

# FRP 선박의 Mouldless 건조방식

김 호 철/서울대학교 조선해양공학과 교수  
김 재 성/서울대학교 선형시험 수조실 연구원  
이 재 규/(주)어드밴스드마린테크 연구팀장

소형어선이나 일반적인 활주형선형은 부분적인 형상 수정을 거치게 되면 3차원 곡면으로 이루어진 선체의 외관을 2차원 평면상에 전개하여 표현할 수 있다는 특성을 가지고 있다. 이러한 점을 활용하여 전개도형에 따라서 제작된 얇은 FRP 판재를 선 요소들로 정의된 형틀 상에서 변형시켜 선체의 형상을 만들고 그 내부에 추가로 FRP를 적층 함으로서 선체를 완성하는 방법을 제안하고자 한다.

## 1. 서 론

대표적인 복합재료의 하나인 F.R.P(Fiber-glass Reinforced Plastic)는 불포화 폴리에스테르 수지와 유리섬유로 이루어진 복합재료로서 내식·내열·내후성과 성형성이 우수하여 소형선박의 재료로서 사용되어 온지 오래이다. 지금까지 FRP선박을 건조하는 방법에서는 형틀을 이용하고 있으며 이 방법은 대량생산에 적합하다. 그러나, 선박을 건조하고자하는 경우에 선주는 사용조건에 따라서 다양한 요구조건을 제시하는 경우가 허다하여 선주가 요구하는 조건을 수용하다보면 톤수 및 외형이 다양하게 변화되므로 그때마다 목형과 형틀작업을 다시 하여야 함으로 선박의 제조원가가 높아지고 공사기간이 늘어나게 되는 문제점이 있다.[1]

그런데, 근래에 건조되고 있는 소형 FRP 어선이나 레저보트를 살펴보면 대부분이 활주형 선형으로서 약간의 선형 수정을 거치면 3차원

곡면으로 이루어진 선체의외관을 2차원 평판 상에 전개하여 표시할 수 있는 단순한 선형으로 치환할 수 있다. 평면상의 2차원 도형으로 전개가 가능한 3차원 곡면으로 이루어지는 선형에 대한 연구는 대부분 강선을 대상으로 하여 이루어졌으며 초기에는 전시에 선박을 신속히 건조하기 위한 수단으로 제안되었다. 실선 건조에 적용하였을 때 20% 이상의 공수를 절감했다고 보고[2]된 바 있다. 또 이 방법을 적용하게 되면 공수를 단축할 뿐 아니라 조선소의 초기 시설이 단순화되어 투자비도 줄어든다는 장점 등이 알려지게 되었다[3]. 그러나, 강선을 건조하는 경우에 전개된 도형으로부터 성형된 외판 사이를 용접함으로 간단히 결합이 이루어지지만 FRP선박의 생산 과정에서 동일한 개념을 적용하는 경우에는 이미 경화된 외판들 사이를 접합 방식으로 결합하여야 한다는 문제점을 가지고 있다. 복합재료를 소재로 2차 또는 3차 접착하는 경우에 지금까지의 접합방식으로서 충분한

강도를 얻을 수 있음이 입증되어 있지 못한 관계로 법규상으로서도 인정되지 못하고 있어서 전개가능 선형이라 할지라도 FRP선박의 건조방식으로 전개 가능하다는 특성을 활용하는 문제는 아직 검토되지도 못하고 있다.

