カント外板の展開に就いて

正員 三田村 利武*

On the Development of the Cant Shell Plate

By Toshitake Mitamura, *member*

Abstract

As common shell plates have gentle curved surface, we can easily develop them by all kind of approximate developing method. But the cant shell plate is curved severely, therefore the development is not easy. Some shipbuilders use the mock-up mould or the approximate developing method that the cant shell plate is divided into many small parts, and these parts are developed by the diagonal method. These methods are complicated and have not good accuracy.

Then the author devised the method of developing the cant shell plate, which is easy and has good accuracy. This method is an application of "the development of an undevelopable curved shell plate" which the author announced in the proceeding journal of Zosen Kiokai, namely some temporary frame lines which are convenient for developing this shell plate, and the geodesic line which is suited for being formed undevelopable curved surface, are used, then the amount to shrink is known, and the cant shell plate is developed on a flat plane at a stretch.

The author intends to explain concretely the actual method of the development of the undevelopable cant shell plate.

§ 1. 序 論

船舶の外板は一般に極めて緩慢な曲面であるので、曲面を表示する肋骨線（船体中心線に直交する平面と外板曲面との交線）と外板の周囲の線（シーム及びバット）を用いて一枚々々の外板の形を近似的に、平面に展開する幾つかの方法があるが、船体の最後尾のカント部に於ける外板に就いては曲面の形状が一般の外板に較べて所謂縦及び横の曲量が極めて強い碗状の非可展曲面であることや、外板曲面が船体中心線に直交する平面に極めて斜交する故、普通の肋骨線が利用し難い等の為に原始的な箱型を用いることが多く、またこれが非能率的な為に近似展開を行つている造船所もあるが、この場合外板を巾方向に2分し、更にこれを長さ方向に適当に数分割して、その小部分を夫々襍送法を用いて展開し之等を接ぎ合わせることに依り一枚の外板の形状が求められるという考えに基づいた方法を採用している。この方法は大変面倒であり、曲面の非可展性を考慮していないため、充分の精度が得られず、加工後再書きを必要とし、また十二分の板耳伸しを行つておき現場合せ切りを行つていたものである。そこで著者は前号 *1 で述べた非可展外板の展開法をここに応用し、一枚のカント外板を一般外板と同じ程度の精度で一挙に展開する方法を考えた。本方法は適当な仮の肋骨線を選ぶことに依り、これを基にして加工作業に都合の良い測地線を求め、これを基準に展開し非可展性の修正を行うものである。

本論に於ては非可展外板の展開に関する理論的説明は前号 *1 で述べたので、カント外板に応用した具体的方法についてのみ述べることにする。

§ 2. 基準測地線を求めるに都合の良い仮の肋骨線

非可展外板の成形加工を最も少い作業量で行い得る適確なる基準測地線を求める必要があるのであるが、カント部の線図は第1図（側面図）、第2図（平面図）、第3図（正面図）にその一部を示す様に Fa~Fe の様な肋骨線では展開外板形状を求めることが困難であるので測地線を求めるのに都合の良い仮の肋骨線を求める必要がある。この仮肋骨線を決定するに当つて考えねばならぬことは、

1. 仮肋骨線を形成する切断平面は外板面と余り斜交しないこと。

原稿受付 昭和 34 年 1 月 9 日

* 三菱日本重工業株式会社横浜造船所

2. 仮肋骨線の一つは曲面の最凸部を通ること。
3. 仮肋骨線の間隔は基準測地線を求める精度を充分ならしめること。
4. 仮肋骨線は展開を行うのに都合が良いこと。
5. 展開された仮肋骨線は外板の非可展性に依り生ずる収縮量を修正するのが容易であること。

これ等の条件を満足す可く次の方法を採用した。

先ず第1図に於て展開しようとする外板を $A_1B_1C_1D_1$ とすると、これが第2図では $A_2B_2C_2D_2$ 、第3図では $A_3B_3C_3D_3$ になる。そこでこの外板の板巾中心線を求めると第1図で E_1F_1 、第2図で E_2F_2 、第3図で E_3F_3 となる。

第2図で E_2, F_2 を直線で結びこの直線に平行に板巾中心線 $E_2N_2F_2$ に接線を求め、その接点を N_2 とする。これが板巾中心に於ける最も凸なる点である。

