

표류 및 파랑중 운동 모형시험을 통한 기상기준 평가 대체안 고찰

윤현규^{†*}, 김선영*, 김진하*, 김영식*, 홍사영*

한국해양연구원 해양시스템안전연구소*

A Review and Analysis on the Interim Guidelines for Alternative Assessment of the Weather Criterion by Drifting and Motion Test in Waves

Hyeon Kyu Yoon^{†*}, Sun Young Kim*, Jin Ha Kim*, Young Shik Kim* and Sa Young Hong*

Maritime & Ocean Engineering Research Institute, KORDI*

Abstract

International Maritime Organization (IMO) is planning to include the Alternative Assessment of the Weather Criterion in the new Intact Stability (IS) Code to be revised. In this study, the procedure of the model test in the Interim Guidelines was reviewed by carrying out the model test and analyzing the test results. For this purpose, RO/RO passenger ship whose ratios of breadth to draft and the height of weight to draft were above 3.5 and above 0.6 respectively was selected as a test ship. Drifting test and motion test in regular waves were performed to estimate the hydrodynamic heeling lever and roll-back angle. Motion tests in waves were carried out in the three wave steepness conditions to measure roll-back angle and examine the feasibility of so called, the Three-step method. Using the test data, satisfaction of the Weather Criterion was assessed for the test ship by using the alternative method and compared with the current method.

※Keywords: Weather criterion(기상기준), Model test(모형시험), Roll-back angle(반향 횡경사각), Drifting test(표류시험), Wave(파도), Three-step method(3단계 방법)

1. 서론

수면 위에서 운항하는 선박은 항상 파랑의 영향을 받게 된다. 특히 여객선이나 화물선과 같이 승

객과 화물의 안전이 중요한 선박에 있어서는 파랑이 선박의 안정성에 미치는 영향을 건조 전·후에 평가하여야 한다. 이러한 목적에 따라 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)에서는 24m 이상의 여객선과 화물선에 대하여 일반적인 비손상 안정성 기준에 추가하여 과도한 횡풍, 횡파 중에서의 안정성 기준(기상기준 : Weather

접수일: 2006년 5월 18일, 승인일: 2006년 7월 13일

† 교신저자: hkyoon@moeri.re.kr, 042-868-7292

criterion)(IMO 2002)을 정의하고, 이를 만족하도록 권고하고 있다.

선박의 내항성능 모형시험은 다방향 불규칙파 성분에 대하여 수행하여야 하지만(홍사영 등 1987, 구자삼 등 1997, Bhattacharyya 1978), 기상기준을 적용할 때에는 가장 과도한 환경을 횡풍, 횡파 조건이라고 가정한 후, 등가의 규칙파가 입사한다고 가정하여 횡동요 안정성이 보장되는가를 판별한다. 기상기준을 만족하는지의 여부는 선박의 정복원력 곡선에서 횡풍에 의한 횡경사 모멘트팔, 횡파에 의한 Roll-back각(Table 1)을 결정하면 평가할 수 있다. 이러한 지수들은 수면위 구조물의 투영면적, 주요제원 등의 실험도표 및 경형식으로 계산되어진다. 하지만 국제해사기구에서 제안하고 있는 이러한 실험도표 및 경형식은 1960년대에 일본(Koyama et al 1982)에서 수행한 많은 연구 및 모형시험 결과들로 작성된 데이터베이스를 토대로 제정되어 현재까지 사용하고 있으므로, 새롭게 설계-건조되는 선박에 적용하는 데는 적절치 않다는 반론이 이태리 연구자들을 중심으로 제기되고 있다(IMO SLF Committee 2004~2005). 따라서 국제해사기구에서는 비손상 안정성 코드집(IMO 2002)에 수록되어 있는 경형식의 변경 및 모형시험을 통하여 직접 계측하는 방안에 대하여 논의 중이며, 조만간 이러한 직접 계측법을 대체안으로서 인정할 것으로 추정된다.

