

技術報告

設計 및 生産作業을 爲한 船型的 數式表示 方法

金 光 旭* · 張 哲*

Some Representations of Ship Hulls by Mathematical Method for Design and Production

by

K. W. Kim* S. Chang*

要 約

船舶建造에 Computer를 適用하기 위해서 先行되어야 할 일은 船型을 數式으로 表示하는 것이다.

船舶建造를 設計分野와 生産分野로 大別하여 各分野의 特性에 따라 適切한 方法을 擇하여 使用해야 한다. 어떠한 方法을 擇할 것인가 하는 問題는 먼저 正確性和 經濟性을 考慮한 方法이 最適이라 하겠다.

現在 先進造船國에서 使用되고 있는 各 system에서 設計分野에서는 2次式 以下の 數式, 生産分野에서는 spline曲線 혹은 5次式 以下の 數式으로 各種의 船型을 表示하고 있다.

1. 序 言

造船工業에 Computer를 利用하기 위해서 즉 數値制御體制(Numerical Control System)의 適用을 위해서 最初에 必要한 것은 船體를 數式으로 表示하는 것이다.

Computer를 造船에 利用하기 前까지 手作業에 依해서 縮尺圖面으로 船型을 表示하여 이를 다시 手作業으로 現圖 하므로써 測定 및 作業誤差가 發生하게 되고 다시금 이것을 Template化 過程에서 誤差가 생기게 되어 결국 誤差가 累積되어 精度上 設計者가 試圖했던 船舶의 建造가 힘들게 된다.

따라서 이들의 資料를 다음 工程에 正確히 傳達하는 現今까지의 가장 理想的인 方法은 數値制御機械로 處理하는 것이다.

誤差의 累積을 막고 設計에 必要한 計算을 迅速正確하게, 나아가서 加工工程 즉 Fairing, 展開, Marking, 切斷 等の 作業을 N/C化 하기 위해서 모든 船圖資料는 設計者의 要求를 만족시킬 수 있는 數式으로 表示되어야 한다.

船體를 數式으로 表示하려는 試圖는 17~18세기경부

더 많은 사람에 의해서 提案 되었으나 最初에 數式化한 것은 1760年 Sweden의 F. Chapman이 拋物線으로 表示한 것이다. F. Chapman 以後 D.W. Taylor, Benson, Weinblum 등이 數式化에 노력하였으며(表 1) 다음과 같이 2가지로 大別할 수 있다.

i) 船體를 各斷面으로 나누어 平面 曲線으로 表示하는 方法

ii) 3次 曲面으로 表示하는 方法

本稿에서는 前者의 方法을 適用하는 分野에 對해서 設計分野와 生産分野로 나누어 考察하고자 한다.

2. 設計作業에 適用

지금까지 많은 工數와 工期를 必要로 하는 手動에 依한 反復的인 設計室 作業은 Batten과 Weight를 使用하여 縮尺된 圖面을 作成하며 아울러 이에 準한 數表를 만들고 Slide Rule, Planimeter, Intergrator를 使用하여 各種計算을 遂行하여 왔다. 그러나 Computer를 設計에 應用하므로써 迅速正確할 뿐아니라 여러가지의 Factor들을 充分히 考慮할 수 있으며 高等教育을 받지 않은 人員으로도 作業을 容易하게 處理할 수 있게 한다. 現

* 正會員, 韓國船舶海洋研究所

表 1. Hull Representation Method

No.	Author	Affiliation	Country	Date	Purpose	Input	Procudure	Function
1	D.W. Taylor	U.S. Navy	U.S.A.	1915	Creation and Syst. Variation	Hull Param.	Draft function	Polyn.
2	Weinblum	Univ. of Berlin and Hamburg	Germany	1934...	Syst. Variat-ion, Classific-ation	Hull param.	(Incompl.)	Polyn.
3	Benson		England	1940	Creation of lines	Hull param.	(Incompl.)	Polyn.
4	Lackenby	BSRA	England	1950	Syst. variation	Parent Hull	Affine distortion	—
5	Thieme	Univ. of Hamburg	Germany	1952, 56	Creation & Classification	param.	(Incompl.)	Polyn.
6	Taggart	Reed Research	U.S.A	1955	Creation	Hull param.	(Incompl.)	Polyn.
7	Theilheimer & Starkwheatbet	U.S. Navy	U.S.A	1957, 61	Interpolation and/or fairing	Offsets	Draft function	Discont. cubics
8	Rösingh & Berghuis	Wilton Fijen-oord, Bull Ned.	Holland	1959	Fairing	Offsets	Draft function	Arbitrary
9	Pien	U.S. Navy	U.S.A	1960	Approxim.	Offests	Sectional method	Polyn.
10	Martin	NPL	England	1961	Rough approxim	Offsets of S.A. curve	(Incompl.)	Cheb. polyn.
11	Kerwin	MIT	U.S.A	1960	Rough approxim.	Offsests	Sectional method	Legendre polyn.
12	Lidbro	(Linköping)	Sweden	1961	Interpolation	Offsets	Surface fitting	Polyn. & some others
13	F. Taylor	King's Colle-ge, Durham	England	1962	Interpolation	Water-line Offsets	(Incompl.)	Cheb. polyn.
14	Miller and Kuo	Univ. of Glasgow	Scotland	1963	Interpolation	Offsets	Draft function	Polyn.
15	Berger, Webster,	Todd Shipyards	U.S.A	1963, 66	Fairing	Offsets	Surface fitting	Discont cubics
16	Williams	SSET, Gothenburg	Sweden	1964	Creation of lines	Hull parameters	Draft function	Polyn.
17	Hamilton and Weiss	MIT	U.S.A.	1964	Creation of lines	Hull parameters	Surface fitting	Surface cubics
18	Bakker	NSMB	Holland	1965	Fairining	Offssets	Sectional method	(Not needed)
19	Gospondnetic	NRC, Ottawa	Canada	1965	Interpolation	Offsets	Sectional method	Elliptic integrals
20	Corin	U.S. Navy	U.S.A	1966	Fairing	Offsets	Sectional method	Discont. cubics
21	Tuck, and V. Kerczek	U.S. Navy	U.S.A	1968	Fairing	Offsets	Sectional method	Conformal mapping
22	Söding	T.H. Honover	Germany	1966	Creation and Interpolation	Offsets	Sectional method	Discont. polyn.
23	Kantorowitz	DSRI, Lyngby	Denmark	1967	Interpolation	Offsets	Surface fitting	Orthogonal polyn.
24	Kaiser, et al.	Dornier, Friedrichshafen	Germany	1968	Interpolation	Offsets	Surface fitting	Surface polyn.
25		Bergens Mek. Verkst.	Norway	1961	Fairing	Offsets	Draft function	Polyn.
26	(AUTOKON)	CIIR, Oslo, Aker Group	Norway		Fairing	Offsets	Sectional method	Spline polyn.

표 2. Ship Design System

	Affiliation	Application	Objective	Design variables	Organization
Yamagata and Akatsu(1964)	Mitsubishi	Tanker Design	Principal dimensions.	L, B, T, D, C_B .	Large set of stand-alone calculation programs
Murphy, Sabat, and Taylor	Maritime Administration	General cargo ship	Optimization of principal dimensions.	V/\sqrt{L} (Speed given), $B/T, C_p, A, L/D$	Matrix of Design generated, Interpolation approach to optimization.
Mandel and Leopold(1966)	M.I.T.	General cargo ship, Tanker	Optimization of principal dimensions	$V/\sqrt{L}, B/T, C_p, A, L/D$	Integrated Sequence of design calculation.
Gallin(1967)	Blohm & Voss, Hamburg	General cargo ship	Preliminary design	Principal dimensions	Systematic variation.
Kuniyasu(1968)	I.H.I.	Tankers, bulk & Combination carriers	Optimization of principal dimensions	Principal dimensions	Integrated Sequence of program modules.
PRELIKON (1969/1972/...)	S.R.S., Computas Norske Veritas.	Merchant ships of various kinds	Supporting design calculations	Not stated	Set of individual design calculation routines
FORAN (1969/1972/...)	SENER, Bilbao, Spain	General cargo ship, Tankers	Support Pre-contract design work	Not defined	A large set of independent design calculation programs.
Nowachi, Brusis	Univ. of Michigan	Tanker design	Optimization of principal dimensions	$V/\sqrt{gL}, L/B, B/T, L/D, C_B$.	Synthesis model.
ISDS(Integrated Ship Design System, 1970/1972/)	U.S. Navy	General cargo ship	Full scope of pre-contract design studies	Not spelt out	A system of program integrated via central data base.
Holtrop(1971)	NSMB, Wageningen	General cargo ship, bulk carrier.	Preliminary Design with adequate accuracy for bidding	Principal dimensions	Emphasis on systematic variation rather than optimization format.
Fisher(1971)	Univ. of Sydney, Australia.	Ore carrier	Optimization of principal dimensions	Fleet size, principal dimensions	Synthesis model.
Hurst, Snaith, and Parker(1971/1972/...)	B.S.R.A.	Various ship types	To support design synthesis through all cycles of preliminary design	Not spelt out	Large system of programs connected via interfaces.
Van Manen (1972)	NSMB, Wageningen	General cargo ships, bulk carriers, tankers.	Determination of principal characteristics.	Principal characteristics.	Systematic variation of design variables
Seaking	VDC	Ship of various kinds.	Design calculation	Not stated	Set of individual design calculation.

