

## 적층식 평판 키트형 카누 건조 기술 개발에 관한 연구 [1]

- 카누 선체의 설계 및 적층식 평판 키트 분할 기법 -

김희중\* · 김성현\*\* · 정재현†

(원고접수일 : 2009년 1월 20일, 원고수정일 : 2009년 6월 8일, 심사완료일 : 2009년 6월 25일)

### A Study on the Development of Ship Building for the Wooden Canoe by Piling-up Laminated Wooden Plates Kit [1]

- A Design for canoe hull and laminating wooden plates for piling-up kit -

Heui-Jung Kim\* · Shung-Hyun Kim\*\* and Jae-Hyun Jeong†

**Abstract :** A canoe is one of the most popular boats in leisure on the water. Generally canoe has been built by good wooden strips. And canoe built by FRP is used for business recently. But by the users' demands for good quality and the restriction to environmental pollution the wooden canoes are required for personal and canoe building business. The modern wooden canoes were built by the strip construction method are used typically. However it is not suitable for the mass productivity requires effective resource operations and managements of men, materials, times, and price.

On this paper the new construction method, called the piling-up laminated construction method, is studied to building a canoe using the piling-up with the laminated wooden plates gives more productivity than the others. First a canoe with various curved surfaces is designed from 3D design system. And the hull of canoe model is divided horizontally to generating the laminated plates that will be converting real wooden plates available from the market and will be routed by the manufacturing machine. After the simulating and analyzing of piling-up with the laminated plates, the canoe is building with less times, less men, less resources, and lower price than other method, avoid of the requirements of additional building tools. On the next paper the constructing of a real canoe using the manufactured wooden plates will be studied.

**Key words :** Leisure boat(레저 보트), Wooden canoe(목재 카누), Oar-boat(노-보트), Strip construction method(줄대 전개식), Piling-up the laminated plates construction method(평판 적층식)

### 1. 서 론

국내의 무동력 수상 레저(water leisure) 분야

에서는 카약(kayak), 카누(canoe)를 포함한 노-보트(oar-boat) 종류가 가장 대중적인 상품으로 인식되어 왔다<sup>[1]-[3]</sup>. 하지만 수상 레저 참여 인구의

† 교신저자(한국해양대학교 공과대학 기계정보공학부, E-mail:jhjeong@hhu.ac.kr, Tel:051-410-4292)

\* 디디엔티 한국해양대학교 공과대학 기계정보공학부

\*\* 부산정보대학 자동차계열

증가와 취향의 고급화로 FRP(fibre-reinforced plastic) 재료 중심의 대량 생산 제품들은 환경 문제뿐만<sup>[4],[5]</sup> 아니라 고중량 그리고 운용 및 관리의 어려움이 있어 목재 카누 제품에 대한 요구가 증가하고 있다.

그러나 목재 카누의 경우 현재 제작 공정과 제품 비용의 문제로 대량 생산에 어려움이 있어 본격적인 상품 시장 확대에 대응하지 못하고 있으며, 일부 수요는 외국의 키트(kit) 제품이나 개인 수준에서의 수작업으로 충족되고 있다. 이러한 현실에서 기존 저급 카누를 대체할 새로운 목재 카누를 대량 생산하기 위한 시도가 있었으나, 전통적인 목재 카누 제조 방식의 범주를 벗어나지 못하고 있어 큰 성과가 없는 실정이다<sup>[6]</sup>.

본 논문에서는 앞서 언급한 사용자의 다양한 요구를 수용한 카누 형상 설계 그리고 수요에 부응하기 위한 대량 생산의 요구를 모두 만족하기 위한 새로운 카누 설계 및 제작 기술 개발에 대한 연구를 수행한다<sup>[7],[8]</sup>. 이를 위하여 현재 일반적인 목재 카누의 제조 방법인 줄대 전개식 카누 제조 기술의 현황을 분석하고, 이 방식의 문제점을 해결하기 위한 새로운 평판 적층식 기술을 이용한 설계 및 시물레이션 과정을 거쳐 가공정보를 생성한다. 그리고 후속 논문에서는 설계된 카누 제작 정보를 이용하여 가공된 적층식 평판으로 실제 카누를 제작하는 과정을 통하여 새로운 카누 제작 방식의 효율성과 추가 연구 과제에 대한 문제를 다루고자 한다.

