

라파엘호의 고증복원에 대한 소고

김사수 <부산대학교 교수>

본 연구는 우리 나라 초대 김대건 신부(金大建 神父)가 서해제물포를 떠나 상해를 거쳐 제주도 서쪽 연안해안의 죽도에 표착할 때까지 타고 갔던 150여년 전의 라파엘(Raphael)호를 고증복원(考證復元)하기 위한 것이다.

이를 위하여 당시 라파엘호의 자료와 우리 나라 전통 한선(傳統韓船)의 자료를 바탕으로 하여 고증 복원하게 되었다. 그리고 이 배의 복원력의 안정성(安定性) 여부를 검증하기 위하여 1/20축척 모델 실험을 부산대학교의 풍동실험실에서 수행하였다. 그 결과 배 크기에 대한 추정과 복원력에 대한 안정성이 검증되었다.

1. 우리 나라 한선의 발달과정

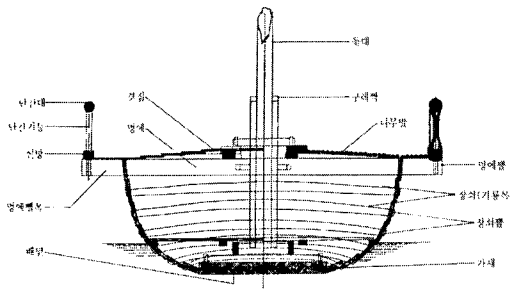
우리 민족이 옛부터 평화적인 해양활동과 군사적인 수군활동을 활발히 전개해 온 전통은 면면하고, 그 배의 역사도 유구하다. 그런 가운데 한국의 배들은 다른 나라의 배들과 명확히 구별되는 독특한 특징을 지니게 되었다. 제주도에서 지금도 쓰여지고 있는 티우라 불리우는 뗏목배와 근래에 실물 크기로 복원한 거북선, 19세기 말엽의 한국 범선(帆船)인 당두리배(唐道里船, 雙帆船, 용도에 따라 화물선, 상선, 어선으로 쓰임), 이 세 종류의 배는 한국 고유의 독특한 배들이다. 이와 같은 뗏목배, 거북선, 당두리배의 세 종류의 배는 그 외양과 기능이 완전히 다르고, 또 그 연대도 동일하지 않다. 바꾸어 말하면 티우는 아득한 옛날부터 고기잡이 등에 쓰여온 뗏목배이고, 거북선은 지금부

터 약 400여년전에 개발된 특수전투함이며, 당두리배는 얼마 전까지도 한국연안에서 흔히 볼 수 있었던 재래식 전통 범선이다.

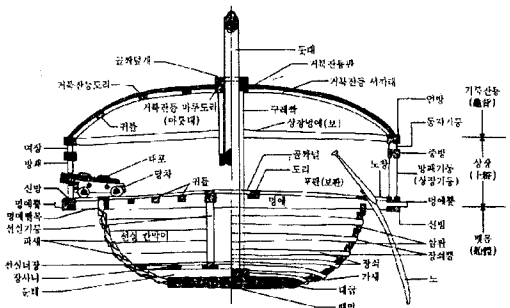
그런데도 전문적인 입장에서 보면 그들은 그 형태와 구조가 기본적으로 동일하다. 그런 공통점은 1984년 전남 완도군 약사면 어두리 앞바다에서 발굴된 완도선(莞島船)의 중앙단면에 잘 나타나 있다.

이를테면 뗏목배 티우는 완도선의 저판(底板)과 구조가 동일한 것으로 그 구조는 통나무 토막을 평탄하게 나란히 놓고 그들을 꿰뚫는 기다란 나무못으로 서로를 고착하고 있다. 거북선은 본래 매우 정교하고 복잡한 구조를 가진 배지만 그 선체는 노가 달린 곳을 경계로 하여 그 밑의 주선체(主船體) 부분과 그 위의 상장(上粧)부분으로 구분할 수 있다. 그런데 그 주선체 부분만큼은 두겹고 평탄한 저판, 겹쳐서 붙여 올라간 외판, 좌우양현 외판재를 연결하는 가름대인 가룡목(加龍木, 격벽 구실을 하는 부재) 등으로 구축되어 있어서 여느 선체와 다를 것이 없고, 완도선의 구조방식과도 기본적으로 동일하다. 또 당두리배도 그 구조는 완도선과 동일하게 저판, 외판, 가룡목 등으로 되어 있다[1, 5~10], (그림 1~5).

