

---

 論 文
 

---

大韓造船學會誌  
 第26卷 第2號 1989年 6月  
 Journal of the Society of  
 Naval Architects of Korea  
 Vol. 26, No. 3, September 1989

## 船尾櫓의 推力發生機構 糾明을 위한 實驗的 研究

金曉哲\*, 李鳳九\*\*, 林昌奎\*\*\*

### An Experimental Study on the Propulsive Characteristics of Sculls

by

H. Kim, B.K. Lee and C.K. Rheem

#### 要 約

人力을 推進動力으로 하는 小型船에서 쓰이고 있는 船尾櫓의 幾何學的인 特性和 操作方法이 오래 전부터 傳承되어 왔으나 그 내용이 구체적으로 밝혀져 있지 않은은 물론이고 推力發生機構에 대한 科學的인 調査가 이루어진바 없다. 船尾櫓의 使用實態를 調査하여 幾何學的인 特성을 調査하고 熟練된 櫓手가 船尾櫓를 操作할 때 櫓의 運動을 6自由度運動計測 裝置로 測定하였다. 또한 櫓의 손잡이 부분과 櫓運動의 回轉中心이 되는 櫓棒위치에 檢力計를 設計製作하여 挿入設置함으로써 櫓가 作動中일 때의 檢力計의 出力을 調査하였다. 計측된 운동과 檢力계출력을 해석함으로써 노의 運動과 推力 사이의 相關關係를 밝히고져 하였다. 얻어진 研究方法論을 확장하면 櫓運動의 最適條件 究明에도 活用될 수 있을 것이며 船側櫓를 쓰는 槽艇등에서도 活用될 수 있을 것이다.

#### Abstract

The geometrical characteristics of sculls which are in use for propulsion of Korean traditional row boats were briefly surveyed. A typical dimension of the scull was selected and prototype for test was prepared. Angular displacements and the force components at handle and pivoting point were measured when the scull was operated in moored condition by skilled fisherman.

Time histories and trajectories of motion were analyzed with the force generated at the scull blade. It was found out that the thrust of the scull was generated mainly by reaction force. The direction of improvement for better rowing motion could be also suggested.

Continued study on this topic in a self-propulsion condition will provide us another interesting informations and prepare a possibility of application in evaluating rowing motion of oar.

#### 1. 序 言

船舶의 推進에 使用되는 櫓는 人力을 推力으로 變換

시켜주는 裝置로서 가장 오랜 歷史를 가지고 있는 것으로서 船側櫓(oar)와 船尾櫓(scull)로 나뉘어진다. 船側櫓는 舷側으로부터 마갈쪽으로 뻗쳐지는 櫓로서 西洋을 中心으로 發展되어 왔으며 특히 槽艇競技가

本 論文은 大韓造船學會 1989年度 春季研究發表會에서 發表된 論文인.

接受日字: 1989年 4月 4日, 再接受日字: 1989年 5月 10日

\* 正會員, 서울大學校 工科大學

\*\* 正會員, 弘益工業 專門大學

\*\*\* 學生會員, 서울大學校 工科大學

림픽에서 정식 종목으로 채택되어 있어서 스포츠 과학이라는 측면에서 운동選手の動作과 推力과의 관계가 人間工學의으로 研究되어 選手의 訓練과 櫓의 形態를 改良하는데 그 結果가 活用되어 왔다. 이에 대하여 船尾櫓는 東洋을 中心으로 發展되어 왔으나 經驗을 通하여 長期間에 걸쳐서 다듬어져 傳承되었을 뿐이어서 櫓의 기하학적인 치수와 操作方法에서 조차도 整理되어 있지 못하며 推力發生機構를 糾明하려는 研究는 알려져 있는 것이 없다.

櫓의 推力發生機構를 概念的으로 살펴보면 船側櫓는 노날이 수면에 대하여 수직하게 놓이는 狀態로 水中에서 移動시키고 이때 얻어지는 運動量變化로부터 推力을 얻게 되어 있다. 따라서 노날이 船尾쪽으로 移動할 때는 推力을 얻으나 空氣中에서 船首쪽으로 復歸하는 동안에는 推力을 얻을 수 없어서 推力은 간헐적으로 나타나게 된다. 이와는 달리 船尾櫓는 船尾로부터 船後方向으로 뻗어지며 노날을 水中에 잠겨져 있는 狀態에서 左右舷쪽으로 往復運動시킴으로서 노날에 相對的으로 流體流動의 方向에 따라 揚力 또는 反動力으로 推力을 얻게 된다. 노날에 대한 流體流入角을 適切하게 調節할 수 있게 되면 노날의 運動方向에 關係없이 推力을 얻을 수 있어 櫓運動週期の 1/2區間에서만 推力을 얻을 수 있는 船側櫓와는 달리 全運動區間에서 추력을 얻을 수 있고 推力變動도 相對的으로 적어지는 長點을 가지게 된다. 뿐만 아니라 熟練된 技能者의 直感에 따른 櫓操作方法的의 조절만으로서도 針路維持나 方向轉換이 可能하여 舵機能을 함께 갖는다는 長點도 가지고 있다.

傳統韓國船에 쓰여지고 있는 船尾櫓는 이와 같은 우수한 特性이 傳承되어져 있는 文化遺産의 하나이다. 그러나 船尾櫓의 特性에 관한 科學的의 性能糾明은 이루어져 있지 못할 뿐 아니라 기하학적인 形狀조차도 체계적으로 整理되어 있지 못하다. 뿐만 아니라 農機械用 小型原動機를 活用한 小型船의 動力化가 急速히 이루어지고 있어서 멀지 않은 장래에 잊혀져버릴 위기에 처하여 있다.

따라서 現在 쓰여지고 있는 船尾櫓의 實態를 調查하여 整理하고 運動과 推力사이의 關係를 科學的으로 糾明함으로써 우리의 文化遺産을 바르게 認識하고 保存하는 것은 매우 뜻깊은 일이 될 것이 분명하다고 생각된다.

## 2. 實驗用 櫓

### 2.1. 船尾櫓의 幾何學的의 形狀

一般的으로 船舶用 推進器는 船舶의 特性에 알맞게

設計製作되는 것이 상례이다. 그러나 現在 小型船舶에서 使用되고 있는 船尾櫓를 살펴보면 더러는 船舶을 建造할때 木工의 經驗的의 直觀으로 치수가 결정되어 製作供給된 것이고 많은 경우에는 技能保有者가 製作하여 船具商을 通하여 需要者에 供給하고 있는 것이다 既成品을 購入하여 使用하는 경우에는 船舶의 幾何學的의 特性, 操業特性, 主使用者의 身體的의 條件에 따라서 노구멍위치, 노의 길이, 손잡이 등을 部分的으로 수정한 후 使用하게 된다.