본 연구에서는 이러한 국제해사기구의 코드집 개정 움직임에 대응하기 위하여, 현재 제안중인 기상기준 평가를 모형시험을 통하여 하자는 대체 평가안에 따라 본 기관의 해양공학수조(한국해양연구소 1999)에서 모형시험을 수행하였다. 앞서 언급한 바와 같이 기상기준을 만족하는지 평가하기 위해서는 횡풍에 의한 횡경사 모멘트팔, 횡파에 의한 Roll-back각의 결정이 필요하다. 제안된 모형시험법에서는 횡풍에 의한 횡경사 모멘트팔을 얻기 위해서 풍동시험 및 표류시험(Drifting test)을 수행하고, 횡파에 의한 Roll-back각을 얻기 위해서는 규칙파중의 운동시험을 수행하도록 되어있다. 현재 본 연구기관에서 풍동시험을 실시할 수 없는 실정이므로, 풍동시험을 실시할 수 없는 경우, 풍동시험에서 계측할 수 있는 것들은 기존

의 비손상 안정성 코드집(IMO 2002)에서 제안된 경형식을 통하여 얻고, 나머지 인자들에 대해서는 표류시험 및 규칙파중 운동시험을 수행하여 획득하였다. 이를 통하여 제안된 대체 모형시험법을 검토하고 그 절차를 확인하였다. 또한 작은 파기울기 조건에서 계측한 Roll-back각을 3단계 방법(Three-step method) (IMO SLF Committee 2004~2005)에 적용하여 실제 요구되는 파기울기 조건에서의 값을 외삽-추정하였다. 마지막으로 현재의 경형식과 모형시험 결과를 이용하여 기상기준을 각각 평가하고 그 결과를 비교하였다.

2. 기상기준(Weather criterion)

기상기준은 국제해사기구에서 24m 이상의 여객선과 화물선에 대하여 만족하도록 권고하는 사항으로서, 기본적인 선박의 비손상 안정성 기준에 추가하여 과도한 횡풍, 횡파 조건에 대한 동복원성을 판단하는 기준이다(IMO 2002). 특히 여객선의 경우는 대부분 이 기준을 만족하도록 설계되어진다.

기상기준의 정의를 나타내기 위하여 Fig. 1에 일반적인 선박의 정복원력 곡선을 옴의 횡동요각에 대하여도 양의 값에 대하여 대칭으로 나타내어 도시하였다. Table 1에는 Fig. 1에 정의된 기호들에 대한 설명을 나타내었다.

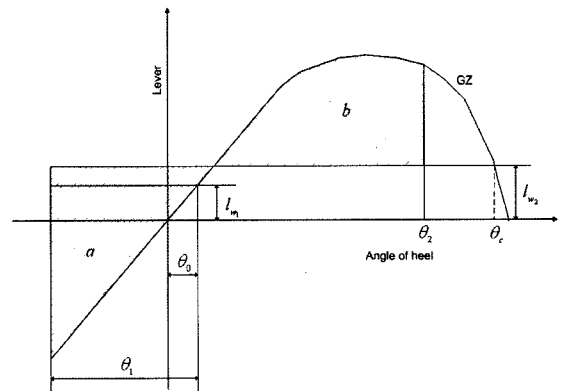


Fig. 1 Definition of symbols for describing weather criterion

Table 1 Description of symbols in Fig. 1

Symbol	Description
θ_0	Angle of heel under action of steady wind
θ_1	Angle of roll to windward due to wave action (Roll-back angle)
θ_2	Angle of downflooding or 50° or θ_2 , whichever is less
θ_f	Angle of downflooding
θ_c	Angle of second intercept between wind heeling lever and GZ curves
l_{w1}	Steady wind heeling lever
l_{w2}	Gust wind heeling lever

기상 기준을 만족한다는 것은 Fig. 1의 “정복원력 곡선에서 면적 b가 면적 a 보다 크다”라는 것을 의미한다. 즉, 선박이 일정한 속력의 횡풍에 의하여 θ_0 만큼 횡경사되어 있을 때, 횡파에 의하여 바람이 불어오는 방향(Windward)으로 $\theta_1 - \theta_0$ 만큼 횡경사 되었다고 가정하자. 이 때 복원력 곡선하 면적 b가 면적 a 보다 작다면 반대방향으로 θ_2 보다 더 큰 횡경사가 발생하여 위험 상황이 될 수 있다는 것이다.

기상 기준의 만족 여부를 검토하기 위해서는 a, b의 면적을 계산할 수 있어야 한다. 이 면적들은 l_{w1} , l_{w2} , θ_1 , θ_2 가 결정되면 계산할 수 있다. 현재의 코드집(IMO 2002)을 이용하면, l_{w1} 는 수면 위 투영면적과 도심 높이를 입력으로 하고, θ_1 는 선박 형상 정보, 빌지킬, 운동주기를 입력으로 하는 경험식들에 의하여 계산할 수 있다. l_{w2} 는 l_{w1} 의 1.5배이고, θ_2 는 Table 1에 나타난 바와 같이 정복원력 곡선과 계산된 l_{w2} 의 교점 중에서 큰 값, 50° , 갑판상의 개구부가 잠기는 횡경사각 중에서 작은 값이다.