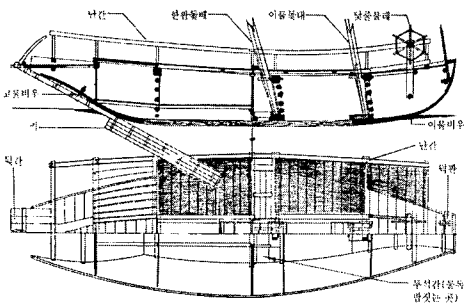
이상과 같이 한국의 전통적인 재래식 배는 그 선종(船種)과 연대(年代) 여하를 막론하고 모두 동일한 구조방식으로 건조되어 왔다. 그와 같은 선형·구조는 한국 배의 독특한 평저선구조(平底船構造)라 할 수 있다.



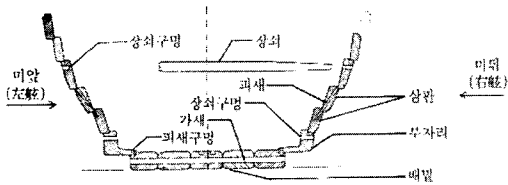
〈그림 1〉 근대 어선의 중앙단면도



〈그림 4〉 전라좌수영 거북배의 중앙단면도



〈그림 2〉 근대어선의 종단 및 평면도



〈그림 3〉 고려완도선의 중앙단면도



〈그림 5〉 당두리배의 전경사진

×2.7m×2.1m)이다.

2. 라파엘호의 자료

페레올(Ferréol)주교가 파리의 바랑(Barran) 신부에게 보낸 서한과 김대건 신부의 항해일지 내용에 의한 라파엘호의 자료를 크기, 구조와 배치, 항해일지 별로 구분, 그 내용을 요약하여 보면 다음과 같다[8].

1) 크기

길이 · 너비 · 깊이가 (25자×9자×7자=7.5m

2) 구조와 배치

갑판상에는 아주 높은 돛대가 두 개 있으며, 가마니로 이은 돛 두 폭이 달려있고, 쇠뿔을 하나도 쓰지 않은 채 널판은 나무못으로 서로 이었으며, 타마유나 틈막기도 전혀 없다. 뱃머리는 선창까지 열려있는데, 이것이 배길이의 3분의 1을 차지하고 있으며, 권양기 끝에는 나무로 된 돛 하나가 있다. 갑판의 일부분이 자리로 되어있고, 일부분은 고정되지 않은 채 그저 잇대어 깔아놓은 나무판자로 되어있으며, 갑판 위에는 배 안으로 들어가는 구멍 3개가 있고, 하늘이 흐리면 돛을 내리고 배에 짚으로 된 덮개로 덮을 수 있도록 되어있다.

3) 항해일지

승선원 11명이 타고 제물포를 떠나 상해로 갈 때, 하루만에 폭풍우를 만나게 되어 이로 인해 가장 먼저 매달고 오던 종선(從船, 傳馬船)을 잃고, 이어 두 개의 돛과 돛대, 식량, 키를 차례로 잃고 28일만에 상해에 도착하였다. 그 후 배를 수리하여 승선원 13명이 타고 상해를 떠나 귀국할 때 강한 맞바람 때문에 항해가 어려웠는데, 마침 중국의 큰배의 도움으로 밧줄에 묶여 상해를 떠나게 되었다. 그러나 거친 바람으로 갑판 한쪽이 무너져 내리고, 중국배에 연결된 밧줄이 끊어져 표류하다가 제주도 해안에 28일만에 도착하였다. 그 후 배를 수리하여 제주도를 떠나 강경포구에 도착하게 되었다.

