

Fairing および Seam Landing 作業の数値計算化

正員 星 野 真* 正員 木 村 正 英*
正員 五十嵐 元 彦*

The Fairing of Ship Lines and Seam Landing Calculation by a Computer

By Makoto Hoshino, *Member*

Masahide Kimura, *Member*

Haruhiko Igarashi, *Member*

Summary

Some proposals to use a high-speed computer for the fairing of ship lines have been made in recent years. And as many advantages of time and economy are expected, the method of practical application of the computer in ship line-fairing must be established before long.

Among some reports on this problem, we obtained suggestions from F. Theilheimer¹⁾ and developed a programme of numerical calculation for practical use. This programme uses the values of station offset as input data and calculates the values of the frame offset as output data.

And as the application of the fairing method we have also developed a programme for the seam landing calculation.

In this report are given the outline of these programmes and an example of out put data of the fairing calculation.

1 緒 言

基本設計で船型を大略決定して Station Offset として表現すると、工作に先立ち現図段階においてこれをさらに詳細整形化するいわゆる Fairing 作業を行ない線図を描き上げる。この Fairing 作業を数値計算にて代行させようとする試みは、今までいろいろな論文で取上げられている。特に最近の大型電子計算機利用の進展により、その時間的、経済的効果が大きいと見込まれるだけに、これは早晩実用化されねばならぬ問題である。

筆者等は諸論文のうち、主として F. Theilheimer⁽¹⁾ のものより示唆をうけて一方法を考え、Station Offset の数値を Input Data として Fairing 計算を行ない、Frame Offset 用の諸数値を算出する Programme および一部 Fairing の手法を応用して Seam Landing 計算を行なう Programme を作った。使用結果は実船に適用して良好であるのでここに発表する。

2 方 法

線図を構成している船体の各断面線は、実際は Batten の撓み曲線であり、これは分銅による多点支持兼集中荷重の連続梁の撓み曲線と考えられる。現在横浜造船所では一様矩形断面の Batten で作業を行なっており、この曲線は各荷重点間で 3 次式で近似できるのではないかと考えた。かつ各支持点の左右では梁の勾配、Moment は連続であるから、各区間での撓みを表わす 3 次式の 2 次微分までは全体を通じて連続である。

したがって n 個の点 $p_1, p_2, \dots, p_n$ にて分銅で押えられた Batten の撓み曲線は p_1 を原点 p_1 , p_n を結ぶ直線を x 軸、これに直角に y 軸、点 p_i の座標値を (x_i, y_i) とすると、

$$\begin{aligned} y=f(x) &= a_1 + a_2x + a_3x^2 + a_4(x-x_1)_+^3 + a_5(x-x_2)_+^3 + \dots + a_{n+2}(x-x_{n-1})_+^3 \\ &= a_1 + a_2x + a_3x^2 + \sum_{i=1}^{n-1} a_{i+3}(x-x_i)_+^3 \end{aligned} \quad (1)$$

原稿受付 昭和 41 年 1 月 10 日

* 三菱重工業(株)横浜造船所造船工作部

で近似される。

ただし、函数 $(x-x_i)_+^3$ は

$$\left. \begin{array}{l} x \leq x_i \text{ で } 0 \\ x > x_i \text{ で } (x-x_i)^3 \end{array} \right\}$$

を表わす。

したがって、点 $p_i(x_i, y_i)$ $i=1, 2, \dots, n$ を与えられたとき、これを通る Spline Curve を求めるには、 (x_i, y_i) より最小自乗法で (1) 式をあてはめ、

$$\sum_{i=1}^n (f(x_i) - y_i)^2 = \text{Min.} \quad (2)$$

なる条件式から a_i を求めればよい。しかし、単に (2) 式のみから求めた曲線は、各点を通るが必ずしも Fair ではなく、各点間において不必要な変曲点を作る恐れがあるので、曲線自体の Fairness を確保するため、次のような方法を用いた。

すなわち、実際の Fairing で Batten を一応 set した後、両端を除く $n=2, \dots, n-1$ 番目までの点を押える分銅を1つずつはずして見て、その部分の弾ね戻りができるだけ微小になるまで、全分銅の位置を互いに修正するという作業は、各荷重点における Shearing Force の変化量が全体を通じて最小になるようにすることであると考えた。そこで、