在 設計分野에 實用되고 있는 細部分野는 다음과 같다.

- a) Preliminary Design
- b) Longitudinal Strength Calculation
- c) Floodable Length Calculation
- d) Intact and Damage Stability Calculation
- e) Hydrostatic Calculation
- f) Ullage and Sounding
- g) Launching Calculation
- h) Hull Steel Weight Calculation
- i) Midship Section Calculation
- j) Rudder Offset
- k) Propeller Design

- l) Resistance and Propulsion Calculation
- m) Tonnage Calculation
- n) 其 他

이와 같은 作業을 위해서 船體의 數式化方法은 船舶 뿐만 아니라 海上 構造物까지도 表示 可能해야 할 것이며 設計者가 要求하는 精度를 維持하면서 Computur의 使用時間을 節約할 수 있게 經濟的으로 表示되어 되어야 한다.

그러므로 複雜한 數式으로 表示하기 보다는 오히려 直線, 圓, 拋物線 등 比較的 簡單한 數式으로 表示하고 있으므로 精度向上 및 經濟的인 方法은 어떠한 數式을 使用하느냐 보다는 오히려 주어진 Data를 어떠한

形態로 Computer에 入力하느냐에 左右될 것이다.

現在 先進造船國에서 用便하고 있는 System(표 2) 중에서 VDC¹, BSRA², SRS³에서 開發된 System의 船體定義方法에 關하여 考察하고자 한다.

2.1. Seaking System*에서 船體定義 方法

이 System에서는 橫斷面을 直接 定義하지 않고 橫斷面을 決定할 수 있는 資料들을 Water line plan 혹은 profile plan.에 定義하므로써 이 資料들을 利用하여 任意의 位置에 있는 橫斷面을 定義할 수 있는 利點을 지니고 있다.

그러므로 他 System에 比하여 入力 Data量은 적지만 入力 Data作成時 곤란한 點이 發生하게 된다.

이 System의 入力에 必要한 Data는 다음과 같다.

- a) Center Line Contour
- b) Bottom Tangent Line
- c) Midship Section
- d) Water Line
- e) Knuckle Line
- f) Deck Side Line and Camber
- g) Appendage
- h) Frame Space 등 一般의인 Data

위의 a)~g)項의 資料를 直線, 拋物線, Spline曲線 등으로 表示하여 任意의 橫斷面과의 交點을 求하므로써 이러한 交點들을 利用하여 各 橫斷面을 二次的으로 表示하고 있다.



Fig. 1. Center line contour on C.L.

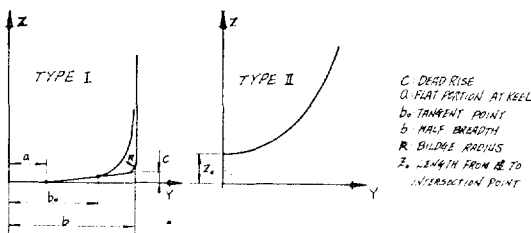


Fig. 2. Transverse section type

2.1.1. Center Line Contour, Bottom Tangent Line, Midship Section의 定義

Center Line Contour를 Fig. 1과 같이 Part I, Part II, Part III의 三部分으로 區分하여 任意의 橫斷面이 어느 部分에 속하느냐에 따라서 Center Line Contour와 Bottom Tangent Line을 定義하게 된다. 즉 Fig. 1과 Fig. 2에서 Part II 部分에 속하는 橫斷面의 形態는 Type I과 같으므로 Bottom Tangent Line을 表示할 수 있는 b값을, Part I과 Part II에 속하는 橫斷面의 形態는 Type II에 해당되므로 Center Line Contour를 表示할 수 있는 z값을 入力하여 Bottom Tangent Line과 Center Line Contour는 入力되어진 點들을 直線으로 連結하여 表示되어 진다.

아울러 Fig. 2의 Type I에서 a, b, c, R을 入力하므로써 Bottem部分의 Midship Section이 定義 되어진다.

2.1.2 Water Line의 定義

一般的으로 數表(Offset)에 表示되어 있는 點들을 入力시키므로써 各 Water Line은 Spline 曲線으로 定義된다.

그러나 이때 Water Line의 끝점(End Point)과 平行部(Parallel Part)의 長이를 Offset으로부터 精確히 알 수 없는 경우 Water Line을 보다 正確하게 表示하기 위해서 끝점과 平行部를 別個로 入力 시킬 수 있다.

2.1.3. Deck Side Line과 Knuckle Line의 定義

Deck Side Line과 Knuckle Line을 주어진 두 點 사이를 다음과 같은 Interpolation Code에 依해서 直線 혹은 Parobola로 表示된다.

- a) Int. Code=0
Fig. 3-a와 같이 Straight Step이 發生하는 경우
- b) Int. Code=1
두 點 사이를 直線으로 表示하는 경우(Fig. 3-b)
- c) Int. Code=2
3點 i, i+1, i+2를 利用하여 i~i+1을 parobola로 표시하는 경우(Fig. 3-c)
- d) Int. Code=3
c)의 경우와 같으나 點 i+2 代身에 i-1을 利用한다. (Fig. 3-c)
- e) Int. Code=4
i~i+1을 Parobola로 표시하기 위해서 c)와 d)의 경우를 合한 것 과 같이 4點 i-1, i, i+1, i+2를 利用하는 경우(Fig. 3-c)

1. Swedish Shipbuilders' Computing Center, LTD.

2. British Ship Research Association

3. Shipping Research Services A/B

* VDC에서 開發한 Ship Design System으로 現在 現代造船重工業(株), 大韓造船公社(株)에서 使用中

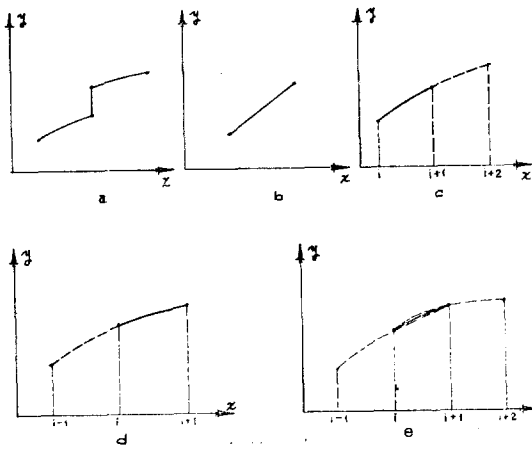


Fig. 3. Int. Code에 의한 Deck side line과 knuckle line의 表示

2.1.4. Camber의 定義

Hatch와 Deck House等 Upper Deck의 上部 構造物을 Camber로써 表示 可能하며 모든 Camber는 直線과 Parabola로 定義된다.

2.1.5. Appendage의 定義

Appendage를 定義할때 Appendage의 단면을 하나만 入力할 때 Fig. 4-a와 같이 角柱形 Appendage가 되며 두개의 斷面을 入力할 경우 Fig. 4-b와 같이 對應하는 點을 直線으로 連結한 Appendage가 되며 3개의 斷面을 入力할 경우 Fig. 4-c와 같이 對應하는 세點을 Parabola로 連結한 Appendage가 된다.

