

지리정보시스템(GIS)을 이용한 LPG 충전소 위험관리정보시스템 개발에 관한 연구

함은구, 노삼규
광운대학교

Development of a Risk Management Information System(RMIS) for the LPG refueling station by utilizing GIS

Ham, Eun-Gu, Roh, Sam-Kew

Department of Architectural Engineering Kwangwoon University

요 약

본 연구는 도심지에 위치한 LPG 충전소를 연구범위로 하여 공간정보의 활용이 가장 많이 요구되는 안전관리 분야의 업무를 중심으로 공간정보를 효율적으로 구축·활용하기 위하여 데이터베이스를 중심으로 위험관리정보 시스템을 개발하였다. 이를 바탕으로 정량적 위험성 평가의 자동화를 통해 나타난 위험성을 실시간에 제어하기 위한 필요조건을 표준화하여 기초 정보자료로 구축, 이를 지리정보기능과 연동하여 LPG 충전소의 안전검사의 효율화, 사전 위험성 평가, 사고대응 판단의 효과적인 의사결정을 유도 할 수 있는 기반을 제공한다. 위험관리정보시스템(RMIS, Risk Management Information System) 개발절차는 다음과 같다. 첫째, 도심지에 위치한 LPG 충전소 위험성 평가를 수행함에 있어서 기본적인 데이터인 부지내(On-site) 관련 자료와 부지 외(Off-site) 관련 자료를 관계형 데이터베이스(RDB, Relational Database)로 개발하였다. 둘째, Visual Basic을 이용하여 사용자가 효과적으로 위험을 관리·제어 할 수 있는 위험관리 통합 데이터베이스 시스템 개발하였다. 셋째, 위험관리 통합 데이터베이스 시스템과 지리정보시스템에 연동을 통한 의사결정 방안 제시하였다. 위험관리정보시스템(RMIS) 프로그램을 개발을 통하여 다음과 같은 결과를 도출하였다. 첫째, 위험관리 데이터 이용하여 사용자와 검사자가 효과적으로 위험을 사전관리 할 수 있는 공유정보를 구축하였다. 둘째, 위험 관리를 부지 내와 부지 외로 나누어 관리함으로써 시설 내부 뿐 만 아니라 시설외부에 미치는 영향을 모두 고려하여 구축하므로써, 중대사고에 대응 할 수 있는 종합적인 안전관리 기반을 조성하였다. 셋째, 사용자 인터페이스를 바탕으로 비상사태 발생시에 신속하고 정확한 의사결정을 할 수 있는 기반을 조성하였다.

1. 서론

본 연구의 목적은 인구밀집 지역에 위치한 위해시설에 대한 정량적 위험성평가(Quantitative Risk Assessment)를 통해 얻어진 위험에 대한 변수와 피해효과를 산정하여 데이터베이스화하고 이를 사용자가 효과적으로 사용할 수 있는 프로그램을 개발한다. 또한 구축된 데이터베이스를 지리 정보시스템과 연동시켜 공간정보와 속성정보를 동시에 표현 관리함으로써 효과적인 위험관리 및 의사결정을 할 수 있는 방안을 제시하고자 한다. 이에 따른 연구방법으로 첫째, LPG 충전 시설의 사고유형 및 문제점을 분석하여 데이터베이스 및 프로그램의 효과적인 모델을 구상한다.2) 둘째, 정량적 위험성 평가를 통해 나타난 제반조건과 피해효과를 통합한 데이터베이스 기반을 구축한다. 셋째, 데이터베이스 기반을 사용자가 효과적으로 관리 제어 할 수 있는 시스템을 Visual Basic을 이용하여 개발한다. 넷째, 구축된 데이터베이스를 속성 정보로 하여 지리정보시스템과 연결 효과적인 제어 및 의사결정이 가능한 기반을 구축한다.

2. 위험관리에 필요한 데이터베이스 구축방안

본 연구에서는 정량적 위험성 평가를 통해 나타난 위험에 대한 변수와 피해효과를 바탕으로 효율성 증진과, 현장 활용을 용이하게 하기 위하여 관련 자료들을 데이터베이스 시스템으로 구축하였다. 특히, 그림2-1에서 보듯이 위험성 평가를 수행함에 있어서 기본적인 데이터인 부지 내 관련 자료와 부지 외 관련 자료를 관계형 데이터베이스(RDB, Relational Database)로 개발하였다.1) 또한 그림2-2처럼 사고가 발생되었을 때 효과적인 비상대응 및 의사결정을 위해 필요한 각종 데이터들(의료기관, 관계기관, 소방시설, 비상 시나리오, 인구수 등)을 데이터베이스화하여 GIS tool(Falcon-map)에서 표현 관리 할 수 있는 기반을 구축하였다.