$y=f(x)$ を撓み曲線とすれば

$$f'''(x_{i+1}) - f'''(x_i) = 6a_{i+3}$$

$$i=2, 3, \dots, n-1$$

が支持点 x_i で Batten に働いている Shearing Force の変化量に比例するから、上記の意味での Fairness の条件は、この値の自乗和が最小であるという条件で表現できるとして、

$$\sum_{i=2}^{n-1} (a_{i+3})^2 = \text{Min.} \quad (3)$$

なる条件式を得る。

これより点 $p_i(i=1, 2, \dots, n)$ に対する1本の Fair Curve を求めるに、(2) 式と (3) 式を比重 S で結合して、

$$I = \sum_{i=1}^n (f(x_i) - y_i)^2 + S \cdot \sum_{i=2}^{n-1} (a_{i+3})^2 = \text{Min.} \quad (4)$$

なる条件式を得る。

(4) 式より、

$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial I}{\partial a_k} = \sum_{i=1}^n (f(x_i) - y_i) \cdot \frac{\partial f(x_i)}{\partial a_k} + S \cdot \sum_{i=2}^{n-1} (a_{i+3}) \cdot \frac{\partial a_{i+3}}{\partial a_k} = 0 \\ \text{ただし } k=1, 2, \dots, n+2 \end{array} \right\} \quad (5)$$

ここで、

$$\frac{\partial f(x)}{\partial a_k} = \begin{cases} x^{k-1} \dots k=1, 2, 3 \text{ のとき} \\ (x-x_{k-3})_+^3 \dots k=4, 5, \dots, n+2 \text{ のとき} \end{cases}$$

$$\frac{\partial a_{i+3}}{\partial a_k} = \begin{cases} 0 \dots k \neq i+3 \text{ のとき} \\ 1 \dots k = i+3 \text{ のとき} \end{cases}$$

であるから (5) 式は、

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{j=1}^3 (a_j \sum_{i=1}^n x_i^{j-1} \cdot x_i^{k-1}) + \sum_{j=4}^{n+2} (a_j \sum_{i=1}^n (x_i - x_{j-3})_+^3 \cdot x_i^{k-1}) = \sum_{i=1}^n y_i \cdot x_i^{k-1} \quad k=1, 2, 3 \\ \sum_{j=1}^3 (a_j \sum_{i=1}^n x_i^{j-1} \cdot (x_i - x_1)_+^3) + \sum_{j=4}^{n+2} (a_j \sum_{i=1}^n (x_i - x_{j-3})_+^3 \cdot (x_i - x_1)_+^3) = \sum_{i=1}^n y_i (x_i - x_1)_+^3 \quad k=4 \\ \sum_{j=1}^3 \left(a_j \sum_{i=1}^n x_i^{j-1} \cdot (x_i - x_{k-3})_+^3 \right) + \sum_{j=4}^{n+2} (a_j \sum_{i=1}^n (x_i - x_{j-3})_+^3 \cdot (x_i - x_{k-3})_+^3) + S \cdot a_k \\ = \sum_{i=1}^n y_i \cdot (x_i - x_{k-3})_+^3 \quad k=5, 6, \dots, n+2 \end{array} \right\} \quad (6)$$

なる $n+2$ 元連立方程式となるから、これを解いて a_i を求めればよい。

この際 S はまえもつてある値を与えておくのであるが、これにより $f(x)$ が決まるから、これを用いて Fairness の判定を行ない、 S の値の当否を検討する。

求められた曲線が妥当な程度に Fair であるかどうかは、変曲点の数が不必要に多いかどうかを調べることである。曲線は各区間ごとに3次の項の係数の異なる3次曲線であるから、発生しうる変曲点は各区間にたかだか1個しかない。したがって境界点 p_i と p_{i+1} における2次微分値 $f''(x)$ の符号が同じであれば区間 $p_i \sim p_{i+1}$ で変曲点がないことであり、異れば1個発生していることになる。これを用いて Data point $p_i(x_i, y_i)$ より3点 p_{i-1}, p_i, p_{i+1} 間の2次差分値の符号の変化と照合すればよいのであるが、Data の精度がこの基準とするに十分でないことがわかつたので経験的に Fair Curve は変曲点が2区間連続して発生することのない曲線であると考え、これを条件として用いた。すなわち、一般的に S を増せば変曲点の数は減る（代りに y_i と $f(x_i)$ との差が全般的に大きくなる）から、 $f''(x_i)$ $i=1, 2, \dots, n$ の符号が2区間以上同一のまま続けばよし、続かなければ S を増して(6)式を解き直すという方法を試みたところ、かなりよい結果を得たのでこの方法をとることにした。ただし、 S がある値以上になれば $f(x_i)$ と y_i との差が大きくなりすぎるのでこの差が 10mm 程度を越えぬよう、 S の値に上限を設けた。この S の上限値による a_i の解では上記の Fairness の条件に適合しなくとも余計な“うねり”の量がごくわずかとなるので、実用精度上ほとんど問題はない。

もちろん、このようなことが可能なのは、Data に用いる値（各船体断面線上の点の座標値）自体がすでに設計段階である程度 Fairing されていることにもよっている。

