

---

 論 文
 

---

大韓造船學會論文集  
 第 31 卷第 1 號 1994年 2月  
 Transactions of the Society of  
 Naval Architects of Korea  
 Vol. 31, No. 1, February 1994

## 격자모델을 이용한 확률론적 손상복원력 계산의 전산화

남중호\*, 김원돈\*, 김광욱\*

Calculation of Probabilistic Damage Stability Based on Grid Model

by

Jong-Ho Nam\*, Won-Don Kim\* and Kwang-Wook Kim\*

### 요 약

국제해사기구(IMO)에서는 해상에서 빈번히 발생하는 선박의 사고방지를 위한 노력의 일환으로 그동안 특별한 규정이 없었던 건화물선(Dry Cargo ship)의 안정성에 관한 설계 기준을 수립하고 1992년 2월 1일부터 건화물선의 손상복원력 계산은 확률이론을 적용하여 수행하도록 하는 새로운 규정을 삽입하였다. 새로운 규정에 의하여 길이 100m 이상의 Ro-Ro 선을 포함한 모든 건화물선에 대한 손상복원력 평가는 반드시 수행되어야 한다. 확률이론을 이용한 새로운 방법은 기존의 결정론적 방법과는 달리 계산의 복잡성, 반복성 등으로 인하여 전산 프로그램의 이용없이 불가능하므로 프로그램 개발을 반드시 필요로 한다.

본 연구에서는 외국에서 도입되는 시스템에 대응하는 국내 자체의 전산코드 확보를 염두에 두어 새로운 규정을 해석하고 그에 따른 프로그램을 개발하였다. 특히 격자모델을 이용한 손상조합의 자동 생성기법을 개발하므로써 간편한 입력체계를 실현하여 효율성과 정확성의 향상을 이루었다. 개발된 프로그램의 검증을 위하여 시험선박에 대한 예제를 수행하고 외국의 결과와 비교 분석하였다.

### Abstract

The studies on the stability of damaged ships have been carried out continuously to prevent frequent damages or sinkings which cause large loss of life and fortunes. For dry cargo ships, continuing losses have resulted in new legislation of the probabilistic damage stability. IMO has developed requirements for the subdivision and damage stability of dry

---

접수일자 : 1993년 5월 15일, 재접수일자: 1993년 11월 8일

\* 정희원, 한국기계연구원 선박해양공학연구센터

cargo ships based on probabilistic concepts. The calculation of the probabilistic damage stability is a complicated and iterative job hence development of computer programs is indispensable.

In this research, programming of the probabilistic damage stability according to new requirements has been done and the results were compared with those carried out by the other foreign packages. New algorithm using a grid model in a transversal section was introduced to reduce efforts in preparing input data for damage scenarios and as a result, has brought significant improvement in efficiency and performance.

Nomenclature

- IMO International Maritime Organization
- MSC Maritime Safety Committee
- SOLAS International Convention for the Safety Of Life At Sea
- SLF Sub-committee on stability and load lines and on fishing vessel safety

1. 서 론

해상에서 발생하는 선박사고는 예외없이 많은 인명 피해와 물적손실을 가져왔다. 최근에는 환경오염 문제가 심각하게 대두되어 선박의 사고를 미연에 방지하고자 하는 노력이 국제기구인 하나인 IMO 를 중심으로 일고 있다. 시행여부를 놓고 많은 논란이 있었던 건화물선에 대한 안정성 요건이 MSC 제 58차 회의에서 확정되어 1992년 2월 1일부로 시행이 의결되었다. 길이 100m 이상의 Ro-Ro 선을 포함한 건화물선에 적용된 새로운 규정은 기존의 결정론적인 방법과는 개념을 달리하는 확률론적 접근법으로, 규정에 쓰인 각종 상수 및 식 산출에 많은 공방을 거듭하여 결정되었다.

확률개념을 이용한 손상복원력계산은 많은 반복작업과 복잡한 연산을 포함하고 있기 때문에 수작업으로는 불가능하며 반드시 전산기를 이용하여야 한다. 해외 선급이나 전문 소프트웨어업체에서는 이미 프로그램개발을 완료하여 판매하고 있는데, 높은 가격과 기술의 종속성등을 생각할 때 국내 자체 코드 확보가 시급하다고 여겨진다.