## 2. 목재 카누 제조 방식 분석

### 2.1 줄대 전개식 제작 방식

목재를 이용한 카누 제작은 인류의 발전사에서 언급될 만큼 긴 역사를 가지고 있다. 하지만 곡률의 변화가 심한 카누 선체의 제작 방식은 오랜 세월에 비해 줄대 전개식 외에 새로운 기술의 발전은 없었다고 볼 수 있다<sup>[9]</sup>. 줄대 전개식 카누 제조 기술은 Fig. 1 (a)와 같이 미리 제작한 목형 틀에 일정한 길이의 줄대를 사용하여 선체와 내·외부 스템(stem)을 완성한다. 이어 각 줄대 간의 단을 마무리한 후 완성된 선체는 유리 섬유 (fiberglass) 등으로 수밀 및 강도 보강 작업을 수행하고 건웰(gunwale)과 데크 플레이트(deck plate) 등을 설치하므로써 카누를 완성한다.

줄대는 제품의 크기와 형태에 따라 차이가 있으나 2인용 카누를 기준으로 약 60여 개가 사용된다. Fig. 2(b)의 예와 같이 선체 곡면의 곡률 변화에 맞춰 순차적으로 쌓은 후 선수와 선미 그리고 선저의 형태에 맞춰 수정 과정을 거치게 된다. 이러한 줄대로 구성된 카누 선체는 구조적으로 안전하지만, 선형 제작비용과 시간에 있어 대량 생산에 부적합하다는 단점이 있다. 특히 선체를 구성하는 각 줄대 간의 고정, 접착에 소요되는 비용과 시간의 소모가 매우 크며 작업에 소요되는 인력의 효율적 운용도 어렵다. 또한 선체의 곡률 변화에 따라 줄



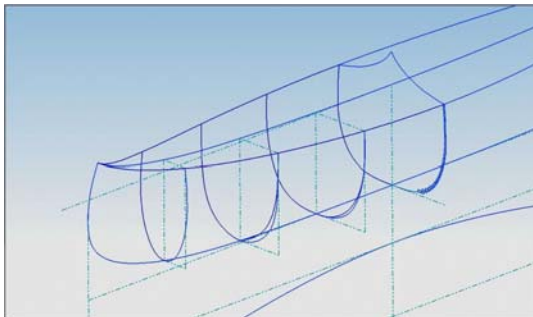
(a) Preparing section molds and die of a hull



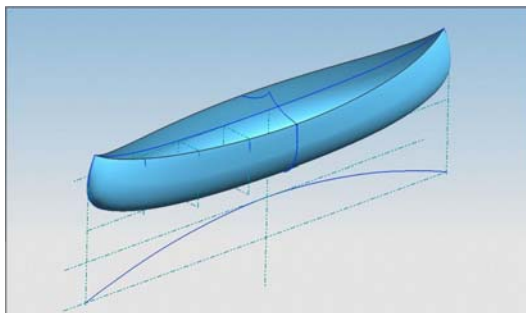
(b) Constructing wooden strips to building a hull

**Fig. 1 Traditional wooden canoe building by the strip construction method**

대가 급격히 급격해야 하기 때문에 줄대용 목재는 휨이 좋은 고급 목재를 사용해야만 한다. 그리고 선체 제작에 필수적인 받침대 및 선체 단면 형상의 목형 준비에도 비용과 시간이 소비되지만 재사용성이 매우 낮은 문제도 있다. 때문에 목재 카누의 제작에서 이러한 줄대 전개식을 개선하고자 하는 일부 노력에도 불구하고 실질적으로 효율적인 대량 생산 방식을 제공하지는 못하고 있다.



(a) Sketching the hull to build a canoe

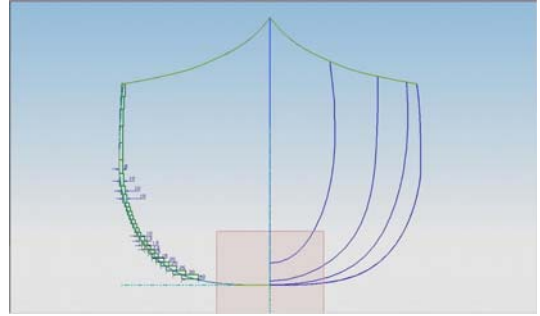


(b) A canoe hull using the swept surface

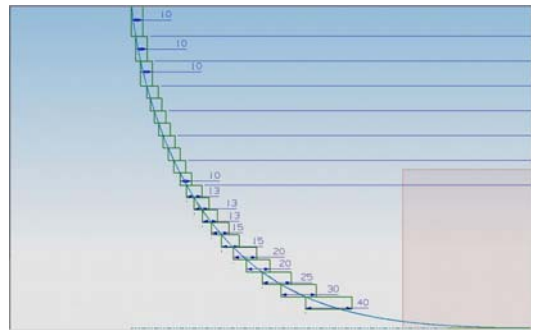
**Fig. 2 Building a canoe hull in surface modelling**

