

# 알루미늄합금제 연안소형어선의 설계 및 건조공법 연구

## A Study on Designs and Construction Methods of Coastal Aluminum Fishing Vessel

구현모†\*, 강병재\*, 강대선\*\*  
Ku Hyun-Mo†\*, Kang Byung-Jae\*, Kang Dae-Sun\*\*

### ABSTRACT

Main concern of this subject is “What type of hull shape is most important for building aluminum fishing vessel and suitable for domestic fisherman.”

For the this subject, We research from traditional hull shape of fiberglass fishing vessel and supply to our domestic fisherman with 3D render images.

Following the above job making with concept design and basic drawing for product model.

And most important research job with technical of aluminum vessel and products system and standard of job description.

We filled two category with design and products for our domestic fisherman.

※ **Keywords** : Aluminum(알루미늄), fisherman(선원), welding(용접), design(설계),  
product(생산)

\* 선박안전기술공단 기술연구팀

\*\* 선박안전기술공단 서울지부

† 논문 주저자

## 1. 서 론

본 연구사업을 통해서 가장 먼저 고려한 것은 알루미늄합금재 재질 특성에 맞는 연안소형어선의 건조를 위한 선형이 무엇인가와 어민들이 요구하는 선형의 형태가 무엇인가였다. 이를 위해서, 알루미늄합금재 및 판에 대한 기초연구와 현재까지도 진행되고 있는 일반적인 연안어선의 재질인 FRP연안어선의 설계흐름을 분석하고, 3차원설계를 통한 다양한 선형을 어민들에게 제시하고 수정을 하는 작업을 반복하였으며, 일련의 작업을 거쳐 개념설계와 초기설계, 기본설계를 완성하였다. 이를 기반으로 하여 수산과학원의 도움으로 수조 실험을 거치고, 세부적인 도면 및 건조기술 확보를 통하여 복합어업에 적합한 시제선을 올해 초 발표하였다. 또한, 첫 번째 시제선에 대한 평가를 통해 2차선을 건조하였고, 현재 3차선에 대한 계약을 추진 중에 있다.

본 연구는 설계와 건조라는 두개의 카테고리를 가지고 있으며, 이를 연구과정에서 검토되었던 개념적 개념을 중심으로 전개하고자 한다.

## 2. 선형결정

### 1) 단동과 다동형

알루미늄합금재 연안소형어선의 건조를 위한 선형에서 가장 먼저 고려한 것은 사용목적에 맞는 선형을 선택하는 것이다. 본선의 목적은 연안복합어업과 휴어기에는 낚시어선으로 활용할 예정이므로, 정박 시 안정성과 넓은 갑판면적 및 사용자 간의 이동경로의 혼선을 최대한 피해야 하는 기능

을 가져야 한다.

그러므로, 목적에 따라 개념설계상 쌍동형(Power Catamarans)이나 삼동형(Power Trimarans)이 적합하지만噸수가 작고 알루미늄합금판의 특성상 작업이 용이하지 않다. 단동형의 경우 사용갑판 면적이 다른 형태에 비해 협소하지만 건조가 용이하고, 방향전환의 속력이 다동형 선박보다 빠른 감응속도를 가지고 있어서 비상사태에 대한 신속한 대응이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

또한, 대다수의 어민들이 다동형 선체보다는 단동형 선체를 선호하고 있으며, 누적된 기술 또한 단동에 집중되어 있어서, 알루미늄합금재를 이용한 시제선 건조의 성공률이 높아질 것으로 예상하였다.

일반적인 관광선이나 낚시전용어선 및 행정적 용도로 사용되는 선박과 같이 직진성과 항해용이성 및 안정적 운항보다는 잦은 어로작업과 어장관리를 위하여 위 사항을 검토한 결과 단동형이 가장 합리적이라고 판단되었으며, 이에 따라 본 연구과제의 개발선을 단동형으로 결정하였다.