3 船体への適用

前章の方法を用いて Station Offset により表わされた船体線図を Fairing して Frame Offset を得るわけであるが、Programme 作成上船体中央部 ($1/4\text{st.} \sim 9^3/4\text{st.}$) と $1/4\text{st.}$ よりも船尾のいわゆる Cant 部分および $9^3/4\text{st.}$ よりも船首の部分をも別個に扱うこととした。

使用した座標系は、Midship と Center line の交点上の空中の任意高さの点を原点とし、それより船体長さ方向に x 軸 (Midship より船尾側、船首側をそれぞれ別個に扱い外向きを正とする)、幅方向に y 軸 (外向きを正)、深さ方向に z 軸 (下向きを正) とした (図1)。

3.1 船体中央部の Fairing

ここでは、船体長さ方向に $1/4\text{st.} \sim 9^3/4\text{st.}$ まで、高さ方向に Base Line より Poop, Fcile DK. までを扱う。

まず、Station Offset より必要数値を読み、正面線図に始まつて各平面ごとに各断面線の Fairing を行ない、これらの線図同志で各点の位置のずれを照合してみるという実作業通りの過程をとらせてみた。なお、各 Deck Side Line は平面図上では Water Line に準じた扱いをするが、各 Frame 位置における Deck Side Line の高さを求める必要から、正面線図の計算に入る前に、Station Offset による各 Station 位置での高さをもとに側面図上で Deck Side Line の Fairing を行なうこととした。

各断面線の Fairing 終了後、各 Water Line ごとに各 Frame 位置で船幅を求め、これをもとにして Frame Offset を Out putするのであるが、この過程を簡単な Flow Chart として図2に示す。

一平面上、各線の Fairing に当つては、この平面上に直交座標系 $X-Y$ を設け、船体のどの面の線図であるかによつて、正面では $z-y$ 系を、平面では $x-y$ 系を、側面では $x-z$ 系をそのままこの $X-Y$ 系として取扱う。

一本の線についていえばまず与えられた点 p_i (中心から外側へ $i=1, 2, 3, \dots, n$) で予想される線が直線部を含むかどうかを判定する。すなわち正面線図における Wall Side のある部分の線とか、平面線図での平行部分を含む線といったような線であるか否かの判定である。例えば、 $p_1 \sim p_n$ のうち $p_1 \sim p_m$ ($1 < m < n$) までが直線、 $p_m \sim p_n$ が曲線であると予想されるならば、 $p_1 \sim p_m$ と $p_m \sim p_n$ を分けて別々に取扱う。 $p_1 \sim p_m$ に対しては直線式をあてはめるのであり、 $p_m \sim p_n$ に対してはこの平面上での座標を $X-Y$ 座標系から p_m, p_n を結ぶ直線を $\xi-\eta$ 座標系に変換してから前章でのべた方法を適用する。(したがって p_m が $\xi-\eta$ 系の原点とな

