

Effect Model Simulator에 의한 Rapid Risk Ranking Index 개발

김형석*, 김윤화**, 김인원***, 고재욱**

(주) 아스프*, 광운대학교 화학공학과**, 건국대학교 화학공학과***

서론

화학공업은 고도의 기술집약적 장치산업이며 가연성 및 반응성이 높은 물질을 고온, 고압하에서 사용·저장하고 있기 때문에 화재 및 폭발사고의 가능성이 항상 잠재하고 있다. 특히, 화학공장에서 사용하는 대부분의 물질이 BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)와 VCE(Vapor Cloud Explosion)를 유발할 수 있는 가연성 물질이므로 사회적 문제를 야기할 수 있는 중대재해가 발생할 수 있다.

그 예로, 1984년 멕시코시티에서 발생한 프로판 가스 폭발사고와 1988년 미국 일리노이주에서 발생한 수소가스 폭발사고^[2]는 대표적인 BLEVE 폭발사고이며, 영국의 Flixborough에서 발생한 cyclohexane 폭발사고^[2]는 대표적인 VCE 사고로 막대한 인적, 물적 피해를 가져왔다. 국내의 경우, 1992년 광주에서 발생한 광주해양도시가스 폭발사고나 최근 부천의 LPG 충전소 폭발사고는 대표적인 BLEVE 폭발사고이며, 1996년 대구에서 발생한 지하철 도시가스 폭발사고와 최근 익산 LPG 충전소 폭발사고는 대표적인 VCE 폭발사고이다.

선진 외국의 경우 이러한 피해를 미연에 방지하기 위하여 다양한 정량적 위험성 평가 프로그램의 개발을 시도하고 있으며 이미 상용화된 프로그램도 상당수 있다. 특히 DNV Technica에서 개발한 PHAST와 SAFETI, Du Pont 사의 SAFER 같은 프로그램은 상당히 비싼 가격으로 국내에 도입되고 있는 실정이다. 그러나 국내의 경우에는 외국의 정량적 위험성 평가 프로그램과 비교할 수 있을 정도의 정량적 위험성 평가 프로그램이 개발되지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 국내 실정에 적합하며, 화학플랜트에서 조업하는 근로자들이 손쉽게 사용할 수 있는 Effect Modeling Simulator인 PMLs를 개발하였으며, 이를 기초로 하여 화학플랜트에서 생산 혹은 사용하고 있는 가연성 물질들에 대한 Rapid Risk Ranking Index를 개발하였다.

Effect Modeling Simulator의 개발

본 연구팀이 개발한 PMLs(Possible Maximum Loss Simulator)는 공정에서 작업하는 근로자가 손쉽게 사용할 수 있도록 개발된 정량적 위험성 평가 프로그램이다. PMLs는 화학 플랜트에서 사용중인 가연성 물질이 외부조건에 의하여 누출되어 폭발하였을 경우 예상되는 최대 피해범위 및 피해정도를 예측하는 프로그램이다. PMLs는 사용자가 공정에 대한 간략한 정보와 취급하는 물질만 입력하면 프로그램 내부 데이터 베이스와 추론 엔진이 BLEVE나 VCE에 의하여 예상되는 최대 피해를 예측하게 된다.

PMLs에서 예측하게 되는 피해효과는 다음과 같은 세가지 형태를 고려하였다.

- ▶ Damage From Overpressure(Blast)
- ▶ Damage From Thermal Radiation
- ▶ Damage From Fragment

Figure 1은 PMLs의 내부적인 논리 흐름을 나타내는 그림이다.

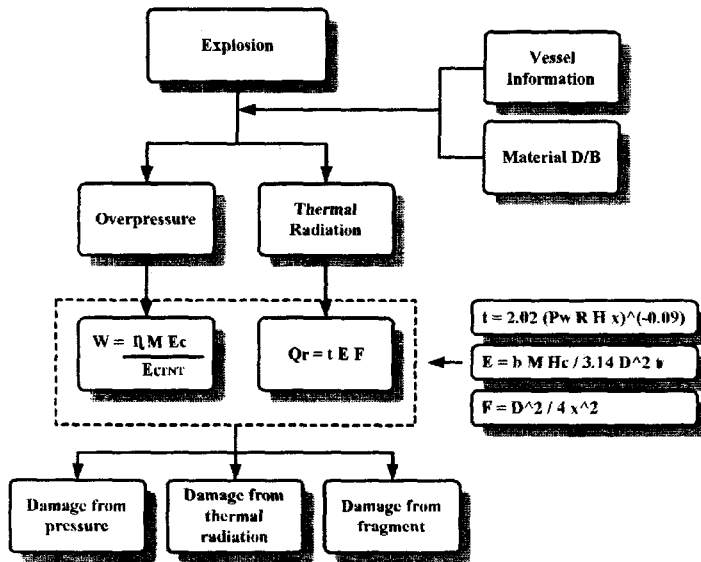


Figure 1. Logic diagram for PMLs inside structure.

위 그림에서 알 수 있듯이 VCE의 폭발 과압 계산은 TNT 당량식^{[1][2]}을 사용하였으며, BLEVE에 의한 복사열 계산은 시각인자와 열류량의 관계식^{[1][2]}을 사용하였다.