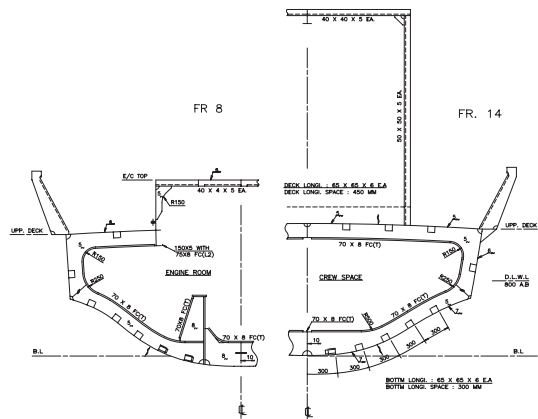


Fig. 1 9.77톤급 FRP 단동형 어선선형

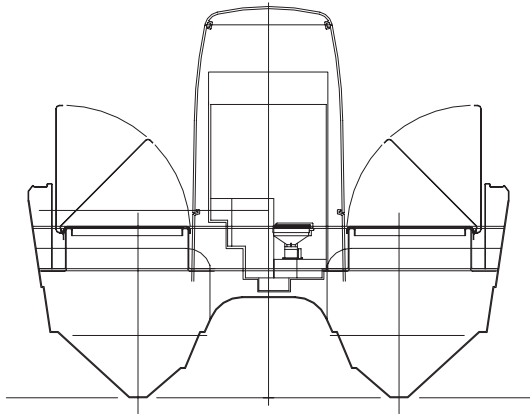


Fig. 2 12미터급 스피드 보트선형

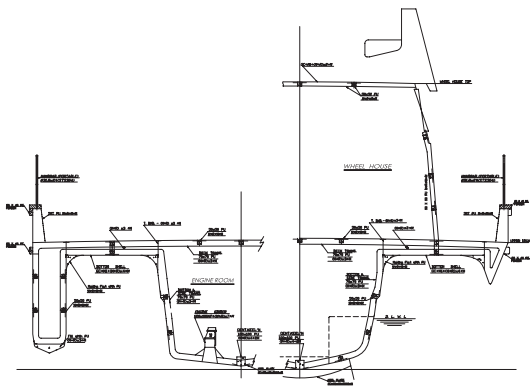


Fig. 3 9.77톤급 FRP 삼동형 낚시어선선형

## 2) 단동형 단면형상의 결정

건조할 시제선이 요구되는 최소속력인 25Knots를 실현하고자 할 경우 선체선형은 활주형 선형을 선택하였는데 그 이유로는 설계 및 건조가 용이하고 건조비가 저렴하며, 흘수가 낮아서 항구 및 항로개설이 용이하며, 횡요 및 종요가 타 고속선형에 비해 작고, 선회성능이 우수하기 때문에 건조시제선의 목적과 부합하여 이를 선택하였다.

단, 활주형 선박의 단점으로는 파에 의한 선체

충격이 과다하여 고속에서 불안정하고 항해 중 돌발적 운동 발생가능성이 큼. 또한, 트림각의 변화가 심하고, 선수 Slamming으로 인한 가속도가 크기 때문에 이에 대한 적절한 대처가 요구되어졌다.

활주형 선박의 단면형상은 아래 그림과 같이 직선(Straight), 오목(Concave), 볼록(Convex), 볼록오목(Inverted Bell)으로 분류할 수 있으며, 계획설계 시 본선을 활주전 선형( $F_n \nabla$  값이 2.5이하)으로 설계하여, 최근 미국과 유럽에서 많이 사용하고 있는 선수선저의 경사를 크게 하고, 선미선저 경사를 일정하게 하는 선형을 채택하였다.

이와 같은 설계는 이후 삼차원 CAS를 통한 Cutting Plan이 감안된 설계로 삼차원 설계를 통한 반자동 알루미늄 판넬절단의 시도를 위한 것이다.

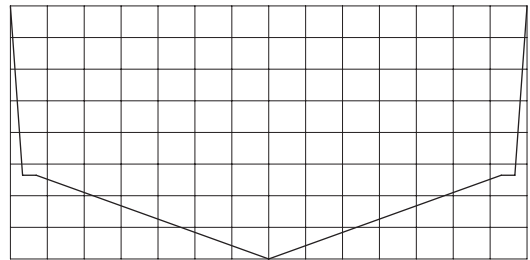


Fig. 4 직선형상

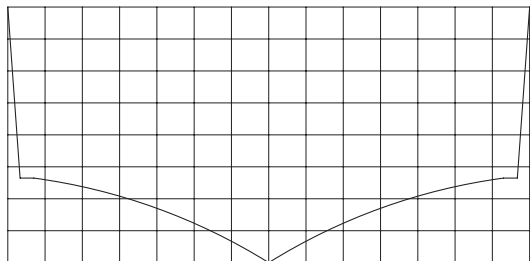


Fig. 5 오목형상

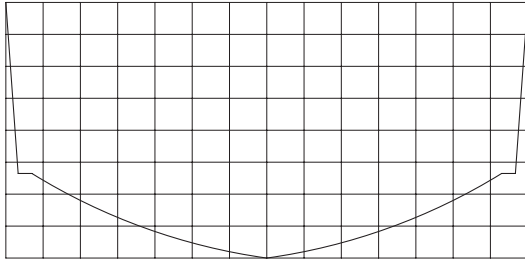


Fig. 6 블록형상

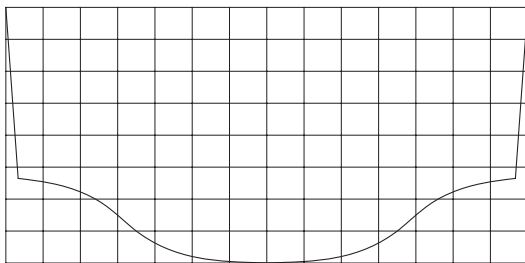


Fig. 7 블록오목형상

3.9톤급 알루미늄합금제 어선의 선체형상을 결정하는데 있어서 알루미늄합금판 3차원 곡면 작업에서 2차 작업 시 생길 수 있는 결함 때문에 직선형상이 가장 좋을 것으로 판단되었음. 선박의 규모가 작음으로 인하여 곡의 각이 커서 2차 변형 곡면작업이 불가능하였고, 이에 대한 조사를 수행한 결과 곡작업이 다소 많이 적용된 선박에서 생기는 대표적인 결함으로는 아래 그림과 같은 Bending Crack이 있었다. Fig. 8은 알루미늄 2차 곡작업 후에 현미경으로 알루미늄 판넬 표면 조직변화를 관찰한 것으로 Bending Crack의 알루미늄 조직과 성질이 변화된 것을 관찰할 수 있었다.

