

FRP어선의 설계

김 주 남*

국내 FRP어선의 첫시도는 '67년도에 1톤급의 해태채취어선의 건조로 시작되었다. 해태채취어선의 건조 후 국내에서도 5~10톤급의 FRP어선의 건조가 가능하다는 연구보고서가 있었다.

그 후 지금 20여년이 지난 현시점에서 100톤급의 채낚기어선을 건조하기에 이르렀다. 그러나 국내어선의 보유척수가 9만3천여척이 넘고 있으나 FRP어선은 약 1,800척으로서 1.9%의 점유율을 나타내고 있다. 20톤 미만의(신톤수)어선은 FRP로 선질개량이 대부분 가능한 어선들이며 현재 FRP 조선소의 지역분포는 서해안의 전남지역과 남해안의 부산지역으로 크게 구분되며 FRP어선을 건조하고 있는 조선소의 기술적수준은 '80년도 이후 크게 발전되고 있으며 건조기술적인 문제는 많은 발전이 있으나 이에 따른 설계상의 측면과 건조 후 성능에 대한 기술조사 및 분석은 매우 빈약한 상태이다.

다음은 FRP어선의 설계에 대한 기본계획과 기본설계에 대한 요점을 간추려 본 것으로서 현장의 일선에서 어선의 선질개량에 일익을 담당하시는 분들에게 다소나마 도움이 되고자 한다.

I. 총 론

어선의 설계는 단순하게 일반배치도, 중앙단면도 및 선형선도를 작성하는 것을 말하는 것이 아니라, 선주로부터 받은 사양을 검토하여 어선으로서의 기능을 충분히 갖고 안전성에서도 제성능을 갖춘 어선으로서 정확한 계획, 계산, 제도 등

의 순서를 통칭하는 것이다.

이와 같은 생각을 토대로 선의 규모, 선질(강, 목, FRP)의 여하에도 불구하고 설계의 순서는 근본적으로 같다.

그러나 FRP어선은 재질에서 또 구조공작에 있어 강선이나 목선과는 큰 차이가 있음을 주지해야 하고 이런 점을 비교해서 선각중량이 매우 경량이라는 데 큰 특징이 있다. 또 경량화에 따른 이점으로서 속력의 증가를 도모하고 연안소형어선에 있어서는 특히 고속선형을 겨냥하는 등 선형선택을 자유롭게 할 수 있는 것이 큰 특징이다.

선의 설계를 대별하면 선주로부터 받은 사양에 대하여 기존선의 자료에 의거 개략의 제도, 계산 등의 기본방침을 결정하는 기본계획과 이것을 근거로 시작하여 주요총법, 구조설계, 선체중량 산정, 선도, 일반배치도, 복원성능 등 제 계산에 이어 검토 등을 상세히 행하는 기본설계, 이어서 기본설계를 근거로 건조에 필요한 제 도면을 작성 또는 제 계산을 행하는 상세설계로 나눌 수 있다.

본 내용에서는 기본계획으로부터 기본설계까지의 과정을 설명하기로 한다.(구조설계는 제외)

1. FRP어선설계의 기본계획

가) 건조사양서

어선의 건조에 해당되는 것은 선주로부터 조선소에 건조계획이 제시되지만 주된 내용은 다음과 같으며 만약 내용에 누락된 경우는 확인하고 초기부터 고려해야 할 점이 있으면 충분한 협의로서 시정하는 일이 필요하다.

* 한국어선협회 주임기술원

○ 총톤수와 주요존법

총톤수는 선주가 갖고 있는 어업허가 톤수에 따라 정하는 수가 많다. 특히 노후어선대체, 피해 복구어선 및 선질개량사업 등에 따라 총톤수 규제사항에 주의를 해야 한다. 주요존법은 기존선의 실적 등을 보고 선주가 개략의 존법을 제시하는 경우가 많다.

