

소형어선의 복원성 기준에 관한 고찰

김 주 남/한국선박안전기술원 마산지부장

제1장 서 론

선박의 분류에서 어선은 특수선 즉 작업선에 가까우며 따라서 어선의 안정성에 대하여는 어로작업조건에 따라 매우 다양하게 변화한다. 98년 어선세력은 81,000척이며 20톤미만은 75,447척으로 약 93%에 해당된다.

95년~98년도 어선사고 현황중 총 1,488척에서 20톤 미만이 289척으로 19.4%이며 복원성 상실에 기인했다고 생각되는 침수 및 전복의 경우 총 254척중 20톤미만이 98척으로 약 39%이다. 또한 복원성능의 원인으로 위험한 상태에 빠졌던 소형어선은 통계에 나타나지 않지만 상당수 있을 것으로 예상된다.

그러나 소형어선(20톤미만)의 복원성능에 대한 문제는 검토기준이 없다는 것 보다도 소형어선의 현실적인 문제, 즉 건조시 제조검사 대상이 아닌 어선은 관련 도면이 없고 도면이 있다고 하여도 최소한의 기본 도면만 있을 뿐이다. 건조조선소도 기술적인 측면에서도 복원성능을 검토할 수 있는 능력이 없고 제반자료의 수집이 매우 어려운데 있다.

이러한 현실을 감안하여 최소의 실선계측 가

능한 인자를 가지고 복원성능을 판정할 수 있는 기준을 설정하여 표준어선형으로 고시된 10척을 대상(Table 1 참조)으로 하여 검토 적용하고 이를 분석하여 소형어선의 복원성 기준을 고찰해 보기로 한다.

제2장 본 론

제1절 복원성기준 설정방향

1. 기본방침

국내에서는 소형어선의 복원성 판정기준에 관한 규정이 없으나 일본의 경우 70년도에 실적선의 검토자료 분석에 의한 “소형어선 안전기준 설정사업”에 의거 동력어선의 성능기준과 소형선박검사기구에서는 소형어선 안전규칙에 관한 세칙이 있어 정적인 상태에서의 횡메타센터 높이기준, 정적 횡경사의 제한, 건현기준 동요 시험에 의한 간이판정기준, 고속선회시 횡경사 등을 검토하고 있다. 최근 소형어선의 고속화에 따라 정적인 상태에서의 GM값 보다는 동적인 상태, 선회 및 항해시 횡파 및 추파에 의한 선수

〈Table 1〉 적용점토 대상선박 요목

구분 항목	1.71톤급 동해안 유자망	1.99톤급 서해안 유자망	2.9톤급 동해안 유자망	2.99톤급 동해안 채낚기	4.99톤급 남해안 연안연승
규모(G/T)	1.71	1.99	2.99	2.99	4.99
주요촌법L	7.80	8.70	8.70	8.80	10.90
(m)B	1.90	2.20	2.40	2.40	2.80
D	0.70	0.70	0.84	0.86	1.00
d	0.789	0.639	0.820	0.914	0.886
(dm)	(0.539)	(0.439)	(0.57)	(0.664)	(0.636)
선원수(명)	2	2	2	2	2
속력(Knot)	15	15	17	13	15
구분 항목	4.9톤급 서해안 유자망	7.93톤급 서해안 유자망	7.93톤급 남해안 유자망	16톤급 근해 유자망	19톤급 근해 채낚기
규모(G/T)	4.99	7.93	7.93	16	19
주요촌법L	10.80	13.00	12.80	16.00	18.50
(m)B	2.86	3.20	3.20	4.00	4.00
D	1.02	1.20	1.22	1.65	1.75
d	0.851	1.009	1.117	1.20	1.67
(dm)	(0.671)	(0.659)	(0.767)	(1.00)	(1.37)
선원수(명)	4	3	3	7	20
속력(Knot)	15	15	14	7.9	9.5

동요등을 감안한 GZ값에 의한 판정기준이 현실성 있다고 판단된다.

여기서 복원성 기준의 설정 방향으로서 고려되어야 할 점은 다음과 같다.

(1) 소형어선이기 때문에 복원성능은 운용에 의해 크게 지배된다.

어선고유의 성능으로 볼 때 안전성을 보증하는 것은 가능하지 않다.

(2) 대부분의 소형어선은 조업구역이 가깝고 황천시에는 피항하는 것을 전제로 조업하고 있다. 따라서 전천후형의 성능을 요구할 필요는 없는 경우가 많다.

(3) 최근의 소형어선은 일반적으로 고속으로서 한편으로는 황천시의 자유도가 증가해 안전성을 높이고 있지만 반면에 선수동요가 발생되므로 추파중의 복원성에 대하여 배려할 필요가 있다.

(4) 소형어선은 복원성 판정을 하기 위하여 선도등의 상세한 data를 기대하는 것이 곤란하므로 실선 계측 가능한 값을 근거로 판정할 필요가 있다.

