のため各要素での解を求める間はこの記号を用いる。[1]—断面要素でも同じ) の未知量の関係として次式を得る。

(対称型)

$$\left. \begin{aligned} Y_{1B} \cdot \eta_N^* + \frac{\Theta_{1B}}{\kappa_{1B}} \theta_N^* + N_{1B} \cdot m_{1N}^* &= -\omega_{1D1B} (W_D \cdot \eta_M^* + w_D \cdot q_1^*), \\ Y'_{1B} \cdot \eta_N^* - \frac{\Theta'_{1B}}{\kappa_{1B}} \theta_N^* - N'_{1B} \cdot m_{1N}^* &= \omega_{1D1N} (W'_D \cdot \eta_M^* - w'_D \cdot q_1^*), \\ Y''_{1B} \cdot \eta_N^* + \frac{\Theta''_{1B}}{\kappa_{1B}} \theta_N^* + N''_{1B} \cdot m_{1N}^* + f_{1N}^* &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

(逆対称型)

(6) にて

$$\eta_N^* \rightarrow \bar{\eta}_N, \quad \eta_M^* \rightarrow \bar{\eta}_M, \quad \theta_N^* \rightarrow \bar{\theta}_N, \quad \theta_M^* \rightarrow \bar{\theta}_M, \quad m_{1N}^* \rightarrow \bar{m}_{1N}, \quad f_{1N}^* \rightarrow \bar{f}_{1N}, \quad q_1^* \rightarrow \bar{q}_1 \quad (7)$$

の置換を行えばそのまま成立する。

各部材の振動形の係数は次のようになる。

(対称型)

船 底

第5図 [0]—横断面要素

$$\left. \begin{aligned} A_{3B} &= A_{4B} = -\frac{c_{1B}}{h_{1B}} C_{3B} + \frac{1}{2h_{1B}} \eta_N^*, \quad B_{3B} = -B_{4B} = -\frac{s_{1B}}{k_{1B}} D_{3B} - \frac{1}{2k_{1B}} \eta_N^*, \\ C_{3B} &= C_{4B} = \frac{1}{c_{1B}(\alpha_{1B} + \beta_{1B})} \left(\frac{\gamma_{1B} + \beta_{1B}}{2} \eta_N^* + \frac{1}{\kappa_{1B}} \theta_N^* - \frac{\beta_{1B}}{2} m_{1N}^* \right), \\ D_{3B} &= -D_{4B} = \frac{1}{s_{1B}(\alpha_{1B} + \beta_{1B})} \left(\frac{\gamma_{1B} - \alpha_{1B}}{2} \eta_N^* + \frac{1}{\kappa_{1B}} \theta_N^* + \frac{\alpha_{1B}}{2} m_{1N}^* \right). \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

甲板

$$\left. \begin{aligned} A_{3D} &= A_{4D} = -\frac{c_{1D}}{h_{1D}} C_{3D} + \frac{1}{2h_{1D}} \eta_M^*, \quad B_{3D} = -B_{4D} = -\frac{s_{1D}}{k_{1D}} D_{3D} + \frac{1}{2k_{1D}} \eta_M^*, \\ C_{3D} &= C_{4D} = \frac{1}{c_{1D}(\alpha_{1D} + \beta_{1D})} \left(\frac{\gamma_{1D} + \beta_{1D}}{2} \eta_M^* - \frac{1}{\kappa_{1D}} \theta_M^* + \frac{\beta_{1D}}{2} m_{1M}^* \right), \\ D_{3D} &= -D_{4D} = \frac{1}{s_{1D}(\alpha_{1D} + \beta_{1D})} \left(-\frac{\gamma_{1D} - \alpha_{1D}}{2} \eta_M^* + \frac{1}{\kappa_{1D}} \theta_M^* + \frac{\alpha_{1D}}{2} m_{1M}^* \right). \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

船側

$$\left. \begin{aligned} A_P &= A_S = -\frac{cs}{h_S} C_P, \quad B_P = -B_S = -\frac{ss}{k_S} D_P, \\ C_P &= C_S = \frac{1}{2cs\alpha_S} \left(\frac{\kappa_{1B}}{\kappa_S} H_B - \frac{\kappa_{1D}}{\kappa_S} H_D \right), \quad D_P = -D_S = \frac{1}{2ss\beta_S} \left(\frac{\kappa_{1B}}{\kappa_S} H_B + \frac{\kappa_{1D}}{\kappa_S} H_D \right), \\ H_B &= -\frac{1}{\alpha_{1B} + \beta_{1B}} \left(2\eta_N^* + \frac{\alpha_{1B} - \beta_{1B}}{\kappa_{1B}} \theta_N^* - \alpha_{1B}\beta_{1B}m_{1N}^* \right), \\ H_D &= \frac{1}{\alpha_{1D} + \beta_{1D}} \left(2\eta_M^* - \frac{\alpha_{1D} - \beta_{1D}}{\kappa_{1D}} \theta_M^* + \alpha_{1D}\beta_{1D}m_{1M}^* \right). \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

(逆対称型)

係数の右辺の形は (8), (9), (10) にて (7) の置換を行なえばそのまま成立する。ただしこの場合には

$$\left. \begin{aligned} A_i &= -A_j, \quad B_i = B_j, \quad C_i = -C_j, \quad D_i = D_j, \\ (i &= 3B, 3D, P; j = 4B, 4D, S) \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

の関係となる。

(ii) 船底真中部材

(対称型)

未知量間の関係式は

$$\left. \begin{aligned} \theta_N^*/\kappa_B &= Y_B \cdot \eta_N^* + G_B(f_N^* - p_I^*) - S_B(p_{\theta}^* + p), \\ m_N^* &= G_B \eta_N^* - F_B(f_N^* - p_I^*) + R_B(p_{\theta}^* + p). \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

振動形の係数は

$$\left. \begin{aligned} A_{1B} &= A_{2B} = \frac{h_B}{k_B} B_{1B} + \frac{1}{2k_B} (p_{\theta}^* + p), \quad C_{1B} = C_{2B} = -\frac{c_B}{s_B} D_{1B} + \frac{1}{2s_B} (p_{\theta}^* + p), \\ B_{1B} &= -B_{2B} = \frac{1}{4h_B} \left\{ \frac{1}{\kappa_B} \theta_N^* + (f_N^* - p_I^*) - (p_{\theta}^* + p) \right\}, \\ D_{1B} &= -D_{2B} = \frac{1}{4c_B} \left\{ \frac{1}{\kappa_B} \theta_N^* - (f_N^* - p_I^*) + (p_{\theta}^* + p) \right\}. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

(逆対称型)

未知量間の関係式は

$$\left. \begin{aligned} \bar{\theta}_N/\kappa_B &= -\bar{Y}_B \cdot \bar{\eta}_N - \bar{G}_B(\bar{f}_N - \bar{p}_I) + \bar{S}_B \cdot \bar{m}_T, \\ \bar{m}_N &= -\bar{G}_B \cdot \bar{\eta}_N + \bar{F}_B(\bar{f}_N - \bar{p}_I) - \bar{R}_B \cdot \bar{m}_T. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

振動形の係数は

$$\left. \begin{aligned} A_{1B} &= -A_{2B} = \frac{k_B}{h_B} B_{1B} - \frac{1}{2h_B} m_T, \quad C_{1B} = -C_{2B} = \frac{s_B}{c_B} D_{1B} + \frac{1}{2c_B} m_T, \\ B_{1B} &= B_{2B} = \frac{1}{4k_B} (\bar{\eta}_N - \bar{m}_N + m_T), \quad D_{1B} = D_{2B} = \frac{1}{4s_B} (\bar{\eta}_N + \bar{m}_N - m_T). \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

(iii) [0]—断面要素の解

(対称型)

無次元の曲げモーメントおよび剪断力間には次の関係がある。

$$m_{1N} = \omega_{B1B} \cdot m_N, \quad m_{1M} = \omega_{D1D} \cdot m_M, \quad f_{1N} = \varepsilon_{B1B} \cdot f_N, \quad f_{1M} = \varepsilon_{D1D} \cdot f_M \quad (16)$$

(16) を考えて, (6), (12) より θ_N^* , m_N^* を消去すると次の関係式を得る。(N, M の代りに第2図の各交点の番号を下付する)

$$\left. \begin{aligned} Z_B \cdot \eta_{B10}^* + \Gamma_B (f_{B10}^* - \bar{p}_{10}^*) + \omega_{1D1B} W_D \eta_{D10}^* &= -\omega_{1D1B} w_D q_{10}^* + \Omega_B (\bar{p}_{00}^* + \mathbf{p}), \\ Z'_B \cdot \eta_{B10}^* - \Gamma'_B (f_{B10}^* - \bar{p}_{10}^*) - \omega_{1D1B} W'_D \eta_{D10}^* &= -\omega_{1D1B} w'_D q_{10}^* - \Omega'_B (\bar{p}_{00}^* + \mathbf{p}), \\ Z'_B \cdot \eta_{B10}^* + (\varepsilon_{B1B} + \Gamma'_B) f_{B10}^* &= \Gamma'_B \cdot \bar{p}_{10}^* + \Omega'_B (\bar{p}_{00}^* + \mathbf{p}). \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

