

어선의 안전성에 대한 小考

主任檢査員 李 和 雨

1. 서 론

인간이 바다에서 생물과 식량을 구하게 됨에 따라 바다는 인간의 생활을 풍요롭게 해줌과 동시에 대자연의 모체로서 은화함을 가져주기도 하지만, 인간의 대자연에 대한 도전을 강력한 힘으로 제압해 왔다. 이러한 대자연의 위협속에서 어선의 안전성은 인명과 재산상의 중대한 문제로 대두되어 왔다.

종래 어선의 안전성에 관하여는 조업자(操業者)의 경험에 의존해 왔으며 조선소도 복원성에 관하여는 무관심 하였던 것도 사실이었다. 그러나 수산업의 진보발전과 함께 고도의 수익성을 얻기 위하여 새로운 선형(船型)이 요구되고, 조업해역이 종전에 비하여 대폭 확장되어 가고 있으며, 황천시에도 조업을 강행하게 되었고 심지어는 착빙(着氷)해역에 까지 들어하게 되었다. 또한 인간 생활이 풍요해짐에 따라 승조원의 거주설비가 대폭 강화되었으며 어로설비의 성립화, 기계화등 조업방법의 발달등으로 종래의 경험치에 의해 어선의 안전성을 판단한다는 것은 상당히 어려운 일일 것이다.

어선의 안전성을 확보하기 위해서는

첫째 : 어선을 건조하는 자는 어선의 용도, 조업해역, 대상어종, 조업방법등 복원성능의 판단에 지침이 될 수 있는 자료를 수집하여 이에 대한 이론적 해석의 뒷바침을 갖추뒤에 어선을 설계, 건조함이 마땅할 것이며

둘째 : 조업자측도 자선(自船)의 복원성능을 충분히 인식하여 황천시의 항행 및 조업 등으로 인한 전복등의 해난사고를 미연에 방지할 수 있도록하는 마음가짐이 바람직하다. 이와같은 어선의 안전성 유지에 가장 큰 비중을 차지하는

횡 METACENTER 높이(GM)와 최소전현을 유지하는 것이며 이에 대하여 우리나라의 안전성 기준과 가까운 일본 및 국제협약을 비교해 보면서 깊은 기술적 해석을 피하고 가급적 어업자와 조선자(操船者)를 위한 기본적인 사항을 설명코저 한다.

2. 최소전현과 횡 METACENTER 높이(GH)유지의 필요성

어선이란 고기를 잡아 운반하는 도구로서 어획량의 다소는 어민의 생활과 밀착된 관계가 있으므로 어업자는 많은 이익을 얻기를 위하여 위험을 무릅쓰고 어획물을 많이 적재하게 되어 어선의 안전성을 확보하기 위한 허용 최소한도를 넘게 된다.

전현을 크게 한다는 것은 예비부력(RESERVE BOUYANCY)을 크게 하는 것으로서 내파성(耐波性)을 높이어 복원성능을 좋게하는 것이다. 또한 최소전현 유지의 필요성은 어선이 대각도로 동요하였을때 전현이 적으면 현장(BULWARK)의 방수구등으로 대량의 해수가 들어와 어선의 안전성을 위협 상태가 되도록하며, 상갑판상 구조물의 출입구문 및 어창의 덮개(HATCH), 어로장치의 구동축등 선내에서 상갑판상으로 관통하는 부분등이 비수밀일 경우에 전현이 적으면 해수가 대량으로 선내에 들어오게되어 전복을 유도하고 따라서 침몰하게 된다. 그리고 어선은 상갑판이 어로작업장이다. 따라서, 인명의 안전을 고려하지 않을 수 없으며 더욱이 황천항해 중에 조업하는 어선의 상갑판상에는 항시 해수가 젖어있어 어로작업은 지극히 어렵게 되고 상갑판의 작업원이 선외로 떨어질 위험이 많다. 따라서 충분한 전현을 유지함은 해수가 상갑판

상의 비수밀구멍을 통하여 선내에 대량으로 들어오는 것을 방지하고, 상갑판상에서의 어로작업을 안전하게 할 수 있으므로 전현유지는 필요하다.