(5) 건조후의 계측시에는 어구 및 기타의 탑재가 끝나지 않는 상태가 많고 통상의 조업상태에 있어서 홀수 추정이 대부분 곤란할 경우가 많다. 이상과 같은 제조건을 고려하여 복원성 판정기준은 다음과 같은 개념을 기본으로 하여 작성하였다.

- ◆ 현저하게 복원성이 나빠서 조업, 조선에 충분히 주의를 하여도 안전성에 문제가 있는 배는 배제하는 것으로 한다.
- ◆ 소형어선은 Bulwark형과 갑판형으로 나누어서 대부분의 소형어선이 속한 Bulwark형에 대하여 간이복원성 판정식을 제안하였다. 또한 Bulwark형에 있어서는

Bulwark가 복원성능에 기여하는 것을 인정한다.

- ◆ 갑판형 소형어선은 상세 계산에 의거 판정하도록 한다.
- ◆ 횡파, 종파에서의 복원성을 규정하여 횡파에 대하여는 C계수의 개념을 이용한다.
- ◆ 실선계측시 홀수가 매우 적은 경우는 필요한 수정을 행한다.

2. 복원성 기준안의 특징

복원성 검토대상어선 10척의 선형은 모두 Hard Chine Type으로서 국내 소형어선의 대표적인 선형이다. 논하고자 하는 복원성 기준은 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

(1) 소형어선을 크게 2가지의 범주로 분류했다.

Bulwark형과 갑판형의 2종류로 분류했으며 Bulwark형 어선이란 『갑판상에 물을 배출해야 할 만큼 대량의 해수가 들어오지 않는 어선』으로서 다음의 조건을 만족하는 어선을 말한다.

- ◆ 종업제한구역이 100해리 이내일 것.
- ◆ 방수구의 편현면적의 합계가 어느 기준치 이하로 되어 있을 것.
- ◆ Bulwark형 상단과 수면의 거리가 어느 기준치 이상으로 되어 있을 것.

(2) Bulwark형 어선에 대하여는 본 기준을 적용할 수 있다. 상세한 복원력 계산을 대신하여 실선조사에 따라 비교적 용이한 계측 가능한 11개의 계측치에 의해 복원성 기준의 합격여부를 판정하도록 하였다.

(3) 종파기준을 도입했다.

여객선을 대상으로 한 복원성 기준에 의거한 같은 방식으로서 횡파기준 이외에 소형어선이 비교적 고속으로 운항하고 있는 실태를 고려해

서 추파(종파)에서의 복원력 감소를 감안한 종파기준을 도입했다. 이것은 지금까지의 복원성 기준에서 고려하지 않았던 새로운 개념을 기초로 한 것이다.

3. Bulwark형 어선의 정의

Bulwark형 어선은 앞에서 서술한 바와 같이 보통 뜻밖의 만나는 황천시의 풍랑에 대해서 Bulwark 상단을 초과해서 해수가 들어오는 것이 많지 않다고 생각했다. 소형어선의 대부분이 복원력의 상당부분을 Bulwark(Bulwark 장출을 포함)에 의지하고 있는 것으로 사료된다.

그래서 이런 사고방식을 구체화하기 위해 조업해역(종업제한), Bulwark 높이 및 방수구 면적의 3요소를 착안해 Bulwark형 어선의 요건으로서 다음의 3조건을 도입했다. 또한 이로부터 3조건을 모두 만족하는 것을 Bulwark형이라 하고 하나라도 조건을 만족하지 않는 것을 갑판형으로 하고 갑판형에 대해서는 통상의 복원력 계산에 근거하여 판정기준을 고려하는 것으로 하였다.

요건 1. 종업제한

어선의 출어해역이 먼거리 일수록 심한 황천을 만나는 확률이 높게 되고 다량의 해수 침입의 빈도도 높게 되는 것을 예상할 수 있다. 여기서 요건 1로서는 100해리를 초과해서 출어하는 것이 아닌 종업제한을 말한다.

요건 2. 방수구 면적

Bulwark형 어선을 상단까지가 복원력에 기여하는 것으로 생각할 수 있기 때문에 Bulwark부에 커다란 방수구 등의 개구가 있는 경우는 Bulwark부를 복원력에 삽입하는 합리적 근거

〈Table 2〉연안어선 방수구 면적

배의 길이(m)	배수구의 한쪽현의 합계(m ²)	비 고
8이하	25	배의 길이가 이 표와 다를 경우 배수구의 면적은 직선보간법에 의하여 산정한다.
9	33	
10	45	
11	60	
12	77	
13	95	
14	113	
15	130	

를 잃기 때문에 방수구 면적에 대해서 검토했다. 기존의 소형어선의 자료에 의해 편현 방수구 면적(A)와 L, H(L : 선의 길이, H : 상갑판상의 실제 Bulwark 높이 불균일의 경우는 평균치)의 관계를 조사한 결과 방수구는 갑판상에 들어오는 해수를 빠르게 방수하기 위해 그 면적이 크다고 생각해서 그 한계를 $A=0.0175 L \cdot H$ 로 정해서 Bulwark형의 요건으로서는 $A < 0.0175 L \cdot H$ 로 했다. 연안어선설비기준의 방수구 면적은 이를 만족하고 있으며 길이별 방수구의 면적의 〈Table 2〉과 같다.

