

# 신선종 설계를 위한 사고 전파시간 기반의 선박안전성평가 모델 개발에 관한 연구

A Study on the Development of Time Basis Ship Safety Assessment model for a Novel Ship Design

조민철<sup>†\*</sup>, 김화영<sup>\*\*</sup>, 김주환<sup>\*\*</sup>, 강희진<sup>\*\*\*</sup>

Min-Chul, Jo<sup>†\*</sup>, Hwa-Young Kim<sup>\*\*</sup>, Joo-Hwan Kim<sup>\*\*</sup>, Hee-Jin Kang<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약 문

새로운 선박을 설계하거나 기존의 규칙, 규정을 따르지 않는 대체설계를 수행할 경우에는 인명, 환경 및 재산 등과 관련한 선박의 안전성을 평가하고 기존 선박 이상의 안전성을 갖고 있음을 반드시 입증해야 한다. 그러나 기존의 IMO 공식안전성평가 등 기존의 위험도 기반 방법론, 절차 및 도구들은 실제 선박의 설계에 적용하는데 있어 여러 가지 문제점들을 나타내고 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하고, 선박설계시 구체적으로 적용할 수 있는 세부적인 방법론을 개발하기 위해 동 연구를 수행하였다.

※ **Keywords** : 신선종, 대체설계, 공식안전성평가, 선박안전성평가모델

## 1. 서 론

새로운 선박(Novel Ship)을 설계하거나 기존의 규칙, 규정을 따르지 않는 대체설계(Novel Design)를 수행하는 경우 선박안전성 평가 절차

에 따라 안전성을 반드시 평가받아야 한다.

이에 따라, IMO에서는 IMO MSC.1-Circ.1212 및 MSC.1-Circ.1002 등에서는 대체설계 결과의 안전성 승인을 위한 개념적인 방법을 제시하고 있으며, IMO 공식안전성평가 지침서(FSA

†\* 논문 주저자, 선박안전기술공단

\*\* 선박안전기술공단

\*\*\* 선박해양플랜트연구소

Guidelines) 등에서는 신선중 개발을 위한 위험도 기반(Risk Based) 규칙 개발 방법론을 제시하고 있다.

그러나 이러한 기존의 위험도 기반 방법론, 절차 및 도구들은 실제 선박의 설계에 적용하는데 있어 다음과 같은 문제가 있다.

1. 제시된 방법론과 절차는 추상성(Abstract)이 높고, 안전성 평가를 수행하는 과정에서 설계자가 쓰기 어려움
2. 위험도 기반 접근법의 활용을 위해서는 위해 요소 식별을 위한 HAZID 작업이 필요하나, 활용 가능한 데이터가 부족하여 전문가의 자문을 구해야 함. 이러한 경우, 전문가의 지식 수준 및 입장이 각기 달라 위해요소 식별 결과에 대한 신뢰성과 투명성을 입증하기 어려움
3. 위험도 기반 설계를 위한 도구의 활용은 설계기간 중 반복적으로 수행되고 설계 결과에 반영되는 과정이 되풀이 되어야 하는데 이 경우 기존 도구의 복잡하고 어려운 활용절차와 장기간의 해석 시간은 제한된 설계 예산과 기한을 초과할 수 있는 위험이 커져 프로젝트가 실패할 수 있는 위험이 커지게 됨
4. 조선소의 입장에서는 안전성 평가를 위해 조선소의 노하우 등 지적재산권이 포함된 설계 도면, 보고서 등을 제공하기 곤란함
5. 선박의 경우, 단일 사고가 곧바로 선박의 임무, 기능에 영향을 미치지 않고 시간차를 두고 사고 영향이 전파되는 특성이 있는데, 아직까지는 선박의 안전성 평가 시 이러한 사고전파시간이 고려되지 못하고 있음. 사고전파시간은 안전성 평가 시 설계 대안을 구성하는 과정에서 사고 전파를 막거나 사고의 피해를 최소화할 수

있는 의미있는 시간으로 충분히 고려되어야 함  
 선박안전성평가모델(Ship Safety Assessment Model)은 앞서 언급된 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로, 설계 초기 단계에 부족한 데이터, 정보, 지식을 활용하여 선박의 안전성 평가를 수행할 수 있도록 지원하기 위함이다.

선박안전성평가모델은 기존 설계 절차를 크게 변경하지 않고 안전성 평가를 수행하는 조선소, 선급, 장비제작사, 선주 등 각기 다른 지식수준과 입장을 가지고 있는 이해당사자가 설계되는 새로운 선박(Novel Ship) 및 안전과 관련하여 고려해야 할 요소들을 일목요연하게 확인하는 것이다.

또한, 식별된 위험(Risk) 및 사고(Accident, Damage) 선박에 대한 특성을 고려하여 손상 선박의 거동에 따른 손상전파시간을 고려하여 선박이 임무(Mission, Task)를 수행할 수 있는지 여부를 확인하며, 다양한 설계 대안을 구성할 수 있도록 하는 동시에, 반복적인 안전성 평가 및 설계 적용을 통해 짧은 설계 기간 내에 효과적으로 안전성 평가를 수행할 수 있도록 지원하는 한편, 조선소의 설계 노하우나 지식이 안전성 평가 시 충분히 보호받을 수 있도록 하고자 하는 목적으로 개발되었다.

## 2. 선박안전성평가모델(Ship Safety Assessment Model) 활용 장점

새로운 선박(Novel Ship)을 설계하거나 기존의 규칙, 규정을 따르지 않는 대체설계(Novel Design)를 수행하는 경우 선박안전성 평가 절차에 따라 안전성을 반드시 평가받아야 한다.