이상과 같은 자료 내용은 전통 범선인 당두리배의 구조 배치와 동일하다. 따라서 본 라파엘호가 당두리배임을 뒷받침해주고 있다.

3. 라파엘호의 항로

한·중 항로(韓中 航路)는 북방항로와 남방항로로 구분, 이용되었다(6~8).

1) 북방항로

옛 신라시대부터 한·중 항로로 이용된 항로는 노철산수도(老鐵山水道)를 경유하는 연안 항로와 황해(黃海)를 직접 횡단하는 두 항로이다.

2) 남방항로

중국의 연수현지역의 상해와 영파(寧波, 明州) 등을 출발하여 흑산도를 거쳐 우리 나라 서해안의 섬들을 거치는 항로로써 이를 동중국해사단(東中國海斜斷) 항로 또는 동해사단(東海斜斷) 항로라 불러 온 항로이다.

이상의 두 항로가 있는데 남방항로를 취하게 될 때에는 이미 배와 항해술이 발달되어 먼바다로 항해가 가능하였다. 본 라파엘호도 그 항해 일지의

자료를 미루어 보아 남방항로를 취한 것으로 추정된다.

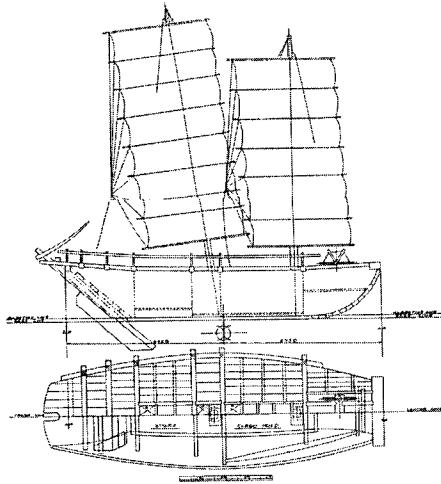
4. 라파엘호의 크기 추정방법

배크기에 대한 정의는 이충무공전서(李忠武公全書)와 규장각도서(奎章閣圖書)의 각선도본(各船圖本) 등의 자료에 나타난다(4~7). 즉, 그 설명서에 맨 먼저 언급되는 내용이 선저외판(船底外板)에 해당되는 평탄한 저판(底板)의 크기(底板의 길이·폭)로부터 시작되고 그 다음에 배의 주요치수(배 전체 윤곽의 길이·폭·깊이)와 기타 부재치수의 크기 순으로 기록되고 있음을 알 수 있다. 때로는 배의 크기를 저판의 크기로 정의하기도 한다. 이와 같이 옛날에는 배의 크기에 대한 정의가 두 가지로 통용(通用)되고 있었다. 따라서 주어진 라파엘호의 크기(길이·너비·깊이 = 7.5m×2.7m×2.1m)에 대한 자료가 그 중 어느 쪽에 해당되는지를 알아보기 위해서 배의 크기와 관계가 깊은 복원력의 검증을 통해 알아보기로 하였다.

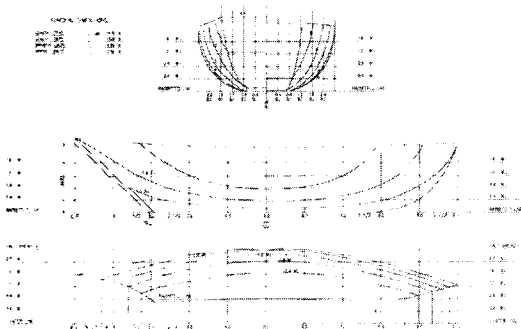
먼저, 그 한 방법으로 항해일지의 자료에 주어진 배의 크기치수(길이·폭·높이 = 7.5m×2.7m×2.1m)를 배의 주요치수로 간주하고, 당두리배의 외형에 따라 복원하기로 하였다. 이 경우 복원력의 안정성이 크게 부족함을 확인할 수 있었다. 다른 한 방법으로 자료에 주어진 길이와 폭(7.5m×2.7m)을 저판의 크기로 간주하고 이 저판을 기준으로 하여 당두리배의 외형에 따라 자료에 주어진 깊이(2.1m)에 이르기까지 복원하여 얻은 배의 크기를 주요치수(길이·폭·깊이 = 13.5m×4.8m×2.1m)로 추정한다. 이렇게 하여 얻은 배의 크기로 복원력의 안정성 여부를 검토하여 본 결과, 그 안전성이 만족할 수 있음을 확인할 수 있었다.(6. 횡복원력에 대한 안정성 검토에서 밝히고 있음) 따라서 후자의 방법에 의하여 얻은 배의 크기가 본 라파엘호의 주요치수로 추정하는 것이 합당한 것으로 판단된다.