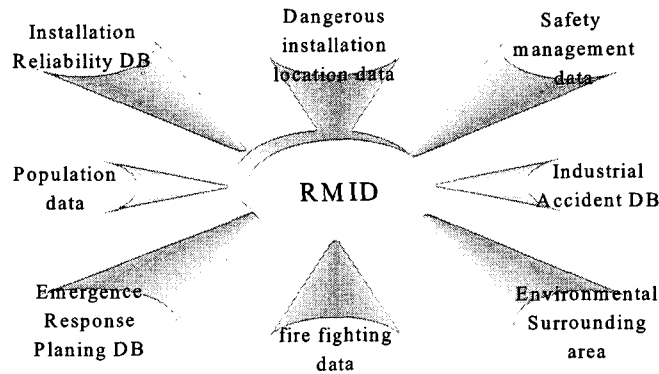


그림2-1. RMID DB 구성

2.1. 부지 내(On-site) 관련 데이터베이스

도심지내에 위치한 LPG 충전소의 경우 대규모의 장치시설은 아니지만 공정 상 많은 자료들을 필요로 한다. 특히, 많은 불특정한 사람들을 상대로 서비스가 이루어지기 때문에 예기치 않은 많은 변수들이 필요하다. 앞서 2장에서 보듯이 사고 발생이 장치설비의 결함뿐만 아니라, 장치 관리자, 사용자에 의한 Human error에 의해서도 발생되므로 공정을 가동하면서 발생하는 각종 자료들이 위험성을 평가 제어하는데 필수적인 요소로 작용한다. 정량적 위험성 평가 및 제어 할 때 필요한 부지 내 관련 데이터베이스는 다음과 같다.

- 1) 도면정보 (P&ID, PFD, Plant Plot 등)
- 2) 각종 사고자료 (아차사고 자료, 동종사고 자료, 안전사고 자료 등)
- 3) 유지·보수 자료 (장치보수자료, 장치수명자료 등)
- 4) 운행공정자료 (일일 물동량, 처리량, 저장량, 탱크로리 용량 및 운행 경로 등)
- 5) 안전관리자료 (안전관리이력, 안전교육 및 안전수칙에 관한 사항 등)

위에 제시한 부지 내 관련 자료들은 정량적 위험성 평가를 수행, 제어하는데 필수적인 자료들이다. 특히 평가 대상인 공정 혹은 유사 공정에서 발생한 사고 자료는 위험성을 평가하고 효과적인 의사결정(making decision)을 할 때 매우 긴요하게 이용될 수 있다.

2.2. 부지 외(Off-site) 관련 데이터베이스

부지 외와 관련된 자료들은 위험성 평가를 수행하여 주변지역에 영향력을 평가할 때 매우 중요하다. 도심지내의 LPG 충전소에서 취급하는 물질의 대부분이 화재·폭발을 유발할 수 있

는 가연성 물질이기 때문에 관련사고가 발생할 경우 그 피해는 부지 내 뿐만 아니라 그 주변에도 영향력을 미칠 것이다. 특히 비상사태 발생시에는 주변 지역에 대한 정보가 없다면 효과적인 대응 및 의사결정을 할 수 없을 것이다. 따라서 부지 외에 대한 자세한 정보(인구 밀도, 주변환경, 기상자료, 인구분포도 등)는 필수적으로 요구된다.

- 1) 인구정보자료 (인구밀도, 인구이동 분포도 등)
- 2) 주변환경자료 (건축물 분포도, 교통망 등)
- 3) 기상자료 (기온, 습도, 풍속, 풍향, 대기 안정도 등)
- 4) 피해효과자료 (방출열, 과압, 미사일 효과 등)
- 5) 비상대응자료(관계기관연락처 및 보유장비이력, 초기 비상 대응시나리오, 응급의료 기관 및 보유장비 이력 등)

