

기술보고

선체 외판 곡 가공을 위한 목형 제작정보 생성시스템에 관한 연구

정창환(현대삼호중공업), 손승혁(서울대학교)

1. 요약

현재 국내 대부분 조선소에서는 선박 외판 곡 가공 작업시 곡률이 작은 부재는 일반 날개 형상의 목형 틀을, 선수 및 선미 구간 중 곡률이 큰 부재는 입체 형상의 목형 틀을 제작하여 선상 가열 작업 중 이를 참조하여 철판의 곡형을 생성한다. 이 중 입체형상의 목형 틀을 상형곡형이라고 한다. 이러한 상형곡형 제작정보를 생성하는 방법은 각 조선소마다 조금씩 다르기는 하지만 대부분이 수작업에 의해서 목형 제작정보를 생성한다. 현장 작업자가 선형도면을 직접 참조해서 작도 및 계산을 통하여 입체형상에 대한 각각의 정보를 수작업으로 산출하거나 또는 설계 작업자가 입체형상 구성에 필요한 모든 단면을 개별적으로 모델링하여 제작정보를 현장에 제공한다.

이 과정에서 작업 공수가 과다 소요되며 수작업에 의한 제작정보 오류가 종종 발생하여 외판 곡 가공 공정에 문제가 발생하기도 한다. 그렇기 때문에 본 연구에서는 상형곡형 제작에 필요한 생산 정보를 설계 작업자 또는 현장 작업자 어느 누구라도 쉽고 간단하게 산출할 수 있도록 생산지원 시스템을 개발하였다. 이로 인해 상형곡형 제작이 필요한 외판부재의 경우 즉시 제작정보를 산출하여 제작하도록 함으로써 작업시간을 비약적으로 절감이 가능하게 될 것이다

2. 서론

선박의 선형은 곡면으로 구성되어 있으며 선형을 기준으로 생산 모델링 작업 후 생성한 도면을 참조하여 현장에서 외판 가공 작업이 이루어진다. 외판은 평판과 곡판으로 구분되며 곡판은 여러 개의 선체 외판으로 분할하여 제작이 이루어진다.

전체 선체 외판 중 약 50%는 1차 냉간 가공(프레스 장비로 Roll Bending, 그림 1)으로 철판의 3차원 형상으로 만들어 바로 조립공정으로 이동하며 나머지(약 50%)는 2차 열간 가공(가열 작업, 그림 2)으로 철판의 3차원 곡 형상을 만들어 난 후 조립공정으로 이동한다. 이 때 철판의 곡 형상 정확도를 체크하기 위한 과정이 요구되는데 보통의 외판은 날개로 나뉘어진 목형 틀을 일정간격으로 배치하여 최종 형상을 체크하는데 이를 날 곡형[그림 3]이라고 하며 선수/선미 구간의

곡률이 큰 외판이나 4각형 이외의 다각형으로 구성된 외판은 목형을 하나의 입체 형상으로 제작하여 최종 목적형상을 체크하는데 이를 상형곡형[그림 4]이라고 한다. 이 외에도 부재의 Top, Bot 방향의 곡을 체크하기 위한 목형 틀을 종곡형[그림 5]이라고 한다.

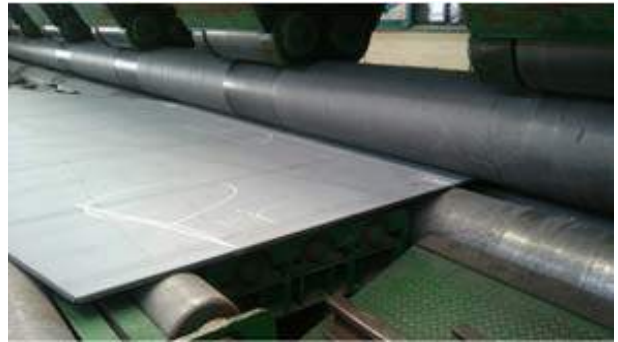


그림 1 Press Roll Bending



그림 2 곡 외판 선상 가열 작업



그림 3 날 곡형



그림 4 상형 곡형



그림 5 종곡형

이러한 외판을 곡 가공하기 위한 일련의 작업들은 매우 난이도가 높고 대부분 작업자의 경험에 의존하고 있는 실정이다. 특히 상형곡형의 경우 20년 이상의 고 기량자만이 제작정보를 산출하여 작업이 가능하기 때문에 기술이 단절될 경우 대조립 공정에 커다란 차질이 발생할 수도 있다. 또한 수작업에 의한 제작정보 산출 시간이 과다 소요 되고 있다. 이에 본 연구에서 제안하는 시스템은 AM CAD의 Shell Plate 모델 정보를 추출하여 반 자동 방식으로 목형 제작에 필요한 정보 산출 방법을 제안하고자 한다.