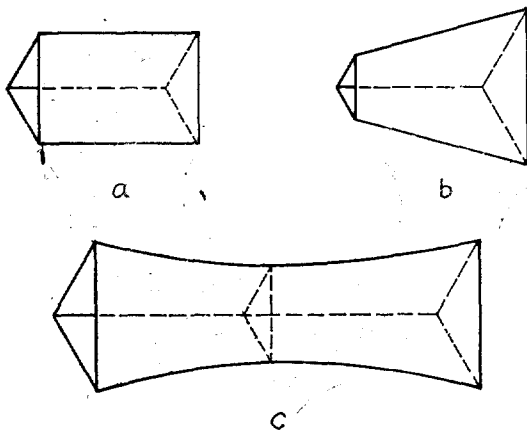


Fig. 4. 各種 Appendage

2.1.6 Frame building

以上에서 주어진 資料를 基礎로 하여 다음과 같은 順으로 實際 計算에 必要한 橫斷面이 決定된다.

a) 2.1.1에서 주어진 Data로부터 Fig. 5에서 點 a, b,

c와 R 등이 결정된다. (Part II)

b) 2.1.3.과 2.1.4에 주어진 Data로서 주어진 Camber 사이를 直線으로 連結 하므로서 任意의 縱方向에 對한 Camber 曲線을 決定하게 되며 아울러 Deck Corner의 半徑(r)도 計算된다. (Fig. 5에서 Part I)

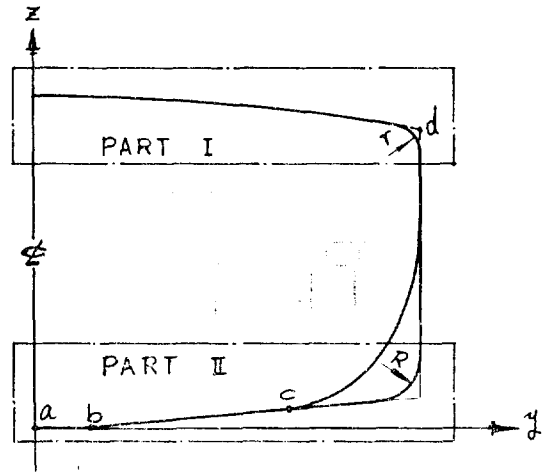


Fig. 5. Transverse section

c) 2.1.2와 2.1.3에서 주어진 Data로부터 任意의 縱方向에 對한 半徑과 높이를 求하여 Fig. 6에서의 같이 各點을 Plotting 한다.

이때 各 Water Line 사이의 間隔이 너무 크던지 너무 작지말아야 하며 Knuckle Point 사이에 Water Line이 주어지지 않았을 경우 Knuckle Point 사이는 直線으로 表示한다. (Fig. 6에서 a~b, b~c)

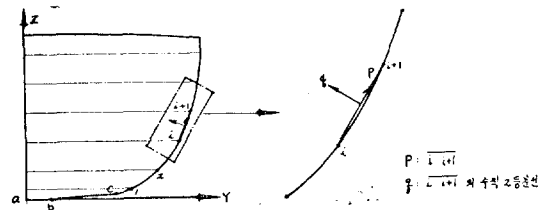


Fig. 6. Coordinate transformation

d) Fig. 6에서의 같이 먼저 $p-q$ System으로 座標變換을 하여 i 와 $i+1$ 사이를 Parabola로 表示한다.

이때 위의 Parabola Function은 $i-1, i, i+1$ 과 $i, i+1, i+2$ 를 通하는 2개의 Parabola Function의 二次 微分值의 算術平均과 같은 二次 微分值를 갖어야 한다.

그러므로 이렇게 하여 決定된 橫斷面의 모양을 不必要한 Knuckle Point가 發生하게 되어 連續이라기 보다는 오히려 Corrugate形으로 表示된다.

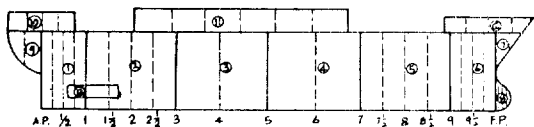
그러나 船艙 基本計算에서는 入力되는 Water Line의 數를 適切히 調整하므로써 誤差를 減少시켜 設計者가

要求하는 精度를 滿足시키고 있다.

2.2. SFOLDS* System에서 船體正義 方法

이 System에서는 船體를 正確하게 表示하기 위해서 먼저 船體를 몇개의 部分(Portion이라 부름)으로 나누어서 處理한다. 그러므로 Bossing, Rudder, Bulbous Bow까지도 Appendage로 取扱하여 하나의 獨立된 Portion으로 處理된다.

Fig. 7에서와 같이 각 Portion은 計算上 相互關係가 없으므로 Simpson 第一法則을 適用할 수 있게 각 Portion을 構成하고 있는 斷面을 定義하면 된다.



PORTION NO.	PORTION NAME
1	STERN
2	AFT PORTION
3	MIDDLE BODY PORTION(AFT)
4	MIDDLE BODY PORTION(FW)
5	FORE BODY PORTION
6	BOW
7	STEM
8	BULBOUS BOW
9	CRUISER STERN
10	POOP
11	BRIDGE
12	FORECASTLE
13	BOSSING

Fig. 7. Typical arrangement of portion

2.2.1 橫斷面의 定義

各 Portion을 構成하고 있는 橫斷面을 直接 入力 시키므로 各 橫斷面은 8개의 Dimension 즉 Bottom Appendage의 높이, Buttock의 間隔, Water Line의 間隔, Deck의 높이와 반폭, Camber, Buttock의 數, Water Line의 數로서 定義된다.

各 Section을 다시금 3部分 즉 Bottom Appendage, Main Part, Deck Camber로 나누며, 경우에 따라서 2部分 즉 Bottom Appendage와 Deck Camber 혹은 Main Part와 Deck Camber로 나누어 處理한다. (Fig. 8)

a) Bottom Appendage

Bildge 아랫 部分의 斷面을 Bottom Appendage로 看做하며 반듯이 斷面을 Bottom Appendage를 利用하여 表示할 必要는 없다.

그러나 一般的으로 Bottom Appendage는 斷面上的 어떤 점에서의 기울기가 45° 以下인 點을 基準으로 하여 아랫부분을 取하고 있다.

Bottom Appendage는 Center Line을 基準으로 하여 같은 間隔의 Buttock에 對한 높이로서 表示되며 마지막

Buttock의 높이는 Bottom Appendage의 높이에 接近하는 것이 바람직하다.

그리고 여기서 使用되는 Buttock의 數는 4個 以上이어야 한다.

b) Main Part

Bottom Appendage의 上端부터 Deck Side 下端까지를 Main Part라 부르며 Bottom Appendage Water Line에서 始作하여 같은 間隔의 3個 以上の Water Line으로 Main Part를 表示한다.

이때 마지막 Water Line은 반드시 Deck Side 높이 上部에 있어야 한다.

Main Part를 利用하지 않고 斷面을 定義하고자 할 때는 Bottom Appendage의 높이가 Deck Side 높이 보다 커야하며 Bottom Appendage는 Water Line으로 表示되어야 한다.

c) Deck Camber

Deck Camber의 높이와 반폭과 Camber量으로 Camber Curve를 Parabola로 表示하고 있다.

2.3. PRELIKON SYSTEM

이 System은 Norway의 Aker Group과 Det Norske Veritas가 共同 開發하여 1969년부터 使用하게 된 Ship Design System으로 歐美 各國에서 널리 보급되어 使用되고 있다.

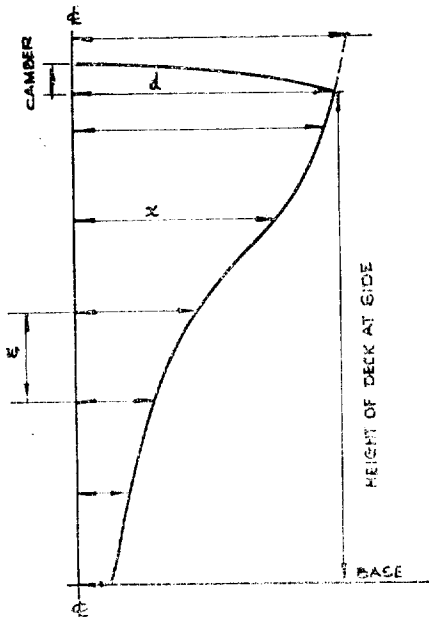
船型表示 方法은 前述한 두 System을 複合한 性質을 갖고 있으며 入力된 點을 반드시 固守하지 않는 特長을 갖고 있다.