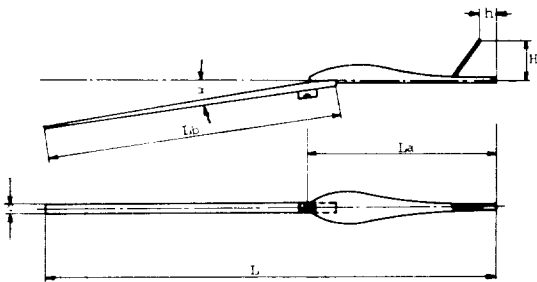
櫓를 機能上으로 살펴보면 노의 回轉運動中心이 되는 노구멍을 基準으로 하여 그 보다 아래쪽에 놓이는 노날 部分은 推力發生部가 되며 윗쪽에 놓여지는 部分은 操作部가 된다고 할 수 있다. 推力發生部의 치수는 주로 船體形狀에 따라 결정되게 되며 操作部의 치수는 주로 使用者의 身體的의 條件에 따라 결정되게 된다. 現在 쓰이고 있는 노의 實態를 調查하여 보면 Fig. 1과 같이 一般的인 特性을 찾아 내기가 대단히 어렵다. 다만 操作部의 主要 치수의 하나인  $L$ 는 使用者의 身體的의 條件에 따라 결정되어야 하므로 대체로 일정한 범위내의 값이 되어야 할 것임을 알 수 있다.

船尾櫓의 主要한 特徵의 하나는 操作部의 重量이 推力發生部의 重量, 浮力 및 動流體力과 平衡을 이루도록 配慮하고 있다는 점이다. 따라서 船尾櫓는 船側櫓와는 달리 둔탁하게 보이나 櫓手가 櫓를 操作할 때 必要로 하는 힘을 最小化할 수 있게 된다.

推力發生部를 살펴보면 現在使用중인 櫓에서는 正確한 形狀과 치수를 確認할 수 없다. 다만 技能保有者에게 傳承되어 있는 노날의 形狀은 노구멍 위치로부터 날끝으로 갈수록 직선적으로 단면형상이 바뀌는 것으로 Fig. 2와 같다. 즉 노날의 임의 위치에서의 단면형상을 調查하면 코오드 길이  $c$ 는 항상 일정한 값을 가지며 코오드의 중심에 대하여 對稱되는 圓弧로 이루어져 있다. 이와 같이 노의 단면형상이 對稱으로 되어 있는 것은 櫓의 運動이 中立位置에 대하여 對稱이 되는 것을 전제로 하기 때문이다. 櫓運動이 非對稱으로 定型化되어 있다면 그 特性에 알맞는 노단면 또한 非對稱이 될 것이 생각된다. 그러나 櫓操作에서 最適運動이 調查研究된 바 없으며 使用者의 個性에 따라 操作方法이 조금씩 달라지게 마련이어서 노의 斷面形狀이 對稱形으로 이루어 졌다고 생각되어 진다.

### 2.2. 試驗用 櫓의 決定

櫓의 設計法 또는 選定方法은 특별히 알려진 것이 없으나 앞에서 살펴본 사실들을 綜合하여 생각해보면 대체로 다음의 方法을 생각할 수 있다. 노의 使用者가

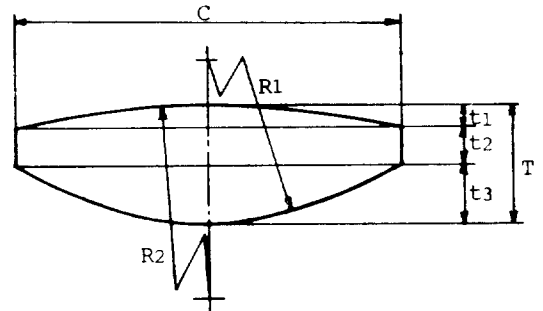


unit : cm

scull application		symbol	L	L <sub>a</sub>	L <sub>b</sub>	α	h	H	c
inland lake	L1	554	197	426	20°	65	22	13	
	L2	528	219	390	15°	47	25	14	
	L3	512	192	369	10°	51	24	12	
	P	478	194	311	9.5°	34	41	10.8	
river boat	R1	457	172	324	10°	47	19	11.8	
	R2	445	157	329	10°	36	14	12.5	
	R3	451	178	307	10°	42	17	13.7	
	R4	381	141	274	11°	37	18	12.7	
	R5	391	144	276	10°	46	18	12.0	
coastal fishing boat	C1	532	211	381	7°	52	28	12	
	C2	437	164	308	7°	42	21	12	
	C3	542	199	376	5°	—	—	11.6	
	C4	521	206	376	10°	48	25	13	
	C5	435	189	306	9°	33	20	11	
traditional design	T1	455	203	303	8.2°	34	27	10.6	
	T2	606	200	455	8.2°	37	27	10.6	
	T3	758	205	515	8.2°	41	27	11.2	
proto type for test	P	478	194	311	9.5°	34	41	10.8	

Fig. 1 Principal dimensions of scull

平均의 體格을 가지는 成人이라고 생각하면 操作部의 길이는 人間工學의 側面에서 最適한 값이 存在하게 되며 그 값은 現在 쓰여지고 있는 노의 平均값에서 찾아질 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 操作部의 길이 보다는 推力發生部가 되는 노날의 치수를 결정하는 것이 先行되어야 하겠다. 즉 船에서 櫓設置와 판된되는 수면으로 부터 노봉까지의 높이, 발판의 위치 등과 水深에 따라서 노의 길이, 노날과 操作部가 이루는 각도 등이 결정되게 된다. 노날의 치수가 결정되면 그에 맞



unit : mm

scull	measuring location	c	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	T
T1	pivoting point	106	160	53.1	9	15	49	73
T2		106	160	53.0	9	15	52	76
T3		112	112	56.0	15	21	55	91
P		108	167	54.2	9	15	49	73
T1	blade tip	106	353	237	4	4	6	14
T2		106	314	237	4.5	4.5	6	15
T3		112	267	137	6	3	12	21
P		108	326	246	4.5	4.5	6	15

Fig. 2 Section shape of scull blade

추어 操作部의 重量이 決定되므로 노의 主要 치수가 決定된다고 할 수 있으며, 손잡이 등의 세부적인 치수는 使用者의 身體의 條件에 맞추어 最終的으로 決定하는 것이 합리적이다.

試驗用 櫓의 決定에 있어서는 다음과 같은 점들을 고려하였다. 첫째로 操作部의 길이는 調査된 치수중에서 지나치게 작은 값을 가지고 있다고 생각되는 하천용 櫓인 R<sub>2</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>를 제외한 나머지의 평균값이 되는 194 cm로 결정하였다. 둘째로 櫓의 實驗을 船型試驗水槽의 trimming tank에 固定시켜 實施할 것을 計劃하였으므로 길이와 폭이 각기 2 m 정도로 제한된다고 생각하고 노날 끝의 운동 범위가 제한된 범위 이내가 될 수 있는 값으로써 L<sub>b</sub>를 310 cm 정도로 결정하였다. 셋째로 노날과 操作部가 이루는 角度는 실측 값들의 平均에 가깝게 만들도록 하였다. 노날의 斷面形狀은 傳承製品의 치수를 고려하여 결정하였다.

이상과 같은 條件으로 櫓를 製作하고 完成된 實驗용 노의 치수를 계속하여 Fig. 1에 함께 나타내었다.

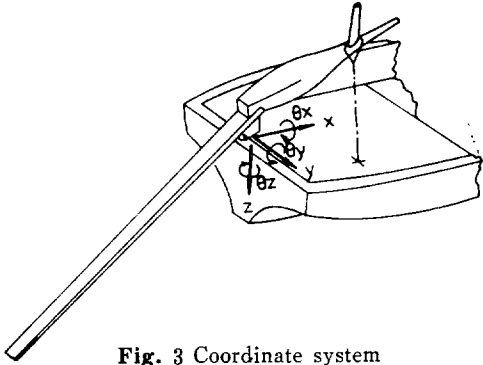


Fig. 3 Coordinate system

### 3. 實驗 및 解析

#### 3.1. 座標系의 設定

座標系는 槽의 使用狀態를 생각하여 原點을 船舶의 노봉위치에 두고 선수방향을  $x$ 축의 양의방향, 右舷方向을  $y$ 축의 양의 방향으로 하는 Fig. 3과 같은 船體固定 直交座標系를 設定하였다.