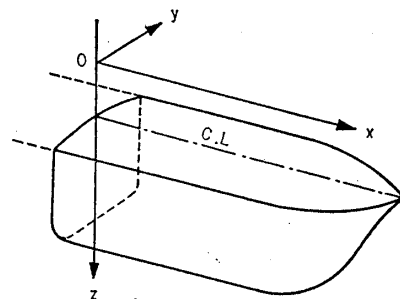


図1 船体に用いた座標系

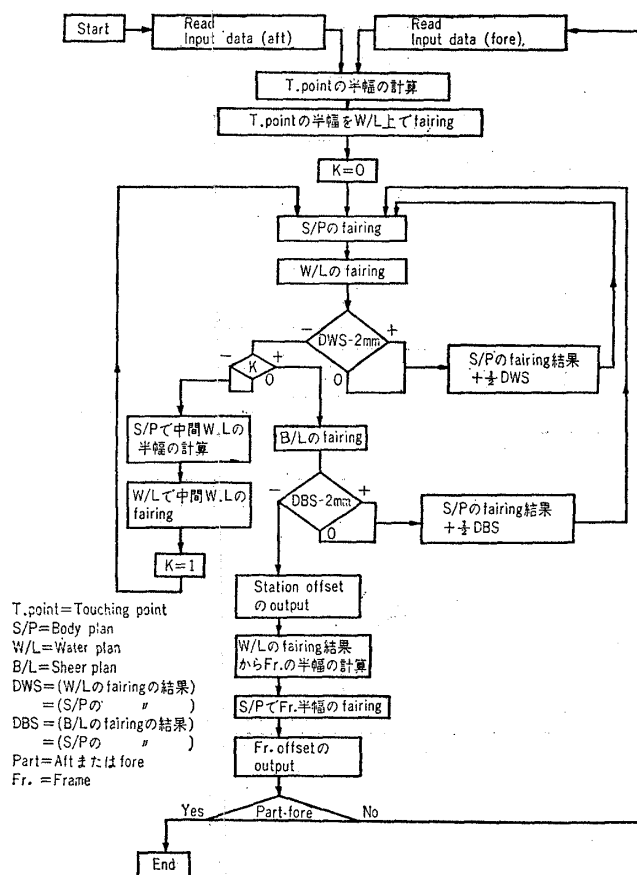


図2 フェアリングのフローチャート

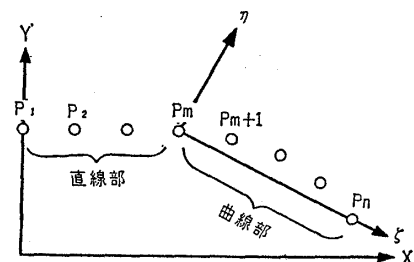


図3 ライン フェアリングの座標系

る)。これは計算の便宜上、撓み曲線近似式を3次陽函数の形で取扱いいたためである(図3)。

なお、このように一部に直線を含む曲線の場合直線部(添字Sを用いる)と曲線部(添字Cを用いる)との境界 $p_m(X_m, Y_m)$ においては、

$$f_s(X_m) = f_c(X_m) \quad (7)$$

$$f'_s(X_m) = f'_c(X_m) \quad (8)$$

が成立しなければならないから、曲線部に対しては、 ξ - η 座標系で考えると、(1)式の係数 $a_1 \sim a_{n'+2}$ のうち(この場合点の全数は n のかわりに $n' = n - m + 1$ 個となる。)

$$(7) \text{ 式より } a_1 = \eta_1 = 0$$

$$(8) \text{ 式より } a_2 = \frac{Y_n - Y_m}{X_n - X_m}$$

が条件式として与えられることとなり、残る $a_3 \sim a_{n'+2}$ を求める方程式は(6)式の代りに次のような n' 元連立方程式となる。

$$\left. \begin{aligned}
 a_3 \cdot \sum_{i=2}^{n'} \xi_i^4 + \sum_{j=4}^{n'+2} (a_j \cdot \sum_{i=2}^{n'} (\xi_i - \xi_{j-3})^3 \cdot \xi_i^2) &= \sum_{i=2}^{n'} (\eta_i - \eta_1 - a_2 \xi_i) \cdot \xi_i^2 \quad k=3 \\
 a_3 \cdot \sum_{i=2}^{n'} \xi_i^2 (\xi_i - \xi_1)^3 + \sum_{j=4}^{n'+2} (a_j \cdot \sum_{i=2}^{n'} (\xi_i - \xi_{j-3})^3 \cdot (\xi_i - \xi_1)^3) \\
 &= \sum_{i=2}^{n'} (\eta_i - \eta_1 - a_2 \xi_i) (\xi_i - \xi_1)^3 \quad k=4 \\
 a_3 \cdot \sum_{i=2}^{n'} \xi_i^2 (\xi_i - \xi_{k-3})^3 + \sum_{j=4}^{n'+2} (a_j \cdot \sum_{i=2}^{n'} (\xi_i - \xi_{j-3})^3 \cdot (\xi_i - \xi_{k-3})^3) + S \cdot a_k \\
 &= \sum_{i=2}^{n'} (\eta_i - \eta_1 - a_2 \xi_i) \cdot (\xi_i - \xi_{k-3})^3 \quad k=5, 6, \dots, n'+2
 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

全て曲線部のみの場合はもちろん p_1, p_n を結んだ直線を ξ 軸とする ξ - η 座標系に変換してから(6)式より $a_1, a_2, \dots, a_{n+2}$ を求めるわけである。

このような Line Fairing を1つの Subroutine としたのであるがその過程を要約して Flow Chart としたものが図4である。

Sの値は本来 Batten の剛性に関するものであり、Fairing を行なう線の種類(正面線図, 平面線図または側面線図の別)によりほぼある範囲になるべきものとする。現在までの経験では(6)式または(9)式の方程式の係数および定数 Matrix とその逆 Matrix を長さ m/m 単位, Double Precision (有効数字16桁)で計算するとき、正面線図に対しては $10^{14} \sim 10^{18}$, 平面および側面線図に対して 10^{14} 前後のようである。

3.2 船首尾部の Fairing

ここでは3.1で扱った範囲外の船首尾部の Fairing を行なうが、船尾についてはいわゆる Cant 部のみを取扱い、金物等の影響を受ける下位の部分は除外した。

Fairing の手法は 3.1 とほぼ同じであるが、平面および側面図上の線を中央部のそれとなめらかに連絡させるとともに、平面図上のいわゆる R-end については楕円近似を用いることとした。