이 System에 필요한 Input Data는 表 3에 나타나 있으며 一般的으로 Main Type順으로 入力되지만 初期엔 Main Type 1~6과 Main Type 9로서 Body Plan을 作

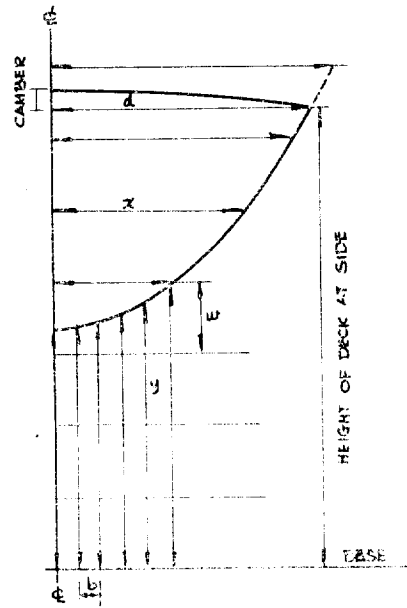
표 3. Input Data

Main Type	Content	Remarks
1	General information	Required
2	Sheer curve	Required if deck and deck-house are to be defined
3	Camber curve	
4	Deck	Required if deckhouse is to be defined
5	Transverse section	Required
6	Boundary curve	Option
7	Appendage	Option
8	Deck house	Option
9	Space curve	Option

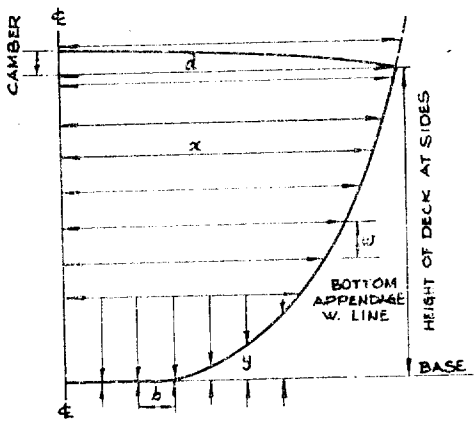
* BSRA에서 開發한 Ship Design System



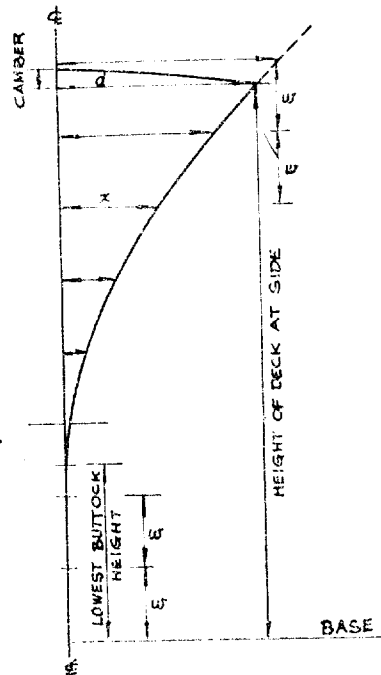
a) SECTION USING MAIN PART AND CAMBER.



b) SECTION USING MAIN PART, BOTTOM APPENDAGE AND CAMBER.



c) SECTION USING BOTTOM APPENDAGE, MAIN PART AND CAMBER.



d) SECTION USING MAIN PART AND CAMBER

Fig. 8. Appendage of buttocks and water line

成 검토한 後 Main Type 7과 Main Type 8을 必要에 따라 入力한다.

2.3.1. General Information

座標軸, 單位, Station과 Frame Space 등 必要한 Data 를 말하며 座標軸에 對하여는 原點과 基線을 任意의 位置에 定할 수 있으나 一般의 方法으로 Midship을 原點, Yard Base Line을 基線으로 取한다.

2.3.2. Sheer Curve의 定義

入力된 點들을 直線으로 連結하여 Center Line Plan 에서 Sheer Curve를 定義한다.

2.3.3. Camber Curve의 定義

다음과 같이 4가지의 方法으로 表示한다. (Fig. 9)

- i) Parabola Camber
- ii) Parabola-Straight Line Camber
- iii) Two Straight Line Camber
- iv) Three Straight Line Camber

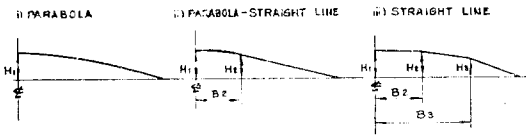


Fig. 9. Definition of camber curves

2.3.4. Deck의 定義

Center Line에서의 Deck의 높이와 Main Type 2와 3에서 주어진 Data로서 Deck를 定義한다.

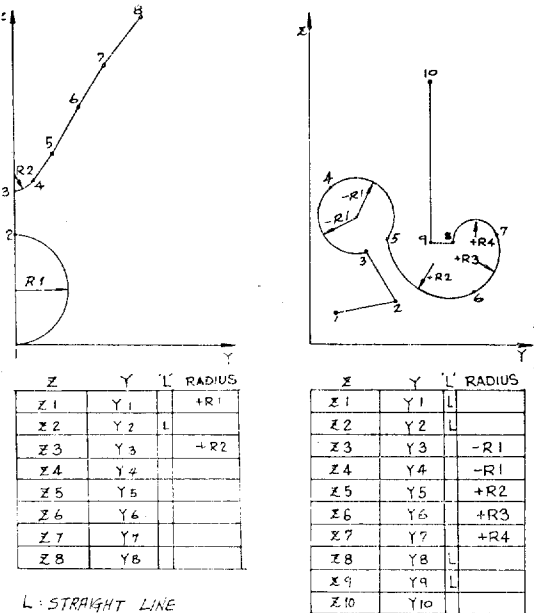


Fig. 10. Transverse section and arbitrary curve

2.3.5. 橫斷面의 定義

Fig. 10에서와 같이 주어진 點들을 圓과 直線으로 連結하여 表示한다. 이때 半徑을 入力하지 않을때 Mean Circle로서 表示되어 진다.

2.3.6. Boundary Curve

Stern과 Stem Curve, Bottock Curve를 意味하며 圓과 直線으로 表示한다.

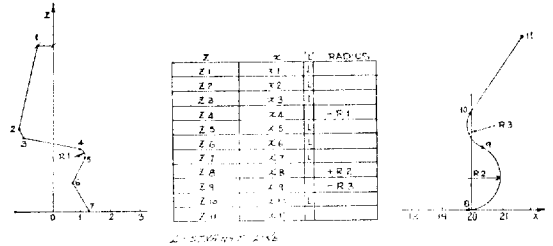


Fig. 11. Stern and stem curve

2.3.7. Appendage

Appendage의 前後, 上下, 側面이 座標軸과 平行하다고 看做하여 箱子形으로 取扱한다.

2.3.8. Deck House

Deck House는 항상 Center Line에 對하며 대칭으로 생각하며 Deck No.와 Deck House의 폭과 높이, (폭과 높이가 一定한 部分만을 取扱), 縱方向의 位置 등으로 定義한다. 폭과 높이가 相異할 경우엔 分離하여 處理한다.

2.3.9. Space Curve

以上에서 주어진 Data外에 必要한 曲線을 空間曲線으로 取扱하므로 各點들을 三次元으로 入力해야 한다.

3. 生産作業에 適用

船體를 構成하고 있는 大部分의 部材들의 形象은 船型에 依해서 決定되어 진다.

이러한 모든 部材들을 Numerical Control System으로 處理하기 위해서는 船型은 一定한 基準의 精度를 維持하면서 簡單한 形態의 數式으로 表示되는 것이 先決條件이다.

즉 數式으로 船型을 表示하는 것은 지금까지 線圖에 依한 船型表示 方法을 Computer Process에 適切한 形態 즉 Numerical Form으로 變換하는 것이다.

이러한 Numerical Form으로 만드는 데는 Spline Method, Biarc Method, 5th Polynomial 등이 주로 使用되고 있다.

이렇게 數式화된 船型은 詳細設計 및 船體工作, 나아가서는 經營管理에 必要한 Data Base 役割을 하게

되는 등 아래의 같은 生産作業에 基礎가 된다.