#### 3.2. 實驗計測 計劃

船尾槽는 標準의인 操作方法조차 定하여져 있지 못 하므로 定型化된 運動을 機械的으로 發生시키는 것은 不可能하다. 따라서 模型을 使用하여 定型化된 實驗을 實施하여 性能을 判定하는. 船舶用 프로펠러의 試驗法은 活用하기 어렵다. 船舶用 프로펠러의 試驗이라면 單獨狀態와 自航狀態에서의 實驗이 要求되나 船尾槽의 試驗에서는 實際의 槽를 操作할 때의 運動을 測定하여 運動形式을 파악하는 것에서 부터 重要性이 있으며 槽 運動과 推力發生과의 關係를 알아보는 것이 要求되고

있다. 그러므로 推進性能의 파악에 앞서서, 노운동을 確實하게 計測할 수 있으며 推力發生의 特性을 確認할 수 있는 長點을 가지고 있는 繫留狀態에서의 試驗을 計劃하였으며 計測器의 構成은 Fig. 4에 보인 것과 같다.

Fig. 4에서와 같이 trimming tank 끝에  $x, y, z$  방향의 힘을 측정할 수 있는 3분력 檢力計를 設置하고 이에 노봉을 직접 달아 그 위에 노를 직접 언저놓고 구 동시켜 槽에서 傳達되는 힘을 計測하도록 하였다. 이때 노봉은 靜水面으로부터 30cm 위쪽에 놓여졌으며 노날이 원점을 지날때 수면과 노날의 基準線이 이루는 角度를  $25.8^\circ$  정도가 되도록 하였다. 槽의 손잡이에는 5분력 計測이 可能한 檢力計를 設置하여 運動중에 손잡이를 통하여 入力되는 힘을 計測할 수 있게 하였다. 노운동을 計測하기 위해서는 노구멍으로 부터 비교적 가까운 位置에 6自由度運動計測裝置를 連結하여 3축을 중심으로 하는 各 변위를 計測할 수 있도록 하였다. 檢力計와 變位計로부터의 出力은 增幅하여 모니터 구실을 하는 펜 記錄機에 記錄하는 한편 高速 A/D 變換機로 變換하여 電算機의 記憶裝置에 저장하고 必要에 따라 再生시켜 演算處理토록 하였다.

#### 3.3. 槽運動의 計測

槽運動은 定型化되어진 것이 알려져 있지 않으므로 使用者의 기량에 따라서 運動樣式이 달라질 수 있다. 따라서 仁川地域에서 無動力船을 使用하여 漁業에 從事하고 있는 人들을 調査하여 10年 以上과 5年 以上の 經歷을 가지고 있는 기능자를 초빙하여 槽를 操作

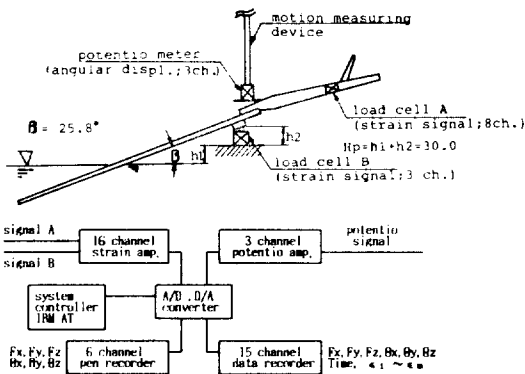


Fig. 4 Measuring system

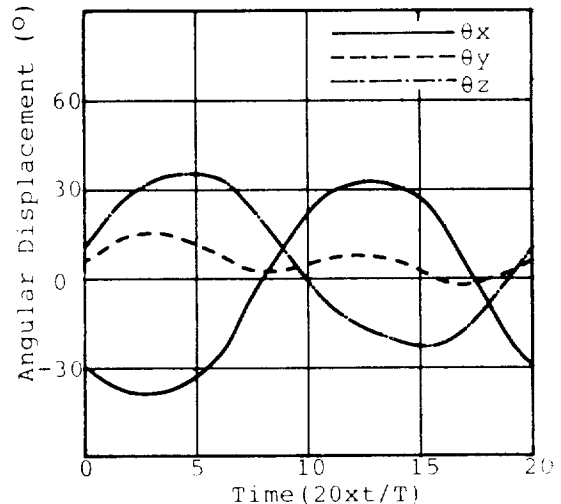
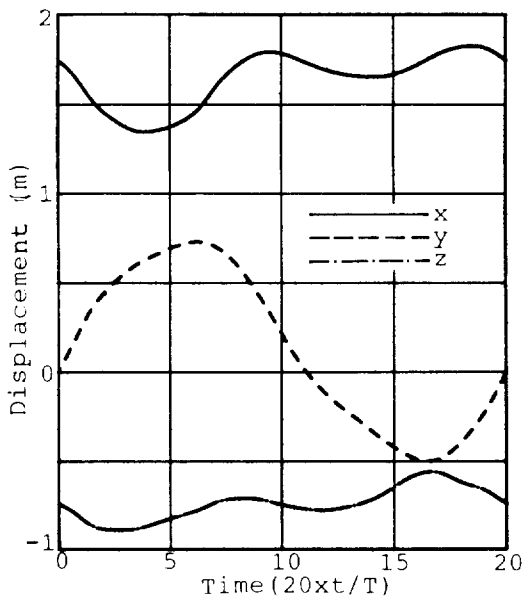
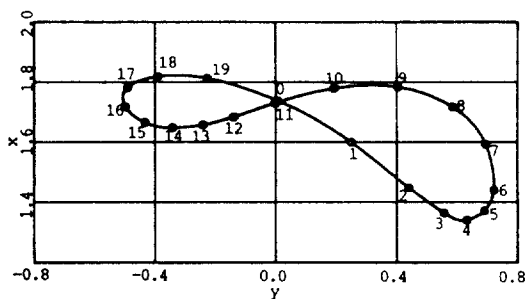


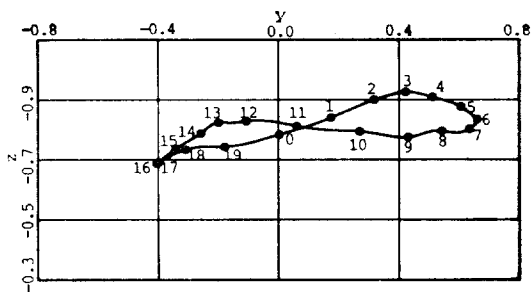
Fig. 5 Angular displacements of scull motion



a) Time histories



b) Projected trajectory on X-Y plane



c) Projected trajectory on Y-Z plane

Fig. 6 Histories of the motion of scull handle

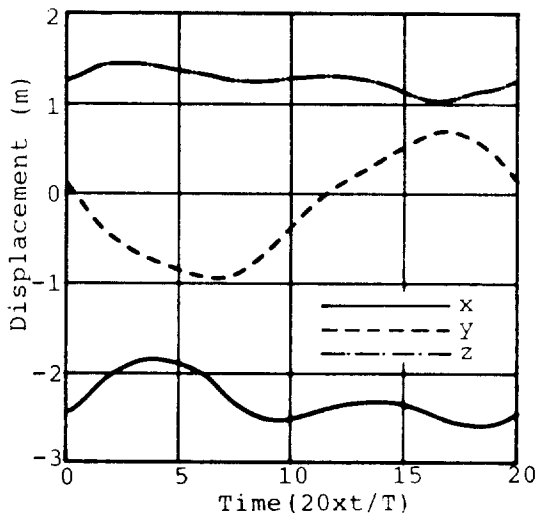


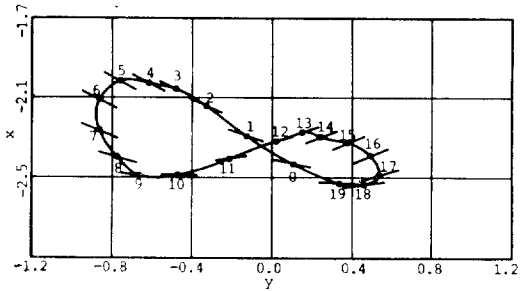
Fig. 7 Histories of axial displacement at blade tip of scull

