

조선해양산업에서의 HSE Engineering 관련 기술 동향

김성훈, 한성곤 (대우조선해양 미래연구소)

1. 서론

1988년 7월, 북해의 원유생산 플랫폼 파이프어 알파(Piper Alpha)에서 발생한 폭발·화재 사건은 167명의 생명을 앗아갔다. 이 사건에 대한 독립적이고 폭넓은 조사는 운영사의 유지보수(Maintenance) 관련 체계에 문제가 있었음을 밝힘과 동시에 UK정부 내에서 생산과 안전 요구를 모두 맡고 있는 에너지부(Department of Energy)로부터 안전 관련 업무를 분리하여 Health and Safety Executive로 이입하게 하였다. 생산과 안전이라는 두 개의 목적은 서로 상충하는 이해를 갖고 있다는 판단에서 였다.

조선해양산업에서 HSE(Health, Safety, and Environment) 관련 요구 사항은 정부 혹은 국제 기구의 규제, 선급 규정, 산업 표준, 선주 혹은 운영사의 요구 등을 통해 부과된다. 이 중에서 정부 혹은 국제 기구의 규제는 생산된 시스템의 가동을 위해 반드시 반영해야하기에 매우 중요하다고 할 수 있으나 구체적인 기술 사항을 요구한다기 보다 다소 포괄적으로 설계의 각 사항을 체계적으로 검토하기를 요구한다거나 그러한 목적을 달성하기 위한 시스템을 요구하고 있다. 영국과 노르웨이는 각국의 대륙붕 내에서 작업 허가를 받기 위해서는 각국에서 요구하는 HSE 관련 검토 보고서를 제출하고 승인받기를 요구하고 있다.

HSE 관련 이슈는 대중이 민감하게 반응하는 주제로서 관련 프로젝트의 승인 과정에서 공청회 및 EIA(Environmental Impact Assessment) 보고서 제

출 및 검증 등 다양한 검증을 요구 받게 되는 데, 특히 미국 내의 다양한 LNG 관련 프로젝트는 진행에 어려움을 겪고 있다.

대형 오일 메이저들과 운용사들은 이러한 규약 및 산업 기술수준을 만족하는 자체적인 HSE 관련 기술 표준을 확보하고 있는 상황이라고 할 수 있으며, 조선해양 시스템의 설계·건조 과정에서 이들을 적극 반영하는 시스템을 가지고 있다. Shell의 경우 HEMP (Hazard and Effects Management Process)를 운영하고 있으며 Total, Exxon Mobil 등 대형사들 역시 자사의 육상 및 해양 플랜트에 공히 적용되어야 하는 규정을 수립하고 이를 설계에 반영하고 있다.

조선해양시스템에 대한 세계 최고의 상세 설계 및 건조 능력을 갖고 있는 한국의 조선소들은 이들의 안전 관련 요구 조건을 만족시키기 위한 노력을 진행해오고 있다.

건조 과정에서의 HSE는 선주의 관련 요구가 조선소의 관습으로 체화된 단계라고 할 수 있으며 국내조선소의 수준은 상세설계 및 생산설계 기술수준과 더불어 세계 최고라 할 수 있을 것이다.

그러나 HSE 설계와 관련된 기술 수준은 건조 기술에서의 그것에 미치지 못하는 수준이라고 할 수 있으며 현안의 해결에 있어서 기술 수준의 미흡 뿐만 아니라 대응 체계 및 방식 그리고 요구에 대한 부족한 이해 등 여러 요건으로 인해 다소 어려움을 겪고 있다고 할 수 있다.

본 글에서는 선박 및 해양시스템의 HSE 설계에 관련된 동향을 살펴 봄으로써 국내 조선업계의 이해를 돕고자 한다.

