

위험성 평가에서 3차원 지형 정보의 사용에 대한 연구

김형석^{1,2,*}, 장은미¹, 김인현¹, 김인원²
¹한국공간정보통신, ²건국대학교 화학공학과
 (kimhs@ksic.net*)

A Study of using 3D terrain information for risk assessment

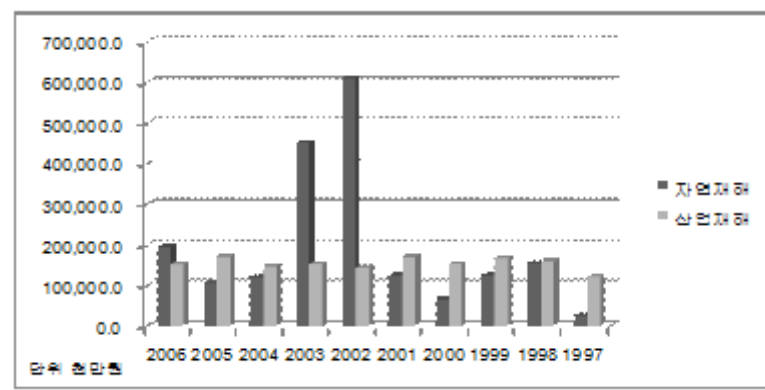
HyungSeok Kim^{1,2,*}, EunMi Chang¹, InHyun Kim¹, InWon Kim²
¹Korea geoSpatial Information Communication Co. Ltd.
²Dept of Chemical Eng. Konkuk University
 (kimhs@ksic.net*)

서론

최근 산업발달로 인한 장치설비의 증가로 인해서 유류 및 가스를 다루는 공장시설이 증가함에 따라 복잡한 공정 및 고온·고압 하에서 다루어지는 가연성 물질과 독성물질의 사용이 늘어나게 되어 위험한 화학물질들이 원료, 중간체, 제품의 형태로 사용·저장하고 있어서 화재 및 폭발이 발생할 가능성이 늘 잠재하고 있다.

산업재해의 규모를 자연재해에 대비하여 피해 규모를 표시하면 [그림 1]에서 보는 바와 같이 연도별로 점점 늘어나고 있으며 자연재해에 버금갈 정도로 피해규모가 커서 산업재해에 대한 대응 정책이 필요한 실정이다. 산업재해는 인적 원인으로 발생하는 경우가 많고 그 범위를 예측할 수 있어 사람의 힘으로 조절 가능하여 정확한 재해의 규모를 산정함으로써 대응책을 수립할 수 있다.

과거의 방재정책은 체계적인 분석 및 연구 없이 진행되어 단순한 현상의 분석만을 위한 공학적 모사(Simulation)가 실시되었다. 산업재해의 모사를 위하여 phast Professional과 같은 상용 프로그램이나 EPA 및 NOAA의 CAMEO와 같은 프로그램을 사용하여 일반적인 조건에서의 모사가 이루어진 바 있으며, 또한 관련 분야의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 이는 대한민국의 실정을 고려하지 않고 평지 조건에서 외국의 데이터의 적용에 그친 경우가 많으며 재난/재해 현장의 실제 지형을 모사에 반영하여 그 결과를 도출하여야 하는 필요성이 대두되었다.



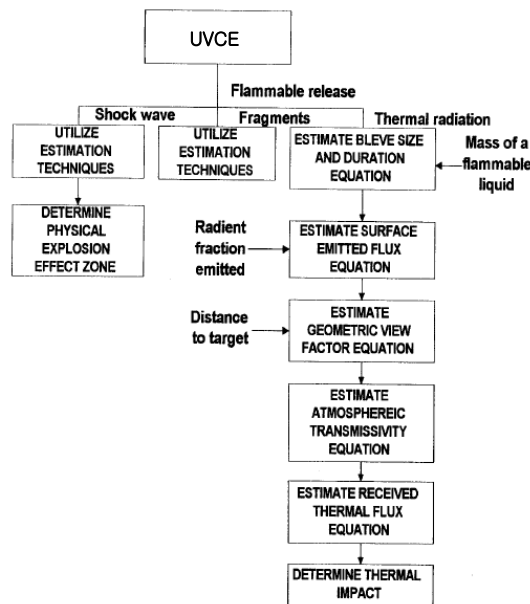
[그림 1] 최근 10년간 자연재해 및 산업재해 규모 (소방방재청 재해연보, 화재보험협회 KOREAN FIRE DATA)

