

# SLA 기반 GBS

이종갑(한국해양연구원)

## 1. 서 론

최근 세계 해사 관련 단체들의 많은 노력에도 불구하고 해양에서 선박의 구조적인 결함에 의해 발생하는 해양 사고로 인하여 인명의 손실 및 해양 오염이 계속되고 있는 바, 해상에서의 안전과 환경보호를 위한 UN 산하 전문기구인 국제해사기구(International Maritime Organization, 이하 IMO)에서는 이 문제를 근본적으로 해결하기 위한 수단으로 신개념 선박건조기준(Goal-Based New Ship Construction Standard, 이하 GBS)의 개발을 추진하고 있다.

GBS란 선박이 수명주기 동안 확보해야 할 안전 목표(safety goal) 및 기능요건(functional requirements)을 설정하고 이를 만족하기 위한 설계 및 건조 품질 검사 관련 세부 기준을 정의함으로써 선박의 안전성을 획기적으로 향상하기 위한 새로운 개념의 IMO 법규체계로서, 지금까지 선급협회 및 조선소에 맡겨져 왔던 선박건조기준과 건조과정을 국제협약의 틀에 수용하고, 안전 및 환경오염 관련 설계와 건조 규정 및 품질을 직접 통제함으로써, 선박 사고 및 이로 인한 해양환경의 피해를 최소화하고자 하는 국제해사기구(IMO)의 장기 전략과제이다.

MSC 77차 회의(2003년 5월)에서부터 본격 논의된 GBS는 2006년 12월 현재 기본개념과 5단계(tier)로 구성된 골격/framework)을 완성하고 확정론적 접근방법(deterministic approach)에 의한 산적화물선 및 유조선의 구조에 관한 기준이 마무리 단계에 있으며, 전 선종, 전 분야에 대한 안전수준기반(Safety Level Approach, 이하 SLA) GBS의 개발을 추진하고 있다.

본 고에서는 독일, 스웨덴 등 유럽 국가들에 의해 주도되고 있는 SLA기반의 GBS에 대한 기본개

념과 구조, 문제점 및 대응방안에 대하여 소개하였다.

## 2. SLA기반 GBS 개요

### 2.1 SLA란

SLA란 위험도 기반 방법론(Risk Based Methodology)을 기초로 한 IMO GBS 개발 방법론의 하나로서, 선박에 대한 균일한 안전수준(uniform level of safety)의 개발을 통하여 향후 IMO에서 제정되는 국제표준의 합리적이고 일관성 있는 도구의 확보에 목표를 두고 있다.

SLA는 새로운 개념의 방법론은 아니며, 원자력, 석유화학, 해양플랜트 등 타 산업분야에서 안전 및 환경보호를 위한 기준 개발에 폭넓게 사용되고 사용되고 있는 방법론이다. 이 방법론은 IMO로 하여금 안전(safety) 효과가 최대로 나타나는 곳에 직접적인 자원을 쉽게 투입할 수 있는 도구로 활용될 것으로 여겨지며, 2006년 5월 개최된 IMO MSC 제 81차 회의를 통해서 신조선박의 건조기준을 위한 GBS개발방법론으로 처음으로 채택되었다.

GBS 개발 방법론에 관련한 논의는 독일, 노르웨이, 덴마크, 스웨덴 등 주로 EU의 SAFEDOR 프로젝트를 주도하는 국가들과 일본 등에서 위험도 기반 방법론의 적용이 불가피 함을 주장해 왔으며 그리스, 바하마 등은 위험도기반방법론(Risk Based Approach)의 선박에의 적용상의 문제점들을 이유로 적용을 반대하거나 기존의 방법과 병행할 것을 주장하였다. 이에 따라 IMO MSC 제81차 회의에서는 벌크선과 탱크선의 선체구조에 대해서는 결정론적 방법론(prescriptive/deterministic approach)에 의해 개발 중인 기존의 GBS를 빠른 시간 내에 개발

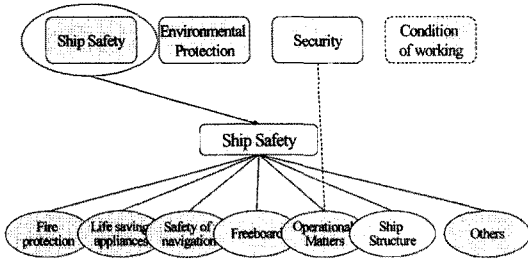


Fig.1 Holistic Approach for Ship Safety

을 완료하고, 이를 포함한 전 선종, 전 분야에 대한 GBS는 SLA 방법론에 따라 개발하기로 합의하였다.