2. 본론

2.1. 조선해양프로젝트와 위험도평가

모든 조선해양 프로젝트는 일품 주문 생산을 원칙으로 하지만 특히 대규모 해양프로젝트의 경우 프로젝트의 준비에서 건조에 이르기까지 다양한 참여자들의 오랜 연구를 필요로 한다. 해저와 해상 설계 영역의 담당자가 분리 선정되며 해상 시스템의 경우 선체와 프로세스 담당이 분리되게 되고, 각 담당자들간의 상호 협력을 관리하는 과정이 필요하다. 모든 설계 Discipline에서 IFC(Issued for Construction)라 일컬어 지는 수준의 도면이 생성되며 설계 타당성에 대한 검증을 거치게 되는 데, 이러한 검증과정에서 HSE 관련업무는 독립 분야로서 담당자가 지명되어야 하며 그의 활동이 결과의 객관성을 확보할 수 있는 체계가 갖추어져 있어야 한다. 이러한 체계 내에서 정량적인 위험도 해석(Quantitative Risk Assessment, QRA)을 수행함으로써 프로젝트의 안전성을 확인해보는 것이 해양프로젝트 진행의 표준 체계로 자리잡았다고 할 수 있다.

최근의 해양 프로젝트는 대부분 <HSE Philosophy>라는 문서를 마련함으로써 프로젝트 전반에 걸쳐 달성되어야 할 HSE 관련 목표 수준, 원칙 그리고 관리시스템의 수립을 요구하고 있다. 이 문서는 또한 프로젝트 진행 동안 설계 작업과 동반하여 수행되어야 할 안전 관련 해석 작업을 명시하곤 하는 데, 주로 다음과 같은 작업들이 이에 해당한다.

- HAZID(Hazard Identification)
- HAZOP (Hazard and Operability study)
- 가스 확산 해석(Gas Dispersion Analysis)

- 화재 위험도 해석(Fire Risk Assessment)
- 폭발 위험도 해석(Explosion)
- 선박충돌 위험도 해석 (Ship Collision)
- 낙하물 위험도 해석(Drop Object)
- 플래어 열복사 해석(Flare Heat Radiation Analysis)
- QRA (Quantitative Risk Assessment)
- RAM(Reliability, Availability, and Maintainability) 해석

본 작업은 선주나 엔지니어링 업체 혹은 조선소의 담당자가 맡기 보다 독립적인 기관에 의뢰함으로써 결과의 객관성 및 전문성을 확보하고 프로젝트 HSE 담당자는 각 해석 결과가 프로젝트 및 설계 결과에 줄 수 있는 영향을 파악하고 이를 관리하는 역할을 맡는 시스템이 주로 사용되고 있다. 그러나 전문업체의 해석이 설계에 사용된 것과 상이한 가정에 기반하고 있거나 설계의 상세를 반영하는 데 미흡하여 부정적인 결과를 생성했을 가능성이 있기에, 엔지니어링사와 조선소가 의견을 적극 개진함으로써 결과에 영향을 미칠 수도 있다. 이 모든 과정이 적절히 기록되고 관리될 수 있는 시스템의 필요성은 더욱 중요해진다.

프로젝트 과정에서 제기된 HSE 관련 이슈는 HAZID Register, HAZOP Register 그리고 Performance Standard를 통해 지속적으로 관리되어야 한다. 정기적인 HSE 미팅은 각 이슈가 적절히 관리되고 있는지 점검할 수 있는 좋은 수단이 될 수 있다.

QRA는 해상플랫폼에 작업하는 과정에서 예상되는 각종 사고로부터 각 승무원 혹은 전체 승무원에게 예상되는 사상자의 수를 추정하는 작업이라고 할 수 있는 데, 이 결과를 선주 혹은 승인기관에서 요구하는 수준과 비교함으로써 충분한 안전도가 보장되고 있는 지를 확인하게 해준다. 충분한 안전도를 의미하는 수준으로서 ALARP(As Low As Reasonably Practicable)이라는 용어가 사용되고 있는데, 일반적으로 플랫폼에서 가장 위험한 종류의