복원력은 선체전체(船體全體)의 안전에 지극히 중요한 역할을 한다. 구조가 아무리 강하게 되어있고 어로설비의 성력화 및 기계화가 되었다 하더라도 복원력이 부족하면 경미한 횡파, 횡풍 및 어획물의 이동에 의한 적은 경사각에서도 복원력이 소실되어 선박의 안전에 지대한 영향을 미치게 된다. 또한 필요 이상의 큰 복원력을 가진다는 것은 횡요주기를 짧게하여 동요가 심하게 되고 항해성능이 나빠지게 되며 승선감이 불쾌해진다. 따라서 최적의 복원력을 유지 하므로서 안전항해 및 명쾌한 조업을 할 수 있어 승조원의 안전 및 조업의 성과를 높일 수 있을 것이다.

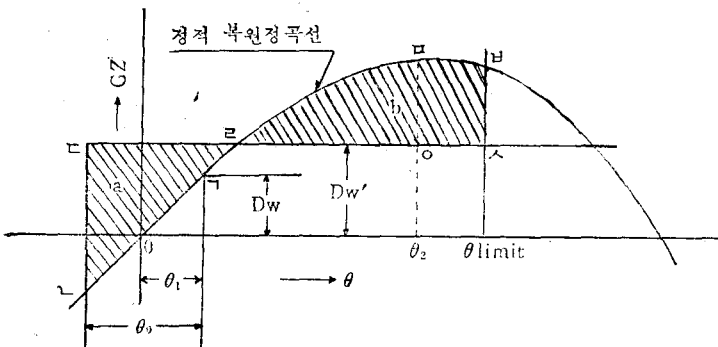
3. 어선사고의 유형

어선의 사고에는 여러가지 유형이 있으나 전현과 복원력의 부족에 의한 사고는 대부분 전복일 것이며 이 전복사고를 분류하면

가. 횡풍, 횡파중의 정선(停船) 상태에서의 전복

1) 대각도 횡요에 의한 순간적인 전복

2) 1)의 상태에서 해수가 대량으로 갑판상에 물러 편측으로 대경사를 일으켜 전복하는 경우나, 파랑중에 항진하다 전복하는 경우



(그림 1)

1) 해수가 갑판상에 대량으로 들어와 전복하는 경우

2) 추파(追波)에 의한 복원력 손실로 인한 전복

3) 사파(斜波)에 의한 전복

다. 조업시 어구에 걸리는 장력에 의한 전복
라. 기타조건에 의한 것

1) 착빙에 의한 전복

2) 강풍에 의한 전복

3) 고속으로 급선회 함에 따른 전복

다. 상기의 여러가지 전복원인이 복합되어 생기는 전복

4. 어선사고와 복원성능

가. 횡풍, 횡파중의 정선상태시 복원성

1) 대각도 횡경사시 복원성

어선이 정선중 횡파와 횡풍을 받는 상태가 전복사고의 위험이 가장 높다. 이것은 어선이 불규칙파에서 크게 횡요하여 바람방향으로 상당히 기울어진 순간에 돌풍을 받아 횡파와 횡풍에 의한 외력과 복원력이 합성되어 순간적으로 기울어져 복원성의 한계를 넘게 되기 때문이다.

이러한 상태에서도 전복되지 않을 정도의 복원력을 갖고 있다면 어떠한 정선상태에서도 복원력은 안전성의 범위내에 있다고 할 수 있을 것이다. 이것을 정적복원정곡선에 의하여 설명하면 그림 1에서 면적 $K_1 \cdot a \cdot \theta$ (a)와 면적 $K_2 \cdot b$ 의 비가 1 이상이면 안전하다고 판단된다.

θ : 선박의 횡경사각도

$$DW : DW = \frac{K_1 \cdot A \cdot H}{W} \text{로서 정}$$

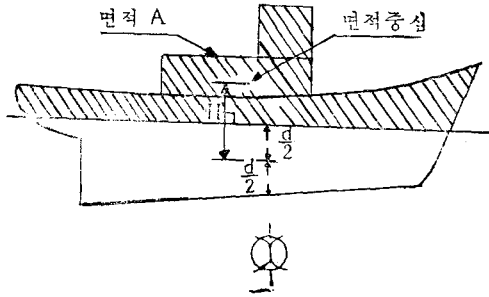
상풍에 의한 경사 모우멘트 레바(MOMENT LEVER) (M)

$D'W$: 돌풍에 의한 경사모우멘트 레바(M)

θ_{limit} : 복원력이 소실되는 한계경사각

A: 풍압을 받는 선박의 측면적(m^2)

