

공학석사 학위논문

3D CAD 시스템을 이용한  
적층식 카누 선형 제작에 관한 연구

**A Study on the Making of Canoe Model by Laminated  
Wooden Plates Using 3D CAD Systems**

지도교수 정재현

2008년 2월

한국해양대학교 대학원

기계공학과

오정택

本 論文을 吳正澤의 工學碩士 學位論文으로 認准함.

위원장 공학박사 박 명 규



위 원 공학박사 조 중 래



위 원 공학박사 정 재 현



2007년 12월 18일

한국해양대학교 대학원

# **A Study on the Making of Canoe Model by Laminated Wooden Plates Using 3D CAD Systems**

**OH JUNG TAEK**

**Department of Mechanical Engineering, Graduate School  
Korea Maritime University**

## **Abstract**

The canoe is typical one of oar boat has the artistic advantage than generic mold based plastic ship. For hobbyist or others the canoe is built by the strips of wood. However, much of times, man powers and making resources to building of ship body and smooth surfaces are required. And it is very difficult to design for mass producing on business.

On this paper, the new approaches to making of canoe are studied for piling the laminated wooden plates. It is designed by 3D CAD/CAM/CAE system required for modeling. The Whole shape of ship is reproduced the sliced plates for laminated one. The drawings from the system are used to making the laminated wooden plates for ship body. Compare with the strip based, most of wooden materials are available for this method. After the stepped ship body is piled, the grinding and sanding are required for smooth surfaces. For more productive in business purpose, the manufacturing by the machines are used for it.

# 목 차

제 1 장 서론 .....	1
1.1 연구 배경 .....	1
1.2 연구 목적 .....	2
제 2 장 카누 제작 방식의 분석 .....	4
2.1 카누의 설계 구조와 제작 조건 .....	4
2.1.1 카누의 구성 요소 .....	4
2.1.2 카누의 선형 요소 .....	6
2.1.3 카누의 재료 .....	10
2.2 카누 제작 방식 분석 .....	12
2.2.1 줄대 전개식 공정 분석 .....	12
제 3 장 적층식 키트형 카누의 설계와 제작 .....	19
3.1 적층식 카누 설계 공정 .....	19
3.1.1 3 차원 카누 형상 설계 .....	20
3.1.2 적층식 키트 형상 정보 생성 .....	24
3.1.3 형상 해석 .....	33
3.1.4 키트 제작을 위한 가공 정보 생성 .....	37
3.2 적층식 키트형 카누 제작 .....	40
3.3 카누 제작 공정 비교 .....	49
제 4 장 결론 .....	51
참고 문헌 .....	52

## List of Figures and Tables

### Figures

Fig. 1 Length and water line of a canoe.....	5
Fig. 2 Width at the central shape of a canoe.....	5
Fig. 3 The depth of a canoe by the weight.....	6
Fig. 4 The central section shape of a canoe in wave.....	7
Fig. 5 Side rocker in the curve of a canoe.....	8
Fig. 6 Side shapes for a canoe.....	9
Fig. 7 Front shape of a canoe in forwarding.....	9
Fig. 8 The Drawing for building a canoe.....	13
Fig. 9 Preparing the lines by the design of a canoe.....	16
Fig. 10 Building the strongback for support the whole shape of a canoe.....	16
Fig. 11 Supporting for the bonding positions.....	17
Fig. 12 Connecting strips over the strongback.....	17
Fig. 13 End of stripping over the strongbacks.....	18
Fig. 14 Troubles in connecting by the strips.....	18
Fig. 15 Drawing the sketch of a canoe #1.....	21
Fig. 16 Drawing the sketch of a canoe #2.....	21
Fig. 17 Modeling the hull of a canoe through section curves #1.....	22
Fig. 18 Modeling the hull of a canoe through section curves #1.....	22
Fig. 19 Surface modeling for each hull parts of a canoe.....	23
Fig. 20 Surface model of a canoe.....	23
Fig. 21 Modeling the piling of the laminated plates from the surface model #1.....	25
Fig. 22 Modeling the piling of the laminated plates from the surface model #2.....	25
Fig. 23 Modeling the piling of the laminated plates from the surface model #3.....	26
Fig. 24 Extruding a solid model of the laminated plates #1.....	26
Fig. 25 Piling a solid feature over other feature.....	27
Fig. 26 The piled of the laminated plates for hull #1.....	27
Fig. 27 The piled of the laminated plates for hull #2.....	28
Fig. 28 The piled of the laminated plates for hull #3.....	28
Fig. 29 The piled of the laminated plates for hull #4.....	29
Fig. 30 The piled of the laminated plates for hull #5.....	29

Fig. 31 Section viewing of the inner parts #1 .....	30
Fig. 32 Section viewing of the inner parts #2 .....	30
Fig. 33 Simulating the piling using the laminated plates for building #1 .....	31
Fig. 34 Simulating the piling using the laminated plates for building #2.....	31
Fig. 35 Simulating the piling using the laminated plates for building #3.....	32
Fig. 36 Analyzing for the displacement by loading the weights #1.....	33
Fig. 37 Analyzing for the displacement by loading the weights #2.....	34
Fig. 38 Analyzing for the displacement by loading the weights #3.....	34
Fig. 39 Analyzing for the displacement by the outer load #1 .....	35
Fig. 40 Analyzing for the displacement by the outer load #2.....	35
Fig. 41 Analyzing for the displacement by the outer load #3.....	36
Fig. 42 A drawing of the laminated wooden plates #1 .....	37
Fig. 43 A drawing of the laminated wooden plates #2 .....	38
Fig. 44 A drawing of the laminated wooden plates #3 .....	38
Fig. 45 A drawing of the laminated wooden plates #4 .....	39
Fig. 46 A drawing of the laminated wooden plates #5 .....	39
Fig. 47 Milling the kit parts from drawings for a canoe #1 .....	41
Fig. 48 Milling the kit parts from drawings for a canoe #2 .....	41
Fig. 49 Milling the kit parts from drawings for a canoe #3 .....	42
Fig. 50 Milling the kit parts from drawings for a canoe #4 .....	42
Fig. 51 Milling the kit parts from drawings for a canoe #5 .....	43
Fig. 52 Milling the kit parts from drawings for a canoe #6.....	43
Fig. 53 Milling the kit parts from drawings for a canoe #7 .....	44
Fig. 54 Milling the kit parts from drawings for a canoe #8.....	44
Fig. 55 Milling the kit parts from drawings for a canoe #9 .....	45
Fig. 56 Milling the kit parts from drawings for a canoe #10.....	45
Fig. 57 Milling the kit parts from drawings for a canoe #11 .....	46
Fig. 58 Milling the kit parts from drawings for a canoe #12.....	46
Fig. 59 Milling the kit parts from drawings for a canoe #13.....	47
Fig. 60 Milling the kit parts from drawings for a canoe #14.....	47
Fig. 61 Milling the kit parts from drawings for a canoe #15.....	48

## Tables

Table 1 Density of woods .....	11
Table 2 Material properties of wood.....	33
Table 3 Comparison chart of Strips and Laminated wooden plates types.....	49

# 제 1 장 서론

## 1.1 연구 배경

현재 국내 조선산업은 전 세계 최고 수준으로 자리잡고 있으며, 중국과 같은 후발 주자들의 거센 추격에도 불구하고 당분간 이러한 위치는 지속될 것으로 예상된다. 그러나 과거 조선 강국이었던 유럽과 일본 등의 경우를 비춰 볼 때, 대형 선박 및 해양구조물 조립 위주의 국내 조선 산업도 고부가가치 조선기자재 산업이나 요트와 같은 소형 특수 선박 제조 등으로의 변화를 준비해야 할 것이다. 하지만 국내 현실은 일부 대형 조선업과 그 관련 분야를 제외하고 중소형 특수 선박 제조에 대한 연구 개발이 매우 부진한 상태이다<sup>[1]</sup>. 그러므로 향후 고부가가치의 조선 산업으로의 이행을 위해서는 다양한 형태의 선박 및 관련 장비 개발에 대한 연구가 필요하다.

요트와 같은 소형 선박은 고부가가치 조선 산업의 대표적인 예로 들 수 있는데, 이미 대형 조선 산업 분야에서 경쟁국으로 인식되는 중국은 요트 산업에서 국내의 기술과 생산 환경을 앞서고 있다. 이러한 상황을 타개하기 위해서는 국내의 소형 선박 생산 환경도 어선 위주에서 벗어나 요트와 같은 고부가가치 제품 생산 체제를 구축하기 위한 설계 및 제조 그리고 기타 기자재 공급 등의 환경을 구축해야 하고, 지속적인 기술 개발을 위한 노력이 요구된다.

요트는 이미 선진국에서는 가장 각광받는 레저 스포츠의 대상이다. 현대 사회에서 개인 위주 레저 활동이 활발해지면서 관광지나 유원지에서 볼 수 있는 동력 보트보다는 조용한 환경에서 즐길 수 있는 카누(canoe)나 카약(kayak)과 같은 노(oar)보트에 대한 선호가 증가하고 있으며, 상품의 가치도 상대적으로 높다. 또한 시간적 혹은 공간적인 어려움에도 불구하고 개성을 강조하는 취미 생활의 확산으로 카누 등을 직접 제작하는 경우도 늘고 있다.

레저의 범위는 내륙에서 해양으로 계속 확대되고 있으며, 2010 년경 약 10 억 명에 이르는 국제 관광객 수의 70%가 해양관련 레저 분야라고 예측하고 있으며, 관련 연구 결과로 볼 때 세계적인 추세와는 달리 해변 위주로 한정된 국내 레저 활동의 범위도 점점 확대 될 것으로 예상된다. 긴 해안선, 수 많은 섬 그리고 얕은 근해 수심 등 해양 레저 활동에 적합한 국내의 자연 조건에 비춰볼 때, 해양



레저에 대한 사회적 인식이 변화된다면 해양 레저 장비 산업의 활성화도 기대할 수 있을 것이다<sup>[2], [3]</sup>.

또한 최근 많은 지방자치단체에서는 경쟁적으로 해양레저 부문에 대한 투자를 시도하고 있다. 그러나 현재까지 주요 레저 장비의 대부분은 수입품이 차지하고 있으며 일부 국내 제품의 경우도 그 성능과 상품 가치에 있어 매우 열악하다<sup>[4]</sup>. 상품으로서의 보트 제작에는 주로 FRP(Fiber glass Reinforced Plastic)등을 이용하여 대량 생산이 이뤄지고 있지만, 현재 FRP에 대한 규제가 시작되면서 목재 등의 다양한 재료를 이용한 보트 제작이 시도되고 있다<sup>[5]</sup>.

본 논문에서는 국내 해양레저 활동 인구의 확산에 부응하여 해양 레저 제품을 직접 생산하고자 하는 업체 혹은 개인을 위하여 기존 보트 제작 방법의 어려움을 해소하는 효율적인 선형 설계와 제작 방법을 연구 하였다.

## 1.2 연구 목적

노보트의 대표적인 예로 볼 수 있는 카누는 일반적으로 FRP를 이용한 대량 생산 제품과 목재를 이용한 제품으로 구분할 수 있다. FRP 제품은 관광지 등에서 대여 사업 중심으로 소비되고 있다. 하지만 무거운 중량과 관리의 어려움 그리고 개성 없는 외형으로 고급스러운 이미지를 선호하는 일반인들에게는 큰 관심을 얻지 못하고 있다. 이에 반하여 목재를 이용한 카누는 고급 이미지와 함께 개성의 표현이 용이하다는 점에서 직접 제작 혹은 주문 제작으로 관심이 증가하고 있다<sup>[6], [7]</sup>.

목재 카누 제작에는 긴 줄대를 이용하여 선체를 완성하는 줄대 접착식이 가장 보편적으로 사용된다<sup>[8], [9], [10]</sup>. 그러나 이러한 제작 방법은 선체의 곡선미를 잘 표현할 수 있는 특징을 가지고 있지만, 긴 제작 기간과 많은 부가 장비의 소요, 제작 공정 상의 어려움 및 높은 비용 등의 문제가 있다<sup>[11], [12], [13], [14]</sup>.

