

여객선 안전귀항(SRtP)을 위한 시스템 평가에 대한 고찰

† 나 성 · 박 재홍* · 허 은정**

†, **한국선급 연구원 해사연구팀 연구원, *한국선급 연구원 해사연구팀 수석연구원

요 약 : 대형 여객선은, “a ship is its own best lifeboat”라는 개념을 바탕으로 여객선의 안전성(survivability) 향상을 위한 설계가 요구되고 있으며, 이를 위하여, 사고가 발생하더라도 선박의 자체 추진력으로 안전하게 항구까지 귀항하여야 한다는, 여객선의 안전귀항(SRtP)이라는 개념을 IMO SOLAS에 적용시켰다. SOLAS의 여객선 안전귀항 관련 조항은, 길이 120m 이상인 선박 또는 3개 이상의 주 수직격벽을 가진 선박으로서 2010년 07월 01일 이후 건조되는 여객선에 적용된다. 여객선 안전귀항 관련 조항은 화재와 침수사고에 적용되며, 사고분계점을 넘지 아니하는 사고가 발생할 경우 자체 추진력으로 여객선의 안전한 귀항을 위하여 사용 가능한 상태로 유지되어야 하는 시스템들에 대한 설계 기준, 사고분계점을 초과하는 화재 사고가 발생하였을 경우 질서 정연한 탈출 및 퇴선을 지원하기 위하여 작동상태의 유지가 요구되는 시스템 설계 기준, 사고분계점에 대한 정의, 사고 발생 후에도 여객 및 승무원의 건강을 유지 확보하기 위한 안전구역에 대한 기준들을 요구하고 있다. 본 연구에서는, 여객선 안전귀항 관련 법규들을 검토하고, 여객선 안전귀항을 위한 시스템들의 능력 평가 방법과 안전귀항 관련 조항 만족을 위한 시스템들의 요구사항들을 검토하였다.

핵심용어 : 안전귀항, 여객선 안전, 사고분계점, 안전구역

1. 위험도기반 설계 관련 규칙

- 대안적 설계/배치(Alternative design & Arrangements) 및 동등성(Equivalents) 허용 조항
 - SOLAS
 - Regulation 1/5 : 동등성 관련 일반 조항
 - Regulation II-2/17 : 화재 안전성 관련 대안적 설계/배치
 - Regulation II-1/55 : 기관 및 전기장치 관련 대안적 설계/배치
 - Regulation III/38 : 구명장치 관련 대안적 설계/배치
 - MARPOL
 - Regulation 1/5 : 동등성 관련 일반 조항
 - Regulation 1/19(5) : 유조선의 대안적 설계
 - Load Lines
 - Article 8 : 동등성 관련 일반 조항
- 대안적 설계/배치(Alternative design & Arrangements) 및 동등성(Equivalents) 허용 관련 지침
 - IMO MSC/Circ.1002 Guidelines on alternative design and arrangements for Fire Safety
 - IMO MSC/Circ.1212 Guidelines on alternative design and arrangements for SOLAS ch.II-1 and III
 - Res.MEPC.110(49) Revised interim guidelines for the approval of alternative methods of design and construction of oil tankers under regulation 13(F) of ANNEX I of MARPOL 73/78

2. Safe Return to Port 개념

- 적용 : '10. 7. 1 이후 건조되는 120m 이상 또는 MFZ 3개 이상인 여객선
- 사고 시나리오:
 - 하나의 수밀구획(Watertight compartment)이 침수되는 사고
 - 정의된 사고 분계점을 넘지 아니하는 화재 사고
 - 하나의 주 수직구획(MVZ)을 넘지 아니하나, 사고 분계점을 초과하는 화재사고

여객선의 안전귀항(Safe Return to Port) 관련 조항

- SOLAS
 - Chap.II-1/Reg. 8-1 (Flooding)
 - System capabilities after a flooding casualty on passenger ships (사고분계점 이하의 침수 발생 시 regulation II-2/21.4에 규정된 시스템들이 사용 가능하여야 함)
 - Chap.II-2/ Reg.21 (Fire not exceeding the casualty threshold)
 - 사고분계점(Casualty threshold), SRtP을 위한 시스템들과 안전구역(safe areas)
 - SOLAS Chap.II-2/Reg.22 (Fire exceeding the casualty threshold)
 - Design criteria for systems to remain operational after a fire casualty
 - SOLAS Chap.II-2/Reg. 23
 - Safety center on passenger ships
- 여객선의 안전귀항(Safe Return to Port) 관련 지침서
 - IMOMSC/Circ.1214 Performance standards for the systems and services to remain operational on passenger ships for SRtP and orderly evacuation and abandonment after...
 - IMO MSC.1/Circ.1369 Interim explanatory notes for the assessment of passenger ship systems' capabilities after a fire or flooding casualty