시키고 運動을 計測하는 것을 研究의 始發點으로 삼고  
저 하였다.

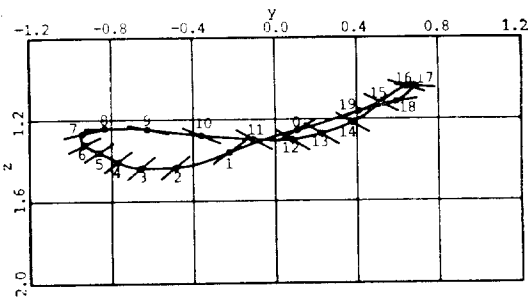
技能者가 櫓를 操作할 때 變位計의 出力을 電 記錄  
機로 記錄하며 觀測하여 出力의 規則性이 인정될 때  
A/D 變換裝置를 使用하여 0.0074초 間격으로 8~10주  
기의 出力을 確保하였다. 또한 電 記錄機의 記錄을 檢  
討하여 反復特性이 우수한 5週期를 選定하였으며 그들  
을 平均하여 1週期中의 角變位の 平均的인 變化를 얻  
었다. 平均週期를 1/20로 나누어 이를 橫軸의 單位로  
삼고 從軸에는 角變位를 잡아 計測結果를 나타내던  
Fig. 5가 얻어진다. Fig. 5에 例示된 結果는 10年 以  
상의 經歷을 가지고 있는 技能者가 櫓를 操作할 때의  
結果로서 대체로 3초 정도가 1週期를 이루고 있었다.

6自由度 運動計測裝置에서 計測된 各變위  $\theta_x, \theta_y, \theta_z$   
는 Fig. 4에 圖示된 것처럼 櫓의 計測機構部가 固定되  
었기 때문에 固定座標系의 軸을 基準으로 한 各變위  
가 되며 櫓를 강제라고 생각하면 櫓위의 모든 점에서  
같은 값이 된다. 따라서 座標의 原點이 되는 櫓棒의  
위치로부터 떨어져 있는 櫓위의 任의지점  $P(x_0, y_0,$   
 $z_0)$ 의 櫓運動에 따른 位置 變化는 計測된 各變위를 利  
用하여 (1)식과 같은 근사식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 x &= x_0 \cos \theta_y \cos \theta_z - y_0 \sin \theta_z \cos \theta_x \\
 &\quad + z_0 \sin \theta_y \cos \theta_z \\
 y &= x_0 \sin \theta_z \cos \theta_y + y_0 \cos \theta_z \cos \theta_x \\
 &\quad - z_0 \sin \theta_z \cos \theta_y
 \end{aligned}$$



a) Projection on  $x-y$  plane



b) Projection on  $y-z$  plane

Fig. 8 Trajectories of blade tip

$$z = -x_0 \sin \theta_y \cos \theta_z + y_0 \sin \theta_x \cos \theta_z + z_0 \cos \theta_y \cos \theta_z \quad (1)$$

Fig. 5에 표기된 計測 結果를 (1)식에 대입하여 손잡이 끝의 變位成分들을 구하면 Fig. 6이 얻어진다. Fig. 6에서는 時間에 따른 變位成分과 그들로 부터 얻어지는 손잡이 끝의 궤적을 함께 보았다. 特히 軌跡에는 運動週期를 20등분하고 等分된 時點에 노 손잡이 끝이 놓여지는 位置를 함께 나타내므로서 運動方向과 時間의 特性이 함께 確認될 수 있도록 하였다.

推力發生部가 되는 노날의 運動을 구하면 Fig. 7과 같은 變位曲線을 얻을 수 있다.

이 變位曲線을 이용하여 날개 끝에서의 軌跡을 구하면 Fig. 8이 얻어진다. Fig. 8에는  $x-y$  平面에 投影된 軌跡을 보였으며 이들에는 노날에 入射되는 흐름의 方向과 流速을 알아볼 수 있게 하기 위하여 一定한 시간간격 마다 노날이 놓여지는 位置를 표기하였다. 또 각각의 位置에서 노날이 놓여지는 方向에 맞추어 直線線分을 軌跡曲線上에 함께 그려넣도록 하였다. 따라서 이들 선과 그 점에서의 軌跡曲線의 接線이 이루는 角度로부터 試驗狀態에서 노날에 대한 相對流體流入角

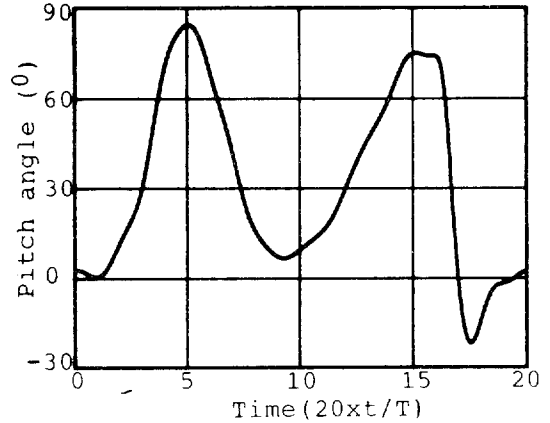


Fig. 9 Variation of geometrical pitch angle at the tip of scull blade

을 구할 수 있게 된다.

노날이 左右對稱形으로 되어 있으며 左右舷側으로 運動이 바뀔 때마다 앞뒤날이 바뀌게 되는 점을 고려하여 임의의 순간에 날개 단면의 코오디선과 流體流入方向이 이루는 각을 구하여 Fig. 9에 표기하였다. 이 값은 繫留狀態에서 실험이 이루어졌으므로 기하학적 피치각의 변화를 나타내게 된다.

槽를 實際로 船舶의 推進에 使用하는 경우에는 前進速度, 伴流分布, 誘起速度, 슬립 등에 의하여 流體流入角이 바뀌게 된다. 繫留狀態가 아니라 前進速度가 있을 때에는 流入速度의 影響을 받아 流體流入角이 줄어들고 음의 값을 갖는 區間도 增加하게 되는 結果를 얻을 수 있다.

Fig. 9에 따르면 槽수가 손잡이를 밀어내었다가 다시 끌어들이기 시작하는 17~19군치에서 기하학적 流體流入角이 음의 값을 가지는 것을 알 수 있으며 이는  $y-z$  평면에 投影된 노날의 軌跡에서도 確認되고 있다. 음의 값을 가지는 구간이 증가하면 推力에서 유리하지 못하므로 槽操作에서는 流體流入角이 항상 양의 값이 되도록 角度調節 손잡이를 操作시키는 것이 重要하다고 생각된다.