본 연구에서는 수집된 규정과 기 보유하고 있는 선박기본계산시스템을 근간으로 하여 새로운 규정을 완전 프로그램화 하는 것을 목표로 하였고, 특히 복잡한 손상시나리오 작성의 개선을 위하여 간편한 입력체계에 강조를 둔 격자모델 알고리즘을 개발, 적용하여 사용자의 편의를 돕고자 하였다.

2. 확률론적 손상복원력

2.1 배 경

항해중인 선박에 대하여 초기에는 비손상 복원력만이 문제시 되어왔으나 Titanic호 침몰이 가져온 수많은 인명손실은 손상된 선박의 안정성에 대한 입법을 촉진시켰다. 최근에 이르러서는 침수된 선박의 인적, 물적 손실 뿐만 아니라 환경오염이란 새로운 사안과 맞물려 선박의 안정성에 대한 요구가 강조되고 있다. 1967년 Torry Canyon호, 1978년 Amoco Cadiz호, 1989년 Exxon Valdez호의 침몰로 인한 원유 유출사건은 해양오염방지법 OPA 90 (Oil Pollution Act of 1990)의 발효를 가져왔다.

한편, 건화물선의 손실, 특히 Ro-Ro선의 계속되는 충돌사건은 새로운 방법에 의한 입법을 예고하게 되었다. 이 때 쓰이는 새로운 방법이란 확률개념을 도입한 이론으로서 엄밀히 말해서 새로운 것은 아니고, 이미 SOLAS 74의 여객선 구획 및 손상복원성요건 규정에 사용되고있는 이론이다. 건화물선의 복원력에 대한 의제는 지난 28년간 IMO 협의사항에 수시로 대두되었으나 실제적인 진전을 본 것은 1983년 이후다. 1984년 복원성소위원회에서 화물선의 구획 및 손상복원력 요건의 규정화 작업을 착수하였고, 1989년 4월 제 57차 MSC 회의에서 기술적인 요건에 합의하였다. 이듬해인 1990년 5월 제 58차 회의에서 확률개념에 근거한 구획 및 손상복원력에 관한 요구사항을 발간하였고

[1] 이 규정은 SOLAS 기술규정의 목시적 수락절차에 의거하여 1992년 시행을 기정 사실화 하였다.

확률적 방법을 이용한 새로운 규정은 하나 또는 인접구역을 포함한 몇 개의 구역에 침수를 일으킬 손상 가능성을 확률적으로 산정하는 것이며 중, 횡 또는 수직방향으로 선박에 일어날 수 있는 각각의 손상에 대한 예비 부력과 복원성의 평가로부터 최종 생존확률 지수를 결정하고 이로부터 선박의 안정성을 평가하는 방법이다. 이 규정에 적용을 받는 선박은 길이 100m 이상의 Ro-Ro선을 포함한 건화물선으로 1992년 2월 1일 이후에 건조되어 국제항로에 투입되는 선박이다. 길이 100m 이하의 선박에 대해서는 아직까지 그 시행을 유보하고 있으나 가까운 시기에 발효될 것으로 알려져 있다.

## 2.2 이론

### 2.2.1 개요

새로운 규정은 기본적으로 확률론적 방법에 근거하여 선박의 안정도를 평가하는 객관적인 척도이다. 따라서 개념의 실용적인 적용을 위한 약간의 결정론적 요소를 제외하고는 기존의 결정론적 방법에 의한 요구사항을 고려할 필요가 없다. 확률개념의 기본원리는 같은 구획지수를 가진 2대의 다른 선박은 똑같은 안정성을 가지므로 구획이외의 다른 부분에 대한 특별한 고려가 필요치 않다는 가정에서 나온다.

우선 선박이 손상이 되었다고 가정한다. 이 때 손상 부위의 위치나 크기는 임의적(random)이므로 어느 부분이 침수되었는가를 알 수 없다. 하지만 어떤 공간이 침수될 확률은 그 공간과 연결되는 모든 손상에 대한 발생확률과 같기 때문에 만약 어떤 손상에 대한 확률을 알고 있다면 침수구역에 대한 확률은 결정될 수 있다. 위와 같은 특정한 공간이 침수되었다고 가정한 후 침수된 선박의 생존에 관계되는 많은 요소들을 - 예를 들어 초기홀수, GM, 침수율 등 - 고려하여 특정공간침수로 인한 선박의 생존여부를 결정한다. 마지막으로 모든 구획에 대해 단위생존결과를 합하므로써 도달구획지수를 산출하게 된다.