본 논문에서는 카누 제작 공정에 있어 줄대 접착식의 단점을 보완하여 개인 수준에서도 제작이 용이하며, 또한 사업 목적의 대량 생산에도 응용할 수 있는 적층식 키트형 카누 제작 기법을 개발하였다. 줄대 방식이 카누의 부드러운 곡면 표현에는 용이하지만, 줄대 간의 접착에 부가 장비를 이용해야 하는 등의 불편함이 크다. 또한 줄대 간의 접착 시간도 길어 전체 제작 시간에도 큰 영향을

미친다. 본 논문에서 개발한 적층식 키트형 카누 제작 방법은 기존 제작 방식의 어려움을 해소하고 부드러운 곡면 형상을 유지하면서도 기계적인 작업에 적용하여 수작업의 불편함을 해소할 수 있는 최적화 된 카누 설계 및 제작 기술 개발을 위한 연구를 수행하였다.

적층식 키트형 카누 제작 기법의 연구를 위해 OpenGL 기반의 3 차원 CAD/CAM/CAE 시스템을 이용하여 키트의 운영 조건에 맞는 선체 개념 설계, 형상 설계 및 공학 해석 과정을 거친 후, 제작 환경에 맞도록 제작 도면을 출력할 수 있도록 했다<sup>[15]</sup>. 그리고 실제 카누 제작 과정을 통하여 제작된 카누 형상에 대하여 외형 작업 및 시험 운영을 통하여 제품으로서의 가치를 평가하여 기존 카누 제작 방식에 비하여 효율적인 제품 생산에 적용할 수 있음을 확인 하고자 한다.

## 제 2 장 카누 제작 방식의 분석

### 2.1 카누의 설계 구조와 제작 조건

카누의 사용은 석기 시대부터 통나무 속을 파내어 사용하는 것에서부터 그 기원을 찾을 수 있다. 이후 여러 지역에서 발견된 카누 유적에서는 지역적 특성에 맞게 다양한 형태로 발전한 것을 알 수 있는데, 일반적으로 통나무 형태와 선체 측면에 부유체를 단 것으로 구분할 수 있다. 상품으로서의 카누 제작은 통나무 형태를 유지하면서도 필요에 따라 측면에 부유체를 부착하여 선체 안정성을 높인 것도 있다. 레저나 탐사 목적에는 안정성과 편의성이 우수해야 하며, 스포츠 경기 등에 사용되는 경우에는 빠른 속도는 물론 내구성과 조종성이 높아야 한다.

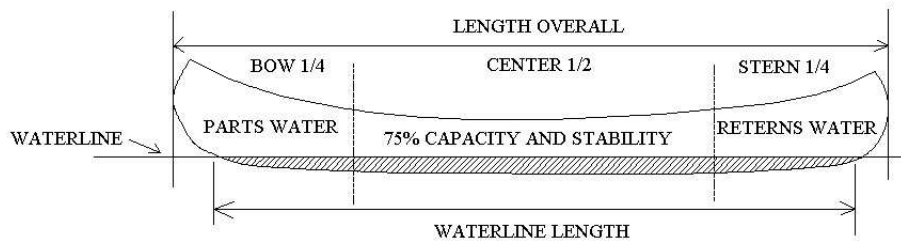
#### 2.1.1 카누의 구성 요소

카누는 기본적으로 선수부, 중앙부 그리고 선미부로 구분된다. 선수부와 선미부는 주변보다 두꺼운 스템(stem)이 보강되어 강도를 유지하면서 수면의 저항이나 충격에 대비한다. 양 스템 사이의 바닥 부분은 키일(keel)로 연결된다. 외판은 카누의 바닥과 양현에 걸쳐 강도를 유지하며, 상부는 건웰(gunwale)을 부착함으로써 선체의 안정성을 크게 높인다. 선수부와 선미부 상부에는 데크 플레이트(deck plate)를 덮어 선체 안정성과 속도를 향상시킨다. 카누는 경량의 소형 노보트이므로 사용자의 중량에 의해 그 속도나 안정성에 큰 영향을 미치기 때문에, 노를 젓는 위치의 선정도 중요하다.

##### 1) 카누의 길이

카누의 길이는 Fig. 1 과 같이 전체 길이와 수선(waterline)으로 구분할 수 있는데, 카누의 성능에 영향을 미치는 요소는 수선 길이이며 일반적으로 중량물의 추가가 없는 상태에서의 수선 길이로 평가한다. 전체 길이의 75%를 차지하는 중간 부분은 선체의 복원 성능과 적재 능력을 담당하며, 선수부와

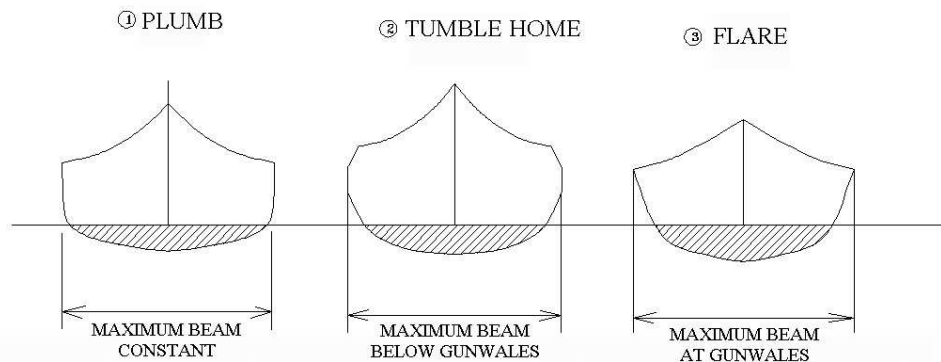
선미부는 속도와 방향 유지의 역할을 하게 된다. 일반적으로 폭에 비해 길이가 긴 카누는 속도는 우수하지만 상대적으로 선회 및 복원 성능이 떨어진다.



**Fig. 1 Length and waterline of a canoe**

## 2) 카누의 폭

카누의 폭은 Fig. 2 와 같이 선체의 가장 넓은 중앙부의 안쪽 길이로 측정한다. 카누 폭에서의 단면 형상은 크게 플럼(plumb)형, 텀블 홈(tumble home)형 그리고 플라이어(flare)형을 가진다. 외형이 볼록한 형태를 유지하는 텀블 홈형은 노젓기가 용이하며 복원성과 선체 강도를 향상시킨다. 하지만 큰 경사에서는 선체가 불안하며 제작 시간이 많이 걸린다. 플라이어형은 건웰 부분의 폭이 가장 넓어 큰 각도에서의 복원성이 높다. 이에 반해 상부와 하부까지의 너비가 상대적으로 일정한 플럼형은 현재 거의 사용되지 않는다. 본 논문에서 제작하고자 하는 카누는 해양 레저 분야에서 많이 사용되는 텀블 홈형을 기준으로 하였다.



**Fig. 2 Width at the central shape of a canoe**

### 3) 카누의 깊이와 무게

카누의 깊이는 1인승 레저용에서부터 화물용까지 용도에 따라 다양하지만, 일반적으로 카누의 깊이와 적재중량과의 관계를 Fig. 3 과 같이 건웰 상부에서 수선까지의 수직 거리, 건현(freeboard)으로 표시한다. 건현의 단위 길이당 적재하중은 카누 실제 적재능력을 나타내며 선체 안정성에 큰 영향을 미친다. 레저용 카누에서는 탑승자의 체중이 적재중량의 대부분을 차지한다는 면에서 안전에 중요한 요소로 볼 수 있다.

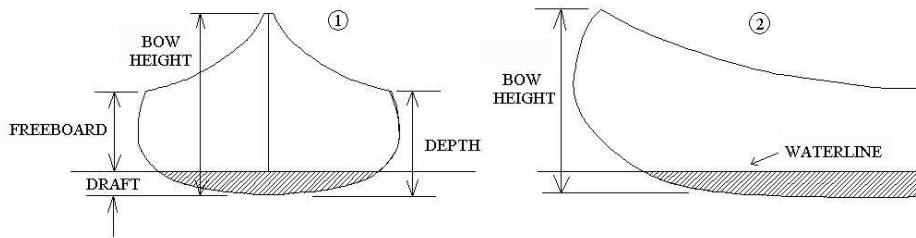


Fig. 3 The depth of a canoe by the weight

#### 2.1.2 카누의 선형 요소

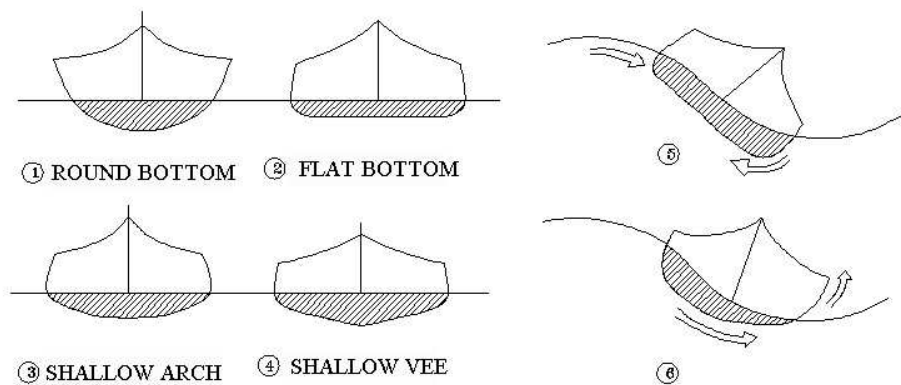
카누의 선형은 일반적으로 카누의 길이, 폭 그리고 깊이 간의 상관관계로 결정된다. 카누의 선형에는 다음과 같은 요소들이 영향을 미친다.

##### 1) 중앙단면 형상

전통적으로 카누의 중앙단면형상은 Fig. 4 와 같은 둥근 선저형, 평선저형, 반타원형 그리고 V 형으로 구분되지만 현대의 카누 제작에서는 이러한 구분에 따라 명확하게 선형을 결정하지는 않으며, 각 형상의 장점을 취하여 운용 용도에 최적화된 형상으로 설계하는 방법을 사용한다.

경주용 카누에서 주로 사용되는 둥근 선저형은 침수표면적이 작아 복원성이 좋지 않다. 평선저형은 침수표면적이 커 복원성이 우수하고 부력이 크기 때문에 적재중량이 크고 선회성도 뛰어나 장거리 운용에 많이 사용된다. 반면 큰 표면적으로 인해 직진성이 낮은 편이며 거친 파도에서는 횡동요가 심하다.

반타원형은 둥근선저형과 평선저형의 장점을 모두 갖춘 형태로 복원성, 적재중량 그리고 선체 강도가 우수하며, 키일 라인에 의한 직진성이 높으며 항해성도 뛰어나다. V형은 반타원형과 유사하지만, V형 선저로 인해 직진성에 비해 선회성이 떨어지기 때문에 잔잔한 물결에서의 운용이나 세일링에 사용된다.



**Fig. 4 The central section shape of a canoe in wave**

## 2) 키일 형상

현재 카누에 키일을 장착하는 것에 있어 그 효용성에 대한 상당한 논란이 있다. 키일로 인해 직진성이 향상될 수는 있으나 선회성을 방해할 수도 있기 때문이다. 키일의 높이는 1cm로 낮은 것에서부터 7cm 정도로 높은 것도 있다. 낮은 높이의 키일은 주로 선체 보강 효과와 선회성 향상에 좋으며, 높은 키일은 직진성 향상에 도움을 준다. 그리고 키일 라인 자체는 카누의 다른 설계 요소 선정에 주요한 기준이 된다.