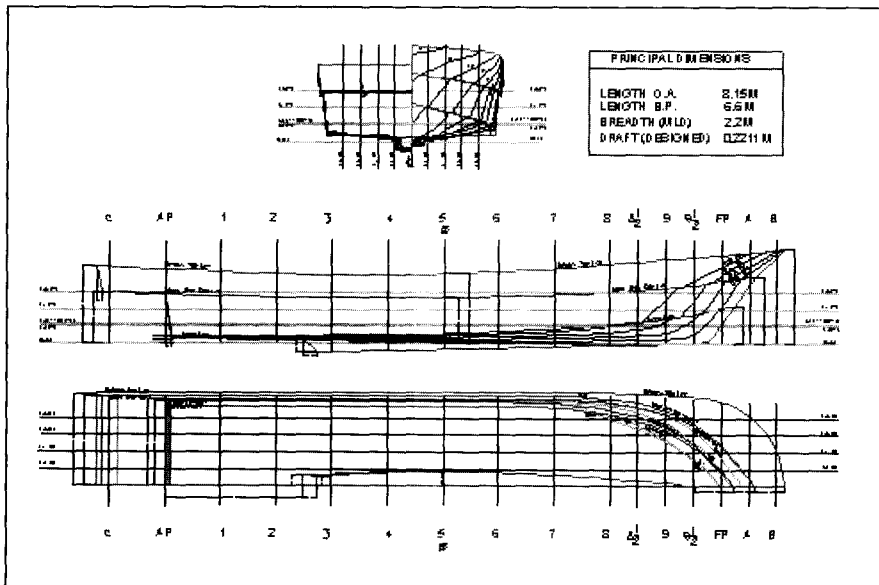
선주가 요구하고 있는 조건을 충족하는 크기와 모양을 갖는 선박을 전개 가능한 형상으로 설계하였을 때 이를 지금까지의 개념에서와는 달리 선 요소들만을 사용하여 선체의 형상을 나타냄으로서 지금까지의 형들과는 전혀 다른 개념의 형틀이 되도록 하는 FRP 선박의 건조방식을 소개하고자 한다. 즉 선 요소들로 선체 형상을 나타내고 이렇게 얻어진 구조를 2차원 도형으로 전개되어 평면상에서 적층성형된 외판 요소들이 선체형상이 되도록 변형시키는 형틀로 사용하는 방법이다. 선체 형상으로 성형된 판 요소 사이를 효과적으로 결합하고 필요로 하는 강도가 얻어질 때까지 내부를 추가 성형하며 내부의 구조배치를 완성하여가는 새로운 FRP 선박 건조 공법으로서 이를 구현하기 위하여 필요로 하는 형틀의 제조방법과 판 요소의 결합

방법 그리고 그들을 구현하기 위하여 새로이 고안된 장치와 기구들을 소개하고자 한다.

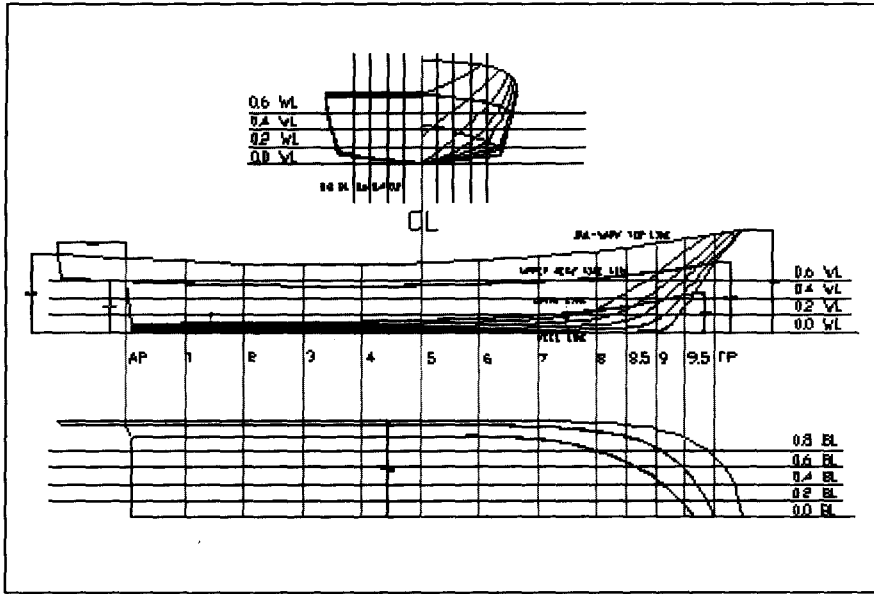
## 2. 대상선형

소형어선이나 활주형 선박을 설계하고 이를 전개형으로 변환시킨 선형을 대상으로 새로운 공법의 적용가능성을 보이기 위하여 연안에서 양식 작업선 등으로 널리 활용되고 있는 선형인 1.4톤급 FRP 선형을 건조공법의 타당성을 보이기 위한 시험용 선박으로 선정하였는데 선형은 <그림 1>에 보인 바와 같다.

<그림 2>은 기준선형을 전개 가능한 선형으로 변환시킨 선형으로서 <그림 1>의 기준선형과 비교할 때 몇 가지의 차이점이 나타나 있다. 첫째로 기준선형에서는 선측과 선저가 교차하며 이루어지는 차인 부분을 보면 차인 선을 따라서 그려진 수평선과 경사 된 선저부분이 일차적으로 교차하게 됨으로 좁은 띠 모양의 수평부분이 나타나게 된다. 이와 같은 부분이 선박의 횡동요 특성에는 다소의 영향을 줄 수 있을 것이지



<그림 1> 1.4톤급 기준형 FRP 작업어선



〈그림 2〉 1.4톤급 전개형 FRP 어선

만 저항성능 등에는 영향이 크지 않을 것으로 판단된다. 따라서 전개선형에서는 선측과 경사된 선저가 직접 교차하는 것으로 단순화하는 것을 생각하였다. 둘째로 선수부의 형상이 전개형으로 바뀌기 위하여서는 수선간 길이의 변화가 나타나게 되고 이것이 선형의 저항성능과 밀접한 관계를 가지게 된다. 그러나 소형 선박에서는 하물의 적재에 따른 변화가 상대적으로 범규상으로 적량을 결정함에 있어서는 전체길이 기준이 되고 있어서 수선간 길이의 변화는 건조된 선형의 성능을 평가한 후에 다시 검토하도록

하였다.

