

CNG 충전소의 누출·확산에 대한 위험성 평가

이동춘*, 유상빈**, 이수경**

*한국전력공사 중앙교육원

** 서울산업대학교 안전공학과

1. 서론

세계적으로 산업 각 분야에서 석유 소비가 증가하면서, 석유 의존도가 날로 심화되고 있다. 특히 우리나라는 원유 전량을 수입에 의존하고 있는 실정으로 수송 분야의 경우 석유 의존도가 절대적으로 높아 이를 줄이기 위해서는 대체 연료 차량 개발이 필요하다 하겠다. 또한 자동차 배출가스로 인한 대기 오염이 심화되면서 청정 연료 차량 개발 필요성 또한 시급히 해결해야 할 과제로 대두되고 있다. 이를 위해 CNG 차량에 대한 검토가 적극적으로 이루어지고 있으며 차량에 공급할 연료를 위한 충전소 시스템에 대한 개발연구가 한창 진행 중에 있다. 그러나 천연가스에 대한 대 국민 불안을 떨쳐버릴 수 없는 것이 현실이다. 최근에 있었던 일련의 도시가스 폭발사고와 누출 및 가스공급 중단등은 NG가스의 편리함과 청정성에도 불구하고 이러한 국민 불안 심리를 고무시키기에 충분했다. 이에 CNG 차량 개발에 즈음하여 CNG충전설비에 대한 충분한 누출·확산에 대한 안전성 검토가 필요하며 이러한 일련의 평가를 통해 보다 더 신뢰할 수 있고 우리나라에 적합한 충전소 시스템의 개발을 완성할 수 있으리라 본다.

본 연구에서는 CNG 충전소에 대한 HAZOP을 실시하여 정성적으로 평가하고 이를 기초로 누출에 대한 시나리오를 작성하여 확산정도를 ALOHA를 이용하여 시뮬레이션 하였다.

2. CNG 충전소의 구성

충전소의 구성요소는 Fig.1.과 같이 크게 5가지로 구성되어 있다. 즉, 압축기 패키지와 저장용기, 제어판넬, 디스펜서, 완속충전호스 등으로 구성된다.

2.1 압축패키지

압축패키지는 가스 인입 장치와 압축기, 열교환기, 완화용기, 구동장치, Skid, Enclosure로 구성되며 이는 용량의 차이만 있을 뿐이며 주요 구성에는 차이가 없다. 충전방식에 의해서 제외되는 품목은 없으며 설치지역에 따라 Enclosure는 개방형으로 적용되어 제외되기도 하나 국내 조건상 도심지는 소음규제에 대한

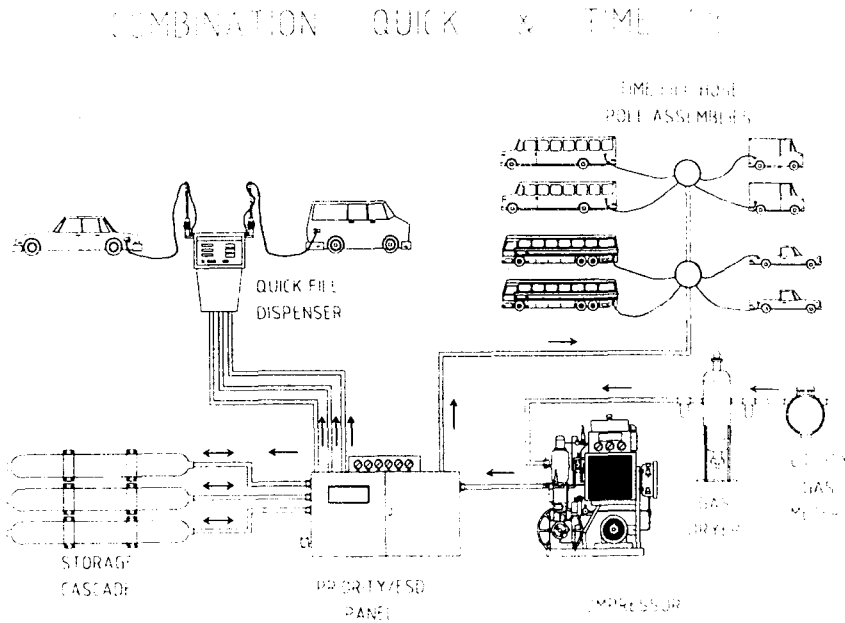


Fig.1. CNG 충전설비의 개략도

제약으로 반드시 설치되어야 한다.

2.2 저장용기

저장용기는 미국 운수성 규격에 의한 DOT 실린더와 ASME code에 의해 제작되는 고압용기가 있다. 고압 용기는 대용량의 저장용기로 사용되며 DOT는 적은 용량의 실린더로 20여개에서 많게는 80개 이상도 조합하여 사용한다. 그리고, ASME code에 의해 제작되는 고압용기로 3-bank를 구성한다. 저장용기는 압축기에서 압축된 가스를 3,600psig의 고압의 상태로 저장하였다가 충전요구가 있을 경우 가스를 공급한다. 대부분의 충전은 이 저장용기가 담당하며 압축기는 소진된 양 만큼의 가스를 공급한다. 따라서 저장용기는 침투 부하시 충분히 충전할 수 있어야 한다. 이 저장용기는 ASME UPV Code Section VIII에 의해 설계압력이 4,000psig로 설계된 용기이다.