この N_2 を通り E_2F_2 に直交する平面を考え、これと曲面との交線を N_2 点に於ける仮肋骨線とする。

次にこの N_2 を基点として曲線 $E_2N_2F_2$ に沿つて等間隔 (500 mm ~ 300 mm) に図の如く $G_2, \dots, R_2$ を決める。これ等の点を通り E_2F_2 に直交する平面と外板面との交線を仮肋骨線とし之を $f_1, f_2, \dots, f_{12}$ とする。これ等の切断平面に直角の方向から見た外板面の線図を画くと第4図及び第5図となる。実際は第4図と第5図は重ねて画かれる可きであるが今判り易い様に f_8 より前と後とは分けて画いたものである。

以上の事は基準となる測地線は板巾中心線に最も近似したものとして求めること及び前に「近似測地線に依る外板展開に就いて *2」に於て述べた様に正面線図上に測地線を求める近似方法にて生じる誤差の最も大きい原因は展開面に於ける肋骨線間隔の差に依るからで、これを少なくするために仮肋骨線の位置が自由に決められるならば、縦曲りの強い外板では上記の様に外板面に沿つて肋骨線間隔を等しくとつた方が精度が良くなるからである。

第1図

第3図

第2図

第4図

第5図

第4図及び第5図は一般外板の場合の正面線図に相当する訳であるからこの上に要求される基準測地線を前号*1で述べた方法で容易に求めることが出来る。

§ 3. 曲面上の曲線に接する測地線

前号*1にも述べた様に板巾中心線に最も近似した測地線が罫書及び加工の工程に於て最も有効であるので之を求めねばならぬがその補助手段として板巾中心線に接する測地線を求める要がある。

第2図または第4及び5図にて f_6 が板長中央の基準肋骨線とすると、これと板巾中心線との交点にて板巾中心線に接する測地線を求める。

第6図は f_6 附近を誇張して画いたもので曲線 $\widehat{K_6L_6M_6}$ に L_6 にて接する測地線を求めることにする。

f_6 の肋骨弦線 $\overline{L_6L_6''}$ に直交直線を引き f_5 及び f_7 との交点を K_6'' 及び M_6'' とする。この附近を展開したものが第7図だとし $\widehat{K_6L_6M_6}$ は $\widehat{K_7L_7M_7}$ となり $\overline{K_6''L_6M_6''}$ は $\overline{K_7''L_7M_7''}$ になつたとする。第7図で $\overline{K_7''L_7M_7''}$ は f_6 に直交しないで僅かに斜交していることは前*3にも述べた通りで第7図の f_5, f_6, f_7 は殆ど平行であり且間隔が等しくなることから $\overline{K_7''K_7'''}=\overline{M_7''M_7'''}$ となる。

次に第7図で $\widehat{K_7L_7M_7}$ が $y=ax^2+bx+c$ なる形の2次の抛物線であるとし、図の L_7 を原点、 $\overline{K_7''L_7M_7''}$ を x 軸、 f_6 を y 軸とする。 f_5, f_6, f_7 は等間隔、平行であれば次の各点の座標は次の如くとられる。

$$K_7'''(l, 0), M_7'''(-l, 0), K_7''(l, -d), M_7''(-l, d), K_7(l, -h_1), M_7(-l, h_2)$$

この場合 $\widehat{K_7L_7M_7}$ を示す2次抛物線は次の如くなる。

$$y = -\frac{h_1+h_2}{2l^2}x^2 + \frac{h_1-h_2}{2l}x$$

この曲線に原点にて接する直線は

$$y = -\frac{h_1-h_2}{2l}x$$

従つてこの直線の f_5 及び f_7 との交点の座標は

$$K_7'(l, -\frac{h_1-h_2}{2}), M_7'(-l, \frac{h_1+h_2}{2})$$

次に f_7 の上に図の如く $\overline{K_7''K_7}=\overline{M_7S_7}$ に S_7 を求める。

この点の座標は $S_7(l, \frac{h_1+h_2}{2}-d)$ となるから $\overline{S_7M_7'}=\frac{h_1+h_2}{2}-d$

となる。また $\overline{M_7'M_7''}=\frac{h_1+h_2}{2}-d$ であるから $\overline{S_7M_7'}=\overline{M_7'M_7''}$ となる。

このことを第6図で考えると S_7 は S_6 となり M_6' は $\widehat{S_6M_6''}$ の中点となる、即ち $\widehat{K_6K_6''}=\widehat{M_6S_6}$ に S_6 を求め $\widehat{S_6M_6''}$ の中点を M_6' とし、同様に K_6' を求めると $\widehat{K_6'L_6M_6'}$ は $\widehat{K_6L_6M_6}$ に L_6 で接する測地線となる。この測地線は普通の方法*2で延長すれば良いのであて、これを誇張して書いたのが第8図で $\widehat{G_8'L_8Q_8'}$ になる。