새로운 이론을 요약하면 산출된 도달구획지수와 규정에서 제시한 요구구획지수를 비교하여 전자가 크면 선박이 안정하다고 결론짓는 것으로서, 설계시 큰 값의 도달구획지수를 줄 수 있도록 노력하여야 한다.

### 2.2.2 요구구획지수 (R)

확률개념하에서 선박은 모든 손상 경우에 반드시 생존할 필요는 없다. 이는 기존의 결정론적 개념과 근본

적으로 구분되는 개념으로, 단지 규정의 요구구획지수 R이 문제가 될 뿐이다. R은 선박의 길이만의 함수로 되어있으며 새 규정을 현존하는 선박에 시험 적용한 통계에서 도출된 값이다.

1986년 초기의 R은 IMO Res.A265의 여객선 규칙에서 여객수 N을 제외한 형태로 제안되었다. 그후 IMO 회원국들이 기존의 선박에 대해 시험, 수정을 거듭하여, 현재의 선박설계 개념을 크게 뛰어넘지 않는 수준에서 결정되었다.

$$R = \sqrt[3]{(0.002 + 0.0009 \times Ls)} \tag{1}$$

where Ls is a subdivision length

### 2.2.3 도달구획지수 (A)

전술한 요구구획지수와 비교판단을 위하여 제안된 도달구획지수 A는 단일 구획실 침수 또는 그룹 구획실 침수의 모든 경우에 대하여 계산된 결과를 합하므로써 얻어진다.

$$A = \sum_i p_i s_i \tag{2}$$

- $i$  = 고려된 구획 또는 인접 구획군
- $p_i$  = 고려된 구획 또는 인접 구획군이 침수될 확률
- $s_i$  = 구획(군)이 침수후 선박이 생존할 확률

### 2.2.4. 침수확률

#### 2.2.4.1 종방향 침수

간단한 경우로 종방향에 걸쳐 손상을 입은 선박을 생각할 수 있다. Fig.1에서 손상구역까지의 거리를 x, 손상길이를 y라 하면 모든 가능한 손상이 삼각형 내의 한 점으로 표현된다. 구획길이  $l_{i+1}$ 를 밀변으로 하는 이등변삼각형들은 구획 i 또는 j 또는 두 구획이 동시에 침수됨을 나타내며, 평행사변형  $i, j$ 는 두 구획  $i, j$ 를 동시에 침수시키는 손상을 나타낸다. 여기서 구한 구획  $i, j$ 에 대한 확률을 규정 25-5에 따라  $p_{ij}$ 로 표기한다.

#### 2.2.4.2 수평격벽 손상

위터라인 상부에 수평격벽이 존재하는 경우 수직으로 발생하는 손상은 수평격벽에 의해 제한을 받는다. 수평격벽이 손상받지 않을 확률을  $V_i$ 로 표기한다.  $V_i$ 는 하기만재홀수  $d_f$ 와 60% 부분적재홀수  $d_p$ 에 따라서 다른 값을 가진다. 여기서  $d_p$ 는 다음 산식에 의해

도출된 값이다.

$$d_p = (d_p - d_L) * 0.6 + d_L, \quad d_L = \text{경하홀수}$$

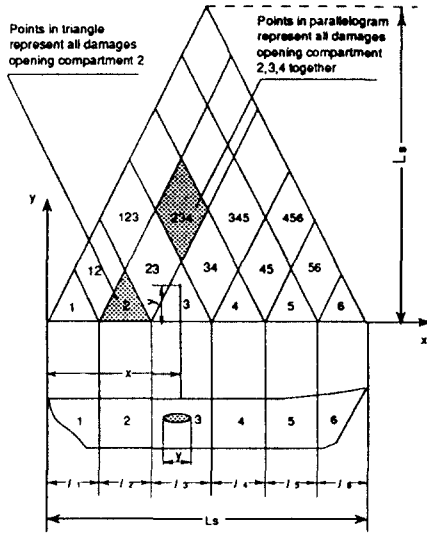


Fig.1 Diagram of characteristic triangle [3]

2.2.4.3 종통격벽 손상

구획내에 선측구획실이 존재하면 선측손상이 종통격벽에 의해 제한을 받으므로 손상깊이에 따라 손상확률의 변화가 있다. 선측구획실이 침수될 확률은  $p_1r$ 인데 이 때  $r$ 은 감소계수이다. 선측구획실과 내측구역이 동시에 침수하는 경우 확률은  $p_1(1-r)$ 이 된다.  $r$ 은 최고구획만재홀수선에서 중심선에 직각으로 측정된 평균 횡방향 거리  $b$ 에 의해 계산된다.

