

낙시어선 건조실적 및 복원성능 고찰

이 희 준/선박검사기술협회 기술심사부

1. 서 론

낙시어선업법은 어민이 어한기에 낙시어선업에 종사할 수 있도록 함으로써 어업인의 소득증대에 기여할 목적으로 1995년 12월 29일 제정되었으며, 이후 꾸준히 낙시어선이 증가하여 어업인의 소득증대 및 일반인의 레저욕구에 부응하고 있다. 그러나 낙시어선은 선박에 대한 전문적인 지식이나 승선경험이 없는 일반인을 승선시키고 있으므로 선박의 안전성 확보에 더욱 유의를 하여야 함은 물론이다.

이에 따라 2000년 7월 29일 소형선박의구조 및설비기준이 해양수산부고시 제2000-51호로 최대탑재인원 산정방식을 개정하면서 동 기준 시행일 이후에 건조되어 개정규정에 따라 최대탑재인원을 승선시키고자 하는 낙시어선에 대하여는 한정연해 여객선에 준하는 구명설비 비치, 변소 및 핸드레일 등 승객의 편의 및 안전시설 설치, 무선국 및 출입항신고기관과 연락할 수 있는 통신기기 비치 등 관련 설비기준을 강화하는 동시에 최대탑재인원이 13인 이상인 경우 여객선에 준하는 최소한의 복원성을 유지하도록 한 바 있다. 즉, 이 개정 규정은 최대탑재인원을 신식(총톤수×2+3)에 의하여 산정된 정수의 범위내로 지정할 수 있도록 한 것으로서

총톤수 5톤 이상의 낙시어선이 이 개정 규정에 의한 최대탑재인원을 지정받는 경우 여객선에 준하는 복원성검사의 대상이 되게 된다.

본회에서는 1998년 일반선박의 검사업무를 수임하면서 본부의 기술심사부에서 여객선 및 길이 24미터 이상 선박의 설계도서를 심사하고 있으며, 또한 모든 선박의 복원성자료를 기술심사부에서 심사하고 있다. 이에 따라 2000년 7월 29일 소형선박의구조및설비기준 개정이후 개정 규정에 따른 최대탑재인원을 지정 받은 낙시어선의 복원성자료는 모두 기술심사부에서 검토한 것이며, 여기에서는 이들 복원성자료를 토대로 낙시어선의 건조실적과 복원성능을 고찰해 보고자 한다.

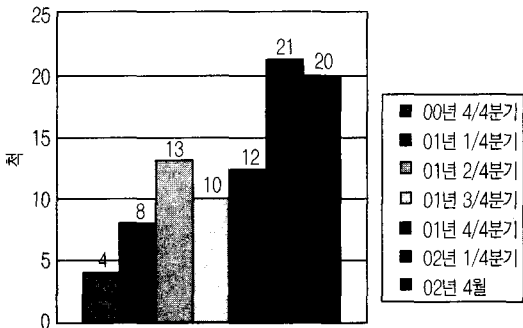
2. 낙시어선의 건조실적 분석

가. 건조동향

2000년 7월 29일 개정된 소형선박의구조및설비기준의 제66조 2항에 따라 최대탑재인원을 13인 이상 승선시키고자 하는 낙시어선으로서 여객선에 준하는 복원성검사를 받은 선박의 건조 실적은 금년 4월말까지 총 88척에 달하며

분기별 건조실적은 <그림 1>과 같다. <그림 1>에서 보는 바와 같이 2001년에는 분기별로 평균 11척이 건조되었으나, 금년에 들어와서는 1/4분기에 21척, 4월중에 20척으로 급격한 증가세를 보이고 있다. 또한 이들 실적을 톤급별로 분류해 보면 6톤급 2척, 7톤급 11척, 8톤급 10척, 9톤급 65척(9.77톤 64척)으로 9.77톤급이 건조실적의 73%를 차지하고 있다.

이와 같은 건조량 증가추세는 낚시어선에 대한 정부의 건조지원 및 면세유류 공급 등 정부의 어업인 소득증대를 위한 정책적 배려에 힘입은 바 큰 것으로 판단되며, 선박의 규모에 있어서는 최대탑재인원을 22명까지 승선시킬 수 있는 9.77톤급이 선호되고 있는 것으로 파악된다.



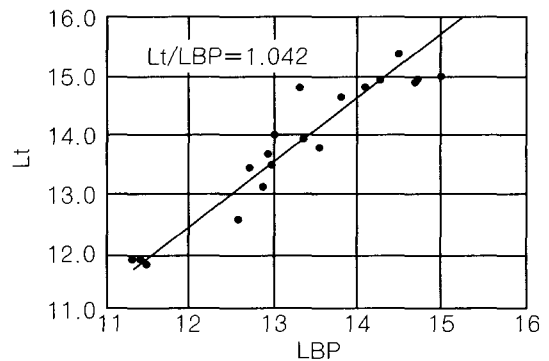
<그림 1> 분기별 낚시어선 건조실적

나. MOLD별 주요제원 등의 분석

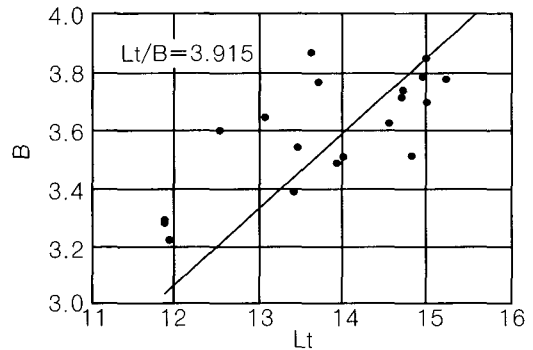
조사대상 88척의 낚시어선은 전국 23개 조선소에서 건조된 것으로, 건조실적 중 목선 3척을 제외한 FRP선 중에서 MOLD가 서로 다른 선박에 대하여 복원성 적용을 위한 항행구역, 최대탑재인원 및 주요제원 등과 경하중량(LWT), 경하중량중심(KG) 및 만재배수량을 조사한 결과를 정리하면 <표 1>과 같다.