## 2.2 카누 제작 방식 개선 사항

심하게 휘어진 상태로 선체를 구성하고 있는 줄대의 고정과 줄대 간의 접착에 소요되는 시간과 비용은 줄대 전개식의 가장 큰 문제로서 카누의 대량 생산이나 효율적 주문 생산을 위해 시급히 해결해야 할 과제이다. 이를 위하여 본 연구에서는 카누 선체를 측면에서 구성하는 줄대 전개식이 아닌 평면으로 선체를 구성하는 방식을 제안한다 [10].



(a) Laminating plates from curved front of hull

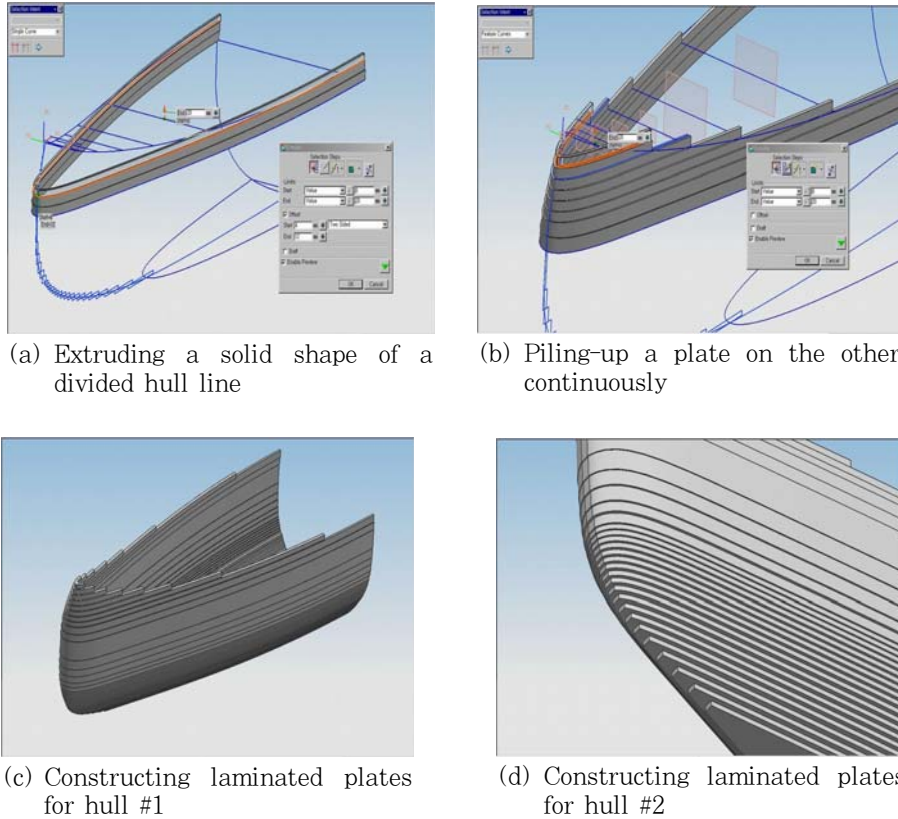


(b) Laminating plates from curved side of hull

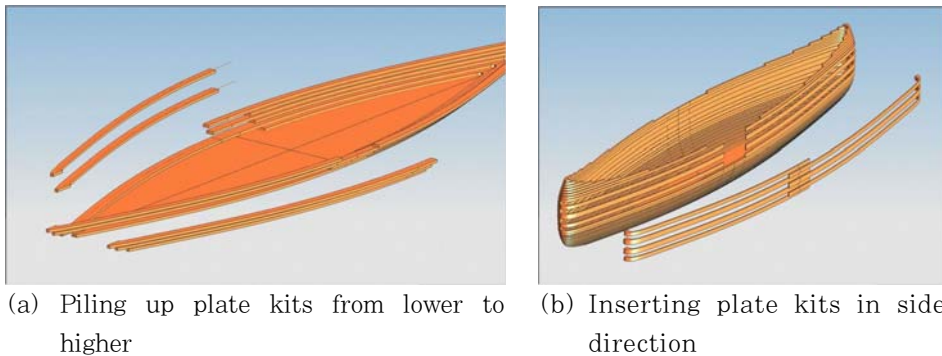
**Fig. 3 Generating laminated wooden plates from the curved canoe hull to piling-up**