## 3) 로커(rocker)

로커는 Fig. 5 와 같이 카누의 측면에서 선저의 키일 라인을 기준으로 만들어지는 곡선을 의미하며, 선체 길이 방향의 기하 중심과 일치한다. 로커는 큰 로커, 보통 로커 그리고 직선 로커로 구분된다. 로커의 증가는 선회성과 조정성을 향상시키지만 선체 중량이 선체 중심에 집중되기 때문에 선저표면에 저항을 증가시켜 속도 향상에 방해할 초래한다. 이에 반해 직선 로커는 뛰어난

직진성을 제공하지만 조정성이 취약하게 되어 주로 잔잔한 물결에서 운용된다. 때문에 실제 카누의 설계에는 곡선과 직선의 중간 형태인 보통 로커를 주로 사용하여 적재중량의 향상과 선회성 확보 그리고 부력 증가에도 효용성을 가지게 한다.

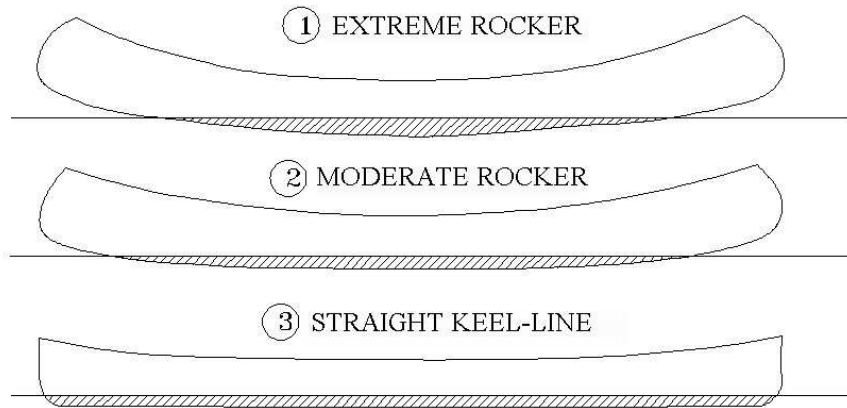
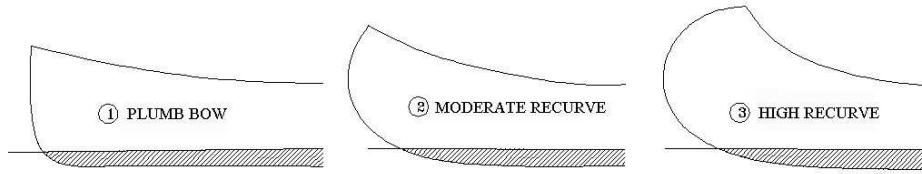


Fig. 5 Side rocker in the curve of a canoe

#### 4) 선수 측면 형상

선체의 선수 측면형상은 카누의 미적인 면을 강조함은 물론 성능에도 크게 영향을 미친다. 선수측면형상은 Fig. 6 과 같이 플럼(plumb bow)형, 보통 되감기(moderate recurve)형 그리고 고도 되감기(high recurve)형으로 구분된다. 플럼형은 수면을 향해 선수측면이 약간 경사지게 뺀 형태로 상대적으로 수선길이가 길어 직진성이 뛰어나다. 일반적인 카누 형태에 많이 사용되는 보통 되감기형과 고도 되감기형은 선수 상단이 위쪽으로 솟은 형태로 곡선을 생성하고 다시 선체 중앙으로 향하는 곡선이 되감기 곡선이 된다.

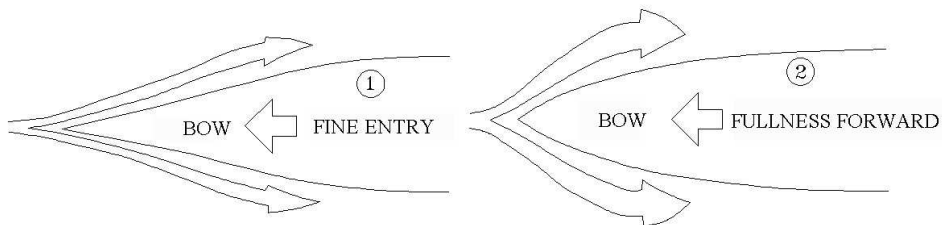
되감기형은 다른 형태에 비해 전방의 바람으로 인한 와류 발생을 감소시켜 저항을 줄이며 예비 부력을 증가시킨다. 하지만 곡선 부분이 너무 높으면 바람의 영향으로 카누의 진행에 부하를 주게 된다. 하지만 레저용 카누에서는 미적인 면을 강조하기 위해 고도 되감기형을 많이 선택한다.



**Fig. 6 Side shapes for a canoe**

5) 물가름부 형상

물가름부형상은 카누가 직진시에 물과 만나는 부분의 선수부 평면형상을 나타낸다. 그러므로 물가름부의 형상은 선체 주위를 흐르는 물의 유선 형상을 결정하게 되어 속도와 추진 성능에 영향을 미친다. Fig. 7 과 같이 둥근 물가름부 형상은 직진 방향의 저항이 크고 진행 속도를 감소시킨다. 반대로 날렵한 물가름부 형상은 밀려나는 물의 양과 속도를 줄이고 뒤로 흘러가는 물의 양과 속도를 증가시켜 빠른 추진효율을 얻게 한다. 또한 물보라의 발생을 줄이고 표면 마찰과 항력으로 인한 발산파를 감소시킨다.



**Fig. 7 Front shape of a canoe in forwarding**



### 2.1.3 카누의 재료

#### 1) 카누 재료의 종류

카누 제작에 사용되는 재료는 초기 목재 카누에 이어 20세기 중반에 알루미늄을 이용한 카누가 등장하였고 근래에는 탄소섬유나 케블라 등의 특수 유리섬유를 수지에 결합한 복합 재료도 사용되고 있다. 또한 사업 목적으로 카누를 대량 생산하기 위해 FRP를 사용한 제품이 많이 출시되었다. 하지만 목재는 다른 재료에 비해 상대적으로 가벼우며 가공 방법이나 제작 도구 및 시설 그리고 비용적인 측면에서 우수하기 때문에 현재까지 가장 많이 사용되는 재료이다. 또한 최근 개인적인 취향이나 고급 이미지를 선호하는 해양 레저 분야에서 목재의 선호가 더욱 증가하고 있다.

FRP 카누는 몰드를 제작하여 선형을 제작한 후 수지와 각종 유리섬유로 적층하는 방법으로 만들어 진다. FRP는 목재 가격의 상승과 사업용 카누의 대량 생산을 목적으로 해양 레저 대중화에 크게 기여했다. 하지만 제품이 무겁고 충격에 약한 단점이 있으며, 개인이 직접 제작하기 어려운 점이 있다. 알루미늄제 카누는 일반적으로 카누 선체를 길이 방향 중심선을 따라 상호 대칭되는 2개 몰드로 제작하고, 각 용골을 리벳으로 조립한다. 알루미늄 카누는 계절 변화에 따른 온도 변화가 큰 약점이 있지만, 용접 기술의 발달과 FRP에 대한 환경 규제로 인해 사업용 제품에서 최근 새롭게 주목 받고 있다.

목재 카누의 제작 공법은 일반적으로 두께 6-8mm, 폭 20mm 내외, 4-6m 길이의 가늘고 긴 줄대를 사용하는 줄대 전개식과 판재를 구리선과 아교풀로 조립하여 제작하는 판재 조립식이 사용되어 왔다. 가공된 재료의 특성에 따라 줄대전개식은 카누의 중앙부 단면형상이 둥글고 선수미로 갈 수록 곡이 많은 형상에 주로 사용되며, 판재조립식은 판재를 저판, 특판, 선수미판 등으로 가공, 조립하여 바닥이 평평한 각형 카누의 제작에 사용된다. 판재조립식은 작업이 간단하고 공정수도 작지만 최근에는 미적인 측면이 뛰어난 줄대 전개식이 주로 사용된다.

## 2) 카누 제작용 목재의 특성

목재 카누의 가장 큰 장점은 제작 기술과 장비 그리고 제작 환경 구축에 소요되는 비용이 상대적으로 저렴하면서 설계자의 다양한 의도를 표현하기 쉽다는 점이다. 또한 카누의 미적인 면에서 다른 재료에 비해 매우 우수한 평가를 받고 있으며 완성된 목재 선형 위에 강화유리섬유를 보강하여 선체의 강도와 수밀 성능을 향상시킬 수 있다.

줄대 전개식으로 제작되는 카누에는 가볍고 가공이 용이한 삼나무, 가문비 나무 등과 같은 침엽수종이 많이 사용되고, 건웰, 스왓트 및 보 등의 구조 골재는 참나무, 벗나무, 물푸레 나무 등과 같이 휨가공성이 좋으며 단단한 재질을 사용한다. 균질한 품질의 목재를 사용하며, 수축이 발생하지 않도록 충분히 건조되어야 한다. 또한 수분 함량에 따라 밀도, 강성, 강도 등이 달라지며, 수분이 많은 경우에 뒤틀리거나 수축이 발생할 수도 있다. Table 1은 각 카누 제작에 적용할 수 있는 각 목재가 15±2% 정도의 수분을 함유한 상태에서의 단위 당 무게이다.

**Table 1 Density of woods**

woods	yellow cedar (황삼목)	red cedar (적삼목)	spruce (가문비나무)	ash (물푸레나무)	oak (참나무)	cherry (벗나무)
density (kg/m <sup>3</sup> )	500	370	450	670	790	580

## 2.2 카누 제작 방식 분석

### 2.2.1 줄대 전개식 공정 분석

줄대 전개식은 카누 제작의 대표적 방법으로 선체의 곡선미를 최대한 표현할 수 있어 최근 많이 이용되고 있다. 특히 완성된 선체에 각종 부가물이나 장식품을 부착하여 미려하게 표현함으로써 예술적인 가치를 더할 수도 있다. 하지만 이러한 결과를 위해서는 카누 제작 공정 전반에 걸쳐 세심하고 숙련된 기술이 필요하다. 각 제작 공정은 크게 재료 준비, 목형 제작, 선체 및 부가물 제작 등 3개의 작업 단위로 구성된다. 재료 준비 단계에서는 줄대를 제작하고자 하는 카누 크기에 맞도록 자르고 다듬질하는 과정이며, 목형 제작은 설계 치수의 선체를 만들기 위한 틀을 제작하는 단계이다. 선체 제작 단계는 목형에 맞추어 줄대를 순서대로 쌓아 외판을 만들고 유리 섬유로 수밀 보장하는 과정이다. 부가물 제작은 건웰(gunwale), 스왓트(thwart) 등의 보강재를 비롯하여 의자, 노 등의 의장품을 제작하는 단계이다.

#### 1) 재료 준비

목재는 넓이 20mm, 폭 6mm 정도의 가늘고 긴 줄대를 사용하며 길이는 제작하고자 하는 카누의 전장에 따라 달라진다. 예로 프리덤 17 카누의 경우 전장이 17 피트(5.2m)로서 18 피트 줄대가 60 여 개 사용된다. 줄대 전개식에서는 재료의 무게, 가공성은 물론 수밀성과 다른 줄대와의 연결 용이성 등을 고려할 때 세 가지의 단면 형태로 가공할 수 있다.

사각형 줄대는 형상 가공이 쉬우며 두께 오차가 다소 존재하더라도 외판의 마무리 작업을 통해 부드럽고 매끄러운 형상으로 가공이 가능하다. 하지만 곡면 형상의 맞대기 부분에서는 빈 공간이 많이 생겨 구조가 약해질 수도 있다.

밀링 혹은 직각 라우팅 가공을 통해 만들어 지는 형상은 곡면 처리에 있어 접촉 부위가 넓어 구조적으로 안전하고 선체 측방향의 충격에도 강한다. 하지만 가공이 까다로워 재료의 제작 비용이 높은 단점이 있다.