선박안전성평가모델(Ship Safety Assessment

Model)은 선박을 임무(Mission, Task), 기능(Function), 시스템(System), 하부시스템(Sub-system)으로 계층화하여 정의하였다.

그리고 임무, 기능, 시스템, 하부시스템은 IDEF0를 기반으로 입력(Input), 출력(Output), 제어(Control), 메커니즘(Mechanism), 위치(Location), 운용한계(Limitation), 손상전과시간(Duration Time), 의존도(Dependency)의 항목으로 구체화한 표(Table) 형태의 선박안전성평가모델(Ship Safety Assessment Model)로 구체화되어 있다.

선박안전성평가모델(Ship Safety Assessment Model)은 선박의 초기 설계 단계에서 정의된 사고 시나리오에 대한 선박 거동 해석 결과를 대입하여, 선박 측면에서의 임무 수행 가능성을 판단하고 안전 요구수준을 만족하는지 여부를 확인하여 설계 결과를 반복적으로 개선하게 되며, 선박안전성평가모델(Ship Safety Assessment Model)은 손상 전과시간 및 의존도 항목의 정보를 이용하여 사고 시나리오에 대한 선박 거동 해석 결과에 따른 선박 측면에서의 임무 수행 가능성을 1(수행가능), 0(수행불가능)으로 이해하기 쉽게 표현하는 타이밍 다이어그램(Timing Diagram)을 작성할 수 있도록 지원한다.

그리고 선박안전성평가모델(Ship Safety Assessment Model)은 시스템 및 하부시스템이나 위치 정보를 매개로 조선소의 설계 데이터 및 3차원 기반의 프로토타입 모델과 연계 활용이 가능하며, 선박안전성평가모델(Ship Safety Assessment Model)을 활용하여 작성된 안전성 평가결과는 데이터베이스화 작업을 거쳐 사고시나리오별 선박안전성 예측 데이터베이스를 구성하여 선박

운용단계에서 실제 사고 발생 시 예상 위험을 감지하고 이에 대응할 수 있도록 하여 선박의 안전성 향상에도 기여할 수 있을 것이다.

### 3. 선박안전성평가모델(Ship Safety Assessment Model) 활용 방법

선박안전성평가모델은 새로운 선박(Novel Ship)을 설계하거나 기존의 규칙, 규정을 따르지 않는 대체설계(Novel Design)를 수행할 경우, 인명, 환경, 재산 등과 관련한 선박의 안전성을 효과적으로 평가할 수 있도록 하는, 선박안전성평가모델의 작성 및 이를 이용한 선박안전성평가 방법을 제공하는바, 다음의 단계의 과정에 따라 구체적으로 구현될 수 있다.

#### 3.1 제1단계

새로운 선박(Novel Ship)을 설계하거나 기존의 규칙, 규정을 따르지 않는 대체설계(Novel Design)를 실용화하기 위해서는 반드시 안전성 평가를 통하여 설계된 선박이나 설계결과가 기존의 규격, 규정을 따르는 설계 이상으로 안전함을 입증해야 한다.

하지만, 선박의 안전함을 입증하기 위한 안전성 평가는 활용 가능한 사고 데이터가 부족할 뿐만 아니라, 무수히 많은 사고 시나리오를 전부 설정하고 적용할 수 없는 문제가 있음 또한 모든 설계 과정은 '비용'과 '시간'이 제한적일 수밖에 없는데, 이처럼 설계 결과의 안전성을 평가하고 설계 결과를 보완하는 작업을 반복함에 있어서는 필연적으로 설계 시간 및 비용의 증가를 불러와 프로젝트의

실패 위험을 높이게 된다.

선박안전성평가모델(Ship Safety Assessment Model)은 이러한 문제를 해결하기 위한 것으로, 선박의 안전성을 선박이 특정 손상 상황에서 주어진 임무(Mission, Task)나 기능(Function)을 수행할 수 있는지 여부로써 평가하기 위함이다.

이러한 선박안전성평가모델을 작성함에 있어서는 우선 선박안전성평가모델을 적용할 대상인 선박을 구체적으로 정의하는 것이 필요한데, 선박안전성평가모델의 경우 선박을 정의함에 있어서는 기본적으로 임무(Mission, Task), 기능(Function), 시스템(System), 하부시스템(Sub-system)의 4가지 요소를 사용한다.

즉, 선박안전성평가모델에서는 선박을 임무(Mission, Task), 기능(Function), 시스템(System), 하부시스템(Sub-system)으로 계층화하여 정의하는 바, 보다 구체적으로는, 선박의 임무를 먼저 정의하고, 다음으로 상기 임무 수행을 위해 필요한 기능을 정의하고, 다음으로 상기 기능을 구성하는 시스템 및 하부시스템을 정의하고 그리고 상기 임무, 기능, 시스템, 하부시스템 등의 계층을 각각 입력(Input), 출력(Output), 제어(Control), 메커니즘(Mechanism)의 항목으로 구체화한다.

이를 위하여 선박안전성평가모델은 Fig. 1의 예에서 보는 바와 같이 IDEF0(Integration DEFinition 기법)의 프레임을 활용함. 이처럼 IDEF0의 프레임은 활용함으로써 선박의 임무, 기능, 시스템, 하부시스템으로 이루어지는 구조를 한 눈에 들어오게 표현할 수 있으며, 각 계층별로 입력(Input), 출력(Output), 제어(Control), 메커니즘(Mechanism)을 통해 고려해야 할

다양한 요소(관련 규정, 규격, 법, 예산, 일정, 담당자, 관련 기관, 업체, 부서 등)를 Fig. 2의 예에서 보는 표와 같이 직관적이고 단순하게 표현할 수 있게 된다.