반면, 9.77톤급의 경우 선체의 폭과 판넬의 크기가 커서 약간의 오목이나 볼록이 적용 가능하지만 큰 폭의 커브는 조기 선체결함의 원인이 될

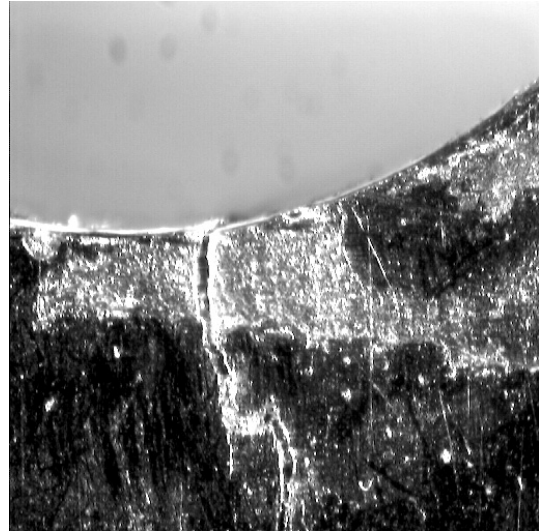


Fig. 8 알루미늄 Bending Crack

수 있으므로 약  $2^{\circ} \sim 4^{\circ}$ 의 곡을 이용하도록 하여 조파성능과 건조의 용이함을 적절히 배합하고자 했다.

### 3) 선저 경사각의 결정

최근 활주형 선박의 선저경사각은 MIDSHP에서  $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$  정도이고, 트랜섬에서  $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ , 선수로부터 배 길이 10% 위치에서  $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 의 경사를 갖는다. 이는 항해 시 파에 의한 충격을 감소시키고, 선측면적 증가로 인한 조정성 기능향상을 위한 것이다. 본 연구를 통해서 개발하는 2척의 시제선의 경우 3.9톤급은 MIDSHP과 선미가  $17^{\circ}$ 로 동일하고, 선수 10% 각은  $32^{\circ}$ 로 설계되었다. 이는 선박의 크기가 작아서 선저경사각을 크게 하여 조정기능 향상에 더 무게를 주었으며, 속력과 높은 파도에서도 안정성을 확보하기 위한 두가지 목적을 충족시키기 위한 것이다. 해외 선

진국의 경우도 12미터급 선박의 선저경사각이 15°~18°로 분포되고 있음을 조사를 통해 확인할 수 있었다.

9.77톤급의 경우 MIDSHIP과 선미가 13°로 동일하고, 선수 10%는 40°로 설계 계획하였다. 이는 3.9톤급보다 비교적 선박의 침수면적이 넓어서 조정기능보다는 속력에 비중을 두었으며, 높은 선수각으로 저항을 줄이고자 하였다. 또한, 3.9톤급에서 선박의 규모에 의해 시도가 불가능한 각을 좀더 큰 모델에 채용함으로써 두 모델간의 성능비교 분석을 하고자 하였다.

참조 : 영국과 프랑스와 같은 선진외국의 경우 해양상태의 조건에 따라 19도의 통계를 보이고 있으나, 국내 어민의 경우 대부분 10도정도의 경사각을 원하고 있음.

#### 4) Spray Line의 채택여부

Spray Line의 역할에 대한 연구 및 개발보급이 타 연구개발사업에서 광범위하게 진행되었고, 고속주행 시 저항감소, 파운딩 시 충격하중의 감소와 같은 결과를 도출되어졌으나, 계획시 제선의 Spray Line을 설치하는데 몇 가지 문제가 있었다. FRP선박과는 달리 알루미늄합금제 선박은 음각으로 Spray Line이 설치가 되지 않으므로, 양각설치를 해야 하는데 이는 오히려 저항을 향상시키는 결과를 초래할 수 있다고 판단되었다.

또한, 내부구조재의 용접라인과 겹쳐서 알루미늄합금제 판의 성질변화와 빠른 부식을 초래할 가능성이 매우 높다는 현장의 의견과 알루미늄합금제 전문가의 의견이 있었다.

선진외국의 경우 알루미늄합금제 선박을 위한 선저에 사용되는 전용판이 있어서, 이와 같은 문제를 해결할 수 있으나, 현 국내에서 이와 같은 판넬 적용이 불가능하다고 판단되어 초기 설계 시 Spray Line를 채택하지 않았다.

### 3. 주요제원 선정 및 선형 결정

#### 1) 선체주요제원의 결정

국내에 등록되어있는 3.97~4톤급 어선의 주요제원을 살펴보면 등록길이 평균 9.8m이고 최저값이 7.8m, 최고값이 11m임을 알 수 있으며 이에 따라, 개발 어선의 길이는 9.5~10m가 적정할 것으로 예상되었다.

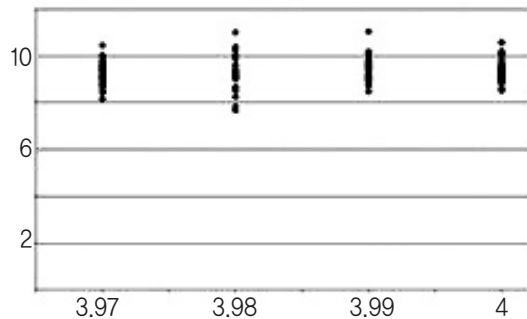


Fig. 9 국내 3.97~4톤급어선의 등록 길이분포도 (X : 총톤수, Y : 길이)

국내에 등록되어있는 3.97~4톤급 어선의 주요제원에서 등록폭이 평균 2.7m이고 최저값이 2.3m, 최고값이 3.9m임을 알 수 있으며 이에 따라, 개발어선의 폭은 2.6~2.8m가 적정할 것으로 예상되었다.