(17) の第 1, 2 式より

$$f_{B10}^* = -J_{\Pi N} \cdot \eta_{B10}^* + \bar{p}_{10}^* - \omega_{1D1B} K_{\Pi N} \cdot q_{10}^* + L_{\Pi N} (\bar{p}_{00}^* + \mathbf{p}). \quad (18)$$

と η_{D10}^* が求まり, 第3式より η_{B10}^* を求め, これらを用いて η_{B00}^* が求まる。これらをまとめて示す。

$$\left. \begin{aligned} \eta_{B10}^* &= \frac{1}{\Delta_{\Pi}} [-\bar{p}_{10}^* + \omega_{1D1B} H_{\Pi q} \cdot q_{10}^* + H_{\Pi p} (\bar{p}_{00}^* + \mathbf{p})], \\ \eta_{B00}^* &= \frac{1}{\Delta_{\Pi}} [-U_{\Pi B} \cdot \bar{p}_{10}^* + \Psi_{\Pi B} \cdot q_{10}^* - \Phi_{\Pi B} (\bar{p}_{00}^* + \mathbf{p})], \\ \eta_{D10}^* &= \frac{1}{\Delta_{\Pi}} [-\omega_{1B1D} J_{\Pi M} \cdot \bar{p}_{10}^* + \Psi_{\Pi D} q_{10}^* - \omega_{1B1D} \Phi_{\Pi D} (\bar{p}_{00}^* + \mathbf{p})]. \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

(逆対称型)

(6) に (7) の置換をした式と (14) とより $\bar{\theta}_N$, $\bar{m}_N$ を消去すると次式を得る。

$$\left. \begin{aligned} \bar{Z}_B \cdot \bar{\eta}_{B10} - \bar{\Gamma}_B (\bar{f}_{B10} - \bar{p}_{10}) + \omega_{1D1B} W_D \bar{\eta}_{D10} &= -\omega_{1D1B} w_D \bar{q}_{10} - \bar{\Omega}_B \cdot \mathbf{m}_T, \\ \bar{Z}'_B \cdot \bar{\eta}_{B10} + \bar{\Gamma}'_B (\bar{f}_{B10} - \bar{p}_{10}) - \omega_{1D1B} W'_D \bar{\eta}_{D10} &= \omega_{1D1B} w'_D \bar{q}_{10} + \bar{\Omega}'_B \cdot \mathbf{m}_T, \\ \bar{Z}'_B \cdot \bar{\eta}_{B10} + (\varepsilon_{B1B} - \bar{\Gamma}'_B) \bar{f}_{B10} &= -\bar{\Gamma}'_B \bar{p}_{10} - \bar{\Omega}'_B \cdot \mathbf{m}_T. \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

(20) より前と同様にして

$$\bar{f}_{B10} = \bar{J}_{\Pi N} \cdot \bar{\eta}_{B10} + \bar{p}_{10} + \omega_{1D1B} \bar{K}_{\Pi N} \cdot \bar{q}_{10} + \bar{L}_{\Pi N} \cdot \mathbf{m}_T. \quad (21)$$

また各交点の変位は次式のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \bar{\eta}_{B10} &= -\frac{1}{\Delta_{\Pi}} (\bar{p}_{10} + \omega_{1D1B} \bar{H}_{\Pi q} \cdot \bar{q}_{10} + \bar{H}_{\Pi m} \cdot \mathbf{m}_T), \\ \bar{\eta}_{D10} &= \frac{1}{\Delta_{\Pi}} (-\omega_{1B1D} \bar{J}_{\Pi M} \bar{p}_{10} + \bar{\Psi}_{\Pi D} \cdot \bar{q}_{10} + \omega_{1B1D} \bar{\Phi}_{\Pi D} \cdot \mathbf{m}_T), \\ \bar{\eta}_{B00} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

3.2 [1]—断面要素の解

[1]—断面では (1N)—(1M), (2N)—(2M)

間を梁柱によつて連結している。著者が以前実船構造につき計算した例*では梁柱の伸縮剛性は二重底および甲板の曲げ剛性に比べてかなり大きかった。そこで梁柱は伸縮なしで剛体的に運動し, その取付位置で甲板の変位を船底のそれに等しいように拘束しているものとする。その点が [0]—断面要素と異なっている。船底の真中要素は [0]—断面のものをを用いれよい。甲板真中要素も船底のものと同形式である。

(i) [1]—断面外側要素

(対称型)

第6図 [1]—横断面要素

* 文献 10) 参照

前と同様に境界条件式より振動形の係数を消去した未知量間の関係式は

$$\left. \begin{aligned} (Y_{1B} - \omega_{1D1B} Y_{1D}) \eta_M^* + \frac{\Theta_{1B}}{\kappa_{1B}} \theta_N^* + N_{1B} \cdot m_{1N}^* &= \omega_{1D1B} \left(\frac{\Theta_{1D}}{\kappa_{1D}} \theta_M^* + N_{1D} \cdot m_{1M}^* \right), \\ (Y'_{1B} + \omega_{1D1B} Y'_{1D}) \eta_N^* - \frac{\Theta'_{1B}}{\kappa_{1B}} \theta_M^* - N'_{1B} \cdot m_{1N}^* &= \omega_{1D1B} \left(\frac{\Theta'_{1D}}{\kappa_{1D}} \theta_M^* + N'_{1D} \cdot m_{1M}^* \right), \\ (Y''_{1B} + \tilde{\omega} - \varepsilon_{1D1B} Y''_{1D}) \eta_N^* + \frac{\Theta''_{1B}}{\kappa_{1B}} \theta_M^* + N'_{1B} \cdot m_{1N}^* + f_{1N}^* &= \varepsilon_{1D1B} \left(\frac{\Theta''_{1D}}{\kappa_{1D}} \theta_M^* + N'_{1D} \cdot m_{1M}^* + f_{1M}^* \right), \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

となる。

(逆対称型)

(23) にて (7) の置換を行えば逆対称型の場合となる。

また各部材の振動形の係数は [0]—断面にて求めた結果を適当に修正して用いることができる。

(対称型) の場合には

船底では (8) と同じ。

甲板では (9) にて $\eta_M^* \rightarrow -\eta_N^*$ とすればよい。

船側では (10) の H_D にて $\eta_M^* \rightarrow -\eta_N^*$ とすればよい。

(逆対称型) の場合には上の結果にて (7) の置換と (11) を考えればよい。

(ii) 甲板真中部材

(対称型)

未知量間の関係

$$\left. \begin{aligned} \theta_M^* / \kappa_D &= Y_D \cdot \eta_N^* + G_D (f_M^* - q_1^*) - S_D \cdot q_0^*, \\ m_M^* &= G_D \cdot \eta_N^* - F_D (f_M^* - q_1^*) + R_D \cdot q_0^*. \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

振動形の係数

$$\left. \begin{aligned} A_{1D} &= A_{2D} = -\frac{h_D}{k_D} B_{1D} - \frac{1}{2k_D} q_0^*, \quad C_{1D} = C_{2D} = \frac{c_D}{s_D} D_{1D} - \frac{1}{2s_D} q_0^*, \\ B_{1D} &= -B_{2D} = \frac{1}{4h_D} \left(\frac{1}{\kappa_D} \theta_M^* + f_M^* - q_1^* - q_0^* \right), \quad D_{1D} = -D_{2D} = -\frac{1}{4c_D} \left(\frac{1}{\kappa_D} \theta_M^* - f_M^* + q_1^* + q_0^* \right) \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

(逆対称型)

$$\left. \begin{aligned} \bar{\theta}_M / \kappa_D &= \bar{Y}_D \cdot \bar{\eta}_N - \bar{G}_D (\bar{f}_M - \bar{q}_1), \\ \bar{m}_M &= -\bar{G}_D \cdot \bar{\eta}_N + \bar{F}_D (\bar{f}_M - \bar{q}_1). \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

振動形の係数

$$\left. \begin{aligned} A_{1D} &= -A_{2D} = -\frac{k_D}{h_D} B_{1D}, \quad C_{1D} = -C_{2D} = -\frac{s_D}{c_D} D_{1D}, \\ B_{1D} &= B_{2D} = \frac{1}{4k_D} (\bar{\eta}_N - \bar{m}_M), \quad D_{1D} = D_{2D} = \frac{1}{4s_D} (\bar{\eta}_N + \bar{m}_M). \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

(iii) [1]—断面要素の解

(対称型)