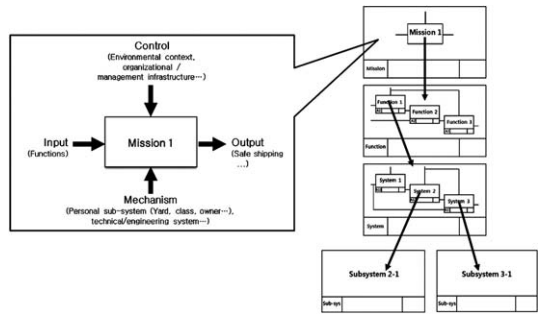


Fig. 1 선박안전성평가모델 구성을 위한 IDEF 0 활용 예시

| Level   | Input  | Control   | Output                                    | Mechanism  |
|---------|--|---|---|--|
| Level 1 | Linked Functions to the Mission<br>Ex) Functions<br>Linked                             |   | Mission Capability                        |  |
| Level 2 | Technical/engineering Systems to the Function<br>Ex) Systems<br>Linked                 | Points to be Considered at Each Level<br>Ex) The environmental context, organizational/management | Inputs of Upper Level<br>Ex) Mission...   | Stakeholders in Design, Inspection, Operation Aspects at Each Level<br>Ex) Designers, Owners, Equip. Makers, Classification Societies... |
| Level 3 | Technical/engineering Sub-systems to the System<br>Ex) Sub-systems<br>Linked           | management infrastructure, personal subsystem at the Level including rules and regulations...     | Inputs of Upper Level<br>Ex) Functions... |  |
| Level 4 | Technical/engineering Sub-systems to the Sub-system<br>Ex) Other sub-systems<br>Linked |   | Inputs of Upper Level<br>Ex) Systems...   |  |

Fig. 2 선박 특성을 활용한 IDEF 0 기반의 선박 안전성평가모델 구성방법

그러나 이러한 IDEF0 프레임만으로는 선박의 특성을 완전히 반영할 수 없다. 왜냐하면 선박에서 일어나는 많은 사고에 대한 안전성 여부를 확인하기 위해서는, 침수 등의 사고가 일어난 위치에 있는 장비에 관한 정보(위치(Location)), 침수 등의 사고 진행에 따라 발생하는 수직가속도나 선체의 힐(Heel) 또는 트림(Trim) 등에 의해 장비가 불능화되는지 여부를 확인하기 위한 장비의 운용범위(운용한계(Limitation)), 침수 상황이나 침수 전파

형태 등에 따라 달라지는 상위 단계 임무, 기능, 시스템에 영향을 미치기까지의 시간(손상전파시간 (Duration Time)), 불능화된 장비가 상위 단계 임무, 기능, 시스템에 미치는 영향(의존도(Dependency)) 등에 대한 정보가 추가로 필요하기 때문이다.

따라서 선박안전성평가모델에 위치, 운용한계,

손상전파시간, 의존도 등의 항목을 추가하고 이를 Fig. 3.의 예에서 보는 바와 같이 표(Table) 형태로 구성하였다. Fig. 3의 예에서 선박의 임무를 ‘안전한 운송(Safe Shipping)’으로 설정한 경우 이를 구성하는 기능, 시스템, 하부시스템을 포함한 선박안전성평가모델을 보여준다.

| Mission  | Input  | Control   | Output  | Mechanism   | Duration Time from Func. Failure  |
|--|--|---|---|---|---|
| Mission of a Ship:<br>Ex) M1.1 Safe Shipping<br>-- | Linked Functions to the Mission:<br>Ex) F1.1 Maneuverability<br>-- | Points to be Considered:<br>Ex) C1.1 Rules & Regulation<br>C1.2 Sea Route<br>C1.3 ... | Mission Capability:<br>Ex) O1.1 Safe of Life<br>O1.2 Safe of Environment<br>O1.3 Safe of Property | Stakeholders in design, inspection, operation aspects:<br>Ex) M1.1 Yard<br>M1.2 Class<br>M1.3 Owner | Time to Failure from Lower level failure:<br>Ex) T1.1.0 min. from F1 Failure<br>T1.2.00 min from F2 Failure<br>-- |

| Function   | Input  | Control  | Output  | Mechanism   | Dependency to Mission   | Duration Time from Sys. Failure  |
|--|--|--|---|---|---|--|
| Functions for Mission:<br>Ex) F1.1 Maneuverability<br>-- | Linked Technical/engineering systems to the Functions:<br>Ex) S1.1.1 Propulsion...<br>-- | Points to be Considered:<br>Ex) C1.1.1 SOLAS S1.1 R-2<br>C1.1.2 KR rules<br>C1.1.2.1 Northern Sea Route<br>C1.1.2.1.1 3M dollar...<br>-- | Inputs of Upper Level(Function):<br>Ex) F1.1.<br>-- | Stakeholders in design, inspection, operation aspects:<br>Ex) M1.1.1 DSM*<br>M1.1.2 K*<br>M1.1.3 MAERSK*...<br>-- | Relationship between functions, systems and subsystems:<br>Ex) OR<br>-- | Time to Failure from Lower level failure:<br>Ex) T1.1.1.0 min. from S1.1.1 Failure<br>T1.1.2.0 min from S1.1.2 Failure<br>-- |