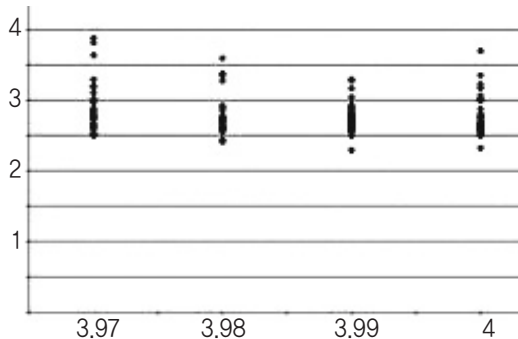


Fig. 10 국내 3.97~4톤급어선의 등록 폭 분포도 (X : 총톤수, Y : 폭)

국내에 등록되어 있는 3.97~4톤급 어선의 주요 제원에서 등록깊이가 평균 0.85m이고 최저값이 0.65m, 최고값이 1.4m임을 알 수 있으며, 이에 따라, 개발어선의 깊이는 0.75~0.95m가 적정할 것으로 예상되었다.

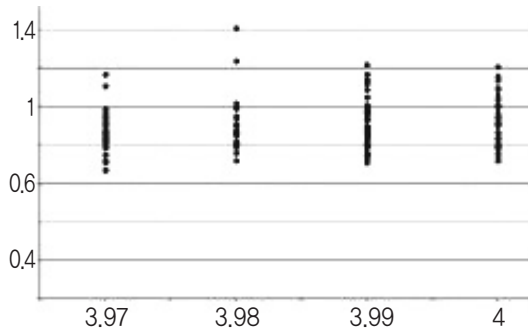


Fig. 11 국내 3.97~4톤급어선의 등록 깊이분포도 (X : 총톤수, Y : 깊이)

위의 통계에 따라 L:9.5~10m, B:2.6~2.8m, D:0.75~0.95m의 범위에서 상갑판 상부의 형상에 따라 설계주요제원이 결정될 수 있다. 국내에 등록되어 있는 3.97~4톤급 어선의 기관마력 통계를 보면 150~300마력에 걸쳐 고루 분포되어 있는 것을 확인할 수 있으며, 최근 사용되는 기관의

특징은 높은 마력을 이용하여 속력을 향상시키는 방향으로 진행하고 있다. 그러므로 본 연구에서 개발되는 시제선의 경우 300마력 이상의 고출력 기관을 탑재하는 것으로 결정하였다.

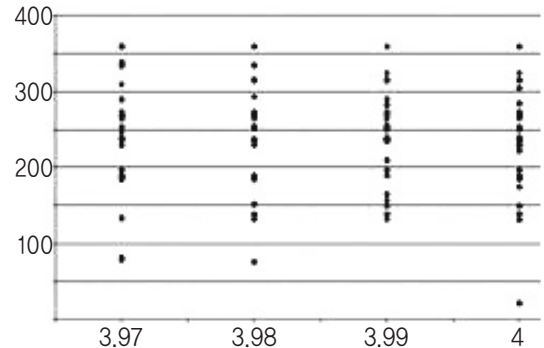


Fig. 12 국내 3.97~4톤급어선의 등록마력분포도(X : 총톤수, Y : 마력)

위와 동일한 형태의 작업프로세스를 통하여 다른 모델의 주요제원 또한 결정하였다.

## 2) 알루미늄합금제 어선의 형상

국내에 건조되어진 알루미늄합금제 선박 건조 실적이 미비한 상태로 해외 선진국의 알루미늄합금제 어선의 선형을 검토하여 본 연구사업에서 활용이 가능한 선형을 분석하였다.



Fig. 13 일본 알루미늄 어선의 형태



9.77톤의 모델선으로 채택한 일본의 경우는 알루미늄 어선의 활용이 대부분 북쪽 추운지방에서 가리비 채취선으로 많이 사용되고 있으며, 복합어업의 성격이 아닌 순수 어업의 성격으로 건조되어진 관계로 선형의 변화가 필요하며, 복합어업에 적당한 편의 시설 배치가 요구되어졌다.



Fig. 14 뉴질랜드 알루미늄 어선의 형태

3.9톤의 모델선으로 채택한 뉴질랜드의 경우 선형의 미려함이나 복합어업의 편리함이 있는 반면, 양현측 이동통로가 비좁아 선수부위의 활용도가 낮고, 선체중심이 비교적 높게 형성되어 있어서 운항 중 흔들거림이 심하다는 단점 때문에 이를 보완하여 설계할 필요가 있었다.

#### 4. 3.9톤급 일반배치도에 대한 해석

알루미늄합금제 연안소형어선의 개발을 위해 일반배치도에서 감안된 내용들이며, 지면상 9.77톤급에 대한 해석은 생략하도록 한다.

조타실의 위치결정을 위해서 감안해야 하는 것으로, 조타실이 선미에 있을 경우 어선의 상황 및 선승한 사람들의 동선 및 안전을 확인하기 용이하

다는 장점이 있다. 단, 선미조타실은 고속주행 시 선미트림이 발생하여 선수시야 확보가 용이하지 못하다는 단점과 선수에서 발생하는 파도의 영향을 심하게 받는다는 단점이 있으며, 대부분의 선박들이 엔진이 선미에 설치되어 주요하게 중량을 차지하는 부위와 장비가 선미에 과도하게 분포된다는 단점이 있다.

선수조타실은 위 선미조타실과 반대되는 장점과 단점을 가지고 있는 관계로, 선수 조타실을 채택하였다. 단, 조타실의 중심을 선체선수부 25%에 위치하게 함으로서, 과도한 선수트림을 방지하고 선수에서도 조업작업이 가능하도록 설계하였다.

조타창의 각을 역각으로 할 경우 운항 중 자연광에 의한 눈부심을 방지할 수 있고, 우천 시 영향이 작으며, 조타실 내부가 커보이는 효과가 있으나, 공기저항이 크고 작업이 어려우며, 둔탁해보이는 단점이 있다(본 연구에서는 초기설계 시 역각으로된 조타창 설계를 하였으나, 실제 건조되는 과정에서 다시 각도를 조정하였고, 이는 아직까지 소형선박의 선주들이 역각에 대한 인식이 나쁜 것을 의미한다).