2.2.5 생존확률

생존확률  $s_1$ 는 선박이 침수된 후 생존할 확률을 나타낸다.

$$S_i = C \times \sqrt{0.5 \times GZ_{max} \times Range} \quad (3)$$

$$C = 1 \quad (\theta_e \leq 25^\circ)$$

$$C = 0 \quad (\theta_e > 30^\circ)$$

$$C = \sqrt{\frac{30 - \theta_e}{5}} \quad (25 < \theta_e \leq 30^\circ)$$

$\theta_e$  = 횡경사의 최종 평형각 (degree)

$GZ_{max}$  = 아래 정의되는 Range내에서의 양의 (m), 단 0.1m 이하

Range = 양의 복원정범위, 단 20° 이내

$s_1$ 는 하기만재홀수  $d_p$ 에서 구해지는  $s_p$ 와 60% 부분적재홀수  $d_p$ 에서 구해지는  $s_p$ 로 구분되는데 이들 두 값의 산술평균을 취하여 구한다.

2.3 통계 해석

본 규정에 명기된 손상위치, 길이, 깊이에 대한 확률분포를 구하기 위하여 수집된 손상자료는 IMO에 제출된 811건의 손상 사건에 대한 것이다. 이 중 다음 5가지 - 선박길이  $L$ , 선박너비  $B$ , 손상위치  $x$ , 손상길이  $y$ , 손상깊이  $z$  - 변수에 대한 정보를 가진 296건이 통계자료로 이용되었다.

3. 프로그램 구성

3.1 시스템 구성

손상복원력 프로그램(PRDAM)은 기 보유하고 있는 선박기본계산시스템인 CASHIP[2]을 이용하여 만들어졌다. PRDAM 프로그램에 필요한 선형, 비손상복원력, 용적 등과 같은 자료는 기존 시스템의 모듈 수행에 의한 결과를 이용하므로써 중복을 피하였다. Fig.2는 PRDAM 시스템과 CASHIP의 관계를 보여준다. 점선으로 둘러 싸인 부분이 PRDAM 프로그램이며 이는 기존 시스템의 데이터베이스에 연계되었다.

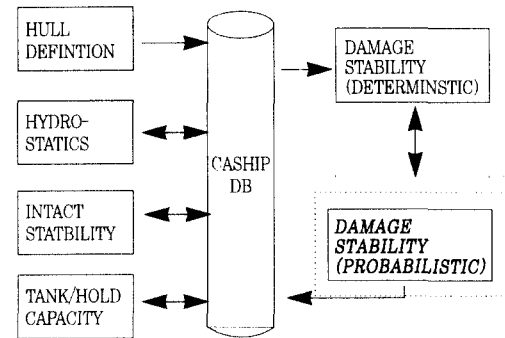


Fig.2 Relation between PRDAM and CASHIP system

3.2 손상복원력 프로그램

3.2.1 PRDAM 프로그램 구성

PRDAM 프로그램은 크게 4모듈로 나누어져 있다. 복잡한 계산과 수 많은 반복작업으로 1회 수행시간이

다소 길기 때문에 단계별로 나누어, 앞의 작업의 오류를 확인한 후 작업을 수행하는 것이 효과적이다. 효과적인 분류는 주관적이므로 논리에 따라 여러가지 방법이 있을 수 있다. 본 연구에서는 일단 모든 계산을 수행하여 데이터베이스에 저장한 후 결과산출에 필요한 데이터를 추출하는 방법을 택하였다.