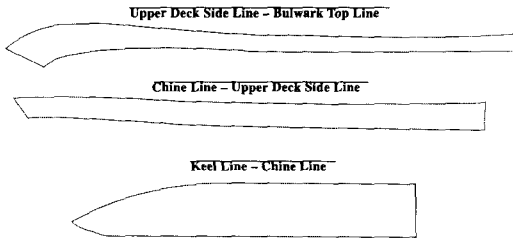
〈표1〉에서 확인 할 수 있는 것과 같이 기준선형을 전개 가능한 선형으로 변환하기 위하여 불가피하게 주어지는 주요치수의 변화는 범규상의 적량 결정에 영향을 주지 않는 것을 알 수 있다.

〈그림 2〉의 전개선형에 대하여 선체구성요소를 선저 경사부와 선측부분 그리고 두 개의 차인 사이의 부분으로 나누어 선체 표면을 평면상에 전개하여 2차원 도면으로 작성하면 한쪽 현측에 대하여 〈그림 3〉과 같은 전개도면을 얻을 수 있다.

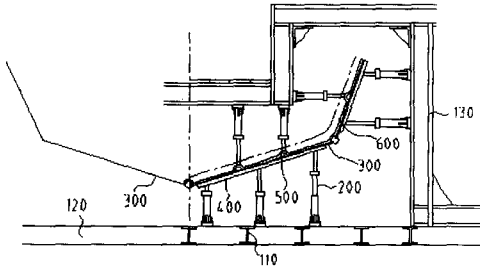
〈표 1〉 1.4톤 기준어선과 전개형 어선의 주요치수

	기준어선	전개형 어선	변화율 (%)
Length O.A.	8.15 m	8.14 m	-0.12
Length B.P.	6.5 m	6.5 m	0
Breadth (mld)	2.2 m	2.2 m	0
Draft (designed)	0.2 m	0.2 m	0
Tonnage	1.68	1.65	-1.8

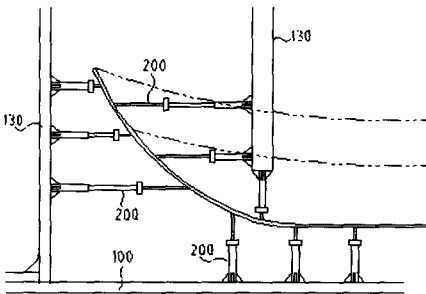
## Developed Surface of Hull



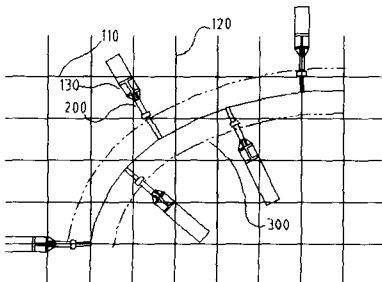
〈그림 3〉 전개선형의 외판 전개도



〈그림 4〉 선체 횡단면 형상의 결정 방법



〈그림 5〉 선측 형상의 결정방법



〈그림 6〉 수평면형상의 결정방법

## 3. 새로운 FRP 선박 건조 방법

### 3.1 생산시스템의 구성

조선소의 기본설비로서 선각 공장의 바닥에 형강을 사용하여 격자형의 생산 정반을 제작하여 설치하고 복합재료선박의 건조에서 이를 작업의 기준면으로 사용한다. 정반상에서 선체 건조 공사 작업을 개념적으로 나타내면 〈그림 4〉, 〈그림 5〉 및 〈그림 6〉 과 같다.