또한 <표 1>의 내용 외에 이들 각 MOLD의 총톤수 측정길이(Lt), 측정길이 전후단 높이의 평균값(Ds) 등이 조사되었으며, 그 결과를 회귀분석한 결과는 <그림 2>로부터 <그림 6>까지와 같다. 이들 회귀분석 결과는 배의폭(B)과 깊

이(D)의 관계 또는 배의깊이(D)와 만재배수량(T)의 관계 등 일부 회귀도가 낮은 것도 나타나고 있으나, 조사대상 선박이 총톤수 5톤에서 10톤미만의 낚시어선을 대상으로 한 것으로서 특히 연안어선의 한계톤급인 9.77톤급이 조사대상의 73%가 되는 점 등을 감안할 때 동급 낚시어선의 선형의 경향을 참조할 수 있는 유용한 자료로 판단된다.



<그림 2> Lt와 LBP의 관계



<그림 3> Lt와 B의 관계

이들 조사대상 MOLD의 주요제원 등의 분석결과를 회귀분석에 따른 오차범위를 고려하여 정리하면 다음과 같다.

$$Lt/LBP = 1.042 \pm 0.03$$

$$Lt/B = 3.915 \pm 0.25$$

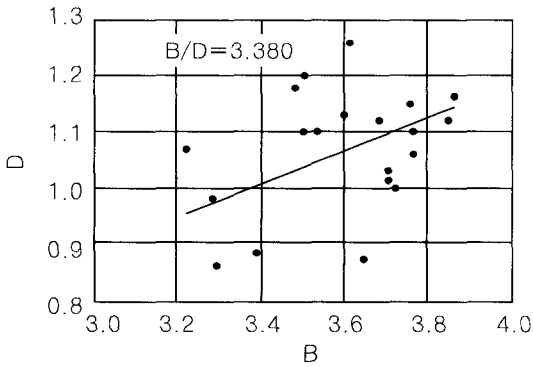
$$B/D = 3.380 \pm 0.35$$

$$Ds/D = 1.207 \pm 0.19$$

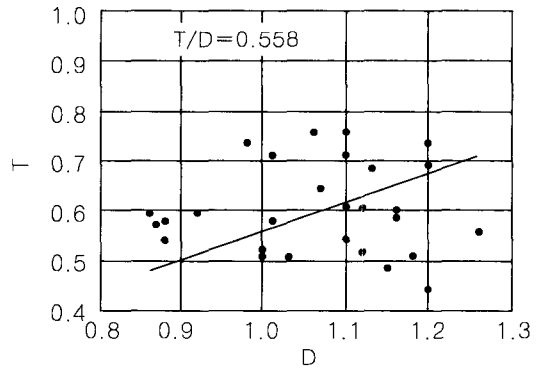
$$T/D = 0.558 \pm 0.16$$

〈표 1〉 선형별 주요제원 등

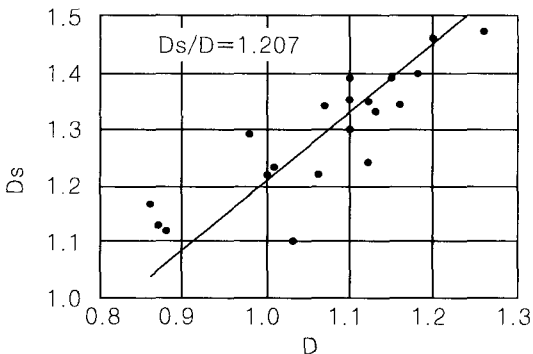
MOLD	톤급	항행 구역	최대탑재 인원(명)	LBP (m)	B (m)	D (m)	T (m)	주기관 (ps)	LWT (t)	KG (m)	만재 DISP(t)
A	9.77	한정연해	22	16.03	3.70	1.03	0.555	360×2	17.245	0.987	20.988
B	9.77	한정연해	19	14.10	3.72	1.00	0.514	600	14.705	1.042	18.397
C	9.77	한정연해	19	14.80	3.84	1.12	0.519	325×2	12.656	1.033	16.389
D	7.93	한정연해	17	12.70	3.39	0.88	0.515	412	11.231	0.776	14.828
D	8.55	한정연해	18	12.70	3.39	0.88	0.542	405	11.883	0.708	15.285
E	9.77	한정연해	19	13.30	3.70	1.01	0.581	420	15.184	1.012	19.128
F	9.77	한정연해	19	13.00	3.50	1.20	0.691	460	14.186	1.096	17.978
G	8.55	평수	19	12.86	3.64	0.87	0.443	480	10.732	0.812	14.150
H	9.77	한정연해	19	12.92	3.86	1.16	0.574	290×2	11.306	1.120	14.912
I	9.77	평수	19	13.34	3.48	1.18	0.601	600	10.819	1.123	13.789
J	9.77	한정연해	22	14.50	3.76	1.06	0.508	미상	11.554	1.048	17.108
K	9.77	한정연해	19	14.28	3.50	1.10	0.756	720	14.308	0.895	19.730
L	9.77	한정연해	19	12.56	3.60	1.13	0.709	340×2	13.170	0.963	17.716
M	6.51	한정연해	16	11.45	3.28	0.98	0.682	340	11.354	0.983	18.416
N	9.77	한정연해	19	13.55	3.75	1.15	0.735	365×2	14.411	1.062	20.269
O	7.93	평수	18	11.30	3.29	0.86	0.483	390	9.534	0.880	13.915
P	9.77	한정연해	19	12.96	3.53	1.10	0.597	488	11.272	0.995	14.462
Q	7.93	평수	18	11.38	3.22	1.07	0.602	480	8.806	0.982	11.770
R	9.77	한정연해	19	13.80	3.61	1.26	0.641	720	12.573	1.038	17.472
S	9.77	한정연해	22	14.76	3.76	1.10	0.554	325	12.777	1.071	17.972
T	9.77	한정연해	19	15.00	3.68	1.12	0.599	400×2	14.165	0.981	17.668



