

Probit분석을 이용한 LPG 누출시 폭발영향평가

이경덕, 신창섭

충북대학교 공과대학 안전공학과

1. 서론

화학공장에서 가연성물질의 누출로 인하여 발생한 화재·폭발사고는 공정 시설의 파괴는 물론 근로자 및 인근지역의 주민들에게까지 치명적인 피해를 미칠 수 있으므로 이에 대한 체계적인 연구와 방지를 위한 적절한 대책의 마련이 반드시 필요하다.

본 연구에서는 공정안전관리(PSM)의 핵심부분인 정량적 위험성 평가를 수행하기 위한 요소로 LPG의 대기중 누출시 대기조건에 따른 대기확산 과정을 모사하고, 누출된 LPG의 폭발범위를 계산하여 누출사고로 인한 폭발에 의한 피해정도와 영향범위를 제시하고자 하며, 또한 폭발시 공정 및 인근지역에 미치는 피해범위를 과압에 따른 Probit 분석을 하였으며, 현행 고압가스안전관리법상의 저장탱크의 용량에 따른 안전거리를 기준으로 Probit 0% 가 되는 최대 누출구의 직경을 산정하였다.

2. 모사방법

증기운의 분산모델은 누출 근원지로 부터 연속적으로 방출되는 물질의 정상상태 농도를 나타내는 plume형으로 가정하였으며, 증기운의 대기중 확산에 영향을 미치는 인자는 풍속, 대기안정도, 표면거칠기, 누출지점의 높이와 누출된 초기물질의 부력과 운동량등이 있다.

또한, 누출 후 확산되는 과정은 4가지 단계로 구분할 수 있는데, 첫번째 단계는 저장탱크 내부의 압력에 의한 대기중 분출, 두번째 단계는 분출압력과 가연성물질의 밀도차에 의한 증기운의 거동이다. 세번째 단계는 공기와 밀도차에 의하여 가스가 퍼지게 되는 거동이며, 네번째 단계는 공기와 누출된 물질의 혼합으로 인한 수동적 확산 영역이다.

본 연구에서는 LPG의 대기확산과정을 모사하기 위해 DEGADIS 모델 (Dense Gas Dispersion) 을 사용하였으며, 대기중으로 누출된 LPG가 점화원과 접촉하여 발생하는 증기운 폭발에 의한 피해의 주요원인은 충격파에 의한 과압이 된다. 이때 과압으로 인한 피해는 폭발범위사이의 총방출량을 이용하여 폭발압력의 기준이되는 TNT 상당량으로 환산하였으며, 폭발중심으로 부터 고려하는 지점까지의 거리를 이용하여 폭발압력에 따른 피해거리를 산

정하였다.

또한 누출에 의한 폭발에서 과압으로 인한 피해의 정도와 피해가 미치는 거리는 누출구의 크기에 따라 크게 달라지게 된다. 따라서 고압가스안전관리법상 안전거리에 대하여 Probit분석을 이용하여 건물과 사람에게 피해를 미치지 않을 최대 누출구의 직경을 산정하였다.

3. 결과 및 고찰

대기조건에 따른 폭발범위 사이의 총방출량에 대한 영향정도를 Fig. 1에 나타내었다. 여기서 풍속, 표면거칠기, 기온 등 각 인자의 범위는 대상 지역에서의 최대값과 최소값을 기준으로 한 것으로 폭발위력이 주는 영향의 크기를 비교하고자 한 것이다. 이때 풍속이 폭발범위 사이의 방출량에 가장 큰 영향인자임을 알 수 있으며, 특히 풍속이 느린 경우 그 영향이 크게 나타났다. 또한 표면거칠기의 경우도 크기가 작은 경우 큰 영향을 주었으며, 기온이 주는 영향이 가장 작았다. LPG 누출후 대기조건의 변화에 따른 스케일화된 거리와 위험거리와의 관계를 Fig. 2에 나타내었으며, 여기서 방출량 5kg/s 일때 위험거리는 유리창이 10% 파괴될 확률을 가진 거리이다. 방출온도가 스케일화된 거리에 미치는 영향이 가장 작았으며, 풍속이 가장 큰 영향을 주었다.

Fig. 3은 현재 4만톤 이하의 저장설비인 경우 안전거리내에 있는 사람이 누출로 인한 피해의 정도를 확률로 나타내었으며, 이때 확률이 10% 증가시 누출구의 직경은 약 1.1배의 증가를 보였으며, 안전거리가 1.5배씩 증가시 누출구의 직경은 약 1.5배씩의 증가를 보였다. 또한 Fig. 4는 누출이 발생하여도 Probit 0%인 경우 피해를 받지 않는 누출구의 직경을 나타내고 있으며, 사망의 경우 2.54cm, 고막파열 0.68cm 이하 이고, 건물의 경우 손상과 건물유리가 파괴되지 않을 누출구의 직경은 0.51cm와 0.23cm 이하이다.