3. 모형시험 개요

3.1 대상선박

대상선박의 종류는 여객-자동차 운반선(Ro/Ro passenger ship)(이동근 등 2006)이다. 이때 모형선의 전체 길이는 빌지킬이 있는 경우는 2.5m 이

상이어야 한다(IMO SLF Committee 2004~2005). 또한 시험할 파 조건 중에 최고의 장파 조건에서도 천수효과가 나타나지 않도록 선정하기 위하여 축척비는 1/70으로 하였다. Table 2에 실선과 모형선의 주요 제원을 나타내었으며, Fig. 2~3에 각각 모형선 사진과 정복원력 곡선을 도시하였다. 횡동요, 종동요 관성반경은 각각 0.40B, 0.26L이고, B, L은 폭과 수선간 길이를 나타낸다. 종동요 관성반경은 관성 그네의 육상시험을 통하여 얻는 반면에, 횡동요 관성반경은 수상에서의 횡동요 고유주기를 이용하여 계측하였으므로, 부가관성모멘트의 영향이 고려된 값이다.

Roll-back각을 계산하는 경험식(IMO 2002)에 포함된 인자들은 선박 제원들의 함수이고, 각 제원들 간의 비가 일정값을 초과하면 그 값을 사용하도록 되어 있으므로, 변화에 대한 영향이 제대로 반영되지 않는다. 따라서 선박 제원들 간의 비가 일정값을 초과하는 선박은 경험식 대신 모형시

Table 2 Principal dimensions

Item	Real	Model
Length overall(m)	175.0	2.500
Length between perp.(m)	162.1	2.316
Breadth(m)	27.6	0.394
Mean draft(m)	6.976	0.100
Displacement(m ³)	18,322	0.0534
Metacentric height(m)	2.47	0.0353
Roll natural period(s)	13.849	1.6552
Roll natural frequency(rad/s)	0.4537	3.7960

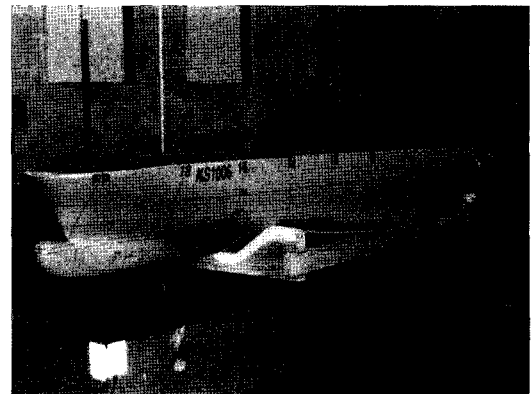


Fig. 2 Object model ship

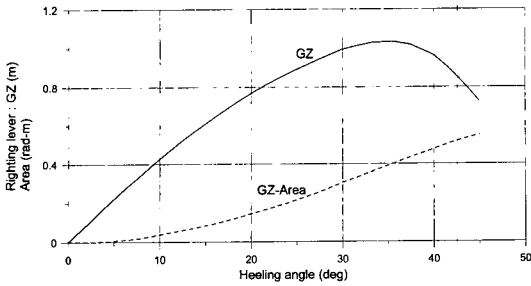


Fig. 3 GZ curve of the object real ship

형을 통하여 Roll-back각을 계속하는 것이 보다 타당할 것이다. Table 2의 대상선박의 폭-흘수비, 무게중심까지의 거리-흘수비는 각각 3.96, 0.84로써 각각에 대한 일정값들인 3.5, 0.6을 초과한다. 따라서 본 연구의 대상선박은 파랑 모멘트와 복원 모멘트의 비를 나타내는 유효파기울기(Effective wave slope, Koyama 1982)가 1.0을 초과하므로, 개정될 코드집의 적용이 필요한 선박이다.

3.2 표류시험(Drifting test)

표류시험의 목적은 횡방향 정상풍에 의하여 선박이 일정 속도로 표류할 때 수면하 유체력에 의한 횡경사 모멘트팔(l_{water})을 계속함에 있다. 이를 계속하면 풍동시험에서 얻어진 정상풍에 의한 횡경사 모멘트팔(l_{wind})을 이용하여 바람에 의한 횡경사팔(Wind heeling lever, l_w)을 다음식으로 계산할 수 있다.

$$l_{w1} = l_{wind} - l_{water} \tag{1}$$

여기서, 모멘트팔은 모두 수면 위가 양의 값이다.