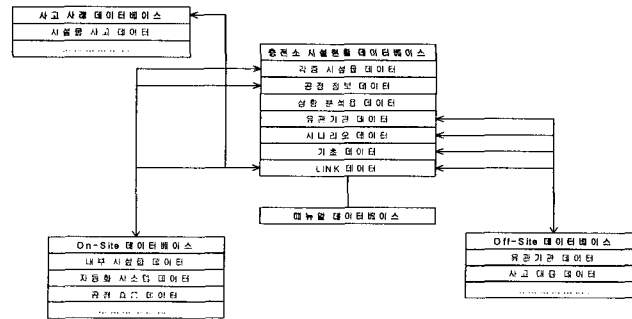


그림 2-2. RMIS DB 흐름도

3. GIS를 활용한 위험관리정보시스템 개발

위험관리정보시스템(Risk Management Information System)은 사용자가 위험시설물(LPG 자동차 충전소)에 대한 위험관리를 할 수 있도록 구축되어져 있으며, 특히 데이터베이스구축을 통한 속성정보와 GIS를 통한 공간정보를 3D로 연동 할 수 있는 사용자 환경을 개발함으로써 위험을 보다 효율적으로 관리하여 사고를 미연에 방지할 수 있으며, 사고 발생시에는 공간정보와 속성정보를 바탕으로 신속한 의사결정을 할 수 있다.6)

1) 파일메뉴

RMIS에 메인화면으로 시스템의 전반적인 모듈을 핸들링 해 주는 기능을 가지며, 그림 3-2의 사고사태 검색 모듈을 통하여 다양한 사고의 검색이 가능하며 사고사태를 database의 구축이 가능하다.

2) 강도메뉴

강도메인 메뉴화면으로 정량적 위험성 평가를 바탕으로 사고 발생 시 고려되는 3가지(과압, 방출열, 미사일효과) 피해효과에 대한 계산을 통하여 사고 발생 시 예상 피해범주를 미리 예측한다.

3) 빈도

신뢰도데이터를 바탕으로 FTA를 산정하여 베이직 이벤트를 바탕으로 사고를 제어할 수 있는 시나리오를 제공한다. 그림 3-5는 결합수분석법(FTA)에 의한 사고시나리오 모듈로 각 사고 시나리오별 사고 우선 순위를 결정하고 발생확률을 제공한다. On-site 설비운영모듈은

사용중인 설비에 대한 장치수명, 보수횟수, 운행일수 및 고장빈도 등을 데이터베이스화할 수 있으며, 이를 통하여 체계적이고 지속적인 설비 보수 및 관리를 수행할 수 있다.3)

4) 부지 내 모듈

그림 3-1은 on-site 공정안전 점검표 모듈로 대상 시설의 설비이력, 공정정보, 안전관리 조직 등의 DB구축을 통한 체계적인 관리를 할 수 있도록 한다.

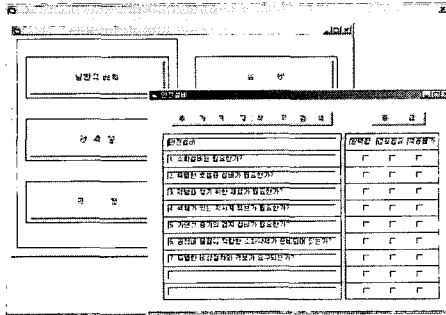


그림 3-1. on-site 공정안전 점검표 모듈

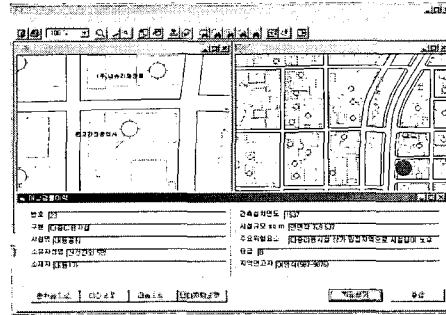


그림 3-2. Off-site 인접시설 검색 모듈

5) 부지 외 검색

그림 3-2는 부지 외 인접시설 검색모듈로 지도상의 공간 정보에 직접적인 검색을 통해서 대상시설물 주위의 위험시설이나 소방서, 파출소, 의료기관 등의 유관기관 등의 위치 및 속성을 파악 할 수 있도록 한다.

6) 비상대응검색

비상대응 모듈은 비상대응 절차, 응급복구 방법 등의 정보를 제공하여 위험에 효과적으로 대응 할 수 있도록 한다.