요건 3. Bulwark 높이

갑판상으로 해수침입은 수면과 Bulwark 상단의 거리, 동요, 파고 등에 관계가 있다. 여기서 동요를 고려하지 않은 경우가 해수 유입 방지상으로는 최저치를 부여하는 것으로 생각할 수 있다. 그래서 배의 길이와 같은 파장의 종파 중에서의 정적상태를 상정해서 Bulwark을 초과하여 해수가 유입할 때의 파조도를 다음 식으로 검토했다.

$$F+H-B/20=\lambda/n=L/n, \text{ 파장}(\lambda)=L$$

F : 정수중의 건현

H : Bulwark의 높이(제한치에 대하여는

Fig. 1 참조)

B : 선의 폭

이 식에서 B/20은 선의 횡방향의 경사 불균형 및 다소의 동요에 의한 정경사를 0.1 Radian정도 생각했던 건현 감소량으로서 상정상태의 해수침입에 대해서 일종의 여유분으로 생각할 수 있다.

이와 같이 상기 식의 좌변은 해수침입에 대한 유효건현이다. 실선조사자료에 의해 배의 길이 L와 n의 관계를 조사한 결과 소형어선의 대부분이 속해있는 길이 20m이하에서는 n의 값은 20이하에 알맞게 들어가는 것으로 판정됐다. Bulwark형 요건으로서는 $n=20$ 으로 $F+H-B/20 \geq L/20$ 로 했다. 또한 n이 20이라고 하는 것은 파조도 0.1에 상당해서 길이 20m의 선에서는 파고 2m의 파를 상정했던 것으로 된다.

그런데 상식의 좌변은 Bulwark 높이 H을 크게 하면 요건 3을 만족하는 것은 비교적 용이하다. 여기서 H에 대해서는 상한값을 설정하는 것으로 해서 기존선의 H와 B의 관계로부터 H의 상한값으로서 $B/2 \tan 30^\circ$ 까지 어선설비 규칙의 Bulwark 높이 제한치 1.1m을 기준으로 해서 위의 식을 이용한 H로서는

실계측 값

$$B/2 \tan 30^\circ$$

1.1m

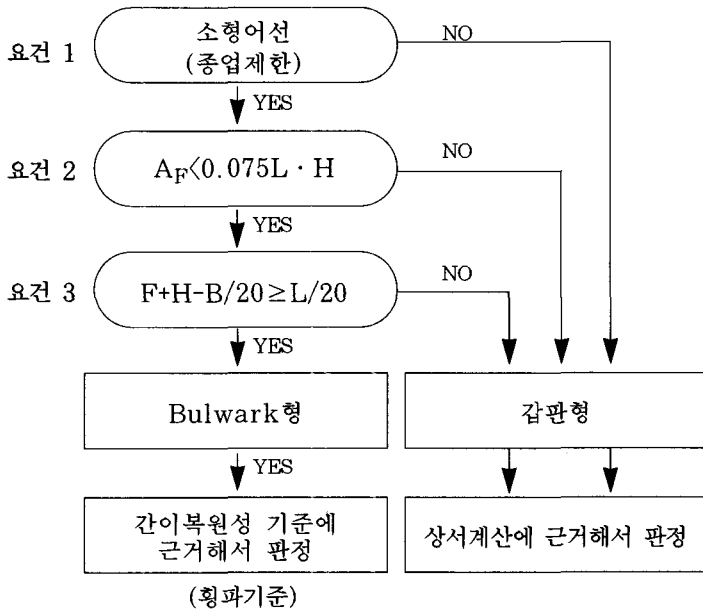
이하 H는 유효 Bulwark 높이라 한다.

제2절 복원성 판정기준

1. 소형어선의 간이 복원성 기준(횡파기준)

선박복원성 기준에서는 여객선을 대상으로 한 복원성 규칙이 정해져 있다. 이것은 선박의

〈Fig. 1〉 Bulwark형의 정의



(기 호)

- A_F : 편현의 방수구의 합계면적(m^2)
- L : 선길이(m)
- H_0 : 상갑판상 Bulwark의 높이균일하지않는 경우 평균치(m)
- $F = D - (D - F_0) \cdot (1 + m_1 + m_2 + m_3)$ (m)
- F_0 : 계측시의 편현(m)
- D : 선의 깊이(m)
- $H = \min \begin{matrix} 1.10(m) \\ B/3.46(m) \\ H_0(m) \end{matrix}$
- B : 선폭(m)

황파, 횡바람 중 동조횡요시의 현상에 착안한 기준으로 최근 국제해사기구(IMO)에 있어서도 길이 24m이상의 여객선 및 화물선, 길이 45m 이상의 어선을 대상으로 선박복원성 기준과 같은 사고방식에 의거 소위 weather criterion을 종합하였다.