예인속도로 구현하는 정상풍에 의한 표류속도는 풍동시험을 통하여 바람이 실선 차원에서 26 m/s(IMO SLF Committee 2005)에 해당할 때 선박에 작용하는 풍력으로 선박을 예인할 때 얻어지는 속도이다. 본 연구에서는 풍동시험을 수행하지 않았으므로, 비손상 안정성 코드집(IMO 2002)에서 제안하고 있는 풍압 504 Pa를 사용하여 다음 식에 따라 풍력, 즉 예인력을 계산하였다.

$$F_{wind} = PA_L \tag{2}$$

여기서, $p = 504 \text{ Pa}$
 A_L : 투영 측면적(m^2)

식(2)를 이용하여 계산된 풍력은 실선과 모형선에서 각각 2,284kN, 6.66N이다.

시험 방법은 Fig. 4에 나타난 바와 같이 모형선을 예인전차에 부착한 후, 일정 속도로 예인하면서 좌우방향 힘과 횡경사 모멘트를 계속한다. 이때 모형선의 종방향 운동, 즉 상하동요, 종동요는 자유상태로 한다. 이러한 구속 및 자유 상태를 구현하기 위하여 예인전차에 부착하는 짐발(Gimbal) 시스템을 이용하였다. 짐발 시스템은 횡경사를 구속 또는 자유로 할 수 있고, 구속하는 경우에는 일정 횡경사각으로 설정할 수 있다. 예인전차 성능은 Fig. 4의 예인 방향으로 최고속도는 3m/s이고, 0.01m/s의 간격으로 제어할 수 있다.

표류시험은 Roll-back각에 해당하는 횡경사각에서부터 θ_0 범위까지 수행한다. 따라서 본 연구에서는 $-20\sim 30^\circ$ 범위로, 5° 간격으로 시험을 수행하였다. 횡경사각이 0° 인 경우에는 정상풍에 의한 힘인 예인력을 계속하기 위하여 11개의 속도에 대하여 시험을 수행하였다. 이를 통하여 6.66N의

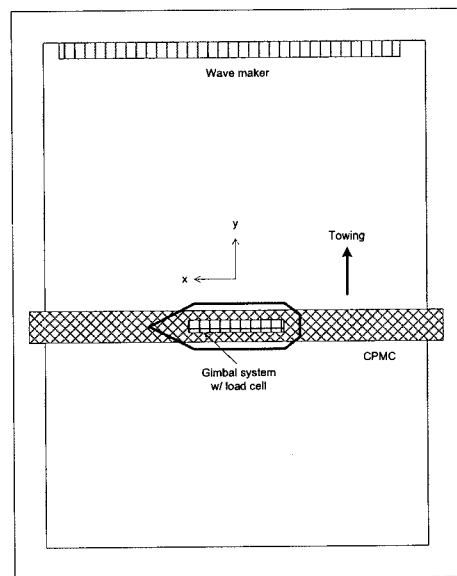


Fig. 4 Configuration of drifting test

에인력에 해당하는 예인속도는 0.28 m/s로 추정되었다. 또한 속도의 영향을 살펴보기 위하여 각 횡경사각에 대하여 3개의 예인속도, 0.25, 0.28, 0.31m/s로 시험하였다.

3.3 파랑중 운동시험

파랑중 운동시험을 수행하기에 앞서 입력 조건인 파랑에 대한 교정시험을 수행하여야 한다. 파랑 교정시험은 Fig. 5와 같이 모형선이 없는 상태에서 파랑중 운동시험시 모형선이 놓일 곳 전후에 #1과 #2 파고계를 위치하고 길이 방향으로 후미에 #3 파고계를 설치하여 규칙파의 파고를 계측한다. 조파기로부터 #1 파고계까지의 거리는 대상 파랑 조건 중에서 가장 장파인 경우에도 파장의 3배 정도가 되도록 하였다. #1과 #3 파고계간의 간격은 6자유도 운동 계측장치인 RODYM(한국해양연구소 1999)의 유효범위인 5m 안으로 설정하였다.