〈도면의 주요 부분에 대한 부호 설명〉

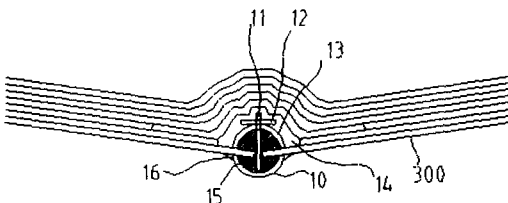
- 10 : 초승달형외부결합구
- 11 : 당김 고정봉
- 12 : 압착스프링식고정구
- 13 : 초승달형내부결합구
- 14 : FRP 2차적층
- 15 : 충전제
- 16 : 빠대 끝손질
- 20 : 상자형 용골
- 21 : 우레탄발포심재
- 22 : 접착제
- 23 : 와셔
- 24 : 고정너트
- 25 : 뒷댐판
- 26 : 유리섬유
- 28 : 고정볼트
- 30 : 스프레이 스트립
- 40 : 방현재
- 100 : 격자형생산정반
- 110 : 종방향정반부재
- 120 : 폭방향 정반부재
- 130 : 수직부재
- 200 : 핀 지그
- 300 : 전개외판
- 400 : 탄성원형 소재
- 500 : 종방향 보강재
- 600 : 횡능골

〈그림 4〉와 〈그림 5〉에 표시된 바와 같이 복합재료 조선소의 선각 공장 바닥에 형강을 이용하여 길이방향으로 정반 부재(110)를 주강도 부재가 되도록 배치하고 폭 방향으로 보조 구조가 되는 정반 부재(120)를 배치하여 격자형 생산 정반(100)을 조립한다. 정반 윗면에는 원하는 임의의 위치로 이동이 자유롭게 이동시킬 수 있는 수직 부재(130)를 형강으로 제작하여 배치한다. 격자정반의 종 또는 횡 방향 정반 부재와 수직부재에는 부재의 면에 수직한 방향으로 핀 지그를 제작하여 붙인다. 부착된 핀 지그(200)로는 탄성원형 소재로 만들어진 배튼(400)을 밀어내거나 끌어당겨 탄성 원형소재의 위쪽 면이 선체표면 상에 놓여지는 선 요소를 나타내도록 한다. 〈그림 6〉에는 핀 지그를 사용하여 수평면에 놓여지는 선 요소를 성형하는 예를 보여주고 있다. 이때 사용되는 핀 지그는 길이의 조절이 넓은 범위에서도 가능하도록 3단으로 제작하며 필요에 따라서 원하는 위치에 옮겨서 설치 할 수 있는 구조로 이루어져 있다. 핀 지그는 선체표면을 나타내기 위한 탄성 소재를 밀어내거나 끌어들이고 때로는 고정시키는 역할을 하여야하므로 기능이 다른 형상으로 머리부분을 바꾸어 줄 수 있도록 만들어야 한다.

핀 지그를 사용하여 원형소재로 만들어진 배튼을 선체 표면에 놓여지도록 밀어내거나 끌어당기어 고정시킴으로서 선체의 3차원 형상을 나타내도록 한다. 이 때 선체형상을 나타내기 위하여 배튼으로 사용된 탄성소재는 내부에 놓여지는 전개외판(300)을 변형시킬 때 형틀의 역할을 하게 되므로 종통 보강재(500) 및 횡능

골(600) 또는 격벽 등의 수조부재를 이용하여 〈그림 4〉에 보인바와 같이 전개외판을 밀어내어 외판이 선체 형상으로 탄성 변형 될 때 더 이상의 불필요한 변형이 나타나지 않을 만큼 충분한 강도를 가져야 하며 형상을 나타내기 위한 필요최소의 숫자가 되는 것이 바람직하다. 선형을 나타내는데 필요한 탄성선의 수효와 배치는 선체내부의 구조부재와 일반배치를 우선 고려하고 전개외판의 형상과 선형특성 그리고 판의 두께에 따라서 다르게 결정되어야 한다. 그리고 판의 두께는 변형시키는 과정에서 탄성 영역을 넘는 과도한 변형으로 인하여 미세한 터짐 현상이나 완성후의 탄성 복형 과정에서 박리 현상이 나타나지 않아야 하며 동시에 내부에 적층이 이루어지고 경화되는 과정에서 과도한 변형이 나타나지 않을 만큼 두꺼워야함으로 두께 결정과정에서 세심한 검토가 필요하다.

이때 전개외판은 변형된 후 선체 표면으로 남게 되므로 매끄러운 평면상에 그려진 도형의 내부에 한정하여 적층 성형하게 되며 이 과정에서는 외판이 선체 형상으로 성형된 후에 인접한 외판과 접합하는 과정을 고려하여 판과 판사이의 이음이 스카프이음이 되도록 적층 폭을 변화시켜서 계단형으로 모서리에서의 두께 변화가 나타나도록 계획한다. 복합재료의 물성과 선체형상, 내부 구조부재의 배치 그리고 형상을 나타내는데 사용된 탄성선의 수효와 배치등을 복합적으로 고려하여 전개된 외판을 선체 형상으로 탄성변형 시켰을 때 인접한 외판요소들은 〈그림 7〉과 같은 기계적 방법으로 우선 결합한다.