원형 줄대는 원형 라우팅 가공으로 제작하여 암, 수의 흠이 존재하기 때문에 외판의 곡이 균형을 이루고 측방향 하중에 대한 강성이 뛰어나며, 곡선이 심한 부분에서도 맞대기 접촉 면적이 거의 동일하기 때문에 외판의 구조가 안정적인 장점이 있다. 하지만 줄대를 정밀하게 가공해야 한다는 점에서 가장 비용이 많이 소요되는 방법이다.

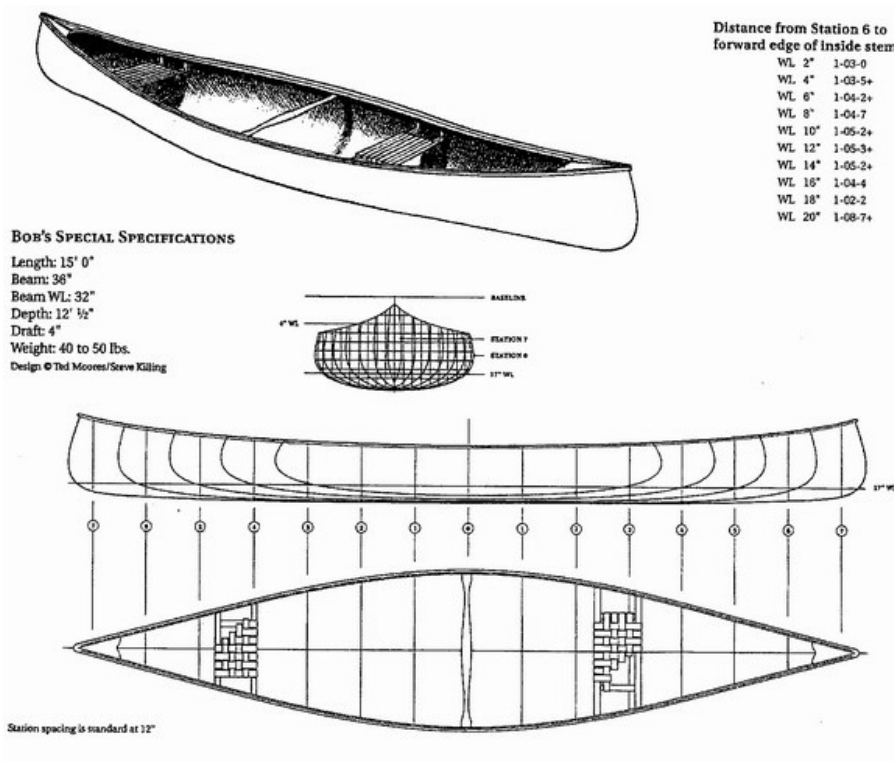


Fig. 8 The drawing for building a canoe

## 2) 제작 공정

### A. 받침대와 단면형의 제작 및 조립

줄대 전개식에서는 카누의 주 골격을 고정시켜줄 수 있는 견고한 받침대가 필요하다. 받침대는 대개 폭 0.25m, 높이 0.15m, 그리고 제작할 카누에 상응한 길이로 정한다. 받침대는 사용하고 있는 동안 변형이 없어야 하기 때문에 원목판 보다는 합판을 많이 이용한다.

가로 단면형은 카누의 선수에서 선미까지의 단면형상을 일정한 간격으로 본떠 만드는 선체 단면 형상들이다. 선체의 골격으로서 받침대에 일정 간격으로 배열하면 카누의 전체적인 모양이 형성되며, 실제 카누의 크기와 동일한 1:1의

단면형상을 나타내는 도면을 사용한다. 섹션 몰드 역시 카누가 제작되는 동안 변형이 없어야 하므로 조선용 합판을 사용한다.

제작한 받침대와 가로 단면형의 조립을 위해 받침대에 가로 30mm, 세로 30mm 정도의 각목을 설치한다. 고정된 각목에 섹션몰드를 못이나 나사못 등을 이용하여 장착하여 선수와 선미부까지의 몰드를 중앙에 배치시킨다.

#### B. 내부 스템 가공 및 조립

내부 스템은 일반적으로 너비 20mm, 깊이 3mm 정도의 줄대를 사용하며, 휨이 크기 때문에 외판 줄대에 사용되는 것 보다 높이가 낮은 줄대를 사용하여 부드럽게 휘어지도록 한다. 내부 스템에는 길이 1m 정도의 4개 가량의 줄대를 사용한다. 스템의 각 면을 접합하기 이전에 선수부 섹션 몰드에서 고정시켜야 한다.

#### C. 줄대 전개 외판 짓기

줄대 전개 작업은 선저 중앙에서 현측 방향으로 작업하는 엷다운 방식과 현측에서부터 선저 중앙부로 올라가는 다운업 방식이 사용된다. 줄대 작업에서는 반드시 양현을 동시에 작업해야 킬 라인이 한쪽 방향으로 휘어져 선체 형상이 뒤 털어지는 현상을 방지할 수 있다.

#### D. 외판 마무리 작업

줄대 접합이 완료되면, 초기 줄대 가공 시의 거친 면과 줄대 접합시 생긴 줄대 간의 단을 매끄럽게 해 줌으로서 작업을 완료한다. 외판 마무리 작업 이후에는 선수부의 바깥 쪽에 외부 스템을 부착한다.

#### E. 강도 보강 작업

선체 구성이 완료되면 복합 재료를 사용하여 방수 및 선체강성을 높이는 작업을 한다. 일반적으로 에폭시를 도포한 후 유리섬유를 적층하고, 이후 3일 정도의 건조 과정을 거친다. 그리고 에폭시 수지를 재차 도포해 주어 적층된 유리섬유를 보호하고 유리섬유 결무늬 자국을 없애준다. 외판의 작업이

완료되면, 섹션 몰드에 고정된 선체를 바로 세우고 내판 마무리 작업을 수행한 후 외판과 동일하게 강도 보강 작업을 수행한다.

#### F. 부가물 설치

건넬은 일반 줄대 보다 강한 재질을 사용하며 너비 20mm, 높이 10mm 정도의 크기로 제작한다. 데크 플레이트는 길이 400mm, 너비 300mm, 높이 20mm 원목판이나 합판으로 선수 형상과 선미 형상에 알맞게 재단하여 고정시킨다. 손잡이와 선측 방향의 외력에 대한 강성을 높이는 역할을 하는 가로대는 길이 900mm, 너비 100mm, 높이 25mm 정도의 각목을 가공하여 제작한다. 일반적으로 시트는 강한 재질의 나무를 사용하는데 길이 1500mm, 너비 40mm, 높이 25mm 정도의 각목을 사용하여 시트의 틀을 짜고 그 사이에 그물을 설치한다.

#### G. 도장

도장 작업에서는 나무 특유의 멋을 살리기 위한 목적에서 일반 유색계열을 잘 사용하지 않고 목재의 결을 잘 표현할 수 있는 니스(vernish)를 사용하여 도장한다.

Fig. 9~14 는 이상과 같은 줄대 전개식에 의해 진행되는 작업 과정의 예이며, Fig. 14 는 줄대 전개식에서 발생할 수 있는 가장 큰 문제점의 하나인 부풀림 현상으로 특히 선저 부분의 줄대 접착시에 자주 발생하게 된다.



**Fig. 9** Preparing the lines by the design of a canoe



**Fig. 10** Building the strongback for support the whole shape of a canoe



**Fig. 11 Supporting for the bonding positions**



**Fig. 12 Connecting strips over the strongback**





**Fig. 13 End of stripping over the strongbacks**



**Fig. 14 Troubles in connecting by the strips**

## 제 3 장 적층식 키트형 카누의 설계와 제작

### 3.1 적층식 카누 설계 공정

적층식 키트형 카누 제작 기법을 이용하여 실제 제품을 생산하는 공정은 다음과 같은 순서로 진행된다.

먼저 선체의 특징과 기능 그리고 비용에 대한 정보에 기반하여 3D CAD 시스템에서 3 차원 형상 모델을 생성한다. 그리고 3 차원 형상 모델에 대하여 실제 운용에 대한 공학적 해석 과정을 검증하여 최종 생산 모델을 완성한다. 최종 모델은 향후 유사한 형태나 기능을 가진 모델 생성을 위한 템플리트 모델로 사용될 수도 있다. 본 기술의 개발과 시뮬레이션 과정은 SIEMENS 의 NX4 를 사용하여 검증하였다.

다음은 완성된 최종 모델을 가공 조건에 적합하도록 판재 키트로 분해한다. 기술적용을 위한 시제품의 생산에는 일반적으로 제품의 이송을 고려하여, 개별 키트 부품의 길이가 최대 2m 내외가 되도록 기준을 정하였다. 또한 키트 부품의 두께도 일반적인 10~60mm 범위에 가공이 가능하도록 하였다. 이러한 카누의 제작 수치는 생산 환경의 조건에 따라 임의로 자동 수정이 가능하다. 분해된 각 키트 부품에 대한 가공정보를 실제 제작 요건이 수용하는 범위에 적합하도록 NC 코드로 작성하거나 개별 제작을 위한 제작 도면으로 출력한다. 이 때 재료의 소모가 최소화 될 수 있도록 가공 원재료에 대한 정보에 따라 다양하게 적용할 수 있도록 구성하였다.

가공 정보의 출력이 완료되면 공작기계를 통하여 각 키트 부품을 가공하는 단계에 들어간다. 키트 수준의 제품에서는 이상의 결과물을 이후 작업에 필요한 부가물과 함께 제품화 할 수 있으며, 완성품 단계의 제품을 생산하기 위해서는 적층 작업을 진행한다.

적층 단계에서는 카누 키트를 순서대로 적층하여 선체를 완성한다. 본 기술은 시간적인 조건에 따라 단계적으로 적층하거나 파트를 나누어 동시 적층이 가능하다. 선체 적층이 완료되면 선체 표면의 곡면을 마무리하기 위한 각 키트간의 간극과 요철을 정리한다.

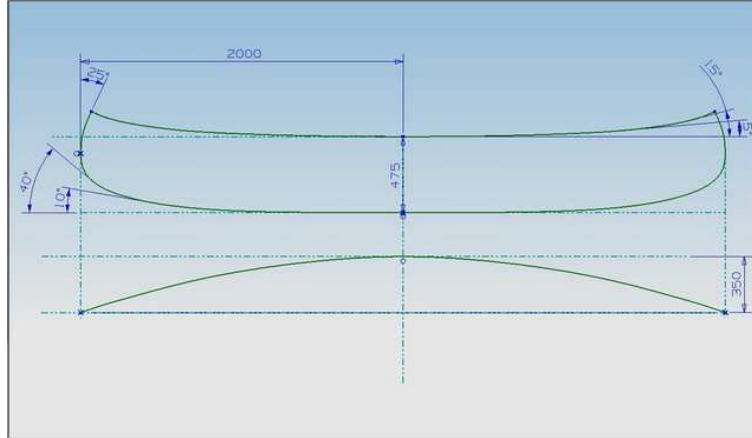
선체 적층 및 정리 작업이 완료된 이후에는 별도로 제작된 건웰(gunwale), 내외부 스템(inner/outer stems)등과 연결하고 카누 전체에 대하여 유리섬유/에폭시 도포 작업으로 방수 및 강도 보강을 위한 후처리 작업을 진행하여 최종 제작을 완료한다.

### 3.1.1 3차원 카누 형상 설계

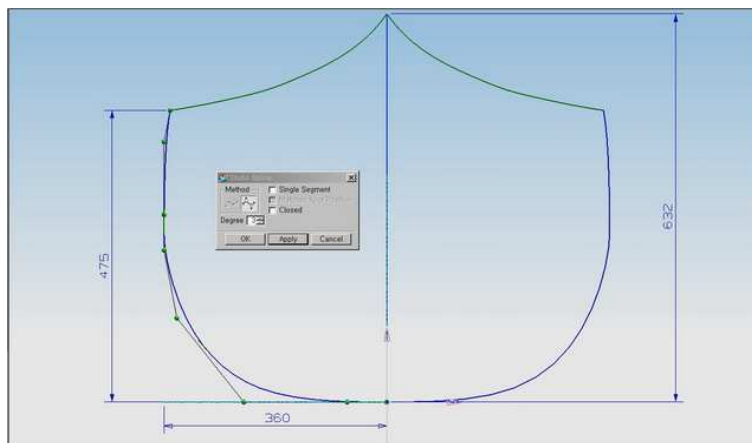
카누의 용도, 크기 그리고 사용자의 요구를 반영한 모델을 생성한다. 형상의 전체적인 윤곽을 결정하고 종단면과 횡단면의 스케치를 한다. 곡선 부분은 스플라인(spline)으로 생성하고 각 절점에 구속(constraint)을 주어 곡률 제어가 가능하게 한다.