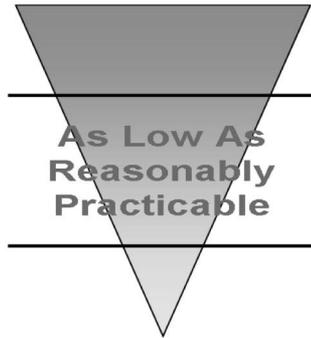


Figure 1. ALARP Triangle

작업을 하는 승무원이 1년동안 해상작업을 수행하면서 처한 위험도가 10^{-3} 이상일 경우, 즉 사망사고의 빈도가 1,000년에 한번 이상일 경우에는 추가 조치를 통해 위험도를 낮출 것을 요구하고 있다. 그러나 위험도레벨이 여전히 10^{-5} 이상이라면, 추가적인 안전관련 설계 개선이 가져올 수 있는 비용대비 효과를 검토함으로써 안전 확보를 위한 최선의 노력을 할 것을 요구하고 있다. 그 이하의 위험이라면 더 이상의 개선이 필요없다고 여겨진다.

QRA의 과정은 프로세스에 대한 상세한 정보와 다양한 사고 결과 그리고 해석을 통해 이루어지는데, 비록 가장 정확한 정보와 해석 기법을 사용했다고 하더라도 결론을 도출함에 있어 여러가지 가정에 의존하게 된다. 따라서 서로 상이한 프로젝트에서 도출된 QRA 결과를 단순 비교함으로써 어떤 설계안이 안전하다고 평가할 것이 아니라 동일한 프로젝트 내의 몇가지 설계안에 대한 상대비교의 기법으로서만 적용하는 것이 올바른 접근이라고 할 수 있다.

최근 Chevron은 가스전 개발을 위한 세 가지 대안을 검토함에 있어 QRA를 적극활용한 예를 소개하였다[Chevron]. 가스전 개발을 위해 FLNG, FGTL 그리고 CNG 개념을 채용했을 경우, 가치사슬의 변화를 고려하고 전체 가치사슬에서 예상되는 위험도

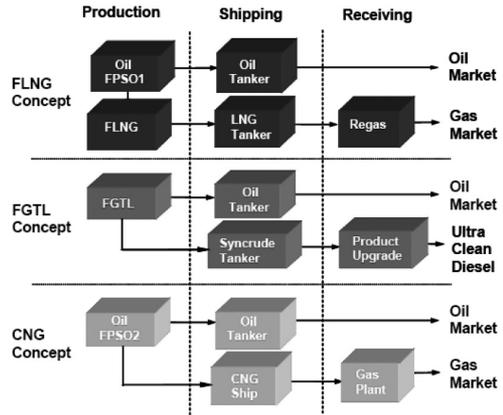


Figure 2. QRA and Alternatives Development Options of a Gas Well

를 비교평가함으로써 가장 안전한 대안이 무엇인지를 비교한 결과로서 QRA 기술의 발전 방향의 한 예를 보여주고 있다.

2.2. 해양제품별 Risk 요소

해양개발에 투입되는 플랫폼은 매우 다양하며 그 역할에 따라 상이한 위험에 처하게 된다.

드릴쉽이나 드릴링 리그와 같은MODU (Mobile Offshosre Drilling Unit)의 경우, 취급해야하는 탄화수소의 양이 적기에 그로 인한 위험이 다소 적다고 할 수 있으나, 탐사 혹은 개발하고 있는 단계의 유정 혹은 가스정의 압력을 적절히 제어하지 못할 경우 Blow-out의 위험에 처하게 되며 리그나 플랫폼 경우 구조물 하부가 수면에 발생한 화재에 노출될 위험이 있으므로 적절한 보호를 해야할 필요가 있다.

FPSO의 경우 이미 개발된 다수의 유정으로부터 공급되는 원유를 처리하는 설비로서 Blow-out의 위험은 적지만 다량의 탄화수소를 처리·가공하는 과정의 위험과 복잡한 상부구조는 탄화수소로 부터의 화재, 폭발 등으로 인한 위험이 전체의 50%를 차지할 정도로 중요하다.