3. 본 론

3.1 선체 외판 곡 가공 프로세스

조선소의 선박공정(그림 6)은 기본설계에서부터 생산 설계를 거쳐서 현장부서에 생산을 위한 도면 및 정보를 제공하고 이를 이용하여 절단/곡 가공 및 조립/용접을 통해서 선박건조로 이루어진다. 외판 곡 가공을 위한 생산정보들을 생산설계 단계에서 도면으로 현장에 제공하면 이를 참조하여 곡 가공 작업이 이루어진다.



그림 6 선박 건조 프로세스 (외판 기준)

3.2 현도팀 목형 제작 방법

- 날 곡형

그림 6 에서와 같이 기본적으로 외판 곡 가공을 위한 정보는 생산설계단계에서 가공도면(Bending Template 도면, 그림 7)으로 현장부서에 제공한다. (참고로 각 조선소마다 가공도면은 조금씩 차이가 존재하지만, 대부분 선체 외판의 전개 형상과 곡형 정보가 Table 값으로 표현되어 있다. 여기서 곡형이란, 작업자가 가공 작업을 수행하는 과정에서 3차원 곡면의 완성도를 확인할 수 있는 기준을 의미한다.)

The image shows a table titled 'SHELL TEMPLATE OFFSET' with columns for 'NO.', 'REL. NO.', 'NO. OF PINS', and 'TEMPLATE NUMBER'. Below the table are two diagrams of a shell template, one showing the overall structure and another showing a detailed view of the pin placement and bending lines.

그림 7 곡 외판 Bending Template 도면

현장부서에서는 그림 7을 이용하여 Template offset Table 값과 작업기준을 참조하여 그림 3과 같은 날 곡형을 만들어 낸다. 날 곡형을 제작하기 위한 정보는 Table 정보에 목형 순서대로 단위길이당 곡면까지의 길이가 표현되어 있으며 방향기준에 따른 제작방법[그림 8]이 표현되어 있다. 참고로 날 곡형에 해당하는 외판 부재는 곡형이 부재 내부에만 존재하며 Edge 구간에 대한 곡형 정보는 존재하지 않는다. 부재의 크기에 따라서 차이는 있지만 내부의 곡형 개수는 보통 4개에서 8개 정도로 대부분 구성된다.

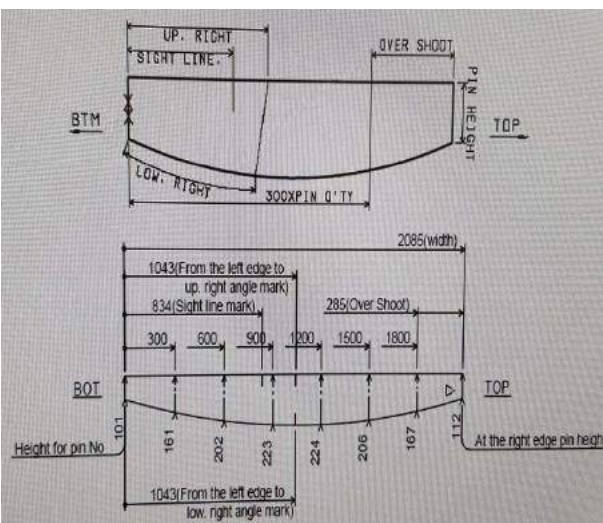


그림 8 날 곡형의 제작 방법

그리고 제작방법에 대한 기준은 아래표와 같다.