- PRDAM1 : 손상경우에 따른 손상구획의 조합을 만드는 프로그램이다. 각 구획에 주어진 모든 탱크를 고려하여 가능한 손상조합을 만들어 데이터베이스에 저장한다.
- PRDAM2 : PRDAM1에서 저장된 손상조합에 대해 개구와 적화상태를 고려한 마지막 평형상태의 경사각도와 GZ값을 계산한다.
- PRDAM3 : 각 조합에 대하여 GZ의 최대값과 양의 GZ를 가지는 각도의 범위를 계산한다.
- PRDAM4 : SOLAS 규정에 따른 p,r,v,s 값을 계산하여 손상복원력의 만족 여부를 결정한다.

### 3.2.2 b 값 해석

감소계수  $r$ 을 계산하기 위해서는 정확한  $b$ 값을 입력하여야 한다. 규정에 표기된  $b$ 값의 정의는 아래와 같다.

$b$  = the mean transverse distance in meters measured at right angles to the centerline at the deepest subdivision load line between the shell and a plane through the outmost portion of and parallel to that part of the longitudinal bulkhead which extends between the longitudinal limits used in calculating the factor " $p_i$ "

그러나 선형에 따라서는 위의 정의에 따라  $b$ 를 정의하기가 불가능한 경우가 있다. 이런 경우에 Explanatory notes의 Fig.A-7[3]의 예에 준하여 작업하되 필요하다면 구획을 더욱 촘촘히 자름으로서 해결 할 수도 있겠으나 그렇지 못 할 경우에는 대표적인  $b$ 를 정의하여야 한다.

본 연구에서는 사용자가  $b$ 의 대표값을 정한 후 입력하면 이 값에 따라  $r$ 값을 계산하도록 하였다. 이러한 방법에도 문제점이 없는 것은 아니다. 1 구획 침수시에는 대표값  $b$ 로 모든 경우의  $r$ 값이 구하여지나 복수 구획침수가 고려되면 또 다시 대표값을 선정하여야 한다는 것이다. 프로그램에 따라서는 매 구획 침수시마

다  $b$ 값을 선정해 주는 것도 있으나, 본 프로그램에서는 1 구획 침수시의 대표값  $b$ 를 정하면 복수구획에 대한  $b$ 값은 Explanatory notes [3]에 언급된 규칙에 따라 자동적으로 계산되도록 하였다.

### 3.2.3 격자 알고리즘 (Grid algorithm)

PRDAM 프로그램의 수행을 위한 입력데이터 작성 중 가장 사용자가 어려움을 겪는 부분이 손상조합을 마련하는 것이다. 이는 건화물선에 국한된 것이 아니고 확률론적 방법을 채택한 모든 규정에 대한 문제이다. 본 연구의 궁극적인 목표도 단순한 전산화를 벗어나 정확하고도 간편한 새로운 입력체계를 마련하는 것으로 하였다. 이 문제를 수월하게 해결하기 위해 PRDAM1의 서브루틴 COMBIN과 MOD에 도입된 것이 격자모델이다. 격자모델이 생성되면 가능한 침수 구획에 대한 손상조합이 자동적으로 산출되도록 하였다.

#### 3.2.3.1 일반격자모델

각기 다른 단면형상을 가지고 있는 선박에서 각각의 단면을 하나의 통일된 모델로 표현하기 위하여 일반격자모델 (Generalized grid model)을 구성하였다. 모델화된 단면형상은 최대 2개의 수직격벽과 2개의 홀수 상부 수평격벽을 고려하도록 설계되었으나 이론적으로 격벽의 수에 구애받지 않는다. Fig.3(a)는 만재홀수를 기준으로 하여 9개의 부분으로 나눈 형상으로 격자생성을 위한 기초 구조를 보여주며, Fig.3(b)는 홀수 하부의 이중저 구조를 고려하여 12개의 격자로 모델링한 것으로 실제 입력데이터 작성에 쓰이는 형식이다. 입력의 예는 Fig.3(c)에서 보여지듯이 단순히 탱크의 고유번호만 주면 된다. 예를 들어 RM5, RM6, RM8, RM9은 모두 104번 화물창을 나타내는 것으로 4개의 격자에 나뉘어져 입력되었지만 프로그램 내부에서는 1개의 탱크로 인식되어 저장된다.

격자모델을 이용하면 거의 모든 건화물선의 단면형상을 무리없이 모델화시킬 수 있다. 만약 단면형상이 복잡하여 위의 모델로 표현이 불가능하다면 프로그램 내부에서 단면내의 최대 격벽수만 늘려 재 프로그램하므로써 간단히 해결할 수 있다.