| System   | Input  | Control   | Output  | Mechanism  | Dependency to Mission  | Duration Time from Sub Sys. Failure  | Limitation   | Location   |
|--|--|---|---|--|--|--|--|--|
| Systems for Function:<br>Ex) S1.1.1 Propulsion<br>-- | Linked Technical/engineering sub-systems to the System:<br>Ex) S1.1.1.1 Engines<br>S1.1.1.2 Heater<br>-- | Points to be Considered:<br>Ex) C1.1.1.1 KR RA-05-4<br>KR RA-06-K<br>C1.1.1.2 Northern Sea Route<br>C1.1.1.3 3M dollar...<br>-- | Inputs of Upper Level(System):<br>Ex) F1.1.<br>-- | Stakeholders in design, inspection, operation aspects:<br>Ex) M1.1.1.1 Design Team No.4<br>M1.1.1.2 Machinery Survey Team<br>M1.1.1.3 K* DSM*...<br>-- | Relationship between functions, systems and subsystems:<br>Ex) OR to F1.1.<br>-- | Time to Failure from Lower level failure:<br>Ex) T1.1.1.1.00 min. from S1.1.1.1.1 Failure<br>S1.1.1.1.2 Failure<br>T1.1.1.2.00 min from S1.1.1.1.2 Failure<br>-- | Operational limit of heel, trim and vertical acceleration:<br>Ex) Heel > 15 Degree<br>-- | Location of systems and subsystems:<br>Ex) R032, R033, R034.<br>-- |

| Sub-system  | Input  | Control  | Output  | Mechanism  | Dependency to Mission  | Limitation   | Location   |
|---|--|--|---|--|--|--|--|
| Sub-systems for Function:<br>Ex) S1.1.1.1 Engines<br>-- | Linked Technical/engineering sub-systems to the Sub-system:<br>Ex) S1.1.1.1.1 FOS Tank<br>S1.1.1.1.2 Pumps<br>S1.1.1.1.3 heaters<br>-- | Points to be Considered:<br>Ex) C1.1.1.1.1 KR RA-05-4<br>C1.1.1.1.2 Northern Sea Route<br>C1.1.1.1.3 07M dollar...<br>-- | Inputs of Upper Level(System):<br>Ex) S1.1.1.<br>-- | Stakeholders in design, inspection, operation aspects:<br>Ex) M1.1.1.1.1 Manager 000<br>M1.1.1.1.2 Surveyor XXX<br>M1.1.1.1.3 Supervisor DHD<br>-- | Relationship between functions, systems and subsystems:<br>Ex) OR to S1.1.1.<br>-- | Operational limit of heel, trim and vertical acceleration:<br>-- | Location of systems and subsystems:<br>Ex) R032...<br>-- |

Fig. 3 표 형식의 선박안전성평가모델 구성 예

### 3.2 제2단계

선박안전성평가모델의 작성이 완료되면, 선박의 초기 설계 단계에서 특정 사고 시나리오를 정의하고 상기 사고 시나리오에 대한 선박 거동 해석 결과를 선박안전성평가모델에 대입하여 안전성 평가를 수행함. 이 경우 선박의 침수, 거동 특성 등과 같은 선박 거동 해석 결과는 외부의 상용 프로그램이나 인하우스 프로그램 등을 이용하여 도출할 수 있음. 특정 사고 시나리오에 대한 선박의 침수, 거동 특성 등에 대한 데이터가 나오면,

각 값을 Fig. 3에서 제시된 테이블 형태의 선박 안전성평가모델에 기록(대입)한다.

본 단계에서의 안전성 평가는 선박 측면에서의 임무 수행 가능성을 판단하고 안전 요구수준을 만족하는지 여부를 확인하는 것으로 이루어질 수 있으며, 안전성 평가 결과에 따라 설계 결과를 반복적으로 개선하는 것이 바람직함. Fig. 4는 선박의 초기 설계 단계에서 선박안전성평가 모델을 활용하여 반복적으로 설계 결과의 안전성을 평가하고 설계 결과를 개선하는 개념을 보여 준다.

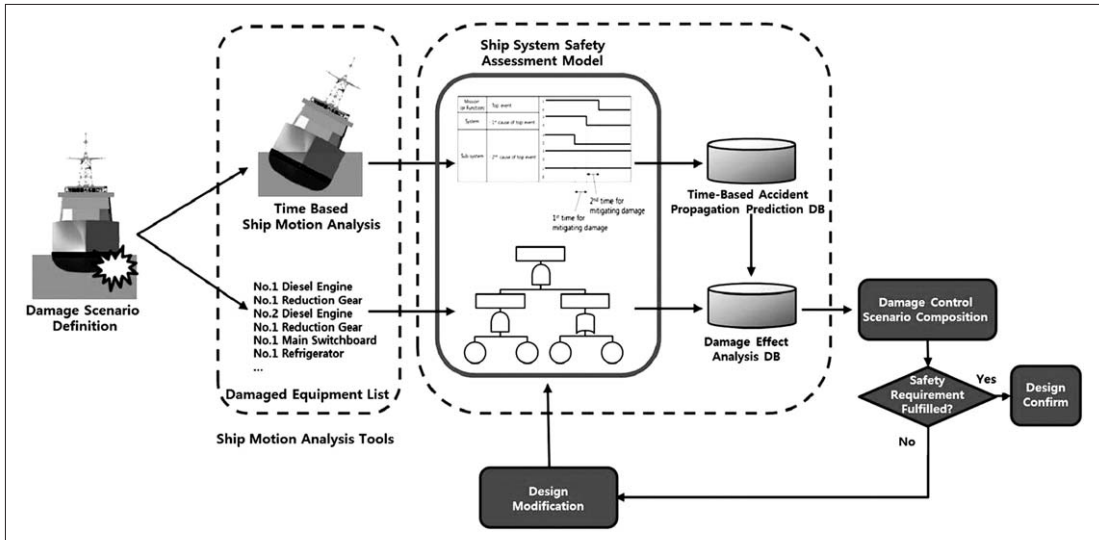


Fig. 4 설계단계 선박안전성평가모델 활용개념

만일, 특정 사고 시나리오의 대입 시 선박의 임무, 기능 수행이 불가능할 경우, 이를 극복하기 위한 설계 대안을 제시하게 되는데, 이 경우 시간 흐름에 따른 선박의 침수, 거동 특성 변화나 임무, 기능,