LPG FPSO나 최근에 개발 되고 있는 LNG FPSO의 경우, 유체 상태의 원유 보다 가스를 액화시키는 프로세스를 탑재해야하므로 가스 화재 및 저온 혹은 극저온 액체로 인한 사고를 다루어야하는 위험이 있다. GTL FPSO나 CNG를 해상선적하는 시스템의 개발도 고려되고 있으며 해상 발전 시스템 및 CO2 주입 시스템 등 현재 고려되지 않는 새로운 시스템이 대두됨으로써 새로운 기술에 대한 안전성을 평가하는 작업이 점점 더 중요하게 여겨지고 있다.

2.3. 상선 및 여객선 건조에 관련한 국제적인 활동
 해양제품에서의 HSE 관련 활동은 비교적 정립된 형태를 띠게되었다고 할 수 있으나 상선의 개발 과정에 HSE 관련 요구가 주어지는 경우는 아직 드물다고 할 수 있다. 그러나 산적화물선의 침몰위험에 대비한 설계 개선을 유도하는 과정에서 대두된 안전성 평가의 필요성은, 현재 상선 설계에 적용되는 규정 기반 설계(Prescriptive design) 체계를 재검토하고 미리 정의된 설계지수를 만족하는 설계를 달성하도록 하는 성능 기반 설계(Performance-based design) 혹은 목표 기반 표준 (GBS, Goal-based Standards)을 요구하기에 이르렀다. IMO는 선급의 현 규정 체계가 동일한 정도의 위험도를 갖춘 선박을 설계하도록 유도하고 있는 지 검증하는 작업을 진행하고 있으며, 이 과정에서 달성된 지식을 전파하고 있다.

IMO와 IACS가 이 과정에서 사용하고 있는 방법론은 FSA(Formal Safety Assessment)라고 불리는 데, 해석 및 평가의 틀은 해양제품 위험성 평가에 사용되는 그것과 동일하다고 할 수 있다.

이 체계에서는 현재 고려되는 설계안에 예상되는 위험도 수준을 평가하는 작업이 필요하게되는 데, 만약 현 규정에 위배되거나 현 규정이 적용되지 않는 설계안이라도 신뢰할만한 평가방법에 의해 위험수준이 현 규정이 제시하는 수준을 넘어서지 않는다고 평가될 경우 타당한 설계로 인정받을 수 있

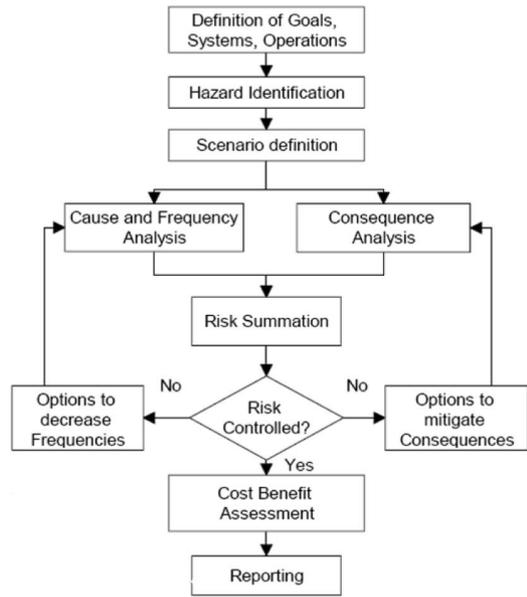


Figure 3. FSA Framework

도록 하고 있다.

이러한 설계 사례는 대안설계(Alternative Design)라고 불리고 있으며, 최근 개발된 노르웨이 선적의 대형 여객선의 경우 한 구역의 넓이가, 기존 규정 체계가 적용되기 위한 최대 넓이인 1,600 제곱미터를 넘어섰음에도 통로 중간에 이동가능한 벽을 설치하고 효율적인 제연 시스템을 활용하여 화재로 인한 피해를 제어함으로써 적절한 설계를 달성했다는 승인을 획득한 사례가 있다.

최근에 개발되고 있는 LNG선의 대체추진 시스템의 경우 엔진룸 내와 갑판 위에 고압의 가스공급 라인을 가지게 되는 등의 추가 위험 요소를 가지고 있으므로 이에 대한 정량적 해석을 통해 위험도의 적절성을 평가하기도 한다.