〈그림 4〉 B와 D의 관계



〈그림 6〉 D와 T의 관계

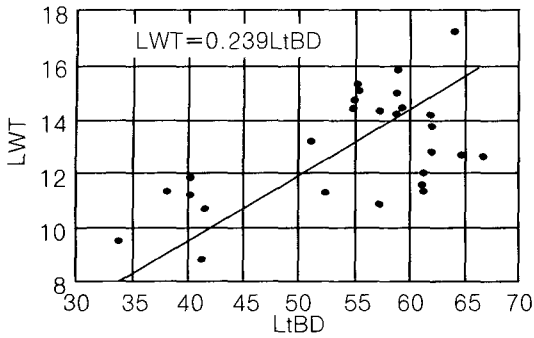


〈그림 5〉 D와 Ds의 관계

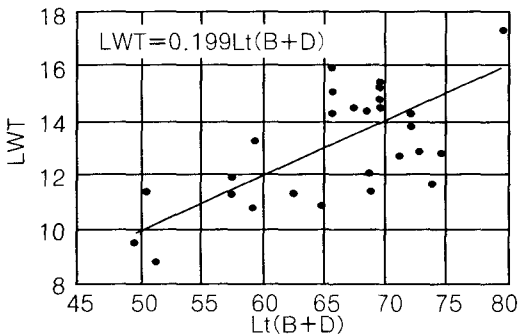
다. 경하중량 및 중심 등의 분석

〈표 1〉의 조사된 바와 같이 MOLD별 건조실 적과 동일 MOLD에서 건조된 실적을 포함하여 경하중량(LWT) 및 경하중량중심(KG), 만재상태의 배수량(DISP) 등을 조사하였다.

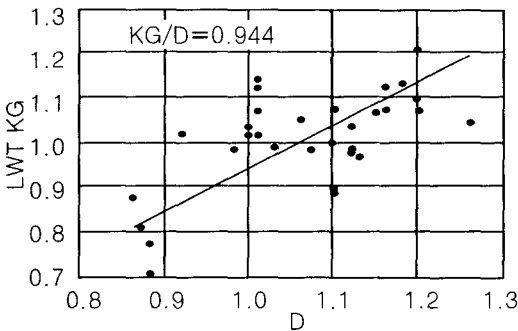
특히, 소형선박에 있어서 타의 위치에 따라 등록장 또는 수선간장(LBP)에 변화가 많으므로 이에 따른 영향을 최소화하기 위하여 총톤수 측정길이(Lt)를 사용하였으며 LtBD 및 Lt(B+D) 등 주요제원과의 상관관계를 회귀분



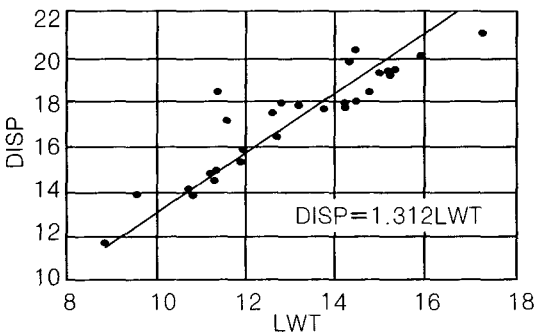
〈그림 7〉 LtBD와 LWT의 관계



〈그림 8〉 Lt(B+D)와 LWT의 관계



〈그림 9〉 D와 LWT KG의 관계



〈그림 10〉 LWT와 DISP의 관계

석한 결과는 〈그림 7〉에서 〈그림 10〉까지와 같다. 중량분석에는 동형선인 경우에도 중량 및 중심위치에 차이가 있을 수 있고 이에 따른 평균치를 산정하기 위하여 동형선 실적도 고려하였으나 다수의 동형선에 의한 분석결과의 과도한 의존도를 피하기 위하여 동일 MOLD에 의한 선형의 경우 2척 내지 3척만 고려하여 총 32척의 자료를 분석에 사용하였다.

분석결과를 회귀분석에 따른 오차범위를 고려하여 정리하면 다음과 같으며, 이들 결과는 〈표 1〉에서 보는 바와 같이 낚시어선의 경우 주기관이 1기 또는 2기로서 총마력이 300마력 내지 800마력으로 변화가 큰 점과 조선소 간 건조공법 및 갑판실의 크기 등 선형의 차이 또는 경사시험시의 계측오차 등으로 인하여 경하중량의 실적에 있어서는 다소 오차범위가 큰 것을 알 수 있다.

$$LWT/LtBD = 0.239 \pm 0.04$$

$$LWT/Lt(B+D) = 0.199 \pm 0.03$$

$$KG/D = 0.944 \pm 0.14$$

$$DISP/LWT = 1.312 \pm 0.10$$

라. 복원성관련 선형요소의 분석

국내에 있어서 길이 24미터 미만의 소형어선에 대하여 안전성기준이 설정되어야 할 필요성은 꾸준히 제기되어 왔다. 그러나 길이 24미터 미만의 어선의 경우 복원성검사 대상이 아니므로 소형어선의 복원성 관련자료를 수집하기가 상당히 곤란하여 소형어선의 안전성기준 설정에 관련한 연구는 체계적으로 수행되지 못한 점이 있다.

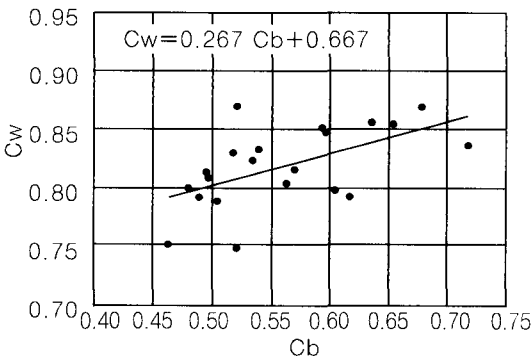
일본의 경우 1968년부터 1972년에 걸쳐 “소형어선의 안전기준 설정사업”을 수행하여 총톤수 20톤미만 소형어선의 실적선 복원성자료 분석을 바탕으로 동력어선의 성능기준과 소형선박 검사기구의 황메타센타높이기준 및 건현기준, 동요시험에 의한 복원성 간이판정기준 등을 제시한 바 있으며, 본회에서는 홈페이지(www.kst.or.kr)에 소형선 안전운항법으로 일본의 기준을 인용하여 황요주기에 따른 복원성 간이판

정기준으로 제시하고 있다.