5. 라파엘호의 구조와 선형 복원

우리 나라 전통한선의 특성이 그 선종과 연대 여하를 막론하고 일관되게 모두 동일한 구조 방식으로 건조되어왔다면 어느 시대의 배이든 어느 정도의 충실한 자료만 주어진다면 그 배의 구조와 선형에 대한 복원은 용이하게 이루어질 수 있음을 시사해 주고 있다(4~8). (그림 6, 7).



〈그림 6〉 복원된 라파엘호의 일반배치도



〈그림 7〉 복원된 라파엘호의 선도

따라서 앞에서 언급한 바와 같은 충실한 항해일지와 서한 자료에 의하면 라파엘호는 당시의 당두리배라 단정지을 수가 있겠다. 이에 주어진 자료와 당두리배를 모형으로 하여 복원하게 되면 라파

엘호의 그 구조와 선형은 다음과 같은 전통한선 구조로 복원될 수 있을 것으로 간주된다.

라파엘호의 구조는 저판과 외판의 치수가 매우 두껍고, 외판이 아주 독특한 턱붙이 클링커 이음(rabbetted clinker joint)으로 되어 있으며, 선수·선미가 트란삼(transom)형으로 평면을 이루고 있고, 특히 무딘 선수(blunted stem)를 이루고 있으며, 횡방향으로는 독특한 횡강력재인 가롱목을 가지고 있다는 점 등 한선의 독특한 구조로 되어있다고 추정된다.

한편 선형은 한국 주변해역의 지리적 조건과 한국선용재는 굵히기가 어려운 두꺼운 부재로 되어 있기 때문에 단순한 평저선구조선형으로 될 수밖에 없다.

6. 횡복원력에 대한 안정성 검토

횡복원력에 대한 안정성 검토를 위하여 이를 이론해석과 풍동실험에 의해 검토를 하였다.

1) 이론해석

라파엘호의 크기를 앞에서 언급한 두 가지 경우로 구분하여 검토하였다. 그 한가지는 주어진 배의 크기(길이·폭·깊이=7.5m×2.7m×2.1m)에 대한 자료가 배의 주요치수라 간주하여 복원한 경우이고, 다른 하나는 주어진 배의 크기(길이·폭·깊이=7.5m×2.7m×2.1m)에 대한 자료 중 길이와 폭(7.5m×2.7m)을 저판의 크기로 간주하고 깊이(2.1m)는 실제 배의 높이로 간주하여 복원한 경우이다. 앞으로 이 두 경우의 전자를 경우(1)로, 후자를 경우(2)라 정의하여 이 두 경우에 대한 복원력의 안정성을 평가하여 보기로 한다 [2, 3].

$$\text{길이} \cdot \text{폭} \cdot \text{깊이(m)} = L \times B \times D =$$

$$\begin{cases} \text{경우(1)} & 7.5 \times 2.7 \times 2.1 \\ \text{경우(2)} & 13.5 \times 4.8 \times 2.1 \end{cases}$$

$$\text{총톤수 (톤)} = L \times B \times D \times 0.1945$$

$$\begin{cases} \text{경우(1)} & 8.505 \\ \text{경우(2)} & 27.216 \end{cases}$$

배수량 (톤) = 만재배수량 W_F = 총톤수 \times 2.7,
경하배수량 W_L = 총톤수 \times 1.2

$$= \begin{cases} \text{경우(1)} & W_F = 22.964, W_L = 10.206 \\ \text{경우(2)} & W_F = 73.483, W_L = 32.659 \end{cases}$$