- a) Hull Fairing
- b) Shell Plate Development
- c) Longitudinal Information for Fabrication
- d) Template and Jig Height Calculation
- e) Structural Design
- f) Part Generation
- g) Parts Nesting
- h) Administrative Information

3.1 Spline Method

現在現圖場에서 Fairing하는 方法과 같이 생각하여 주어진 點을 通러서 正確한 Interpolation을 行하기 위해서 그點의 位置에 Weight를 設置했을 때 Batten(혹은 Spline)이 만드는 曲線을 3次式으로 表示하는 方法을 말한다.

이와 관련하여 D.A. Atkins는 Fairing을 다음과 같이 定義하고 있다.

- a) 一次微分이 連續
- b) 二次微分이 連續
- c) 不必要한 變曲點이 없을 것
- d) 주어진 Offset로부터 偏差가 可能한 적을 것
- e) 보기에 自然스럽고 Smooth할 것

Spline 曲線을 3次式으로 表示했을때 可能한 위의 條件을 滿足시키도록 해야한다.

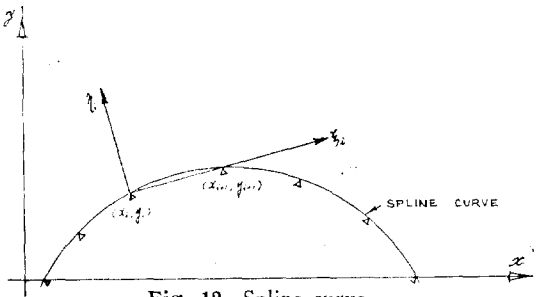


Fig. 12. Spline curve

單純支持(Simple Support)는 Shearing Force만을 傳達하므로 支持點에서 Bending Moment는 連續이며 外部荷重이 없기 때문에 支持點 사이에서 曲線으로 變하게 된다. (Fig. 12)

그러므로 i번째의 Segment에 있어서 $\xi_i - \eta_i$ 座標軸에 對한 Moment는 다음과 같이 表示된다.

$$M(\xi_i) = M(0) + Bi\xi_i \dots\dots\dots(1)$$

여기서 Bi : 常數

여기에 Deflection Curve Equation (2)式을 適用한다.

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\eta''}{(1+\eta'^2)^{3/2}} = \frac{M}{EI} \dots\dots\dots(2)$$

一般의 支持點은 Maximam Deflection ($\eta_{i\max}$)를 弦의 길이 (l_i)에 對하여 積도록 ($\eta_{i\max} \ll l_i$) 配置하므로서 (2)式은 다음과 같이 된다.

$$EI \cdot \eta''(\xi_i) = M(\xi_i) \dots\dots\dots(3)$$

(1)式을 (3)式에 代入하여 積分하면 (4)式과 같이 된다.

$$\eta(\xi) = \eta(0) + \eta'(0)\xi + \frac{M(0)}{2EI}\xi^2 + \frac{B}{6EI}\xi^3 \dots\dots\dots(4)$$

(4)式에서 Spline 線曲은 3次式이라는 것을 알 수 있다.

Spline 曲線이 Smooth Curve가 되기 위한 條件으로부터 (4)式에서 $M(0)$ 와 B 를 소거하면 (5)式과 같이 된다.

$$\frac{\eta_i(\xi_i)}{l_i} = \eta_i'(0) \frac{\xi_i}{l_i} - [2\eta_i'(0) + \eta_i'(l_i)] \left(\frac{\xi_i}{l_i}\right)^2 + [\eta_i'(0) + \eta_i'(l_i)] \left(\frac{\xi_i}{l_i}\right)^3 \dots\dots\dots(5)$$

(5)式을 다시금 $x-y$ 座標軸으로 變換해야 하므로 Fig. 13에서 (6)式을 求할 수 있다.

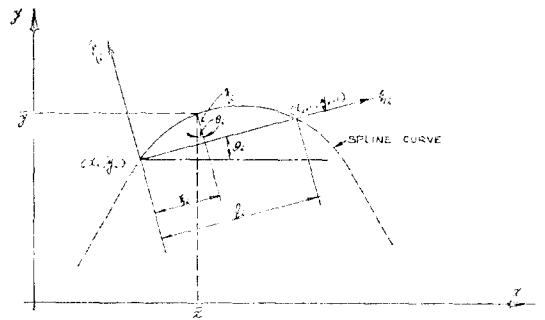


Fig. 13. Coordinate transformation

$$\begin{cases} \bar{x} = x_i + \xi_i \cdot \cos \theta_i - \eta_i \cdot \sin \theta_i \\ \bar{y} = y_i + \xi_i \cdot \sin \theta_i + \eta_i \cdot \cos \theta_i \end{cases} \dots\dots\dots(6)$$

式(5)은 $\eta_i = p_i(\xi)$ 의 形態로 表示되어 있으므로 이를 (6)式을 利用하여 다시 쓰면

$$\begin{cases} x = P_{1i}(\xi_i, \theta_i) \\ y = P_{2i}(\xi_i, \theta_i) \end{cases} \dots\dots\dots(7)$$

과 같이 된다.

여기서 P_{1i} 와 P_{2i} 는 변수 θ_i 에 따라 決定되며 ξ_i 에 對한 서로 다른 3次式이 되므로 (5)式을 $y = P_3(x)$ 의 形式으로 表示하는 것은 不可能하다.

그러나 Theilheimer는 주어진 點(x_0, x_1, \dots, x_n)을 通하는 spline 曲線을 (8)式으로 定義하고 있다.

$$y = f(x) = a + bx + cx^2 + A_0x^3 + A_1(x-x_1)_\#^3 + \dots\dots\dots A_{n-1}(x-x_{n-1})_\#^3 \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{여기서 } \begin{cases} x < x_n \text{ 이면 } (x-x_n)_\#^3 = 0 \\ x \geq x_n \text{ 이면 } (x-x_n)_\#^3 = (x-x_n)^3 \end{cases}$$

또한 D. Gospodnetic은 Spline 曲線을 보다 正確하게

表示하기 위해서 (2)式에서 $\eta'^2 < 1$ 이라는 假定을 하지 않고 (9)式과 같이 表示하고 있으나 實際 圖이 使用되지 않고 있다.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\beta}{L}\xi &= 2E(k, \phi) - 2E(k, \phi_0) - F(k, \phi) + F(k, \phi_0) \\ \frac{\beta}{L}\eta &= 2k (\cos \phi_0 - \cos \phi) \end{aligned} \right\} (9)$$

$$\text{여기서 } F(k, \phi) = \int_0^\phi \frac{d\phi}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \phi}}$$

$$E(k, \phi) = \int_0^\phi \sqrt{1-k^2 \sin^2 \phi} d\phi$$

3.2. Biarc Method

주어진 두 點 사이를 두개의 圓弧로서(直線部 除外) Smooth Curve를 表示하는 方法으로 Biarc Method가 있다. 前述한 바와 같이 Spline 曲線이 3次的인 반면 Biarc Method는 2次的으로 表示된다.

Spline 曲線의 交點計算은 解析的으로 不可能하기 때문에 連續的인 方法으로 解決하고 있으며 Drafting Machine 혹은 其他 Numerical Machine은 直線과 圓弧만을 取扱하므로 Spline 曲線을 圖面化 및 工作에 利用한 때 圓弧로 다시 變換해야 하는 問題點이 發生하게 된다.

이러한 短點들을 解消하기 위해서 Biarc Method를 利用하여 처음부터 원호로서 Smooth Curve를 表示하고 있다.

Spline 曲線과 원호로서 表示된 曲線을 幾何學的으로 比較할 때 Spline 曲線은 一次, 2次 微分이 모두 連續인 반면 Biarc 曲線은 一次微分은 連續이지만 2次微分은 不連續이 된다.

그러나 實際 作業에 있어서 2次微分의 不連續性에 對하여 크게 問題는 되지 않는다. 허나 可能한 不連續性을 減少시키도록 두 圓弧를 決定해야 한다.

本稿에서는 두 圓弧의 決定을 위한 기울기 計算을 行한 後 이를 利用하여 두 圓弧의 中心 및 半徑의 決定에 對하여 考察하고자 한다.