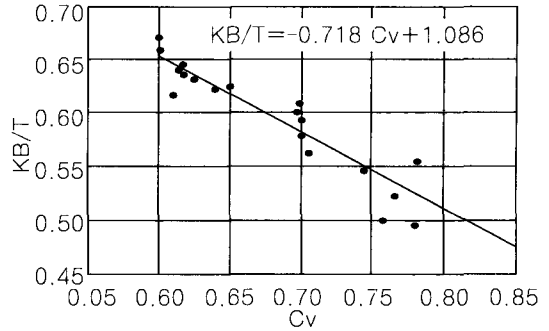
국내선박에 있어서 길이 24미터 미만의 선박으로 현행 시설기준에 따른 복원성검사 대상선박은 여객선, 카훼리선 및 낚시어선 등이며 이중 총톤수 10톤미만의 선박으로 건조되고 있는 선박은 건조실적을 고려할 때 실질적으로 낚시어선 뿐인 실정이다. 따라서 낚시어선에 대한 복원성능 분석자료는 그동안 국내에서 제기되어 온 소형선박의 안전성 기준 설정과 관련하여 중요한 자료를 제공할 것으로 판단되며, <표 1>에 조사된 선형에 대하여 총톤수 측정길이(Lt)를 사용한 방형계수(Cb), 수선면적계수(Cw), 수직주형계수(Cv) 등과 만재홀수(T)에서의 중심의 수직위치(KB) 및 만재출항상태의 횡메타센타높이(GoM), 선박길이의 중앙에서 선박의 깊이(D) 상부를 통과하고 기선에 평행한 선의 상부 풍압측면적(Wind Area) 및 풍압측면적하단 기준선으로부터의 풍압면적중심위치(H abv D) 등을 조사한 결과는 <그림 11>에서 <그림 16>까지와 같이 분석되었다.

여기서, <그림 13>에 표시된 계수 Cit는 수선면의 관성모멘트와 관련된 계수로서 다음의 산식을 사용하여 횡메타센타반경(BM)을 구하는데 사용되며, 분석결과를 회귀분석에 따른 오차범위를 고려하여 정리하면 다음과 같다.

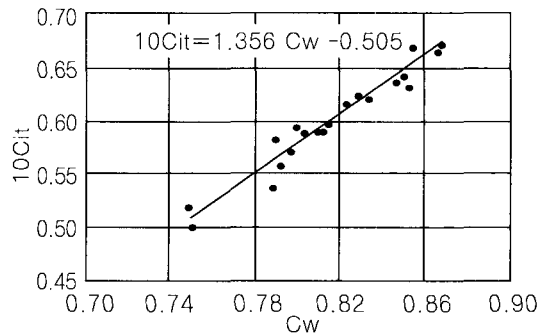
$$BM = \frac{Cit B^2}{Cb \cdot T}$$



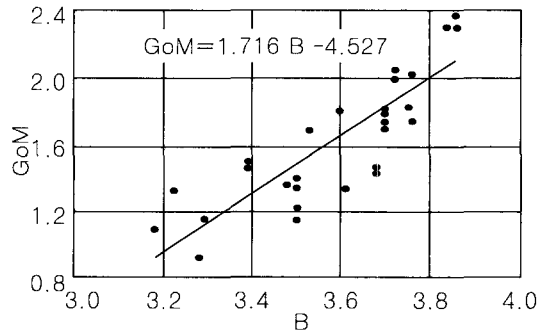
<그림 11> Cb와 Cw의 관계



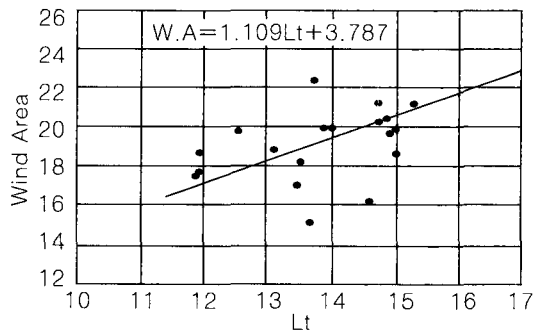
<그림 12> Cv와 KB/T의 관계



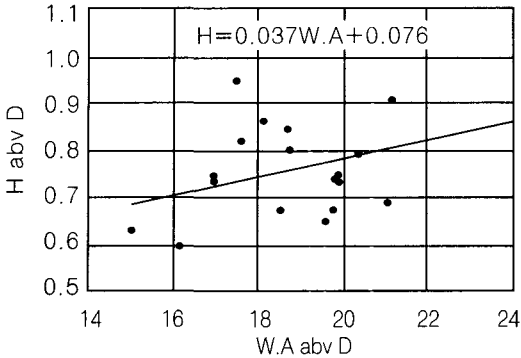
<그림 13> Cw와 Cit의 관계



<그림 14> B와 GoM의 관계



<그림 15> Lt와 풍압측면적의 관계



〈그림 16〉 풍압면적과 면적중심과의 관계

$$C_w = 0.267C_b + 0.667 \pm 0.04$$

$$KB/T = -0.718C_v + 1.086 \pm 0.04$$

$$10Cit = 1.356C_w - 0.505 \pm 0.02$$

$$GoM = 1.716B - 4.527 \pm 0.40$$

$$W.A = 1.109Lt + 3.783 \pm 2.00$$

$$H = 0.037W.A + 0.076 \pm 0.10$$

이들 분석결과는 선형에 따라 오차범위가 다소 큰 것으로 나타나고 있으나, 조선소 보유 MOLD의 건조실적과 비교하여 적절한 오차 수정을 통하여 방형계수 및 총톤수측정길이에 따라 복원성능과 관련된 항목의 초기 계획에 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

3. 낚시어선의 복원성능 고찰

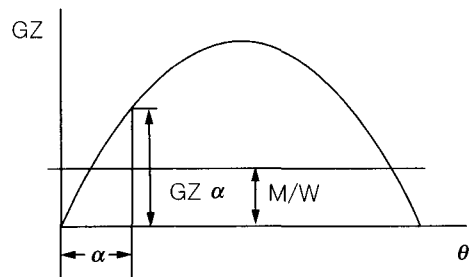
낚시어선의 건조실적의 분석결과를 응용하면 현재 국내에서 건조되고 있는 낚시어선형의 복원성능 특성을 분석할 수 있다. 물론 이러한 분석은 선박계산 프로그램을 사용하여 선체선도의 실형상을 입력하여 계산한 결과에 비교하여 오차가 발생할 수 밖에 없을 것이나 여기에서는 주요제원 및 선형요소 등 복원성 관련 항목의 실적 범위를 고려하여 낚시어선의 복원성능 특성을 분석함으로써 소형선박의 주요제원 변화에 따른 복원성능을 고찰하여 현행 복원성기준에 따른 복원성 영향 인자를 검토해 보기로 한다.