### 3.4. 負荷의 計測

Fig. 4에 보인 마와 같이 槽의 손잡이 部分에는 Fig. 10(a)와 같은 檢力計를 插入設置하였으며 槽樞 위치에는 Fig. 10(b)와 같은 檢力計를 設置하였다.

이들 검력계는 기둥으로부터 傳達되는 樞의 剪斷應力을 計測하는 形式으로서 樞間의 干涉이 적다는 長點을 가지고 있다. Fig. 10(a)는 2분力 計測用으로,

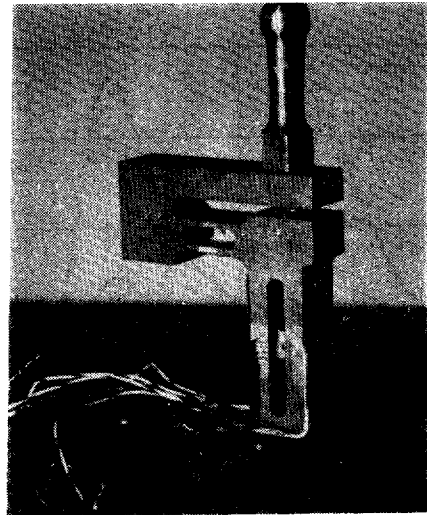


Fig. 10 Column and membrane type load cell

Fig. 10(b)는 3분력 計測用으로 使用하는 것이 바람직하다. 그러나 막막에 붙여지는 스트레인 로제트의 성분 게이지들로 回路構成을 바꾸어가며 變形들을 計測하고 檢定試驗結果를 使用하면 5분력 또는 6분력까지 檢出이 可能하게 된다. 櫓의 손잡이 部分에는 櫓의 運動에 따라서 櫓手와 로우프로 부터 힘이 傳達되므로 손잡이 部分에 挿入設置된 檢力計에서는 櫓의 손잡이 方向의 分力을 除外한 5분력을 計測할 수 있도록 回路를 構成

하였으며 櫓棒은 運動의 中心이 되며 축방향의 힘만을 傳達할 수 있으므로 3분력을 計測할 수 있도록 하였다. 櫓손잡이 部分에 挿入設置된 檢력계에서 計測된 5분력은 櫓와 함께 움직이고 있는 移動座標系에서의 값이므로 櫓棒位置에 固定된 基準座標의 方向에 따른 成分들을 調査하면 Fig. 11과 같은 축방향 荷重의 變化와 Fig. 12와 같은 축중심 회전모우멘트의 變化가 計測位置에서 나타날 수 있음을 알 수 있다.

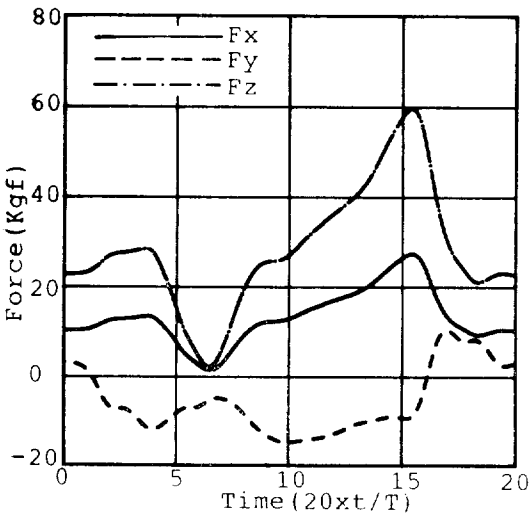


Fig. 11 Measured forces at skull handle

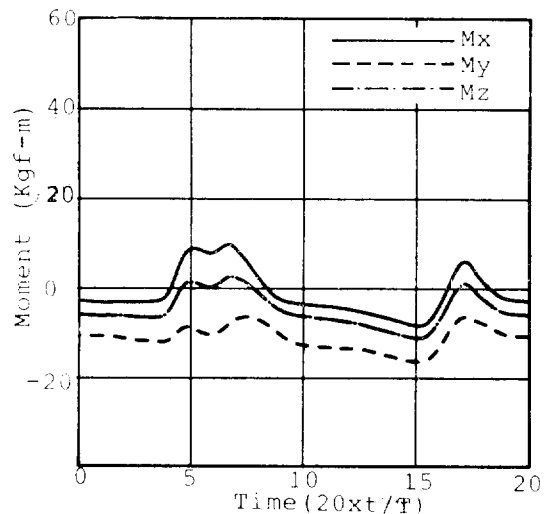


Fig. 12 Measured moments at skull handle

檣樑위치에서는計測되는 값이 固定座標系의 方向과 一致하는 方向으로 얻어지게 되며 그 값은 Fig. 13과 같아진다.

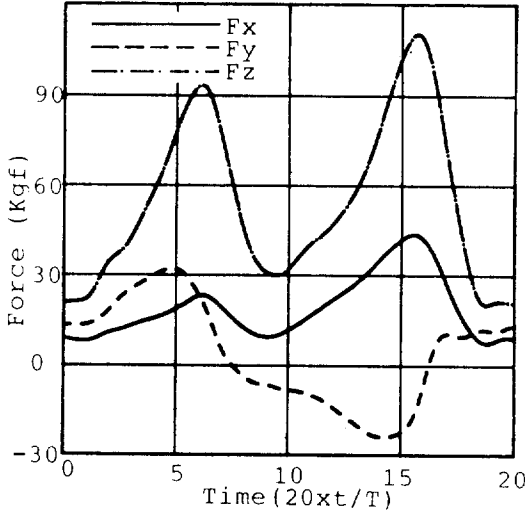


Fig. 13 Measured forces at pivot point of skull

3.5. 檣에서 誘起되는 힘

Fig. 11, Fig. 12, Fig. 13에 표기된 荷重들은 運動中인 노의 임의 순간에 推力發生部에서 誘起되는 流體動力學的인 힘들과 해당순간마다 平衡을 이룬다고 가정할 수 있다. 따라서 물속에 잠겨있는 노날에서 얻어지는 流體動力學的인 힘은 (2)식으로 나타내지는 간단한 平衡方程式을 만족하여야 한다.

$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= \Sigma F_y = \Sigma F_z = 0 \\ \Sigma M_x &= \Sigma M_y = \Sigma M_z = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

물속에 잠기는 부분의 길이는 1/2이 되는 곳에 노날에서 발생하는 流體動力學的인 힘이 集中되는 것으로 가정하고 (2)식을 사용하여 Fig. 14와 Fig. 15로 주어지는 것과 같은 成分出力을 얻을 수 있게 되며 이들중 x方向成分은 船舶을 推進시키는 推力으로 생각할 수 있다.