(12), (23), (24) より θ_N^* , m_N^* , θ_M^* , m_M^* を消去すると次式を得る。

$$\left. \begin{aligned} (Z_B - \omega_{1D1B} Z_D) \eta_{B11}^* + \Gamma_B (f_{B11}^* - p_{11}^*) - \omega_{1D1B} \Gamma_D (f_{D11}^* - q_{11}^*) &= -\omega_{1D1B} \Omega_D q_0^* + \Omega_B (p_{01}^* + p), \\ (Z'_B + \omega_{1D1B} Z'_D) \eta_{B11}^* - \Gamma'_B (f_{B11}^* - p_{11}^*) - \omega_{1D1B} \Gamma'_D (f_{D11}^* - q_{11}^*) &= -\omega_{1D1B} \Omega'_D q_0^* - \Omega'_B (p_{01}^* + p), \\ (Z''_B + \varpi - \varepsilon_{1D1B} Z''_D) \eta_{B11}^* + (\varepsilon_{B1B} + \Gamma''_B) f_{B11}^* - \varepsilon_{1D1B} (\varepsilon_{D1D} + \Gamma''_D) f_{D11}^* \\ &= \Gamma''_B \cdot p_{11}^* - \varepsilon_{1D1B} (\Gamma''_D q_{11}^* + \Omega''_D \cdot q_0^*) + \Omega''_B (p_{01}^* + p). \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

(28) の第 1, 2 式より剪断力が求まる。

$$\left. \begin{aligned} f_{B11}^* &= J_{1N} \cdot \eta_{B11}^* + p_{11}^* + \omega_{1D1B} K_{1N} q_0^* + L_{1N} (p_{01}^* + p), \\ f_{D11}^* &= \omega_{1B1D} J_{1M} \cdot \eta_{B11}^* + q_{11}^* + K_{1M} q_0^* + \omega_{1B1D} L_{1M} (p_{01}^* + p). \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

(29) を (28) の第 3 式へ入れて η_{B11}^* を求め、これを用いて η_{L01}^* , η_{L01}^* を求めることができる。

$$\left. \begin{aligned} \eta_{B11}^* &= \frac{1}{\Delta_I} [-2p_{11}^* - H_{1q} \cdot q_{\hat{0}1}^* + H_{1p} (p_{\hat{0}1}^* + \mathbf{p})], \\ \eta_{I\hat{0}1}^* &= -\frac{1}{\Delta_I} [2U_{1B} \cdot p_{11}^* + \Psi_{1B} \cdot q_{\hat{0}1}^* + \Phi_{1B} (p_{\hat{0}1}^* + \mathbf{p})], \\ \eta_{I\hat{0}1}^* &= \frac{1}{\Delta_I} [2U_{1D} \cdot p_{11}^* + \Psi_{1D} \cdot q_{\hat{0}1}^* + \Phi_{1D} (p_{\hat{0}1}^* + \mathbf{p})]. \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

(逆対称型)

(14), (24) に (7) の置換を行なつた式と (26) より $\bar{\theta}_N$, $\bar{m}_N$, $\bar{\theta}_M$, $\bar{m}_M$ を消去すると次式を得る。

$$\left. \begin{aligned} (\bar{Z}_B - \omega_{1D1B} \bar{Z}_D) \bar{\eta}_{B11} - \bar{F}_B (\bar{f}_{B11} - \bar{p}_{11}) + \omega_{1D1B} \bar{F}_D (\bar{f}_{D11} - \bar{q}_{11}) &= -\bar{\Delta}_B \cdot \mathbf{m}_T, \\ (\bar{Z}_B + \omega_{1D1B} \bar{Z}_D) \bar{\eta}_{B11} + \bar{F}'_B (\bar{f}_{B11} - \bar{p}_{11}) + \omega_{1D1B} \bar{F}'_D (\bar{f}_{D11} - \bar{q}_{11}) &= \bar{\Delta}'_B \cdot \mathbf{m}_T, \\ (\bar{Z}'_B + \varpi - \varepsilon_{1D1B} \bar{Z}'_D) \bar{\eta}_{B11} + (\varepsilon_{B1B} - \bar{F}'_B) \bar{f}_{B11} - \varepsilon_{1D1B} (\varepsilon_{D1D} - \bar{F}'_D) \bar{f}_{D11} \\ &= -\bar{F}'_B \bar{p}_{11} + \varepsilon_{1D1B} \bar{F}'_D \bar{q}_{11} - \bar{\Delta}'_B \cdot \mathbf{m}_T \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

(31) より剪断力および変位が求まる。

$$\left. \begin{aligned} \bar{f}_{B11} &= \bar{p}_{11} - \bar{J}_{1N} \cdot \bar{\eta}_{B11} + \bar{L}_{1N} \cdot \mathbf{m}_T, \\ \bar{f}_{D11} &= \bar{q}_{11} - \omega_{1B1D} \bar{J}_{1M} \cdot \bar{\eta}_{B11} + \omega_{1B1D} \bar{L}_{1M} \cdot \mathbf{m}_T \end{aligned} \right\} \quad (32)$$

$$\bar{\eta}_{B11} = -\frac{1}{\Delta_I} (2\bar{p}_{11} + \bar{H}_{1m} \cdot \mathbf{m}_T), \quad \bar{\eta}_{L\hat{0}1} = \bar{\eta}_{L\hat{0}1} = 0 \quad (33)$$

4 機関室の強制振動

機関室の縦横断面要素の解として横断面要素の例にて相互反力、強制外力および強制モーメントを残して、縦断面要素との連結点での変位を求めたが、これを縦断面要素の解として利用するためには縦断面部材の記号に全部書きかえると同時に次のような相異点に注意しなければならない。

- (i) 横断面要素の船側部材の代りに縦断面要素では横隔壁部材をとる。従つて水の付加質量はない。
- (ii) 縦断面要素では起振力はない。従つて $\mathbf{p} = 0$ とする。
- (iii) 横断面での $\mathbf{m}_T$ の代りに縦断面では $\mathbf{m}_L$ をとる。そして [I], [II]—縦断面ではこれも零である。
- (iv) 縦断面では相互反力の方向が逆である。

横断面要素における各種の量と縦断面要素におけるものとを区別するために、縦断面における各量には右上肩に l を付けて示すことにする。

つぎに示す各量を零とおいた式はそれぞれ [1], [0]—横断面要素の対称型および逆対称型振動に対する固有値方程式である。

$$\left. \begin{aligned} \Delta_I &= Z_B'' + (\varepsilon_{B1B} + \Gamma_B'') J_{1N} + \varpi - \varepsilon_{1D1B} [Z_D'' + \omega_{1B1D} (\varepsilon_{D1D} + \Gamma_D'') J_{1M}], \\ \bar{\Delta}_I &= \bar{Z}_B'' - (\varepsilon_{B1B} - \bar{\Gamma}_B'') \bar{J}_{1N} + \varpi - \varepsilon_{1D1B} [\bar{Z}_D'' - \omega_{1B1D} (\varepsilon_{D1D} - \bar{\Gamma}_D'') \bar{J}_{1M}], \\ \Delta_{II} &= Z_B'' - (\varepsilon_{B1B} + \Gamma_B'') J_{II N}, \\ \bar{\Delta}_{II} &= \bar{Z}_B'' + (\varepsilon_{B1B} - \bar{\Gamma}_B'') \bar{J}_{II N}. \end{aligned} \right\} \quad (34)$$

これらに対応する縦断面要素の函数として次式を用いる。

$$\left. \begin{aligned} F_I &= Z_B'^l + (\varepsilon_{B1B} + \Gamma_B'^l) J_{1N}^l - \varepsilon_{1D1B} [Z_D'^l + \omega_{1B1D} (\varepsilon_{D1D} + \Gamma_D'^l) J_{1M}^l], \\ \bar{F}_I &= \bar{Z}_B'^l - (\varepsilon_{B1B} - \bar{\Gamma}_B'^l) \bar{J}_{1N}^l - \varepsilon_{1D1B} [\bar{Z}_D'^l - \omega_{1B1D} (\varepsilon_{D1D} - \bar{\Gamma}_D'^l) \bar{J}_{1M}^l], \\ F_{II} &= Z_B'^l - (\varepsilon_{B1B} + \Gamma_B'^l) J_{II N}^l, \\ \bar{F}_{II} &= \bar{Z}_B'^l + (\varepsilon_{B1B} - \bar{\Gamma}_B'^l) \bar{J}_{II N}^l. \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

縦横各断面の同一交点に作用する相互反力は同じ大きさであるが、各断面で無次元化しているので、縦断面のものは横断面のものと次の関係をもっている。

$$\left. \begin{aligned} p_{11}^{*l} &= \varepsilon_{1B,1B}^{ll} p_{11}^*, & p_{\hat{0}1}^{*l} &= \varepsilon_{BC,BC}^{ll} p_{\hat{0}1}^*, & p_{10}^{*l} &= \varepsilon_{1BC,B}^{ll} p_{10}^*, \\ p_{\hat{0}1}^{*l} &= \varepsilon_{B,1BC}^{ll} p_{\hat{0}1}^*, & q_{\hat{0}1}^{*l} &= \varepsilon_{D,1DC}^{ll} q_{\hat{0}1}^*, & q_{10}^{*l} &= \varepsilon_{1DC,D}^{ll} q_{10}^*. \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

(36) の ε_{ij}^{ll} は横断面の i 部材と縦断面の j 部材との寸法比を表わすもので、 C なる下付記号は [0]—横断面および $[\hat{0}]$ —縦断面に関する量であることを示す。逆対称の場合も同じ関係がある。