○ FRP의 구조방식

선체의각이 단판구조인지 또는 샌드위치 구조인지를 표시하고 또한 갑판 상부구조물 등의 주요 구조방식을 제시한다.

○ 어업종류와 일반배치

어업종류와 이것에 관련한 어로장비를 포함한 어선의 일반배치도가 유사선 등의 자료에 의해 제시되는 경우가 많다. 동시에 어구의 규모 어로기구의 종류 및 능력 어창의 용적 및 냉장방식 활어창용적, 연료탱크, 청수탱크 등의 용적 선원수가 제시된다.

○ 주기판 추진방식과 속력

주기판의 종류 또는 기종, 마력과 희망하는 속력을 표시하고 기타로 추진축계의 방식으로서 연안소형어선의 경우는 항내에서의 정비상황을 고려해서 추진축의 상하 이동식, 스키키식(킬식), 샤프트 브래킷식을 표시한다. 프로펠러에 있어서는 익수 및 재질과 프로펠러 종류 등을 표시한다.

○ 사용상태

항해일수(왕복항해일수와 조업일수), 사용해면, 예측되는 최악의 기상상태, 조업방법, 어획상황 및 어획물의 처리 등을 포함한 조업계획을 표시한다.

나) 기본계획의 순서와 요점

선주로부터 받은 사양에 의거하여 조선소는 우선 기본계획을 행할 필요가 있다. 기본계획은 그림 1의 "기본계획의 계통도" 순서에 따라 실시하고, 기본계획이 불충분하면 기본설계를 시작할 수 없으므로 초기에 기본계획을 충분히 검토하여야 한다. 기본계획을 시작함에 있어 자사 건조어선의 계획부터 설계 건조 완성 후의 성적까지 일괄된 자료를 축적해서 이것을 중심으로 새로운 계획서를 작성하는 것이 매우 능률적이다.

만약 자료가 없는 경우는 기존선의 자료를 참

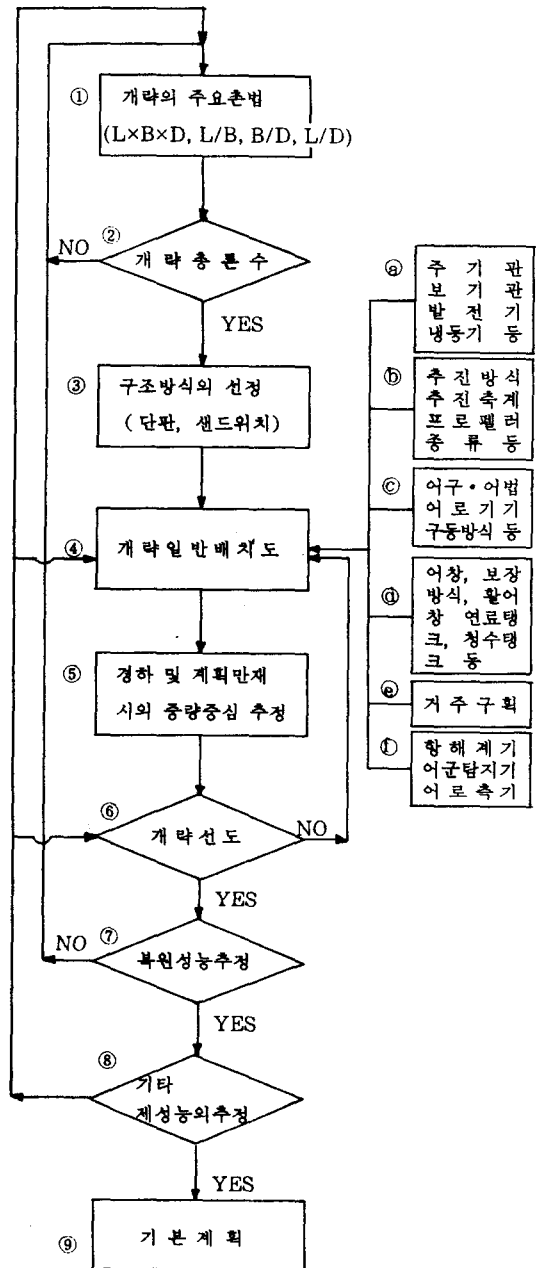


그림 1 기본계획의 계통도

고로 하여 처음부터 정밀한 기본계획을 하지 않으면 안된다. 여기서 후자의 경우는 본 계통도에 나타난 기본계획 순서를 밝게 된다.