3.2.1. 기울기 計算

주어진 點 ($P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n$)에서의 기울기 ($t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n$)를 求하기 위해서 세 點을 取해서 그 세 點을 通하는 Parabola를 만든다. 그리고 이 Parabola에서의 기울기를 Biarc 曲線의 기울기로 看做한다.

즉 點 $P_i (i=3, 4, \dots, n-2)$ 에서의 기울기를 구하기 위해서 P_{i-1}, P_i, P_{i+1} 을 通하는 Parabola를 만들어 t_i 를 計算한다.

그러나 點 P_i 가 First point인 경우와 End point인 경우, 그리고 연속된 3점이 직선상에 있는 경우는 다음과 같이 求한다.

a) $i=1$ 즉 P_i 가 First Point인 경우

i) t_1 이 주어진 경우

P_1, P_2 를 지나고 t_1 을 갖는 Parabola를 만들어 t_2 를 決定한다.

ii) t_1 이 주어지지 않았을 경우

P_1, P_2, P_3 를 지나는 Parabola로서 t_1 과 t_2 를 同時에 計算한다.

b) $i=n$ 즉 P_i 가 End Point인 경우

First Point인 경우와 같이 取扱한다.

c) P_i, P_{i+1}, P_{i+2} 가 直線상에 있을 때

위의 세 點을 通하는 直線의 기울기가 t_i 가 된다.

3.2.2. 中心 및 半徑의 計算

두 圓弧의 中心과 半徑을 決定하기 위해서는 6個의 條件이 주어지야 한다. 그러나 다음과 같은 5個의 條件이 이미 주어져 있으므로

i) 주어진 두 點

ii) 3.2.1에서 計算된 두 點에서의 기울기

iii) 두 원호가 만나는 點에서 一次微分이 連續

위의 5가지 條件 外에 나머지 하나의 條件이 別個로 追加되어 지야한다.

追加條件은 두 點 사이에서 變曲點의 發生與否에 따라서 다음과 같이 假定한다. 이때 變曲點의 發生與否는 직선 $\overline{P_i P_{i+1}}$ 과 기울기 t_1 과 t_2 가 이루는 角(Fig.14, 15에서 θ_1 과 θ_2)으로 判別된다.

i) 變曲點이 發生하지 않는 경우

두 圓弧의 半徑의 差異가 最小가 되어야 한다.

ii) 變曲點이 發生하는 경우

두 圓弧의 半徑은 直線 $\overline{P_i P_{i+1}}$ 과 기울기 t_1 과 t_2 가 이루는 銳角(Fig. 15에서 θ_1 과 θ_2)에 反比例 한다.

a) 變曲點이 發生하지 않는 경우의 計算

Fig. 14에서 $S_i = |\sin \theta_i|$

$$C_i = -\sin \theta_i \cdot \cos \theta_i / S_i$$

여기서 $i=1$ 혹은 2

라고 두면

첫번째 원(반경= R_1)의 中心 : ($R_1 S_1, R_1 C_1$)

두번째 원(반경= R_2)의 中心 : ($P - R_2 S_2, R_2 C_2$)

여기서 P 는 P_2 의 U座標

이 된다.

두원이 接하는 點에서 共通接線을 갖으므로

$$(P - R_2 S_2 - R_1 S_1)^2 + (R_2 C_2 - R_1 C_1)^2 = (R_1 - R_2)^2 \dots (10)$$

되며 두원호의 半徑의 差 즉

$$R_1 - R_2 = D \dots \dots \dots (11)$$

이라두면 (10)式과 (11)式에서

$$D = \frac{P^2 - 2PR_1 A + 2R_1^2 B}{2R_1 B - 2PC} \dots \dots \dots (12)$$

여기서 $A = S_1 + S_2$

$$B = S_1 S_2 - C_1 C_2 + 1$$

$$C = S_2$$

이 된다.

두 원의 半徑의 差(D)가 最小值를 갖기 위한 條件으로부터

$$\frac{\partial D}{\partial R_1} = \frac{(2R_1 B - 2PC) (-2PA + 4R_1 B)}{-(P^2 - 2PR_1 A + 2R_1^2 B) \cdot 2B} = 0 \dots\dots (13)$$

式 (13)에서 $R_1^2 B^2 - 2PCBR_1 + P^2(CA - B/2) = 0$

$$\therefore R_1 = \frac{PC \pm P \sqrt{(C^2 - CA + B/2)}}{B}$$

이 된다.

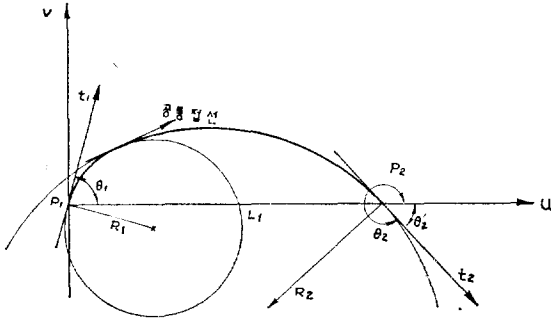


Fig. 14. Curve without deflection point

$$R_s = \frac{PC}{B} \text{ 라 두면}$$

$$R_1 = R_s \pm \frac{P \sqrt{(C^2 - CA + B/2)}}{B} \dots\dots (14)$$

이 되며

Fig. 14에서

$$\left. \begin{aligned} \theta_1 > \theta_2' \text{ 이면 } R_1 &= R_s - \frac{P \sqrt{(C^2 - CA + B/2)}}{B} \\ \theta_1 < \theta_2' \text{ 이면 } R_1 &= R_s + \frac{P \sqrt{(C^2 - CA + B/2)}}{B} \end{aligned} \right\} \dots\dots (15)$$

$\theta_1 = \theta_2'$ 이면 $R_1 = R_s$

(15)式으로부터 R_1 이 計算되면 (11)式과 (12)式으로부터 R_2 를 計算한다.

이렇게 計算되어진 R_1 과 R_2 에 對하여 다시금 검토를 해야 한다. 즉, θ_1 과 θ_2' 가 비슷한 값을 갖게 되면 二次微分의 不連續性이 減少되지만 θ_1 혹은 θ_2' 가 아주 작은 값을 갖고 나머지가 큰 값을 갖게 될 때 $R_1 < 0$ 혹은 $R_2 < 0$ 된다.

이러한 경우엔 不必要한 變曲點이 發生하게 되므로 이러한 問題點을 解決하기 위해서 最小許容半徑(R_m)을 定하여 $R_1 \geq R_m$, $R_2 \geq R_m$ 되게 半徑을 決定해야 한다.

b) 變曲點이 發生하는 경우의 計算

追加條件으로 a)의 경우에 適用했던 두 圓弧의 半徑

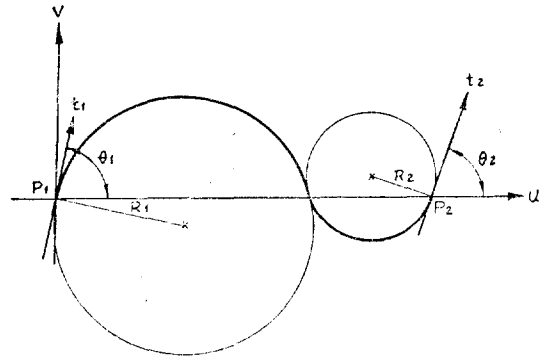


Fig. 15. Curve with deflection point

의 差異가 最小가 되어야 한다는 假定을 여기에 適用할 경우 二次微分의 不連續性이 增加하게 되므로 Fig. 15에서 R_1 과 R_2 가 θ_1 과 θ_2 에 反比例 한다고 假定한다.

$$\therefore \frac{R_1}{\theta_1} = \frac{R_2}{\theta_2} \dots\dots (16)$$

두 圓弧의 中心은 前項의 경우와 같게 表示되므로 두 圓弧의 接點에서 共通接線을 갖는다는 條件으로부터 (17)式이 成立한다.

$$P^2 - 2P(S_1 R_1 + S_2 R_2) + 2R_1 R_2 (S_1 S_2 - C_1 C_2 - 1) = 0 \dots\dots (17)$$

여기서 P , $[S_i]_{i=1,2}$, $[C_i]_{i=1,2}$ 는 前項에서 定義된 것과 같음.