Fig.15~18 과 같이 단면 스케치가 완성되면 필요에 따라 구역별 세부 단면을 추가해 준다. 여기서 각각의 단면 스케치 커브(curve)를 제어함에 따라 다양한 형태의 카누 형상을 생성할 수 있으며, 빠른 시간 안에 제작할 수 있도록 해준다.

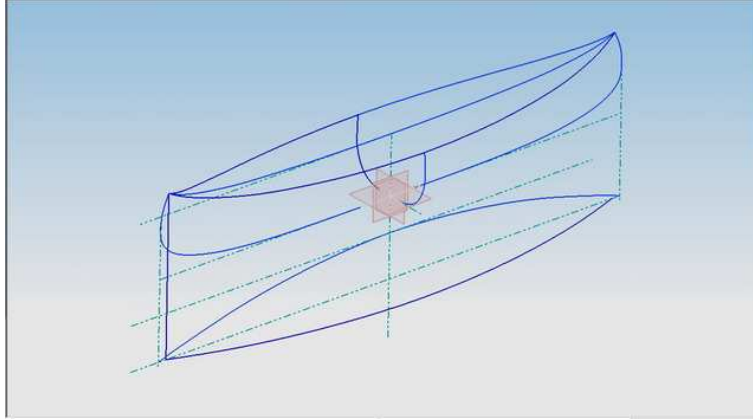
각 단면들의 스케치 커브를 사용하여 `through curve mesh` 명령으로 면(sheet)을 생성한다. Fig. 19~20 은 섹션 커브를 활용한 카누 곡면 생성 과정을 보여주며, 스케치 커브를 제어하여 다양한 변형이 가능하도록 하였다.



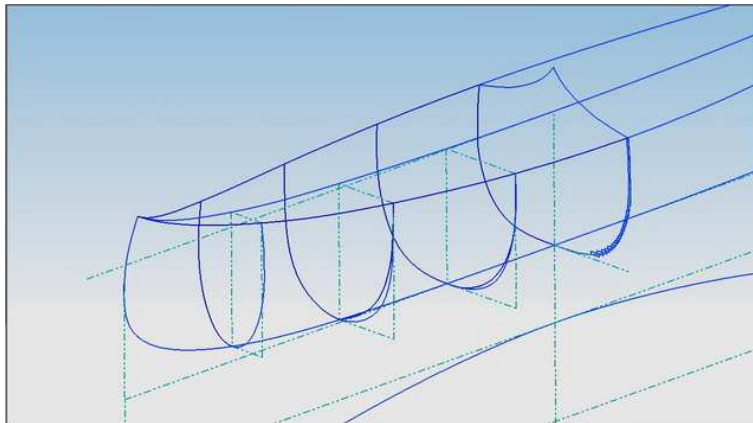
**Fig. 15 Drawing the sketch of a canoe #1**



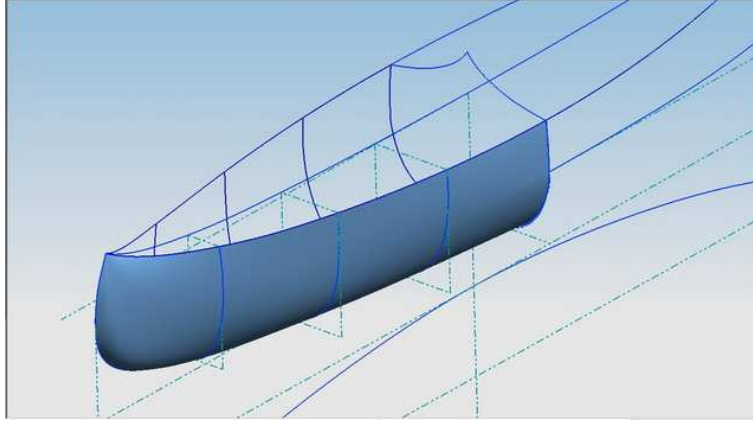
**Fig. 16 Drawing the sketch of a canoe #2**



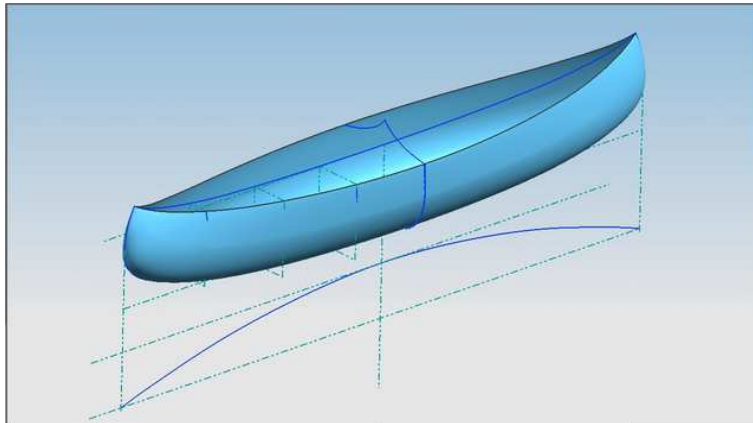
**Fig. 17 Modeling the hull of a canoe through section curves #1**



**Fig. 18 Modeling the hull of a canoe through section curves #1**



**Fig. 19 Surface modeling for each hull parts of a canoe**



**Fig. 20 Surface model of a canoe**

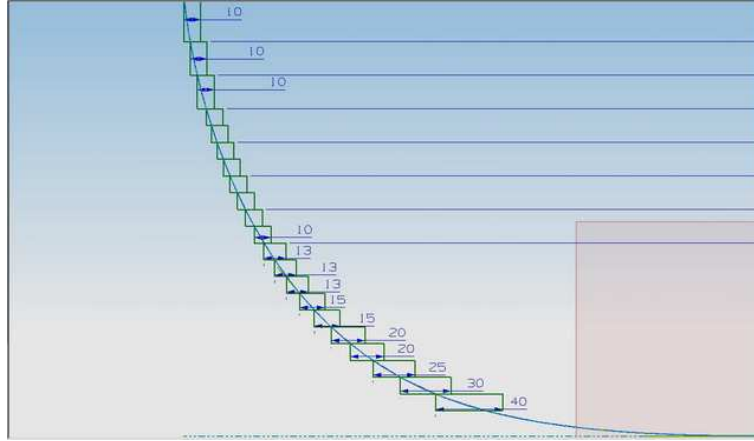
### 3.1.2 적층식 키트 형상 정보 생성

Fig. 21~23 은 키트화를 위한 분할 단면의 스케치 작업을 보여준다. 스케치 된 단면은 스위프(sweep)을 이용하여 3D 모델을 생성한다. 모델링은 해석과 RP(Rapid Prototyping) 모형 생성을 위한 솔리드(solid) 모델과 각 키트의 도면 정보를 만들기 위한 어셈블리(assembly) 모델로 구분하여 생성한다.

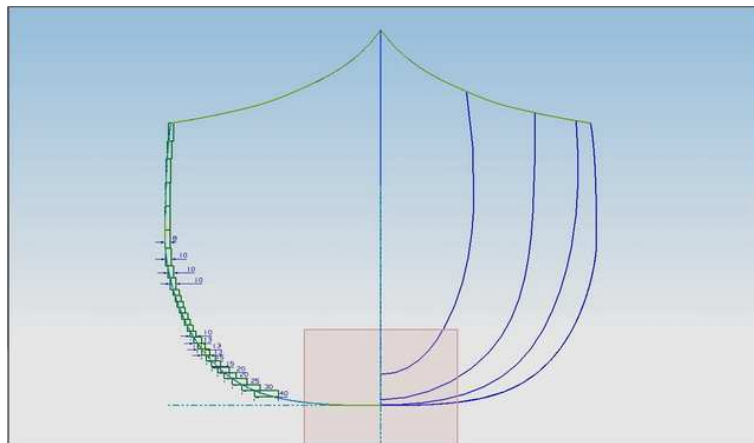
솔리드 모델은 전체 형상의 스케치 커브를 이용하여 생성한 시트(sheet) 모델에 두께를 부여하여 완성되며, 어셈블리 모델은 생성된 솔리드 형상을 데이텀(datum) 면을 사용하여 일정한 간격으로 분할 작업을 실시한 후, 각각의 바디(body)에 컴포넌트(component) 정보를 부여하여 어셈블리 모델로 전환하는 탑다운(Top-Down) 방식으로 수행된다.

분할 키트를 만들 때, 충격에 견딜 수 있도록 각 층이 충분한 간격으로 겹쳐질 수 있도록 설계되어야 하고, 각 부재는 최소 8~10mm 의 두께를 유지해야 접착이 용이하며 외력을 견딜 수 있다. 접촉 면적이 작을 경우에는 적층 과정에서 바깥쪽 혹은 안쪽으로 치우치는 현상이 발생할 수도 있다.

현재 시중에 판매되고 있는 판재의 규격상 하나의 판재로 카누의 전체 길이를 얻을 수 없기 때문에, 본 논문에서는 각 층을 네 부분으로 나누었다. 분할된 키트는 한 층씩 적층 되면서 엇갈리게 배치되도록 하여 선수, 선미부에 하중이 작용했을 때 중앙에서의 전단을 방지할 수 있도록 대비하였다.