그런데 소형어선에 대하여도 황파, 횡파중의 동조횡요에 근거한 전복의 가능성이 있다. 그래서 20톤 미만의 소형어선에 대하여도 이 개념을 도입하는 것으로 하였다. 이 기준은 횡파중의 현상을 상징하는 것으로부터 후에 서술한 종파기준을 비교해서 횡파기준이라 칭하였다.

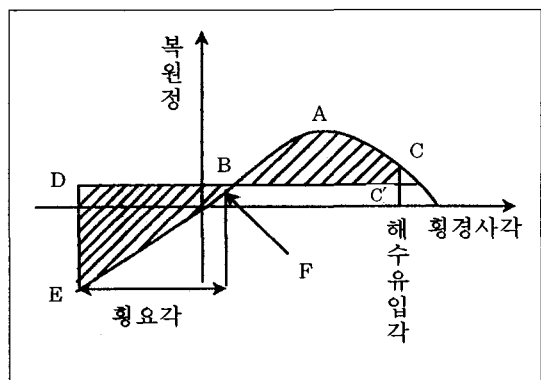
선박복원성 기준에 표시된 횡파기준의 요건은 〈Fig. 2〉에 표시한 것과 같이 선의 복원력 곡선 경사우력에서 해수유입각 및 횡요각등의 크기와 관련되어 구체적 요건으로서는 (면적 $ABC'C$) \geq (면적 BDE)로 된다.

또한 경사우력에서는 횡바람에 의한 정상 경

사우력에서의 1.5배의 값을 채용하고 있다. 실제로 이 요건을 판정하는 경우에는 앞에서 서술한 제 수치가 필요하게 된다.

그런데 기존선 실태조사결과 등을 종합하면 이것으로부터 제 수치를 엄밀히 구하는 것은 다음에 표시한 이유에 의해 매우 곤란한 것으로 판단된다.

〈Fig. 2〉 횡파기준의 개념도



- ◆ 기준의 적용대상이 되는 소형어선에서는 선도 등의 기본적 도면의 정비가 충분하지 않다.
- ◆ 현 상황에서는 소형어선을 건조하는 조선소에 대형선박과 같은 정도의 상세 계산을 의무적으로 부가하기 곤란하다. 그래서 횡파기준의 판정에 필요한 제수치들 간이적으로 추정하는 방법을 검토했다. 실제로 현장에서 계측해서 용이하게 얻을 수 있는 최소 필요한 수치로서 판정이 가능한 방법을 모색했다.

(1) 선형요소

소형어선의 대다수는 Bulwark 장출을 갖는 Hard Chine 선형으로 되어 있으므로 그림에 표시되어 있는 중앙단면형상을 갖는 2차원 모델(길이 L)을 결정하는 것은 최소한 <Fig. 3>에 표시한 f 및 d를 제외한 6개의 수치가 필요하다.

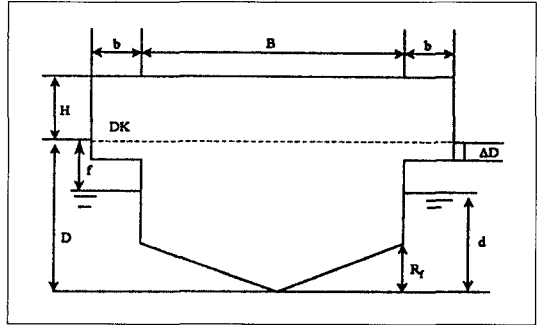
이러한 수치 중에 R_f 를 제외하면 비교적 용이하게 현장에서 실측하는 것이 가능하다. <Fig. 3>에서 ΔD 는 상갑판으로부터의 Bulwark장출 저부까지의 거리를 표시해서 상갑판으로부터 상방 +, 하방을 -로 하였다.

또한 Bulwark 장출부의 형상은 복원력곡선의 추정에 비교적 큰 영향을 주는 것으로 판명하였기 때문에 최종적으로 ΔD 라고 하는 수치가 도입되었다.

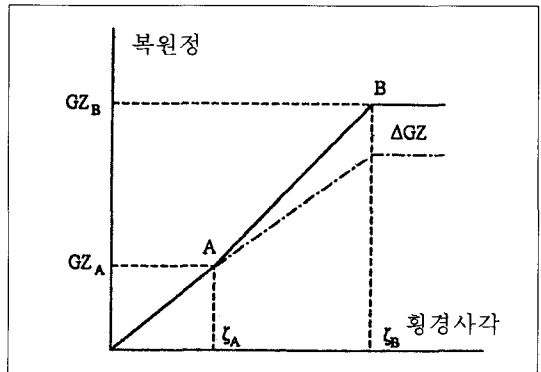
(2) 복원력 곡선의 추정

우선 횡파기준의 판정 기준이 되는 복원력 곡선의 추정법에 대하여 검토했다. Bulwark부를 포함한 복원력 곡선은 <Fig. 4>에 표시한 모양으로 거의 대부분의 경우 Bulwark 상단이 물에 잠기는 각도까지는 직선이 굴곡 되는 선까

<Fig. 3> 중앙횡단면형상의 모델화 ($\Delta D < 0$)



<Fig. 4> GZ곡선의 추정모델



지 거의 같다고 판정된다. 여기서 복원력 곡선은 <Fig. 4>에 표시한 그 2개의 굴곡한 선에서 비슷한 것으로 되고 이것을 결정하는 데 필요한 A, B점을 추정하는 것으로 하였다.