4.1 縦、横断面とも対称型振動の場合

対称型振動の場合の横断面各要素の縦断面要素との交点における変位は (30), (19) によつて示される。これらを修正して縦断面各要素の横断面要素との交点における変位を求めることができる。それをまとめて示すと次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \eta_{B11}^{*l} &= \frac{1}{F_I} (2p_{11}^{*l} + H_{1Q}^l \cdot q_{10}^{*l} - H_{1P}^l \cdot p_{10}^{*l}), & \eta_{L10}^{*l} &= \frac{1}{F_I} (2U_{1B}^l \cdot p_{11}^{*l} + \Psi_{1B}^l \cdot q_{10}^{*l} + \Phi_{1B}^l \cdot p_{10}^{*l}), \\ \eta_{D10}^{*l} &= -\frac{1}{F_I} (2U_{1D}^l \cdot p_{11}^{*l} + \Psi_{1D}^l \cdot q_{10}^{*l} + \Phi_{1D}^l \cdot p_{10}^{*l}), & \eta_{L61}^{*l} &= \frac{1}{F_{II}} (p_{61}^{*l} - \omega_{1D1B}^l H_{II}^l q_{61}^{*l} - H_{II}^l \cdot p_{60}^{*l}), \\ \eta_{B60}^{*l} &= \frac{1}{F_{II}} (U_{II}^l \cdot p_{61}^{*l} - \Psi_{II}^l \cdot q_{61}^{*l} + \Phi_{II}^l \cdot p_{60}^{*l}), & \eta_{L61}^{*l} &= \frac{1}{F_{II}} (\omega_{1B1D}^l J_{II}^l \cdot p_{61}^{*l} \\ & & & - \Psi_{II}^l \cdot q_{61}^{*l} + \omega_{1B1D}^l \Phi_{II}^l \cdot p_{60}^{*l}) \end{aligned} \right\} \quad (37)$$

(30), (19) と (37) の同じ点の変位を等置すれば相互反力が求まると同時に縦横部材の相互干渉を考慮した固有値方程式が得られる。しかしながら実用計算の上からはこのように縦横3断面にわけて取扱つても固有値を求める計算はかなり複雑であるから近似的にもつと簡単に固有値を求めることができれば便利である。勿論その近似の許容性は数値計算の結果によつてしか判明しないが、数値計算の便宜のため種々の近似的な取扱い方による固有値方程式および相互反力を求める式を誘導しておく。

第7図 縦、横断面とも対称型振動

第8図 変位を等置した点
(○印…(I), ⊙…(II))

(I) 4点で変位を等置した場合(4点が梁柱の取付位置であるため船底、甲板合計8点で変位を等置したことになる)

(30), (37) のそれぞれ第1式にて

$$p_{61}^{*l} = q_{61}^{*l} = p_{10}^{*l} = q_{10}^{*l} = 0$$

として変位を等置すればよい。いま次の記号を用いると

$$\mathfrak{D}_{11} = 1 + \epsilon_{1B,1B}^{II} \frac{\Delta I}{F_I} \quad (38)$$

この式を零とおけばこの場合の固有値方程式である。このとき相互反力は次のようになる。

$$p_{11}^{*l} = \frac{H_{1P}^l}{2\mathfrak{D}_{11}} p \quad (39)$$

(II) 船底真中の1点で変位を等置した場合

$p_{10}^{*l} = p_{61}^{*l} = q_{10}^{*l} = q_{61}^{*l} = 0$ として $\eta_{B60}^{*l} = \eta_{B60}^{*l}$ とする。

$$\mathfrak{D}_{60} = \Phi_{II}^l + \epsilon_{BC,BC}^{II} \frac{\Delta I}{F_{II}} \Phi_{II}^l \quad (40)$$

の記号を用いるとこれを零とおいたものがこの場合の固有値方程式となる。また反力は

$$p_{\delta_0}^* = -\frac{\Phi_{\Pi B}}{\mathfrak{D}_{\delta_0}} \mathbf{p} \quad (41)$$

のごとくなる。

(Ⅲ) 船底の9点で変位を等置した場合(梁柱取付部の甲板の4点でも変位は等しくなっている)

(61), (10) の反力は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} p_{\delta_1}^* &= -\frac{1}{\mathfrak{A}_{\delta B}} \left(-2 U_{IB} \cdot p_{11}^* + \varepsilon_{BC, BC} \frac{\mathcal{A}_I}{\mathcal{F}_{\Pi}} H_{\Pi B}^I \cdot p_{\delta_0}^* - \Phi_{IB} \cdot \mathbf{p} \right), \\ p_{10}^* &= -\frac{1}{\mathfrak{A}_{IB}} \left(-2 \varepsilon_{1B, 1B} \frac{\mathcal{A}_{\Pi}}{\mathcal{F}_{\Pi}} U_{IB}^I \cdot p_{11}^* + H_{\Pi B} \cdot p_{\delta_0}^* + H_{\Pi B} \cdot \mathbf{p} \right). \end{aligned} \right\} \quad (42)$$

この場合は次の式を零とおいたものが固有値方程式である。

$$\mathfrak{D}_B = (\mathfrak{D}_{\delta_0} + a_{\delta_0})(\mathfrak{D}_{11} + a_{11}) - b_{\delta_0} \cdot b_{11} \quad (43)$$

また (11), (60) の反力は

$$\left. \begin{aligned} p_{11}^* &= -\frac{1}{2 \mathfrak{D}_B} [g_{11}(\mathfrak{D}_{\delta_0} + a_{\delta_0}) - g_{\delta_0} \cdot b_{\delta_0}] \mathbf{p}, \\ p_{\delta_0}^* &= -\frac{1}{\mathfrak{D}_B} [g_{\delta_0}(\mathfrak{D}_{11} + a_{11}) - g_{11} \cdot b_{11}] \mathbf{p}. \end{aligned} \right\} \quad (44)$$

のごとくに求まる。(44) を (42) へ入れれば $p_{\delta_1}^*$, p_{10}^* がきまる。

(Ⅳ) 正解—船底の9点, 甲板の8点で変位を等置した場合 (61), (10) 反力は次のように求まる。

$$\left. \begin{aligned} p_{\delta_1}^* &= -\frac{1}{\mathfrak{A}_{\delta B}} \left[-2 U_{IB} \cdot p_{11}^* + \varepsilon_{BC, BC} \frac{\mathcal{A}_I}{\mathcal{F}_{\Pi}} H_{\Pi B}^I \cdot p_{\delta_0}^* - \sum \delta_B \cdot q_{\delta_1}^* - \Phi_{IB} \cdot \mathbf{p} \right], \\ p_{10}^* &= -\frac{1}{\mathfrak{A}_{IB}} \left[-2 \varepsilon_{1B, 1B} \frac{\mathcal{A}_{\Pi}}{\mathcal{F}_I} U_{IB}^I \cdot p_{11}^* + H_{\Pi B} \cdot p_{\delta_0}^* + \sum 1_B \cdot q_{\delta_1}^* + H_{\Pi B} \cdot \mathbf{p} \right]. \end{aligned} \right\} \quad (45)$$

いま次の記号を用いる。

$$\mathfrak{D}_D = c_{\delta_0} d_{11} - c_{11} d_{\delta_0} \quad (46)$$

$$\left. \begin{aligned} \mathfrak{F}_{\delta_1} &= [(\mathfrak{D}_{\delta_0} + a_{\delta_0}) h_{\delta_1} + b_{\delta_0} k_{\delta_1}] / \mathfrak{D}_B - d_{\delta_0} j_{\delta_1} / \mathfrak{D}_D, \\ \mathfrak{F}_{10} &= [(\mathfrak{D}_{\delta_0} + a_{\delta_0}) h_{10} + b_{\delta_0} k_{10}] / \mathfrak{D}_B + c_{\delta_0} j_{10} / \mathfrak{D}_D, \\ \mathfrak{E}_{\delta_1} &= [(\mathfrak{D}_{11} + a_{11}) k_{\delta_1} + b_{11} h_{\delta_1}] / \mathfrak{D}_B - d_{11} j_{\delta_1} / \mathfrak{D}_D, \\ \mathfrak{E}_{10} &= [(\mathfrak{D}_{11} + a_{11}) k_{10} + b_{11} h_{10}] / \mathfrak{D}_B + c_{11} j_{10} / \mathfrak{D}_D, \\ \mathfrak{X}_{\delta_0} &= [(\mathfrak{D}_{\delta_0} + a_{\delta_0}) g_{11} + b_{\delta_0} g_{\delta_0}] / \mathfrak{D}_B + (d_{\delta_0} l_{11} + c_{\delta_0} l_{\delta_0}) / \mathfrak{D}_D, \\ \mathfrak{X}_{11} &= [(\mathfrak{D}_{11} + a_{11}) g_{\delta_0} + b_{11} g_{11}] / \mathfrak{D}_B + (d_{11} l_{11} + c_{11} l_{\delta_0}) / \mathfrak{D}_D. \end{aligned} \right\} \quad (47)$$

$$\mathfrak{D}_{BD} = \mathfrak{F}_{\delta_1} \cdot \mathfrak{E}_{10} - \mathfrak{F}_{10} \cdot \mathfrak{E}_{\delta_1} \quad (48)$$