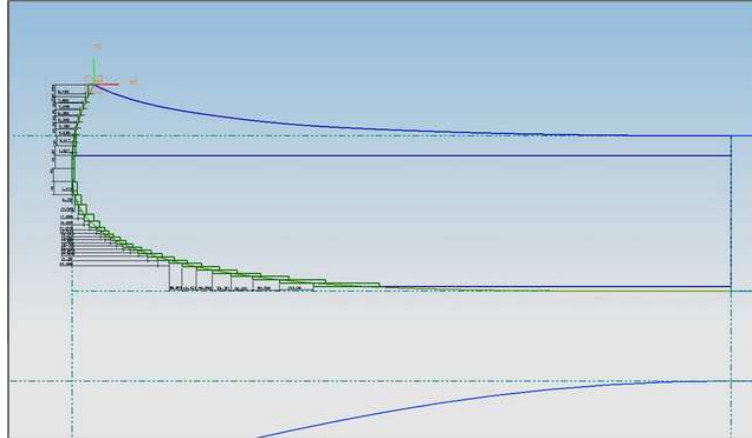


**Fig. 21 Modeling the piling of the laminated plates from the surface model #1**

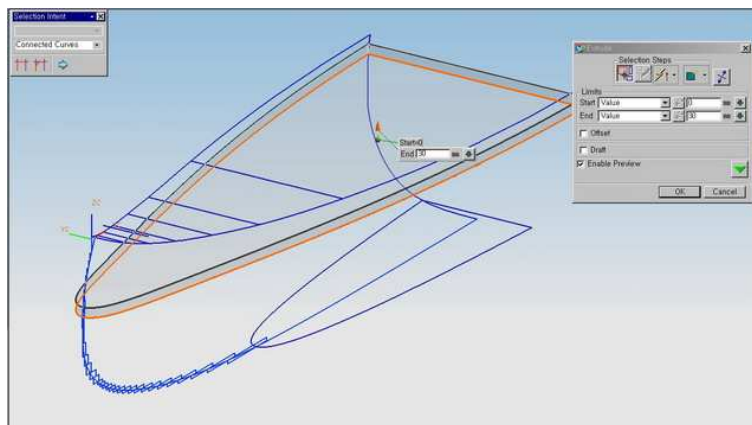


**Fig. 22 Modeling the piling of the laminated plates from the surface model #2**

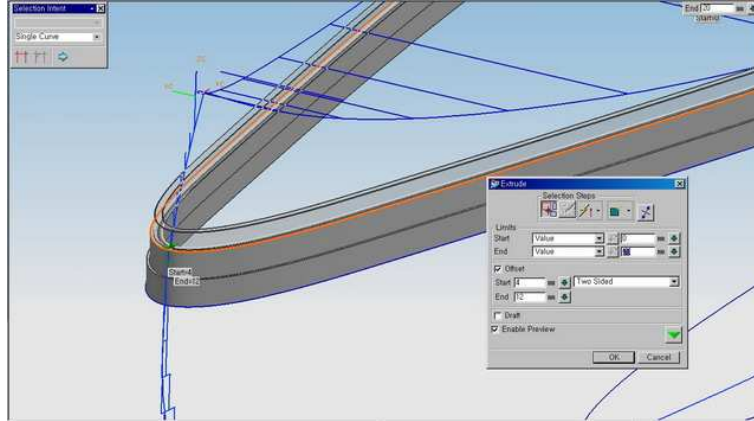




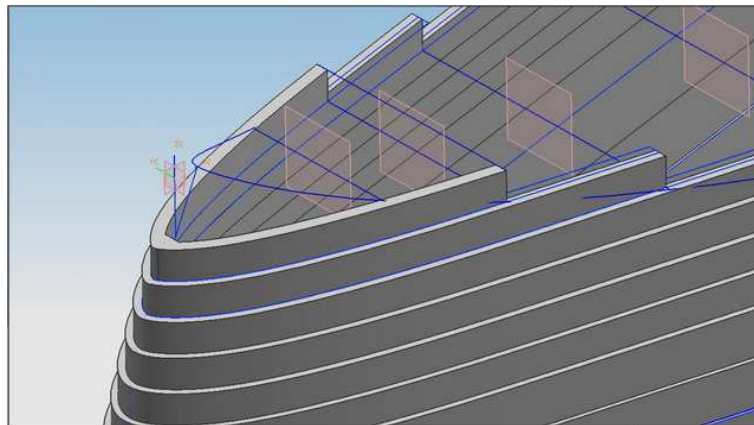
**Fig. 23 Modeling the piling of the laminated plates from the surface model #3**



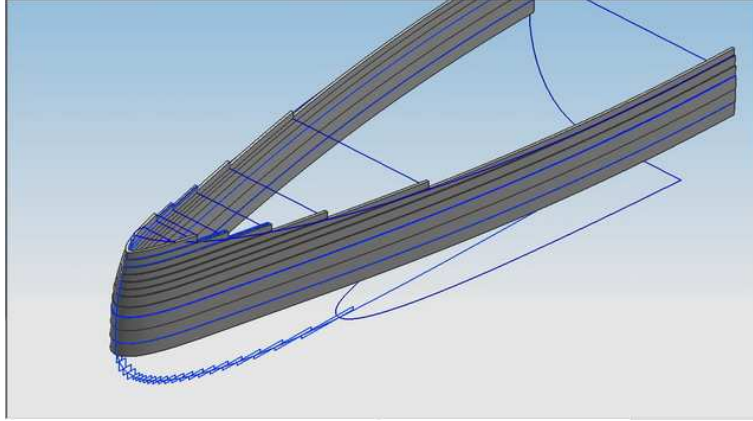
**Fig. 24 Extruding a solid model of the laminated plates #1**



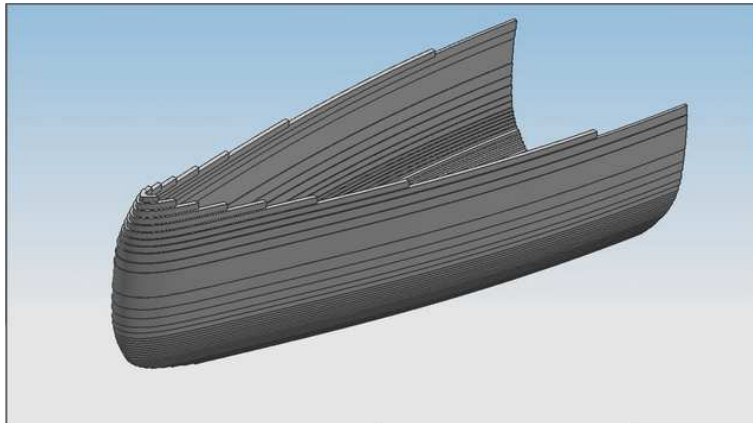
**Fig. 25 Piling a solid feature over other feature**



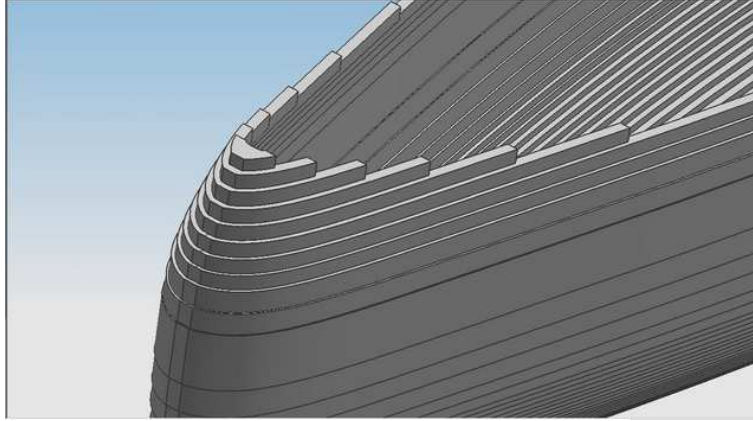
**Fig. 26 The piled of the laminated plates for hull #1**



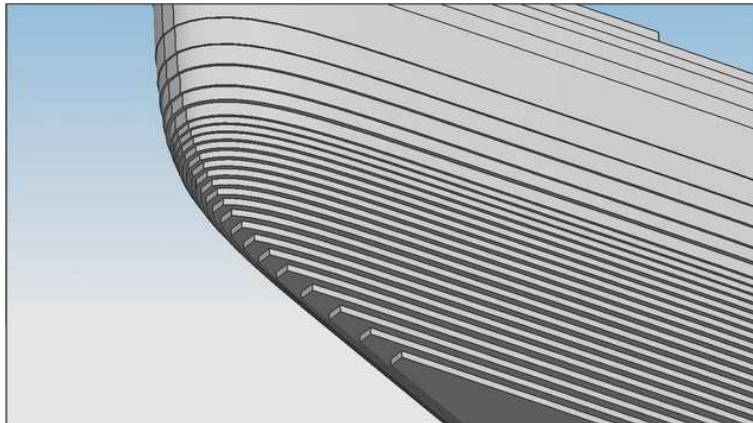
**Fig. 27** The piled of the laminated plates for hull #2



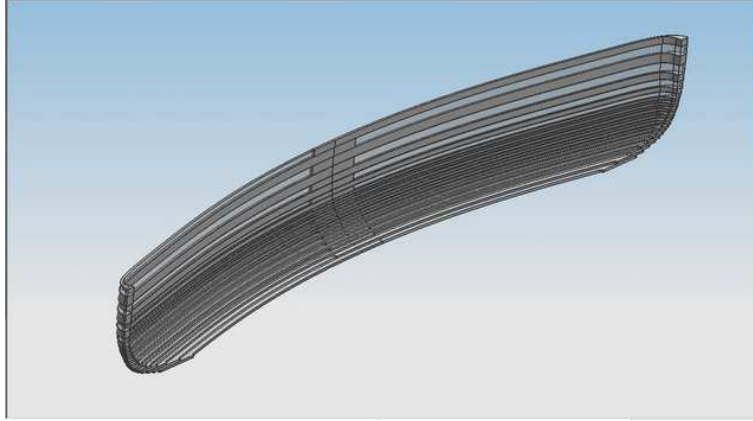
**Fig. 28** The piled of the laminated plates for hull #3



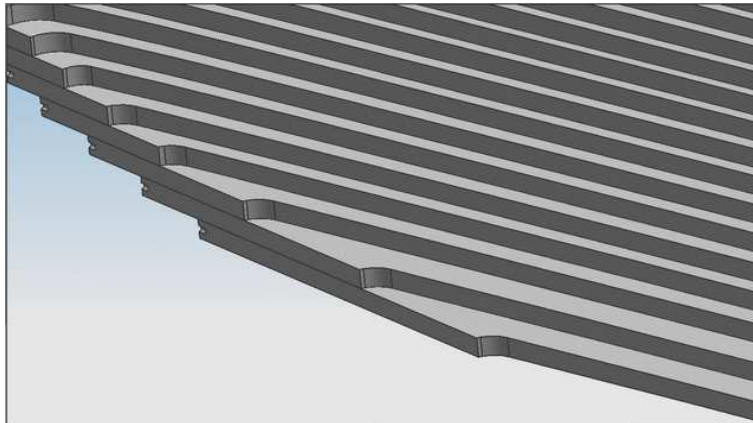
**Fig. 29** The piled of the laminated plates for hull #4



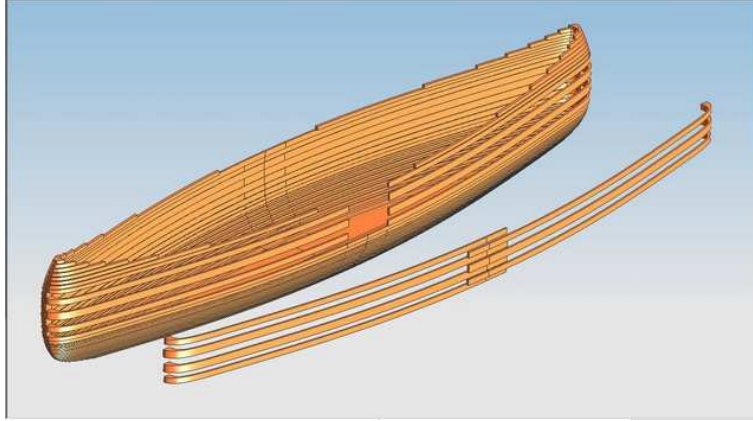
**Fig. 30** The piled of the laminated plates for hull #5



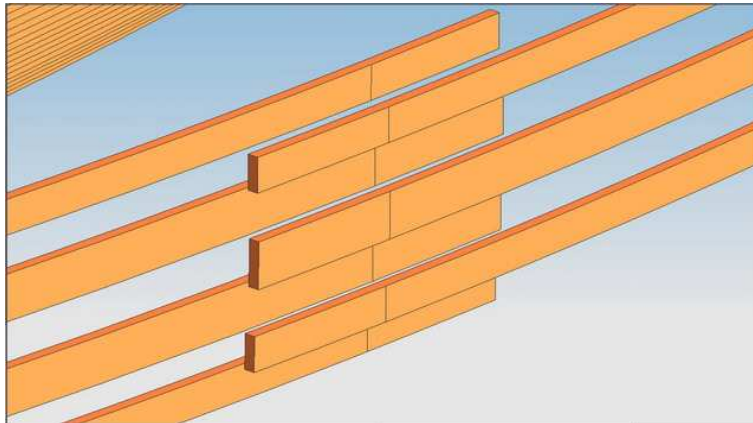
**Fig. 31 Section viewing of the inner parts #1**