안전을 위하여 양 현측단에 설치되는 핸드레일의 높이는 상갑판에서 750mm 이상이 되어야 하며, 핸드레일이 너무 높을 경우 선박자체가 불안해보이고, 핸드레일이 휘거나, 부러지는 사고가 종종 발생한다. 또한, 다른 선박과의 충돌에 따른 보수가 필요하므로 본 선박에서는 상갑판의 500mm 상부까지를 알루미늄 구조로 하여, 안전함과 외관의 미려함을 고려하였음.

조타석의 위치를 조타실 중앙에 놓을 경우 운전자에게 편안한 승선감과 좌우측을 살피는데 용이하겠지만, 소형선박의 특성상 공간의 낭비가 많아

서 우측으로 설치하였으며, 좌측은 내부 화장실로 들어갈 수 있도록 배치하였다.

선실 내부는 선원들이 충분히 앉을 수 있는 공간을 확보하였으며, 낚시어선으로 활용할 경우에도 모든 승객이 착석할 수 있도록 공간을 확보하였다.

기존의 3.9톤급에서는 고려되지 않은 화장실 및 침실을 본 선에 적용하였으며, 이는 장시간의 항해 및 낚시에 따른 편의시설 확충 및 낚시어선으로 활용할 경우 여자승객을 위한 편의시설 확보차원에서 배치하였다.

어창은 선체의 중앙에 위치하도록 설계하였으며, 기존의 수동식 Inlet/Outlet방식이 아닌 전기/전자식 방식으로 설계되었다. 이는 어창에 해수를 채웠을 경우 발생할 수 있는 트림을 최소화하기 위한 방안으로 고안되었다.

핸드레일에 낚시대 걸이를 장착하여 이동 시 낚시대의 보관을 용이하게하는 편의시설과 기관실 양현에 발판을 넓게 설치하여 엔진의 상태확인 및 수리를 용이하게 하였다. 선미부에 넓은 창고를 두어 어망이나 낚시도구의 수납이 가능토록 하였

으며, 짧은 구획으로 배터리 등을 거치할 수 있도록 하였다.

운전석은 운전자가 360도 시야를 확보할 수 있도록 배려하였다.

## 5. 알루미늄합금제 선박에서의 삼차원 설계

국내에서 일반적으로 사용되고 있는 연안소형 어선의 재질은 Fiberglass의 경우 삼차원 설계가 갖는 대표적인 장점은 선형을 미리볼 수 있고, 선형의 수정이 용이하며, 프로그램 상에 필요한 계산 및 중량중심의 이동을 쉽게 파악할 수 있다는 것, 장비가 뒷받침 될 경우 5축 가공기를 통하여 목형제작 수작업을 생략할 수 있다는 것들이 있다. 알루미늄합금제의 경우 3차원으로 설계를 수행했을 경우 위의 Fiberglass와는 질적으로 다른 효과를 누릴 수 있었다.

삼차원 설계가 완결되었을때, 어선건조에 필요한 절단판을 자동으로 전개해주는 아래 그림과 같은 ZIG설계가 나오고, 이는 현장에서 대량생산을

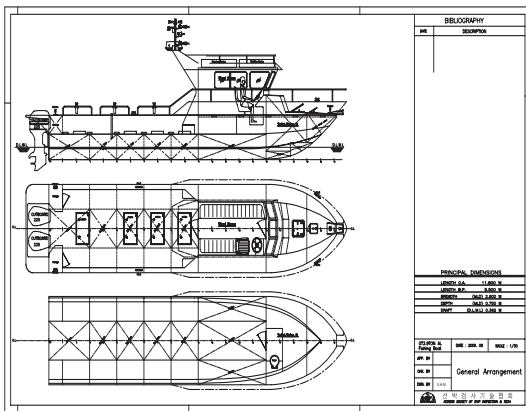


Fig. 15 3.9톤급 일반배치도

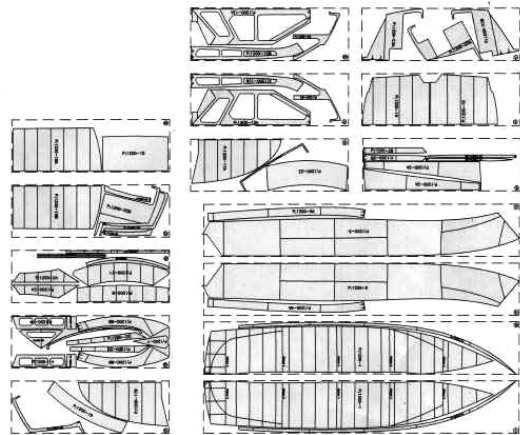


Fig. 16 대량생산을 위한 ZIG설계(NZ)



할 수 있는 기술적 기반과 작업효율의 최대 40% 이상 상승되는 효과 및 오작률의 감소효과, 자재 경비에 대한 절감효과까지 도출해 낼 수 있었다.