표 1 날 곡형 제작 기준

용어	설명
Template No	최소 3개 이상의 Template로 설정
Pin Distance	Template Height 간격 (Default : 300 mm)
Height for pin no	300 mm 간격의 pin 높이
Sight line mark	견통선 (곡성형 정도 용도)
At the right edge over-shoot	Template 오른쪽 끝단 Pin 거리
At the right edge pin height	Template 오른쪽 끝단 Pin 높이
Width	Template 전체 폭 (Pin no x Pin Dist + Over-shoot)
From the Edge to up right angle mark	Template 왼쪽에서 취부각 상면 Distance (90로 취부함)
From the Edge to low right angle mark	Template 왼쪽에서 취부각 하면 Distance (90로 취부함)

- 상형 곡형

선수미 구간의 곡량이 큰 부재나 다각형 부재의 경우, 현도팀 작업자가 선형도면[그림 9]을 직접 참조하여 상형곡형 제작에 필요한 정보들을 수작업으로 작도 및 계산[그림 10]을 통하여 최종 상형곡형입체형상, 그림 11]으로 만들어 낸다.

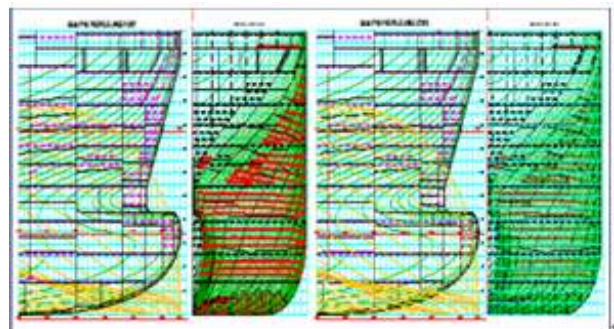


그림 9 선형 Lines 도면

이러한 상형곡형 작업은 제작정보를 추출하는 시간과

입체형상으로 제작하는 시간이 과다 소요되기 때문에 생산설계 마감시점(W/C-21일) 이후가 아닌 강제 취재 시점(W/C-90일) 전후에 현도팀에서 미리 선형도면을 보고 예상되는 구간의 상형곡형을 미리 제작하는 것이 일반적이다.

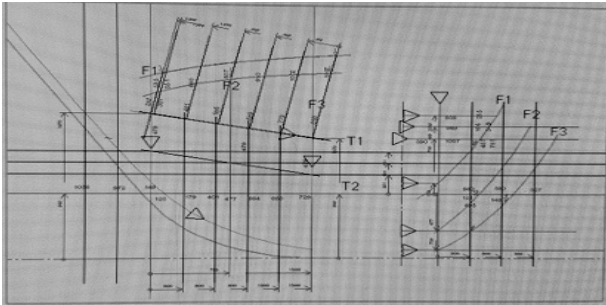


그림 10 선형도면을 참조하여 작도 및 계산

이러한 상형곡형을 제작하기 위해서는 현도 작업자가 선형 Lines 도면을 독도 및 이해하고 곡면을 정확하게 산출 및 작도가 가능해야 한다. 즉 현장 작업 여건에 적합하도록 작업자가 최적 조건으로 판단하여 제작정보를 추출하여 제작하고 있다. 제작정보를 산출 후에는 그림 11과 같이 5단계를 거쳐서 상형곡형을 입체형상으로 조립한다.

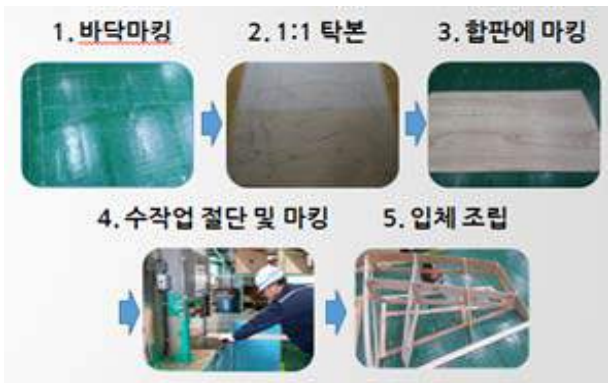


그림 11 제작정보 산출 이후 상형곡형 제작 과정

동중사의 경우 생산설계 작업자가 선형도면을 참조하여 해당 상형곡형에 대한 모든 Boundary 및 내부에 대한 단면을 Planar Panel로 모델링 후 부재분리를 통하여 외곽 형상정보를 도면 또는 절단 데이터로 제공하여 최종 입체형상으로 조립하여 만들기도 한다. 이 경우 현도팀에서는 설계에서 제공한 정보대로만 상형곡형을 제작할 수밖에 없는 단점이 존재한다. 만일 입체목형의 내구성을 위하여 내부에 곡형정보를 추가하거나 위치를 이동해야 할 경우 다시 설계로 요청하여 재

모델링 및 부재 분리 후 변경된 정보를 현도팀으로 전달하여 제작 작업이 이루어진다.