§ 4. 基準測地線

基準測地線となるものは前*1にも述べた様に板巾中心線に最も近似なものが有効であるので、その様に求めるのであるが、方法としては第8図の $\widehat{G_8L_8Q_8}$ が板巾中心線であるので、前に求めたこれに接する測地線との差を接点から等距離にある肋骨線位置にて求めると図では $\widehat{G_8G_8'}$ 及び $\widehat{Q_8Q_8'}$ になる。

この1/3の量を求めると $\widehat{G_8'g_8}$ 及び $\widehat{Q_8'q_8}$ となる。次に第9図に示す様に直線 $\overline{G_9'Q_9'}$ 上に図の如く肋骨線位置に相当して等間隔に（実際には測地線に沿つてその実長に比例すべきであるが以前*4に述べた様に等間隔としても差支えない。）垂線を立て

第8図

第9図

$\overline{G_8'g_8}=\overline{G_9'g_9}$, $\overline{Q_8'q_8}=\overline{Q_9'q_9}$ に g_9 及び q_9 を求め之等を結ぶ直線との交点を $h_9, \dots, p_9$ とし, $\overline{H_9'h_9}=\overline{H_8'h_8}$, $\dots$, $\overline{P_9'p_9}=\overline{P_8'p_8}$ に $h_8, \dots, p_8$ を第8図に求めると之等を結ぶ曲線が基準測地線となる。

基準測地線と肋骨線の展開交角の求め方に就いては前*1,3に屢々述べたので省略するが之とバックセット量は普通の方法で求めておく要がある。

§ 5. 展 開

展開は前号*1で述べた方法で行われるのであるが基準測地線及び上下シーム線の実長は第2図の $f1, \dots, f12$ の肋骨線を利用す可きである。これ等の長さ及び肋骨線の実長が第4及び第5図より求まると、基準測地線を展開基準直線として展開すると第10図の如くなる。カント外板は一般に非可展外板であるから収縮量を加味してバックセット量の修正を行い形状を決せねばならない。

第11図の点線は $f6$ を中心に普通の方法で展開したもので実際はバックセットの修正を行つて、求める形を決めたものである。この場合一番凸である $f8$ の肋骨線は直線で現してある。これはこの点でバックセットが零となるからである。所がこれは厳密には必ずしも直線ではない。これを簡単な例で説明すると次の如くなる。

第12図は円錐の一部を示すのであるが之を図の様に母線に対し斜交するが紙面に直角に切つた線が肋骨線とすると B 点に於ける展開バックセットは零となる。しかるに曲面を展開すると A は A' に C は C' となり肋骨線は $A'BC'$ の様に S 字形になる。この曲線と A', C' を結ぶ直線は B で交るから B 点に於けるバックセ

第10図

第11図

第12図

第13図

ト量は零であるが展開肋骨線は S 字形の曲線である。即ち第11図の $f8$ を誇張して画くと第13図の様に肋骨線と n_{13} にて交るが直線ではない S 字形肋骨線が存在することになる。これが完全に直線になることはローラー線が肋骨線と直交することである。実際にはローラー線（母線）と肋骨線とは、その様に極端に斜交しないから、この S 字形の曲線は直線に一致していると見て差支えない。

さて第10図に示す如く、この様にして $g_{10}'g_{10}''r_{10}''r_{10}'$ の形が決つたら前後部のパット位置, WL, BL 等の基準線, 正規の肋骨線, その他内部構造の位置を記入すれば展開は終る。即ち $A_{10}B_{10}C_{10}D_{10}$ は求めるカント外板の展開形状である。

§ 6. 結 語

以上述べた如く展開に都合の良い仮肋骨線を設定して非可展外板の展開法を応用すればカント外板と云えども伸縮量を加味した展開が容易に出来る訳である。なお、本

方法に依り展開された外板は加熱成形される場合は基準測地線に沿つては伸縮がないものとして展開したもので、前号*1にも述べた様に基準測地線からの巾方向の距離のほぼ自乗に比例して収縮が生じる様な加熱方法を考える可きであろう。加熱方法の加減に依り不経済なことではあるが基準測地線の長さ収縮が生じる恐れがあるならば、その量だけ測地線の長さ方向に伸してとつておけば無難である。これで一般の外板も、特殊な外板も全て測地線を利用して充分な精度と少い工期工数で容易に且簡単に展開可能になつたということも出来よう。

註) *1 造船協会論文集 第104号「非可展外板の展開に就いて」

*2 " 第96号「近似測地線に依る外板展開に就いて」

*3 " 第101号「ローラー線が肋骨線と極端に斜交する横曲りの大なる外板の展開に就いて」

*4 " 第98号「外板の注文材料寸法を決定する方法に就いて」