가. 평수구역 낚시어선의 복원성능 고찰

어선의 경우에는 원래 항행구역을 지정하지 않도록 되어 있으나 소형선박의구조및설비기준 개정시 여객선의 복원성기준을 준용토록 함으로써 복원성기준을 적용하기 위한 항행구역의 지정이 불가피하게 되었으며 이에 따라 동기준 개정에 따른 세부시행지침으로 항행구역을 복원성능을 만족하는 구역 이내로 할 것을 항행상의 조건을 부여하여 안전성을 유지하도록 하고 있다. 따라서 평수구역을 항행하는 낚시어선의 경우 여객선의 복원성기준 중 평수구역 항행에 해당하는 복원성기준을 적용받게 되며 그 내용은 다음과 같다.

- GoM 값이 양(+)의 값일 것.
- 한계경사각(α)에 있어서의 복원정($GZ\alpha$) 이 경사우력정(M/W)이상일 것.〈그림 17〉

이 기준 중 GoM의 값이 양의 값이어야 한다는 기준은 〈표 1〉에서 보듯이 모든 선박에서 만족되고 있으므로, 한계경사각에서의 복원정기준만이 문제가 된다. 여기서 한계경사각이란 $\tan\alpha = 0.8\tan\beta$ 를 만족하는 각도로서 β 는 선박의 직립상태에서 현단이 수면에 닿을 때까지의 횡경사각, 즉 현단몰입각과 20도 또는 해수 유입각중 최소의 것을 말하며, 경사우력정(M/W) 및 한계경사각에서의 복원정($GZ\alpha$)는 각각 선박복원성기준에 따라 다음의 산식으로 계산하도록 되어 있다.



〈그림 17〉

$$\frac{M}{W} = \frac{1.71(A \cdot H) + 0.214 \Sigma \left(7 - \frac{n}{a}\right) n \cdot b}{100W} \text{ (미터)}$$

$$GZ\alpha = GoM \cdot \tan\alpha \text{ (미터)}$$

여기서,

A는 직립상태에서 선박의 흘수선 윗부분의 풍압측면적(제곱미터).

H는 풍압측면적 면적중심으로부터 흘수선 아랫부분의 중심까지의 수직거리(미터).

W는 배수량(톤)

$\Sigma \left(7 - \frac{n}{a}\right) n \cdot b$ 는 여객의 이동에 따른 모멘트 관련 항목으로서 낚시어선의 경우 낚시객이 상갑판상 폭로구역 전체를 이동하는 것으로 할 때 최대값은 7nB가 될 것임.

이러한 복원성기준의 요구사항과 낚시어선 실적 분포에 따라 복원성능이 최악이 되는 경우, 즉 한계경사각에서의 복원정 값이 가장 적게 되고 경사우력정은 가장 크게 되는 경우를 가정하여 총톤수 측정길이가 가장 크고 선박의 너비가 가장 작은 경우를 검토하면 다음과 같이 된다.

- Lt = max. 15.40m
- W.A abv D = max. 22.862m²
- H abv D = max. 1.022m
- B = min. 3.697m
- D = min. 0.991m
- T = max. 0.712m
- GoM = min. 1.417m
- LWT = min. 11.227ton
- DISP = min. 13.608ton
- 최대탑재인원 = 22명

이 결과에 해당되는 선박의 만재상태에서 평수구역에서의 복원성능을 평가하면

- A = 27.159m²
- H = 1.598m
- M/W = 0.144m
- $\tan\alpha = 0.121$
- $GZ\alpha = 0.171m$

이 되며 한계경사각에서의 복원정($GZ\alpha$)이 경사우력정(M/W)보다 크므로 복원성기준에 만

족하는 것으로 판정된다. 따라서 평수구역의 항행하는 낚시어선은 일반적인 선형인 경우 모든 선박이 선박복원성기준의 평수구역 여객선 복원성기준에 만족될 것으로 판단된다. 이러한 경향은 실적선 복원성자료에서 확인되고 있으며 통상적으로 한계경사각에서의 복원정은 경사우력정의 2~3배 이상의 값을 보이고 있다.

나. 한정연해구역 낚시어선의 복원성능 고찰

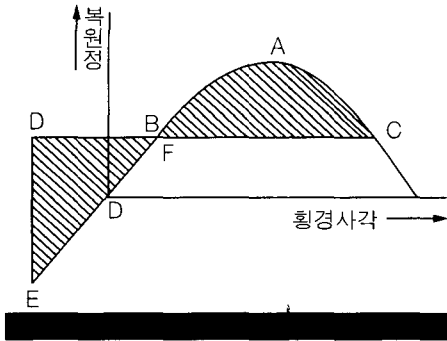
낚시어선의 경우 연해구역의 항행예정시간이 2시간 이상인 경우로 복원성자료를 심사받은 실적은 없다. 즉 낚시어선과 같이 소형선박의 경우 선루가 없어 대각도 횡경사시의 동적복원력이 부족하여 연해구역의 항행예정시간이 2시간 이상인 경우의 바람 및 횡요에 따른 동적복원성기준을 만족시킬 수 없는 것이 원인이 되고 있다. 이에 따라 낚시어선의 경우 항행구역은 평수구역 및 평수구역으로부터 선박의 최고속력으로 2시간 이내에 왕복할 수 있는 연해구역(이하 "한정연해구역"이라고 함)으로 하고 있으며 일부 한정연해에서의 동적복원성기준에도 미달되는 선박은 평수구역을 항행구역으로 하고 있다.

한정연해구역을 항행하는 낚시어선에 대한 바람 및 횡요기준은 다음과 같다.