사고 분계점(Casualty threshold)

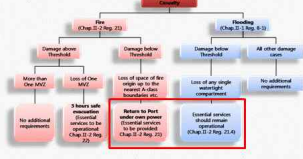
- 사고 분계점 정의:
 - 침수 사고
 - 어느 하나의 수밀 구획(watertight compartment) 손실까지의 침수
 - 화재 사고
 - 화재 발생 구역으로부터 가장 가까운 'A'급 경계까지의 손실로, 화재 발생 구역이 고경직소와 장치에 의하여 보호되는 경우, 화재 발생 구역의 일부가 될 수 있다. 또는
 - 화재 발생 구역 및 인접한 구역으로부터 가장 가까운 'A'급 경계까지의 손실로, 화재 발생 구역의 일부만이 아닌 곳까지의 손실.
- 사고 분계점을 넘지 아니하는 화재사고
 - 여객선은 사고 분계점을 넘지 아니하는 화재사고가 발생하였을 경우, 여객 및 승무원의 안전과 복구를 위한 기본적인 기능을 제공함과 동시에 여객선이 안전하게 항구로 귀항할 수 있는 능력을 갖추었을 것을 입증하여야 한다.
- 사고 분계점을 넘고, 하나의 주 수직구획(MVZ)을 넘지 아니하는 화재사고
 - 여객선은 사고 분계점을 넘는 화재사고가 발생하였을 경우, 여객선으로부터 질서정연한 탈출을 위하여 SOLAS 제 II-2장 제 22규칙에 기술된 시스템들은 적어도 3시간 동안 사용 가능한 상태로 유지되어야 한다.

† 교신저자 연희원) sna@krs.co.kr * 연희원) jachpark@krs.co.kr, ** 연희원) heeoj@krs.co.kr

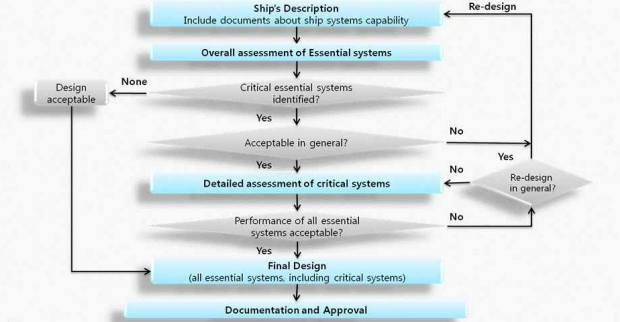
3. SRtP를 위한 시스템 요구사항

◆ 사고 분계점을 넘지 아니하는 사고에 대한 시스템 요구사항

- 추진장치
- 조타장치 및 조타제어장치
- 항해 시스템
- 급유, 이송 및 공급(연료유) 시스템
- 내부 통신(선교, 기관구역, 안전통제실, 소화 및 손상 통제팀 간 통신과 여객 및 승무원의 통지 및 비상소집을 위하여 요구되는 통신)
- 외부 통신
- 소화주관 장치
- 고정식 소화장치
- 화재 및 연기탐지 장치
- 빌지 및 밸러스트 시스템
- 동력작동 수밀문 및 반수밀문
- "안전구역"을 지원하기 위한 시스템
- 침수감지장치
- 기타 주관청이 손상제어 노력에 중요한 것으로 결정한 시스템



4. 여객선 안전귀항(SRtP) 능력평가 절차

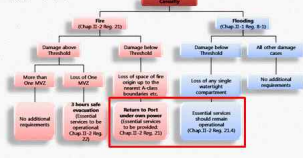


Assessment of passenger ship systems' capability (process flowchart – MSC.1/Circ.1369)

3. SRtP를 위한 시스템 요구사항

◆ 안전구역(Safe Areas)에 대한 요구사항

- 위생설비
- 물
- 음식
- 의료를 위한 대체 구역
- 풍우에 대한 피난처
- 열로 인한 스트레스 및 저체온을 방지하기 위한 수단
- 등화
- 환기