즉, 선체를 하단 혹은 상단에서 수직 방향으로 일정한 두께로 평면 분할한다. 평면 상태로 분할된 선체 형상 키트는 라우팅(routing) 머신 등과 같은 공작기계의 가공 범위를 고려하여 2 등분 혹은 4 등분이 될 수 있도록 하였다.

이상의 과정에 필요한 정확한 카누 형상에 대한 정보를 얻기 위해 3차원 설계 시스템을 활용하였다. 본 연구에서는 Simens의 Unigraphics NX4를 예로 사용하여 설계를 수행하였다. 적층식 키트형 평판 생성 과정에서 가장 중요한 기능은, 곡률의 변화가 심한 카누 선체를 임의의 두께가 아닌 대량 생산에 적합하도록 기성품으로 공급되는 목재 재료의 조합으로 구성하는 것이다. 이러한 기능으로 선체의 곡선미에 대한 사용자의 다양한 요구를 현실적으로 구현할 수 있게 된다.



**Fig. 4 Generating the laminated plates for canoe hull from a 3D curved model**



**Fig. 5 Simulating constructing of canoe with laminated wooden plates**

### 3. 적층식 카누 설계 구조

#### 3.1 평판 적층식 키트 설계

##### 3.1.1 3차원 카누 형상 설계

주문 생산이나 형상 변화에 대한 요구가 많은 목

재 카누 제작에 있어서는 Fig. 2에서와 같이 3차원 설계 시스템을 이용하여 사용자가 원하는 카누 선체 형상을 자유롭게 모델링한다. 모델링 과정은 기본적으로 카누 선체 측면의 2차원 스케치 형상을 기준으로 하여, 카누의 용도, 인원, 재료, 환경 등

에 대한 정보를 고려하여 카누 형상에 대한 설계 요소가 포함된 데이터베이스로부터 최적의 카누 형상을 생성한다.

### 3.1.2 설계 형상의 평판 분할 과정

형상 설계 및 검증 단계를 거친 3차원 카누 형상을 실제 평판 키트로 분할하기 위한 과정을 수행한다. Fig. 3은 설계 형상의 정면과 측면에서 적층용 평판을 구성하기 위해 정해진 두께로 분할 중인 과정을 보여주고 있다. 적층식 카누 설계에 있어 가장 주요한 역할을 담당하는 분할 과정에서는 목재 재료의 데이터베이스로부터 현재 공급 가능한 품목 중에서 카누 선체의 곡선 형상을 최대한 유지할 수 있는 재료를 순차적으로 선택한다. Fig. 4는 카누 선체의 선수부 형상을 선택한 두께의 적층용 평판으로 추출하는 과정이다.

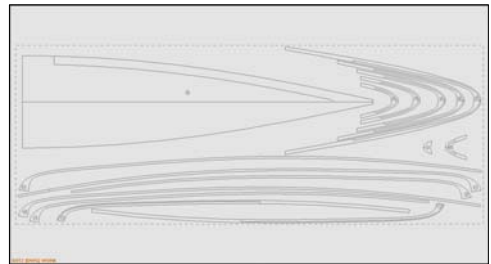
### 3.1.3 적층식 키트 가공 정보 생성

설계와 분할이 완료되고 난 이후, 적층식 평판을 수치 제어 혹은 기계 가공할 수 있도록 NC 코드를 포함한 가공 정보를 생성한다. 가공 정보의 적층식 평판은 선체 전체 크기 혹은 가공 기계 및 환경에 따라 전체 크기의 1/2 내지는 1/4 크기로 분할할 수 있도록 하였다. Fig. 5에서는 분할된 크기의 재료를 이용하여 적층 과정을 검증하는 단계를 수행하고 있다.