FRP어선 설계상의 특징은 강선이나 목선보다 선각의 '중량이 가볍다'는 것이 특징이다. 선각중

량이 가벼운 FRP 어선에서 갑판상에 탑재되는 어로기기 외장, 어구 등의 중량은 건조 후 별로 변화하지 않으나 갑판 하의 주기판은 증고속화로 경량화되기 때문에 FRP 어선은 전체 중량중심의 위치가 상승하게 되는 경향이 있고 중심의 상승은 복원성의 저하를 가져오게 된다. 이러한 결과로 인해 FRP 어선의 기본계획에 있어 경하상태 및 만재상태의 중량중심 위치를 가능한 정확히 구하여 이것을 근거로 복원성능에 지장이 없는 주요촌법을 선정하여 추진, 항해, 조업 등의 제 성능이 선형을 선정하는데 기본계획의 요점이 된다. 이상의 내용을 염두에 두고 계통도를 설명하면

주요촌법, 총톤수(① ②)

정하여져 있는 총톤수의 범위 내에서 개략의 주요촌법을 선정한다. 선정한 주요촌법비(L×B×D, L/B, B/D, L/D) 등이 기존어선 및 참고자료 등에 적합성을 검토해야 하며 또한 총톤수의 산정에는 구톤수와 달리 신통수에 의하여야 하므로 주의를 해야 한다. 측정갑판 길이 24미터 미만일 때 상갑판 하의 폐위용적은 $0.65 \times L \times B \times$

$(D_m + 2/3C + 1/3(D_s - D_m))$ 에 의하여 상부구조물의 폐위용적합산에 의해서 총톤수를 산정하여야 한다.

구조방식(③)

선체의각의 구조방식을 단판구조로 할 것인가 샌드위치 구조로 할 것인가를 결정함과 동시에 갑판과 상부구조물 등 주요구조 방식도 병행하여 선정할 필요가 있다. 갑판은 구조방식의 여하에 따라 중량에 상당한 영향을 끼치며 선체중심의 높이를 높이는데 크게 작용된다. 상부구조물도 또한 같은 경우가 되기 때문에 이 단계에서 충분한 검토를 하지 못하면 다음의 추진계획에 차질이 발생하게 된다.

일반배치도(④)

선주로부터 받은 사양에 의해 계통도 ㉗~㉜까지의 내용을 고려하여 개략의 일반배치도를 작성할 필요가 있다. 이것으로 선주의 과대한 요구나 선주와의 협의사항, 변경사항 등을 재검토하는데 크게 이용된다. 특히 선주가 무리한 요구를 할 때