4-1. 대상 선박의 특성 정의 (Ship's Description)

◆ 선박 설계 정보(화재/침수 사고에 따른 선박 필수 장비의 설계 및 가능 기술)

- 안전귀항 규정 적용을 위한 필수 장비들의 설계 기준(design criteria)
- 구획 경계(watertight or 'A' class boundaries)를 포함한 선박의 기본 배치도(basic layout - 예, 평면/단면도)
 - General arrangement plan, Capacity plan, Watertight subdivision plan, Space fire categorization plan(or structural fire protection plan), Plan of spaces protected by fixed fire-extinguishing system, etc.
- 안전구역(safe areas)의 선정 기준 및 의도한 위치
- 평가대상 시스템들의 목록(선박의 크기, 종류, 디자인, 배치 등에 따라 필수 시스템의 수는 달라질 수 있음)
- 필수 시스템(모든 정포넌트 포함)의 위치(location), 배치(arrangement), 연결(connections) 정보를 기술한 도면/문서
- 필수 시스템의 전원 공급에 대한 정보 기술
- 기상 및 해상 상태에 따른 최소 선속(minimum speed)에 대한 데이터(예, 풍속을 고려한 모형 시험 결과 등)
- 선박 시스템 능력에 대한 추가 설계 정보

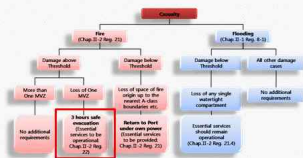


◆ 선박의 운항 구역 및 운항 패턴(안전 귀항을 위한 선속/최대 운항 거리 산정을 위하여)에 대한 정보

3. SRtP를 위한 시스템 요구사항

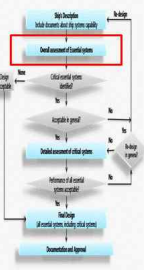
◆ 사고 분계점을 넘는 화재사고에 대한 시스템 요구사항

- 소화주관
- 내부 통신(여객 및 승무원에게 통지 및 탈출에 요구되는 소화를 지원하기 위하여)
- 외부 통신수단
- 소화수를 제거하기 위한 빌지 배출장치
- 탈출로, 집합장소 및 구명설비 탑승장소에서의 조명
- 탈출을 위한 안내 시스템



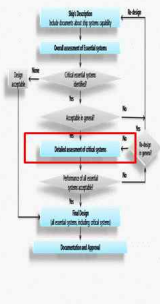
4-2. Overall assessment of Essential Systems(Step 1)

- Overall assessment의 목적은 Reg. II-2/21, II-2/22에 제시된 모든 필수 장비(essential system)들과 안전구역(safe areas)의 요건(functional requirement)들이 규정을 만족하는지 분석하기 위함이다.
- 만약, essential system들이 완전한 이중화가 되어있다면(Fire and flooding casualty cases not exceeding the casualty threshold or exceeding the threshold but not exceeding one MVZ) 더 이상의 상세 분석은 필요하지 않다.
- 정성적 분석방법이 사용된다.
- 규정을 만족하기 위한 선원의 manual action도 사용 가능하나 상세 분석이 필요하다.
- 제 3장 "안전귀항을 위한 요구사항"과 다른 방식이 적용되었을 경우 상세 분석이 필요하다.
- 만약 overall assessment를 통하여 critical system이 파악되지 않았다면 허용 가능한 설계로 보고 상세 분석을 생략할 수 있다.

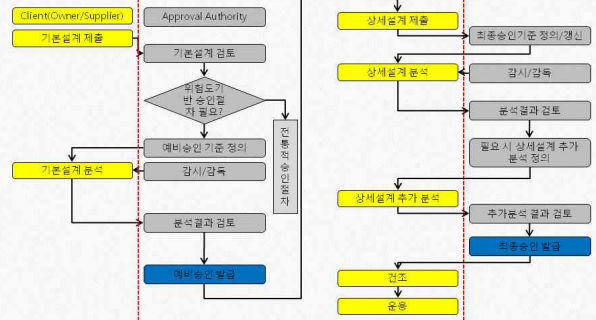


4-3. Detailed assessment of Critical Systems(Step 2)