4. 참고 문헌

1. Haven, J. A., Mathematical Model for Atmospheric Dispersion of Hazardous Hazardous Chemical Gas Release : An Overview, Proceedings, American Institute of Chemical Engineers Center for Chemical Process Safety's International Symposium on Preventing Major Chemical Accidents, Washington, DC., 1987
2. Spicer, T. O. and J. A. Havens, User's Guide for the DEGADIS 2.1 Dense Gas Dispersion Model, Environmental Protection Agency, Report EPA-450/4-89-019, 1989

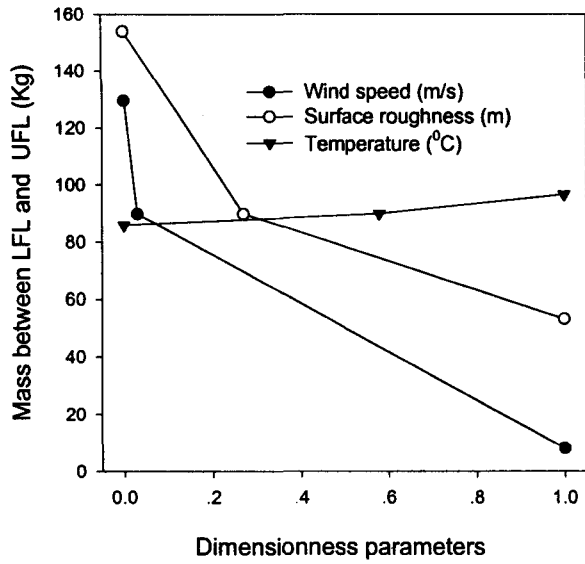


Fig. 1. The effect of atmospheric conditions on the LPG mass between LFL and UFL at ground.

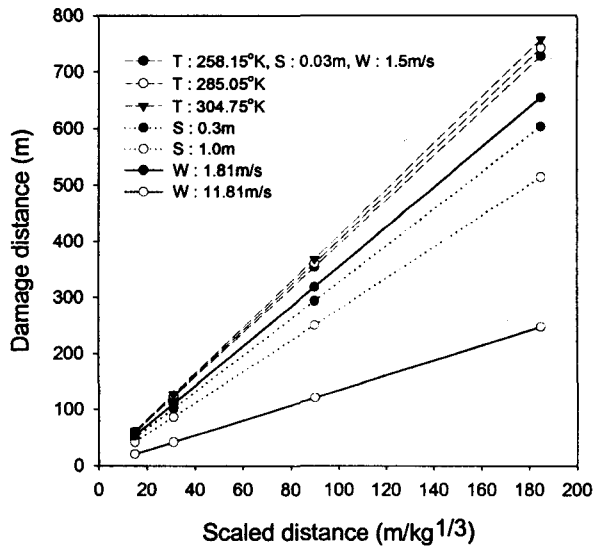


Fig. 2. The variation of damage distance by the atmospheric conditions. (release rate = 5 kg/s, humidity =50%)

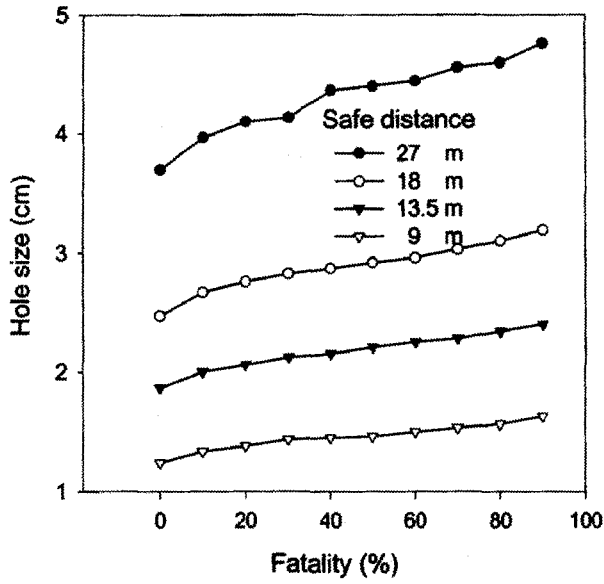


Fig. 3. The variation of hole size by the change of Probit at fatality.

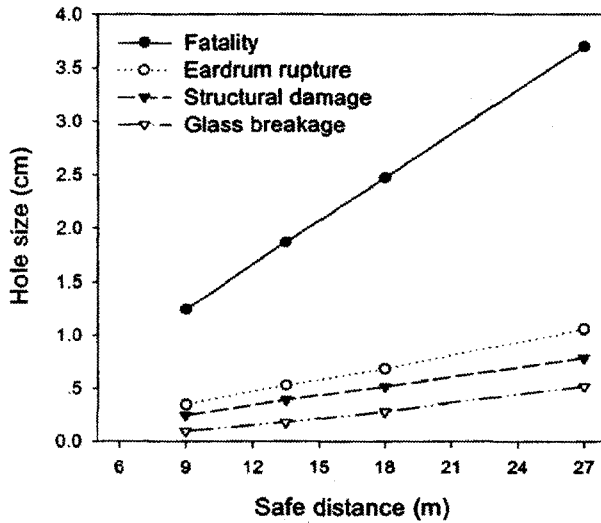


Fig. 4. The variation of the hole size by the change of safe distance at Probit 0%.