$\mathfrak{D}_{BD}$ を零とおいたものがこの場合の固有値方程式である。そしてこのときの反力は次のように求まる。

$$\left. \begin{aligned} p_{11}^* &= [\{(\mathfrak{D}_{\delta_0} + a_{\delta_0}) h_{\delta_0} + b_{\delta_0} k_{\delta_0}\} q_{\delta_1}^* + \{(\mathfrak{D}_{\delta_0} + a_{\delta_0}) h_{10} + b_{\delta_0} k_{10}\} q_{10}^* - \{(\mathfrak{D}_{\delta_0} + a_{\delta_0}) g_{11} + b_{\delta_0} g_{\delta_0}\} \mathbf{p}] / 2 \mathfrak{D}_B, \\ p_{\delta_0}^* &= [\{(\mathfrak{D}_{11} + a_{11}) k_{\delta_1} + b_{11} h_{\delta_1}\} q_{\delta_1}^* + \{(\mathfrak{D}_{11} + a_{11}) k_{10} + b_{11} h_{10}\} q_{10}^* - \{(\mathfrak{D}_{11} + a_{11}) g_{\delta_0} + b_{11} g_{11}\} \mathbf{p}] / \mathfrak{D}_B. \end{aligned} \right\} \quad (49)$$

$$\left. \begin{aligned} q_{\delta_1}^* &= \mathbf{p} (\mathfrak{X}_{\delta_0} \mathfrak{E}_{10} - \mathfrak{X}_{11} \mathfrak{F}_{10}) / \mathfrak{D}_{BD}, \\ q_{10}^* &= -\mathbf{p} (\mathfrak{X}_{\delta_0} \mathfrak{E}_{\delta_1} - \mathfrak{X}_{11} \mathfrak{F}_{\delta_1}) / \mathfrak{D}_{BD}. \end{aligned} \right\} \quad (50)$$

4.2 縦、横断面とも逆対称型振動の場合

この場合には各断面要素とも船底および甲板の真中にて変位が零となるので、第9図に示すごとく [0]—横断面, [6]—縦断面とも変位がなく従つて節線となる。変位を等置するのは梁柱の取付位置のみとなる。

(11) での横断面要素にて求まる変位は (33) で、縦断面要素にて求まる変位は次のようになる。

$$\bar{\eta}_{B11}^L = -\frac{1}{\mathcal{F}_I} (2 \bar{p}_{11}^L - \bar{H}_{Im}^L m_L) \quad (51)$$

(33) と (51) の変位を等置すると (11) の反力が求まる。

$$\bar{p}_{11} = \left(-\bar{H}_{Im} \cdot \mathbf{m}_T + \frac{\bar{\mathcal{A}}_I}{\mathcal{F}_I} \bar{H}_{Im}^L \cdot \mathbf{m}_L \right) / 2 \left(1 + \varepsilon_{1B, 1B} \frac{\bar{\mathcal{A}}_I}{\mathcal{F}_I} \right) \quad (52)$$

そしてこの場合の固有値方程式は次のようになる。

第9図 縦，横断面とも逆対称型振動

$$\bar{P}_I + \varepsilon_{IB,1B}^{tl} \bar{A}_I = 0 \quad (53)$$

4.3 横断面は対称型，縦断面は逆対称型振動の場合

この場合には [0]—横断面が節線となる。横断面要素では (30) を，また縦断面要素では

$$\left. \begin{aligned} \bar{\eta}_{BI1}^l &= \frac{1}{P_I} (2\bar{p}_{I1}^l - \bar{H}_{Im}^l \cdot m_L), \\ \bar{\eta}_{B61}^l &= \frac{1}{P_{II}} (\bar{p}_{61}^l - \omega_{ID1B}^l \bar{H}_{II1}^l \cdot \bar{q}_{61}^l + \bar{H}_{II1}^l \cdot m_L), \\ \bar{\eta}_{L61}^l &= \frac{1}{P_{II}} (\omega_{IB1D}^l \bar{J}_{II1}^l \bar{p}_{61}^l - \bar{\Psi}_{ID}^l \cdot \bar{q}_{61}^l + \omega_{IB1D}^l \bar{\Phi}_{ID}^l \cdot m_L), \end{aligned} \right\} \quad (53)$$

となるのでこれらを等置すればよい。

第10図 横断面对称型，縦断面逆対称型振動

$$\bar{\mathcal{D}}_{II} = 1 + \varepsilon_{IB,1B}^{tl} \frac{\bar{A}_I}{P_I} \quad (54)$$

この記号を用いるとき (I1) の反力は次のようになる。

$$p_{11} = \left(H_{1p} \cdot p_{\theta 1} - H_{1q} \cdot q_{\theta 1} + H_{1p} \cdot p + \frac{A_1}{F_1} \bar{H}_{1m}^l \cdot m_L \right) / 2 \tilde{\mathfrak{D}}_{11} \quad (55)$$

$$\left. \begin{aligned} \tilde{c}_p &= \bar{A}_B + U_{1B} \cdot H_{1p} / \tilde{\mathfrak{D}}_{11}, & \tilde{c}_q &= \bar{\Sigma} \delta_B - U_{1B} \cdot H_{1q} / \tilde{\mathfrak{D}}_{11}, \\ \tilde{d}_p &= \bar{A}_D + U_{1D} \cdot H_{1p} / \tilde{\mathfrak{D}}_{11}, & \tilde{d}_q &= \bar{\Sigma} \delta_D - U_{1D} \cdot H_{1q} / \tilde{\mathfrak{D}}_{11}, \\ g_{Bp} &= \Phi_{1B} + U_{1B} \cdot H_{1p} / \tilde{\mathfrak{D}}_{11}, & g_{Bm} &= \frac{A_1}{F_1} (\bar{H}_{1m}^l - U_{1B} \bar{H}_{1m}^l / \tilde{\mathfrak{D}}_{11}), \\ g_{Dp} &= \Phi_{1D} + U_{1D} \cdot H_{1p} / \tilde{\mathfrak{D}}_{11}, & g_{Dm} &= \frac{A_1}{F_1} \frac{U_{1D}}{\tilde{\mathfrak{D}}_{11}} \bar{H}_{1m}^l - \omega_{1B1D}^l \frac{A_1}{F_{11}} \bar{\Phi}_{1D}^l. \end{aligned} \right\} \quad (56)$$

$$\tilde{\mathfrak{D}}_{BD} = \tilde{c}_p \tilde{d}_q - \tilde{c}_q \tilde{d}_p \quad (57)$$

このような記号を用いるとき $\tilde{\mathfrak{D}}_{BD} = 0$ がこの場合の固有値方程式である。船底および甲板の $(\delta 1)$ の反力は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} p_{\theta 1} &= [(\tilde{c}_q \cdot g_{Dp} - \tilde{d}_q g_{Bp}) p + (\tilde{c}_q g_{Dm} + \tilde{d}_q g_{Bm}) m_L] / \tilde{\mathfrak{D}}_{BD}, \\ q_{\theta 1} &= -[\tilde{c}_p g_{Dp} - \tilde{d}_p g_{Bp}) p - (\tilde{c}_p g_{Dm} + \tilde{d}_p g_{Bm}) m_L] / \tilde{\mathfrak{D}}_{BD}. \end{aligned} \right\} \quad (58)$$

この場合と逆に横断面が逆対称型で縦断面が対称型の振動をする場合はここで求めた結果を適当に修正することによって求めることができる。

5 結 言

立体構造としての船の機関室の局部振動にて、起振力および横、縦起振モーメントが作用する場合の解を理論的に求めた。そして縦、横断面の対称型および逆対称型振動を組合わせた各種の場合の固有値方程式を誘導した。実船構造ではここで抽象した以外の部分即ち多層甲板とか機関室前後の船倉部分の影響が当然存在するのではあるが、著者が調べた結果* では大部分の振動は主構造の振動できまり上記部分の影響は高次の振動でしかも飛び飛びにしか表われないので我々が必要とする低次の振動ではここで調べた部分の振動を解析しておけば実用上さしつかえないものと思われる。数値計算結果は次の機会に報告する。

本報告は船体構造委員会西部地区部会に提出したもので、種々有益な御討論をされた渡辺恵弘博士、部会長熊井豊二博士および同会の委員各位に深く感謝する。

なお本研究は昭和 35 年度文部省科学研究費による研究の一部であることを付記する。

付 録

本文中に示さなかつた各種の記号をまとめて示しておく。

(I) 座標, 部材寸法その他

x_i : 部材軸方向の座標,	y_i : 部材の横たわみ,	} (1)
l_i : 部材の長さ,	μ_i : 部材の単位長の質量(付加質量を含む),	
E : ヤング率,	I_i : 部材の断面 2 次モーメント,	
$\kappa_i = \lambda^{1/2} l_i (\mu_i / EI_i)^{1/4}$: 固有値,	$\lambda = (\kappa_i / l_i)^2 (EI_i / \mu_i)^{1/2}$: 円振動数,	
$\xi_i = x_i / l_i$: 軸方向の無次元座標,	$\eta_i = y_i / l_i$: 無次元たわみ,	
θ_i : 連結部の傾斜,	M_i : 連結部のモーメント,	
F_i : 連結部の剪断力,	M_a : 梁柱の全質量,	
B : 船の幅,	D : 船の深さ,	
P_i : 船底における縦横部材の相互反力,	Q_i : 甲板における縦横部材の相互反力,	
P : 主機の起振力,	M_T : 主機の横起振モーメント,	
M_L : 主機の縦起振モーメント,	$m_i = (l_i / EI_i \kappa_i^2) M_i$: 無次元モーメント,	
$f_i = (l_i^2 / EI_i \kappa_i^3) F_i$: 無次元剪断力	i, j : 部材または連結点を代表する下付記号	