(16)式을 (17)式에 代入하면

$$DR^2 - EPR_1 + P^2/2 = 0 \dots\dots (18)$$

$$\text{여기서 } D = \frac{\theta_2}{\theta_1} (S_1 S_2 - C_1 C_2 - 1) \dots\dots (19)$$

$$E = \left(S_1 + \frac{\theta_2}{\theta_1} S_2 \right)$$

(18)式으로부터 半徑(R_1)은 다음式으로 表示된다.

$$R_1 = \frac{EP \pm P \sqrt{E^2 - 2D}}{2D} \dots\dots (20)$$

變曲點이 發生한다는 條件으로부터

$$(19)式에서 D = \frac{\theta_2}{\theta_1} (S_1 S_2 - C_1 C_2 - 1) < 0 \text{ 이 된다.}$$

$$\therefore R_1 = \frac{EP - P \sqrt{E^2 - 2D}}{2D} \dots\dots (21)$$

(21)式에서 R_1 이 計算되면 中心의 位置와 R_2 가 計算되어 진다.

Spline曲線 혹은 其他 曲線으로 表示된 船型을 圖面化하여 直接 生産에 利用할 경우 위와 비슷한 方法으로 주어진 2점 사이는 圓弧로서 表示되어 져야한다.

그러므로 Biarc Method는 Numerical Mechine을 利用하여 處理할 수 있는 가장 基本이 되는 曲線表示 方法이며 船舶 뿐만아니라 모든 機械分野에도 適用 可能

하다.

3.3 綜合的인 方法

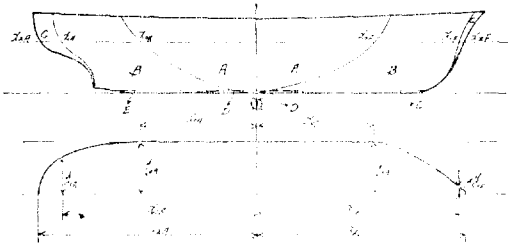


Fig. 16. Split region and water line

船型을 보다 正確하게 表示하기 위해서 船體를 幾體學的인 特性을 갖는 部分을 境界曲線으로 分離하여 (Fig. 16) 各 部分의 特性에 알맞는 數式을 選擇하여 船體를 表示하는 方法이 있다. 이 方法은 設計分野의 出力의 圖面化에도 많이 使用되고 있다.

이 方法에는 다음과 같은 數式이 使用된다.

- a) 直線 : $y = a_0 + a_1u$
- b) 圓 : $(y - A)^2 + (u - B)^2 = r^2$
- c) 2次 圓錐曲線 : $(y - A)^2 = b_0 - b_1u + b_2u^2$
- d) 3次 圓錐曲線 : $(y - A)^2 = b_0 + b_1u + b_2u^2 + b_3u^3$
- e) 5次式 : $y = \sum_{i=0}^5 a_i u^i$

위의 式에서 u 座標은 Fig. 17에서와 같이 曲線의 始作點을 "0" 끝점을 "1"로 取한 座標을 意味한다.

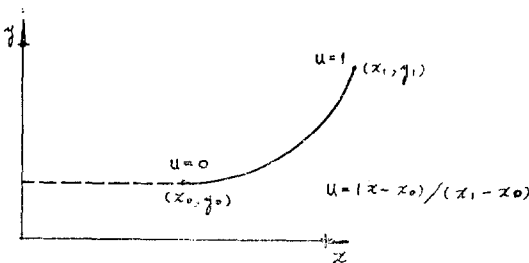


Fig. 17. u - y Coordinate

本稿에서는 5次式과 위의 式을 利用한 Water Line의 表示 方法에 對하여 考察하고자 한다.

3.3.1 5次式

$$y = \sum_{i=0}^5 a_i u^i \dots \dots \dots (22)$$

$$u=0에서 y=y_0 \therefore a_0=y_0 \dots \dots \dots (23)$$

$$u=1에서 y=y_1 \therefore y_1 = \sum_{i=0}^5 a_i \dots \dots \dots (24)$$

$$dy/du = y' = a_1 + 2a_2u + 3a_3u^2 + 4a_4u^3 + 5a_5u^4$$

$$u=0에서 y'=y_0' \therefore y_0' = a_1 \dots \dots \dots (25)$$

$$u=1에서 y'=y_1' \therefore y_1' = y_0' + 2a_2 + 3a_3 + 4a_4 + 5a_5 \dots (26)$$

(23)式~(26)式을 (22)式에 代入하면

$$y = y_0 + y_1u + c_2u^2 + c_3u^3 + a_4(u^4 + u^2 - 2u^3) + a_5(u^5 + 2u^2 - 3u^3) \dots \dots \dots (27)$$

$$여기서 c_2 = 3(y_1 - y_0) - 2y_0' - y_1'$$

$$c_3 = y_1' + y_0' - 2(y_1 - y_0)$$

(27)式에서 미지수 a_4, a_5 를 求하기 위해서 最小自乘法 (Least Square Method)를 適用하면

$$S = \sum_{i=1}^n (y - y_i)^2$$

$$\frac{\partial S}{\partial a_4} = 0 = 2 \sum_{i=1}^n (y - y_i) du / \partial a_4$$

$$\therefore \sum_{i=1}^n y \cdot \partial y / \partial a_4 = \sum_{i=1}^n y_i \partial u / \partial a_4 \dots \dots \dots (28)$$

$$\frac{\partial S}{\partial a_5} = 0 = 2 \sum_{i=1}^n (y - y_i) \partial y / \partial a_5$$

$$\therefore \sum_{i=1}^n y \partial u / \partial a_5 = \sum_{i=1}^n y_i \partial y / \partial a_5 \dots \dots \dots (29)$$

(27)式을 (28)式과 (29)式에 代入하면

$$a_4 \sum_{i=1}^n S_4 S_1 + a_5 \sum_{i=1}^n S_5 S_1 = \sum_{i=1}^n S_1 y_i - \sum_{i=1}^n S_1 S_2 \dots \dots \dots (30)$$

$$a_4 \sum_{i=1}^n S_2 S_4 + a_5 \sum_{i=1}^n S_5 S_2 = \sum_{i=1}^n S_2 y_i - \sum_{i=1}^n S_2 S_3 \dots \dots \dots (31)$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } S_1 &= u_i^4 + u_i^2 - 2u_i^3 \\ S_2 &= u_i^5 + 2u_i^2 - 3u_i^3 \\ S_3 &= y_0 + y_1 u_i + c_2 u_i^2 + c_3 u_i^3 \\ S_4 &= u_i^4 + u_i^2 - 2u_i^3 = S_1 \\ S_5 &= u_i^5 + 2u_i^2 - 3u_i^3 = S_2 \end{aligned}$$

(30)式과 (31)式으로 부터

$$a_5 = \frac{T_1(T_7 - T_8) - T_5(T_3 - T_4)}{T_6 T_1 - T_2 T_5}$$

$$a_4 = \frac{T_3 T_4 - a_5 T_2}{T_1}$$

$$\text{여기서 } T_1 = \sum_{i=1}^n S_4 S_1 = \sum_{i=1}^n S_1^2$$

$$T_2 = \sum_{i=1}^n S_5 S_1$$

$$T_3 = \sum_{i=1}^n S_1 y_i$$

$$T_4 = \sum_{i=1}^n S_1 S_3$$

$$T_5 = \sum_{i=1}^n S_2 S_4$$

$$T_6 = \sum_{i=1}^n S_5 S_2 = \sum_{i=1}^n S_2^2$$

$$T_7 = \sum_{i=1}^n S_2 y_i$$

$$T_8 = \sum_{i=1}^n S_2 S_3$$

以上에서 求한 미지수 $a_0 \sim a_5$ 를 (22)式에 代入한 5次式은 入力된 點을 반드시 通하지 않기 때문에 船體定義 (Hull Definition)에 依한 船型表示에는 使用되지 않고 있지만 Fairing에 依한 船體表示에 使用되고 있다.

3.3.2. Water Line의 表示 方法

前述한 바와 같이 Water Line의 幾何學的인 特性에 따라 다음과 같이 3部分으로 나누어 適切한 數式을 擇하여 使用하고 있다.