2.3 제어판넬

가스의 입·출력을 제어하는 밸브 시스템은 압축기 모듈과는 별도로 시스템을 구성할 수 있으며, 주제어기가 PLC 제어시스템이기 때문에 밸브시스템도 전자식으로 구성되는 시스템을 채택하여 시스템 구성 기기 간의 연계성을 취하여, 충전소 전체를 주 제어기에서 총괄하여 관리할 수 있는 시스템이다. 이 시스템의 구성은 Priority 밸브, 역지 밸브, 차단 밸브, 압력계, 가스배관, 긴급 차단용 밸브

등으로 되어 있다.

2.4 저장용기

저장용기는 압축기에서 압축된 가스를 고압의 상태(3,600psig)로 저장하였다가 충전요구가 있을 경우 가스를 공급한다. 대부분의 충전은 이 저장용기가 담당하며 압축기는 소진된 량 만큼의 가스를 공급한다.

2.5 디스펜서

충전방식이 Combination 충전방식이므로 급속충전용 디스펜서와 완속충전용 Dual hose pole assembly의 두 가지로 구성된다.

3. 누출모델의 적용

CNG 충전소의 정성적 평가를 위하여 HAZOP을 실시한 결과 취약부분이 압축 팩키지와 디스펜서인 것으로 확인되었다. 본 연구에 이용한 모델은 ALOHA Model 이다. ALOHA는 tank, pipe, 및 puddle로부터 발생하는 가연성가스의 누출, 확산등의 위험성 평가를 할 수 있는 program이다. 즉 개방된 공간에서의 확산정도를 매우 정확하게 계산할 수 있다. 따라서 대기중으로 누출된 가스의 확산범위는 누출이 발생한때의 기상조건에 따라 범위가 결정되며, 누출량, 누출높이, 누출온도, 누출되는 내경 등의 변수들이 복합적으로 작용하여 산출되므로 CNG 충전소의 다른 모델변수들을 같은 값으로 고정시켜 그 결과를 고찰하였다.

3.1 누출시나리오의 적용

Table 2. Information of CNG Simulation

Hole Size		1cm	1.5cm	2cm
Chemical Information	Name	CNG	CNG	CNG
	Molecular Weight	18.25	18.25	18.25
	LOC	500ppm	500ppm	500ppm
	Boiling Point	-161.49℃	-161.49℃	-161.49℃
Atmospheric Information	Wind	0.8m/sec	0.8m/sec	0.8m/sec
	Stability Class	B	B	B
	Relative Humidity	75%	75%	75%
	Air Temperature	27℃	27℃	27℃
	Ground Roughness	Urban of Forest	Urban of Forest	Urban of Forest
Cloud Cover	1	1	1	
Source Strength Information	Source Model	pipe	pipe	pipe
	Release Rate	23kg/min	23kg/min	23kg/min
	Release Duration	60min	60min	60min
	Total Amount Released	1,382kg	1,382kg	1,382kg
Dispersion Model		Gaussian Model		

CNG 충전소의 누출모델을 적용시키기 위하여 Table 2와 같은 조건으로 시뮬레이션을 실시하였고 또한 그 결과는 다음과 같다.

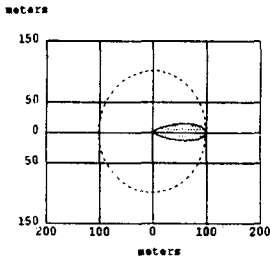


Fig.2. Footprint
(hole size = 1cm)

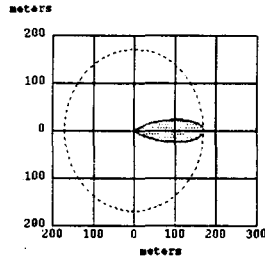


Fig.3. Footprint
(hole size = 1.5cm)

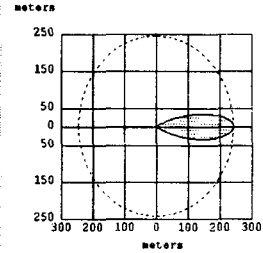


Fig.4. Footprint
(hole size = 2cm)

4. 결론

CNG 충전소에 대한 위험성 평가를 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. CNG 충전소에 대한 HAZOP을 실시한 결과 취약부분이 압축기 팩키지와 디스펜서 입을 확인하였다.
2. CNG 충전소에 대한 누출 확산 평가를 위해 ALOHA Model을 이용하여 평가하였으며 Hole의 크기를 1cm, 1.5cm, 2cm로 행한 결과 1시간의 누출동안 폭발 한계에 이르는 거리는 각각 47m, 81m, 118m인 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Crowl, D. A. and J. F. Louvar " chemical process safety : Fundamentals with application ", Prentice-Hall, New Jersey, pp 82-151, 1990.
2. Center for chemical Process Safety (CCPS), " guideline for Hazard Evaluation Procedure ", center for chemical Process Safety of AIChE, New York, 1985.
3. Center for chemical Process Safety , " guidelines for Use of Vapor Cloud Dispersion Model ", American Institute of Chemical Engineers, New York, 1996.
4. Warren L. McCabe Julian C. Smith Peter Harriott : "Unit Operations of Chemical Engineering" 1993, pp 120-139