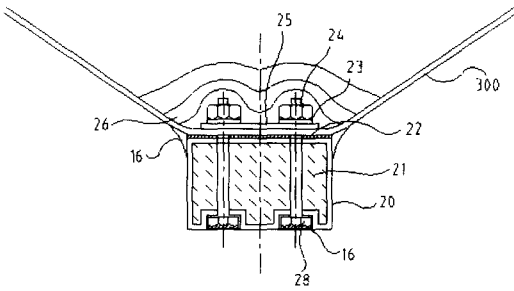


〈그림 7〉 전개외판의 결합방법

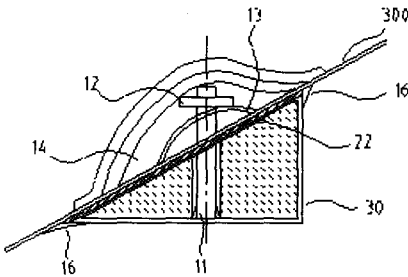
〈부품명칭〉

- |            |             |
|------------|-------------|
| 10 : 결합구   | 11 : 당김 고정봉 |
| 12 : 압착구   | 13 : 고정구    |
| 14 : 보호 매트 | 15 : 접착제    |
| 16 : 추진제   | 300 : 전개외판  |

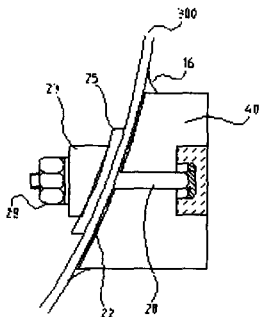
〈그림 7〉에 도시된 바와 같이 인접한 전개외판을 기계적으로 결합한 후에는 선체 내부에서 선체의 강도가 충분히 보장 될 때까지 추가로 FRP를 적층 기계적 결합에 사용되는 결합구와 고정구의 소재로는 금속재료, 공업용 플라스틱 또는 복합재료를 소재로 적층 성형하여 제작한 것을 사용한다.



〈그림 8〉 상자형 용골의 결합



〈그림 9〉 스프레이 스트립의 설치



〈그림 10〉 방현재의 설치

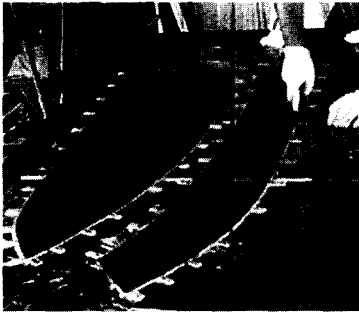
인접한 FRP 전개 외판이 기계적으로 결합되고 내부 적층이 종료된 시점에서는 상자형 용골(20)이나 스프레이 스트립(30) 또는 방현재(40) 등은 제외되어 있으므로 이들은 부가물로 선체에 2차 접착되어야 한다. 통상의 형틀을 사용하는 FRP제조 공법에서는 이들이 형틀에서 일체로 제작되지만 형틀을 사용하지 아니하는 새로운 공법에서는 이들을 일체로 제작하기 위하여서는 전개외판의 수효가 많아져서 생산성 향상에 도움이 되지 않는다. 따라서 용골과 같은 부가물을 계획단계로부터 2차 접착으로 선체에 부착시킬 것을 계획하는 것이 필요하며 〈그림 8〉에서와 같이 기계적 결합을 전제로 하여 상자형 용골을 제작하는 것이 바람직하다. 완성된 선체에 용골이 기계적으로 결합된 후에는 결합구의 부식이나 결합구를 따라서 누수가 일어나지 아니하도록 FRP로 덧씌우기 적층을 실시한다.

스프레이 스트립인 경우에도 선저 경사를 고려하여 삼각형 단면의 주상체로 제작하며 선체와 기계적인 결합이 가능하도록 고정용 볼트를 선체 내부로 관통시키고 선체내부에서 고정구와 압착구를 사용하여 선체에 고착시킨다. 스프레이 스트립의 내부는 우레탄 발포체 등으로 충진시키고 선체와 접촉되는 면에는 접착제를 도포 함으로서 수밀이 되도록 하며 내부로 돌출된 부분은 FRP로 덧씌우기를 시행하여 수밀이 보장되도록 한다.