2.4. 각 설계 부문과 HSE

HSE 업무는 타 설계부문과 독립적으로 운용이

되어야함이 역설되고 있지만 사실상 업무의 많은 부분이 타 부문과의 정보 공유 혹은 협업을 통해서만 이루어질 수 있다.

일례로 화재 위험과 관련된 업무를 들면, HSE 담당자는 각 공정의 상세와 역사적인 자료를 이용하여 그 공정에서의 누출 빈도와 그로 인한 화재 발생 빈도, 화재의 특성, 지속시간 등을 평가한다. 이는 HSE의 독립적인 업무 영역이지만 화재 강도와 지속시간을 고려하여 소화시스템의 적절성 및 탈출 경로 배치의 적절성과 안전도를 평가하고 그 공정 혹은 주변의 PFP(Passive Fire Protection) 시스템의 사양을 결정하는 작업은 기장, 선장배관, 구조 등 여러 분야의 설계 작업에 영향을 미치게 된다.

HSE 작업의 활동의 결과물로서 각 해석 보고서 뿐만 아니라 프로젝트의 안전을 보장할 수 있는 성능의 최소 요건을 제안하기도 하는데, 이는 DAL(Design Accidental Load) 혹은 PS(Performance Standard)라고 불리게 된다.

DAL이라는 것은 프로젝트에 내재한 위험도를 평가해보았을 때, 설계가 견디야하는 최소한의 하중을 의미하는 것으로서 구조 하중 뿐만 아니라 화재로 인한 열 그리고 폭발로 인한 충격 하중 등 다양한 성격의 하중을 일목요연하게 표현해야한다.

PS 역시 안전을 위한 설계 요구 조건이라는 면에서 DAL과 비슷한 성격을 가지고 있는데, 이는 UK HSE 관련 작업에서 공식적으로 요구되는 문서라는 점과 하중 뿐만 아니라 관리(Management)와 보수(Maintenance) 측면의 요구 및 유의사항을 포함하는 포괄적인 문서라는 측면에서 차이점이 있다고 할 수 있다.

전술한 HAZID and/or HAZOP Register와 더불어 PS 역시 프로젝트 내내 관리되어야할 중요한 문서이므로 모든 설계 부문의 담당자가 참여하여 작성하고 정기적으로 점검해야한다.

2.5. 신뢰성

신뢰성(Reliability)이란 대상 시스템이 동작오류를 일으킬 빈도 혹은 구조적인 소상을 겪을 확률에 대한 반대 개념이라고 간단히 설명할 수 있다. 후자의 정의는 구조적 신뢰성을 의미하는 것으로서 용량(Capacity)과 하중(Load)의 상대적인 크기가 결정론적(deterministic)으로 주어지는 것이 아니라 통계적인 분포를 갖는 확률변수로 표현될 수 있다는 사실에 의거하여 계산된 파괴확률을 의미하며 전자의 정의는 다양한 동적 요소들이 복잡하게 얽혀있는 시스템에 대해, 각 요소들의 고장으로 인한 전체 시스템의 고장 빈도를 의미하는 용도로 사용된다.

구조적 신뢰성은 FPSO나 리그와 같은 해양제품의 구조적 건전성을 평가할 때 뿐만 아니라 상선의 구조 최적화에도 적용되고 있다.

고장빈도를 의미하는 신뢰성은 주로 해양제품 상부구조의 운용가능성을 평가하기위해 해석되고 있다. SINTEF는 북해에서 작업하는 여러 해양시스템 요소들의 고장 정보를 취합하여 OREDA[SINTEF]라는 자료를 발간하고 있는데, 이러한 정보들을 활용함으로써 프로세스의 고장빈도와 보수에 필요한 시간을 추정하여 작업이 가능한 시간을 평가한다. 이러한 해석작업을 RAM 해석이라고한다.