H: 풍압을 받는 선박 측면적의 풍압모우먼트 레바(m)(그림 2 참조)



(그림 2) A.H.의 설명도

K_1 : 풍속에 의하여 결정되는 상수(표 1 참조)

W: 배수량(T)

θ_0 : $\sqrt{\frac{138 \times Y \times S}{N}}$ 로서 불규칙파랑중의 편향
요각도

$Y: Y = 0.73 + 0.6 \times \frac{OG}{d}$ 로서 유효파경사계수

단, $OG = KG - d$ (그림 2 참조)

d: 흘수 (M)

S: 파도의 조도로서 파고/파장

$S = K_2 + K_3 \times T_s$ (단, $0.100 \geq S \geq 0.035$)

T_s : 선박의 횡요주기(sec.)

$$T_s = \frac{2\pi K}{\sqrt{8 \times GM}} = \frac{2.01 \times K}{\sqrt{GM}}$$

K: 선박의 환동반경

N: 선박의 감쇄계수. 일반적으로 0.008~0.020
 K_2, K_3 풍속에 의하여 결정되는 정수(표 1 참조)

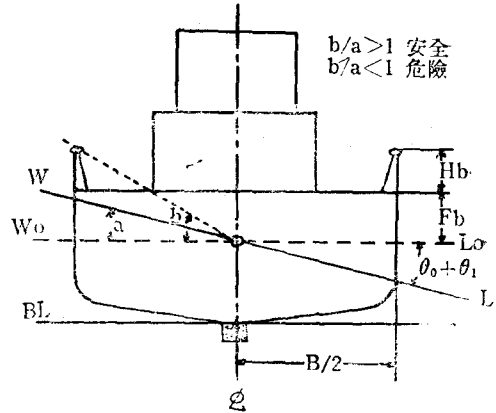
定常風速	K_1	K_2	K_3
26m/sec	0.0514	0.151	0.0072
19 "	0.0274	0.153	0.0100
15 "	0.0171	0.155	0.0130
10 "	0.0076	0.155	0.0194
6 "	0.0027	0.155	0.0316

표-1

2) 대각도 횡경사시 해수를 대량으로 받아 들일 때의 복원성

상감판상에 대량의 해수가 들어와 원상태로 돌아오기 전에 계속하여 해수가 선체내에 들어 오므로서 어선의 경사가 증대되어 전복되거나

침몰하게 된다. 불규칙파중의 대경사시에 어선의 최소전현 위치에서 현장의 끝부분이 수면에 돌입하지 않기 위한 조건으로 안전성을 판단해 보면 $\frac{F_b(MIN) + Hb}{B/2 \times \tan(\theta_0 + \theta_1)} \geq 1$ 일 때가 안전상태라고 할 수 있다. (그림 3 참조)



(그림 3)

$F_b(MIN)$: 최소전현(M)

Hb : 최소전현위치에서의 현장높이(M)

θ_1, θ_0 : 1)에서의 θ_1, θ_0 와 같음

나. 파랑중을 항진할때의 복원성

1) 해수가 상감판상에 대량으로 투입되었을 때의 복원성

배의 최소전현 높이와 현장의 합이 클수록 상감판상에 파도가 들어올 가능성이 적다는 것은 상식적인 이야기이다.

더욱이 소형어선에서는 대량의 해수가 감판상에 들어올 가능성은 더욱 큰 것이다.

어선이 황천시 추파(追波)나 경사진 사과(斜波)중을 고속으로 항주할때는 파의 속도가 느려도 어선을 추월하게되어 파의 정부가 배의 현장보다도 상대적으로 높아져 상감판상에 일시적으로 대량의 해수가 들어와 현장 가운데가 "풀"(POOL)과 같이 된다. 이러한 상태에서는 전현이 적으면 감판상의 해수와 현외의 해수면과의 높이차 즉 수두차가 적게되어 감판수에 의한 경사모우먼트가 적게되므로 전복되기 쉽고 현장의 높이가 높을수록 이러한 상태에서는 GM치가 현저히 커져야 한다.