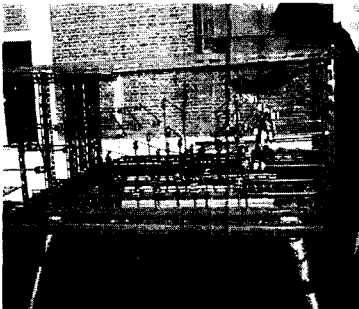
또 선측에 방현재 등을 붙여주는 경우에는 선체 내부에 방현재를 고정시켜 줄 수 있는 뒷담 판이나 고정 보조부재를 함께 고려하는 것이 바람직하다. 그리고 방현재와 선체사이에는 접착제를 사용하여 수밀이 이루어지도록 처리하며 고정 볼트 등이 누수의 경로가 되지 않도록 하기 위하여 〈그림 10〉에 보인 것처럼 머리를 감추고 충전재 등으로 처리하여 완전하게 방수가 되도록 처리한다.

다만 방현재는 선박의 외관과도 밀접한 관계를 가지고 있음을 생각하여 크기와 배치를 고려하는 것이 필요하다.

3.2 1/3 축척모형을 이용한 공법 검증 시험  
 3.1절에서 제안된 공법의 타당성을 검증확인하기 위하여 1/3 축척으로 공법의 전과정을 시험 제작함으로써 공법을 적용함에 있어서 나타날 수 있는 문제점의 유무와 개선방향을 알아보기로 하였다. 우선 2차원 도형으로 선체외판의 전개도를 평판 위에 그려놓고 그려진 전개도형을 따라서 FRP 판을 적층 하였는데 작업과정을 보이면 <그림 12>와 같다.



<그림 11> 전개외판의 적층과 절단 작업



<그림 12> 선체형상의 표현방법



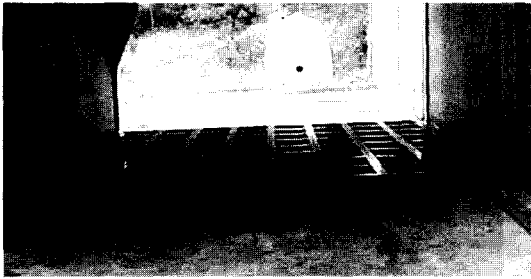
<그림 13> 탄성 성형된 외판

작업 과정을 보인 사진에서와 같이 전개도형의 윤곽이 분명하게 제한됨으로 적층과정에서 불필요한 적층이 거의 나타나지 아니하는 것을 알 수 있다. 또 도형의 윤곽선을 넘어서 적층된 부분은 FRP판이 완전히 경화되기 전에 커터로 절단이 가능하여 경화 후에 절단 할 때와는 다르게 분진을 최소한으로 줄일 수 있으며 절단된 잔재도 쉽사리 최소의 부피가 되도록 모아서 압착할 수 있어서 FRP 조선소의 생산환경을 크게 개선 할 수 있음이 기대되었다.

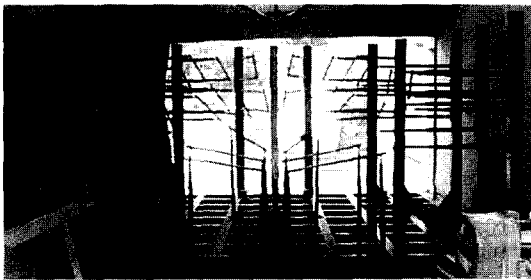
형상의 변화가 가장 크게 나타나는 7 station 이후의 선수부분을 시험 제작하기로 하였으며 상부 차인 선으로부터 외판 상단선 사이의 선측외판은 상대적으로 변화가 완만함으로 작업성이 가장 나쁘다고 생각되는 선저외판과 상하 차인 선 사이의 외판으로 형성되는 선체부분에 한정하여 공법을 확인하는 시험대상으로 삼아 작업성을 확인하고자 하였다. 격자형 생산정반 상에서 핀 지그 작업으로 <그림 12>에서 보인 바와 같이 선 요소들만으로 선체 형상을 나타내고 그 위에 전개외판을 놓고 내부의 중통재와 구조부재 등을 핀 지그로 압착하여 변형시키면 전개외판은 <그림 13>에서 보인 바와 같이 선체형상으로 탄성 변형된다.

### 3.3 격자형 생산정반 제작

새로운 개념의 FRP 건조 공법을 구현하기 위하여 <그림 14>와 같은 격자형 생산 정반을 시험 제작하였다. 이 생산 정반은 콘크리트 기초 길이방향의 부재를 주부재로 생각하여 150×100×6×9의 I-beam을 배치하였으며 횡방향으로는 150×100×3.2×4.5의 I-beam을 사용하여 종방향 부재들이 연결 되도록 하였다. 이때 종방향 및 횡방향의 부재의 간격은 모두 500mm로 하여 정방형 격자 구조가 이루어지도록 계획하였다. 정반의 크기는 선수의 일부구조 형상을 시험제작하는 것을 목적으로 하였기 때문에 4100mm×4100mm의 장방형으로 제작하였으며 이를 사용하여 공법의 타당성을 입증한 후 즉시 현장 적용이 가능하도록 다양한



〈그림 14〉 격자형 생산정반



〈그림 15〉 핀 지그 배치상태

시험을 실시하여 문제점을 추출하기로 계획하였다.