## 6. 주요공정별 작업지침

### 가. 알루미늄 건조상의 유의사항

- 열팽창 미수축 강재의 3배 인지
- 산소 절단 불가 및 만곡작업시 주의
- 실내온도 10℃ 이상유지
- 방습, 방풍, 방진, 청결 유지
- 조립시 정확한 치수 유지
- 특수 청결후 8시간 내 용접
- STEEL 작업과 병행작업 금지

### 나. 단위 공정별 작업표준(지침)

#### 1) 원자재 표면가공

- 원자재 표면은 산화방지 피막으로 형성되어 부식을 방지케 되어 있으므로 용접 및 조립 작업시 반드시 피막을 제거한 후 작업을 함

#### 가) 표면가공순서

- 원자재입고 → 가마킹 → 산화방지피막 제거
- 나) 작업공구
  - 가마킹 : 매직펜, 마킹용 송곳, 먹통 & 먹칼
  - 산화방지피막 제거 : Wire(SUS) Brush (전동)

#### 2) 가마킹

#### 가) Deck, BHD 마킹

- Deck 및 BHD 등을 판 용접하기 전에 먼저

Plate를 Deck와 BHD의 크기 순서대로 마킹하는 것을 말함

#### 나) Angle, Tee 마킹

- 기계 Bending하기 전에 Bending을 하기 위해서 마킹하는 것을 말하고 부재의 양끝에 Margin을 300~500mm 정도 주어야 함. Bending작업시 수시로 곡형재(Template)로 Bending정도를 확인하면서 작업함

#### 3) 절단(Cutting)

- 절단은 기계에 의한 절단(Shearing) 및 손 공구에 의한 절단(Hand Tool)절단으로 크게 두 가지로 나눈다.

#### 가) 기계에 의한 절단

- 부재의 크기가 작고 수량이 많은 경우 기계 절단하면 많은 시간을 절약하고 작업능률을 향상 시킬 수 있음
- Strong Back 부재는 Circular Saw에 의해 절단된 것보다 기계에 의해 절단된 것이 좋음

- 기계절단은 6.4mm(1/4")판 두께 이하만 기계절단 함

- 6.4mm 이상일 경우 절단면이 직각이 되지 않기 때문에 가능한 한 피하는 것이 좋음

#### 나) 손 공구에 의한 절단(Hand Tool)

- 부재의 크기가 크고 운반이 곤란하거나 곡이 있을 경우 Hand Tool이용하여 절단
- 판 두께가 6.4mm 이상인 경우 Hand Tool 이용하여 절단

- 곡이 있는 경우 Hand Tool 이용하여 절단

#### 다) 절단공구

- 기계절단기 : Shearing M/C, Angle절단기,

- 만능절단기
- 손절단기 : Circular Saw
- BAYONEY Saw
- PUPROSE Saw
- Bead Saw
- 고정 Circular Saw 등

#### 4) 개선작업(BEV.)

- 개선은 Plate개선, Angle개선, Tee개선 등이 있으나 Angle과 Tee에는 많이 사용하지 않고 주로 Plate개선에 많이 사용함
- 6.4mm 이상은 필히 개선을 하여야 함
- 불활성가스 아크용접 작업표준(KS B0879) 참조
- 개선 공구 : Air Router(61R-732): 상해 개선기
- Air Router(31R-710D)
- Air D/E Frinder(NO.1982)
- Air Chipping Hammer
- Electric Plate
- Electric Router
- Air Router(31R-T30)등

#### 5) 취부(Joint)

- 두께가 다른 판(6.4mm+9.6mm)을 취부할 경우 설계도면상에 명시하나 그렇지 않을 경우 두께를 작업하기 편리한 부분부터 작업하되 밖으로 노출시키지 않는 것이 좋음
- 박판 취부의 경우 무게가 가벼운 납망치를 사용하여 취부함
- 납망치 사용 시 취부판 윗면에 Al Plate Piece를 놓고 망치 작업을 함

- 두께를 맞추기 위하여 무리하게 망치로 쳐서는 안 됨
- 취부중 Gap발생시 억지 맞춤을 하여서는 안 됨
  - 용접후 변형의 원인이 됨
- 취부용접(Tack Welding)의 경우 본 용접(Production Welding)의 전류보다 높게 하여 취부용접을 하여야 함
  - 취부 용접부를 Grinding, Chipping 및 Hammer로 취부용접비드(Bead)를 제거 후 용접하므로 용접 열과 잔류응력에 의해 취부 용접부가 터지고 Crack현상이 일어나 두께가 맞지 않게 되는 경우가 있기 때문임
- 취부용접 비드(Bead)를 제거할 경우 완전히 제거하지 말고 1~2mm 정도 필히 남김
- 충분한 청결작업으로 두께의 모서리, 취부면 부분의 청결을 유지하여야 함
  - 기공과 불순물로 인하여 용접결함의 원인이 됨
- 후판을 취부할 경우 손에 의한 감각보다 공구(직각자, Flat Bar)를 이용하여 두께를 확인함(Mold Line)
- 우천시에는 습기가 많으므로 LPG(GAS)등으로 예열하여 습기를 제거한 후 작업을 하여야 함
  - 대기 중에 습도가 80%이상일 경우에는 본 용접을 자제하는 것이 좋음
- 취부용접이 끝나면 변형을 방지하기 위하여 누름쇠(Weight)로 고정함
- 판 일면 취부작업 종결후 판을 뒤집을 경우 Clamp공구보다 Al Piece를 부착하여 크레

- 인을 이용하여 Turn-Over함
- 판 밑에 Al Chip이 들어갈 경우가 있으므로 바닥 및 취부 선을 항상 청결하게 유지하여야 함
- Al 작업시 타작업(STL, 작업)과 절대 병행하여 작업을 해서는 안 됨
- STL. 망치는 절대 사용을 금함