2) 항주시에 파도가 넘어들어올 경우의 복원성

어선이 가장 위험한 상태는 황천시 경사진 추파중을 향해할때라는 것은 경험에 의하여도 이미 알려진 사실이며 또한 이때 전복사고가 가장 많이 발생한다. 이러한 전복사고는 파정이 배의 중앙부에 왔을때 즉 호깅(HOGGING)상태는 평수시에 비하여 어선의 복원력이 현저히 떨어지며 정반대상태인 자강(SAGGING) 상태에서도 어느정도 복원성이 줄어지는 경향이 있다. 따라서 추파중을 항주할때 갑판상의 해수로 인하여 어선에 경사모우멘트가 가해질 경우에는 평수 상태에서 일어날 수 없는 전복도 가능하며 특히 파도가 어선을 천천히 추월하는 상태에서는 더욱더 전복될 가능성은 높아진다. 이때에는 선속을 줄이거나 진행방향을 변경하여 대량의 해수가 갑판상에 들어오지 않도록 운항상의 주의를 요한다.

추파중에 고속으로 항주하는 경우에는 어선이 파도를 추월하여 다른 파의 배(背)에 선수가 돌입했을때 선수가 급히 횡방향으로 기울게되는 현상 즉 후로팅(FLOATING) 현상이 발생하며 이때 순간적으로 전복될 가능성이 높다. 이러한 후로팅 현상을 방지하기 위하여 선수의 경사를 크게하고 선미에 스캐그(SKEG)를 붙이는 방법이 있다.

다. 조업시의 복원성

어선은 황천시에서도 조업이 가능하여야 하며 어떠한 기상상태하에서도 조업에 따른 어구장력 및 비대칭적하에 의한 경사모우멘트가 생기더라도 전복하지 않을 만큼 복원력을 가질 것이 요구된다. 경사모우멘트의 크기는 황천조업시 기상상태 및 해상상태, 어업종류, 사용어구 및 어선규모등에 따라 큰차이가 있으며 어선이 파랑중에 조업할 경우의 어구장력은 변화가 많으며 따라서 그에 대한 연구 또한 미비하다. 현재까지의 조업시의 복원성능에 관하여 정선상태 혹은 미속 항주시의 복원성능 판단 방법마다 조업시에 발생하는 최대 경사모우멘트를 고려하여 판단하고 있는 것이 교착이다.

안강망어업, 선망어업 및 선미트롤어업등에

종사하는 어선이 조업시 특히 큰 경사모우멘트가 생기는 어업이다.

라. 기타 복원성상의 문제점

어선의 전복사고를 일으킬때의 환경과 사고원인 및 전복에 이르는 과정등 복원성능에 대한 대부분의 것들이 연구 진행되어 현시점에서는 일반적인 이론전개가 되어 있으나 그 연구가 미흡한 몇가지 사항을 열거해 보면 다음과 같다.

1) 강풍에 의한 대경사

최근의 어선은 승조원의 거주구역의 개선과 어로기계의 성인성력화(省人省力化) 등을 위하여 수선면상의 풍압을 받는 측면적을 증대시키고 있으며 이러한 구조물 및 설비로 인하여 강한 횡풍에 의한 대경사가 발생할 우려가 있다. 특히 이중갑판형의 어선에서는 그 경향이 더욱 두드러지고 있어 이러한 어선은 GM치를 크게 취하지 않으면 안된다.

2) 착빙상태

우리나라 어선은 착빙 해난사고가 거의 없지만 이에 대한 연구 또한 거의 전무한 상태이다.

3) 고속 급선회에 따른 횡경사

시운전에서 급 선회를 할때에는 대경사를 일으키게되며 이때 중심이 상승하게 되므로 어선의 GM치를 크게 할 필요가 있다.

4) 입항시의 해난방지

강 하구의 항 또는 복잡한 항내를 입항시 항구진로의 불안정으로 인하여 전복이 발생하는 경우가 있다. 이는 전술의 추파 및 경사진 추파중을 항주할 때와 같이 연구대상이 된다.

5. 복원성능에 관한 관계법규

가. 우리나라의 관계법규에 대하여

1) 전현에 관하여 : 어선법 제29조 제2항에 의하여 선박안전법 시행규칙상의 연해구역 이상을 항행하는 길이 24미터 이상의 운반어선에 대하여는 어선 설비규칙 제 1033조 내지 제 1083조의 규칙에 의한 최소전현을 유지하도록 규제되어 있다.