すなわち、平面図における各線の楕円開始点 P を計算前の現図段階で求め、 $1/4$ st. または $9\frac{3}{4}$ st. からこの点 P までの曲線は 3.1 の手法（中央部との接続の条件を考慮して）により近似し、図 5 に示すように、定点 E, P を通り、Centre Line 上に軸を有し、点 P で上の近似曲線と同一接線を有する楕円を求めることとした。なお、Fairing 終了後 Frame Offset を Out put させることは中央部の場合と同様である。

4 計算結果例

以上のべた方法で、FORTRAN を用いて作った Programme による計算結果例を表 1、表 2、図 6 に示す。表 1、表 2 は結果を Offset の形にして出したものであり、図 6 はそれにもとづき作図した正面線図である。この時の Data Ship は当所の第 852 番船、使用機械は IBM 7044、使用時間は約 50 分であった。

5 Seam Landing 計算

Fairing が終了するとこれによつて求められた Frame Offset をもとにして Body Plan が作図される。一般にはこの Body Plan と設計から出される Shell Development をもとにして外板の板どり、展開が行なわれる。当横浜造船所においては数年来、外板展開、Frame, Long. 類の曲げ寸法、Block 治具の寸法等は数値計算化がなされており、現図場の Floor を使用しての展開作業は行なわれていない。それに代つて、Body Plan 上での