폭발과 같은 재해의 위험성평가 및 피해예측은 위험 요소의 인지 및 평가, 가연성 누출원 및 크기의 파악, 취약성의 평가와 피해 규모 및 범위에 대한 분석의 단계를 통하여 이루어진다. 이를 위해서 위험도(Risk)의 추정, 피해 대상 자료의 구축(Inventory) 및 피해 대상의 취약도(Fragility) 모형의 세 가지 요소가 필수적이며 위험도는 UVCE(Unconfined Vapor Cloud Explosion) 경우 위험물질을 저장한 탱크로부터 누출량을 설정 및 계산하여 폭발량에 대한 모델링을 수행함으로써 추정할 수 있으며, 피해 대상지 모형을 폭발에 적용하여 영향을 미치는 방향 벡터를 추정하도록 한다. 이를 위한 지형의 모사 방법으로 SEDRIS를 사용하는데, 이는 환경 데이터에 대한 표준으로 'Synthetic Environment Data Representation & Interchange Specification'을 말하며 이것을 사용한 방법론은 Data Representation Model(DRM), Data Coding Specification (EDCS), Spatial Reference Model (SRM), SEDRIS Transmittal Format(STF), API의 5개 기술요소로 구성되어 있으며 ISO/IEC JTC1/SC24를 통해 국제표준으로 제정되고 있다. SEDRIS로 대상지 모형을 구성하기 위하여 고해상도 위성영상 및 항공사진으로부터 취득한 데이터를 가공하여 DEM 데이터를 만들고 그것에 지리데이터를 입력 후, 재해를 시뮬레이션 하는 공학 모델을 반영하여 그 결과를 볼 수 있는 뷰어에 대한 프로토타입을 작성하여 재해가 일어났을 때 어디까지 영향을 미치며 그 피해 정도가 얼마나 큰지를 알아볼 수 있도록 한다.

본 론

1. 산업재해 모사 방법론

1.1 UVCE 메카니즘



[그림 2] Logic diagram for UVCE calculation

UVCE(Unconfined Vapor Cloud Explosion)는 다음의 4가지 단계를 거쳐서 일어난다.

1. 가연성 증기나 가스의 누출
2. 누출된 물질과 대기가 혼합하여 가연성 증기운 형성
3. 가연성 증기운 혼합물의 점화
4. 가연 범위 안에 있는 농도의 증기운을 통해 불꽃이 전파

실제로 UVCE에서는 전체 증기운 모두, 혹은 대부분이 한꺼번에 폭발하는 경우는 드물다. 대다수의 경우에 불꽃은 폭연작용으로 전파된다. 반응이 빠른 가스는 더 한꺼번에 폭발하는 것처럼 보인다.

증기운이 점화되면 불꽃의 느린 전파로 과압이 별로 발생하지 않는 경우(Flash Fire)와 불꽃이 빨리 전파되어 큰 과압이 발생하는 경우(UVCE)가 있다.

UVCE가 발생할 경우 난류(Turbulence flow), 부분적 제한이나 방해물, 폭발과 같은 조건들이 만족되면 큰 폭발 과압이 발생한다.

실제 UVCE에서 폭발 과압은 정체된 영역에서 최대 15 psi 까지 발생하며, 평행하고 방해물이 없는 지역에서는 1.5 psi 정도까지 작용한다.

$$W = \frac{\eta M E_c}{E_{cTNT}}$$

where

W : -alent Mass of TNT[kg]

η : Emperical Explosion yield [0.01 ~ 0.1]

M : Mass of flammable material released[kg]

E_c : Lower heating value of combustion of flammable gas[kJ/kg]

E_{cTNT} : Heat of combustion of TNT[4500 kJ/kg]

위 산정 Equation을 활용하여 폭발 대상지에 대한 피해량을 산정한다. 폭발량을 산정하기 위한 전체 순서는 [그림 2]와 같다.

