

액화천연가스 연료 급유 중 발생하는 사고 평가

박용태·김기정·이재익[†]
STX조선해양의장기술연구팀

Consequence Assessment for Emergency Release of LNG Bunkering

Yongtae Park·Kijung Kim·Jaeik Lee[†]
System Engineering Research and Development Team, STX Offshore & Shipbuilding

Abstract

Since LNG has explosive properties and difficulty to handle, it was avoided using LNG as fuel. However, recently LNG has been considered as alternative fuel of HFO. Several LNG fuel supply system has developed. Furthermore, STX ONS is developing LNG fuel bunkering system and bunkering shuttle. Bunkering shuttle carries out refueling LNG fuel while LNG fuel ship is on cargo work. In case of emergency, bunkering shuttle breakaway from the ship but a little amount of LNG falls down on deck. It can disperse to cargo work area also can explode. In this case LNG dispersed on deck was not considerable.

Keywords : LNG, LNG bunkering vessel, ERS, Dispersion

1. 서론

최근 환경 문제로 LNG연료 추진 선박에 대한 연구 및 수요가 증가하고 있다. LNG 연료 추진 선박에서 가장 중요한 부분은 LNG를 Bunkering 하는 것이다. LNG 연료 추진선이 항구에서 화물 처리 후 LNG 터미널로 이동하여 Bunkering을 받기 위해서는 많은 시간 및 비용이 소모되며, 이를 편리하게 만들기 위해 LNG Bunkering Vessel에 대한 연구가 진행되고 있다.

LNG연료 추진 선박의 경우 기존의 선박유를 사용하는 선박에 비해 화재 및 폭발사고에 대한 높은 Risk를 가지고 있다. 이러한 사고는 인명, 환경, 재정적 피해가 더 크게 발생하기 때문에 일반적인 선박에 비해 높은 Risk를 가지며, Risk기반의 설계가 요구된다. Risk는 사고의 잠재적 가능성과 그 영향에 의해 평가된다.

LNG 연료 추진 선박의 경우 많은 잠재 Risk를 가지고 있으며, 특히 LNG Bunkering의 경우 주위의 환경에 대한 사고의 영향력이 크게 작용하기 때문에 이에 대한 연구가 필요하다. LNG 터미널 및 타 LNG 시설들이 한정된 지역 내에서 운영되는 반면, LNG Bunkering은 LNG 연료추진 선박이 정박된 항구에서 LNG를 취급하게 된다. 대부분의 항구의 경우 주변 수Km 내에는 화물 적재장, 사무실 등 사람이 거주하는 곳이 형성되어 있다. 그러므로 LNG Bunkering Emergency 상황에서 발생 할 수 있는 다양한 시나리오 및 영향에 대한 정량적인 평가가 필요하다.

2. 본론

LNG가 외부로 확산 될 수 있는 가능성이 가장 큰 상황은 LNG Bunkering 과정이다. Bunkering 중 Loading Arm이 분리되거나 파괴된다면 수많은 양의 LNG가 외부로 확산 될 수 있다. 다행히 Loading Arm은 ERS(Emergency Release System)을 갖추고 있으며, Emergency 상황에서 Arm 내부 2개의 Ball Valve가 닫히고, 사이가 절단 되면서 Arm이 분리되게 된다. Arm이 분리 되면서 Bunkering Vessel은 Receiving Ship 및 주변 환경에서 빠르게 이탈할 수 있고, 추가적인 사고를 방지할 수 있다. 하지만 두 Valve 사이에 갇혀있던 LNG는 외부로 쏟아지게 되며, 주변영역으로 확산된다. 이에 해당되는 LNG가 주변 환경에 미치는 영향에 대해서는 검토가 필요하다.

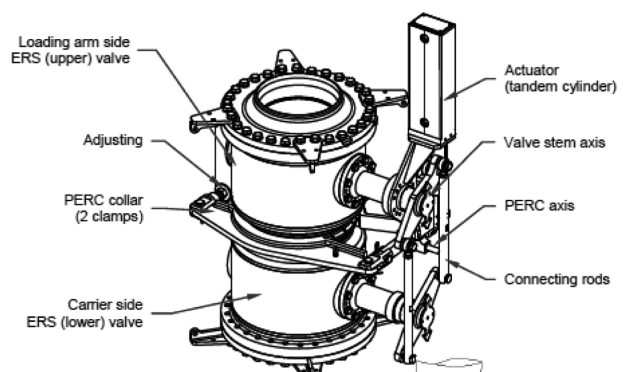


Fig. 1 Emergency Release System (ERS)

[†] 교신저자 : lngcias@onestx.com, 010-2396-8191

LNG가 주변으로 확산 되면서 발생 할 수 있는 가장 큰 사고는 화재 및 폭발이다. 화재 및 폭발은 아래 유형으로 분류가 가능하다.

- 대형 화재
- BLEVE(Boiling Liquid Expanded Vapor Explosion)
- Fire Ball
- Pool Fire
- Flash Fire
- Explosion
- etc..

이들 중, ERS에서는 쏟아진 LNG가 기화, 확산 되어 생길 수 있는 Flash Fire가 발생 할 수 있으며, Explosion 또한 발생 할 수 있다. 확산된 LNG가 주변 환경에 미치는 영향을 평가하기 위해서는 위의 사고 유형에 대하여, 발생가능 영역 및 사고 영향에 대한 해석이 수행 되어야 한다.

ERS에 의해 분리된 Arm에서 LNG가 쏟아짐과 동시에 기화하게 된다. 일부 기화되지 않은 LNG는 바닥에 Pool을 형성한 후 기화되고, 기화된 Gas는 Gas Cloud를 형성한 후 바람에 의해 흩어지게 된다.