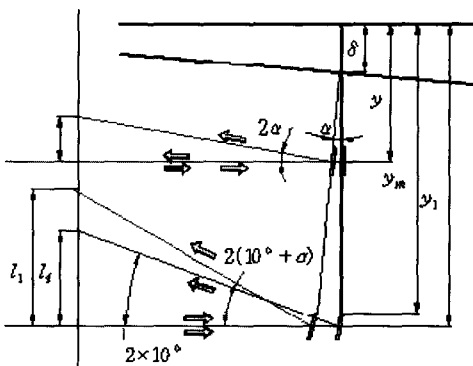
정반에서 사용하기 위한 핀 지그는 파이프를 소재로 제작하였으며 3단으로 삽입하여 필요할 때에는 언제든지 삽입된 길이를 늘리거나 줄이므로 지그 전체 길이를 쉽사리 조절할 수 있도록 계획하였다. 지그의 길이 조절이 작은 범위 일 때에는 지그의 끝을 나사식으로 제작하여 미

소 조절이 가능하도록 하였으며 머리 모양은 탄성소재를 밀어내거나 끌어드리고 고정시키는 등의 목적에 따라 달리하는 것으로 구상하였다. 그리고 핀 지그는 필요에 따라서 격자 정반 위의 어느 곳이나 클램프로 고정시킬 수 있도록 하였다. 앞으로 이 생산 정반을 사용하여 실선을 건조하는 과정에서 발생할 수 있는 문제점을 파악하고 나아가서는 3차년도 연구를 통하여 공법을 완성하는 것을 목적으로 하고 있다.

### 3.4 광학적 검사 방법

새로이 제안되고 있는 FRP 선박 건조 공법에서는 비교적 두께가 얇은 전개외판을 기계적인 결합구로 연결하고 적절한 강도를 두께가 연어질 때까지 내부에 추가로 적층을 실시하게 된다. 따라서 내부의 추가 적층부분이 경화과정에서 열이 발생하며 수축이 일어나게 되어 경화과정에서 형상의 변화가 지속적으로 일어나게 될 것으로 판단된다. 이러한 변형의 진행과정을 지속적으로 확인하는 것이 선박의 품질을 유지하기 위하여 필수적으로 요구된다. 특히 경화가 진행되는 초기단계에 변형의 진행상황을 확인할 수 있으면 선박의 치수 정도를 유지하기 위한 정보로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

선박의 경화되는 과정에서 비교적 큰 변형이 나타날 것으로 기대되는 위치에 관측점을 설정하고 이곳에 레이저빔을 반사시킬 수 있는 거울



〈그림 16〉 광학적 변형 계측 장치의 개념

〈표 2〉 변형 계측 결과

		5(Kg)	10	15
$\alpha$	각 변화량(계측)	0.00371	0.00764	0.01135
	각 변화량(이론)	0.00465	0.00931	0.01396
$\delta$	치짐변화량(계측)	9.9152	20.4855	34.4315
	치짐변화량(이론)	2.5921	5.1841	7.7762



을 부착하면 레이저빔이 반사되어 투사되는 초기 반사광 투사점으로부터의 투사점의 위치를 관측하고 이로부터 형상변화에 대한 정보를 얻을 수 있다면 변형과정을 원격위치에서 실시간으로 변형진행의 정보를 얻을 수 있게 되며 선박의 품질확보에 중요한 정보가 될 것으로 기대된다.

양단이 단순 지지된 보에 집중하중이 작용하는 경우를 생각하면 보의 처짐은 Timoshenko의 고전적 이론에 의하여 매우 높은 정도로 추정할 수 있음은 잘 알려진 사실이다. 이러한 보의 특정위치에서 변형은 처짐과 각 변위로 나타내어지게 된다. 따라서 계측점을 설정하고 계측점에 수직인 방향으로 변형계측을 위한 반사거울을 설치하고 레이저빔을 반사시키면 투사점에 투영된다. 투사점에 투영된 레이저빔의 위치는 보가 하중에 따라 변형을 일으키면 그에 따라서 바뀌게 된다. 이 빔의 위치 변화는 처짐과 각변위에 의하여 나타나게 됨으로 두 개의 변수에 영향을 받고 있어서 이들 영향을 분리하기 위하여서는 두 개의 계측 결과가 필요하게 된다.