#### 3.2.3.2 단일구획침수

1 구획 침수만을 고려했을 때 나타나는 손상조합은 크게 9가지 형태로 구분되며 세부 구분을 하면 최대 18가지가 된다. 또한 규정에서 요구하는 2개의 홀수상태, 즉 만재홀수와 60%부분적재홀수 2가지를 고려하

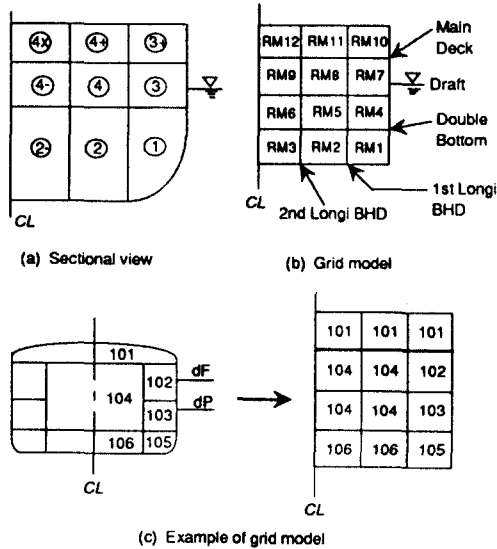


Fig.3 Representation of grid model in a section

면 그 수는 36가지에 이른다.

각 단면에서의 손상조합은 격자모델에서 표현된 탱크들 간의 위상학적 배치에 의해 자동생성된다. Fig.3 (c)의 경우 만재흘수상태에서 1개씩의 수직, 수평격벽을 고려하여 8가지의 조합수가 나온다.

3.2.3.3 복수구획침수

구획 이상의 복수구획침수가 발생할 때는 고려해야 할 경우의 수가 더욱 늘어나게 된다. 2구역이상 침수시에, 관여되는 구역의 단면형상이 다르면 수작업으로 손상조합을 작성할 경우 많은 시간이 들 뿐 아니라 정확도도 신뢰할 수 없다.

단면형상이 서로 다른 복수구획의 침수를 고려하기 위하여 집합개념을 이용하였다. 2개의 구획 A, B의 침수를 가정하면 구획 A의 i번째 손상조합의 집합 A<sub>i</sub> 과 구획 B의 집합 B<sub>i</sub>로 부터 합집합(Union) 개념을 이용하여 복합조합을 생성하면 이것이 바로 복수구획 침수에 대한 손상조합이 된다.

$$A_i = \{ a_1, a_2, a_3, \dots, a_n \}$$

$$B_i = \{ b_1, b_2, b_3, \dots, b_n \}$$

$$A_i \cup B_i = \{ a_1, a_2, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_n \}$$

where A<sub>i</sub> and B<sub>i</sub> may have common elements.

3.3 프로그램 환경

본 프로그램은 엔지니어링 워크스테이션과 PC를 이용하여 개발되었으나 기본적으로 PC-386급 이상이면

특별한 하드웨어의 제약은 없다. 프로그램의 특성상 기억장소접근이 매우 빈번하기 때문에 입출력 장치가 우수한 하드웨어가 장점을 가진다.

4. 손상복원력 해석

4.1 입력 데이터

프로그램은 4개의 실행모듈 - PRDAM1, PRDAM2, PRDAM3, PRDAM4 - 로 구성되어 있고 각각 입력데이터를 필요로 한다. 상용화되어 있는 기존의 프로그램들의 경우, 입력데이터의 양이 방대하고 적잖은 경험을 필요로 하여 불편한 점이 많다. 본 프로그램에서는 입력데이터의 규모를 최대한도로 단순화하고 쉽게 준비할 수 있도록 사용의 편의성에 중점을 두었다. 4개의 모듈에 필요한 데이터량은 대략 40~50 줄 정도로서 현재 상용화된 타 패키지와 비교하여 볼 때 매우 적은 양이다.