2. 대상지 모형 구성 및 적용

2.1 SEDRIS

자연재해 및 산업재해가 발생할 수 있는 대상지의 모형을 3차원으로 구성하려 할 때, 그것을 가장 효과적으로 표현하기 위해서는 모든 환경영역을 표현할 수 있을 뿐만 아니라 각종 환경 표현이나 효과를 모델의 클래스 및 속성의 변경을 통해서 자유롭게 구현할 수 있는 특징을 갖는 SEDRIS 방법론으로 모형을 구성하여 재해의 환경정보를 표현한다. SEDRIS는 위성영상, 수계도, 지형정보 등의 입력요소로 재난/재해에 대한 환경정보를 3차원 모형으로 구성하여 피해 대상지역에 대한 자료를 지리정보시스템을 이용하여 구축하게 되는 경우, 위험도 추정과 취약성 모형에 의한 위험 지역이나 피해 예상 시설물의 규명이 매우 용이하다.

2.2 모사 결과

[그림 3b]와 같이 대상 지역의 지형정보를 종래와 같이 평면으로 상정하여 결과를 낸 것이며 3차원 지형 모델을 구성한 대상지에 UVCE 폭발 모델을 반영한 결과는 [그림 3a]이다. 이는 DEM으로부터 추출한 지형정보를 UVCE 모델에 반영한 것이다. 이때 과압을 나타내는 동심원은 평면에서는 완전한 원을 나타내나 DEM 모델을 반영하게 되면 대상지역의 지형에 따라 그 결과가 다르게 나타난다.

그러나 이것은 대상지의 정확한 지형모형이 반영된 결과이며 이것을 대상지역의 위험 요소의 사전 규명으로 대피계획은 물론 대피로와 같은 응급 대응 계획 수립에 직접 활용이 가능하다.

LPG 충전소에서 폭발이 일어났을 경우를 상정하며 폭발 조건은 다음과 같다.

Explosion Type : UVCE

Explosion Material : LPG(Butane:C₄H₁₀)

released Mass : 10kg

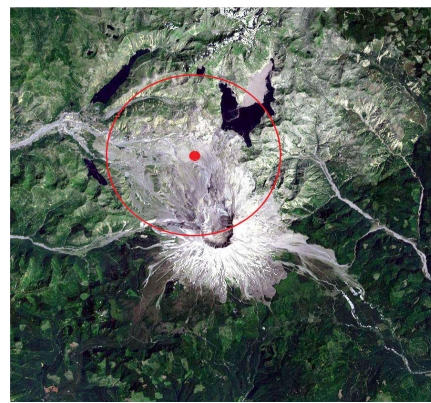
Emperical explosion yield : 0.1

결론

최근의 산업발달에 따른 재해 발생빈도 증가 및 피해 규모 대형화/광역화될 뿐 만 아니라 매년 반복적인 사고로 인한 재해가 발생하고 있으나 정확한 재해의 피해 예측 시스템이 개발되어 있지 않아 과학적인 재난대처에 한계점으로 지적되고 있어, 과학적 재난 관리 체계를 마련하고, 방재정책의 효율적 추진과 한발 앞선 대응체계 확립을 위해서는 국내 지형조건에 맞는 재해예측 시스템 개발 필요성이 대두되었으며, 이를 위하여 재해 예측을 위한 현황분석·설계 연구의 일환으로 재해 발생시 3차원 지형 모델의 활용에 대하여 고찰하였다.



[그림 3a] Explosion Effect for 3D Model



[그림 3b] Explosion Effect for 2D Model

재해 위험도 예측을 위한 세 가지 요소인 위험도 추정, 취약성 모형 및 피해 대상 자료 구축을 통한 피해 분석에 있어서 위험성 추정을 위한 지표고도, 재해 모델 및 지형정보는 필수적인 자료로서 지리정보시스템을 이용하여 폭발의 크기 및 폭발 과압이 미치는 범위에 대한 추정이 효율적으로 수행될 수 있음을 확인하였다.

이러한 위험도 추정 결과는 과거 2차원으로만 이루어지던 피해 예측을 3차원으로 가능하게 함으로써 좀 더 정확한 피해예측을 실시하고 그 결과를 활용한 응급 대피 계획 수립에도 활용이 가능할 것으로 확인되었다.

그러나 현재 국내에 구축된 제반 자료들의 구축 주체와 자료 유형이 매우 다양하여 향후 피해 예측을 위해서는 자료 유형의 표준화는 물론 활용을 위한 유기적인 협조 체계가 요망될 것으로 전망된다.

참고 문헌

- [1] Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, AIChE-CCPS, New York, 1989
- [2] Brasie, W. C., Simpson, D. W., Guidelines for Estimating Damage Explosion, Dow Chemical Co., Midland. Mich, 1990
- [3] <http://www.sedris.org>