4. 檣運動과 流體動力學的의 出力

比較的 오랜기간에 걸쳐서 檣를 使用해오고 있는 技師로 하여 操作제 하고 實驗計測된 結果들이 Fig. 5로부터 Fig. 15에 表記되어 있다. 이들중 檣손잡이 끝과 노날 끝의 運動을 可視的으로 보여주고 있는 것이 軌跡曲線 Fig. 6과 Fig. 8이다. 특히 이들 曲線에는

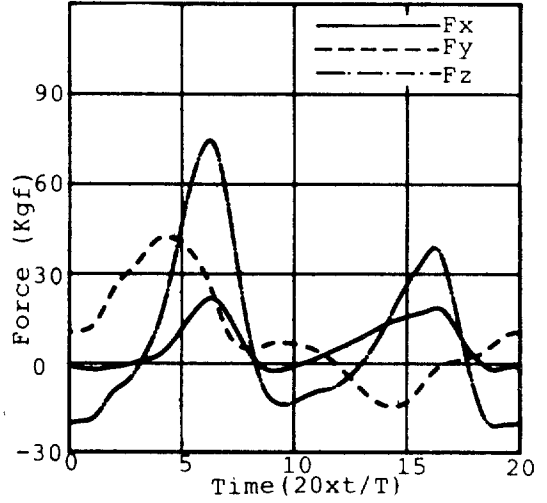


Fig. 14 Force components obtained by hydrodynamic action of skull blade

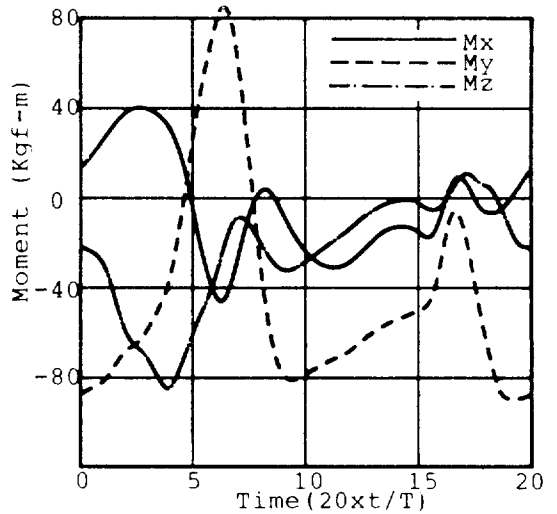


Fig. 15 Moment components obtained by hydrodynamic action of skull blade

等時間 間隔으로 位置의 變化가 함께 나타나 있어서 많은 情報을 얻을 수가 있다.

4.1. 손잡이의 運動

우선 손잡이 部分의 軌跡曲線을 보면 右舷側에 서있는 檣手의 檣操作動作은 初期에 손잡이를 쳐들듯이 끌어당기고(0~3의 구간) 가슴 앞에서 누르듯이 되돌려(5~7의 구간) 약간 올려 밀듯이 내밀어(7~11의 구간) 左舷側으로 옮겨간다. 左舷側에서는 거의 수평하



게 내밀다가(11~13의 구간) 점차 눌러주며 반환점까지 밀어내고(13~17의 구간) 방향을 바꾸며 쳐들듯이 끌어당겨(17~0의 구간) 손잡이 운동의 주기를 완성한다. 이때 얻어진 폐곡선의 개형은 右舷側을 往復하는 運動은 큰 振幅으로 원만한 形狀을 이루고 있으나 左舷側에서 往復運動을 나타내는 區間을 보면 運動의 振幅이 작을 뿐 아니라 軌跡曲線도 不連續인 急激한 變化 部分이 있는 것으로 나타난다. 그런데 놀라운 事實은 손잡이를 右舷側에서 操作할때 얻어지는 推力成分( $x$ 축의 양의 방향 힘)의 시간 평균값이 左舷側에서 얻어지는 추력성분의 시간평균값보다 작다는 것이다. 따라서 右舷側 往復運動과 左舷側 往復運動을 比較하면 보다 나은 運動을 얻을 수 있는 情報를 기대할 수 있다.

4.2. 노날의 運動과 推力

손잡이의 運動은 櫓槳을 회전중심으로 하여 노날에 傳達되므로 노날의 運動은 손잡이 運動과 상하좌우가 뒤바뀌어 나타나게 되어 Fig. 8과 같이 나타나게 된다. Fig. 8에는 운동과 추력과의 관계를 보다 詳細하게 살펴보기 爲하여  $x-y$  平面上에 投影된 軌跡曲線이 함께 表記되어 있다. Fig. 8과 流體流入角의 時間에 따른 變化를 나타낸 Fig. 9를 살펴보자. 노날의 右舷側 運動에는 물을 현측으로 헤쳐내거나(0~7의 구간), 아래로 누르거나 (Fig. 8(a)의 0~3의 구간) 또는 노날이 선체쪽으로 끌어당겨지는 (Fig. 8(b)의 0~4와 9~11의 구간) 것과 같은 역추진요인이 될 수 있는 要素가 들어 있다. 이들 요인이 중복되고 있는 0~4의 區間에서는 Fig. 15에 나타나 있는 것처럼 推力이 되는  $x$ 方向分力은 작고 더러는 음의 값이 되고 있음을 알 수 있다. 이 區間에서 逆推進要因이 중복되어 있음에도 負의 推力이 크게 나타나지 않는 것은 날개 斷面에 流入되는 流體流入角이 Fig. 9에서 보는 바와 같이 過大하지 않으며 Fig. 8의 順次的 位置의 間隔으로부터 類推되듯이 날개가 이동하는 線速度가 높아서 상당한 揚力을 얻고 그로 인하여 逆推進力 發生原因을 상쇄하고 있는 것으로 생각된다. 推力의 發生은 물을 퍼올리며 (Fig. 8(b)의 3~7의 區間) 뒤로 미는 (Fig. 8(a)의 4~8 區間) 데서 얻어지며 선속도가 가장 크다고 類推되는 곳(6~7의 區間)에서 瞬間 最大推力이 얻어진다. 그러나 추력이 얻어지는 區間 (4~7의 區間)이 시간적으로는 짧아서 노날이 右舷側을 往復하는 동안에 얻어지는 시간 평균추력은 크지 못하다. 運動의 振幅이 크며 軌跡曲線이 圓滿하게 形成되었음에도 推力 發生이 적은 것은 流體流入角을 適切히 유지하지 못하

고 있어서 不必要한  $y$ 方向의 힘만이 크게 나타나며 (Fig. 14의 2~7의 區間) 물을 船體 중심쪽으로 몰아들이므로서 추력을 얻을 것으로 期待되는 곳(7~9의 區間)에서 推力을 얻지 못하고 있다. 櫓의 操作線速度에서도 不適當한 減速運動으로 (Fig. 8(b)의 2~6의 區間) 보다 큰 추력을 얻지 못하고 있다. 또한 急激한 加速運動이 있었던 곳(Fig. 8(a)의 6~7의 區間)에서는 매우 큰  $x$ 方向 힘이 發生하여 船尾 침하력을 이루게 됨을 알 수 있다.