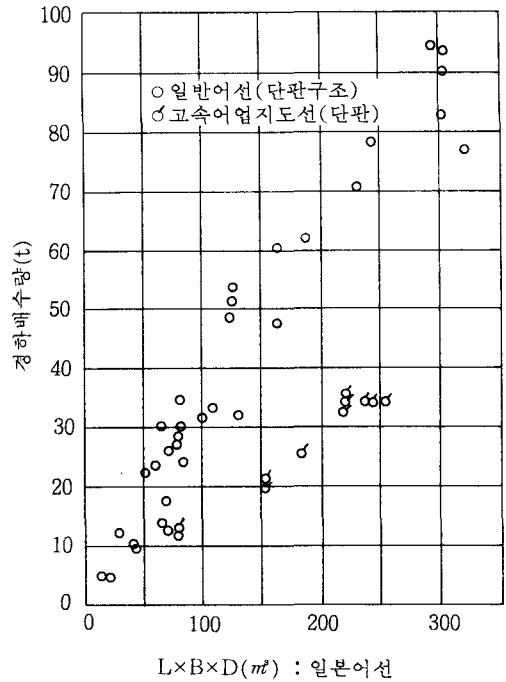
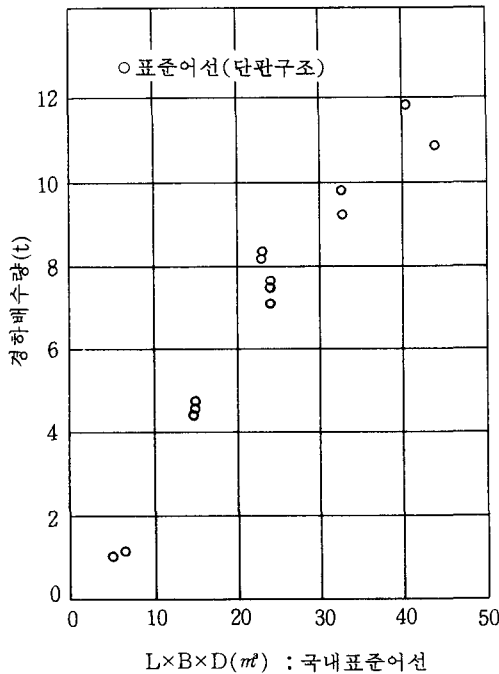


그림 2 FRP선의 L×B×D와 경하배수량의 관계

는 우선적으로 고려해야 할 것은 최종적으로 복원성능에 나쁜 영향을 끼치는 결과가 되는 경우가 많으므로 주의를 요한다.

증량중심추정 (⑤)

선각중량 및 중심위치는 전체 구조도를 위해 구조부재별로 합하여 계산한다. 이 계산은 별도로 설명한다. 경하중량 및 중심위치는 선각중량, 기관부, 전장부, 어로부 등의 모든 기기 및 의장부를 포함하여 계산한다. 만재상태의 증량중심 및 중심위치는 어구, 청수, 어획물 등 모든 탑재중량에 경하상태를 합하여 구한다. 그림 2에는 고시된 표준어선 및 일본의 FRP 어선의 경하상태와 주요촌법의 상승적과의 관계를 표시하였지만 어업 종류 및 장비기기류의 중량이 상이하기 때문에 선각중량을 정확히 추정하는 자료로는 안되나 참고자료로 사용된다. 만재상태의 배수량이 기존선에 비교하여 클 경우는 전현이 작게 되고, 중심위치 KG가 크면 GM이 작게 되므로, 복원성능 저하를 막기 위해서는 어로기기류, 어구류의 중량 경감과 장비위치의 저하, 어창이나 연료탱크 등의 용적작감 등의 결정을 해야 한다.

개략선도 (⑥)

주요촌법과 계획만재상태의 배수량 및 전후방향의 중심위치가 결정되면 이것을 만족하는 선도를 작성하게 된다. 당초에는 개략의 선도로도 좋지만 이 단계에서는 중심의 전후위치를 상기의 중심 전후 위치에 일치하는 경우 선수부 또는 선미부가 과대하게 비대하거나 무리한 선형이 되지 않을 것인가를 일반배치도에 의거 검토할 필요가 있다.

복원성능의 추정 (⑦)

선도가 확정되는 단계에서는 복원성능을 검토한다. 만약 복원력 부족의 경우는 ①의 주요촌법까지도 재검토할 필요가 있다. 복원성능에 대하여는 다음에 상세히 설명한다.