(II) 断面要素内の部材連結点の対称および逆対称無次元量

* 文献 12) 参照

構造が対称なので中心線に対して対称な点 (1), (2) における次のような対称および逆対称の無次元量を用いる。

$$\left. \begin{array}{ll} \text{(対称量)} & \text{(逆対称量)} \\ \eta_i^* \equiv \eta_{1i} = \eta_{2i}, & \bar{\eta}_i \equiv \eta_{1i} = -\eta_{2i}, \\ \theta_i^* \equiv \theta_{1i} = -\theta_{2i}, & \bar{\theta}_i \equiv \theta_{1i} = \theta_{2i}, \\ m_i^* \equiv m_{1i} = -m_{2i}, & \bar{m}_i \equiv m_{1i} = m_{2i}, \\ f_i^* \equiv f_{1i} = f_{2i}, & \bar{f}_i \equiv f_{1i} = -f_{2i}. \end{array} \right\} \quad (2)$$

(Ⅲ) 部材寸法比その他

$$\left. \begin{array}{ll} \kappa_i/\kappa_j = (I_i/I_j)(\mu_i/\mu_j)^{1/4}(I_j/I_i)^{1/4}, & \delta_{ij} = (\mu_i/\mu_j)^{1/4}(I_i/I_j)^{3/4}, \\ \omega_{ij} = (I_i/I_j)(\mu_i/\mu_j)^{1/2}(I_i/I_j)^{1/2}, & \varepsilon_{ij} = (I_i/I_j)(\mu_i/\mu_j)^{3/4}(I_i/I_j)^{1/4}, \\ \varpi = \kappa_{1B}M_\alpha/M_{1B}, & M_{1B} : \text{船側と梁柱間の船底部材の全質量} \end{array} \right\} \quad (3)$$

(Ⅳ) 縦横断面の干渉による無次元反力

$$\left. \begin{array}{ll} p_1 = (B_1^2/EI_{1B}\kappa_{1B}^3)P_1, & q_1 = (B_1^2/EI_{1D}\kappa_{1D}^3)Q_1, \\ p_0 = (B_0^2/EI_{0B}\kappa_{0B}^3)P_0, & q_0 = (B_0^2/EI_{0D}\kappa_{0D}^3)Q_0. \end{array} \right\} \quad (4)$$

(Ⅴ) 起振力および起振モーメントの無次元量

右上肩に l を付したものは縦部材に関する量を示す。

$$p = (B_0^2/EI_{0B}\kappa_{0B}^3)P, \quad m_T = (B_0/EI_{0B}\kappa_{0B}^2)M_T, \quad m_L = (L_0/EI_{0B}\kappa_{0B}^2)M_L. \quad (5)$$

(Ⅵ) 基本的函数

$$\left. \begin{array}{ll} s_i = \sin(\kappa_i/2), & c_i = \cos(\kappa_i/2), \\ k_i = \text{sh}(\kappa_i/2), & h_i = \text{ch}(\kappa_i/2), \\ t_i = s_i/c_i, & \nu_i = k_i/h_i, \\ \alpha_i = t_i + \nu_i, & \beta_i = 1/t_i - 1/\nu_i, \\ \bar{\alpha}_i = t_i - \nu_i, & \bar{\beta}_i = 1/t_i + 1/\nu_i, \\ \bar{o}_i = t_i - 1/t_i, & \gamma_i = \nu_i + 1/\nu_i, \\ \zeta_i = t_i\nu_i + 1/t_i\nu_i, & \rho_i = t_i/\nu_i + \nu_i/t_i. \end{array} \right\} \quad (6)$$

(Ⅶ) 断面真中部材における函数

$$\left. \begin{array}{ll} \text{(対称型)} & \text{(逆対称型)} \\ Y_i = 4/(\alpha_i - \beta_i), & \bar{Y}_i = \bar{o}_i\gamma_i/(\bar{\alpha}_i - \bar{\beta}_i), \\ G_i = (\bar{\alpha}_i - \bar{\beta}_i)/(\alpha_i - \beta_i), & \bar{G}_i = (\alpha_i - \beta_i)/(\bar{\alpha}_i - \bar{\beta}_i), \\ F_i = \bar{o}_i\gamma_i/(\alpha_i - \beta_i), & \bar{F}_i = 4/(\bar{\alpha}_i - \bar{\beta}_i), \\ S_i = (\bar{\alpha}_i + \bar{\beta}_i)/(\alpha_i - \beta_i), & \bar{S}_i = \rho_i/(\bar{\alpha}_i - \bar{\beta}_i), \\ R_i = \zeta_i/(\alpha_i - \beta_i), & \bar{R}_i = (\bar{\alpha}_i + \bar{\beta}_i)/(\bar{\alpha}_i - \bar{\beta}_i), \end{array} \right\} \quad (7)$$

($i = B, D$)

(Ⅷ) 断面外側部材における函数 ([0], [1]—断面に共通)

$$\left. \begin{array}{lll} Y_i = \frac{2/\delta_{is} - \alpha_s(\bar{\alpha}_i - \bar{\beta}_i)/2}{\alpha_i + \beta_i}, & \Theta_i = \frac{2\alpha_s + (\alpha_i - \beta_i)/\delta_{is}}{\alpha_i + \beta_i}, & N_i = \frac{\alpha_s(\alpha_i - \beta_i)/2 - \alpha_i\beta_i/\delta_{is}}{\alpha_i + \beta_i}, \\ Y_i' = \frac{2/\delta_{is} + \beta_s(\bar{\alpha}_i - \bar{\beta}_i)/2}{\alpha_i + \beta_i}, & \Theta_i' = \frac{2\beta_s - (\alpha_i - \beta_i)/\delta_{is}}{\alpha_i + \beta_i}, & N_i' = \frac{\beta_s(\alpha_i - \beta_i)/2 + \alpha_i\beta_i/\delta_{is}}{\alpha_i + \beta_i}, \\ Y_i'' = \frac{\zeta_i}{\alpha_i + \beta_i}, & \Theta_i'' = \frac{\bar{\alpha}_i + \bar{\beta}_i}{\alpha_i + \beta_i}, & N_i'' = \frac{\rho_i}{\alpha_i + \beta_i}, \end{array} \right\} \quad (8)$$

($i = 1B, 1D$)

(Ⅸ) [1]—断面要素における函数 ($i = B$ の場合は [0]—断面要素にも共通)

(対称型の場合)

$$\left. \begin{array}{ll} Z_i = Y_{1i} + (\kappa_i/\kappa_{1i})\Theta_{1i}Y_i + \omega_{i1i}N_{1i}G_i, & \Gamma_i = (\kappa_i/\kappa_{1i})\Theta_{1i}G_i - \omega_{i1i}N_{1i}F_i, \\ \Omega_i = (\kappa_i/\kappa_{1i})\Theta_{1i}S_i - \omega_{i1i}N_{1i}R_i, & \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} Z'_i &= Y'_{1i} - (\kappa_i/\kappa_{1i})\Theta'_{1i}Y_i - \omega_{11i}N'_{1i}G_i, & \Gamma'_i &= (\kappa_i/\kappa_{1i})\Theta'_{1i}G_i - \omega_{11i}N'_{1i}F_i, \\ \Omega'_i &= (\kappa_i/\kappa_{1i})\Theta'_{1i}S_i - \omega_{11i}N'_{1i}R_i, \\ Z''_i &= Y'_{1i} + (\kappa_i/\kappa_{1i})\Theta'_{1i}Y_i + \omega_{11i}N'_{1i}G_i, & \Gamma''_i &= (\kappa_i/\kappa_{1i})\Theta'_{1i}G_i - \omega_{11i}N'_{1i}F_i, \\ \Omega''_i &= (\kappa_i/\kappa_{1i})\Theta'_{1i}S_i - \omega_{11i}N'_{1i}R_i \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