## 2.2 SLA의 기본개념

GBS는 향후 선박의 구조문제에 국한하지 않고 선박 전체의 안전(ship safety)은 물론 환경보호(environmental protection), 인적요소(human element), 보안(security) 등 IMO에서 다루는 제반 문제로 확대될 계획이며 (Fig.1 참조), 이를 위해서는 총체적 접근(holistic approach)을 통한 하향식(top-down) 목표 설정(goal-setting) 및 이를 만족하기 위한 상향식(bottom-up) 방식의 세부요구사항 (rules and regulations)의 정의가 요구된다. 또한 허용위험도 수준(acceptable risk level)으로 표현될 선박의 안전 목표(safety objective) 및 기능적 요구사항(functional requirements)의 정의는 기존의 법규들에 의하여 확보되는 현재의 안전 수준에 대한 평가를 기초로 해야 하며, SLA는 이를 위한 구체적인 방법론으로 인식되고 있다.

SLA를 기반으로 한 GBS는 일관성(consistent) 있고 투명(transparent)하며, 신뢰성(reliable) 있는 방법으로, 직면하고 있는 규칙 및 규정들의 개발을 용이하게 하는 안전수준(level of safety)을 정의할 수 있다. 그리고 밝혀진 미비점의 보완을 통하여 안전 수준을 설정한다. 이는 기능적 요구사항의 정의를 통해서 뿐만 아니라 규정적 수단(prescriptive measure)에 의해서도 가능하다.

SLA는 현재 수행된 산적화물선 및 유조선 GBS에 대해서도 선박의 안전수준에 대한 입력변수(input

parameter)를 제공할 것이며, 결과의 일부분은 기존 선박의 안전수준을 나타낼 수 있을 것이다. 이는 IMO로 하여금 타 산업과의 비교를 통해 해운의 안전성을 판단하고 안전성을 향상시키는 데 필요한 작업 지침을 위한 근거로 제공될 것이다. 아울러, SLA를 기반으로 한 법규(instrument)들은 실제적으로 성능(performance)과 규정(prescriptive instrument)이 혼합된 결과를 제공하며, 기존의 법규체제(regime)는 큰 변동이 없이 보완되는 결과가 될 것이다.

## 2.3 SLA 기반의 GBS 구조

SLA 기반의 GBS 구조는 이미 일반적으로 수용하고 있는 기존의 GBS Tier system과 잘 맞아 떨어진다. Fig. 2는 독일 등에서 제안하고 있는 SLA 기반의 GBS 구조이다. 그림에서 보듯이 SLA 기반의 GBS 구조는 총 6개의 Tier로 구성되어 있다.

### • Tier 0

Tier0는 GBS의 기본원칙을 표현하고 있는 기존의 GBS와는 달리 다음과 같이 IMO의 미션을 정의하고 있다.

*“The mission of the International Maritime Organization (IMO) is to promote safe, secure, environmentally friendly and sustainable shipping.”*

### • Tier I

Tier I에서는 전체적인 목표를 정하고 이 목표에 상응하는 안전수준(safety level)을 제안하고 있다. 선박 설계의 모든 요소 및 선상의 모든 시스템을 수

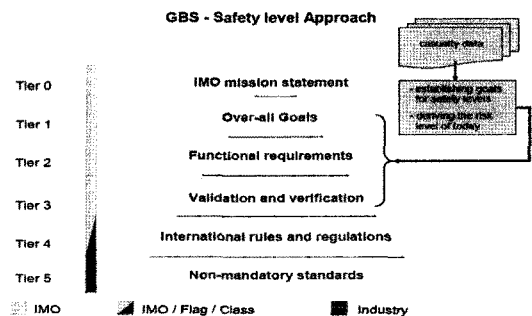


Fig. 2 Structure of Safety Level Approach

용하기 위해서 몇몇 허용기준이 필요하다는 것은 명백하며, 최상위 안전목표는 세분화 되어야 한다. 따라서 Tier I에서는 선박안전 뿐만 아니라 화물, 여객, 환경보호, 승무원, 제3자의 안전 등에 대한 적절한 안전수준(safety level)을 제공해야 한다.