파랑중 운동시험시에는 모형선을 #1, #2 파고계 중간 위치에 놓고, 초기 파에 대하여는 계류하여 표류하지 않도록 하고, 어느 정도 횡동요에 대한 정상상태가 되면 계류를 풀어주어 운동을 계측하였다. Fig. 5의 파고계들은 파랑 교란을 없애기

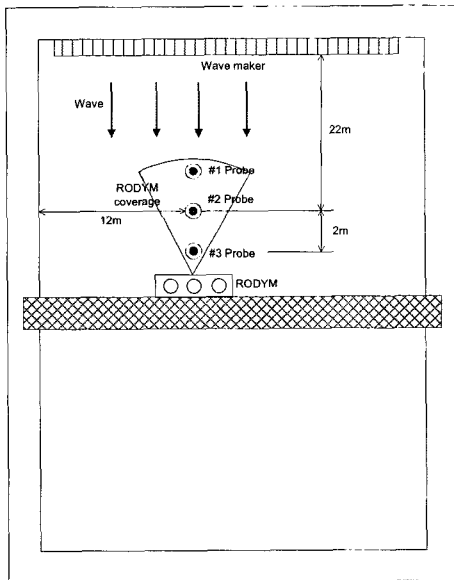


Fig. 5 Configuration of wave calibration test

위하여 5m씩 우측으로 이동하였다.

대상선박의 횡동요 고유주기에 해당하는 규칙파의 파기울기는 비손상 안정성 코드집(IMO 2002)의 표를 이용하여 계산하면 1/18.55이다. 본 연구에서는 추가로 3단계 방법(IMO SLF Committee 2004~2005)을 통하여도 Roll-back각을 추정할 것이므로 파기울기 1/25, 1/30에 대하여도 시험을 수행하였다. 파주파수는 대체 평가안에서 제안한 선박의 고유주파수에 대한 비가 0.8, 0.9, 0.95, 0.975, 1.0, 1.05, 1.2 및 추가적으로 0.85, 1.1로 하였다. 3단계 방법을 적용하기 위해서는 선박의 횡동요각에 따른 감쇠계수를 알아야 하는데, 이는 횡동요 자유감쇠시험을 통하여 얻을 수 있다. 횡동요 자유감쇠시험은 초기각 25~40° 안에서, 5° 간격으로 수행하였다.

4. 모형시험 결과 및 고찰

4.1 표류시험

3.2절에서 계산한 바와 같이 예인력이 6.66N이 되는 예인속도는 0.28m/s 이다. 이 속도에서 횡경사각에 따른 모멘트팔의 변화 결과를 예인속도 0.25, 0.31m/s에 대한 결과와 함께 Fig. 6에 도시하였다. 여기서 모멘트팔은 수선면에 있는 원점 O에 대한 값이고 흡수로 무차원 하였다. Fig. 6에 의하면 횡동요각이 큰 경우에는 선저 형상 및 빌지킬에 의하여 비대칭적인 수직 방향 압력 분포가 발생한다. 이것에 의한 횡경사 모멘트의 증가에 따라 모멘트팔의 방향은 오히려 수면 위가 된다. 현재 비손상 안정성 코드집(IMO 2002)에서는 수면하 유체력에 의한 모멘트팔은 수선면에서 반출수 길이로 정의하고, 그 값은 모든 횡동요각에 대하여 일정하다고 가정하고 있는데, Fig. 6에 의하면 이에 대한 개정은 반드시 필요함을 알 수 있다.

또한 Fig. 6에는 횡경사각이 0°인 상태에서 넓은 속도 범위에 대하여 계측된 수면하 유체력에 의한 횡경사 모멘트팔을 마름모 실선으로 도시하였다. 횡동요각에 따른 모멘트팔의 변화에 비하여 넓은 속도 범위에 대하여도 그 변화는 0.15 정도로 크지 않은 것을 볼 수 있다. 특히 대상 속도

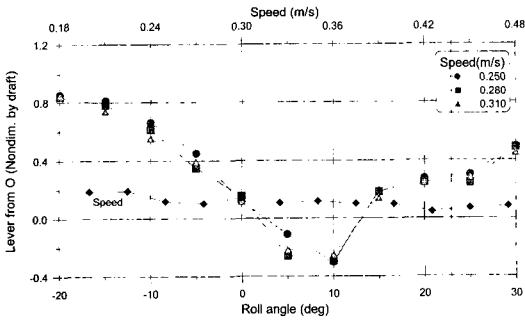


Fig. 6 Nondimensional roll moment levers from waterline with respect to roll angle and towing speed

범위인 0.25~0.4m/s에 대해서는 속도 변화에 의한 영향이 거의 없다.

4.2 파랑중 운동시험

4.2.1 파랑 교정시험

Fig. 7에 파랑 교정시험시에 파기울기 1/18.55와 대상 파주파수에 대하여 생성된 파들에 대한 파고계측 결과를 허용 목표 파고 범위와 함께 도시하였다. Fig. 7에 의하면 생성된 파도는 모두 목표 파고의 ±5% 범위 안에 있는 것을 알 수 있고, 특히 주로 운동시험 결과를 얻은 파고계 #2는 목표값과 거의 같은 것을 볼 수 있다.