- 종곡형

곡 가공 정확성을 체크하기 위해서 선체 외판 중 날 곡형은 85~90%, 상형곡형은 10~15% 정도로 작업이 이루어진다.

그런데 날 곡형으로 목형틀을 제작하여 가열팀에서 선상가열 후 곡형을 체크시 Top, Bot 방향으로 곡이 심하거나 곡량이 변경되는 구간이 있을 경우 날곡형과 작업자의 경험만으로 가열의 정확성을 판단하기 어려운 상황이 발생한다. 이 경우 가열 작업자가 설계 작업자에게 추가 곡형 정보를 요구하고 설계 작업자는 종곡에 대한 정보를 기존 가공도면에 수작업으로 일일이 작도하여[그림 12] 현도팀으로 전달 후 이 도면을 이용하여 목형을 추가 제작하고 다시 가열팀으로 배송하여 곡형의 정확성을 체크한다.[그림 13]



그림 12 Top/Bot 방향의 종곡형 정보 추가 작도 (설계)

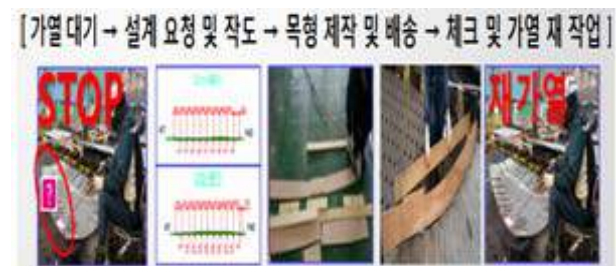


그림 13 종곡형 필요시 작업 프로세스

이러한 경우 가열대기부터 다시 재가열 하기까지 너무 많은 지연시간이 발생하여 곡 가공 공정에 차질이 발생하기도 한다.

이와 같이 상형곡형 및 종곡형의 문제점들을 보완하기 위하여 목형 제작정보 산출 프로그램이 필요하였고,

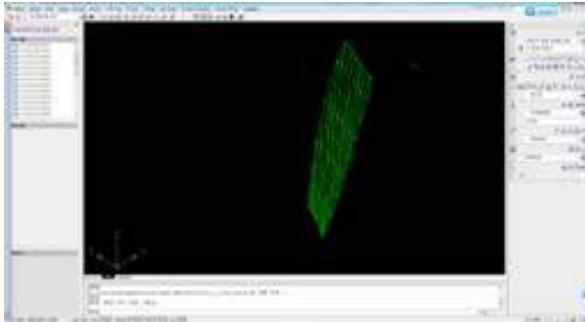
조선소에서 보다 쉽게 사용할 수 있도록 기존 선박 건조 프로그램과 연계 가능한 형태로 프로그램을 개발하게 되었다.

3.3 목형 제작 정보 생성 프로그램 개발

- 3차원 곡면 정보 추출

우선 목형 제작정보 산출 프로그램 개발을 위해서 AM CAD에서 Shell Plate 곡면에 대한 정보 추출 방법에 대해서 분석을 하였다. 3D 모델링 된 외판부재를 추출 할 수 있는 방법은 다음과 같이 크기 3가지로 압축되었다.

1) 3D dxf File



위 그림은 AM에서 Shell Plate 모델을 3D dxf file 형식으로 Export 후 Autocad에서 가시화 한 결과이며 변환된 파일을 분석한 결과 3개의 절점으로 이루어진 Face가 존재하는 것을 알 수 있었고 실제 외판의 두께가 반영되어진 것을 확인 할 수 있었다. 하지만 이 정보로는 곡면의 어느 방향으로 정확한 설계 정보를 포함하고 있는지 판단하기가 모호하였다.