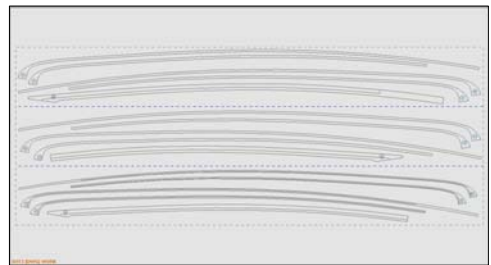
평판의 가공은 카누 선체 조립 이후의 후-가공 단계에서 선체 곡면을 다듬기 위한 라우팅 가공과 선체 조립 이후 별도의 마무리 작업을 하는 경우로 구분할 수 있다. 전자의 경우는 선체 조립 과정 이후 별도의 후-가공이 거의 없기 때문에 생산성이 매우 높다는 장점이 있으나, 라우팅 작업을 위한 가공 기계와 가공 작업으로 인한 비용 상승이 발생한다. 후자의 경우는 적층식 평판의 생산이 매우 단순한 반면 선체 조립이후의 후-가공에 가공 시간과 인력에 대한 비용이 발생하기 때문에 사용자 주문 위주의 소량 생산에 적합하다. Fig. 6은 분할과 적층 과정을 통한 검증 후, 재료 크기 및 가공 환경 조건에 맞도록 설정되어 출력된 가공정보를 보여주고 있다.



(a) Drawings of plate kits for 1/4 parted



(b) Drawings of the lower plate of a canoe



(c) Drawings of the three wooden plates for small size material

**Fig. 6 Drawings to manufacturing materials of laminated plates for wooden plates**

### 3.1.4 카누 선체 적층

가공을 거친 적층식 평판 키트는 선체 구성을 위한 순서에 따라 순차적 혹은 구획 별로 나누어 적층 과정을 수행한다. 각 평판 키트 간의 접착은 평판 간의 수직 적층이기 때문에 목재용 접착재로도 충분한 접착력을 확보할 수 있다. 또한 평판 키트 간의 접착력을 보다 강화하기 위한 방안으로 각 평판 간의 연결에서 홈 등을 이용하여 접착력을 증진할 수 있다. 평판 키트는 순차적인 적층 이외에 선체를 여러 단위로 나누어 접착하므로써 접착력이

발생하기까지의 시간 및 인력 낭비를 최소화할 수 있다. 적층이 완료된 카누 선체는 라우팅 작업이 없는 경우 곡면 구현을 위한 마무리 작업 등을 수행하여 카누 선체가 완성된다. 완성된 선체는 방수 및 강도 보강 작업을 수행한다.

### 3.2 카누 설계의 생산성 검증

본 연구에서는 전통적인 줄대 전개식의 각 문제점을 분석하여 새로운 적층식 평판 키트를 이용한 카누 제조 방식을 제안하고, 설계 과정을 수행하여 카누 선체를 완성하는 단계를 구현하였다. 이러한 새로운 카누 제작 방식은 현재 수상 레저 산업의 변화에 적응할 수 있도록 다양한 제품을 빠른 시간에 효율적으로 생산하기 위한 방법임을 기존 줄대 전개식과 비교하여 평가하여 그 우수성을 확인하였다.

#### 3.2.1 재료 선택의 다양성

줄대 전개식을 이용한 목재 카누 제작에서는 선체를 구성하기 위해 사용되는 핵심 원자재인 줄대가 카누 선체의 곡면을 완벽하게 표현할 수 있도록 급격한 휨으로 곡률이 변화된 상태를 지탱할 수 있는 고급 목재를 이용해야 한다. 또한 줄대의 휨을 유지하기 위한 부가적인 고정 장비가 반드시 필요하게 된다. 현재 줄대 제작에 사용되는 목재로는 가볍고 변형이 용이한 미송(美松) 혹은 고급 적삼목(赤杉木)을 사용한다.

이에 비하여 본 연구에서 개발한 적층식 평판 키트의 경우는 줄대 전개식에서 사용되는 고급 재료는 물론 방수와 중량 문제에 대처할 수 있다면 일반 합판(合版)과 같은 저급 재료도 사용할 수 있기 때문에 제품의 가격 경쟁력 확보에 기여할 수 있다고 판단된다.