Rapid Risk Ranking Index의 개발

일반적으로 rapid risk ranking method는 결과값의 신뢰성보다는 위험성 우선 순위화를 목적으로 개발된다. 과거, 국제 원자력 기구(IAEA, International Atomic Energy Agency)에서 개발한 지침서^[4]도 역시 같은 방법을 나타낸다고 할 수 있다. 본 연구팀이 개발한 Rapid Risk Ranking Index는 화학 플랜트에서 생산, 저장하고 있는 물질들이 사고를 유발하였을 경우 예상되는 최대 피해효과를 간단하게 빠른 시간 안에 예측할 수 있도록 개발하였다.

위험성 평가(risk assessment)와 공정관리(process management)에서의 제한된 자원의 최적 할당과 효율성을 보장하기 위하여 개발된 Rapid Risk Ranking Index는 정량적 위험성 평가를 수행하기 전에 위험성의 상대적 크기를 효과적으로 비교·검토할 수 있는 방법이다.

Figure 2에서 Rapid Risk Ranking Index의 계략적인 개발과정을 보였다.

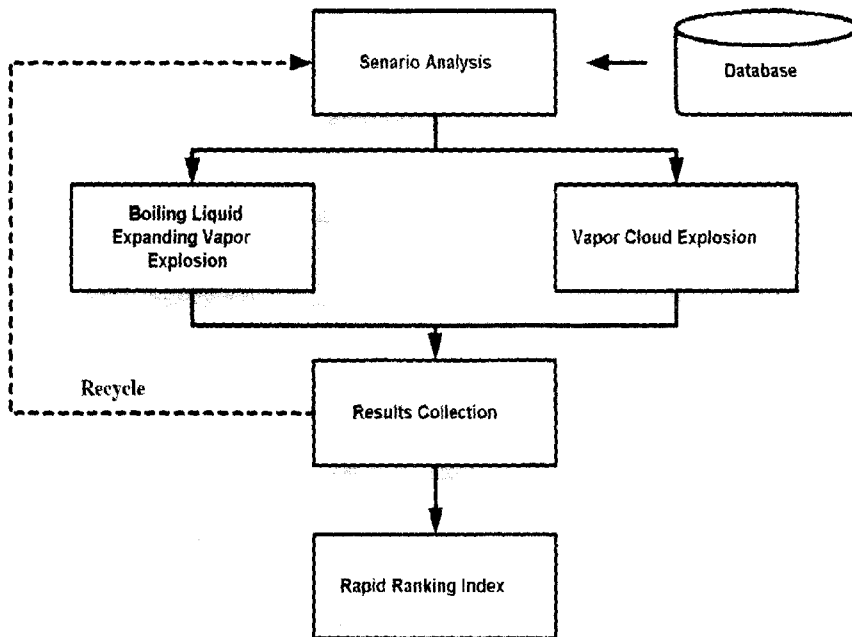


Figure 2. Logic diagram for the development of rapid risk ranking index.

결론 및 고찰

정량적 위험성 평가를 수행하기 어려운 작업현장에서 메뉴얼만으로 간단하게 BLEVE와 VCE 사고에 의한 피해 예측을 수행·분석할 수 있도록 PMLs와 Rapid Risk Ranking Index를 개발하였다.

본 연구를 통하여 얻은 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 가연성 물질의 BLEVE, VCE 피해효과를 모사할 수 있는 PMLs(Possible Maximum Loss Simulator)를 개발하였으며, 몇 가지 사고사례를 토대로 프로그램의 현장 적용성 및 신뢰성을 검증하여 보았다.
2. 정량적 위험성 평가를 수행하기 힘든 영세 혹은 중소기업에서 손쉽게 사용할 수 있는 Rapid Risk Ranking Index를 개발하였다. 따라서, 정량적 위험성 평가를 수행하기 전에 Rapid Risk Ranking Index를 이용한다면 위험성 평가에 필요한 시간을 많은 부분 단축할 수 있다고 판단된다.
3. 다양한 사례 검토를 통하여 Rapid Risk Ranking Index의 신뢰성을 확보하는 것이 필요하며, 현재 플랜트 형태별 분류를 세부 공정별 분류로 확대하는 것이 필요하다고 판단된다.
4. 본 연구에서 개발한 PMLs를 이용하여 공정내에서 취급하는 가연성 물질의 취급 형태와 용량을 기준으로 간단하게 BLEVE와 VCE에 의한 사고피해 영향을 예측할 수 있으며, Rapid Risk Ranking Index를 이용하여 비교적 적은 시간과 투자로 공정내의 위험성을 순위화하여 체계적인 방재 대책을 수립할 수 있다.

참고 문헌

- [1] CCPS, "Guideline for Chemical Process Quantitative Risk Analysis", Center for Chemical Process Safety, AIChE, 1989.
- [2] CCPS, "Guideline for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosion, Flash Fires, and BLEVE", Center for Chemical Process Safety, AIChE, 1994.
- [3] CCPS, "Guideline for Use of Vapor Cloud Dispersion Models" Center for Chemical Process Safety, AIChE, 1996.
- [4] IAEA, "The Manual of Risk Classification and Prioritization for Major Accidents at Process and Related Industries", International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 1991.