4.2.2 횡동요 자유감쇠시험

초기각을 25~40° 안에서, 5° 간격으로 횡동요 자유감쇠시험을 수행한 결과와 피크값들의 평균값과 그 차이값에 대하여 Bertin의 다항식(Koyama et al 1982, Himeno 1981)으로 곡선맞춘 결과

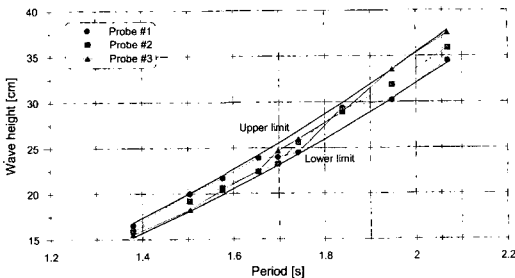


Fig. 7 Wave height for steepness 1/18.55

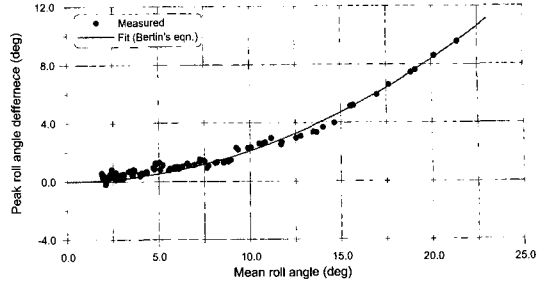


Fig. 8 Free roll decay test results

를 Fig. 8에 함께 도시하였다. Bertin 다항식의 곡선맞춤 결과는 다음식과 같고, 피크값은 한주기의 같은 부호값이 아니라 반주기값으로 하였다.

$$\Delta\phi = 0.02092 \phi_m^2 \tag{3}$$

4.2.3 운동시험

횡동요각의 진폭 크기는 선박의 선수동요각 크기가 15° 이내인 경우에 계속된 값들 만을 이용하여 계산하였다. 이를 위하여, 조파를 시작한 후에 횡파 조건을 유지하기 위하여 계류줄을 이용하여 선수동요를 구속하고 있다가, 선박의 횡동요각이 어느 정도 발생한 후에 풀어주어 6자유도 운동 모두가 가능하도록 하였다. Fig. 9에 3개의 파기울기에 대하여 선박의 고유주파수에 대한 파주파수비가 0.8~1.2 범위에 대하여 계측한 횡동요각의 진폭 크기(Peak roll angle)를 나타내었고, Peak roll각의 70%가 Roll-back각이다.

Fig. 9에 의하면 횡동요각의 최대값은 선박의 고유진동수와 같은 파주파수비 1.0에서 발생하는

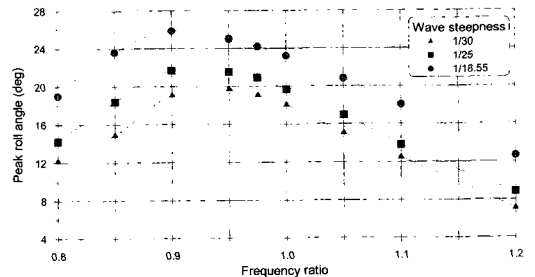


Fig. 9 Peak roll amplitude measured from motion tests in waves

것이 아니고, 파주파수비가 0.9~0.95 사이에서 일어난다. 이 때의 횡동요각 진폭의 크기는 1/18.55 파기울기 파에 대하여 25.84°이다. 그 이유는 Fig. 3의 정복원력 곡선에서 알 수 있듯이 횡동요각이 커질수록 복원팔의 기울기는 작아지고, 선박의 고유진동수도 작아지기 때문이다.

4.2.4 3단계 방법에 의한 Roll-back각 추정

3단계 방법(Three-step method)은 수조 용량 등의 제한 때문에 비손상 안정성 코드집(IMO 2002)에서 제안하는 파기울기의 파에 대하여 시험을 수행할 수 없을 때, 작은 파기울기의 파에 대한 운동시험 결과로 Roll-back각을 추정하는 방법이다. 3단계 방법에서, 선박의 횡동요 감쇠계수는 자유감쇠시험에서 얻어진 식(3)을 적용하고, 작은 파기울기 파에 대한 운동시험을 통하여 얻어진 Peak roll각으로 유효파기울기를 계산한다. 이 때 계산된 유효파기울기는 횡동요각 크기와 관계없이 일정하다고 가정한다. 끝으로 유효파기울기의 정의와 1차 횡동요 운동방정식으로 유도되는 횡동요 응답값의 Peak roll각을 반복 계산을 통하여 수치적으로 계산한다.