#### 3.2.2 제작 시간 단축

줄대 전개식 제작 방식의 카누 선체의 제조에서 가장 많은 시간이 소요되는 과정은 각 줄대 간의 접착 작업이다. 선체 곡면을 구현하는 각 줄대 간의 면은 일치하지 않아 줄대 간의 고정 및 접착을 약 2 ~ 3시간 가격으로 순차적으로 진행해야 하기

때문에 1일 기준으로 4 ~ 5 개의 줄대 접착만이 가능하다. 이러한 접착 작업은 카누의 크기에 따라 상이하지만 일반적으로 작업 인력 1인 기준으로 15일 이상이 소요되기도 한다. 이에 반해 적층식 평판 키트를 사용할 경우 각 평판이 평면으로 순차적으로 접착되기 때문에 고정에 특별한 고정 장치 없이 빠른 시간 내에 접착이 가능하며 선체를 여러 부분으로 나눠 동시에 접착을 수행할 수 있기 때문에 1인의 작업으로 약 1 ~ 3일 만에 카누 선체 구성이 가능하다.

#### 3.2.3 작업 인력 구성

줄대 전개식에서는 각 줄대 간의 접착 시간으로 인하여 상용 제품의 생산에 있어 작업 인력 1인 기준으로 4~5 대의 카누를 제작할 수 있어야 시장에서의 가격 경쟁력을 가질 수 있지만, 사용자의 개별 주문이 많은 목재 카누 제작에서는 비용 상승의 큰 원인이 되고 있다. 또한 카누 선체의 곡면을 부드럽게 표현하기 위해서는 줄대 간의 접착에 충분한 경험이 필요하다는 점에서 현재 작업 인력의 수급에도 어려움이 있다.

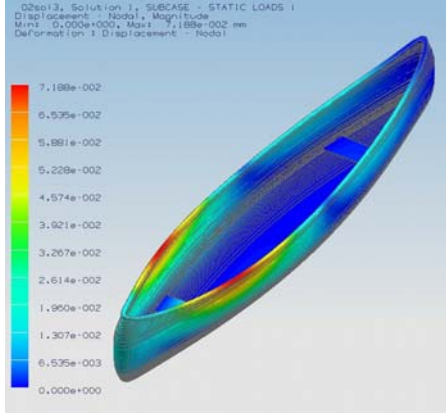
그러나 적층식 평판 키트의 경우는 접착 대기 시간에 소요되는 일정을 최소화할 수 있기 때문에 건조 수량에 상관없이 작업의 진행이 가능하다. 평판 키트의 적층 작업에서도 특별한 기술이나 경험이 필요 없기 때문에 고급 인력의 확보에 대한 필요성도 낮은 장점이 있다.

#### 3.2.4 관리 용이성

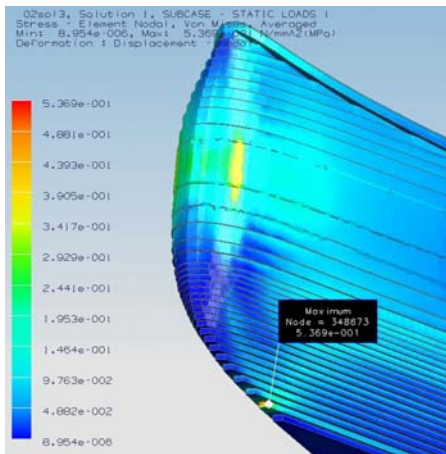
실제 강이나 바다에서 활용되는 카누의 경우 측면의 충격으로 선체가 파손되는 경우가 종종 발생하게 된다. 고급 목재로 제작한 카누의 경우 파손이 일어난 부분을 제거하고 새로운 목재로 대체하게 된다.

Fig. 7은 실제 제작에 앞서 카누 선수 측면에서의 충격에 대한 선체의 변형 정도를 파악하기 위해 Simens의 NX4 Nastran에서의 강도 해석을 수행한 결과로, 일반적으로 카누가 운용되는 환경이 잔잔한 수면이라고 볼 때 충격에 따른 선체 변형은 크지 않음을 예상할 수 있다.





(a) Max. displacement is occurred in the gunwale



(b) Max. displacement in the front of canoe

**Fig. 7 Analysing the displacement on gunwale and side of a canoe by an impulsive load**

선체의 파손이 발생하는 경우, 줄대 전개식으로 제작된 카누의 경우에는 선체를 완전히 분리할 수 없기 때문에 파손된 줄대 및 주변의 줄대를 모두 뜯어내어 교체해야 하는 과정에서 많은 인력과 비용 및 시간이 소요된다. 하지만 적층식 평판 키트로 제작한 카누의 경우에는 선체의 분리 자체가 가능하다는 점에서 줄대 전개식에 비하여 관리가 용이함을 알 수 있다.