A점에 대해서는 ζ_A 가 있는 각도이내에 있으면 GM을 이용해서 $GZ_A = GM \cdot \sin \zeta_A \approx GM \zeta_A$ 에 비슷할 수 있다. B점에 대해서는 $GZ_B = GM \cdot \zeta_B + \Delta GZ$ 에 유사한 것으로 되어서 ΔGZ 에 대해서 상세 실태조사 결과의 복원력 곡선의 자료로부터 회귀분석 되어진 수정치를 받아서 수식을 이용하였다.

ΔGZ 의 산출식은 Bulwark 장출에서의 유무로 다르게 한다. 또한 ζ_A ζ_B 에 대하여는 홀수

가 주어지게 되면 (1)에 서술한 2차모델의 엄밀한 계산으로부터 구할 수가 있다. 또 ζ_B 에 대하여는 기존선 실태조사 결과와 비교해서 2차원적으로 구할 수 있던 값을 보정해서 했다. 구체적인 수치 및 수식에 관한 설명은 <Fig. 6>에 표시했다.

(3) GM의 추정

초기 복원력 GM은 실선계측시에 동요시험을 행하여 그 횡요주기(T)로부터 다음의 관계식을 이용해서 추정하는 것으로 하였다.

$$K/B = \frac{T \times \sqrt{GM}}{2.01 \times B}$$

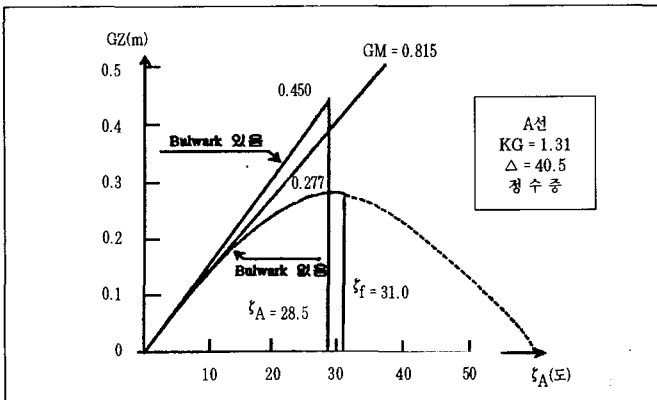
기존선 실태조사 결과로부터 K/B의 평균치를 구하면 0.504가 되므로

$$K/B = \frac{T \times \sqrt{GM}}{2.01 \times B} \approx 0.504$$

$$\therefore GM \approx (B/T)^2$$

으로 수정하는 것으로 했다. 또 계측시의 상태가 만재출항상태와 다른 경우에는 홀수에 의한 수정을 행하는 것으로 하였다.

<Fig. 5> A선의 정수중에 있어서 GZ곡선



(4) 동조횡요각 및 정상풍에 의한 횡경사우력 추정

동조횡요각(ζ_H)은 실험결과 등을 참고해서 $\zeta_H = 20.3$ 도로 하였다. 정상풍에 대한 횡경사우력(l_w)은 기존선 실태조사 결과의 풍압면적과 풍압중심과 수선면하 수압중심의 거리를 이용해서 풍속 15m/s 상당의 경사우력으로서

$$l_w = 0.0171 \cdot \frac{As \cdot Hs}{W}$$

을 구해서 이 값과 선의 깊이 D, 실제의 높이 H 및 홀수 d의 관계를 정리해서

$$l_w = (D+H_0) (0.026 D/d - 0.019)$$

의 관계식을 유도하였다.

(5) 만재출항상태의 홀수 추정

복원성 기준이 만재 출항상태를 가정하고 있는 것으로부터 만재출항상태에서의 계측을 원하고 싶지만 보통은 이 조건을 만족하는 것으로 할 수 없다. 그래서 소형어선의 홀수변화에 관계하는 요인으로서 연료유, 어구 및 얼음을 감안해서 실제조사의 결과로부터 이러한 요인의 홀수 변화에 미치는 영향을 조사했다.