시스템의 신뢰성을 평가하기위한 방법 중의 하나로서 FMEA(Failure Mode Effect Analysis)가 있는데, 시스템 구성의 여유(Redundancy)를 정성적 혹은 정량적으로 평가하여 한 요소의 고장이 전체 시스템의 고장으로 이어지는 지 여부를 확인하는 기법으로서, DP(Dynamic-positioning) 선박의 위치제어 시스템, 여객선의 안전을 위한 필수 시스템-소화, 통신, 항해 장비 등, 그리고 리그의 발라스트 시스템 등 주요 시스템의 설계 적절성 평가에 활용되고 있다.

시스템 혹은 장비의 신뢰성 특성은 검사(Inspection) 및 정비(Maintenance) 계획을 세우는 데도 중요한 역할을 한다. 대규모 산업 재해의 상당수가 검사 및

정비의 불완전성에 기인함이 밝혀지고있는 데, 단순히 더욱 빈번한 정비를 수행하는 것은 생산성을 떨어뜨리는 주요한 원인이 된다. 최근에 인기를 누리고 있는 계획 정비(Planned maintenance)는 각 구성요소의 신뢰성 특성을 이용함으로써 고장이 잦은 장비는 빈번히 그렇지 않은 장비는 덜 자주 검사 정비하도록 계획함으로써 정비의 효율화와 더불어 정비 비용의 감소를 꾀하고 있다. 이러한 기법은 RBI(Risk-Based Inspection) 혹은 RCM(Reliability-Centered Maintenance)라고 불리고 있는데, 전자가 정적인 배관 등에 적용하는 검사 활동을 대상으로 하는 데 비해 후자는 동적인 고장을 일으킬 수 있는 장비를 대상으로 한다는 점에서 차이가 있다고 할 수 있으나 기본적인 개념은 동일하다.

2.6. 신제품개발과 HSE

신제품은 항상 새로운 위험을 안고있다고 할 수 있으며 신제품을 개발하는 과정은 항상 이 새로운 위험을 파악하고 평가, 관리하는 작업을 수반해야 한다.

조선해양산업의 신제품 개발자들은 자사의 제품을 출시하기 전이나 출시할 때 ABS 혹은 DNV의 AIP(Approval in Principle)라 불리는 기초승인 과정을 거쳤음을 홍보하곤 하는데, 이들 선급들은 AIP를 발급할 때 기본적인 HSE 검토를 필수적인 항목으로 요구하고 있다. DNV는 AIP 보다 범용의 자격평가 프로시저를 제안하고 있는데, 이를 획득하기 위한 작업은 더 엄밀한 수준의 위험도평가를 요구한다.

2.7. 기술개발

HSE 관련 해석 기술의 개발은 주로 오일 메이저들 간의 자체연구, 협업 혹은 지원을 통한 학계의 연구를 통해 이루어졌다고 할 수 있다. 정부 기관으로서의 UK HSE의 활동이 가장 활발하며 노르웨

이 SINTEF도 적극적인 데, 두 정부 모두 연안에서의 작업을 위해 안전 설계에 대한 각 정부의 승인을 요구하는 국가이다.

산업안전 관련 지식을 집대성한 핸드북으로서 Mannan 교수가 편집한 [Lees]가 있으며, 해양제품에 대한 QRA를 수행하기 위해 필요한 여러 지식을 잘 정리한 책은 CMPT에서 발간되었다[CMPT]. 육상 플랜트의 안전에 관한 다양한 교과서가 CCPS(Center for Chemical Process Safety)에 의해 발간되고 있다.

API(American Petroleum Institute)는 육상 석유화학시설의 안전에 관련된 방대한 연구를 통해 다량의 표준화 문서 및 설계 지침 등을 제시하고 있다. 이들 중 상당 부분이 해양시스템 설계에 적용되고 있으나, 육상 시스템과 해상 시스템의 가용 가능한 공간의 차이는 맹목적인 적용을 어렵게 하고 일부 규정의 경우 기본 원칙만 적용될 수 있다.