두 개의 계측 자료로부터 두 개의 미지수인 처짐과 각 변위를 구하여 보면 <표 2>에 보인 바와 같은 결과가 얻어진다. 이 결과에서 보면 처짐은 이론값이 계측값의 1/4 수준인데 대하여 각변위는 이론값이 계측값의 125% 정도로 나타나고 있다. 이러한 나타나는 원인으로는 광원을 고정시킨 상태에서 반사경의 위치가 변동하였으므로 레이저빔이 도달하였던 최초의 위치가 아닌 8만큼 평행 이동된 위치에서 레이저빔이 반사되어 오차의 원인이 되는데 있다. 상대적으로 각 변위의 계측이 보다 정성적으로 실제값에 가까운 결과를 주게 되는 것은 각의 변화는 레이저빔이 반사될 때 두배로 증폭되고 거리에 따라서도 증폭되는 빛 지레원리에 의하여 비교적 계측결과의 정도가 높아진다는데 있는 것으로 판단된다. 그러므로 계측점에 하나의 거울을 설치하고 그 결과로부터 각 변위를 계측함으로써 경화 과정 중에서 나타나는 형상변화

를 추정하는 방식을 사용하면 제품의 정도를 관리하는 중요한 정보가 될 것으로 기대된다.

## 4. 결 언

통상의 FRP 선박 건조 공법에서 사용하고 있는 형틀과는 달리 선 요소들만으로 선체형상을 나타내고 이를 형틀로 사용하는 새로운 개념의 FRP선박 건조공법을 제안하였다. 제안된 공법을 구현하기 위하여 1/3 축척의 시제모형을 시험제작 함으로서 주요한 문제점을 추출하였으며 실선건조에 활용하기 위하여 공작이 까다로운 선수부분을 시험제작하기 위하여 생산정반을 제작하였으며 각종의 지그를 제작하였으며 건조과정에서 발생하는 변형을 원격위치에서 실시간으로 검사할 수 있는 검사방법을 제시하였다. 선수부의 시험제작을 통하여 얻어지는 결과를 최종년도에 시험건조하기로 예정되어 있는 3톤급 어선에 반영하고 시험운항을 통하여 선박의 신뢰도가 확인되는 경우에는 산업화를 위한 연구를 거쳐 FRP 산업에 변화를 가져오게 될 것으로 기대된다.

## 후 기

본 연구는 1998년도 해양수산부 수산특정연구과제 "Mouldless FRP 공법개발과 공법적용 고효율 어선의 개발에 관한 연구"의 2차년도까지 이루어진 연구 중간결과이며 이 연구 수행에 있어서는 두뇌한국21사업 핵심분야에 의하여 지원받고 있는 장진호, 안해성, 오정근, 안일준, 권종오 등이 내부연구 인원으로 활용되었음을 밝힙니다.

## 참 고 문 헌

- [1] Arthur Edmunds, "Building a Fiberglass Boat", Bristol Fashion Publications, 1999
- [2] Norskov-Lauritsen, O., "Practical

- 
- application of single curved hull definition-background, application, software and experience. In P. Banda and C. Kuo, Eds.", Computer Applications in the Automation of Shipyard Operation and Design V, Elsevier Science, North Holland, NY, Vol 11, pp 485-491, 1985
- [3] Calkins, D.E., Theodoracatos, V.E., Aguilar, G.D., and Bryant, D.M. "Small craft hull form surface definition in a high-level computer graphics design environment", SNAME Transactions, Vol.97, pp 85-113, 1989
- [4] 윤상현, 이승희, 이영길, "전개가능곡면을 가지는 어선의 선형개발", 대한조선학회 춘계학술대회 논문집, pp 88-91, 2000.4
- [5] Gere & Timoshenko, "Mechanics of Materials", PWS-KENT, Third Edition, 1990
- [6] 김병철, 하창길, "FRP 선박의 제조방법", 대한민국특허청, 출원번호 97-38729
- [7] Robert J. Scott, "Fiberglass Boat Design and Construction", SNAME, 1996
- [8] 김형기, 권종오, 김재성, 김효철, "선체 외판 요소 변형의 광학적 검사방법에 관한 실험적 연구", '2000추계 학술대회 논문집, pp 261 - 264, 대한조선학회, 2000년 11월 10일
- [9] 김재성, 이재규, 권종오, 김효철, "가변 모듈드를 이용한 복합재료 선박 생산 시스템", '2000추계 학술대회 논문집, pp 84 - 87, 대한조선학회, 2000년 11월 10일