시스템, 하부시스템의 기능 제약에 대한 내용을 검토하여 사고의 전파를 막거나 피해를 줄이는 설계를 수행(장비의 복구화, 위치의 변화 등)하고, 이를 다시 선박안전성평가모델에 반영하여 안전성

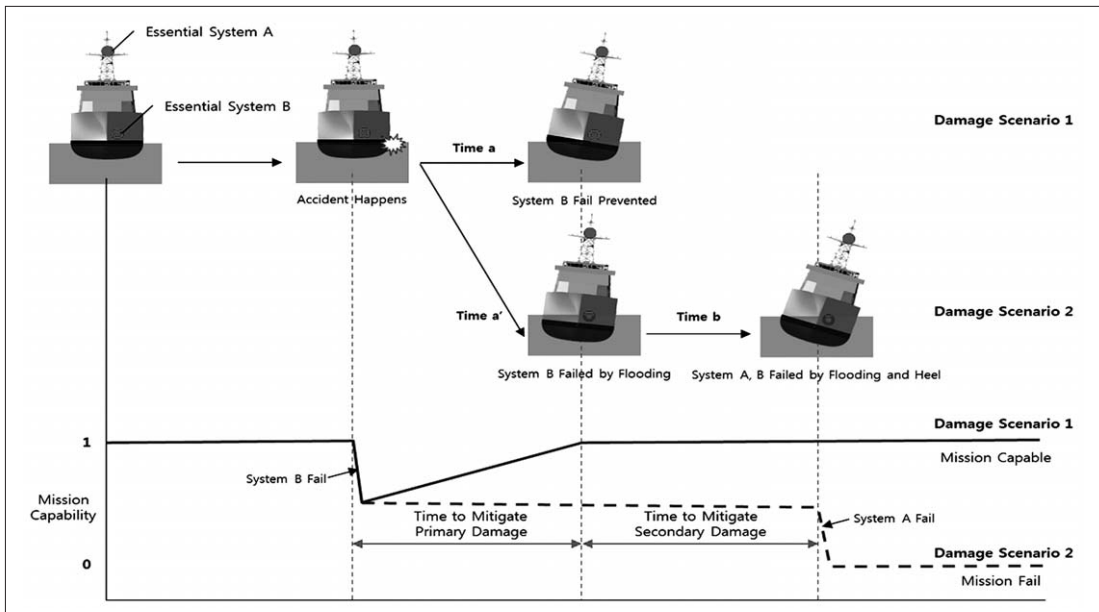


Fig. 5 선박안전성평가모델을 활용한 타이밍 다이어그램 및 안전성 평가 개념

평가를 반복 수행함. 선박안전성평가모델은 이러한 안전성 평가 과정에서 선박을 임무, 기능 관점에서 안전성 평가 대상자에게 설명하고, 짧은 설계기간 동안 반복적으로 이루어져야 하는 안전성 평가 업무 내용을 기록하고 개선 과정을 도출하는 데 활용한다.

한편, 본 단계에서 안전성 평가를 수행함에 있어서는 선박안전성평가모델의 손상전파시간 및 의존도 항목의 정보를 이용하여 특정 사고 시나리오에 대한 선박 거동 해석 결과에 따른 선박 측면에서의 임무 수행 가능성을 1(수행가능), 0(수행불가능)으로 표현하는 타이밍 다이어그램(Timing Diagram)을 작성한다.

Fig. 5는 특정 사고 시나리오에 대한 선박 거동 해석 결과를 바탕으로 사고의 전파 과정을 선박 안전성평가모델의 손상전파시간에 반영한 후 이를 다시 타이밍 다이어그램으로 표현하는 개념을 보여주는 것이다.

선박의 임무, 기능, 시스템, 하부시스템의 가능 여부를 임의의 수치로 된 확률로 표현할 경우 설계 단계에서 많은 혼선과 기준에 대한 논란이 있을 수 있음. 따라서 선박안전성평가모델에서는 정의된 임무, 기능, 시스템, 하부시스템 및 입력, 출력, 제어, 메커니즘, 위치, 의존도, 손상전파시간, 운용한계 등을 활용하여 특정 손상 시나리오에 대한 선박의 임무, 기능 수행 능력을 1(수행가능), 0(수행불가능)으로 표시한 타이밍 다이어그램으로 표현함으로써 상술한 바와 같은 혼선과 논란의 여지가 없도록 한다.

즉, 이러한 타이밍 다이어그램을 기반으로 특정 사고 시나리오에 대한 선박의 임무, 기능 영향을 안전성 평가에 참여하는 각 이해당사자가 선박 및

안전관련 문제에 대한 지식수준이나 입장에 관계 없이 객관적이고 투명하게 직관적으로 파악할 수 있도록 지원한다.

한편, 상술한 작업은 선박안전성평가모델이 위치, 의존도, 손상전파시간, 운용한계 등을 활용하여 선박에서 발생한 손상의 전파를 임무, 기능의 수행 가능(1), 불가능(0)으로 Fig. 6에서 보는 바와 같은 FT(Fault Tree)나 TD(Timing Diagram) 형태로 표현할 수 있기 때문에 가능한 것이다.