$$d_F = d_0 (1 + m_1 + m_2 + m_3)$$

d_0 : 계측시의 홀수

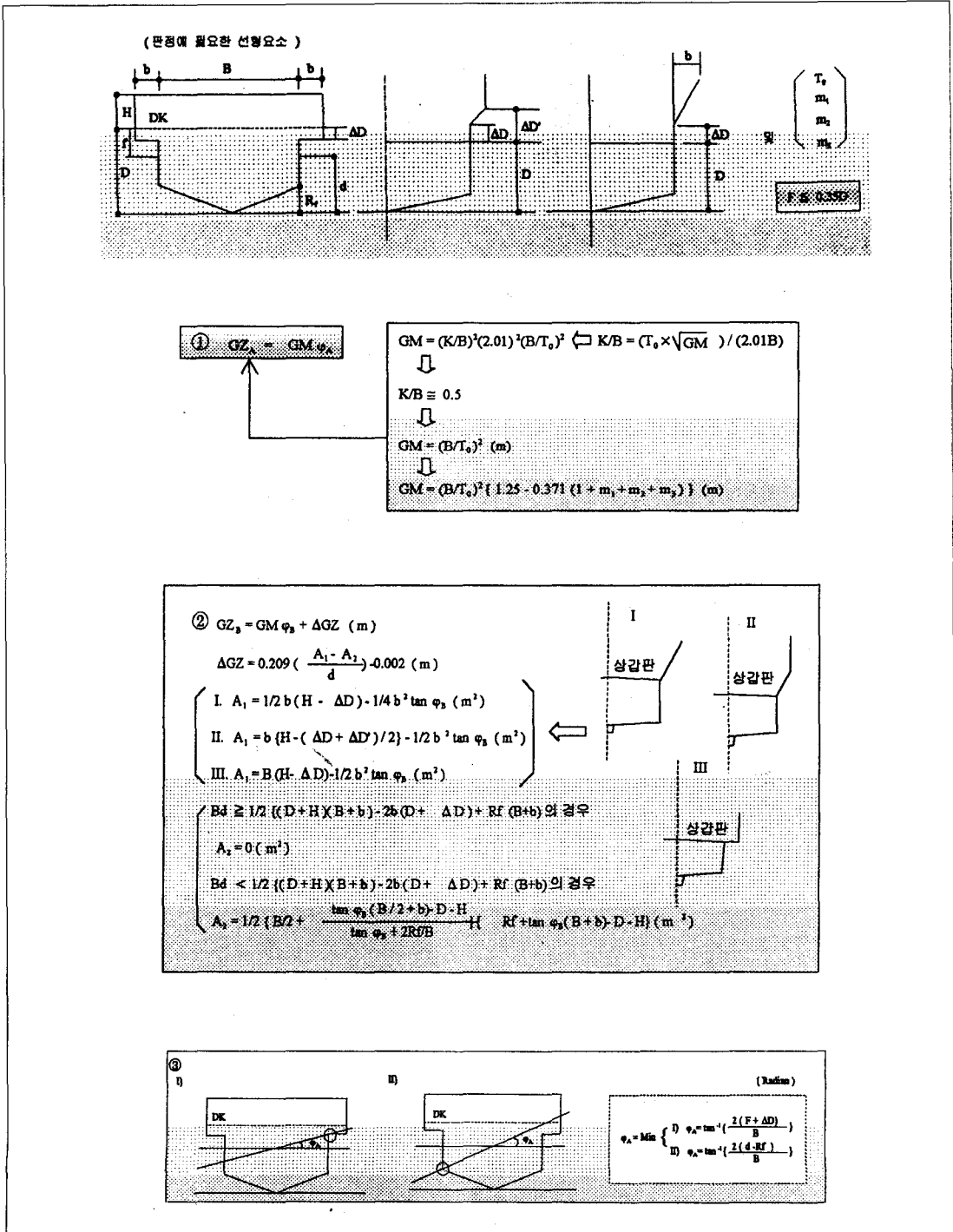
m_1 : 연료유에의 한 영향

m_2 : 어구에의 한 영향

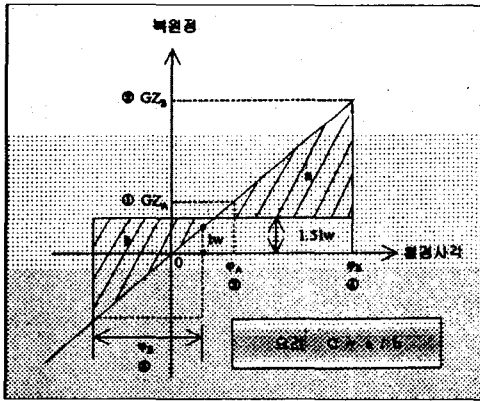
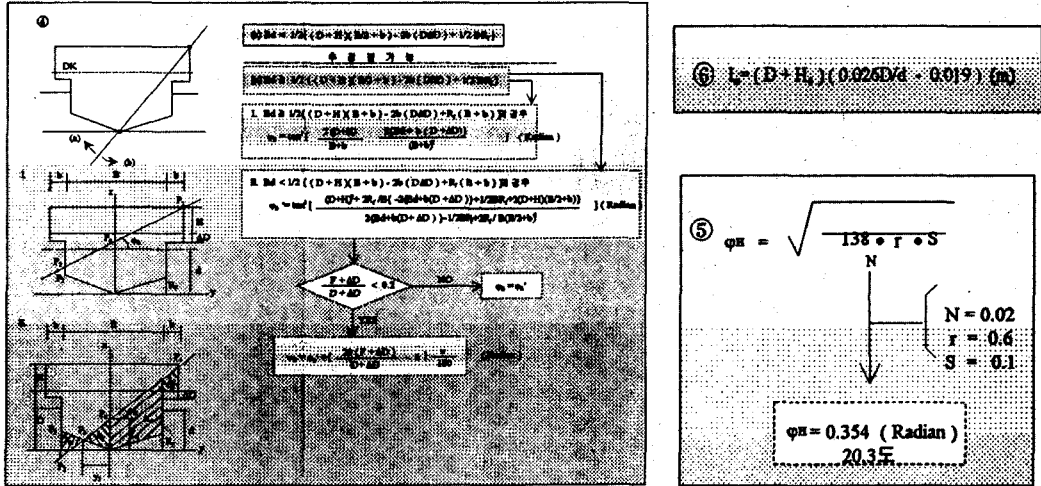
m_3 : 얼음에의 한 영향(미끼에 의한 영향)