- 복원정곡선에 있어서 면적 ABC(b)가 면적 BDE(a)보다 클 것. <그림18>

<그림 18>과 같이 면적 ABC(b)는 복원정(GZ)이 경사우력정(M/W)의 1.5배와 같은 복원정곡선상의 점 B 및 C를 통하는 직선과 복원정곡선에 포위된 부분의 면적이고, 면적 BDE(a)는 복원정(GZ)이 경사우력정(M/W)과 같은 복원정곡선상의 점 F에서 왼편으로 횡요각(θ_0)과 같은 거리에 있는 종축에 평행한 직선과 점 B와 C를 통하는 직선 및 복원정곡선에 포위된 부분의 면적이다. 다만, 동 그림상의 점 C의 각도가 해수유입각(θ_c)을 초과하는 경우에는 해수유입각까지로 한다.

$$\frac{M}{W} = \frac{0.0171 \cdot A \cdot H}{W} \text{ (미터)}$$



〈그림 18〉

1) B/D, T/D 등이 복원성능에 미치는 영향 선박에 있어서 복원성능에 영향을 미치는 요소는 배의너비(B), 배의너비-깊이비(B/D) 및 흘수-깊이비(T/D) 외에도 선루의 유무, 수선면 계수(Cw), Deadrise 등의 선형 특성 및 중량 중심의 높이 등 여러가지 요소가 있다. 그러나 낚시어선과 같은 소형선박에 있어서는 선루가 있는 선박은 건조되지 않고 있으며, 선형이나 중량중심은 MOLD에 따라 또는 주기관, 추진 시스템 기타 갑판실의 크기에 따라 변화되는 것으로 일정한 경향을 분석하기는 어려운 점이 있는 실정이다. 따라서 여기에서는 〈표 2〉에 정리된 바와 같이 〈표 1〉의 건조실적 중 상대적으로 Cb 및 Cw가 큰 선형(MOLD E)과 Cb 및 Cw가 작은 선형(MOLD I)을 선정하여 B, B/D 및 T/D에 따른 복원성능의 변화를 일본의 “소형어선의 안전기준 설정사업”과 같은 방식으로 분석하여 보았다.

〈표 2〉 분석선형의 선형요소

MOLD	KEEL 폭 (m)	KEEL 높이 (m)	Dead rise (m)	Cb	Cw	Cv	wind area (㎡)	H lever (m)
E	0.470	0.430	0.270	0.593	0.841	0.705	29.558	1.115
I	0.175	0.315	0.355	0.463	0.750	0.617	27.943	1.472

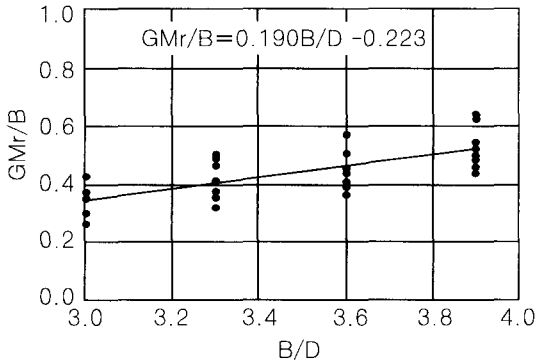
복원성능의 분석에 있어서는 본회에서 개발하여 본회 홈페이지 자료실에 공개하고 있는 복원성능 판정프로그램을 사용하였으며, 선형별로 B/D가 3.0, 3.3, 3.6 및 3.9인 각각의 경우에 있어서 T/D가 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 및 0.9에 대하여 계산되었고 한정연해 구역을 항행하는 경우로 고려하여 각 상태에서 선형에 따라 결정되는 최소횡메타센타높이(Allowable GM)를 구하였다.

〈표 3〉은 이들 계산결과 중의 일부를 나타내고 있다.

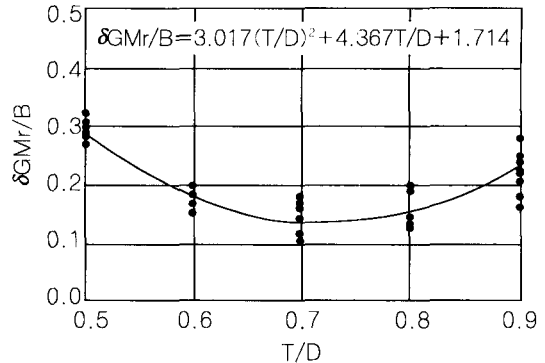
〈표 3〉 B/D, T/D에 따른 최소횡메타센타높이 계산

MOLD	B/D	B (m)	D (m)	T/D	DISP (t)	KMT (m)	ALL.GM (m)
E	3.000	3.348	1.116	0.600	20.580	2.120	1.013
E	3.300	3.512	1.064	0.600	20.540	2.374	1.257
E	3.600	3.668	1.019	0.600	20.547	2.639	1.518
E	3.900	3.818	0.979	0.600	20.553	2.919	1.814
I	3.000	3.510	1.170	0.600	17.886	2.251	1.083
I	3.300	3.681	1.116	0.600	17.920	2.509	1.390
I	3.600	3.845	1.068	0.600	17.902	2.780	1.727
I	3.900	4.002	1.026	0.600	17.904	3.067	2.091
E	3.000	3.348	1.116	0.700	25.363	1.893	0.894
E	3.300	3.512	1.064	0.700	25.380	2.096	1.120
E	3.600	3.668	1.019	0.700	25.364	2.312	1.365
E	3.900	3.818	0.979	0.700	25.365	2.539	1.656
I	3.000	3.510	1.170	0.700	22.456	2.023	1.035
I	3.300	3.681	1.116	0.700	22.456	2.233	1.351
I	3.600	3.845	1.068	0.700	22.479	2.455	1.677
I	3.900	4.002	1.026	0.700	22.445	2.692	2.007

상기의 최소횡메타센타높이(Allowable GM)는 한정연해구역의 바람 및 횡요에 따른 복원성기준(b/a)1을 만족시킬 수 있는 최소의 횡메타센타높이를 말하며, 이 값보다 GM이 작은 경우 복원성기준을 만족하지 못하게 된다. 따라서 이 값은 선박복원성기준에 상당하는 GM 값을 의미하게 되며 선박을 운항하는 선장에게나 또는 설계자에게 계산과정이 복잡한 동복원력기준 대신에 초기상태의 GM값으로 복원성능 만족여부를 판정할 수 있게 하여 준다. 이러한 관점에서 선장이 항행중 실질적으로 적하



〈그림 19〉 B/D와 GMr/B의 관계



〈그림 20〉 T/D와 ΔGMr/B의 관계

상태의 복원성능을 검토하기 어려운 소형선박에 있어서는 동적복원성기준을 손쉽게 대체하여 표현할 수 있는 유용한 방식이다.