식(3)의 횡동요 자유감쇠시험 결과와 Peak roll각 계측결과를 3단계 방법에 적용하여 파기울기 1/18.55의 파에 해당하는 Peak roll각을 계산하면 Table 3과 같다.

Table 3에 의하면 작은 파기울기의 파에 대한 운동시험 결과로 큰 파기울기에 대한 값을 외삽하면 약간 작게 추정되는 것을 알 수 있다. 하지만 그 차이는 약 0.7° 이내이므로, 3단계 방법은 타당한 방법이라고 사료된다.

Table 3 Estimated peak roll angles by using the Three-step method

Wave steepness	Peak roll amplitude (°)	Estimated peak roll amp.(°)
1/30	19.80	25.18
1/25	21.88	25.40
1/18.55	25.84	25.84

5. 기상기준에 대한 안정성 평가

기상기준을 만족시키는지 평가하기 위해서는 Fig. 1의 정복원력 곡선에서 면적 a, b를 계산하여야 한다. l_{w0} 는 풍동시험과 표류시험으로 얻어지는 l_{w0} 를 1.5배 한 값으로 변동풍을 고려한 것이다. θ_1 은 파랑중 운동시험이나 3단계 방법을 통하여 얻어지는 Peak roll각을 0.7배 하여 얻어지는 Roll-back각이 된다. 본 연구에서는 풍동시험을 수행하지 않았으므로, 정상풍의 작용점은 현재 비손상 안정성 코드집에 나와 있는대로 선박의 수면 위 투영면적의 도심으로 가정하였다.

Fig. 10은 대상선박의 정복원력 곡선, 바람에 의한 횡경사 모멘트팔(l_{w0}), Roll-back각을 현재 비손상 안정성 코드집(IMO 2002)에 있는 경험식으로 계산한 것과 모형시험으로 계측한 것을 각각 Code, Test로 명명하여 도시하였다. 예를 들어 모형시험에 의한 값으로 면적을 계산하는 경우, 면적 a는 GZ 곡선, l_{w0} :Test, $\theta_1-\theta_0$:Test 가 이루는 면적이며, 면적 b는 GZ 곡선, l_{w0} :Test, θ_2 가 이루는 면적이다. 본 대상선박의 θ_2 는 40° 보다 크므로, 작은 θ_2 에 대하여 면적 b를 계산하여 그 값이 a보다 크면 큰 θ_2 에 대한 기준은 당연히 만족할 것이다. 따라서 여기서는 면적 a와 b가 같아지는 θ_2 를 정의하고, 기호는 $\theta_{j, a=b}$ 로 나타내었다. Table 4에는 Fig. 10에 나타낸 기상기준을 평가하기 위하여 필요한 변수들을 현재 비손상 안정성 코드집의 경험식으로 계산한 것과, 모형시험으로 계측한 것(파기울기 1/18.55)을 비교하여 나타내었다.

Fig. 10과 Table 4에 의하면 $\theta_1-\theta_0$ 는 두 경우에 의한 값들이 모두 비슷하지만, 면적 a는 상당한 차이가 있다. 그 이유는 경험식에서의 바람에 의한 횡경사팔이 좀 더 과장되게 평가되고 있고, 정상풍에 의한 횡경사각도 더 크기 때문이다. 마찬가지로의 영향에 의하여 $\theta_{j, a=b}$ 는 경험식에 의한 평가 경우가 모형시험에 의한 경우 보다 10° 정도나 큰 것을 알 수 있다. 하지만 실제 θ_2 는 40° 보다 크므로, 대상선박의 경우에는 어느 방법으로 기상기준을 만족시키는지 평가하더라도 모두 만족한 결과를 주고 있다.