- i) 直線 部分(x_0)
- ii) 5次式 適用 部分($x_1 - x_0$)
- iii) 2次 圓錐曲線 適用 部分($x_2 - x_1$)

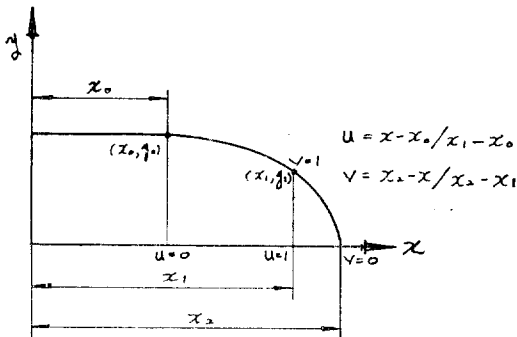


Fig. 18. Split water line

a) 直線部分
Midship에서 Side Tangent Line까지의 Flat Part에 적용되며 $y = a_0 + a_1 x$ (a : 常數)의 形態로 表示된다.

b) 5次式 適用部分
(22)式으로부터
 $u=0$ 에서 $y' = 0, y = y_0$
 $u=1$ 에서 $y = y_1$
 $\therefore y = y_0 + (y_1 - y_0)u^2 + a_3(u^3 - u^2) + a_4(u^4 - u^2) + a_5(u^5 - u^2) \dots \dots \dots (32)$

(32)式에서 미지수 a_3, a_4, a_5 를 求하기 위해서 最小自乘法을 適用한다.

$$S = \sum_{i=1}^n (y - y_i)^2 \dots \dots \dots (33)$$

$$\therefore \frac{\partial S}{\partial a_3} = \frac{\partial S}{\partial a_4} = \frac{\partial S}{\partial a_5} = 0 \dots \dots \dots (34)$$

(32), (33), (34)式으로부터

$$\sum_{i=1}^n y(u_i^3 - u_i^2) = \sum_{i=1}^n y_i(u_i^3 - u_i^2) \dots \dots \dots (35)$$

$$\sum_{i=1}^n y(u_i^4 - u_i^2) = \sum_{i=1}^n y_i(u_i^4 - u_i^2) \dots \dots \dots (36)$$

$$\sum_{i=1}^n y(u_i^5 - u_i^2) = \sum_{i=1}^n y_i(u_i^5 - u_i^2) \dots \dots \dots (37)$$

(35), (36), (37)式으로부터 미지수 a_3, a_4, a_5 를 計算한다.

c) 二次 圓錐曲線 部分

二次 圓錐 曲線式: $(y - A)^2 = b_0 + b_1 u + b_2 u^2 \dots \dots (38)$

(38)式을 Fig. 18에서와 같이 v 座標軸으로 座標變換을 하면

$$y^2 = b_1 v + b_2 v^2 \dots \dots \dots (39)$$

$x = x_1$ 에서 一次微分(dy/dx)이 連續이므로

$$dy/dv = dy/dx \cdot dx/dv = dy/du \cdot du/dx \cdot dx/dv \dots (40)$$

(32)式으로부터

$$dy/du = 2(y_1 - y_0)u + a_3(3u^2 - 2u) + a_4(4u^3 - 2u) + a_5(5u^4 - 2u) \dots \dots \dots (41)$$

$$\therefore [dy/du]_{u=1} = 2(y_1 - y_0) + a_3 + 2a_4 + 3a_5 \dots \dots (42)$$

Fig. 18에서

$$du/dx = 1/(x_1 - x_0) \dots \dots \dots (43)$$

$$dv/dx = -1/(x_2 - x_1) \dots \dots \dots (44)$$

$$\therefore [dy/dv]_{v=1} = [dy/du]_{u=1} \cdot (x_1 - x_2) / (x_1 - x_0) = [y']_{y=y_1}$$

(39)式에서

$$2y \, dy/dv = b_1 + 2b_2 v$$

$$v=1에서 \, 2y_1 \cdot y_1' = b_1 + 2b_2$$

$$y_1^2 = b_1 + b_2$$

$$\therefore b_2 = 2y_1 y_1' - y_1^2$$

$$b_1 = 2(y_1^2 - y_1 y_1')$$

以上에서 보는 바와같이 이 方法에 依해서 表示된 Water Line은 幾何學的인 特性을 考慮하였으므로 精度는 向上되었지만 經濟的인 方法이라고는 말할 수 없다. 本方法에서 使用되는 Input Point에 Weight Factor를 追加하므로써 보다 효율적으로 利用할 수 있을 것이다.

4. 結 言

지금까지 設計 및 生産作業을 위한 船型의 數式表示 方法에 對하여 考察해본 바에 의하면 船型은 簡單한 數式을 利用하여 正確하게 그리고 經濟的인 方法으로 表示되어야 한다는 것을 알 수 있다.

그러나 어떠한 數式을 使用할 것인가를 決定한 後에 어떠한 形態로 定義할 것인가 하는 問題가 더욱 重要視 될 것이다. 즉, 設計作業에서는 前述한 바와 같이

直接 橫斷面을 入力하는 方法과 橫斷面을 計算할 수 있는 Data를 入力하는 方法으로 大別하면 前者는 精度는 向上시킬 수 있지만 人力 Data量이 많으므로 使用上 不便이 수반될 것이다. 반면에 後者는 入力 Data量이 적으므로 使用上 便理한 方法이라 하겠다.

生産作業에 있어서는 純整(Fairing)과 定義(Definition)으로 區別할 때 前者는 現場에서 行하는 方法과 같은 方法을 利用하므로 後者에 比하여 많은 工期가 要할 것이며 人力된 點을 반드시 固守하지 않기 때문에 流動的인 方法이라 하겠다. 後者는 前者를 發展시켜 Computer를 最大限으로 活用한 方法이며 入力된 點을 반드시 通하기 때문에 入力 Data가 보다 正確해야 할 것이며 前者에 比하여 經濟的인 方法이다.

그러나 現今까지 大部分의 System에서는 設計 및 生産에 各各 別個로 船型을 表示할 뿐 아니라 사용되는 數式 역시 相異하므로 二重의 作業이 되고 있다.

그러므로 設計를 위한 表示 方法을 擴張하여 生産에 直接 利用할 수 있는 方法을 開發해야 할 것이다.

이렇게 船型을 適切한 形態의 數式으로 表示하여 船舶建造에 Computer를 最大限으로 活用 하므로써 既存 設計 및 生産技術에 革新的 方向을 提示해 주고 過去에 考慮할 수 없었던 Factor들을 充分히 考慮하므로써 船舶建造의 精度를 높이고 또한 效率的이고 經濟的인 方法으로 船舶을 建造할 수 있다.

參 考 文 獻

1. "Computer를 利用한 船型 數式 表示 方法에 관한 연구" 韓國科學技術研究所 附設 船舶研究所. 1976
2. Chengi Kuo "Computer Methods for Ship Surface Design."
3. Horst Nowachi and John B. Woodward; "Computer Aided Ship Design" 1972
4. Horst Nowachi; "Computer Aided Ship Design Lecture Notes" 1969
5. J.E. Kerwin; "Polynomial Surface Representation of Arbitrary Ship Forms" *Journal of Ship Research*, 6, 1960
6. C. Von Kerczek and E.O. Tuck; "The Representation of Ship Hulls by Conformal Mapping Functions" *Journal of Ship Research*, 12, 1969
7. Leslaw Buczkowski; "Mathemaitcal Construction, Approximation and Design of the Ship Body Form" *Journal of Ship Research*, 9, 1969
8. 造船 における NC 技術 日本造船學會編
9. Makoto Hoshino; "The Fairing of Ship Lines and Seam Landing Calculation by a Computer" 日本造船學會 論文集 第119號
10. Hiroshi Akima; "New Method of Interpolation and Smooth Curve Fitting Based on Local Procedures" *Journal of the Association for Computing Machinery*, Oct. 1970
11. S.A. Berger; "Mathematical Ship Lofting" *Journal of Ship Research*, 1966
12. G. Kuipe; "Preliminary Design of Ship Lines by Mathematical Method" *Journal of Ship Research*, 1970
13. Letcher; "A New Approach to Numerical Fairing and Lofting" *Marine Technology*, 1972
14. Shipbuilding Symposium; *Madrid* 21-23rd Oct. 1970
15. M.N. Parker; "Recent Development in the BSRA British
16. 인하대학교 공과대학: "Study On a Large Bulbous Bow Ship" 과학기술지(1973)
17. 丁浩·金燾喆: "船舶建造에 Computer應用" 大韓造船學會誌 別冊 第五卷 第二號(1968)