상기의 계산결과를 분석한 결과는 〈그림 19〉 〈그림 20〉과 같으며 이중 〈그림 20〉은 〈그림 19〉의 분석 결과중 $0.19(B/D - 2.2)$ 를 초과하는 GMr/B 값에 대하여 T/D의 변화에 따라 분석한 값이다. 따라서 분석결과에 따라 복원성기준에 상당하는 횡메타센타높이(GMr)는 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{GMr}{B} = 0.190 \left(\frac{B}{D} - 2.20 \right) + \frac{\Delta GMr}{B}$$

$$GMr = 0.190B \left(\frac{B}{D} - 2.20 \right) + \left[3.017 \left(\frac{T}{D} \right)^2 - 4.637 \frac{T}{D} + 1.714 \right] B$$

한편, 일본의 20톤미만 소형어선에 대한 횡메타센타높이기준 중 상기 낚시어선이 한정연해와 같은 풍속인 15m/sec를 고려하여 결정된 갑종어선의 기준은 다음과 같이 제시되어 있다.〔1〕

$$GMr = 0.1B \left(\frac{B}{D} - 2.20 \right) + GMo$$

여기서, GMo는 T/D가 0.7~0.9 범위일 때 약 0.075B~0.105B 임.

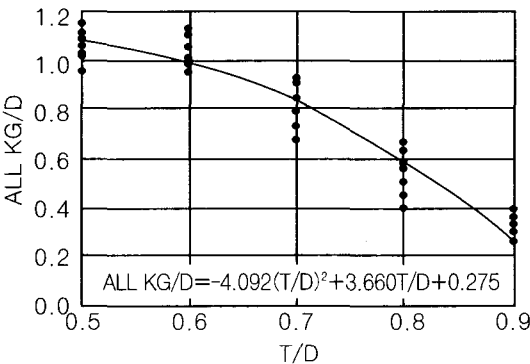
따라서 낚시어선 분석결과에 따라 제시된 식

은 T/D가 0.7~0.9 범위일 때 우변 우측항이 0.135B~0.227B가 되므로 이것을 일본의 20톤미만 소형어선과 비교하면 약 1.9배의 횡메타센타높이를 요구하는 상당히 엄격한 기준임을 알 수 있다. 이러한 원인은 일본의 복원성기준의 경우 어로작업을 하는 어선에 대한 기준으로서 Bulwark 상부로 해수가 넘쳐 들어오지 않는 것으로 고려하고 Bulwark 부분의 부력을 인정한 Bulwark형 선박〔2〕으로 고려하여 복원성기준 설정작업을 수행하였기 때문인 것으로 판단된다.

또한 낚시어선에 있어서 만재상태에 있어서의 흘수는 〈그림 8〉에서 보듯이 선박 깊이의 평균 0.558배, 최대 0.718배로 나타나고 있다. 이것은 일반어선에 비하여 낚시어선이 고속화를 위하여 가볍게 건조되는 경향과 어로작업을 하지 않는 관계로 어구중량 및 어획물의 중량이 적기 때문인 것으로 파악되며, 이에 따라 만재상태에 있어서 낚시어선의 건현이 일반어선에 비하여 큰 것으로 나타나고 있다. 이러한 경향은 일반적으로 알려진 바와 같이 선박의 동적 복원력을 확보하기 위하여는 어느 정도 이상의 건현이 유지되어야 하는 점을 반영하는 것으로 KMT 값과 최소횡메타센타높이에 대응하는 최대중량중심높이(Allowable KGo)를 선박

의 깊이로 나눈 값을 홀수의 변화에 따라 표시한 <그림 21>에서 보는 바와 같다. 즉, <그림 21>에 의하면 B/D 값 또는 선형특성에 따라 다소 오차가 있으나 T/D가 0.7인 경우 적하상태의 중량중심이 평균적으로 선박깊이의 83.2% 이하인 경우 복원성기준을 만족하지 못하는 것으로 나타나고 있다. 이러한 그래프의 경향은 낚시어선의 안전성을 제고하기 위하여는 선박의 깊이에 대한 건현의 비율이 일정 값 이상으로 유지하는 것이 중요함을 나타내고 있다.

현재 소형선박의구조및설비기준에 의하면 제조검사를 받는 FRP선박은 홀수표를 표시하도록 되어 있으며, 검사증서 비교란에는 복원성자료 심사시 검토된 최대홀수 이하로 운항할 것을 항해상의 조건으로 기재하여 안전성을 확보한 후 운항하도록 하고 있다. 그러나 출입항 통제시 선박 외부에서 정확히 만재홀수를 확인할 수 있도록 하기 위하여는 홀수표보다 건현마크를 확인하는 것이 바람직하므로, 낚시어선의 경우도 길이 24미터 미만의 여객선과 같이 만재홀수선 마크를 표기하는 방안도 낚시어선의 안전성 제고를 위하여는 고려해 봄직하다.