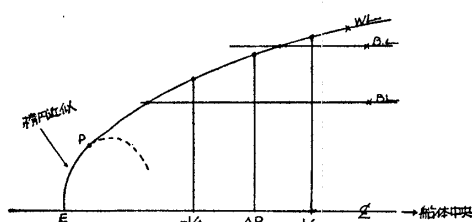


図 5 船首尾部平面図

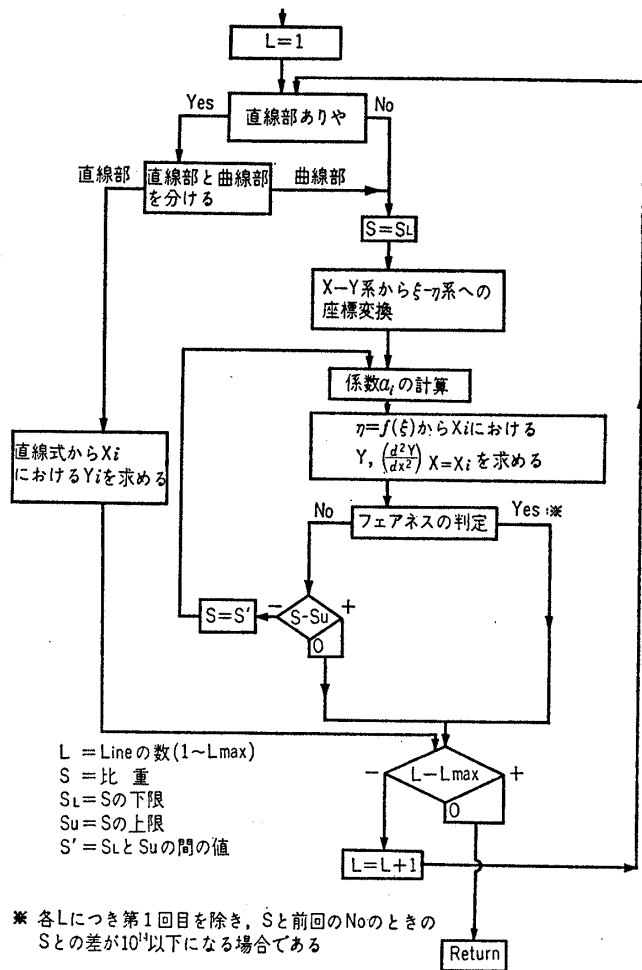


図 4 ラインフェアリングのサブルーチン

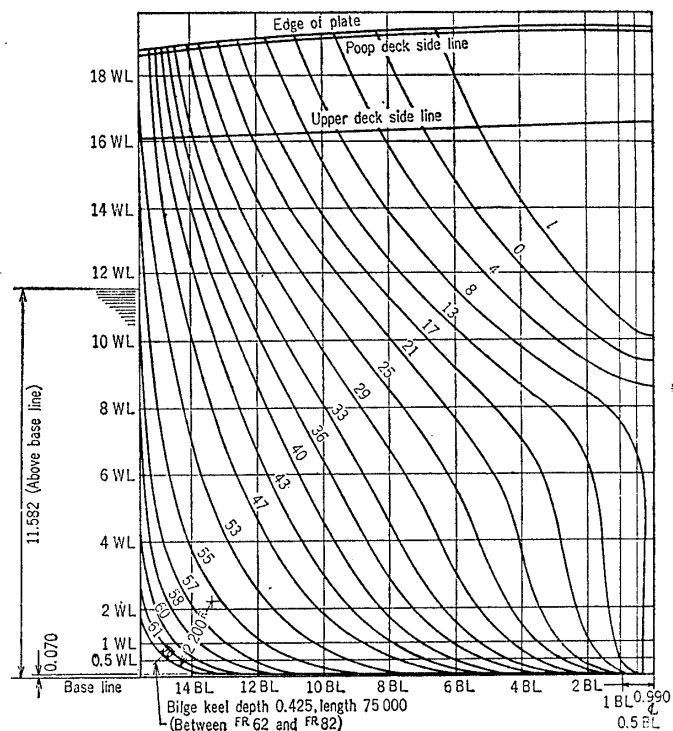


図 6 計算数値による線図例

表 1 ステーションオフセット

Half breadth in meters

Statn	T. Line	0.25 MWL	0.50 MWL	0.75 MWL	1.0 MWL	1.5 MWL	2.0 MWL	2.5 MWL	3.0 MWL	4.0 MWL	5.0 MWL	6.0 MWL	7.0 MWL
0.25	0.360 (0.000)	0.358 (0.000)	0.354 (0.001)	0.350 (0.000)	0.345 (0.000)	0.336 (0.000)	0.327 (0.002)	0.315 (0.000)	0.297 (0.003)	0.255 (0.000)	0.252 (0.002)	0.362 (0.003)	0.674 (0.001)
0.5	0.510 (0.000)	1.284 (0.000)	1.571 (0.006)	1.773 (0.000)	1.931 (0.009)	2.165 (0.000)	2.335 (0.000)	2.473 (0.000)	2.590 (0.000)	2.790 (0.000)	3.025 (0.000)	3.366 (0.001)	3.958 (0.002)
0.75	1.000 (0.000)	2.292 (0.000)	2.847 (0.003)	3.229 (0.000)	3.524 (0.004)	3.972 (0.000)	4.314 (0.004)	4.599 (0.000)	4.849 (0.001)	5.295 (0.000)	5.729 (0.001)	6.230 (0.000)	6.861 (0.001)
1.0	1.905 (0.000)	3.688 (0.000)	4.376 (0.001)	4.865 (0.000)	5.249 (0.001)	5.841 (0.000)	6.315 (0.000)	6.725 (0.000)	7.085 (0.000)	7.693 (0.002)	8.233 (0.002)	8.785 (0.000)	9.345 (0.000)
1.5	4.775	6.989	7.774	8.351	8.820	9.549	10.105	10.551	10.930	11.575	12.108	12.564	12.960
2.0	8.150 (0.000)	9.960 (0.000)	10.750 (0.000)	11.317 (0.000)	11.749 (0.001)	12.378 (0.000)	12.850 (0.000)	13.225 (0.000)	13.530 (0.000)	14.000 (0.000)	14.365 (0.000)	14.630 (0.000)	14.820 (0.000)
2.5	11.040 (0.000)	12.326 (0.000)	12.971 (0.021)	13.400 (0.000)	13.729 (0.006)	14.226 (0.000)	14.574 (0.006)	14.814 (0.000)	14.982 (0.002)	15.198 (0.003)	15.330 (0.005)	15.404 (0.004)	15.454 (0.001)
3.0	12.700 (0.000)	13.670 (0.000)	14.240 (0.000)	14.575 (0.000)	14.815 (0.000)	15.154 (0.000)	15.355 (0.000)	15.454 (0.000)	15.500 (0.000)	15.535 (0.000)	15.545 (0.000)	15.545 (0.000)	15.545 (0.000)
4.0	13.356 (0.000)	14.241 (0.000)	14.666 (0.004)	14.945 (0.000)	15.149 (0.009)	15.410 (0.000)	15.530 (0.010)	15.545 (0.000)	15.545 (0.000)	15.545 (0.000)	15.545 (0.000)	15.545 (0.000)	15.545 (0.000)
5.0	13.356 (0.000)	14.241 (0.000)	14.666 (0.004)	14.945 (0.000)	15.149 (0.009)	15.410 (0.000)	15.530 (0.010)	15.545 (0.000)	15.545 (0.000)	15.545 (0.000)	15.545 (0.000)	15.545 (0.000)	15.545 (0.000)