2) Datal File

```

0 ..... 10 ..... 20 ..... 30 ..... 40 ..... 50 ..... 60 .....
181 END
182 NEW OBJJHD /SB_CGDB::S817-RUDDER
183 OCTWO 34
184 STRCD 100
185 DATONE 1421647226
186 DATWO 342
187 QMKUPT 8
188 QNELEM 5
189 QCBJSI 144
190 QALLSI 1
191 OCOE 1
192
193 NEW OBJELE
194 ELEPTR 0
195 ELDDATA 0 27 720923 1 0 458752 1 2 3 3 0 0 65536 -1652948958
196 2228225 -1652948991 13194428 0 2 27 18415643 100 65536 13107
197 1398755155 758591800 1145328978 538989125 3 19 17498131 101
198 6750208 131072 65542 262143 1202590842 -1062511647 316528231
199 1889785610 -1073804739 1574515221 1082246731 1397972752 9449
200 ELDDATA APPE 1162101845 1073774418 1717977088 538968064
    
```

AM에서 자체적으로 제공하는 기능으로 추출한 정보이며 여러 기하학적 정보들이 거의 암호화되어 있을 정도로 표현되어 있어 거의 해독이 불가능하게 되어 있다.

3) CatList File

```

2001 INT: 1 1 1001 0 0 0
    REA: 0.0000000000+00 -0.1700000000+02
3002 REA: 0.1000000000+01 0.0000000000+00 0.0000000000+00
    -0.14709720930+05 0.84234683030+04 0.29600316210+05
    0.29600316210+05 -0.14161766480+05 0.80619462220+04
    0.91634078440+03 0.16625926760+04 0.91923343250+03
3003 REA: 0.1000000000+01 0.0000000000+00 0.0000000000+00
    -0.14786626020+05 0.83853410750+04 0.30500543990+05
    0.30500543990+05 -0.14202594090+05 0.79867354930+04
    0.18207510740+04 0.17118065300+04 0.18235835900+04
    
```

이 역시 AM에서 제공하는 파일 형식이며 3D dxf 파일과 달리 곡면에 대한 3차원 좌표가 표현되어 있으며, Shell Plate 를 구성하기 위한 Seam 정보도 포함되어 있었다.

최종적으로 3가지 Type의 파일 내용을 분석한 결과 CatList 파일이 3차원 곡면으로 가시화할 수 있는 정보를 최적으로 포함하고 있어 이를 선택하게 되었다.

- 3차원 가시화 가능 구현

CatList 파일에서 추출한 3차원 좌표 정보를 이용하여 그림 15와 같이 3차원 형상정보로 가시화하였다.

위 형상정보는 와이어 프레임 형태로도 확인할 수 있으며 마우스를 이용하여 확대 및 축소, 회전 [그림 16]이 가능하도록 되어 있다.

- 3차원 곡량 정보 생성 가능 구현

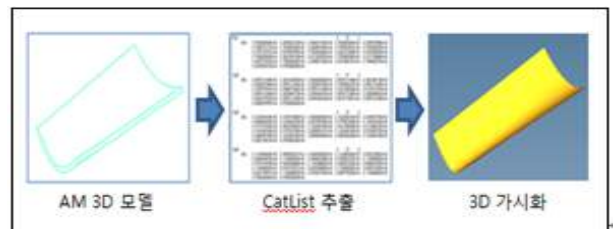


그림 14 3D Visualization

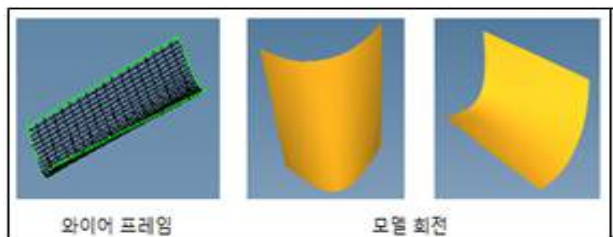


그림 15 와이어 프레임 가시화 및 모델 회전

3차원 가시화된 외판 형상정보를 이용하여 외판의 모서리 양 끝점을 연결한 직선을 생성한 후 그 직선을 수직으로 하는 평면과 모서리가 만나는 점을 찾고 직선과 수직으로 연결한 후 그 거리를 곡률 정보로 계량화하여 정보를 생성하였다.[그림 17]