1990년부터 진행되어온 BFET(Blast and Fire Engineering Project for Topside Structures)는 28개의 석유화학업체와 UK DoE가 참여한 프로젝트로서, 파이프 알파 사고 이후 해상에서 발생한 석유와 가스 관련 사고의 결과 추정에 대한 매우 소중한 자료를 제공했다[SCI]. UK HSE에 제공하는 공개보고서들은 위 실험의 결과 뿐만 아니라 영국 정부의 지원을 통해 획득한 방대한 연구 결과를 제공하고 있다.

최근에는 LNG 관련 프로젝트의 증가와 이에 대한 대중의 우려를 반영하듯 LNG 관련 대규모의 실험 및 검증이 실행되고 있다[Sandia].

주요 선급들은 선급으로서의 조선해양제품의 입급에 관련된 업무 외에도 그룹 내의 별도 조직을 통해 위험도평가와 관련된 전반적인 업무를 수행하고 있다. 각 기관 모두 자체 그리고 공동 연구 개발과 더불어 관련 연구 기관의 흡수, 소프트웨어사의 인수를 진행하는 등 HSE 관련 기술개발이 산업발달

과제를 같이하여 추진되어야 할 기술이라는 중요성을 인식하고 적극적인 노력을 기울이고 있다.

주요 선급 외에도 독립적인 자문회사로서 다양한 규모의 회사들이 존재하는 데, 이들은 각 프로젝트에 제3자로서 고용되어 각종 해석을 수행하고 보고서를 발간함으로써 선주와 조선소들에게 전문적인 지식을 제공하고 있다.

3. 결론

전 세계적으로 발생하는 대규모의 사고는 각국의 정부 및 관련 업체들의 HSE로 통칭되는 관련 활동에 관한 요구를 증가시켜왔다. 주로 국제협약기구 및 각국 정부의 외적인 압력에 의해 주도되는 관련 활동은 현재는 관련업체들의 자발적인 활동으로 체화되어 오고 있는 과정이라고 할 수 있으며, 이러한 요구들을 실현시켜야 하는 조선소들 역시 그들의 철학과 방법론을 받아들일 것을 요구받고 있다.

한편 아직까지 고급 여객선 시장을 차지하고 있는 유럽의 조선업체는 안전 관련 기술력에 대한 선도 위치를 적극활용함으로써 고부가가치선박의 시장지배력을 유지한다는 계획을 세우고도 있다.

핵심적인 설계 기술의 하나로서 HSE가 암시하는 바는 이렇듯 매우 중요하다고 할 수 있는데, 본 기술은 고유의 영역 뿐만 아니라 다양한 기술 간의 교류 및 융합을 요구하고 있으며, 이는 각 조선소의 기술 부문간 협업 뿐만 아니라 타 산업의 사례와 경험을 적극적으로 받아들일 때 확보 발전시켜 나갈 수 있을 것이다.

참고문헌

[Chevron] E.J. Kolodziej, C-H Chiu, C. Rubiano, M. C. Livingston, Concep Safety Risk Assessment of Floating Technologies, OTC 19855, 2009
 [SCI] Steel Construction Institute, Blast and Fire Engineering for Topside Structures - Phase 2 Final Summary Report, 1998
 [Sandia] Sandia National Laboratories, Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied natural Gas (LNG) Spill Over Water, SAND2004-6258
 [SINTEF] SINTEF, OREDA 2002 - Offshore Reliability Data 4th Edition
 [Lees] Lees' Loss Prevention in the Process Industries, Edited by Sam Mannan, 3rd Ed.
 [CMPT] DNV Technica, A Guide To Qunatitative Risk Assessment for Offshore Installations, 1999 h

김 성 훈 | 대우조선해양 미래연구소 과장



- 1972년 9월생
- 2004년 서울대학교 조선해양공학 박사
- 관심분야 : HSE Engineering
- E-mail : vivlavie@dsme.co.kr

한 성 곤 | 대우조선해양 미래연구소 연구위원



- 1966년 10월생
- 2002년 Univerity College London, Dept. of Mechanical Engineering 공학 박사
- 관심분야 : 신제품개발
- E-mail : skhan2@dsme.co.kr