Table 1은 Tier I에서 정의하는 선박안전, 화물안전, 여객안전 및 환경보호 등의 위험도수준(risk level)을 표현한 것으로 이들의 값은 과거의 자료, 다른 산업에서 정의하고 있는 값, 전문적인 분석 및 사회적/정치적 요구들을 참조하여 결정할 수 있다.

이들 중 허용 가능한 위험도(risk)에 대한 기준(criteria)을 결정하는 데 널리 사용되고 있는 원칙은 ALARP이다. ALARP은 위험도를 “As Low As Reasonably Practicable”하게 관리되어야 함을 요구하고 있다. 위험도 수준(risk level)과 위험도(risk)를 저감하는 데 관련 된 비용 모두가 고려되어야 하며, 모든 위험도 저감 수단(risk control options)들은 이들을 실현하는 데 필요한 비용이 허용 가능한 범위 내에 있도록 구현되어야 한다.

Fig. 3에서는 선박 사고에 의해 야기된 여러 가지 형태의 선박의 선원들에 대한 (연간)개별 사망위험도 (individual fatality risk)를 가능한 허용기준과 함

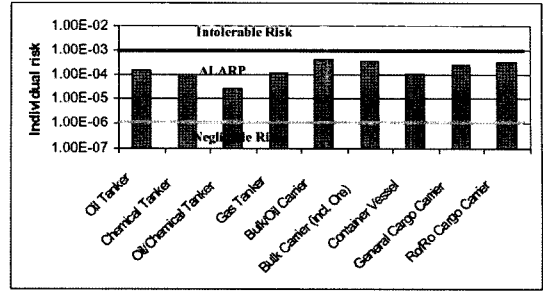


Fig. 3 Individual Fatality Risk for Crew of Different Ship Types

께 보여주고 있다. 이 기준에는 비용에 상관없이 반드시 감소, 제거 혹은 회피해야 하는 허용불가능한 상한선(intolerable risk limit)과, 일반적으로 허용이 가능하다고 고려되는 무시 가능한 위험한계(negligible risk limit)를 포함한다. 그 중간은 비용효과분석에 의해 risk 저감 여부가 고려되는 ALARP 영역이다.

상위 목표 (top level goal or safety objective)는 과거 자료, 타 산업과 비교, 전문적인 분석 및 사회적, 정치적 요구를 근거로 결정된다. 개별 위험도, 사회적 위험도 및 안전장치에 대한 허용기준과 관련한 최종 ALARP 경계선들은 공식안전성평가(FSA)의 파라미터들이다. Safety knob은 이들 파라미터를 컨트롤한다. IMO는 최상위 목표를 safety knob와 연계함으로써 ALARP 영역에 대한 위험도 한계치(risk limit)을 조정할 수 있다. 위험도 상한(intolerable limit)을 낮추는 것은 안전성을 향상시키는 것을 의미하기 때문에 ALARP의 경계선은 safety knob의 필수적인 요소이다. 통제 가능한 파라미터를 가진 FSA

Table 1 Risk Level of Top-level Safety Objective

Top-level safety objective	Intolerable risk level	Negligible risk level	CAF/CATS
Safety of the ship	10 <sup>a</sup>	10 <sup>A</sup>	h-value
Safety of the cargo	10 <sup>b</sup>	10 <sup>B</sup>	i-value
Safety of passengers	10 <sup>c</sup>	10 <sup>C</sup>	j-value
Protection of the environment	10 <sup>d</sup>	10 <sup>D</sup>	k-value
Safety of third parties	10 <sup>e</sup>	10 <sup>E</sup>	l-value
Safety of the seafarer (occupational health)	10 <sup>f</sup>	10 <sup>F</sup>	m-value

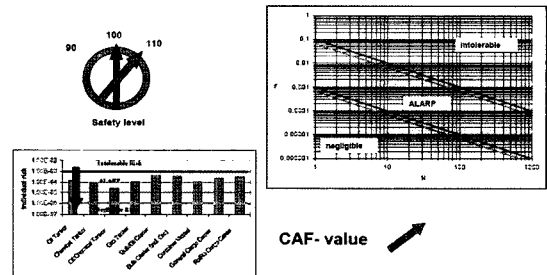


Fig. 4 Control of Safety Level

는 선박에 적용할 때 선박의 안전수준(safety level)에 영향을 주는 규칙 및 규정을 위한 기초(basis)를 제공한다. 만약 safety knob를 움직이면 일부 기본적인 safety parameter가 영향을 받는다. Fig.4는 이런 선박의 안전수준을 제어하는 개념을 설명하고 있다.