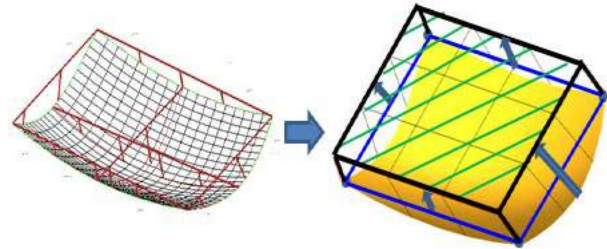


그림 17 Edge면(경계면)이 평면으로 구성되는 Base면 생성

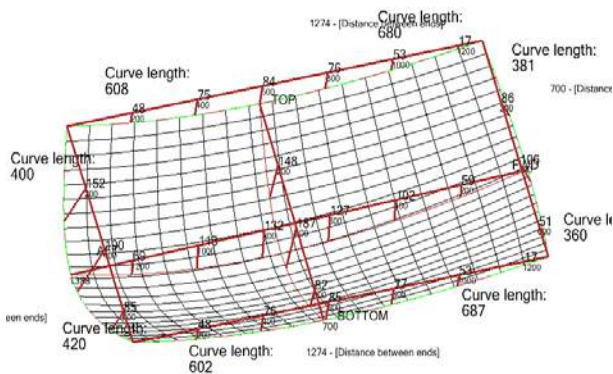


그림 16 계량화된 3차원 곡률정보 제공

이 정보를 이용하여 가열 작업 중 종곡형이 필요할 경우 설계를 거치지 않고 가열팀에서 현도팀으로 즉시 목형을 요청하여 작업이 가능하게 되었다. 공정이 바뀔 경우에는 가열팀에서 굳이 현도팀으로 목형 제작을 의뢰하지 않고 Universal Jig(공작기구)로 곡형을 제작하여 곡량을 확인하거나 실로 간단하게 체크가 가능하게 되었다.

– 목형 제작정보 생성 가능 구현

상형곡형은 3D 곡면 설계 정보를 입력받아서 곡면형상에 해당하는 곡형을 생성한 뒤, 곡형 관련 생산정보를 포함하여 제작도면을 생성한다. 곡면 경계 곡선(Edge면)의 기하학적인 특성에 따라 생산정보를 산출하는 방법이 일반적인 경우도 Base면에 수직으로 올려서 제작하는 두 가지 경우로 나뉠 수 있다.

먼저 경계곡선(Edge면)이 평면에 해당하는 경우를 살펴보면 곡형의 base면을 획득하기 위하여 곡면에서 그림 18과 같이 각 경계곡선의 두 끝점을 이어주고 그 중점을 표시한다. 그리고 서로 인접한 4개의 경계곡선의 중점들을 포함하는 평면을 만들어준다. 그 평면에서 곡면과 반대되고 평면에 수직인 방향으로 일정거리만큼 떨어진 평면을 찾을 수 있고, 그 평면을 base면으로 설정한다.

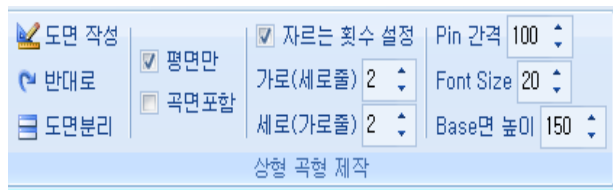
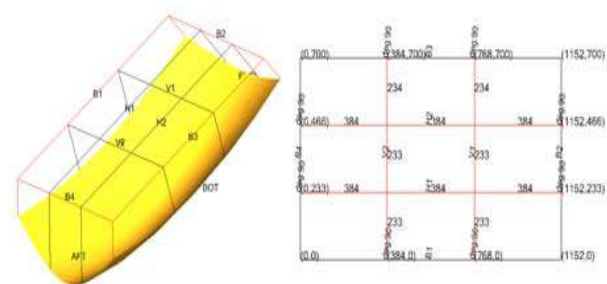