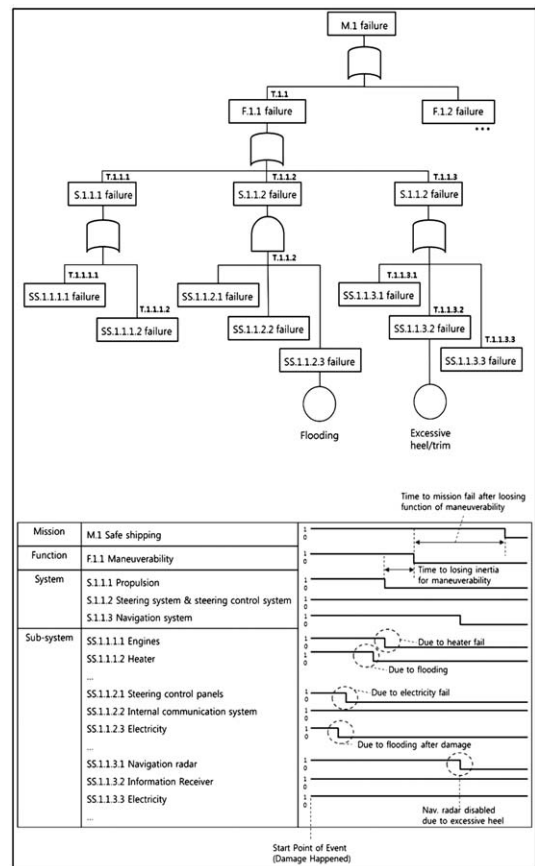


Fig. 6 선박안전성평가모델에서 도출된 FT(Fault Tree Diagram) 및 TD(Timing Diagram)

한편, 본 단계에서 선박안전성평가모델 중 '손상 전파시간'에 대한 데이터는 설계된 선박의 선형,

구획정보를 활용하여 특정 사고 시나리오에 대한 침수 과정을 해석함으로써(해석은 상용, 외부 프로그램 등을 활용함) 얻을 수 있다.

이를 통하여 선박에서 손상의 발생이 특정 시스템, 하부시스템에 어떻게 영향을 주고 최종적으로 어느 정도의 시간이 경과한 후 선박의 기능, 임무에 영향을 주게 되는지를 가능(1), 불가능(0)의 형태로 확인할 수 있게 됨. 그리고 이러한 확인 결과는 상술한 바와 같이 선박의 안전성 향상을 위한 설계 개선을 위해 활용된다.

한편, 본 단계에서 안전성 평가를 수행함에 있어서는 선박안전성평가모델의 시스템 및 하부 시스템이나 위치 정보를 매개로 선박안전성평가 모델을 선박 제품 모델과 함께 활용함으로써, 보다 객관적이고 현실성 있는 안전성 평가를 수행

할 수 있다. Fig. 7 및 Fig. 8은 선박안전성평가 모델의 시스템 및 하부시스템 고유번호(Serial Number)나 위치 정보(Location Code)를 매개(Attribute Data)로 선박안전성평가모델을 선박 제품 모델(Ship Product Model)과 함께 활용하는 개념을 보여주고 있다.