기타의 제 성능 추정 (⑧)

감항능력(堪航能力)을 추정하여 만약 제성능이 부족한 경우는 일반배치도와 관련된 선도의 수

정으로 보완하고 보완 후에도 부족한 경우는 주요촌법까지 재검토할 필요가 있다. 제 성능에 대하여는 다음에 상세히 설명한다.

기본설계 (⑨)

①~⑧까지의 기본계획을 충분히 연관하여 선의 개요가 결정되면 당초의 계획에 따라 기본설계를 추진한다.

2. FRP어선의 기본설계

가) 기본설계의 순서

기본계획이 끝나면 선도 배수량계산, 일반배치도, 중앙단면도, 재료배치도, 기관실장치도 등을 기초로 증량중심트림계산 및 제성능을 정확히 검토한다. 이것을 기본설계라고 한다. 기본설계의 순서는 그림 3에 표시한 "기본설계의 계통도"에 의한다.

나) 기본설계의 요점

기본설계를 추진하는 단계에서 주의할 항목에 대하여는 그림 3 계통도의 우측란에 요점란을 표시하였으니 참조하기 바란다.

II. 각 론

1. TRIM와 증량중심 등의 계산

FRP 어선의 설계에서는 증량과 중심높이의 산정이 복원성능에 증대한 영향을 미친다. 어선과 같이 적하상태 또는 어로작업상태에 따라 트림이 심하게 변하는 어선에 있어서 배수량계산을 실제로 이용할 때 트림이 있는 상태의 수선에서 행하는 것은 힘들다.

가) 트림에 대한 배수량계산의 필요성

일반적으로 BL에 평행한 수선에서 배수량계산을 행하지만 건조 후에 행하는 경하상태에서 경사시험시의 배수량에서 트림을 수정하여도 부정확한 경우가 많다. 그러므로 다음 식에서 계산된 GM도 근사치라고 볼 수 있으며 그 값은 다음과 같다.