Table 1은 목재 카누 생산을 위한 기존 줄대 전개식과 새롭게 제안한 적층식 평판 키트 제작법을 설계와 제작에 소요되는 시간에 대하여 비교한 것이다.

**Table 1 Comparing manufacturing times of the strip constructing method and the piling-up laminated plate constructing method in building of canoe hull**

Building steps	Strip based	Plate based
Lofting a hull and molds	1	0
Making strips or plates	1	1
Constructing or piling-up	15	3
Separating molds	1	0
Smoothing surfaces	3	9
Filling up gaps in hull	2	2
Sealing and reinforcing	4	4
Total time (hours)	27	12

Table 1은 목재 카누 생산을 위한 기존 줄대 전개식과 새롭게 제안한 적층식 평판 키트 제작법을 설계와 제작에 소요되는 시간에 대하여 비교한 것이다.

#### 4. 결 론

적층식 평판 키트를 이용한 카누 제작 기술 개발을 위한 연구의 결론을 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 1) 줄대 전개식에 비하여 적층식 평판 키트형 카누는 제작에 소요되는 시간, 인력 및 비용을 약 1/3 이하로 현저히 낮출 수 있었다.
- 2) 적층식 평판 키트형 카누 제조 기술은 3차원 설계 시스템을 이용하므로써, 줄대 전개식 카누 제조 기술과 달리 사업 목적의 대량 생산과 소량 주문 생산에 모두 유연하게 적용할 수 있었다.
- 3) 적층식 평판 키트형 카누는 운용 중 발생하는 수리 및 관리 용이성이 증대되어 제품의 신뢰성 향상에 큰 기여를 할 수 있음을 알았다.

#### 참고문헌

[1] 안중현, "해양관광지 활성화 방안에 대한 연구", 목포대학교 대학원 석사학위논문집, 2003.  
 [2] 김성귀, "해양관광 상품화 전략", 한국해양수산개발원, 2001.

- [3] 안병환, 황종학, 강기원, 이상철, “수상레저스포츠용품산업 실태 분석”, 국민체육진흥공단 체육과학교육원, 2004.
- [4] 장원근, 신철오, 최희정, 남정호, “해양보호구역 규제영향평가 방안 연구”, 한국해양수산개발연구원, 2006.
- [5] 선박검사기술협회, “FRP선박의 화재안정성 및 방화구조 연구”, 해양수산부, 2006.
- [6] 강병윤, “혼자서 카누를 만들다-목재 카누 자가 제작”, 만남, 2007.
- [7] H. J. Kim, J. T. Oh, J. H. Jeong, “A study on the making of canoe model using the laminated wooden plates, International Symposium on Marine Engineering 2007, pp.145-146, 2007.
- [8] 정재현, 이준석 외, “한국형 레저용 카누 개발을 위한 설계 및 제작에 관한 연구”, 한국마린엔지니어링학회 2008년 후기학술대회논문집, pp. 375-376, 2008.
- [9] Edwin Monk, Modern Boat Building, Charles Scribner’s Sons, 1973.
- [10] 오정택, “3D CAD 시스템을 이용한 카누 선형 제작에 관한 연구”, 한국해양대학교 대학원 석사학위논문집, 2008.

**저 자 소 개**



**김희중**

1992년 한국해양대학교 선박기계공학과 졸업(공학사), 1994년 한국해양대학교(원) 기계공학과 졸업(공학석사), 2006년 한국해양대학교(원) 기계공학과 졸업(공학박사), 현재 디디엔티 부사장, 현재 한국대학교 기계정보공학부 겸임교수



**김성현**

1992년 한국해양대학교 선박기계공학과 졸업, 1995-2004년 부산대학교 지능기계공학과(제어/자동화) 석사·박사 졸업(공학박사), 1992-1994년 대우조선 기장(엔진룸)설계, 1998-2009년 현대자동차 생산기술(엔진/변속기) 연구개발, 2009년-현재 부산정보대학 자동차계열 전임교수



**정재현**

1977년 한국해양대학교 기관학과 졸업(공학사), 1980년 한국해양대학교(원) 기관학과 졸업(공학석사), 1987년 일본 북해도대학 정밀기계공학과 졸업(공학박사), 현재 한국대학교 공과대학 기계정보공학부 교수