### 6) 마킹(Marking)

- 마킹이라 함은 주로 현도에서 이루어짐
- 현도에서는 최종적으로 수정된 선체선도와 춘법표에 의하여 실물 형으로 현도 함. 이것은 축척된 도면을 원칙으로 확대하는 것으로 도면에서 작은 오차가 실형에서는 커다란 차이가 생기므로 그 모순을 정정 혹은 수정하여 형을 제작하여 Al Plate에 실형을 옮겨 가공으로 넘김

### 7) 곡가공

- 곡가공은 Rolling작업과 기계Bending작업이 있음
- 기계 가공시 주의사항
  - 기계 가공작업을 할 경우에는 판의 두께에 주의하여 곡형재를 제작함
  - Al의 이방성을 고려하여 곡가공함
  - Al Plate 재질이 Al 5086인 경우에는 최소 반지름으로 가공하여도 좋으나 Al 5454등의 강한 재질인 경우에는 최소 반지름 보다 2~3배 여유를 주어서 가공하는 것이 좋음

### 8) 소조립(SUB-ASSEMBLY)

- 판에 BHD, Deck 및 Side Wall 등을 마킹하

- 고 난후에 도면에 명시되어 잇는 F.B, Tee, Angle등을 취부하는 것을 말함
- 소조립은 Brush작업과 Angle, Tee, F.B 등의 Marking작업과 Cutting작업, 단속용접 부위 마킹작업 및 취부작업 등이 있음
- 소조립순서
  - ① 표면 Brush작업(용접부 산화방지피막 제거작업)
  - ② Angle, Tee, F.B 마킹작업
  - ③ Cutting작업
  - ④ Sub Assembly 작업
- 소조립시 주의사항
  - Frame과 LONGGL,의 Line 연결에 주의함
  - 도면을 완전히 파악한 후 다음 작업(조립, 탑재)에 지장이 없게 작업함
- 가) 표면 Brush 작업(용접부 산화방지피막 제거작업)
- Brush 작업은 Al 작업에만 행하여지는 작업임
- Al은 표면에 강한 산화방지 피막이 형성되어 있으므로 용접 작업시 피막을 제거하지 않으면 용접성이 좋지 않을 뿐만 아니라 완전한 용융점이 되지 않으므로 반드시 Brush 작업을 하여야 함
- Line에 마킹용 송곳으로 마킹한 다음 Brush 작업을 하여야 함
- Line에서 상·하·좌·우 30mm이상 Brush로 청결을 유지하여야 함
- Line선상의 용접비드는 제거함
- Brush 작업시 주의사항
  - Brush 부위에 기름이 묻지 않도록 하여야 함(Brush 작업이 잘 안됨)

나) Angle, Tee, F.B 마킹작업

- 도면을 정확히 판독하여 줄자를 이용하여 마킹함
- 연결부분의 여유(조립Margin)는 필히 확인하여 마킹함

다) 절단작업

- Cutting 작업이란 Angle이나 Tee를 마킹선에 따라 정확히 절단하는 작업을 말함
- 절단에 주로 사용되는 공구는 Circular Saw 와 Bend Saw를 많이 사용함
- 부재의 끝단 처리는 도면에 명기된 표기와 같이 정확히 절단가공 하여야 함

라) 용접표시 마킹

- 용접각장은 연속일 경우 표시할 필요가 없고 단속일 경우만 표시함
- 용접표시 마킹은 처음과 끝부분은 30mm정도 연속용접 표시하고, Tee, Angle, F.B 연결부위는 100mm정도 연속용접 표시함
- 특히 개구부(W.T Door, N.T Door, 각종 Opening)내부면은 필히 연속용접 표시함

마) 취부작업(Sub-Assembly)

- BHD의 경우는 정반(Dog Slab)에 Dog로 구속하고 용접하는 것이 변형을 방지할 수 있음
- 판과 형재류의 취부면에 간격(Gap)이 발생하지 않도록 취부 하여야 함
- 간격이 1mm 이상일 경우 췌기를 이용하여 취부 함
- 주의사항
  - 췌기(STL, OR AI 재질 이용)하면에 필히 AI판 조각을 받친 후 췌기작업을 하여야 부재의 손상을 방지할 수 있음
  - 조립시 쇠파지(STL, Hammer) 사용을 하

면 부재의 손상을 유발시키므로 반드시 납망치를 사용하여야 함

○ 가접(Tack Welding)

- AI 합금은 용접 중 및 용접 후에 변형을 일으키기 쉽기 때문에, 구속이나 가접이 철강재의 경우보다 중요함. 따라서 AI 합금의 가접은 Steel의 경우보다 약간 길게 함

- 교류 GTAW(TIG)의 경우, 판 두께가 4mm 이하일 때에는 가접시 비드길이 10~20mm, Pitch 50mm 이하로 하고, 판 두께가 4~8mm 일 때, 비드길이 30~50mm, Pitch 100~200mm로 함

- 그 외에 AI 합금은 용접 시작부에 간혹 크레이터 균열이 발생하기 쉽기 때문에 보호가스의 사전 흘림(Preflow)나 크레이터 처리에 주의해야 함

바) 구속 작업

- 구속은 용접시 용접변형을 최소화하기 위함임
- BHD가 작은 경우는 정반(Dog Slab)에서 Dog를 사용하여 구속함
- 평판 정반(Slab)에서 구속할 경우 문형Piece를 250~300mm 간격으로 설치함
  - 주의: Piece 설치시 용접 및 Stiff(부재)취부에 지장을 주지 않게 설치함
- 변형이 심한 BHD 경우에는 취부용접후 구속하기 전에 Stiff와 직각이 되게 BHD 밑에 F.B 또는 Piece를 이용하여 역변형을 줌
- 변형의 강, 약에 따라 F.B와 Piece의 두께로 조절함