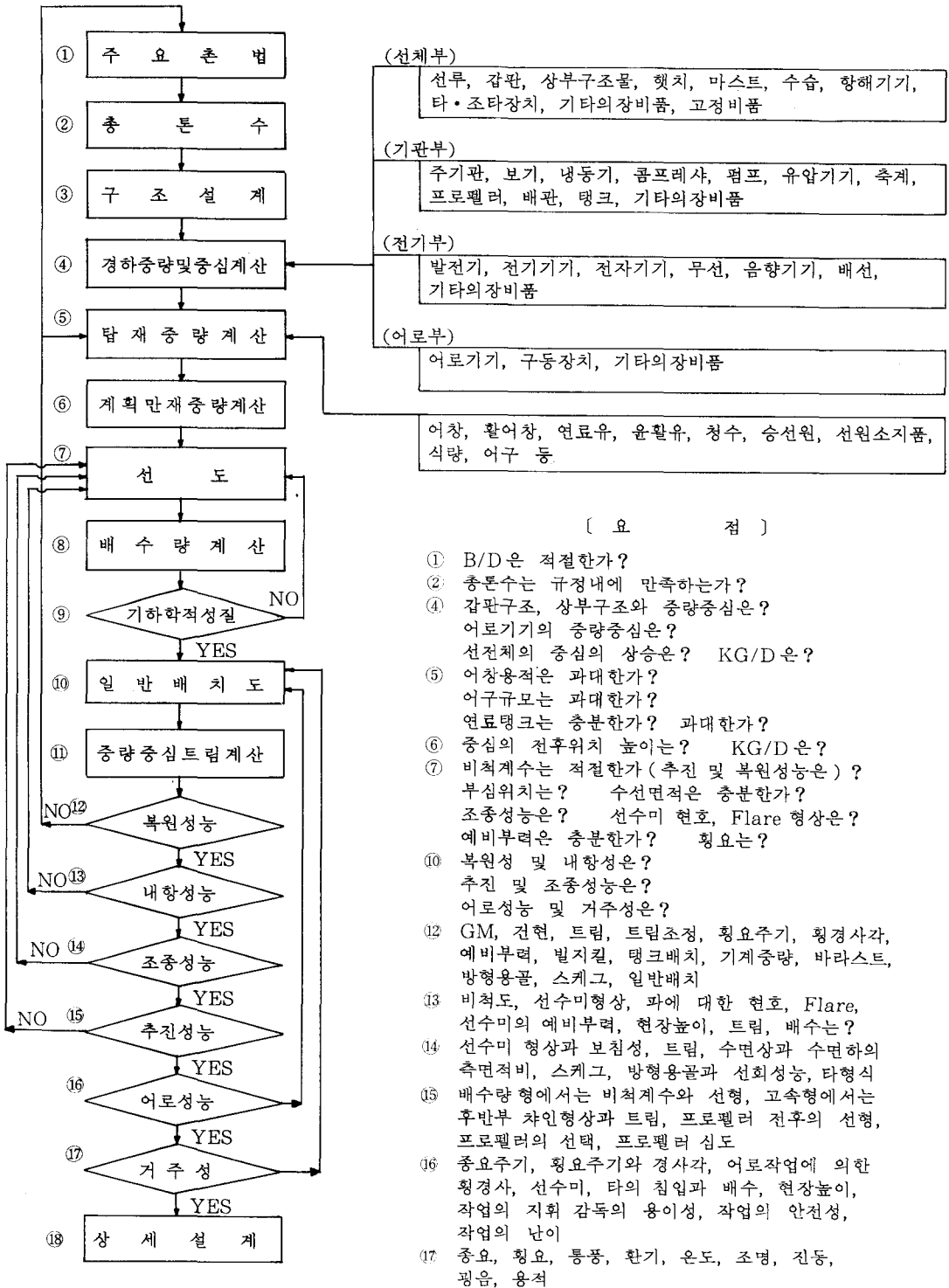


그림 3 기본설계의 계통도

표 1 선체부 계획중량중심산출표

부재명	재질	촌법 (m)	체적 (m³)	비중 (t/m³)	중량 (t)	선의전후방향		선의상하방향	
						∅G * 1 (m)	모우멘트 (t-m)	KG * 2 (m)	모우멘트 (t-m)
기호			a	b	a×b	c	a×b×c	d	a×b×d
킬	FRP	$\left\{ \begin{array}{l} 10.5 \\ 0.6 \\ 0.012 \end{array} \right.$	0.075	1.7	0.13	+ 0.5	+ 0.065	0	0
선저외판	FRP								
		$\left\{ \begin{array}{l} 12.7 \\ 0.9 \\ 0.010 \end{array} \right.$	0.23	1.7	0.39	- 1.0	- 0.39	0.6	0.24
선측외판	FRP								
		$\left\{ \begin{array}{l} 12.7 \\ 1.32 \\ 0.010 \end{array} \right.$	0.33	1.7	0.56	- 1.0	- 0.56	1.0	0.56
상갑판	∴								
(1) 선체부 소계					e		f		g
					15.0		18.6		17.1

(주) 기관부, 전기부, 어로기계부, 측기부, 일반외장, 비품부, 고정발라스트에 대하여도 동일한 방법으로 소계를 구할 수 있다.