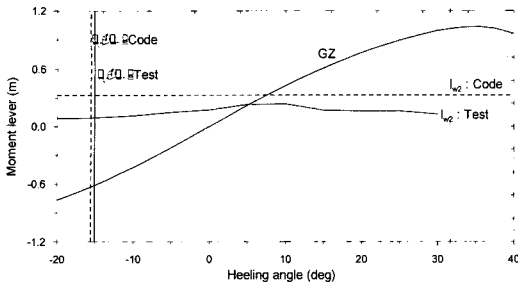


Fig. 10 GZ curve for assessment of the weather criterion

Table 4 Calculated parameters for assessment of the weather criterion

Item	Formula	Model test
θ_0 (°)	4.90	3.00
θ_1 (°)	-20.47	-18.09
$\theta_1 - \theta_0$ (°)	-15.57	-15.09
a (rad-m)	0.1994	0.1280
$\theta_{1/2}$ (°)	33.61	23.91

6. 결론

과도한 해상상태에 대한 중대형 선박의 횡동요 안정성은 기상기준의 만족 여부로 판별한다. 현재 이러한 기상기준을 만족시키는지의 여부는 오래전에 정립된 경험식을 이용하여 평가하고 있으므로, 새롭게 건조되는 선박에 적용하는데는 무리가 있다. 따라서 비손상 안정성 코드집의 개정을 통하여 모형시험을 직접 수행하여 기상기준의 충족여부를 평가하는 방안이 제안되었다.

본 연구에서는 제안된 모형시험에 의한 대체 평가안에 따라 1/70 축척의 여객-자동차 운반 모형선의 표류시험, 파랑중 운동시험을 수행하였다. 표류시험 결과, 수면하 유체력에 의한 횡경사 모멘트팔이 횡경사각에 따라 차이가 있지만, 대부분의 경우 수면 위 방향값으로 계측되었으므로, 기존의 수면에서 반출수까지의 거리로 가정하는 것과는 차이가 많았다. 파랑중 운동시험에 대한 제안된 절차를 통하여 모형시험을 수행한 결과, 구하고자 하는 Roll-back각을 잘 계측할 수 있었으므로, 그

절차는 타당하다고 판단된다. 또한 수조 용량 제한 때문에 작은 파기울기에 대한 시험결과를 이용하여 큰 파기울기 파에 대한 Roll-back각을 얻는 3단계 방법은 직접 계측법에 의한 결과와 큰 차이가 없었으므로, 이 방법의 적용은 타당성이 있다고 사료된다. 파랑중 운동시험 결과와 함께 종합하여 기상기준을 평가하는 경우, 본 연구의 대상 선박에 있어서는 경험식에 의한 계산값이 좀 더 과도한 조건이었다.

제안된 절차의 모형시험에 있어서 유의할 점은 파기울기 조건이 상당히 커서 대상 파고도 매우 커져야 했고, 매우 긴 장파도 시험조건에 포함되므로, 수조 깊이에 따른 천수 영향이 사전에 검토되어야 한다는 것이다.

앞으로 좀 더 많은 선박에 대한 기상기준 관련 모형시험을 통하여 자료를 축적한 후, 현재 선박에 좀 더 적합하도록 경험식의 수정이 이루어져야 하며, 본 시험 결과는 이러한 작업에 도움이 될 것이라고 기대된다.

후 기

본 연구는 산업자원부 지원으로 수행중인 “선박의 동적 안정성 시뮬레이션 기술 개발” 과제의 지원하에 수행되었다.

참 고 문 헌

- 구자삼, 조효제, 김경태, 1997, “다방향 불규칙파 중의 초대형 해양구조물의 동적응답해석,” 대한조선학회 논문집, 제 34권, 제 2호, pp. 90-93.
- 이동근, 홍사영, 이경중, 2006, “파랑중 손상선박의 거동에 관한 이론적 실험적 연구,” 대한조선학회 논문집, 제 43권, 제 1호, pp. 1-14.
- 홍사영, 이상우, 홍도천, 1987, “콘테이너선의 불규칙파 중 운동응답에 대한 실험적 고찰,” 대한조선학회 논문집, 제 24권, 제 2호, pp. 36-46.
- 한국해양연구소 선박해양공학분소, 1999, 해양공학수조 시험 안내서.
- Bhattacharyya, R., 1978, Dynamics of Marine Vehicles, John Wiley & Sons.

- Himeno, Y., 1981, Prediction of Ship Roll Damping - State of the Art, Dept. of Naval Architecture and Marine Eng., University of Michigan.
- IMO, 2002, "Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments 2002 Edition," London.
- IMO, SLF Committee, 2004~2005, "Review of the Intact Stability Code - Guidelines for Alternative Assessment of Weather Criterion," Submitted by Italy.
- IMO, SLF Committee, 2005, "Proposal on Draft Explanatory Notes to the Severe Wind and Rolling Criterion," Submitted by Japan.
- Koyama, T., Fujino, M. and H. Maeda, 1982, Dynamics of Ship and Offshore Structure, Seongsangdang (Japanese).



< 윤 현 규 >



< 김 선 영 >



< 김 진 하 >



< 김 영 식 >



< 홍 사 영 >