노날의 右舷側 往復運動을 살펴보면 다음의 점들이 左舷側 往復運動과 다르게 된다. 노날의 右舷 方向 振幅이 크게 줄어들고 運動特性도 바뀌어 있어서 물을 현측방향으로 헤쳐내거나(12~17의 區間), 누르거나 (Fig. 8(b)의 11~12의 區間) 또는 앞쪽으로 끌어당기는 (Fig. 8(a)의 12~14의 區間) 등의 逆推進發生要因이 크게 줄어들고 있다. Fig. 15에서 推力이 되는  $x$ 方向의 出力을 보면 노날이 右舷側에 들어서면서 부터 꾸준히 增加하여 (12~16의 區間) 最大值를 보이고 바로 감소(16~18의 區間)하여 部分的으로 음의 推力이 發生(18~19의 區間)하고 있음을 알 수 있다. 右舷側에서 얻어지는 最大推力은 左舷側 運動에서 얻어지는 最大出力보다 작으나 推力發生區間이 길어 時間平均推力은 커지고 있음을 確認할 수 있다. 右舷側 運動區間에서의 流體流入角의 變化를 Fig. 8과 Fig. 9에서 살펴보면 노날이 右舷側으로 (12~17의 區間) 움직일때 流體流入角을 줄여주는 方向으로 調節함으로써 추력을 增加시키며  $y$ 축 方向의 出力을 줄여 줄 수 있을 것으로 判斷된다. 노날이 현측으로부터 船體 중심쪽으로 되돌아오는(17~0의 區間) 區間을 살펴보면 流體流入角이 急激히 變化하여 상당히 큰 음의 값을 가지며 (17~18의 區間) 그 影響이 推力에도 나타나고 있음을 알 수 있다. 運動速度에서도 추력발생구간에서 加速運動(13~16의 區間)이 이루어져 운동진폭이 작아도 비교적 큰 추력이 얻어지고 있는 것으로 판단된다.

局部的 特性變化가 두드러지게 나타나고 있는 區間

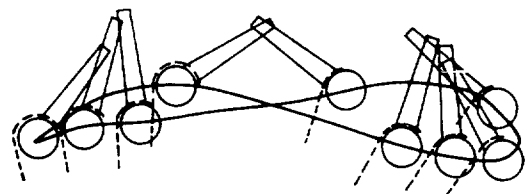
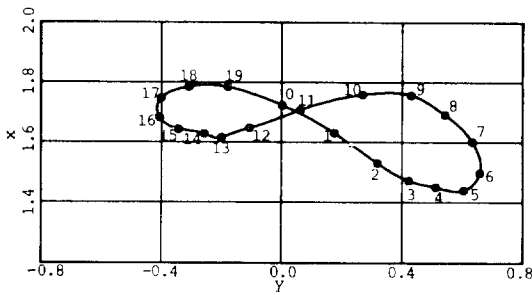
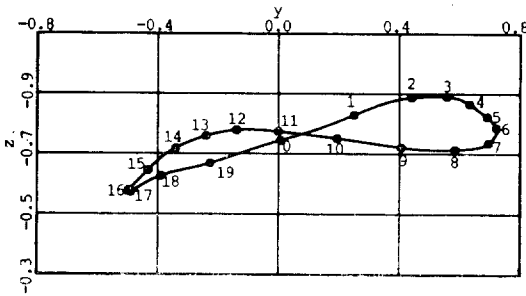


Fig. 16 Effect of tension string



a) Projection on  $x-y$  plane



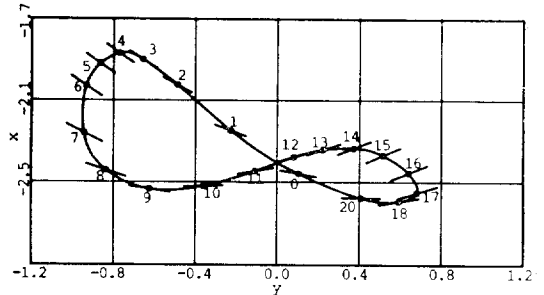
b) Projection on  $y-z$  plane

**Fig. 17** Trajectories of skull handle (case B)

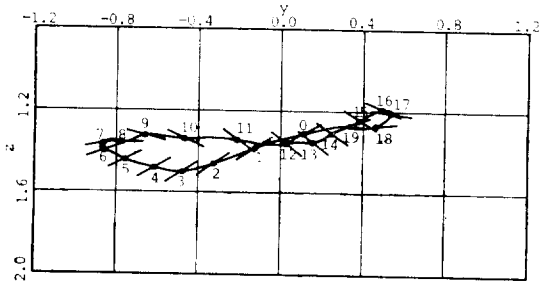
(17~18의 動間)을 살펴보면 Fig. 8의  $y-z$  平面上에 投影曲線에도 類似한 特性變化가 있음을 알 수 있다. 그 원인이 되는 것은 손잡이 部分을 잡아주는 노끈을 매는 方法에서 나타나는 影響으로서 손잡이가 우현측에서 運動方向이 되돌려질 때는 노끈의 길이가 줄어드는 效果를 갖으며 좌현측에서 運動이 되돌려질 때는 노끈이 풀려 길이가 늘어나는 效果를 갖기 때문이다. 그 現狀을 Fig. 16에서 視覺的으로 알아볼 수 있게 나타내었으며 손잡이 軌跡曲線과 노날의 軌跡곡선에서도 그 영향이 確認되고 있다.

**4.3. 櫓運動의 改善**

櫓의 運動과 추력과의 關係를 살펴본 바에 의하면 比較的인 經驗을 가지고 있는 技能者의 노조작에서 改善할 점이 많이 있음을 알 수 있다. 첫째로 노날이 船體 중심선을 벗어나서 좌현측으로 옮겨가는 初期區間에서는 노날이 가라앉거나 또는 선체쪽으로 끌어당겨지는 區間을 줄여줄 뿐만 아니라 오히려 반대로 노날이 떠오르거나 뒤쪽으로 움직이며 물을 밀어주도록



a) Projection on  $x-y$  plane



b) Projection on  $y-z$  plane

**Fig. 18** Trajectories of skull blade (case\_B)

改善하여야 한다. 그러기 위하여서는 櫓手가 손잡이를 끌어내리듯이 당기도록 操作를 改善하는 것이 바람직하다. 그리고 이 區間에서는 노날이 물을 현측으로 헤쳐내어 不必要한 損失이 일어나지 않도록 運動軌跡과 노날이 이루는 角인 流體流入角을 調節하여야 한다.

둘째로 노날이 선측으로부터 선체중심쪽으로 移動하는 區間에서는 노의 날끝이 원래의 길이로 잠겨들어가며 선수쪽으로 당겨져야 함으로 이때는 노날이 물을 선체 중심쪽으로 돌아 들이는 作用과 揚力에 의하여 推力을 얻게 된다. 따라서 運動方向이 현측 근처에서 뒤바뀌었을 때는 流體流入角이 큰 값을 가지고 船體 中心部에 가까와 질수록 揚力에 의하여 추력을 얻을수 있는 적은 流體流入角이 되도록 날의 方向을 調節하여야 한다.

세째로 우현측에서의 運動에서는 좌현측 運動特性이 對稱的인 特性을 가지고 나타날 뿐이라는 점을 考慮하여 運動을 改善할 必要가 있다. 다만 우현측의 運動에

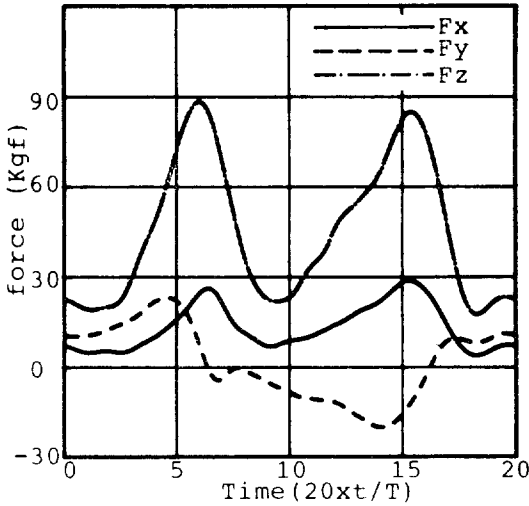


Fig. 19 Measred forces at scull handle (case B)

서 노끈의 影響이 不利하게 作用하므로 매듭방식을 바꾸어서 노끈의 길이가 양현측에서 줄어드는 效果를 주도록 만들면 局部的으로 急激하게 流體流入角이 음의 값을 갖게 되는 것을 避할 수 있으며 그로 인한 推力 損失은 줄어들 수 있을 것으로 判斷된다.