($i=B, D$)

$$\left. \begin{aligned} J_{1N} &= [(\Gamma_D Z'_B - \Gamma'_D Z_B) + \omega_{1D1B}(\Gamma_D Z'_D + \Gamma'_D Z_D)]/(\Gamma_B \Gamma'_D + \Gamma'_B \Gamma_D), \\ J_{1M} &= [(\Gamma_B Z'_B + \Gamma'_B Z_B) + \omega_{1D1B}(\Gamma_B Z'_D - \Gamma'_B Z_D)]/(\quad), \\ L_{1N} &= (\Gamma_D \Omega'_B + \Gamma'_D \Omega_B)/(\quad), & L_{1M} &= (\Gamma_B \Omega'_B - \Gamma'_B \Omega_B)/(\quad), \\ K_{1N} &= (\Gamma_D \Omega'_D - \Gamma'_D \Omega_D)/(\quad), & K_{1M} &= (\Gamma_B \Omega'_D + \Gamma'_B \Omega_D)/(\quad). \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

$$\left. \begin{aligned} H_{1P} &= \Omega'_B - (\varepsilon_{B1B} + \Gamma'_B)L_{1N} + \varepsilon_{1D1B}\omega_{1B1D}(\varepsilon_{D1D} + \Gamma'_D)L_{1M}, \\ H_{1Q} &= \varepsilon_{1D1B}\{\Omega'_D - (\varepsilon_{D1D} + \Gamma'_D)K_{1M}\} + \omega_{1D1B}(\varepsilon_{B1B} + \Gamma'_B)K_{1N}, \\ U_{1B} &= 1 - \{\alpha_B Y_B + J_{1N}(\alpha_B G_B - \bar{\alpha}_B)\}/2, & U_{1D} &= 1 - \{\alpha_D Y_D + \omega_{1D1B}J_{1M}(\alpha_D G_D - \bar{\alpha}_D)\}/2, \\ V_{1B} &= \{L_{1N}(\alpha_B G_B - \bar{\alpha}_B) - (\alpha_B S_B - \bar{\alpha}_B)\}/2, & V_{1D} &= \omega_{1B1D}L_{1M}(\alpha_D G_D - \bar{\alpha}_D)/2, \\ W_{1B} &= \omega_{1D1B}K_{1N}(\alpha_B G_B - \bar{\alpha}_B)/2, & W_{1D} &= \{K_{1M}(\alpha_D G_D - \bar{\alpha}_D) - (\alpha_D S_D - \bar{\alpha}_D)\}/2, \\ \Phi_{1B} &= V_{1B}\Delta_1 - U_{1B}H_{1P}, & \Phi_{1D} &= V_{1D}\Delta_1 - U_{1D}H_{1P}, \\ \Psi_{1B} &= W_{1B}\Delta_1 + U_{1B}H_{1Q}, & \Psi_{1D} &= W_{1D}\Delta_1 + U_{1D}H_{1Q}. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

(逆対称型の場合)

$$\left. \begin{aligned} \bar{Z}_i &= Y_{1i} \mp (\kappa_i/\kappa_{1i})\Theta_{1i}\bar{Y}_i - \omega_{11i}N_{1i}\bar{G}_i, & \bar{\Gamma}_i &= (\kappa_i/\kappa_{1i})\Theta_{1i}\bar{G}_i - \omega_{11i}N_{1i}\bar{F}_i, \\ \bar{\Omega}_B &= (\kappa_B/\kappa_{1B})\Theta_{1B}\bar{S}_B - \omega_{B1B}N_{1B}\bar{R}_B, \\ \bar{Z}'_i &= Y'_{1i} \pm (\kappa_i/\kappa_{1i})\Theta'_{1i}\bar{Y}_i + \omega_{11i}N'_{1i}\bar{G}_i, & \bar{\Gamma}'_i &= (\kappa_i/\kappa_{1i})\Theta'_{1i}\bar{G}_i - \omega_{11i}N'_{1i}\bar{F}_i, \\ \bar{\Omega}'_B &= (\kappa_B/\kappa_{1B})\Theta'_{1B}\bar{S}_B - \omega_{B1B}N'_{1B}\bar{R}_B, \\ \bar{Z}''_i &= Y'_{1i} \mp (\kappa_i/\kappa_{1i})\Theta'_{1i}\bar{Y}_i - \omega_{11i}N'_{1i}\bar{G}_i, & \bar{\Gamma}''_i &= (\kappa_i/\kappa_{1i})\Theta'_{1i}\bar{G}_i - \omega_{11i}N'_{1i}\bar{F}_i, \\ \bar{\Omega}''_B &= (\kappa_B/\kappa_{1B})\Theta'_{1B}\bar{S}_B - \omega_{B1B}N'_{1B}\bar{R}_B, \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

($i=B, D$; 複号は $i=B$ のとき上符号, $i=D$ のとき下符号をとる)

$$\left. \begin{aligned} \bar{J}_{1N} &= [(\bar{\Gamma}_D \bar{Z}'_B - \bar{\Gamma}'_D \bar{Z}_B + \omega_{1D1B}(\bar{\Gamma}_D \bar{Z}'_D + \bar{\Gamma}'_D \bar{Z}_D)]/(\bar{\Gamma}_B \bar{\Gamma}'_D + \bar{\Gamma}'_B \bar{\Gamma}_D), \\ \bar{J}_{1M} &= [(\bar{\Gamma}_B \bar{Z}'_B + \bar{\Gamma}'_B \bar{Z}_B) + \omega_{1D1B}(\bar{\Gamma}_B \bar{Z}'_D - \bar{\Gamma}'_B \bar{Z}_D)]/(\quad), \\ \bar{L}_{1N} &= (\bar{\Gamma}_D \bar{\Omega}'_B + \bar{\Gamma}'_D \bar{\Omega}_B)/(\quad), & \bar{L}_{1M} &= (\bar{\Gamma}_B \bar{\Omega}'_B - \bar{\Gamma}'_B \bar{\Omega}_B)/(\quad), \\ \bar{H}_{1M} &= \bar{\Omega}'_B + (\varepsilon_{B1B} - \bar{\Gamma}'_B)\bar{L}_{1N} - \varepsilon_{1D1B}\omega_{1B1D}(\varepsilon_{D1D} - \bar{\Gamma}'_D)\bar{L}_{1M}. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

(X) [0]一断面要素における函数

$$\left. \begin{aligned} w_D &= \Theta_{1D}/\Theta'_{1D}, & w'_D &= \Theta'_{1D}/\Theta'_{1D}, \\ W_D &= Y_{1D} - w_D Y'_{1D}, & W'_D &= Y'_{1D} - w'_D Y'_{1D}. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

(対称型の場合)

$$\left. \begin{aligned} J_{\Pi N} &= (Z_B W'_D + Z'_B W_D)/(\Gamma_B W'_D - \Gamma'_B W_D), & J_{\Pi M} &= (Z_B \Gamma'_B + Z'_B \Gamma_B)/(\quad), \\ L_{\Pi N} &= (\Omega_B W'_D - \Omega'_B W_D)/(\quad), & L_{\Pi M} &= (\Omega_B \Gamma'_B - \Omega'_B \Gamma_B)/(\quad), \\ K_{\Pi N} &= (w_D W'_D + w'_D W_D)/(\quad), & K_{\Pi M} &= (w_D \Gamma'_B + w'_D \Gamma_B)/(\quad), \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

$$\left. \begin{aligned} U_{\Pi B} &= 1 - \{\alpha_B Y_B - J_{\Pi N}(\alpha_B G_B - \bar{\alpha}_B)\}/2, & H_{\Pi P} &= \Omega'_B - (\varepsilon_{B1B} + \Gamma'_B)L_{\Pi N}, \\ V_{\Pi B} &= \{L_{\Pi N}(\alpha_B G_B - \bar{\alpha}_B) - (\alpha_B S_B - \bar{\alpha}_B)\}/2, & H_{\Pi Q} &= (\varepsilon_{B1B} + \Gamma'_B)K_{\Pi N}, \\ W_{\Pi B} &= \omega_{1D1B}K_{\Pi N}(\alpha_B G_B - \bar{\alpha}_B)/2, \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

$$\left. \begin{aligned} \Phi_{\Pi B} &= V_{\Pi B}\Delta_{\Pi} - U_{\Pi B}H_{\Pi P}, & \Phi_{\Pi D} &= L_{\Pi M}\Delta_{\Pi} - J_{\Pi M}H_{\Pi P}, \\ \Psi_{\Pi B} &= W_{\Pi B}\Delta_{\Pi} + \omega_{1D1B}U_{\Pi B}H_{\Pi Q}, & \Psi_{\Pi D} &= K_{\Pi M}\Delta_{\Pi} + J_{\Pi M}H_{\Pi Q}. \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

(逆対称型の場合)

$$\left. \begin{aligned} \bar{J}_{\Pi N} &= (\bar{Z}_B W'_D + \bar{Z}_B W_D) / (\bar{F}_B W'_D - \bar{F}_B W_D), & \bar{J}_{\Pi M} &= (\bar{Z}_B \bar{F}'_B + \bar{Z}_B \bar{F}_B) / (\quad), \\ \bar{L}_{\Pi N} &= (\bar{\Delta}_B W'_D - \bar{\Delta}_B W_D) / (\quad), & \bar{L}_{\Pi M} &= (\bar{\Delta}_B \bar{F}'_B - \bar{\Delta}_B \bar{F}_B) / (\quad), \\ K_{\Pi N} &= (w_D W'_D + w'_D W_D) / (\quad), & \bar{K}_{\Pi M} &= (w_D \bar{F}'_B + w'_D \bar{F}_B) / (\quad). \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{H}_{\Pi m} &= \bar{\Delta}'_B + (\varepsilon_{B1B} - \bar{F}'_B) \bar{L}_{\Pi M}, & \bar{H}_{\Pi q} &= (\varepsilon_{B1B} - \bar{F}'_B) \bar{K}_{\Pi M}, \\ \bar{\Phi}_{\Pi D} &= \bar{L}_{\Pi M} \bar{\Delta}_{\Pi} - \bar{J}_{\Pi M} \bar{H}_{\Pi m}, & \bar{\Psi}_{\Pi D} &= \bar{K}_{\Pi M} \bar{\Delta}_{\Pi} - \bar{J}_{\Pi M} \bar{H}_{\Pi q}. \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