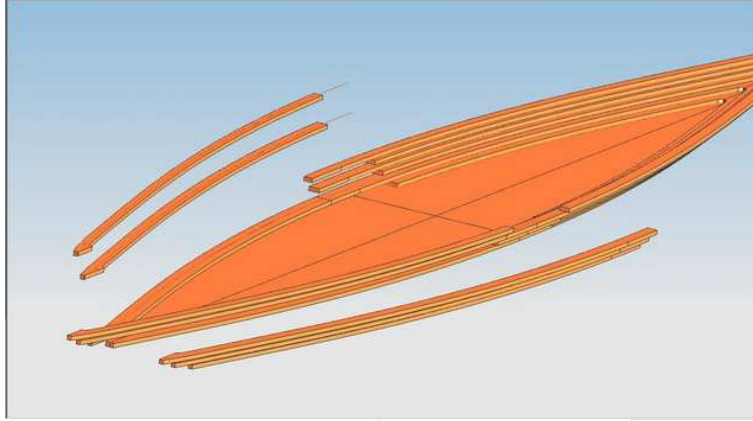
**Fig. 32 Section viewing of the inner parts #2**



**Fig. 33** Simulating the piling using the laminated plates for building #1



**Fig. 34** Simulating the piling using the laminated plates for building #2

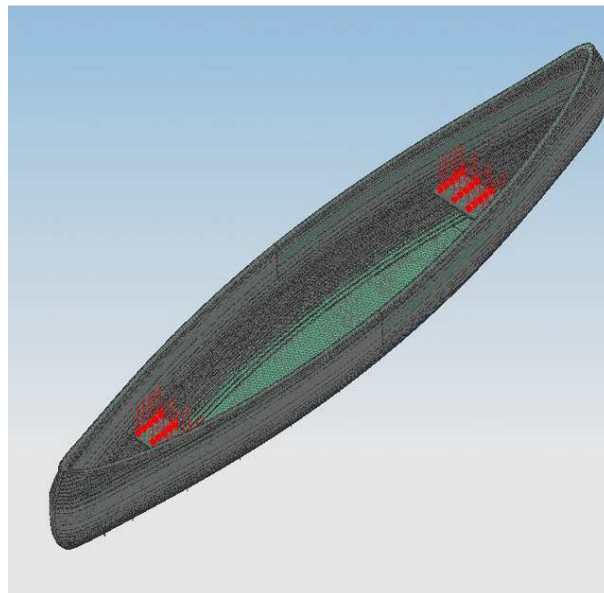


**Fig. 35 Simulating the piling using the laminated plates for building #3**

### 3.1.3 형상 해석

카누 선체 모델을 완성한 후, 실제 운동에서 발생할 수 있는 문제점을 파악하기 위해 NX NASTRAN 을 사용하여 구조해석을 수행하였다. 카누 모델에는 외력에 대한 강성을 제공해 줄 수 있는 건넬과 좌석 부분을 추가하였다.

본 논문에서는 2 인승 카누의 경우를 예로 들어, 각 좌석의 두께는 11.5mm 이며 양쪽에 100kg 의 하중을 주어 변화를 해석하였고, Fig. 36~38 은 각 경계조건이 부여된 FEM 모델과 해석 결과를 모습을 보여준다.



**Fig. 36 Analyzing for the displacement by loading the weights #1**

재료는 나무(wood)로 하여 해석을 수행하였고 그 물성치는 Table 2 와 같다.

**Table 2 Material properties of wood**

material	wood
Mass density(kg/mm <sup>3</sup> )	5e-007
Young`s modulus(GPa)	13
Poisson`s ratio	0.29



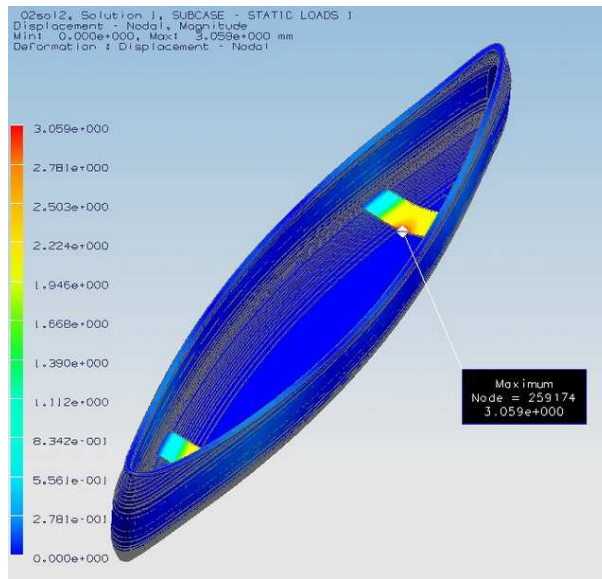


Fig. 37 Analyzing for the displacement by loading the weights #2

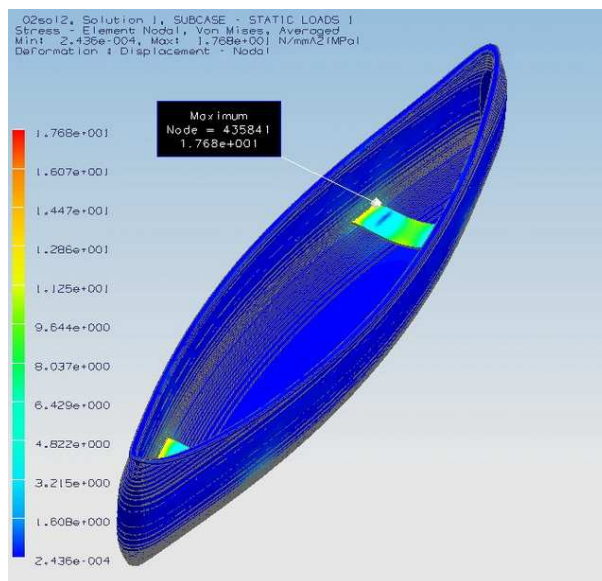
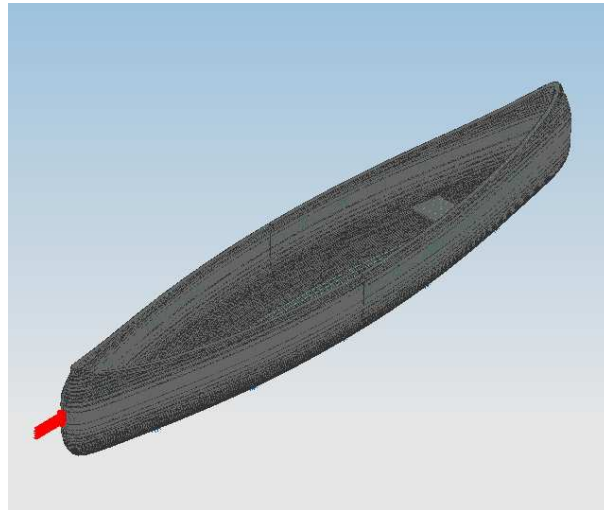


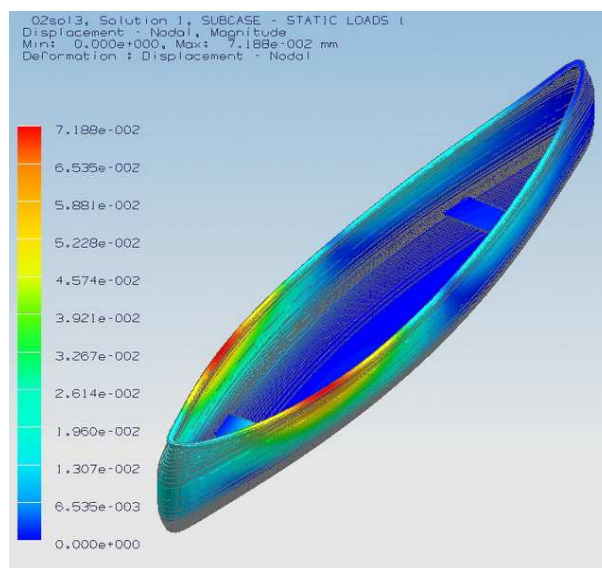
Fig. 38 Analyzing for the displacement by loading the weights #3

좌석 부분의 해석 결과 3.1mm 의 최대 처짐과 17.7MPa 의 최대응력이 발생하였는데, 이 범위에서는 본 카누 제작에 사용된 합판 2 장을 접착하여 제작한다면 충분한 강도를 가질 수 있을 것으로 판단된다.

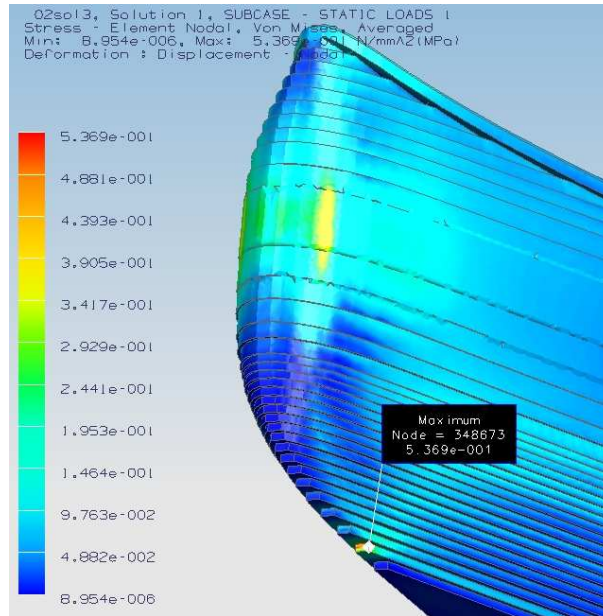
또한 선수 측에서의 충돌에 대비한 시뮬레이션도 수행하였다. 각 부재의 접촉 부위는 충격에 충분한 강도를 가진다는 가정하에서 Fig. 39~41 과 같이 선수측에 힘을 가하여 선체의 취약한 부분을 확인하였다.



**Fig. 39 Analyzing for the displacement by the outer load #1**



**Fig. 40 Analyzing for the displacement by the outer load #2**



**Fig. 41 Analyzing for the displacement by the outer load #3**

500N~2000N 까지 몇 가지 경우에 대한 변형을 측정하였는데, 선수 측에서는 충격에 대한 변형이 거의 없는 것으로 나타났다. 그러나 건웰 상부에 변형이 집중되는 것을 확인할 수 있었으며, 더 큰 충격이 가해지는 경우를 고려한다면 적절한 위치에 스왑트 등의 보강재를 설치하여 충격에 대해 충분한 안정성을 확보할 수 있다.

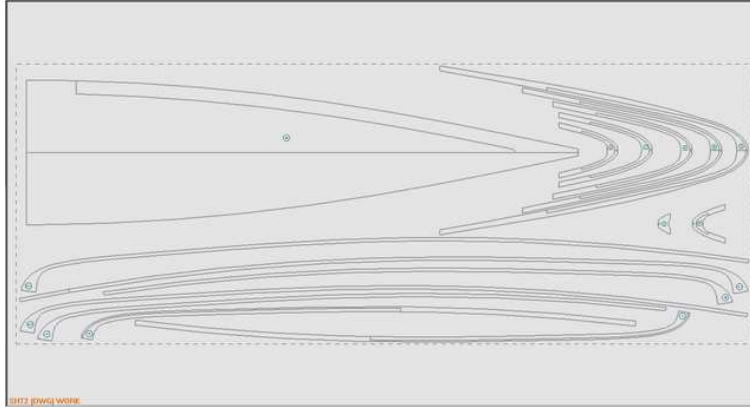
### 3.1.4 키트 제작을 위한 가공 정보 생성

Fig.42~46 은 출력된 각 부재의 개별 도면으로 카누 제작에 사용되는 판재의 규격에 맞게 배치된 것이다.