건현(m) = $f = D$ (cm) / 10 + 20 (cm) = 0.41
평균흘수 (m) = $d = D - F = \begin{cases} \text{경우(1)} & 1.69 \\ \text{경우(2)} & 1.69 \end{cases}$

평균 중심높이 KG (m) =

$$\begin{cases} \text{경우(1)} & 0.725D = 1.523 \\ \text{경우(2)} & 0.725D = 1.523 \end{cases}$$

복원력의 안정상태는 바람에 의한 풍압경사모멘트 M_w 와 부력에 의한 배의 복원 모멘트 M_0 는 다음과 같은 식에 의하여 구하게 된다. 이때 $M_0 \geq M_w$ 일 때가 배의 복원력이 안정한 경우가 된다 [9~11].

$$M_w = \frac{p}{1000} A \cdot k \cdot \cos^2 \phi (t - m)$$

$$M_0 = W \cdot GM \sin \phi (t - m)$$

여기서 p (kg/m^2) = 풍압

A (m^2) = 중앙돛과 앞돛이 있는
두 범선의 전체 돛면적

중앙돛: 중앙돛대 높이
= 배 길이의 90% 정도
중앙돛면적: 돛 높이
= 중앙 돛대 높이-배의 깊이(D)
돛 폭
= 폭(B)의 90% 정도

앞돛: 앞돛대 높이
= 중앙돛대 높이의 90% 정도
앞돛면적: 돛 높이
= 앞 돛대 높이-배의 깊이(D)
돛 폭
= 앞 돛대 위치의 폭

k (m) = 풍압중심과 배의 측압중심간의 거리
= 3.00~6.00(경우(1)~경우(2))

W (톤) = 배수량

ϕ (도) = 범선의 횡경사 ($\phi = 10^\circ$ 에서 $M_0 \approx M_w$ 로 될 때 평형을 이루게 된다고 본 것이다.)

풍속변화에 대한 복원력의 안정성을 경하상태 W_L 와 만재상태 W_F 에 대한 경우(1)과 경우(2)로 나누어, 검토해보면 다음 표와 같은 결과를 얻게 된다.

$M_0 \geq M_w$ (t-m)인 경우가 안정	경우(1), 불안정	-0.388(0.058~0.366 when W_L -0.876(0.058~0.366 when W_F $\begin{cases} p=1\sim6kg/m^2 \\ v=4\sim10m/sec \end{cases}$
	경우(2), 안정	3.797(0.480~2.880 when W_L 8.347(0.480~2.880 when W_F $\begin{cases} p=1\sim6kg/m^2 \\ v=4\sim10m/sec \end{cases}$

$$p = \text{풍압}, v = \text{풍속}, p = \frac{1}{16} v^2$$

여기서 앞에서 주어진 배의 복원모멘트 식 중의 메타센터 높이 GM 은 다음식에 의해 구해진다.

$$GM = KM - KG$$

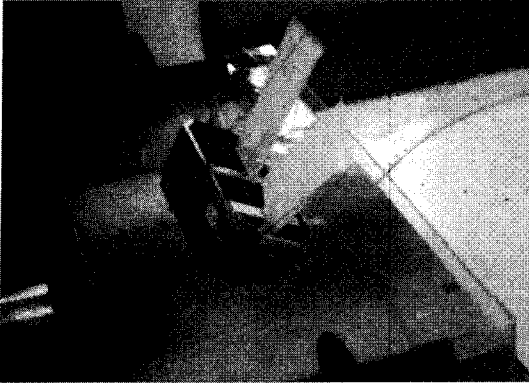
이때 KG 는 기선에서 중심높이인데 경험식 $KG(m) = 0.725 \times D = 1.523$ 에 의해 구하고, KM 은 기선에서 메타센터 중심높이인데 선도(線圖)의 오프셋(off-set)에 의해 계산하여 구하게 된다. 그 결과, 경우(1), (2)에 대하여 구한 메타센터 높이 GM 값은 다음 표와 같다.