의 모양을 가정해서 m_1, m_2, m_3 의 값을 결정했다. 이상에서 횡파기준을 계산하는 것에 필요한 계수치를 구하는 것이 되었다. 횡파기준에 관한 추정 개요는 <Fig. 6>에 표시하였다.

<Fig.6> 간이 복원성 기준의 개요



<Fig.6> 간이 복원성 기준의 개요



2. 종파기준

소형어선은 비교적 고속으로 운항되어 실태 조사의 결과 F_N 수로서 0.4 이상이 된다. 이러한 고속에서 추파중을 항주하는 경우 파와 마주치는 주기가 길고 파랑중의 복원력이 감소상태가 길게 연속되어 위험한 상태가 될 가능성이 있다. 그래서 추파중의 복원력 현상에 착안한 복원성 기준을 검토하는 것으로 했다. 이 계산수법을 이용해서 상세 실태 조사된 자료에 의거하여 상세 계산을 실시해서 추파중의 복원

력 감소량(ΔGM)을 구하고 다음의 관계식을 도입했다.

$$\Delta GM = 0 \quad \begin{cases} bB \geq 0.08 \\ 0.093B - 1.16b < 0.08 \end{cases}$$

다음에 종파기준의 지표로서는 경사우력으로서의 다음의 3가지를 검토했다.

- ◆ 갑판상에 들어오는 해수에 의한 경사 모멘트
- ◆ 조타에 의한 초기 경사 모멘트
- ◆ 정상선회시의 경사 모멘트

이러한 검토결과 정상선회시의 경사 모멘트가 최대가 크게 되는 값을 지표로 해서 채용하는 것으로 했다. 최종적으로 종파기준의 경사우력을 $0.08(D-d)/2$ 로 했다.

그래서 종파기준의 개념은 파장이 배의 길이와 같아서 파고가 $L/10$ (파조도는 0.1이 된다)의 파와 병진상태를 상정해서 그 상태에 있어서 복원력 감소분을 감안한 복원력 상태에 있어서 지표로 된 정상선회 중의 경사우력이 작용하여

도 Bulwark 상단(여기서는 신체중앙부로 생각했다)을 초과해 해수가 들어오지 않는 요건으로 생각할 수 있다.

구체적 수식으로 표현하면 종파중의 선체중앙부의 Bulwark 상단이 해수에 침입각도를 ζ_{BI} 로 하면 2차 모델 계산에 의해

$$\zeta_{BI} = \tan^{-1} \frac{F+H-L/20}{B/2+b}$$

로서 ζ_{BI} 에 있어서 종파중의 복원력에서 종파중의 감소량 ΔGM 을 이용해서

$GZ_I = (GM - \Delta GM) \cdot \zeta_{BI}$ 로 추정할 수 있다.

그래서 정상선회중의 경사우력을 지표로 한 종파기준은

$$GZ_I > 0.08(D-d/2) \text{로 된다.}$$

제3절 대상어선 적용검토

대상어선 10척에 대한 제반 실선계측치는 도

면에서 구하였으며 GM값 역시 만재어장발 상태를 기준으로 하였다. 검토에 필요한 계측값은 <Table 3>와 같다.

제4절 결과 분석

제3절 검토결과에서 나타난 것과 같이 횡파기준에 대하여는 10척중 3톤 미만의 경우는 모두 불합격으로 나타났다. 종파기준에 대하여는 모두 만족하고 있으나 3톤미만 2척은 기준치와 유사하다.

횡파기준에서 3톤미만의 경우는 φ_B 의 값이 작기 때문이며 반대로 φ_B 를 크게 하기 위해 Bulwark 높이를 증가시켜야 하나 조업조건상 적합하지 못하므로 실질적으로 3톤미만은 적용에 문제가 있을 것으로 판단되며 조업지역이 육상에서 2~3시간 이내이므로 정적인 상태의 GM, 동요주기, 고속선회시 횡경사 등으로 검토하는 것이 타당하다고 판단되며 특히 고속선회시의 횡경사는 신중히 검토되어야 할 것이다.