4. 공간 데이터와 속성 데이터 구축

부천 LPG 충전소 RMIS 구축을 위해 기본 지도는 1/5000 수치지도로부터 필요한 데이터를 추출4)하여 F-Map 엔진을 이용하여 커버리지를 형성하였으며 각 건물과 시설물에 대한 속성자료는 현장조사를 통하여 얻어진 자료와 위험성 평가 자료를 이용하여 Microsoft Access와 Excel를 사용하여 데이터베이스화하였다. 특히, 그림 4-1에 보듯이 공간정보에 있어서 시각적인 효과를 높이기 위하여 사고 대상지역을 3D로 구축함으로써 입체적인 공간 분석과 검색이 가능하도록 구축하였다. 3차원 지도상에서 건물이나 도로 등을 벡터로 구축하여 사용자가 원하는 정보를 지도를 선택하였을 때 그 지점에 대한 속성 정보가 검색되도록 공간정보와 속성정보를 연결하였다. 충전소의 전반적인 레이아웃 검색 후에는 P & ID를 이용한 각각의 설비들의 속성정보와 체크리스트를 이용한 설비들의 이력 관리를 통하여 위험요소를 미연에 방지하고 조치를 취할 수 있다. 그림 4-2은 저장탱크의 기기명, 토출압력 등의 세부 속성을 뿐만 아니라 충전소의 일일 물동량 등의 관리적인 항목도 검색이 가능하다.

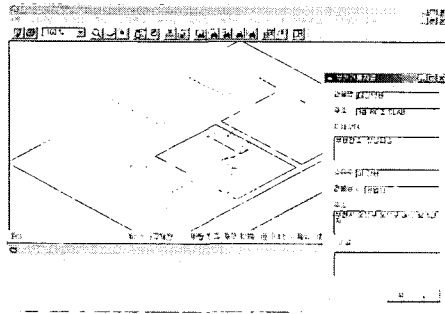


그림 4-1. 3D 인근 시설 검색

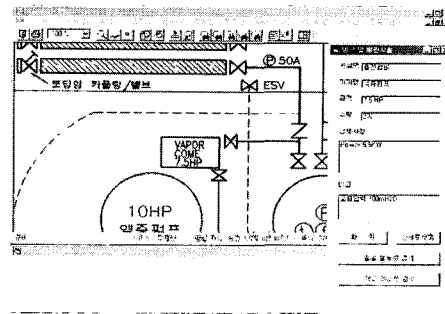


그림 4-2. P & ID 저장탱크 검색

ID	이름	상태
10HP	양주 탱크	정상
...

그림 4-3. 저장탱크 Chick list 검색

ID	이름	속성
10HP	양주 탱크	...
...

그림 4-4. 저장탱크 속성 데이터 검색

그림 4-3과 그림4-4는 저장탱크 상세도 검색을 통하여 체크리스트와 설비 이력을 속성에 나타내는 것으로 특히 체크리스트를 통하여 사고를 미연에 방지하기 위한 공유정보 구축이 가능하다.

그림 4-5은 증기운폭발(VCE)일 때에 사고 영향범위를 검색하는 모듈로서, 그림 4-6과 같이 피해범주에 따른 과압에 미치는 거리가 지도상에 표시되며, 그림 4-7과 같은 방출열에 의한 효과도 예측이 가능하다. 뿐만 아니라 미사일 효과에 의한 파편의 영향도 검색이 가능하다.

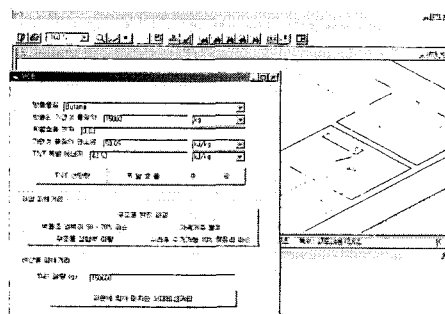


그림 4-5. RMIS를 이용한 과압 계산

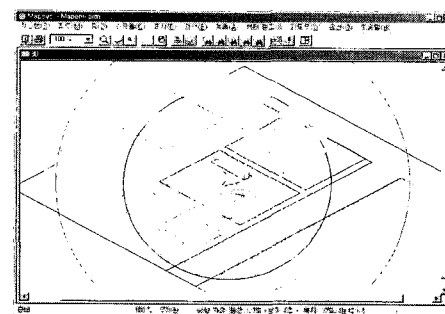


그림 4-6. 과압 영향 범주

사고 영향범위 검색을 통하여 주변 지역의 인구 분포, 위험물 취급소 등의 지리적인 정보를 종합적으로 검색함으로써 응급 및 소화 방법과 피난 장소 선택 및 2차, 3차 재해를 방지할 수 있는 적절한 대응이 가능해 진다.