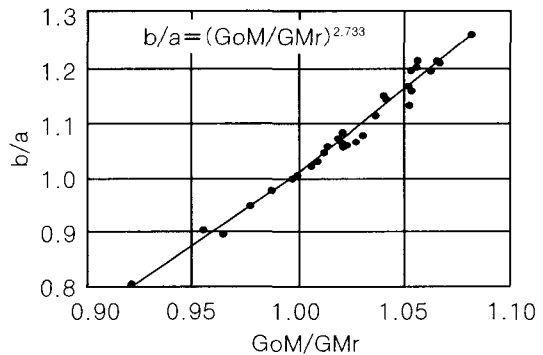
<그림 21> T/D와 ALL KG/D의 관계

2) GM의 변화가 복원성능에 미치는 영향

<표 2>의 선형에 대한 B/D의 변경에 따라 건조실적을 고려하여 각 적하상태의 복원성능을 판정 계산하였으며, 각 적하상태에서의 횡메타센타높이(GoM)와 복원성기준을 만족시키는

최소횡메타센타높이(GMr)의 비와 바람 및 횡요기준에 따른 전복에너지와 복원에너지의 비(b/a), 즉 복원성능 판정결과를 분석한 결과 <그림 22>와 같이 분석되었다. 이 결과에 따르면 GoM이 1% 변하는 경우 복원성능 판정값 b/a는 2.8% 변화하며 GoM이 5% 변하는 경우 복원성능 판정값 b/a는 14.3% 변화하는 것을 나타내고 있다.

이러한 GM의 변화에 따른 b/a의 변화량은 상당히 민감한 것으로서 <표 1>의 실적선중 한정연해구역에 항행하는 선박의 경우 복원성능 판정결과(B/A)가 3척을 제외하고 모두 1.000~1.150 범위인 것을 고려하면 복원성시험과 관련한 각종 계측사항-MOLD의 선형 CHECK, 홀수표 위치 및 홀수 계측, 이동중량물의 중량 및 이동거리, 추의 길이 및 추의 이동거리-의 계측에 더욱 주의를 기울여야 할 것으로 판단된다.



<그림 22> GoM/GMr과 b/a의 관계

3) 동요시험결과가 복원성능에 미치는 영향
선박복원성기준에 따라 연해구역 이상을 항행하는 여객선의 경우 동요시험을 실시하게 되어 있으며 낚시어선의 경우에도 동 기준을 준용하게 되어 동요시험을 실시하고 있다. 동요시험의 목적은 선박의 관성반경을 알아내어 파도중의 선박의 횡요특성에 선박의 고유횡요주기를 반영하고자 하는 것이다.

이와 관련하여 선박복원성기준에는 파주기가 선박의 고유주기와 동조시 선박의 최대횡요각

(θ_0)을 다음 식으로 제시하고 있다.

$$\theta_0 = \sqrt{\frac{138 r \cdot s}{N}} \quad (\text{도})$$

$$r = 073 + 0.6 \frac{OG}{d_{eq}}$$

$$s = 0.155 - 0.013 \cdot T_s \text{ (한정연해구역)},$$

$$0.153 - 0.010 \cdot T_s \text{ (연해구역)}$$

다만, 0.1보다 큰 경우에는 0.1로 하고

0.035보다 작은 경우에는 0.035로 함.

T_s 는 선박의 횡요주기(초)

N 은 Bertin 계수, 만곡부의 형상이 각형 인 선박에 있어서는 0.02

상기 산식에 의하면 동요시험결과에 따라 선정되는 선박의 관성반경은 각 적하상태의 선박의 횡요주기 T_s 를 결정하기 위한 것이며, T_s 는 또한 파의 최대경사 s 를 계산하기 위한 값이다. 또한 파의 최대경사는 항행구역에 따라 결정되어지며 최대값이 0.1이하로 제한되고 있다. 즉, 연해구역의 항행예정시간이 2시간미만인 선박에 있어서 선박의 횡요주기가 4.23초 이하, 연해구역을 항행구역으로 하는 선박에 있어서 횡요주기가 5.3초 이하인 경우 파의 최대경사가 0.1이 되어 선박의 최대횡요각은 변함이 없게 된다.

<표 1>의 선형과 이의 동형선의 건조실적을 모두 포함하여 한정연해구역을 항행구역으로 하는 낚시어선의 동요시험결과에 따른 각 적하상태의 횡요주기는 거의 3초 이내로서 4초를 넘는 경우는 발견되지 않고 있다. 따라서 현재 까지 건조되고 있는 낚시어선의 경우 한정연해구역을 항행하는 경우에 있어서도 동요시험 결과가 복원성능 판정에 영향을 미치는 사항은 없는 것으로 판단된다.

4. 결 론

낚시어선으로 건조되고 있는 FRP 선형 21척을 중심으로 주요제원 및 경하중량 및 중심위

치, 만재배수량과 기타 복원성능과 관련한 선형요소를 분석하였으며, 그 결과를 선형개발에 이용할 수 있도록 회귀분석 결과를 제시하였다. 또한 실적선 중 대표적인 선형 2개를 선정하여 복원성능과 관련이 깊은 선박의 너비-깊이비(B/D) 및 흘수-깊이비(T/D)가 복원성능에 미치는 영향을 조사하였으며 이 결과에 따라 한정연해를 항행하는 낚시어선에 대한 간이복원성기준을 제시하였다. 이외에도 평수구역을 항행하는 경우 건조실적에 따라 대부분의 낚시어선이 복원성기준에 만족하는 것으로 조사되었으며, 한정연해구역을 항행하는 낚시어선의 경우에 있어서도 동요시험이 복원성능 판정에 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있었다.

한편 낚시어선과 같은 소형선박의 경우 복원성검사를 실시함에 있어서 주요 계측사항의 정확성이 복원성능 만족여부 판정에 결정적인 영향을 미칠 수 있으므로 복원성검사시 더욱 주의를 기울일 필요가 있음이 확인되었다.

그러나 실적선 자료중 일부는 평균적인 값에 비하여 다소 오차가 큰 것으로 나타났으며, 주요제원비에 따른 한정연해구역을 항행하는 낚시어선의 간이복원성기준 도출과정에서 사용된 선형이 2개 MOLD로 제한되었으므로 향후 다양한 선형에 대한 복원성능 분석결과를 토대로 본고에서 제시된 결과가 검토 보완되어야 할 것으로 판단된다.

다만, 여기에서 제시된 검토결과가 국내의 소형선박에 대한 안전성기준 설정에 관한 논의에 다소나마 도움이 되었으면 하는 바램이며, 또한 낚시어선의 안전운항에 도움이 되길 바란다.

참고문헌

- [1] 표준어선형연구개발(I) FRP 연안어선 설계 및 건조지침서, 1994. 3, 수산청
- [2] 소형어선의 복원성기준에 관한 고찰, 김주남, 1999. 8, 선박안전 제2호