그림 18 상형곡형 제작 정보 옵션 설정

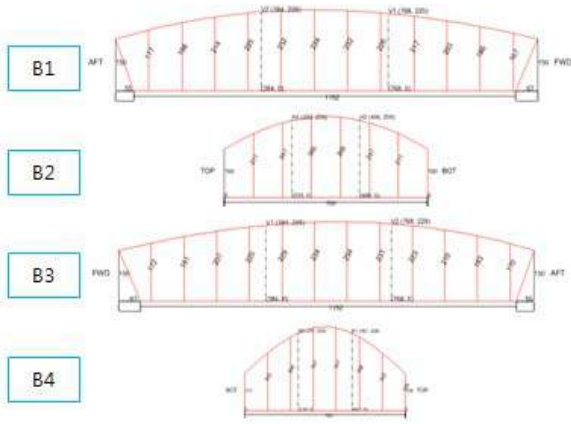
만일 그림 19와 같이 제작정보 옵션을 설정하였을 경우 다음과 같이 3 Type의 곡형정보로 분류되어 생성된다.

1) 3D 및 Base 도면



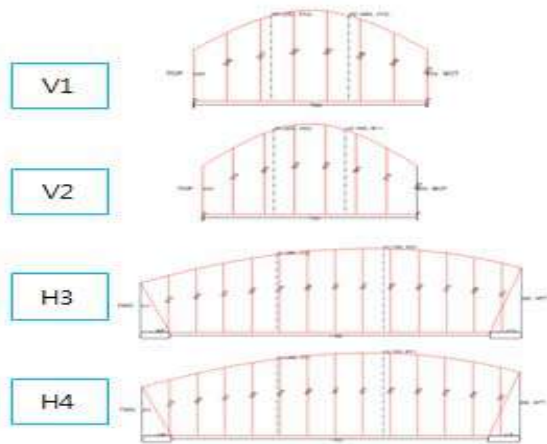
상형곡형에 대한 3차원 형상정보와 Base면 좌표값과 Boundary 곡형과 Inner 곡형이 만났을 때 이루는 각도 정보까지 표현하였다.

2) Boundary 도면



상형곡형의 Boundary 면에 대한 Pin 간격별 Height, 전체 길이, Inner 곡형이 교차하는 구간에 대한 좌표값, 방향정보를 표현하였다.

3) Inner 도면



상형곡형의 Inner 면에 대한 Pin 간격별 Height, 전체 길이, Inner 곡형과 교차하는 구간에 대한 좌표값, 방향정보를 표현하였다.

두 번째로 만약에 경계곡선 상의 점들이 모두 경계 템플릿 평면에 위치하지 않는다면, 그림 20과 같이 경계곡선을 base 면에 투영하여 투영된 곡선을 획득한다. 그리고, 획득한 곡선을 base면에 수직되는 방향으로 올려서 템플릿 곡면을 생성한다. 각 경계곡선 모두 동일한 방법으로 경계 템플릿 곡면을 생성한 뒤, base면과 각 경계 곡면을 이용하여 상형 곡형 제작정보를 생성한다.

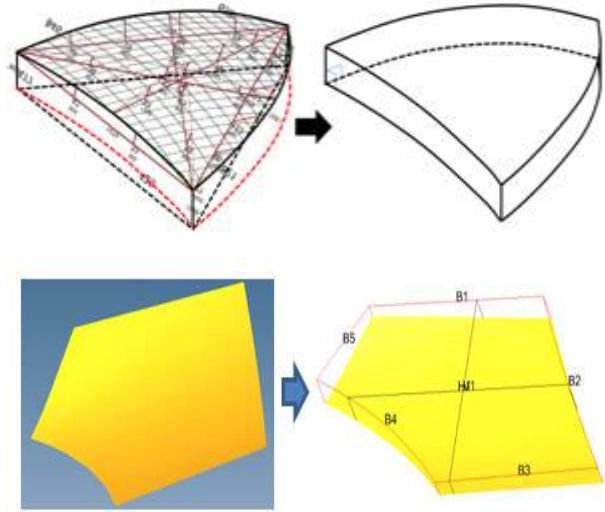


그림 19 Edge면(경계면)이 한 평면으로 구성되지 않는 경우

4. 결론

선체 곡 외판 곡면 가공 프로세스를 분석하여 목형틀을 이용하는 곡면의 완성도 평가와 관련한 프로세스의 개선 가능성을 발견하였으며, 개선을 위해 현장에서 사용 가능하고 쉽게 활용할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