4.2 예 제

프로그램의 검증을 위하여 IMO의 소위원회에서 제공한 2척의 시험선박에 대한 손상복원력 해석을 수행하였다. 시험선박은 증형화물선으로 4개의 화물창, 기관실과 거주구를 가지고 있다. 두 선박의 선형은 동일하며 따라서 주요치수도 같다. 차이점은 내부 구획구조에 있는데 sample ship No.1이라 명명된 첫번째 선박은 수평격벽과 횡탱크가 없는 간단한 형상을 가지고 있는 반면, sample ship No.2는 선측구획실과 각이 있는 횡격벽이 있는 복잡한 구획구조를 가졌다.

본 고에서는 sample ship No.1에 대한 결과만을 다루도록 하며 sample ship No.2에 대한 것은 참고 문헌 [4]에 실려있다.

4.2.1 Sample Ship No. 1

Sample ship No.1은 Fig.4에서 보여지듯이 비교적 단순한 내부 격벽구조를 가지고 있다. 특히 선측격벽이 없다는 점에서 가능한 손상경우의 수가 적어 입력이 단순하다. 구획 설정은 화물창, 기관실 등의 수밀 횡격벽을 기준으로 하여 7개의 구역으로 한다.

Table 1의 자료는 IMO의 SLF 34th session에 미국이 제출한 Multi-national collation of results from applying MSC/Circ.484 to two sample dry cargo ships(January 1990) 에서 발췌된 것이다. 마지막 열에는 본 연구에 의해 수행된 결과를 덧붙였다. 방법마다 약간의 차이는 있으나 모두 요구구획지수를 충분히 넘어 선박이 안정하다는 것을 보여준다. 발생

한 서로의 차이는 대부분 규정을 해석하는데 있어서 나타나는 모호성 때문이라고 볼 수 있다.

구획이 명확하게 나뉘지면 기하학적 위치에 영향을 받는  $p$ 나  $v$ 는 일치하나 근본적인 문제는 어떻게 나누는가 하는데 있다. 손상조합 중 대부분의 경우에는  $s$  값이 0 또는 1, 두 가지 중 하나로 귀착하기 때문에  $s$  값의 모호성이 줄어드나 0과 1 사이의 값일 경우에는 방법마다 서로 다른 값을 주는 것이 보통이다. Table 1의 1 구획침수 6번 구역의 경우 만재적하상태에서 두 결과는 0, 나머지는 어떤 값들을 주었다. 결과에 영향을 미치는 이러한 차이에 대해서는 여러 의견 및 원인이 있을 수 있다. 그 중의 하나는 계산 범위를 벗어나는 상황에서 발생한 오류로 부터 기인된다. 이는 선박이 전복되지않은 상태에서, 프로그램 수행 중 충분한 값이 보류되지 않아 발생되는 일종의 프로그램의 오류이다. 본 프로그램에서는 비손상복원력계산시 입력하는 홀수 및 트림범위를 충분히 하므로써 기여값을 얻을 수 있었다.

부언하면 제출된 여러 값들은 규정이 완전히 정의되기 전에 수행된 결과이므로 이후 수정된 부분도 있으리라 추정된다.

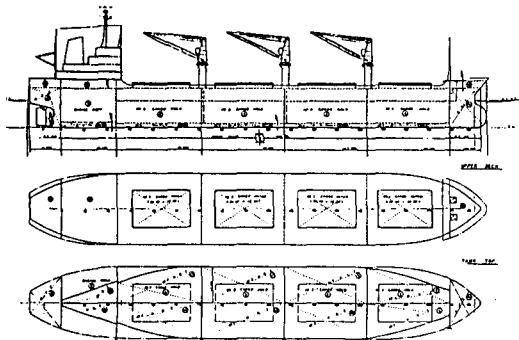


Fig.4 General arrangement of sample ship No.1

5. 결 론

본 연구에서는 최근 시행이 확정된 확률론적 손상복원력에 대한 해석 및 프로그래밍이 수행되었다. 프로그램은 기존의 선박기본계산시스템을 이용하여 워크스테이션과 386급 이상의 PC에서 개발되었으며, 이식