Vapor Cloud의 형상을 통해 화재, 폭발이 발생 할 경우 영향력이 미치는 영역을 판정해야 한다. 그 영역이 선박 외부, 즉 부두영역의 인명피해가 발생 할 수 있을 정도이면 Loading Arm의 구경을 줄여 ERS에 의해 외부로 누출되는 LNG양을 줄이거나, Manifold 주변에 확산 방지 설비등을 장치하여 사고의 영향력을 억제 할 필요가 있다.

해석 수행은 2가지 시나리오로 구분된다. Gas 확산은 바람 및 대기, 주변환경의 영향을 크게 받는다. 부산향의 연간 풍속 통계를 고려할 때, 최대 15m/s의 풍속에서 벙커링 작업을 수행 할 수 있다. 이 풍속에 대한 상태를 시나리오 1)로 지정하였다. 시나리오 2)는 부산향의 평균 풍속을 고려하였다.

Table 1 Simulation Case

Scenario	ERS
Material	Methane 100%
Pressure	4.3 bar _g
Temperature	-163°C
Volume	0.04m ³
Wind	15m/s
	5m/s

3. 결 과

Case (1)의 경우 강한 바람의 영향을 받아 Gas Cloud가 멀리 이동하며, 금방 흩어지는 경향을 보인다. 동심원의 내원은 LFL이며, 외원은 0.5LFL을 나타낸다. 0.5LFL 이상의 짙은 Cloud는 약

1.9초 만에 소멸 되고 만다.

Case (1)에 비해 Dispersion 되는 정도의 차이가 있다. 순간적으로 Pool이 형성되지만 Gas Cloud에 이어 기화되어 흩어지게 된다. Cloud의 유지시간은 약 8초기량이다.

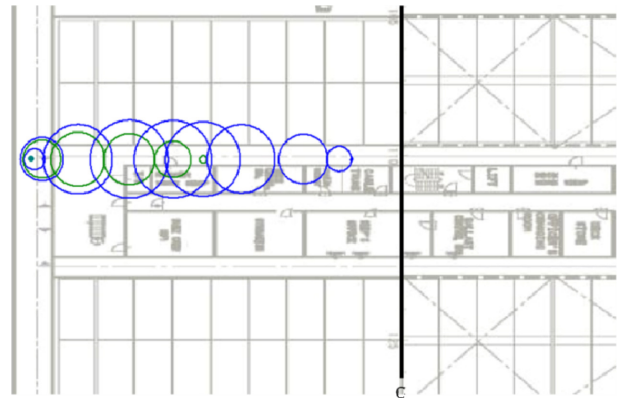


Fig. 2 Gas Cloud Case (1)

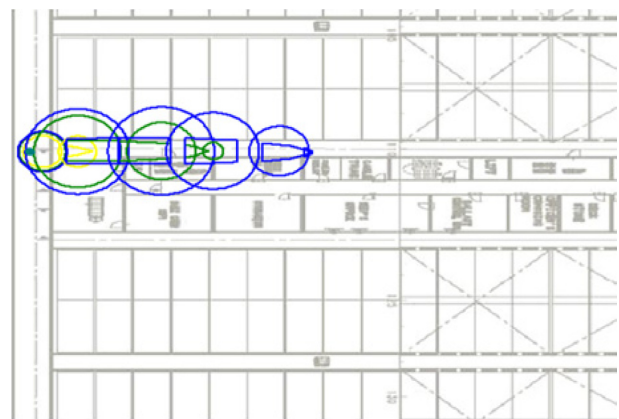


Fig. 3 Gas Cloud Case (2)

모든 바람의 방향을 고려한다면 Gas Cloud의 영향권은 그림 53과 같으며, 각 Case별로 안쪽의 동심원의 반지름은 LFL의 농도 최대거리이며, 바깥쪽의 원의 반지름은 0.5LFL의 최대 도달 거리가 된다.

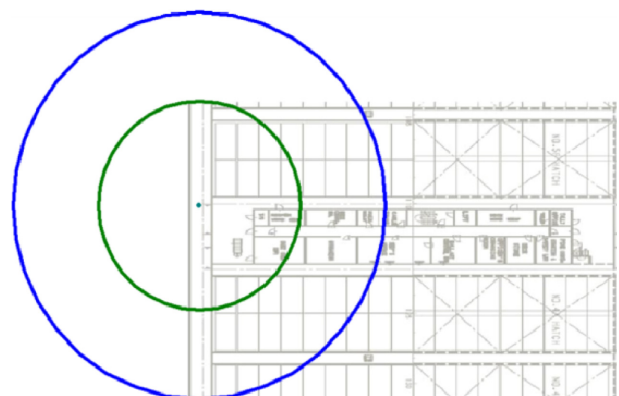


Fig. 4 Potential Gas Cloud Region

4. 결론

가스의 확산 및 폭발 해석의 결과로 선박 외부로의 피해는 우려할만하지 않을 것으로 보인다. 하지만, 선박 내 화재 및 폭발에 대비해 선박의 갑판 상부는 Manifold 주변 반경 20m 가량이 Hazardous Area로 설정될 필요가 있다. 더욱이, 복잡한 갑판 구조는 확산의 불균형을 일으키며, 폭발의 위력을 더 심하게 만들 수 있다. 폭발에 의해 예상 되는 인명 피해 및 구조적 피해는 3D Modeling 등을 기반으로 하는 자세한 해석이 요구 된다.

참고 문헌

Hanna, S.R., Briggs, G.A& Hosker, R,P, 1982, Handbook on Atmospheric Diffusion, U.S. Department of Energy.

U.S Environmental Protection Agency, 1993, Risk Management Program Guidance for Offsite Consequence Analysis.