2) 복원성 기준에 대하여 :

가) 복원성자료의 소지 의무: 총톤수 50톤 이상 어선은 어선법 시행령 제41조 제2항에 의하여 어선의 소유자는 처음으로 복원성 시험을 받는 어선에 대하여는 당해 어선이 충분한 복원성을 가지는데 필요한 자료를 작성하여 수산청장 또는 도지사(어선협회 위임)의 승인을 얻어 이를 선장에게 교부하여야 하며 어선을 수리함으로써 당해 자료내용을 변경할 필요가 있을 때도 자료를 작성하여 수산청장 또는 도지사(어선협회)의 승인을 득하여 선장에 교부하도록 되어 있다.

나) 복원성 기준

어선의 복원성능은 어떠한 상태에 있어서도 다음 산식의 수치가상의 횡 METACENTER 높이(GM)를 가져야 한다.

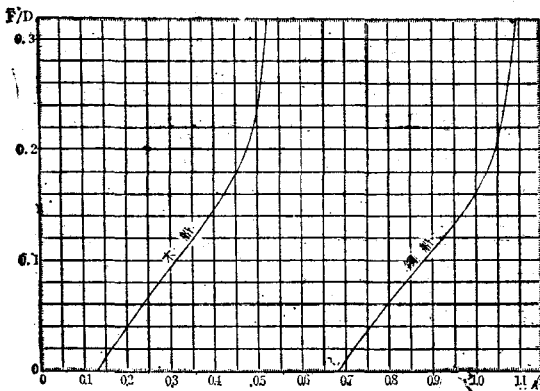
$$GM \geq 0.04B + \alpha \times \frac{B}{D} - \beta$$

(B/D < 2일 때는 B/D = 2로 한다)

B: 선체 최광부에 있어서 늑골외면의 선포

α : 0.54(강선), 0.28(목선)

β : 아래 그림 4 참조



(그림 4) F: 전현, D: 배의 깊이

다) 문제점: 24미터 이하의 일반어선(운반어선을 제외한 모든 어선)의 최소전현에 대한 관계규정 및 총톤수 50톤 이하의 소형어선에 대한 복원성능의 기준이 없다.

나. 일본의 관계법에 관하여: 우리나라 관계법규와 대동소이하나 어선의 복원성능을 확보하기 위하여 어선이 출항시에 유지하여야 할 최소전현이 법제화 되어있고 또한 어선의 안전에 관한 기준이 설정되어 있다.

1) 전현은 아래 산식에 의한 수치 이상이어야 한다. (단, 깊이 6미터이하) $\frac{D}{15} + 0.20(M)$

상기 산식에서 V_0/V_0 가 강선에서는 0.45, 목선에서는 0.50을 초과하는 어선에서는

$\frac{V_0 - cV_0}{A_0}$ 값을 1)의 산식에서 감하여야 한다.

단, 0.08을 초과 할 수 없다.

위산식에서

c: 강선에서는 0.45, 목선은 0.50

V_0 : 전현이 0인 홀수에서 배수용적

A_0 : 전현이 0인 홀수에서 수선면적

V_c : 상갑판상 구조물의 용적합계와 $\frac{1}{6}(S_a +$

$S_f)A_0$ 산식의 값의 합계

S_f : 선수에서의 현호

S_a : 선미에서의 현호

2) 깊이 6미터 이상 어선의 전현은 $\frac{D}{10}$ 의 기준에다 1) 항의 수정치를 감한 것으로 규정되어 있다.

3) 횡 METACENTER 높이는: 우리나라의 복원성 기준과 동일하다.

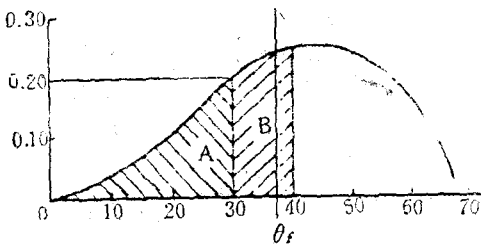
4) 정적 횡경사의 한도의 규제: 어선이 조업함에 따라 어정(漁艇) 및 어망등을 조작하는 경우 대각도의 경사를 일으키게 되어 상갑판에 해수가 들어와 복원성이 소실되므로 어선의 정적 횡경사도는 12도 이내가 되어야 하며 이 경사에 의하여 상갑판의 현단이 수선하부로 몰입되어서는 아니 되도록 되어 있다.