Table 1 Comparison of PRDAM results

A. One-compartment flooding

BY ZONE	Partial Load Condition					Full Load Condition				
	FRG	UK	JAPAN	POLAND	KRISO	FRG	UK	JAPAN	POLAND	KRISO
1	0.019	0.0192	0.0194	0.0194	0.0190	0.019	0.0192	0.0194	0.0194	0.0190
2	0.031	0.0307	0.0317	0.0317	0.0306	0.031	0.0307	0.0317	0.0317	0.0306
3	0.091	0.0913	0.0942	0.0942	0.0912	0.091	0.0913	0.0942	0.0942	0.0912
4	0.117	0.1165	0.1203	0.1203	0.1164	0.117	0.1165	0.1203	0.1203	0.1164
5	0.123	0.1227	0.1258	0.1258	0.1226	0.123	0.1227	0.1258	0.1258	0.1226
6	0.123	0.1127	0.1258	0.1258	0.1226	0.123	0.1227	0.0	0.0	0.1006
7	0.063	0.0626	0.0505	0.0505	0.0636	0.063	0.0626	0.0505	0.0505	0.0636
Total	0.567	0.5657	0.5677	0.5657	0.5658	0.567	0.5657	0.4419	0.4419	0.5440

B. Two-compartment flooding

BY ZONE	Partial Load Condition					Full Load Condition				
	FRG	UK	JAPAN	POLAND	KRISO	FRG	UK	JAPAN	POLAND	KRISO
1	0.029	0.0291	0.0294	0.0294	0.0290	0.029	0.0291	0.0294	0.0294	0.0290
2	0.050	0.0496	0.0	0.0503	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0751	0.0790	0.0790	0.0780	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.093	0.0	0.0936	0.0935	0.0930	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0935	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.080	0.0805	0.0768	0.0768	0.0808	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	0.252	0.2343	0.2788	0.4225	0.2808	0.029	0.0291	0.0294	0.0294	0.0290

C. Total up to 2-compartment flooding(  $\frac{A+B}{2}$  )

Required index: R=0.5256

2

Attained index: A

By	FRG	UK	JAPAN	POLAND	KRISO
Aindex	0.7075	0.6989	0.6589	0.7308	0.7097

성이 우수하여 타 기종으로의 설치가 용이하다.

프로그램의 검증을 위하여 IMO에서 제공하는 시험선박에 대한 계산을 수행하였으며 그 결과는 다른 기관에서 수행된 것과 유사하였다.

기존의 타 시스템에서 복잡하고 많은 시간이 요구되었던 손상시나리오의 입력체계를 해결하기 위하여 격자알고리즘을 개발, 이용함으로써 운용의 간편화를 이루었다. 이용된 격자알고리즘은 기존의 손상복원력 프로그램과 직접적인 연계없이 독립적으로 활용될 수 있는 모듈이기 때문에 데이터베이스와의 입출력 형태만 맞추어 주면 다른 상용패키지와 연계도 가능하다.

본 연구에서는 길이 100m 이상의 건화물선에 대해서만 다루었으나 1994년 규정 결의를 기정 사실화하고 있는 100m 미만의 선박에 대한 대비도 사전에 세워져야한다. 현재까지 비추어진 사항을 볼 때 이론 자체에 큰변화는 없으리라 생각된다. 요구구획지수를 산정함에 있어 상수값을 조정하자는 의견과 모든 선박에 적용 가능한 방법의 개발을 요구하는 의견 등이 존재하고 있으나 전자가 우세한 것으로 나타나고 있다. 본 연구에서 개발된 프로그램에서 쌓인 경험을 바탕으로 대처해 나갈 수 있을 것으로 기대된다.

### 후 기

본 연구는 선박해양공학연구센터에서 수행된 1992년도 기본연구과제의 일부임을 밝혀드립니다.

### 참 고 문 헌

- [1] IMO, "Part B-1 : SUBDIVISION AND DAMAGE STABILITY OF CARGO SHIPS", Text of Amendments to Chapter II-1 of SOLAS 1974, Report of the Maritime Safety Committee on its 58 session, May 1990
- [2] CASHIP User's Manual, 선박해양공학연구센터 조선시스템연구부, 1987
- [3] IMO, "Explanatory notes to the SOLAS regulations on subdivision and damage stability of cargo ships of 100 meters in length and over", Report of the Maritime Safety Committee on its 59 session, June 1991
- [4] 남종호, 김원돈, "확률해석에 의한 손상복원력 계산 프로그램 개발", 한국해사기술연구소 보고서 UCE521-1636.D, 1992년 12월
- [5] 전영기, "길이 100m 이상 건화물선의 구획및 손상복원성 규칙", 한국선급 자료, 1991