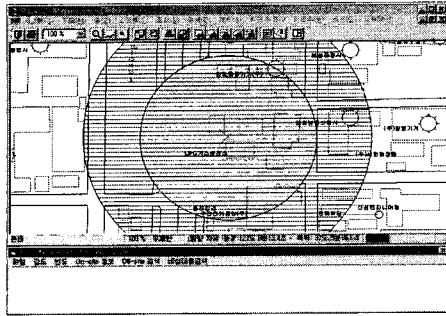


그림 4-7. 방출열 영향 범주

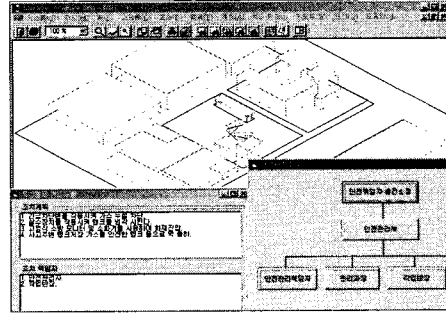


그림 4-8. 비상대응계획 모듈

그림 4-8은 비상대응계획 절차 중의 한 예로서 저장탱크 누출에 따른 인적 조직 및 조치 사항을 보여주고 있다.

본 연구는 다양한 축척의 지도 뿐 만 아니라, 3차원 구성도, P & ID사용 등 여러 형태의 공간적인 정보 구축을 통하여 공간에 대한 정확한 속성정보를 공유하고 검색함으로써 예기치 못한 상황이 발생하였을 때 신속하고 정확한 의사결정이 가능할 뿐 만 아니라, 또한 대상을 종합적이고 입체적으로 관리함으로써 잠재적인 사고를 미연에 방지하는 기반을 조성하였다.

5. 결론

본 연구는 도심지에 위치한 LPG 충전소를 연구범위로 하여 공간정보의 활용이 가장 많이 요구되는 안전관리 분야의 업무를 중심으로 공간정보를 효율적으로 구축·활용하기 위하여 데이터베이스를 중심으로 위험관리정보 시스템을 개발하였다. 이를 바탕으로 정량적 위험성 평가의 자동화를 통해 나타난 위험성을 실시간에 제어하기 위한 필요조건을 표준화하여 기초 정보자료로 구축, 이를 지리정보기능과 연동하여 LPG 충전소의 안전검사의 효율화, 사전 위험성 평가, 사고대응 판단의 효과적인 의사결정을 유도 할 수 있는 기반을 제공하였다. 첫째, 도심지에 위치한 LPG 충전소 위험성 평가를 통해 위험을 제어 할 수 있는 데이터베이스 변수를 산정 하였다. 둘째, 산정된 데이터베이스 변수를 이용하여 사용자가 효과적으로 위험을 제어하고 예방 할 수 있는 인터페이스를 구축하였다. 특히 기존의 시설 내부에 국한 되어오던 위험 관리를 부지 내(on-site)와 부지 외(off-site)로 나누어 관리함으로써 시설외 부에 미치는 영향을 모두 고려하여, 보다 체계적이고 종합적인 안전관리가 이루어 질 수 있는 기반을 조성하였다. 셋째, 위험관리 데이터를 이용하여 사용자와 검사자가 효과적으로 위험을 사전관리 할 수 있는 공유정보를 구축하였다. 넷째, 사용자 인터페이스를 바탕으로 속성 정보와 공간정보를 모두 구현 관리함으로써 비상사태 발생시에 신속하고 정확한 의사결정을 할 수 있는 기반을 조성하였다.

6. 참고문헌

1. 김윤화, 화학공장 데이터베이스를 기반으로 한 정량적위험성평가 시스템 개발, 1998.
2. 삼성화재위험관리연구소, 부천 LPG폭발 사고 조사결과 보고서, 1998.
3. 산업안전공단, 중대산업사고 조사 보고서, 1998.
4. 국토개발연구원, 공간정보 데이터베이스 기본구상, 1996.
5. 국토개발연구원, 공간정보 데이터베이스 설계 및 세부추진방안연구, 1996.
6. 국토개발연구원, 지리정보시스템 구축을 위한 데이터베이스 시스템 비교연구, 1996.