$$\text{경우(1)의 } GM(m) \quad 1.299 - 1.523 = -0.224$$

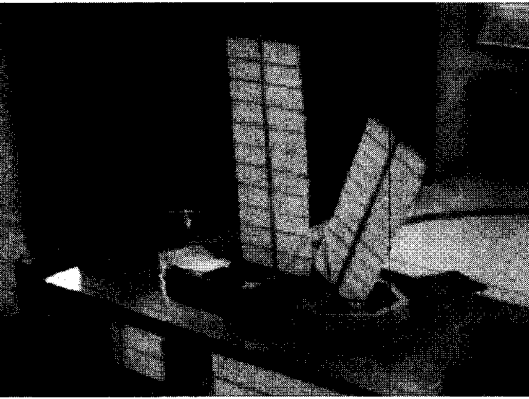
$$\text{경우(2)의 } GM(m) \quad 2.191 - 1.523 = 0.668$$

두 경우에 대한 복원성의 안정성을 평가하여 배의 크기(주요치수)를 다음과 같이 정하기로 한다.

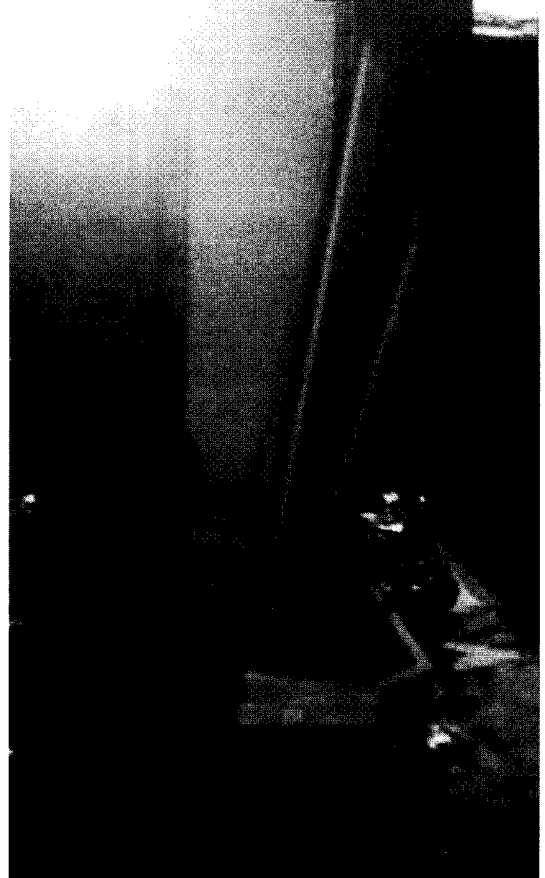
경우(1)인 경우는 배의 복원력 M_0 가 음의 값



〈그림 8〉 경우(1)의 풍동실험전 상태



〈그림 9〉 경우(2)의 풍동실험전 상태



〈그림 10〉 경우(2)의 풍동실험중 상태

이므로 처음부터 배가 기울어진 상태가 되기 때문에 바람이 부는 방향으로 배가 전복하게 되므로 배로서의 기능을 하지 못하므로 주어진 자료치수가 배의 크기로 볼 수 없다.

한편, 경우(2)인 경우는 배의 복원력 M_0 가 바람에 의한 풍압경사 모멘트 M_w 보다 충분히 크므로 배의 복원력이 안정성 범위 내에 있으므로 이 크기가 배의 주요치수라 추정할 수 있다.

2) 풍동실험

이상과 같은 이론해석에 의한 안정성을 검토하여 본 결과 경우(2)가 안정성이 보장될 수 있음을 알게 되었다. 따라서 경우(2)에 대한 실험만 수행하여 그 안정성을 검증해 보기로 한다[9, 10], (그림 8~10).

모델실험을 하기 위한 모델크기는 실물의 1/20 크기로 부산대학교의 풍동실험실에서 실제 바람속도 비 실험바람속도를 속장비에 의해 구하였다.