• Tier II

Tier II는 조종성, 내항성, 안정성, 거주성, 구명장비, 선체추진 및 항해안전 등과 같은 분야에서 Tier I의 목표를 지원하는 기능적 요구사항(functional requirements)을 정의한다. Fig. 5는 Tier I으로부터 정의된 Tier II의 예를 보이고 있다.

GBS Tier II에 기술된 기능요건(functional requirements)에 대한 최소한의 허용안전기준(minimum acceptable safety level)은 갑작스런 불연속성을 피하기 위해서 선박안전에 대한 현재의 수준(current level of ship safety)으로부터 유도(derive)되어야 한다. 그러나 장기적으로는 요구되는 안전성은 합리적이고 포괄적인(comprehensive) 기준을 근거로 조절되어야 한다.

• Tier III

Tier III는 선급 또는 산업계에서 제정하는 Tier IV, Tier V 단계가 Tier I과 Tier II의 안전목표와 기능적 요구사항 및 안전수준(safety level)을 가진 규칙/규정들이 요구하는 것을 만족하는지를 검증하는 절차이다.

• Tier IV 및 Tier V

Tier IV와 Tier V는 선급규칙 및 산업계의 기준으로서, 이 단계에서는 Tier II에서 정의한 기능적

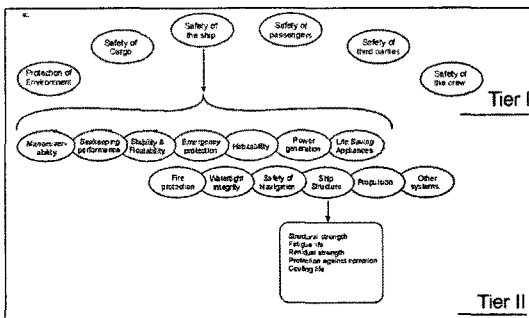


Fig. 5 Functional Requirements for Ship Safety

요구사항과 적절한 고장확률(failure probabilities) 목표치의 정량화 등을 기반으로 상세한 규정을 포함한다.

3. SLA의 문제점 및 대응방안

GBS의 개발에 있어 SLA, 즉 리스크 분석 방법론의 필요성은 유럽국가를 비롯한 일본 등 대부분의 나라에서 인정하고 있지만, 해운산업에 적용하기 위한 리스크 분석 방법론의 완성도가 충분하지 않으며, 검증과 성숙도가 미흡하여 이 방법을 rule 개발에 바로 적용하기는 미흡한 것으로 판단하고 있다. 즉,

- SLA는 리스크 기반의 분석방법을 기반으로 하기 때문에 이전의 사고사례에 대한 정보가 매우 중요하다. 하지만 이전 선박들의 사고사례 즉, 사고의 원인 및 사고결과에 대한 정보들이 매우 부족하기 때문에 이들 정보를 이용하여 안전을 향상시킬 수 있는 효율적인 방법인 SLA 방법론을 만들기는 매우 어렵다.
- 해운산업의 잠재력 인식과 안전수준의 향상을 허용하기 위한 현재 rule들에 대한 안전수준(safety level)의 정량화가 요구되지만 사실에 의거한 정보(historical data)의 부족 등과 같은 데이터 부족으로 현재의 규정(rule)들에 대한 안전수준을 정량화하기에는 아직 어려움이 많이 있다. 총체적인 방법(holistic high level manner)으로 현재의 안전 수준을 평가하고 구조, 복원성, 조종성, 방화 등과 같은 여러 가지 조치에 대한 관계에 대한 설정이 필요하다.
- 인적요소에 의한 영향을 포함시키기 힘들 뿐만 아니라 이들에 의한 정량적인 효과를 계산하기 어렵다. 인적요소는 안전을 위한 가장 중요한 요소들 중의 하나이기 때문에 리스크 평가 프로세스에 인적요소에 관한 분석 등을 포함하여야 한다.
- 선박에 대한 위험도 허용기준(risk acceptance criteria)을 개발이 미흡하다. 해양구조물의 구조, 선박 개발과 관련된 안전에 대한 개별위험도 기준(individual risk acceptance criteria) 및 사회적

위해도 허용기준(societal risk acceptance criteria)의 개발이 요구된다. 즉 선박의 전체적인 실패(failure)와 개별적인 실패모드(individual failure mode)와의 관계를 고려하여야 한다.