9) 용접

가) 용접봉, 전극와이어 종류, 용접전류의 범위

(KS B 0879)

- 용접봉 및 전극와이어는 원칙적으로 KS D 7028(알루미늄 및 알루미늄합금 용접봉과 와이어)에 정하는 것으로 하고, 모재의 종류, 판 두께, 기타 필요한 조건을 고려하여 건전한 용접부가 얻어지는 것을 사용함
- 용접봉 및 전극 와이어는 습기가 차거나, 더러워지지 않도록 보관하여야 함
- 나) 용접순서
  - 용접의 변형을 최소한 줄이고 재질과 품질이 양호한 상태를 유지하기 위하여 필히 용접순서에 의거 용접하여야 함
  - 기본용접순서
    - Center Line에서 좌·우로 Center Line에서 상·하로 용접함
  - BHD에 용접을 많이 하면 변형이 크므로 될 수 있는 한 각장을 작게 함
    - Center Line에서 연속용접으로 한번 용접하는데 약 2~3mm변형과 수축이 온다. 이것은 근사치지만 용접사의 기량, 전류의 차이에서 오는 변형과 용접각장 및 Bead의 정도에 따라 많은 차이가 있음
  - Tee의 용접시 처음 시작은 각이 우형대로 유지되나 끝 부분은 용접수축과 변형에 의하여 각이 처음과 같이 유지되지 않으므로 용접은 후진법을 적용하여야 함

### 10) 변형교정

- 변형교정은 용접 후에 많이 사용함
- F·B 경우에는 기계절단후에 사용함
- 용접이 끝나면 평판 Slab에 구속한 문형 Piece를 철거하면 용접에 의하여 BHD 또는

Deck가 수직 또는 수평이 되지 않음

- Al은 Steel과 달리 산소와 아세틸렌으로 만 곡작업시 가열 한계 온도를 초과할 경우 재생이 불가하므로 주의하여 작업하여야 함
- 과거 코리아타코마조선공업(주)에서는 반드시 용접곡직을 하도록 하였으나(최근 안전, 환경관계로 MIG용접기에 의한 곡직은 잘하지 않고 TIG용접기로 곡직함) KS B 0879(불활성가스 아크용접 작업 표준)에 따르면 가스토치를 이용한 변형 교정시 가열 한계 온도를 상세하게 정하고 있어 용접 곡직과 가스토치를 이용한 곡직법, 두 가지를 소개하고 장·단점에 대해서 알아보기로 함
- 용접 곡직 방법(순서)
  - 곡직할 부분을 Brush하여 피막제거
  - 먹통으로 용접면의 반대면에 선을 넣는다
  - 그 다음 선을 따라 MIG용접기(또는 TIG용접기)로 용접함
  - 용접한 비드를 제거함
  - 비드 제거 부위를 그라인딩 하여 편편하게 함
  - 주의) 내부 용접곡직 비드는 Grinding을 생략함(단, 내장되는 부위에 한함)
- 산소·아세틸렌 토치를 이용한 곡직(KS B 0879)
  - 가열 급랭에 의한 변형 교정 또는 가열 후, 열간 가공에 의한 변형 교정을 할 경우에는 가열 한계 온도 이하에서 함
- 용접 곡직의 경우 작업시간이 많이 소요되는 단점이 있으나 용접으로 인한 알루미늄 판의 가열온도는 항상 일정하므로 품질을 일정하게 유지할 수 있음은 장점이 있으며

- 가스 토치를 이용한 열곡직의 경우 작업시간은 단축시킬 수 있으나 가열 한계 온도를 초과하지 않도록 디지털 온도 게이지 및 온도 체크용 초오크를 이용 사전체크 하는 등 세심한 주의를 기울여야 함
- 가열 온도는 일일이 온도체크초오크를 사용하면 시간이 많이 소요되므로 작업 초기에 온도체크초오크를 이용 확인하고 이후에는 일반적으로 불꽃의 색깔과 가열된 판의 색깔을 보고 판단해야 하며 작업자의 관능에 의존하므로 곡직은 전문성이 요구되는 작업임
- 그러나 용접곡직의 경우에는 곡직사가 곡직을 해야 할 부분에 마킹을 해주면 용접사 누구나 작업을 할 수 있으므로 작업시간은 많이 소요되나 매우 안정적인 방법임

선의 시제선이 발표된 지 약 6개월의 세월이 지났고 2차선이 발주되어 건조가 완료되었다. 하지만, 아직까지 환경친화적이고, 폐선 시 선주에게 건조비의 일정부분을 Feedback할 수 있으며, FRP어선보다 선체무게의 변형이 적다는 장점만을 가지고 어민들에게 알루미늄어선을 건조하는 것이 바람직하다고 권유하기에는 무리가 있다고 판단되어진다. 향후 알루미늄합금제 선박의 자동화 생산기반을 통한 선가의 하락과 재료특성에 맞는 다양한 선형개발을 통해 어민들이 정부에서 주어지는 혜택이 아닌 선박재질의 우수성과 연안해양의 환경을 지키고자 하는 마음으로 알루미늄합금제 연안어선을 선택하기 위해 산·학·관·연 및 어민들이 공동으로 노력해야 할 것이다. 또한, 선가하락을 위한 알루미늄가공 기술 및 재활용기술에 대한 추가연구개발이 시급하게 요구되어진다고 할 수 있다.

## 7 결 론

본 연구를 통해서 알루미늄합금제 연안소형어

이 논문은 해양수산부의 해양수산개발사업 연구비 지원으로 이루어진 것임을 밝힙니다.