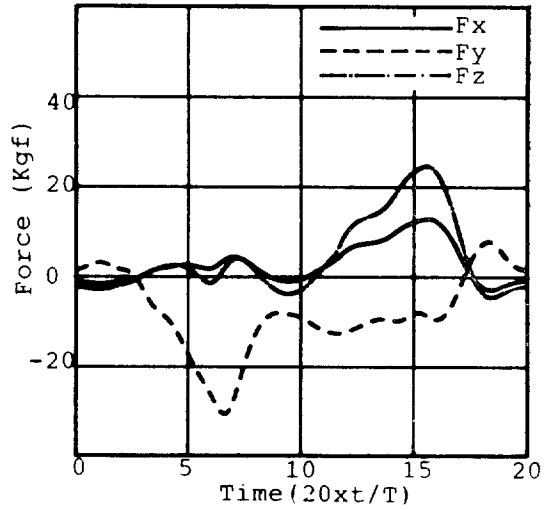


Fig. 20 Force components obtained by hydrodynamic action of scull blade (case B)

4.4. 技能에 따른 差異

經歷이 5년 정도인 두번째 技能者로 하여금 操作케 하고 同一한 實驗을 實施하였다. 實驗에서 얻어진 손잡이 部分의 軌跡은 Fig. 17과 같으며 노날의 軌跡은

Table 1 Comparison of rowing charateristic

item		Case A	Case B
motion of handle	amplitude in Y direction	124.5cm	107.6cm
	amplitude in Z direction	33.9cm	24.2cm
	amplitude ratio	0.273	0.225
motion of blade tip	X direction	-230.6 <sup>+</sup> <sub>-229.0</sub> cm	-231.0 <sup>+</sup> <sub>-22.8</sub> cm
	Y direction	-15.9 <sup>+</sup> <sub>-80.0</sub> cm	-17.1 <sup>+</sup> <sub>-70.9</sub> cm
	Z direction	125.6 <sup>+</sup> <sub>-24.3</sub> cm	134.5 <sup>+</sup> <sub>-15.7</sub> cm
input force	X direction	12.97 <sup>+</sup> <sub>-11.8</sub> kg	2.81 <sup>+</sup> <sub>-5.8</sub> kg
	Y direction	-5.84 <sup>+</sup> <sub>-9.2</sub> kg	-8.12 <sup>+</sup> <sub>-22.6</sub> kg
	Z direction	28.27 <sup>+</sup> <sub>-26.1</sub> kg	4.23 <sup>+</sup> <sub>-8.9</sub> kg
output force	X direction	5.95 <sup>+</sup> <sub>-8.8</sub> kg	10.19 <sup>+</sup> <sub>-5.1</sub> kg
	Y direction	9.50 <sup>+</sup> <sub>-24.2</sub> kg	9.47 <sup>+</sup> <sub>-19.9</sub> kg
	Z direction	8.74 <sup>+</sup> <sub>-29.9</sub> kg	23.28 <sup>+</sup> <sub>-19.8</sub> kg

Fig. 18과 같다. 또한 櫓를 操作할 때 손잡이에서 計測되어진 방향 힘은 Fig. 19와 같고 노달에서 발생되는 축방향힘은 Fig. 20과 같다. 이들 결과를 경력이 10년 정도인 기능자가 櫓를 操作하며 實驗計測된 결과와 主要特性 만을 발췌해서 比較하면 Table 1이 얻어진다. Table 1에는 오랜 경력을 갖은 기능자를 A로 표시하고 經歷이 짧은 기능자를 B로 나타내었으며 계측값들의 평균값과 표준편차로부터의 편차의 상하한 값을 함께 표기하였다. 이에 따르면 經歷이 작은 技能者가 적은 入力과 적은 運動으로 보다 큰 平均推力을 얻고 있음을 알 수 있다. 그 原因이 되고 있는 것은 두 技能者의 實驗結果로 얻어진 軌跡曲線을 比較하던 개형은 同一하나 操作特性을 細部的으로 볼 때 차이가 있기 때문이라고 생각된다. 즉 技能者 A는 노를 조작하면서 손잡이를 불필요하게 배의 진행방향으로 당기고 있어서 추력으로 변환되지 않고 노손잡이에서의 인장력으로만 작용하도록 入力이 주어지고 있다. 技能者 B는 그러한 손실이 거의 없으며 노조작시의 運動特性을 살펴보면 손잡이의 操作에서 y축방향과 z축방향 運動의 진폭 비가 보다 작아져 있으며 逆推進力 發生要因이 될 수 있는 運動成分이 작고 流體流入角, 加減速度 등이 앞에서 改善方法으로 지적하였던 것과 一致되고 있기 때문이라고 생각된다. 다만 노끈의 매듭방식이 同一하여 이에 대한 改善效果가 나타나 있지 않다. 따라서 運動特性을 좀더 改善하고 노끈을 適切히 活用할 수 있게 하면 보다 큰 推力을 얻을 수 있으리라 생각된다.

## 5. 結 言

船舶의 推力發生 裝置로서 오랜 歷史를 갖고 있으면서도 기하학적 形狀, 合理的 操作方法이 밝혀져 있지 못한 韓國傳統 船尾櫓의 實態를 制限된 範圍안에서나

마 調査하였으며 이를 토대로 실험용노를 製作하였다. 繫留狀態에서 노를 기능자로 하여금 操作케 하고 얻어지는 運動을 計測하였으며 동시에 櫓손잡이와 櫓棒에 걸리는 힘을 計測함으로써 櫓에서 發生하는 힘들을 구하였다. 노달의 運動軌跡과 推力과의 關體性을 조사함으로써 櫓의 操作을 보다 合理的으로 改善할 수 있음을 立證할 수 있었다. 다만 이와 같은 研究를 航走狀態에서 人間工學的인 方法을 導入하여 수행한다면 보다 흥미로운 結果가 얻어질 수 있을 것으로 생각되며 얻어지게 되는 方法論은 船側櫓를 使用하는 櫓艇競技 등에서 合理的인 競技方法을 찾는 데 유용하게 쓰여질 수 있을 것으로 判斷된다.

## 後 期

이 研究를 遂行함에 있어서 櫓의 使用實態 調査等에 參與하여 주신 한운섭, 김상주, 정경채, 조석진, 손석진 諸氏에 感謝드립니다. 櫓의 製作, 檢出器의 製作, 檢定試驗, 實驗計測 등에 헌신적인 노력을 해주신 김재성, 유재훈, 원종천氏에 感謝드립니다.

끝으로 이 論文은 1989年度 文教部 學術研究助成費에 의한 自由公募課題로 選定되어 研究되었음을 밝힙니다.

## 參 考 文 獻

1. 試驗水槽委員會, “船型開發과 試驗水槽(日語)”, 日本造船學會, 1983.2.
2. C.C. Perry and H.R. Lissner, “The strain Gauge Primer”, McGraw Hill, New York, 1965.
3. 김효철, 임창규, “4주 박막식 검력계의 제작”, 제 1회 KTTC 회류수조분과 Work shop, 현대선박해양연구소, 1988.4