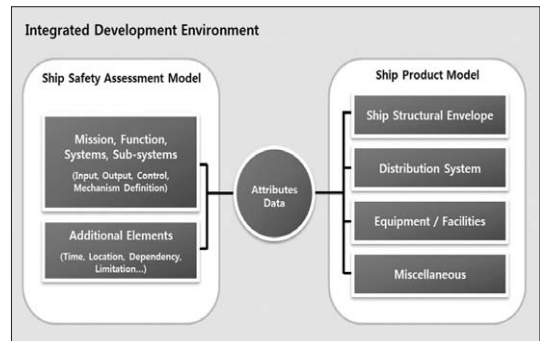


Fig. 7 선박안전성평가모델과 조선소 설계 데이터 (3차원 프로덕트 모델 등) 연계 활용 개념

| Function  | Input  | Control  | Output                    | Mechanism  | Dependency to Mission | Duration Time from Sub Sys. Failure  | Limitation                                    | Location   |
|---|--|--|---------------------------|--|-----------------------|--|---|--|
| F.1.1 Maneuverability                             | S.1.1.1 Propulsion   | C.1.1.1 SOLAS B-1, B-2<br>C.1.1.2 48 rules<br>C.1.2.1 Coastal waters   | M.1                       | M.1.1.1 DSM*<br>M.1.1.2 4*<br>M.1.1.3 MANEG*                                       | OR                    | T.1.1.1 00 min. from<br>S.1.1.1 Failure  | -   | R022(Engine room)<br>R033(Generator room)<br>R034(Steering gear room)      |
|   | S.1.1.2 Steering system & steering control system  | ...  | ...                       | T.1.1.2 00 min. from<br>S.1.1.2 Failure  |                       |  |   |  |
|   | S.1.1.3 Navigation system  | ...  | ...                       | T.1.1.3 00 min. from<br>S.1.1.3 Failure  |                       |  |   |  |
| System  | Input  | Control  | Output                    | Mechanism  | Dependency to Mission | Duration Time from Sub Sys. Failure  | Limitation                                    | Location   |
| S.1.1.1 Propulsion                                | SS.1.1.1.1 Engines<br>SS.1.1.1.2 Heater  | C.1.1.1 SOLAS B-1, Reg B-1<br>SOLAS B-2, Reg 21<br>C.1.1.2 KR RA-05-K<br>C.1.1.2 KR RA-06-K<br>C.1.2.1 Korean coastal waters | F.1.1                     | M.1.1.1.1 Design Team No.4<br>M.1.1.1.2 Machinery Survey Team<br>M.1.1.1.3 4* DSD* | OR                    | T.1.1.1.1 00 min. from<br>SS.1.1.1.1 Failure<br>T.1.1.1.2 00 min. from<br>SS.1.1.2 Failure | -   | R022(Engine room)<br>R033(Generator room)<br>R034(Steering gear room)      |
| S.1.1.2 Steering system & steering control system | SS.1.1.2.1 Steering control panels<br>SS.1.1.2.2 Internal communication system<br>SS.1.1.2.3 Electricity | C.1.1.1 SOLAS B-1, Reg B-1<br>SOLAS B-2, Reg 21<br>C.1.1.2.1 ...   | ...                       | M.1.1.2.1 Design Team No.6<br>M.1.1.2.2 Machinery Survey Team<br>M.1.1.2.3 4* DSD* | OR                    | T.1.1.2 00 min. from<br>SS.1.1.2.1 ~ SS.1.1.2.3  | -   | R031(Engine control room)<br>R034(Steering gear room)<br>R011(Wheel house) |
| S.1.1.3 Navigation system                         | SS.1.1.3.1 Navigation radar<br>SS.1.1.3.2 Information receiver<br>SS.1.1.3.3 Electricity                 | ...  | ...                       | M.1.1.3.1 ...  | OR                    | ...  | -   | R011(Wheel house)  |
| Sub-system  | Input  | Control  | Output                    | Mechanism  | Dependency to Mission | Limitation   | Location                                      |  |
| SS.1.1.1.1 Engines                                | SS.1.1.1.1.1 F.O.S.Tank<br>SS.1.1.1.1.2 Pumps<br>SS.1.1.1.1.3 Heaters                                    | C.1.1.1.1 SOLAS B-1, Reg B-1<br>C.1.1.2.1 ...  | S.1.1.1                   | M.1.1.1.1.1 Manager 000<br>M.1.1.1.1.2 Surveyor 000<br>M.1.1.1.1.3 Supervisor 000  | OR                    | -  | R022(Engine room)                             |  |
| SS.1.1.1.2 Heater                                 | SS.1.1.1.2.1 F.O.S.Tank<br>SS.1.1.1.2.2 Circulation pump<br>SS.1.1.1.2.3 Booster pump                    | ...  | S.1.1.1, S.1.1.2, S.1.1.3 | ...  | OR                    | -  | R022(Engine room)                             |  |
| SS.1.1.2.1 Steering control panels                | ...  | ...  | ...                       | ...  | AND                   | -  | R034(Steering gear room)                      |  |
| SS.1.1.2.2 Internal communication system          | ...  | ...  | ...                       | ...  | AND                   | -  | R011(Wheel house)<br>R034(Steering gear room) |  |
| SS.1.1.2.3 Electricity                            | ...  | ...  | ...                       | ...  | ...                   | -  | R033(Generator room)                          |  |
| SS.1.1.3.1 Navigation radar                       | ...  | ...  | ...                       | ...  | ...                   | -  | R021(Main)                                    |  |
| SS.1.1.3.2 Information receiver                   | ...  | ...  | ...                       | ...  | ...                   | -  | R011(Wheel house)                             |  |
| SS.1.1.3.3 Electricity                            | ...  | ...  | ...                       | ...  | ...                   | -  | R011(Wheel house)                             |  |

Fig. 8 선박안전성평가모델과 3차원 프로덕트 모델



#### 4. 데이터베이스 구축을 통한 생애주기 선박안전기능 향상

선박 설계가 확정된 이후에는 선박안전성평가 모델을 기반으로 사고 시나리오별 선박안전성 예측 데이터베이스(이하, '데이터베이스'라 함)를 구성한다.

이 경우, 선박 운용단계에서 실제 사고 발생시 데이터베이스를 이용하여 예상 위험을 감지하고 이에 대응하는 것이 효율적으로 이루어질 수 있음. 한편, 선박 운용단계에서의 실제 사고 정보를 데이터베이스에 반영하여 지속적으로 수정보완하고 이를 후속 선박 설계에 반영하므로, 선박 안전성평가모델은 시간이 갈수록 보다 객관적이고 현실성 있는 평가수단으로 진화하게 된다.

선박안전성평가모델은 선박의 규모나 평가해야 할 사고 시나리오의 수 등에 따라 단순히 엑셀(Excel) 테이블 형태로 구현될 수도 있으나, 격벽과 탑재 시스템이 많은 대형 선박의 경우 전산 시스템으로 구현되는 것이 바람직하며, 이 경우 반복적

으로 수행되는 안전성 평가와 설계 개선 결과가 버전별로 저장되는 데이터베이스에 연결된다.

Fig. 9은 전산 시스템으로 구현된 선박안전성 평가모델이 설계 단계에서 어떻게 활용되는지 그리고 선박의 안전성 향상과는 어떤 관계가 있는지를 보여주고 있다.

설계단계에서 안전성 평가를 수행하고 그 결과를 데이터베이스화한 내용은 실제 선박에 탑재되어 운용단계에서 사고가 발생할 경우, 의사결정을 통해 손상통제나 이함을 지시해야 하는 선상 지휘자가 손상의 영향과 대처 방안을 개략적이지만 빠르게 확인하고 대처하는 수단으로 활용될 수 있다. 그리고 이러한 일련의 결과는 손상 대응을 위한 메뉴얼의 개선과 후속 선박의 안전성 향상에 활용되게 한다.