리스크 평가 및 분석을 위한 가정, 모델, 분포도, 확률 변수, 확률 분포, 사고 시나리오 등을 포함한 위해도 평가 모델의 개발이 요구된다.

현재 유럽 등에서는 이러한 문제점들을 해결하고 SLA를 GBS의 개발방법론으로 조기적용하기 위하여 EU 공동으로 SAFEDOR 등과 같은 연구개발 프로젝트를 활발히 진행하고 있으며, MSC 82차회의에서는 SLA 기반 GBS 개발을 위한 다음과 같은 잠정적인 장기작업계획(Provisional long-term work plan)을 마련하고 이를 수행하기 위한 통신작업반을 운영하고 있다.

- Tier I goal 개발을 위한 선박 형식별 기존 안전 수준(current safety level)의 결정
- SLA의 개발에 사용될 위험도 허용기준(risk acceptance criteria)과 관련된 기존 FSA 연구를 포함한 MSC 작업결과의 검토
- SLA를 위한 기존 산적화물선 및 유조선에 대해 개발된 GBS tier structure 검토
- SLA를 위한 기존 산적화물선 및 유조선에 대해 개발된 Tier II 기능요건의 확장
- 구조, 복원성, 조종성, 화재예방 등 서로 다른 설계기준(design measures) 및 인적요소 및 조직구조(organizational structure)로부터의 기여(contribution)를 고려한 위험모델(risk model)의 검토
- 공통용어(common terminology)개발을 포함한 SLA를 위한 GBS 지침서의 개발
- Tier III 검증절차(verification process)의 검토

#### 4. 결론 및 제안

SLA는 현재 마무리 단계에 있는 산적화물선 및 유조선의 구조문제를 포함하여 전 선종, 전 분야에 대한 GBS 개발을 위한 방법론으로서, 이를 기반으

로 개발된 GBS는 향후 국내 조선 및 관련 산업에 크게 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서, 해양대국을 지향하는 우리나라도 IMO에서 새롭게 추진하고 있는 SLA 기반의 GBS 개발에 적극적인 참여를 통하여 국내의 보유기술 및 산업 환경을 고려한 국제법규 및 기준의 개발을 주도함으로써, 기 확보한 산업의 경쟁력을 지속적으로 유지하고 나아가 해양선진국으로서 국제사회에의 기여와 관련 기술의 선도를 위한 기술적 기반의 확보가 필요하다.

특히 LNG 운반선, 대형 컨테이너선, FPSO, 쇄빙상선, WIG선 등 우리나라가 주력하고 있는 선박의 안전에 관한 국제법규 및 관련 표준을 개발하기 위해서는 리스크 기반의 안전성 평가 방법론 및 모델링과 시뮬레이션 기반의 공학적 도구들을 이용한 SLA 기반의 GBS 프레임워크 개발이 필요하며, SLA 기반의 GBS 방법론 개발을 위한 기반기술들인 통합 위해도 모델 개발 기술, 통합 위해도 평가 시스템 개발 기술, GBS 기반의 설계 프레임워크 개발 기술 및 검증(verification) 및 확인(validation) 도구의 개발 기술 등의 개발이 이루어져야 한다.

이를 위해서는 국내 조선 및 해운업계가 공동으로 참여하는 연구개발 프로젝트가 조기 착수되어야 할 것이며, EU의 SAFEDOR와 같은 연구개발 프로젝트가 좋은 예가 될 것이다.

#### 참고문헌

1. IMO MSC 80/6/6 GBS-General Principles for Structural Standards, Denmark and Norway, March 2005
2. IMO MSC 81/6/2 GBS-Safety Level Approach, Denmark, Germany, Sweden and Norway, Jan. 2006
3. IMO MSC 81/6/7 GBS-Where does risk come into the rule development process, U.K, March 2006
4. IMO MSC 81/6/8 GBS-Safety Level Approach, Denmark and Germany, March 2006
5. IMO MSC 81/6/14 GBS-Safety Level Approach-Worked Example, Germany, March 2006
6. IMO MSC 81/6/16 GBS-GBS and Risk/Safety Level Approach, Greece, March 2006 ↴