(Ⅹ) 機関室の振動における函数

(縦横断面とも対称型振動の場合)

$$\left. \begin{aligned} A_{\delta B} &= \Phi_{IB} + \varepsilon_{B,1BC} \frac{\Delta_I}{F_{\Pi}}, & A_{\delta D} &= \Phi_{ID} - \varepsilon_{B,1BC} \omega_{1B1D}^l \frac{\Delta_I}{F_{\Pi}} J_{\Pi M}^l, \\ A_{IB} &= 1 + \varepsilon_{1BC,B}^l \frac{\Delta_{\Pi}}{F_I} \Phi_{IB}^l, & A_{ID} &= \omega_{1B1D} J_{\Pi M} - \varepsilon_{1BC,B}^l \frac{\Delta_{\Pi}}{F_I} \Phi_{ID}^l, \\ \sum \delta_B &= \Psi_{IB} - \omega_{1D1B} \varepsilon_{1DC}^l \frac{\Delta_I}{F_{\Pi}} H_{\Pi q}^l, & \sum \delta_D &= \Psi_{ID} + \varepsilon_{D,1DC}^l \frac{\Delta_I}{F_{\Pi}} \Psi_{ID}^l, \\ \sum_{IB} &= \omega_{1D1B} H_{\Pi q} - \varepsilon_{1DC,D}^l \frac{\Delta_{\Pi}}{F_I} \Psi_{IB}^l, & \sum_{ID} &= \Psi_{ID} + \varepsilon_{1DC,D}^l \frac{\Delta_{\Pi}}{F_I} \Psi_{ID}^l. \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

$$\left. \begin{aligned} a_{11} &= \frac{H_{IP} U_{IB}}{A_{\delta B}} + \varepsilon_{1B,1B}^l \varepsilon_{1BC,B}^l \frac{\Delta_I}{F_I} \frac{\Delta_{\Pi}}{F_{\Pi}} \frac{H_{IP} U_{IB}^l}{A_{IB}}, & a_{\delta 0} &= \frac{H_{IP} U_{\Pi B}}{A_{IB}} + \varepsilon_{BC,BC}^l \varepsilon_{B,1BC}^l \frac{\Delta_{\Pi}}{F_{\Pi}} \frac{\Delta_I}{F_I} \frac{H_{IP} U_{\Pi B}^l}{A_{\delta B}}, \\ b_{11} &= \varepsilon_{1B,1B}^l \frac{\Delta_{\Pi}}{F_I} \frac{U_{\Pi B} U_{IB}^l}{A_{IB}} + \varepsilon_{B,1BC}^l \frac{\Delta_{\Pi}}{F_{\Pi}} \frac{U_{IB} U_{\Pi B}^l}{A_{\delta B}}, & b_{\delta 0} &= \varepsilon_{BC,BC}^l \frac{\Delta_{\Pi}}{F_I} \frac{H_{IP} H_{\Pi P}^l}{A_{\delta B}} + \varepsilon_{1BC,B}^l \frac{\Delta_I}{F_I} \frac{H_{IP} H_{\Pi P}^l}{A_{IB}}, \\ g_{11} &= H_{IP} - \frac{H_{IP} \Phi_{IB}}{A_{\delta B}} + \varepsilon_{1BC,B}^l \frac{\Delta_I}{F_I} \frac{H_{IP} H_{\Pi P}^l}{A_{IB}}, & g_{\delta 0} &= \Phi_{\Pi B} + \frac{H_{IP} U_{\Pi B}}{A_{IB}} - \varepsilon_{B,1BC}^l \frac{\Delta_{\Pi}}{F_{\Pi}} \frac{\Phi_{IB} U_{\Pi B}^l}{A_{\delta B}}. \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

$$\left. \begin{aligned} h_{\delta 1} &= H_{IQ} - H_{IP} \sum \delta_B / A_{\delta B}, & k_{\delta 1} &= (\varepsilon_{D,1DC}^l \Psi_{\Pi B}^l + \varepsilon_{B,1BC}^l U_{\Pi B}^l \sum \delta_B / A_{\delta B}) \Delta_{\Pi} / F_{\Pi}, \\ h_{10} &= (\varepsilon_{1DC,D}^l H_{IQ}^l - \varepsilon_{1BC,B}^l H_{IP}^l \sum_{IB} / A_{IB}) \Delta_I / F_I, & k_{10} &= \Psi_{\Pi B} - U_{\Pi B} \sum_{IB} / A_{IB}, \\ c_{11} &= U_{1D} - U_{IB} A_{\delta D} / A_{\delta B}, & d_{11} &= \varepsilon_{1B,1B}^l (U_{1D}^l + U_{IB}^l A_{ID} / A_{IB}) \Delta_{\Pi} / F_I, \\ c_{\delta 0} &= \varepsilon_{BC,BC}^l (\Phi_{\Pi D}^l - H_{IP}^l A_{\delta D} / A_{\delta B}) \Delta_I / F_I, & d_{\delta 0} &= \Phi_{\Pi D} + H_{IP} A_{ID} / A_{IB}, \\ j_{\delta 1} &= \sum \delta_D - \sum \delta_B A_{\delta D} / A_{\delta B}, & j_{10} &= \sum_{ID} - \sum_{IB} A_{ID} / A_{IB}, \\ l_{11} &= \Phi_{ID} - \Phi_{IB} A_{\delta D} / A_{\delta B}, & l_{\delta 0} &= \Phi_{\Pi D} + H_{IP} A_{ID} / A_{IB}. \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

(横断面は対称型, 縦断面は逆対称型振動の場合)

$$\left. \begin{aligned} \bar{A}_{\delta B} &= \Phi_{IB} + \varepsilon_{B,1BC} \frac{\Delta_I}{F_{\Pi}}, & \bar{A}_{\delta D} &= \Phi_{ID} - \varepsilon_{B,1BC} \omega_{1B1D}^l \frac{\Delta_I}{F_{\Pi}} \bar{J}_{\Pi M}^l, \\ \bar{\sum} \delta_B &= \Psi_{IB} + \varepsilon_{D,1DC} \omega_{1D1B}^l \frac{\Delta_I}{F_{\Pi}} \bar{H}_{\Pi q}^l, & \bar{\sum} \delta_D &= \Psi_{ID} + \varepsilon_{D,1DC} \frac{\Delta_I}{F_{\Pi}} \bar{\Psi}_{ID}^l. \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

文 献

- 1) 奥田克己, 有馬孝: “縦横に防撓材を有する矩形薄板の強さおよび固有振動数”, 造船協会々報 58, 59 (1936)
- 2) 栖原二郎: “平面板の自由振動に及ぼす防撓材の影響について”, 造船協会々報, 78 (1946)
- 3) T. Kumai: “Vibrations of the Deck Panels in Ship Structure”, Rep. Res. Inst. Appl. Mech., Kyushu Univ., II, 8 (1953)
- 4) 山本善之: “二重底の振動に就て”, 造船協会々報, 83 (1951)
- 5) 樋口道之助: “防撓矩形板の振動について”, 造船協会論文集, 89 (1955)
- 6) 川上益男: “防撓矩形板の強制振動”, 広島大学工学部報告, III, 2 (1954); IV, 3 (1955)
M. Kawakami: “Local Vibration and Strength in the Ship Structure (I)”, Memo. Facu. Eng., Hiroshima Univ., 1 (1957)
- 7) 山本善之: “平面構造物の振動について”, 造船協会々報, 76 (1954)
山本善之: “矩形平板構造物の振動について”, 造船協会々報, 82 (1949); 83 (1951)
- 8) 金沢武: “船体局部振動に関する一問題”, 造船協会々報, 86 (前編) (1953)

- 9) 樋口道之助：“附加質点および弾性柱を有する矩形板”，造船協会論文集，90 (1956)
 - 10) 川上益男：“パネルの振動に対する補強法について”，西部造船会々報，9 (1955)
川上益男：“主機台の振動について”，西部造船会々報，12 (1956)
 - 11) 川上益男：“船体横断面の振動について (第1報)”，西部造船会々報，19 (1960)
 - 12) 川上益男：“船体横断面の振動について (第2報)”，西部造船会々報，20 (1960)
 - 13) 川上益男：“船体横断面の振動について (第3報)”，西部造船会々報，21 (1961)
 - 14) 鬼頭史域：“水中に於いて振動する平板の附加質量に就て”，造船協会雑纂，266 (1944)
 - 15) T. Kumai: “Some Notes on the Local Vibrations of Ships”, Rep. Res. Inst. Appl. Mech., Kyushu Univ., III, 12 (1955)
-