결국, 선박안전성평가모델은 설계되는 선박의 안전성을 설계단계에서 검증하고 또 그 설계를 개선하는 반복적인 과정을 빠르고 안정적으로 수행하기 위한 도구라고 할 수 있으며, 또한 안전성 평가 단계에서 활용 가능한 사고데이터의

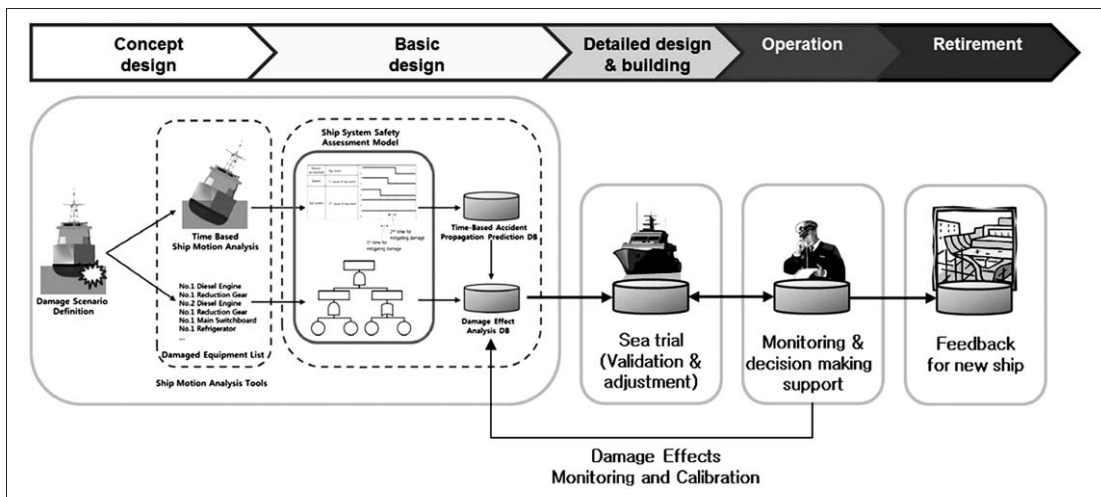


Fig. 9 수명주기 기반의 선박안전성평가모델 활용 개념

부족으로 인해 특정 사고 시나리오의 선박에 대한 영향 등에 있어 이견을 보일 수 있는 안전성 평가 관련 조선소, 선급, 선조, 장비제작사 등과 같은 이해당사자의 이견을 객관적으로 합치시키는 데 필요한 도구라고 할 수 있다.

## 5. 결 론

새로운 선박(Novel Ship)을 설계하거나 기존의 규칙 및 규정을 따르지 않는 대체설계(Novel Design)를 수행할 경우에는 인명, 환경, 재산 등과 관련한 선박의 안전성을 평가하고, 기존 선박 이상의 안전성을 갖고 있음을 반드시 입증해야 한다.

IMO에서는 안전성평가와 관련된 지침서의 개발을 통해 대체설계 결과의 안전성 승인을 위한 개념적인 방법을 제시하고 있으며, IMO 공식 안전성평가 지침서(FSA Guidelines) 등에서는 신선종 개발을 위한 위험도 기반(Risk Based) 규칙 개발 방법론을 제시하고 있다.

그러나 이러한 현재의 방법들을 실제 선박의 설계에 적용하는 과정에서 다음과 같은 문제가 발생하고 있다. 우선, 지침에서 제공된 방법론 및 절차의 추상성이 높아, 안전성 평가를 수행하는 과정에서 설계자가 쓰기 어려운 문제가 있다. 또한 위험요소를 식별하기 위해 활용 가능한 데이터가 부족하여 전문가의 자문을 받아야 하나, 이 경우 전문가의 지식 수준 및 입장이 각기 달라 위해요소 식별에 대한 신뢰성이 떨어지는 문제점이 지적되고 있다. 게다가 조선소의 입장에서는 안전성 평가를 위해 조선소의 설계 노하우 등 지적 재산권이 포함된 설계도면 및 보고서 등의 자료

제공이 어렵다는 점이 있다.

따라서, 현재의 안전성평가 방법에 대한 문제점을 해결하고, 설계초기 단계에서 부족한 데이터 정보 및 지식을 활용하여 선박의 안전성 평가를 수행할 수 있도록 지원하기 위해 선박안전성평가모델(Ship Safety Assessment Model)을 개발하게 되었다.

선박안전성평가모델은 선주 등 각기 다른 지식 수준과 입장을 가지고 있는 이해당사자가 설계 되는 새로운 선박(Novel Ship) 및 안전과 관련하여 고려해야 할 요소들을 일목요연하게 확인할 수 있도록 지원할 것이다. 또한, 반복적인 안전성 평가 및 설계 적용을 통해 짧은 설계 기간 내에 효과적인 안전성 평가를 수행할 수 있도록 할 것이며, 조선소의 설계 노하우 및 지식 등이 안전성 평가시에 충분히 보호받을 수 있도록 할 것이다.

아국이 개발한 선박안전성평가모델은 IMO에서 제정중인 공식안전성평가(FSA) 및 대체설계 관련한 지침을 조선산업계의 설계 현장에서 좀더 실질적으로 활용할 수 있도록 구체화하는데 기여할 것으로 예상된다.

따라서, 상기 연구결과를 토대 선박안전성평가 모델에 대해 국제해운사회에 소개할 수 있는 문서를 개발하여 '14. 5월에 개최된 제93차 해사안전 위원회(MSC 93)에 문서를 제출하였으며, 많은 회원국의 관심을 이끌어냈었다.

## 후 기

본 연구는 선박안전기술공단에서 해양수산부 수탁과제인 “2013년도 IMO 전략대응 연구용역”으로 추진하였음을 밝힙니다.