表 2 フレームオフセット

Half breadth in meters

Frame	T. Line	0.25 MWL	0.50 MWL	0.75 MWL	1.0 MWL	1.5 MWL	2.0 MWL	2.5 MWL	3.0 MWL	4.0 MWL	5.0 MWL	6.0 MWL	7.0 MWL
FR 9	0.362	0.431	0.445	0.455	0.462	0.469	0.472	0.471	0.463	0.436	0.449	0.576	0.918
FR 10	0.366	0.543	0.585	0.617	0.642	0.675	0.698	0.714	0.721	0.718	0.757	0.911	1.297
FR 11	0.375	0.650	0.723	0.777	0.820	0.880	0.923	0.956	0.977	1.000	1.065	1.245	1.672
FR 12	0.386	0.754	0.858	0.935	0.997	1.084	1.146	1.196	1.232	1.281	1.373	1.580	2.042
FR 13	0.401	0.855	0.992	1.092	1.172	1.286	1.369	1.435	1.487	1.562	1.681	1.914	2.408
FR 14	0.419	0.954	1.125	1.249	1.346	1.488	1.591	1.674	1.740	1.843	1.989	2.248	2.770
FR 15	0.441	1.052	1.257	1.404	1.520	1.689	1.812	1.911	1.992	2.124	2.296	2.580	3.127
FR 16	0.468	1.149	1.389	1.559	1.693	1.889	2.032	2.148	2.244	2.405	2.603	2.911	3.480
FR 17	0.498	1.247	1.521	1.715	1.866	2.089	2.252	2.384	2.495	2.685	2.909	3.241	3.828
FR 18	0.532	1.346	1.654	1.870	2.039	2.289	2.472	2.620	2.746	2.965	3.215	3.570	4.171
FR 19	0.570	1.447	1.789	2.027	2.212	2.488	2.691	2.856	2.997	3.245	3.520	3.896	4.510
FR 20	0.613	1.549	1.924	2.184	2.386	2.688	2.911	3.092	3.247	3.524	3.823	4.221	4.843
FR 21	0.661	1.655	2.061	2.343	2.561	2.888	3.130	3.327	3.498	3.803	4.126	4.543	5.172
FR 22	0.725	1.789	2.233	2.540	2.777	3.133	3.399	3.617	3.806	4.145	4.496	4.935	5.570
FR 23	0.797	1.929	2.409	2.739	2.995	3.380	3.669	3.906	4.114	4.486	4.863	5.324	5.960
FR 24	0.877	2.075	2.589	2.942	3.215	3.627	3.939	4.196	4.422	4.826	5.228	5.707	6.343
FR 25	0.964	2.230	2.774	3.148	3.437	3.876	4.209	4.486	4.730	5.165	5.590	6.085	6.718
FR 26	1.059	2.394	2.965	3.358	3.663	4.125	4.480	4.777	5.039	5.502	5.949	6.458	7.085
FR 27	1.162	2.566	3.161	3.573	3.891	4.377	4.752	5.068	5.347	5.838	6.303	6.824	7.445
FR 28	1.274	2.747	3.363	3.791	4.123	4.629	5.024	5.359	5.655	6.171	6.654	7.184	7.796
FR 29	1.393	2.935	3.570	4.013	4.357	4.883	5.297	5.650	5.962	6.501	6.999	7.538	8.139
FR 30	1.520	3.130	3.781	4.238	4.594	5.139	5.570	5.941	6.268	6.828	7.339	7.884	8.475
FR 31	1.655	3.331	3.997	4.466	4.833	5.396	5.844	6.230	6.571	7.150	7.673	8.222	8.802
FR 32	1.797	3.537	4.216	4.697	5.074	5.654	6.118	6.518	6.871	7.468	8.001	8.552	9.121

Data をもとに数値計算された結果が Marking へ送られるようになっている。

さて上記の Fairing の数値計算ができるようになったので、次に要求されるのは、これから外板展開へ至る現図の諸作業を自動化することである。その第1段階として外板 Seam Landing の Programme を作成し、

これが特殊な部分を除きおおむね好結果が得られるようになったので、以下に Fairing の応用として、その手法の大略を記すことにする。

外板展開に必要な Data は、外板1枚1枚について、その Frame と Seam との交点、および展開基準線と Frame との交点 (Body Plan 上での座標) である。したがって Seam Landing の Out Put として要求されるのは、Seam と各 Frame との交点を、Fairing の結果をもとにして計算することである。

5.1 Seam の決定 現在 Seam を決定する要素として、設計から与えられる外板展開図がもとになっている。すなわち中央平行部の板幅が決っており、これに準じて各 Frame の位置で Girth 長さに積算したものを以てその Seam の位置を決めている。

5.2 Seam の曲線近似 Seam の大まかな決定がなれると、これを Body Plan 上の座標として各 Seam につき何点か読み込ませる。Fairing に用いた船体曲面の3次函数による近似が応用できるので、Seam についても、いま読み込ませた代表点をもとにして3次曲線で近似する。この際の近似は、船体を側面からみた投影面にて近似している。元来 Seam は Fairing における各曲線のようにその形状が流体力学的な意味をもつものではなく、単に工作上 Fair であることが望ましいので、それほど近似度は要求されない。