그 속도변화는 실제 바람속도 $V = 4, 8, 12, 16$ (m/sec)에 대한 실험바람속도 $v = 0.9, 1.8, 2.7, 3.6$ (m/sec)에 해당된다.

이때 바람 방향은 정횡방향이고, 실험상태는 거의 만재 상태에 가까운 상태에서 이루어졌다. 그 결과 모든 바람속도 변화에 대하여 배의 복원력은 안정함이 확인되었다.

7. 결론

이상과 같은 라파엘호의 고증복원에 대한 연구

결과로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

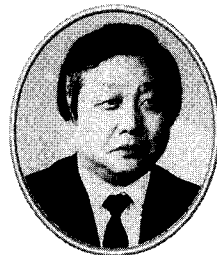
- 1) 발굴된 완도선이 전통한선의 기본 구조를 하고 있는 유일한 실물자료라면 라파엘호의 자료는 그 당시의 항해과정의 실상과 구조배치를 그림으로 훌륭히 그려 낼 수 있을 정도의 소중한 기록 자료라 할 수 있다.
- 2) 이와 같은 기록자료에 의하면 라파엘호는 당시의 당두리배라고 단정 할 수 있다.
- 3) 옛날 배의 크기에 대한 정의는 두 가지가 통용되어 왔다. 따라서 라파엘호의 크기가 어떤 정의에 해당되는지를 판단하기 위해서 배의 크기와 관계가 깊은 횡복원력의 검증을 통해 알아보기로 하였다. 그 결과 자료에 주어진 라파엘호의 크기(길이·폭·깊이=7.5m×2.7m×2.1m)중 깊이와 폭(7.5m×2.7m)이 저판의 크기이어야 하고, 이 저판의 크기를 바탕으로 하여 나머지 깊이(2.1m)를 배의 높이로 하여 얻은 치수가 복원된 라파엘호의 주요치수(13.5m×4.8m×2.1m)가 되어야함을 확인할 수 있었다.
- 4) 이상과 같이 추정하여 얻은 주요치수와 당두리배를 모형으로 하여 본따서 복원하게 되면 신뢰 할 수 있는 라파엘호의 고증복원이 될 수 있음을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 제주교구 100주년을 기념하는 사업의 일환으로 지원된 공동연구에 의하여 이루어졌다. 지원해 주신 천주교 제주교구청의 후의에 감사할 따르는 바이다. 아울러 이상과 같은 라파엘호의 복원이 제대로 고증해낼 수 있게 된 것은 애석하게도 최근에 고인이 되신 김재근 교수님이 이룩해 놓으신 고대선박의 특성을 규명해 놓은 자료가 없었다면 불가능하였음을 밝혀둔다.

참 고 문 헌

- [1] Horace H. Underwood, "Korean Boats and Ships", 연세대학교 출판부 발행, 1933
- [2] 橋本德壽 著, "木船現法", 株式會社 海文堂, 1954
- [3] 橋本德壽 編著, "日本木船集", 株式會社 海文堂, 1956
- [4] 김재근, "한국선박사 연구", 한국 문화연구소편 총서 24권, 서울대학교, 1984
- [5] 이원식, "한국의 배", 주식회사 대원사, 1990
- [6] 김재근, "한국의 배", 서울대학교 출판부, 1994
- [7] 김재근, "우리배의 역사", 서울대학교 출판부, 1996
- [8] 한국교회사 연구소, "김대건 신부 순교 150주년 기념 전시회", 한국교회사 연구소, 1996
- [9] 김진안, "기본선박계산", 부산대학교 출판사, 1998
- [10] 대한조선학회편, "표준선박계산", 주식회사 동명사, 1998
- [11] 김정민, "전통한선의 특성 및 선형복원기법에 관한 연구", 석사학위논문, 부산대학교, 1999



김 사 수

- 1935년 3월 10일생
- 1976년 공학박사 (부산대)
- 1966년 이후 현재 부산대학교 조선해양공학과 교수
- 관심분야 : 진동·소음 및 설계