- 완전한 이중화가 되어있지 않은 **essential system**들은 **critical system**으로 고려되어 상세분석이 필요하다.
- 상세분석을 위하여 추가정보가 필요하다
 - 배관, 케이블 또는 각 구성 컴포넌트 간 연결 방식 또는 다른 critical system과의 연결 방식.
 - critical systems의 전원 공급에 대한 상세 정보.
 - 수동 조작에 대한 상세 정보.
 - 선박 운항 구역 및 운항 패턴(안전귀항을 위한 선속/항해거리 등)에 대한 상세 정보.
- FMEA 등 정량적 평가방법이 사용되어진다
 - 시스템 또는 구성 부품에 대한 FMEA
 - 침수 발생 빈도 및 영향에 대한 상세 분석
 - 화재 발생 빈도 및 영향에 대한 상세 분석 (Fire load within a space, fire engineering analysis, fire testing).

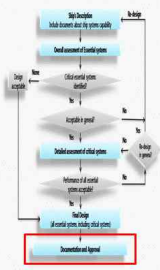


◆ 위험도기반 설계 승인절차(approval process for risk-based design)



4-4. 평가 관련 문서(Documentation)

- Onboard documentation
 - ship's description
 - overall assessment of essential systems' report
 - detailed assessment of critical systems' report, if any critical system is identified
 - operational manual for fire and flooding casualty cases and safe return to port operation
 - description of operation of essential systems after a fire casualty exceeding the casualty threshold
 - list of spaces considered having negligible fire risk, if any
 - test, inspection, and maintenance plan
- Record of ship systems' capabilities(Example of wording concept)
 - habitable conditions for passengers and crew is provided according to "Owners document xyz" dated yyyy/mm/dd(the operational area will determine maximum possible distance to a safe location and the maximum numbers of persons that can be supported during the safe return voyage)
 - ships "port/starboard/main" propulsion and steering system is capable of x knots in Beaufort x with a consumption of x tonnes of fuel
 - ships "starboard/forward/emergency propulsion and steering system is capable of x knots in Beaufort x with a consumption of x tonnes of fuel ...



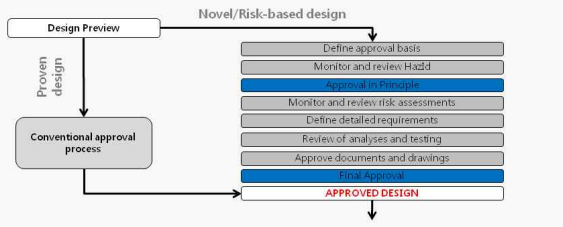
6. 결론

- 위험도기반 선박설계 방법론의 사용은, 기존 규칙에 의하여 제한되었던 새로운 형태의 선박설계를 가능하게 하고 기존 규칙에 의하여 설계되는 선박에 대해서는 설계에 대한 평가 및 설계 최적화를 위한 도구로 사용 가능하게 됨으로써, 선박 산업에서 위험도기반 접근법의 중요성은 점차 강조되고 있다.
- 여객선 안전규항 관련 SOLAS 조항들이 2010년 07월 01일 이후 건조되는 대형 여객선에 적용됨에 따라, 보다 안전한 여객선의 설계를 위하여, 또한, 새로이 적용된 규정을 만족하는 여객선의 효과적인 설계(설계 최적화)를 위하여, 관련 법규의 정확한 해석과 요구되는 시스템 능력의 설계 평가방법(여객선 안전규항 평가방법)에 대한 이해는 필수적이라 할 수 있다.

5. 위험도기반 설계 승인

◆ 대안적 설계(Alternative Design & Arrangements)

- SOLAS에 규정된 요구사항과 다른 형식의 설계
- 특정 선박 또는 선단에 대한 대체 설계는 SOLAS에서 요구하는 안전수준과 동등함을 입증하여야 하며, 대안적 설계에 대한 동등성 입증은 위하여 'Alternative design process' 사용
- 'Alternative design process'는 새로운 개념의 선박 설계 및 건조, 기존 선박의 설계 변경에 사용.



- 후기 -

이 논문은 지식경제부에서 지원하는 ‘차세대 고부가가치 선박의 Safety 기술개발’ 및 ‘위험도기반 선박안전설계 핵심기술개발’ 과제의 일부임을 밝히며 연구비 지원에 감사드립니다.