図7のように各 Seam の高さをY座標、 Σ からの距離をX座標として、この Seam を3次曲線で近似する。つぎに各 Frame とこの3次曲線の交点を求めれば、各 Frame における Seam の高さが求められる。

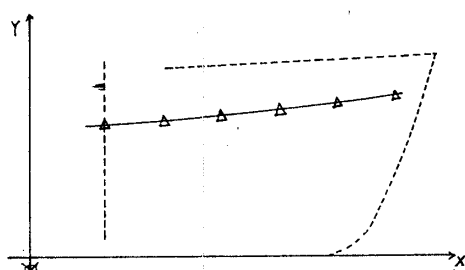


図7 シーム線のフレーム位置での高さ

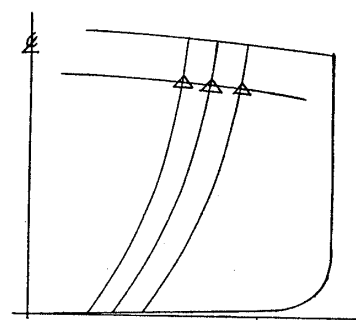


図8 シーム線のフレーム位置での幅

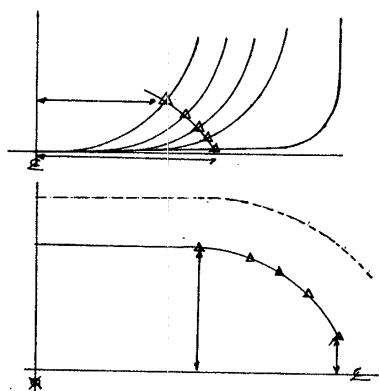


図9 船底部のシーム線

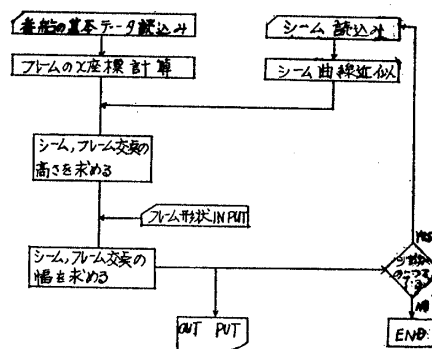


図10 シームランディングのフローチャート

5.3 Body Plan 上での座標計算 先に求めた高さをもとにして、Frame, Seam の交点の幅を求める計算を行なう。Frame の形状は Fairing よりその近似曲線が求められているので、その曲線と、さきに求めた高さ (Y=一定) よりその交点を求める (図8)。

以上により Body Plan 上で各 Frame, Seam の交点の座標が計算されたことになる。いま述べたのは一般の Seam についてであるが、船底部の Seam は図9のようにその立ちあがり点附近において誤差の入る余地が大きくなるので、これは幅を Data として3次曲線を作り後に各 Frame との交点の高さを求めるようにした。以上の計算の流れを図に示すと大略図10のようになる。

この Programme において、内部線, Long. 等も Seam と様同の取扱いにて計算することができる。

以上が外板 Seam Landing 計算のあらましであるが、次の段階として、外板展開計算にこの結果を自動的に接続させるようにすればたいへん都合がよいわけである。そのための問題点は、Fairing, Landing, 展開計算の間の Data の受け渡しを自動的に行なうことであり、さらに外板展開計算に必要なもの（例えば展開基準線と各 Frame との交点, Roller 線, その他）を計算する Programme をこれらの Programme に接続させれば、設計 Offset より外板展開までが自動化されることになる。

6 経済的効果

以上のべた Fairing および Seam Landing 計算による経済的効果は大きく、70,000 ton Tanker を標準とした場合、Fairing 開始より外板展開, Frame, 治具等の計算用 Data を準備するまでの工程において、従来の手作業による場合に比して、工数は約 1/4 に、また工期は従来の 45 日が 10 日程度に減少した。

さらにこの工期の短縮により、従来 1/50 正面線図より拾っていたものよりも精度の高い Seam Landing 計算の結果を外板等注文材料寸法計算用の Data として用いることができるようになり、これら材料のスクラップ発生は半減した。

7 結 語

本報告を終るに当り、Programme 作成上種々ご援助をいただいた三菱原子力工業計算センターの菅原技師、山下技師、三菱重工本社の館技師、大阪技師、当横浜造船所造船工作部の皆様に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) F. Theilheimer & W. Starkweather; The Fairing of Ship Lines on a High-Speed Computer, David Taylor Model Basin Report 1474, January 1961