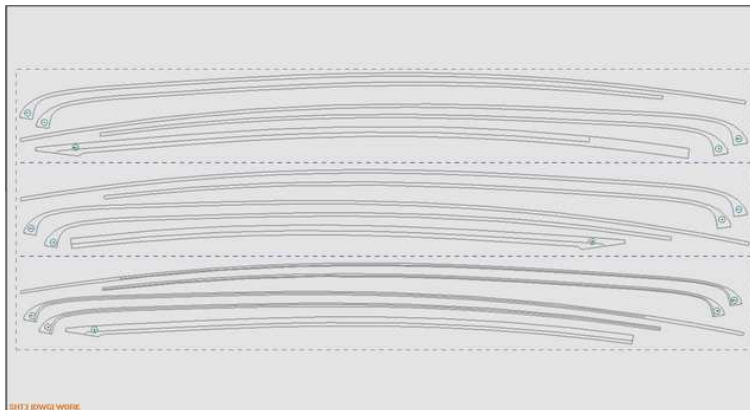
제작에 사용된 합판의 규격은 두께 11.5mm, 4×8(1,220mm×2,440mm)의 일반 합판으로 총 10 장의 합판이 사용되었다. 선체의 총 길이가 4,000mm 이므로 정해진 합판 규격으로는 절반으로 나누어 제작 하였으며, 판재의 효율적인 사용을 위해 다시 절반을 나누어 1 층에 4 키트씩 구성이 되도록 도면을 제작하였다. 키트는 두께 별로 10t, 20t, 30t, 40t 의 4 종류가 있는데 10t 를 합판 1 장(11.5mm)으로 정의하여 그 두께만큼 합판을 겹쳐 제작하였다. 그리고 도면의 크기는 A0 의 가로 길이(891mm)를 기준으로 하여 891mm×2,200mm 로 출력하였다. 판재와 도면의 크기를 비교하여 나머지 300mm 정도를 활용하기 위해서 Fig. 44 와 Fig. 46 과 같이 남은 도면을 배치하여 재료의 소모를 최소화 할 수 있도록 하였다.



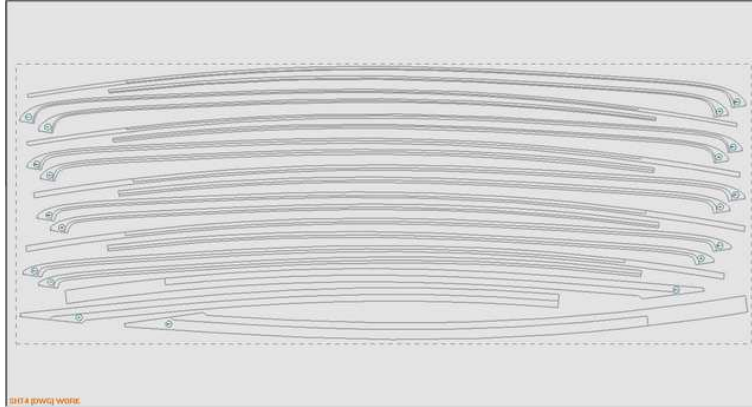
**Fig. 42 A drawing of the laminated wooden plates #1**



**Fig. 43 A drawing of the laminated wooden plates #2**



**Fig. 44 A drawing of the laminated wooden plates #3**



**Fig. 45 A drawing of the laminated wooden plates #4**



**Fig. 46 A drawing of the laminated wooden plates #5**

### 3.2 적층식 키트형 카누 제작

본 논문에서 개발한 적층식 키트형 카누 제작 기술은 3D CAD 시스템에서 카누의 형상 설계가 이루어지고, CNC 장비를 이용하여 키트 제작의 자동화를 이루어 대량 생산에도 적용이 가능하도록 하였다. 다음의 카누 제작 공정은 개인 수준에서 손가공으로 카누를 제작하고자 하는 경우를 예로 들어, 각 키트를 적층하여 카누의 선체를 제작하는 일련의 과정을 나타낸다.

먼저 실물 크기로 출력한 도면을 판재에 접착하여 각 키트를 절단한다. 카누 형상의 정밀도는 절단 작업에서 결정되므로, 도면을 따라 정밀하게 작업을 수행한다. 절단된 각 키트를 순서대로 선체의 바닥에서부터 1 층씩 올라가며 적층 작업을 수행하였다. 키트의 접착은 목공용 접착제를 사용하였으며, 제작의 효율성을 높이기 위해 개별 키트간의 부분적인 적층을 수행한 후, 동시에 접착함으로써 제작 시간을 크게 줄일 수도 있다.

적층 후에는 거친 표면을 자동대패나 연삭기를 활용하여 매끄럽게 가공해 준다. 적층 된 선체의 표면은 평판을 적층하여 제작하였기 때문에 키트의 두께에 따라 계단 형상이 생길 수도 있다. 그래서 접착 후 표면을 깎아 내어 매끈한 곡면이 될 수 있도록 마무리 표면 가공을 해준다. 본 논문에서는 손가공으로 키트의 절단이 이루어졌지만, CNC 장비를 이용한 기계가공을 수행한다면 정확한 키트의 절단이 가능하기 때문에 선체 표면 마무리 작업에 소요되는 시간을 크게 절감할 수 있다.



**Fig. 47 Milling the kit parts from drawings for a canoe #1**



**Fig. 48 Milling the kit parts from drawings for a canoe #2**





**Fig. 49 Milling the kit parts from drawings for a canoe #3**



**Fig. 50 Milling the kit parts from drawings for a canoe #4**



**Fig. 51** Milling the kit parts from drawings for a canoe #5



**Fig. 52** Milling the kit parts from drawings for a canoe #6



**Fig. 53 Milling the kit parts from drawings for a canoe #7**



**Fig. 54 Milling the kit parts from drawings for a canoe #8**



**Fig. 55 Milling the kit parts from drawings for a canoe #9**



**Fig. 56 Milling the kit parts from drawings for a canoe #10**





**Fig. 57 Milling the kit parts from drawings for a canoe #11**



**Fig. 58 Milling the kit parts from drawings for a canoe #12**



**Fig. 59 Milling the kit parts from drawings for a canoe #13**



**Fig. 60 Milling the kit parts from drawings for a canoe #14**



**Fig. 61 Milling the kit parts from drawings for a canoe #15**

### 3.3 카누 제작 공정 비교

앞서 완료한 적층식 키트형 카누 제작 과정을 기존의 줄대 전개식과 비교해 봄으로써 본 논문에서 개발한 카누 제작 기술의 효율성을 Table 3 과 같이 확인할 수 있었다.

**Table 3 Comparison chart of Strips and Laminated wooden plates types**

		줄대 전개식	키트 적층식
특징		가장 일반적인 카누 제작 기법	적층에 의한 키트형 카누 생성 방법
장점		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 카누의 외형 곡면성 우수</li> <li>- 외판 순정작업 용이</li> <li>- 측면 강도 우수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 외형 곡면 표현이 자유로움</li> <li>- 선형지지를 위한 부가장비 사용의 최소화</li> <li>- 다양한 목재 이용 가능</li> <li>- CAD/CAM/CAE 환경 적용 가능</li> <li>- 동일/동종 제품 대량 생산 용이</li> <li>- 선체 생성 시간 최소화 (줄대 전개식에 비해 60% 절감)</li> </ul>
단점		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 줄대 연결 및 접착 시간 지연</li> <li>- 선형 고정을 위한 받침대 등 부가장비 요구</li> <li>- 목재 선택의 제한</li> <li>- CAD 시스템 적용 불편</li> <li>- 동일 제품 대량생산 불가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 측면 강도 보강</li> <li>- 곡면 정도에 따른 외판 순정 작업</li> </ul>
제작 시간 비교 (일)	선도 및 몰드제작	1	0
	줄대/적층 키트 가공	1	1
	줄대/키트 적층	15	3
	몰드 분리	1	0
	내/외판 마무리	3	3
	간극 마무리 작업	2	2
	유리섬유/에폭시 작업	4	4
	총 시간	27	12



향후 본 논문에서 제안한 카누 제작 기술을 대량 생산을 위한 공정 개선 등에 적용하기 위해 다음과 같은 사안을 개선할 필요가 있다.

가) 적층식 키트형 카누는 섹션 몰드 없이 작업이 이루어지므로 제작 과정에 있어서 측면의 강도 보강이 필요할 수 있다. 이를 위해 적절한 크기의 건웰, 좌석 등의 배치에 대한 연구를 통하여 측면 지지를 보완할 필요가 있다.

나) 줄대 전개식과 달리 적층을 위한 각 키트의 크기가 다르기 때문에 수작업을 통하여 목재를 절단하게 되면 키트의 정밀도와 치수의 정도에 따라서 마무리 단계에 시간이 많이 소요될 수도 있다. 그러므로 부드러운 선체 형상을 얻기 위해서는 물론, 대량 생산을 위해서도 CNC 장비를 운용하는 것이 효율적임을 알 수 있다.

## 제 4 장 결론

본 논문은 레저용 목재 카누의 제작에 있어 기존 줄대 전개 방식의 단점을 해결하기 위해 적층식 키트형 카누 개발 방법을 제안하고 이를 적용한 카누 형상을 설계하고 제작하는 공정을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

가) 적층식 키트형 카누 제작 기법을 3D CAD/CAM/CAE 시스템을 통하여 개발하고 향후 실제 제품 생산에 유연하게 적용할 수 있는 환경을 구축하여 제작 시간, 공수 및 제작 비용에 있어 높은 생산성을 얻을 수 있었다. 즉, 줄대 전개방식은 CAD/CAM/CAE 환경에서의 운용을 전제로 한 자동화가 어려운 반면, 적층식은 CAD 시스템에서의 적용이 용이하고 동일 제품의 대량 생산과 동종 제품의 다양화에도 효율적으로 대응할 수 있다.

나) 적층식 키트형 카누 제작 방식을 도입함으로써 기존 줄대 전개 방식에서 요구되는 고가의 목재가 아닌 일반 합판에서부터 적삼목에 이르는 다양한 재료를 적용하여 비교적 간단하게 카누를 제작할 수 있음을 확인하였으며 이를 바탕으로 일반 사용자들도 손쉽게 카누를 제작하여 실습이나 여가 등에 활용할 수 있게 하였다.

다) 줄대를 고정시키기 위한 다수의 고정 장치가 필요하며 긴 접촉 시간이 소요되는 줄대 전개식에 비해 적층식 키트형 카누 제작 공정은 선체 고정 시간과 부가 장비의 사용을 크게 줄일 수 있었다.

## 참고 문헌

1. 한국중소조선기술연구소, “우리나라 중소조선산업의 현황”, 2004
2. 안종현, “해양관광지 활성화 방안에 관한 연구”, 목포대학교 대학원 석사학위논문집, 2003
3. 김성귀, “해양관광 상품화 전략”, 한국해양수산개발원, 2001
4. 안병화, 황종학, 강기원, 이상철, “수상 레저스포츠 용품산업 실태 분석”, 국민체육진흥공단 체육과학교육원, 2004
5. Peter Witt, “Manufacture Wooden Canoes & Paddles”, <http://www.lisp.com.au/~merinda/index.html>, May. 1998
6. Edwin Monk, “Modern Boat Building”, Charles Scribner’s Sons, USA, 1973
7. Bill Lagan, “Build your own Cedar Strip Canoe”, <http://www.canoe-suwannee.com>, 2007
8. “Canadian Canoes”, <http://www.canadiancanoes.com>, Nov. 2007
9. John R Clark, “Cedar Strip Boat Plans for Amateur Boat Builders”, <http://www.compumarine.com/>, May. 2006
10. Dr. David S. Richard, “The Cedar Strip Canoe”, <http://www.susqu.edu/facstaff/r/richard/Canoe.html>, Jul. 2000
11. Paul Fisher, “Selway Fisher Design”, <http://www.selway-fisher.com/index.htm>, Nov. 2007

12. S. Mithra, "What are cedar strip canoes?", <http://www.wisegeek.com/what-are-cedar-strip-canoes.htm>, 2007
13. Bell Canoe Works, <http://www.bellcanoe.com/default.asp>, 2007
14. Old Town Canoes Kayaks, <http://www.oldtowncanoe.com/index.html>, 2006
15. 김희중, 정재현, 최순호, "마이크로프로세서 구성에 따른 OpenGL 가속처리의 성능 변화에 관한 연구", 한국마린엔지니어링학회지, March, 2006