본 연구에서 제안하는 프로그램은 먼저 설계의 3차원 모델정보를 이용하여 입체형상으로 가시화한 후 계량화된 곡량 정보를 산출하여 현장에 제공함으로써 현도팀 및 가열팀에서 긴급히 요구되는 곡 가공 작업 정보를 프로그램을 이용하여 즉시 생성 및 출력하여 작업이 가능하게 되었다. 즉 설계에서 모델링만 되어 있으면 현장에서 필요한 정보를 설계에 요청없이 언제든지 사용가능하게 되었다. 그리고 상형곡형 제작시 고기량자만이 선형설계 도면을 이해하고 이를 작도하여 제작 정보를 수작업으로 산출하였는데 이 프로그램을 이용하여 비숙련자도 언제든지 상형곡형 제작에 필요한 정보를 자동으로 생성하여 작업이 가능하게 되었다. 또한 곡 외판의 자유곡면 형상에 따른 Edge면 정보를 2가지 Type으로 생성가능하게 함으로써 현장 작업시 외판 형상에 따라서 필요한 정보를 유연하게 생성하도록 하였다.

기존의 병목 현상 중 하나였던 상형 곡형을 이용하는 완성도 평가와 관련한 프로세스를 개선하였고, 이는 선체 곡 외판 곡면 가공 프로세스 전체 시수를 줄이는 데도 큰 도움을 줄 것으로 기대된다.

향후 계획으로 목형 CNC 절단장비를 도입하여 본 연구에서 개발된 상형 곡형 제작정보를 DB화(Generic File로 생성) 및 네스팅 시스템으로 연계하여 자동 절단 및 마킹을 함으로써 수작업에 의존하여 이루어지던 현도반 업무 프로세스를 자동화함으로써 작업시간을 비약적으로 절감 가능하게 될 것이고 업무 효율성도 극대화 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

Jeon, B.S., 2004. NET Enterprise System ooCBD Development Methodology, Korea: Young Jin Dot Com Co.

Jung Seo Park, Jong Gye Shin, Kwang Hee Ko, 2007. Geometric assessment for fabrication of large hull pieces in shipbuilding. Journal of Computer-Aided Design, 39, pp.870-881

Jung Kim, Jung Seo Park, Yehyan Jo, Jong Gye Shin, Won Don Kim, Kwang Hee Ko, 2008. A Study of 3D Design Data Extraction for Thermal Forming Information. Journal of Ship&Ocean Technology, 12(3), pp.1-13

Kwang Hee Ko, Jung Seo Pak, Jung Kim, Young Bum Kim, Jong Gye Shin, 2009. Development of software for computing forming information using a component

based approach. International Journal of Naval Architecture & Ocean Engineering, 2009(1), pp.78-88.

Seung-Hyoek Son, Youngmin Kim, Inhyuck Hwang, Huiqiang, Shen, Yong-Kuk Jeong, Cheolho Ryu, Jong Gye Shin, 2015. Design and Development of Manufacturing Information Calculation System for Formation of Curved Hull Plates. International Scientific Conference on Management of Technology Step on Sustainable Production, Brela, Croatia, 10-12 June, 2015.



정 창 환

- 1972년생
- 1999년 목포대학교 컴퓨터공학과 학사
- 현 재 : 현대삼호중공업 종합설계부 과장
- 관심분야 : CAD/CAM, 구조해석
- 현 재 : ****-*****-****
- E - mail : j720917@hshi.co.kr



손 승 혁

- 1988년생
- 2012년 서울대학교 조선공학과 석사
- 현 재 : 서울대학교 조선해양공학과 박사과정
- 관심분야 : CAD/CAM, 생산관리
- 연 락 처 : ****-*****-****
- E - mail : kalnal12@snu.ac.kr

International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering

2017년 1월 투고부터 논문게재료가 인상됩니다.

기본 10페이지 USD 600 또는 700,000원
추가 page당 USD 100 또는 100,000원

Impact Factor : 0.722