5) 재화물의 이동방지에 대한 규제: 어선이 조업함에 따라 어창내의 어획물 또는 갑판상의 어구등이 어선의 동요에 따라 어선의 횡방향으로 이동하게 되므로 복원성을 상실하게 되는 요인이 되어 이를 방지할 수 있는 설비를 갖도록 규제되어 있다.

다. 국제조약에 관하여: 1977년 3월 7일부터 4월 2일까지 SPAIN 국 TERREMOLINOS 에서 세계 46개국과 기타 관련기관이 참석 IMCO (INTERGOVERNMENTAL MARITIME CONSULTATIVE ORGANIZATION) 주관하에 어선안전조약 국제회의가 개최되어 어선의 안전에 관한 TERREMOLINOS 국제조약이 채택되었

으며 이 국제조약은 가입국의 15개국이 동의를 하고 전세계 24미터 이상 어선의 선복량의 50% 이상을 차지한 후로부터 12개월 후에 발효되며 79년 12월 현재 프랑스, 북예멘, 동독, 노르웨이, 스페인등 5개국이 동의하였다.

1) 복원성 기준 : 정적복원정곡선에 의하여 설명하면



(그림 5) 경사각

가) GZ곡선에서 경사각도 30°까지의 면적이 0.055 M-rad 이상 일것

$$(A \geq 0.55(m-rad))$$

나) 경사각도 40° 혹은 해수 유입각도까지의 면적이 0.09m-rad 이상 일것

$$(A+B \geq 0.09(m-rad))$$

다) 경사각도 30°에서 40°, 혹은 해수 유입각까지의 면적이 0.03m-rad 이상일것

$$(B \geq 0.03(m-rad))$$

라) 최대 복원성이 경사각 25° 이상에서 생겨야 하며 30° 이상에서 생기는것이 더욱더 좋다.

마) GM의 값은 단갑판선(SINGLE DECK VESSELS)에서는 350밀리미터 이상이어야 하며 전통선루선 혹은 70미터 이상 어선에서는 당해관청의 인정하에 150밀리미터 까지 감하여도 좋다고 되어있다.

2) 상기 복원성기준 이외에도 어창의 일부가 침수 될 경우와 조업방법에 의하여 야기될 수 있는 외력, 돌풍, 풍요, 갑판상의 유동수영항 및 착빙상태에 대하여도 언급되어 있다.

3) 재화상태의 구분은 아래 4가지의 표준상태를 정하고 있다.

가) 만재출항상태 : 연료유, 식량등 100%의 소비품 적재와 창고품, 얼음, 어구등도 탑재한 상태

나) 만재어장발상태 : 어획물을 만제한 상태

다) 만재입항상태 (1) : 어창에 어획물이 만재되어 있고 연료유, 청수등 소비품이 10% 적재되어 있는 상태.

라) 만재입항상태 (2) : 어창에 어획물이 20% 적재되어 있고 소비품이 10% 적재된 상태로 구분되어 있다.

6. 결 론

우리나라의 안전기준은 복원성능에 대하여는 GM치에 의하여 복원성의 양부(良否)를 판가름 하게 되어있고 또한 이는 총톤수 50톤이상의 어선에 한하도록 되어 있으므로 사고가 가장 많이 발생하는 소형어선에 대한 규제가 불가능하게 되어 있으며 재화기준인 최소건현에 관한 사항도 앞에서 지적한 바와 같이 길이 24미터이상 운반어선에 한하여 제정되어 있는 정도이므로 최소한 조선공업진흥법에 저촉되는 총톤수 20톤 이상 어선에 적용할 수 있는 안전성에 관한 기준을 제정할 필요가 있다. 이 안전성 기준에는 최소건현치, GM치, GZ치의 최소한과 선내 어획물 및 어구 등의 횡이동에 의한 복원력소실을 방지 할 수 있는 방안과 돌풍 등의 외력에 의한 복원력소실을 방지할 수 있는 방안 등을 포함 하여야 할 것이다.

어선건조시는 어떠한 기상상태 및 재화상태에서도 최소한의 복원성능을 가질 수 있도록 어업의 종류, 사용어구, 어선의 규모 등을 고려하여 조업실태에 적합한 복원성능이 있는가를 필히 검토한 후 건조토록 하여야 하며 기 제정된 표준설계도를 널리 보급하여 실제 운항 및 조업시에서 얻은 자료를 토대로 최적의 표준설계도가 되도록 연구발전 시켜야 할 것이다.