- * 1. 선의 중앙단면으로부터 각부재의 중심까지의 수평거리
선미측 -, 선수측 +
- * 2. 선의 기선으로부터 각부재까지의 높이

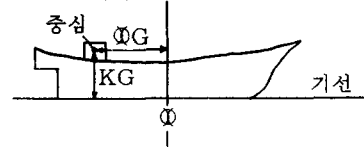


표 2 계획경하상태 중량중심산출표

항목	중량 (t)	선의전후방향		선의상하방향	
		∅G (m)	모우멘트 (t-m)	KG (m)	모우멘트 (m)
기호	e		f		g
1) 선체부 소계	15.5		-18.6		17.1
2) 기관부 "	3.7		-24.6		2.1
3) 전기부 "	1.2		- 6.0		0.6
4) 어로기계부 "	1.8		- 1.8		3.6
5) 측기부 "	0.3		- 0.6		0.6
6) 일반외장 비품부 "	0.2		1.0		0.2
7) 고정벨라스트 "	1.0		5.0		0.2
합계 (경하상태)	23.7	-1.92	-45.6	1.03	24.4
(W _L)		(∅G _L)		(KG _L)	
		= $\frac{45.6}{23.7}$		= $\frac{24.4}{23.7}$	

$$GM = \frac{w \times l}{\tan\theta \times \Delta} \text{ (경사시험)} \dots\dots\dots (1.1)$$

- 여기서 w 이동중량(t)
- l 이동거리(m)
- $\tan\theta$ 추의이동거리 ÷ 추의 길이
- Δ 배수량(t)

다음에 중심의 높이 KG는 다음 식으로 계산 된다.

$$KG = (KB+BM) \text{ (계산치)} - GM \text{ (상기식의 값)} \dots\dots\dots (1.2)$$

그런데 선미트림에 대한 배수량계산의 BM은 일반적으로 BL에 평행한 수선에서 행한 배수량형선형에서는 특히 이 차이가 크다. 이러한 이유는 트림변화에 의한 수선면의 형상이 큰 폭으로 변하기 때문이다. 이 두가지에서 계산된 경하상태의 중심높이는 다음 식으로 된다.

$$\begin{aligned} KG &= (KB+BM)-GM \\ &= KM-GM \text{ (트림이 있음)} \dots\dots (1.3) \\ KG' &= (KB'+BM')-GM' \\ &= KM'-GM' \text{ (트림이 없음)} \end{aligned}$$

여기서 $GM \approx GM'$, $KB=KB'$ 로 가정하여도 일반적으로 선미트림에서는 $KM > KM'$ 로 되기 때문에 $KG > KG'$ 로 된다. 여기에서 두번째 오차가 발생된다. 따라서 BL에 평행한 수선에서 행한 배

수량계산 결과를 사용해서 선미트림이 큰 상태에서 행한 경사시험 결과의 GM에서 중심높이 KG를 산정하면 실제보다 KG는 낮게 산정되며 이 차이가 20% 정도되는 경우도 있으므로 복원력 계산 결과에 의한 안전성 판정에 상당한 오차를 초래하게 된다.

나) 경하상태의 중량중심 산정법

표 1에 선체부를 예로 들어 중량중심계산법을 표시하였지만 기관부, 전기부, 어로기기 및 의장부도 동일한 계산법으로 각부의 중량과 어선의 전후방향 및 상하방향의 모우먼트를 계산해서 표 2에 이것을 합계하여 계획시의 경하상태의 중량 W_L 과 어선의 전후방향의 중심위치 \bar{X}_{GL} 및 상하방향의 중심위치 KG_L 을 산정한다.

이 계산 결과의 값이 타당한가를 판단해 볼 필요가 있는 경우는 $W_L/(L \times B \times D)$, \bar{X}_{GL}/L , KG_L/D 의 값을 기준선의 값과 비교 검토하는 일이 중요하다. 각 재화 상태의 중량중심 등의 계산은 경하상태를 기초로 해서 같은 방법으로 연료유, 청수, 어획물, 어구 등의 중량중심을 산정해서 그 결과를 사용해서 배수량등곡선도로부터 흘수, 트림, GM, 건현 등 필요한 항목을 계산하고 계획중량중심트림계산 총괄표로 정리되는 것이 통상의 순서이다. 어선의 각 재화상태는 일반적으로 만재출항, 만재어장발, 만재입항, 반재입항 등의 상태로 구분하여 산정한다. (다음호에 연재)

**불우한 이웃을 도와
명랑사회 이룩하자**