<Table 3> 대상어선 계측자료

(m)

구분	L	B	D	d	b	f	R _f	H	GM
1.7톤 유자	7.80	1.90	0.70	0.539	0.15	0.161	0.20	0.40	0.247
1.9톤 유자	8.70	2.20	0.70	0.439	0.15	0.261	0.15	0.40	0.569
2.9톤 유자	8.70	2.40	0.84	0.570	0.17	0.270	0.18	0.40	0.433
2.9 채낚기	8.80	2.40	0.86	0.664	0.17	0.196	0.22	0.46	0.299
4.9톤 연승	10.90	2.80	1.00	0.636	0.22	0.364	0.30	0.50	0.737
4.9톤 유자	10.80	2.86	1.02	0.671	0.20	0.349	0.20	0.45	0.632
7.9톤 유자	13.00	3.20	1.20	0.659	0.23	0.541	0.30	0.70	0.671
7.9톤 연승	12.80	3.20	1.22	0.767	0.23	0.433	0.30	0.70	0.612
16톤 유자	16.00	4.00	1.65	1.000	0.25	0.650	0.30	0.60	0.760
19톤 채낚기	18.50	4.00	1.75	1.370	0.30	0.380	0.35	0.65	0.655

$$\Delta D = \Delta D' (\Delta D = 0, \Delta D' = 0)$$

계측된 자료에 의해 검토한 결과는 <Table 4>와 같다.

3톤이상의 대상어선 6척은 횡파 및 종파기준에 모두 합격이었다.

제3장 결 론

소형어선의 복원성 판정을 위해 검토대상어선 10척을 선정하여 제시된 복원성 판정기준에 적용검토 분석한 결과 적용대상 규모는 5톤이상, 선형은 Bulwark형으로서 실선계측 가능한 최소인자로서 안전성을 판정할 수 있는 횡파 및

종파개념이 도입된 기준이라고 할 수 있다.

그러나 제시된 기준의 도출과정에서 실선의 응용자료가 제한되었으며 10척을 기준으로 한 검토 역시 한계가 있으므로 향후 업종별, 규모별 지역별 특성을 감안하여 다수의 어선을 적용 검토한 결과에 의해 최종적인 수정보완이 필요하다고 생각된다.

이 기준이 소형어선의 안전조업에 조금이나마 도움이 되었으면 하는 마음에서 끝맺음을 하고자 한다.

〈Table 4〉 검토 결과 (횡파기준)

(m)

구 분	ϕ_A DEG (Rad)	ϕ_B DEG (Rad)	GZ ^A	GZ ^B	Δ GZ	$\frac{l_w}{0.5 l_w}$	a	b	c=a/b	판정
1.7톤 유자	9.6 (0.1675)	21.8 (0.3805)	0.041	0.095	0.0195	0.016 (0.024)	0.567	1.074	0.528	X
1.9톤 유자	13.4 (0.2339)	28.7 (0.5016)	0.139	0.299	0.0236	0.025 (0.038)	3.269	3.387	0.965	X
2.9톤 유자	12.7 (0.2216)	26.9 (0.4696)	0.096	0.203	0.0203	0.024 (0.036)	1.852	1.853	1.000	X
2.9톤 채낚기	9.2 (0.1606)	26.6 (0.4640)	0.048	0.139	0.0203	0.019 (0.029)	1.163	1.283	0.907	X
4.9톤 연승	13.5 (0.2356)	29.0 (0.5064)	0.174	0.373	0.0297	0.033 (0.050)	4.065	2.961	1.373	○
4.9톤 유자	13.7 (0.2396)	26.9 (0.4695)	0.151	0.297	0.0229	0.030 (0.045)	2.882	2.568	1.122	○
7.9톤 유자	12.6 (0.2199)	35.1 (0.6124)	0.148	0.411	0.0432	0.054 (0.081)	4.654	2.914	1.597	○
7.9톤 연승	15.8 (0.2757)	33.2 (0.5796)	0.169	0.355	0.0372	0.043 (0.065)	3.932	2.744	1.433	○
16톤 유자	18.0 (0.3141)	29.7 (0.5182)	0.239	0.357	0.0136	0.054 (0.081)	3.471	3.394	1.023	○
19톤 채낚기	10.6 (0.1780)	33.0 (0.5764)	0.121	0.378	0.0233	0.034 (0.051)	4.662	2.708	1.722	○

〈Table 5〉 검토 결과 (종파기준)

구 분	B_i DEG (Rad)	GZ ₁	GZ ₁	판정	구 분	B_i DEG (Rad)	GZ ₁	GZ ₁	판정
1.7톤 유자	8.8 (0.1536)	0.038	0.034	○	4.9톤 유자	9.0 (0.1521)	0.094	0.056	○
1.9톤 유자	10.2 (0.1780)	0.101	0.038	○	7.9톤 유자	17.9 (0.3124)	0.200	0.070	○
2.9톤 유자	9.7 (0.1693)	0.069	0.044	○	7.9톤 연승	15.1 (0.2635)	0.153	0.067	○
2.9톤 채낚기	9.0 (0.1571)	0.043	0.042	○	16톤 유자	11.3 (0.1972)	0.134	0.092	○
4.9톤 연승	11.1 (0.1937)	0.142	0.055	○	19톤 채낚기	15.9 (0.2775)	0.175	0.085	○