

21세기 소방과학의 연구과제

김 원 국

서울대학교 화재안전공학센터

Research Agenda for Fire Protection Engineering for 21 Century

Won K. Kim, PE

Fire Safety Engineering Center, Seoul National University

1. 서 론

21세기가 시작되기 전인 1999년 10월 21일과 22일 양일에 걸쳐 소방기술자협회 (Society of Fire Protection Engineer)가 21세기 소방과학의 연구 과제를 개발하기 위해 모임을 가졌다. 여기서 컨설팅, 보험, 교육, 연구, 제조, 소방공무원, 화재안전관리 분야의 각국의 대표가 모여서 이틀 동안 워크샵을 통하여 소방기술을 발전시키기 위한 소방과학의 연구 과제를 도출하였다. 실제로 소방과학의 발전은 화재의 재현을 가능하게 하였고, 컴퓨터 시뮬레이션의 발달은 화재를 공학적으로 분석하여 설계에 사용하는 성능위주의 소방 설계 (Performance Based Design)를 가능하게 하였다. 사실상 성능위주의 소방 설계를 법으로 보장하고 있는 소방선진국들의 경우 소방과학의 연구결과가 신속하게 기술로 이전되어 활용되고 있다. 실제로 이들 연구결과를 적용함으로써, 인명안전을 증진할 수 있으며, 건축비를 절감하고, 국제 경쟁력을 향상시키며, 관련 법규를 개선하며, 화재가 화재에 미치는 영향을 최소화할 수 있었다. 워크샵에서는 화재현상(Fire phenomena), 인간행동(Human behavior), 위험관리(Risk Management) 및 자료(Data) 의 4개 부문으로 연구개과제를 나누고 세부 과제를 도출하였다.

현재 우리나라는 소방방재청이 개청되어 여태껏 미뤘던 소방과학 및 기술에 관한 연구가 활성화될 전망이다. 소방방재청은 지속적인 연구기반을 조성하는 한편 각계각층의 의견을 폭넓게 수렴하여 분석하고, 선진국의 소방과학 및 기술 동향을 파악하여 연구 과제를 선정하고 이를 추진하여야 할 것이다.

2. 연구과제

1. 위험관리(Risk Management)

이전에는 소방기술분야에서 사고발생확률을 포함하는 위험(Risk)을 고려하지 않았다. 단지 사고의 크기만을 고려하여 설계 및 안전관리에 사용하였을 뿐이었다. 그러나 오늘날에는 새로운 유형의 잠재사고를 예측하고, 비용편익분석을 통한 합리적인 위험관리를 수행하기 위하여 정량위험성평가(Quantitative Risk Assessment)가 이루어지고 있다. 또한 국가나 지방정부에서는 허용 가능한 위험의 범위를 설정하고 있는데, 개인적 위험의 경우 비교적 객관성을 유지하고 있으나, 사회적 위험의 경우는 지역이나 시대마다 위험에 대한 사회의 인식이 달라질 수 있으므로 절대적인 값을 선정하기에 어려움이 있다. 그러나 사회적 위험도 무시할 수 없는 요소이므로 정책을 결정하는데 있어서 중요한 요소가 된다.

따라서 위험관리분야에서의 주요 연구과제는 허용 가능한 사회적 위험의 범위에 대한 연구와 정량위험성평가의 수행에 필요한 평가방법 및 시뮬레이션 툴, 그리고 평가에 필요한 자료의 분석 및 구축이 될 수 있다. 다음은 위험관리 분야의 연구필요성을 분석한 것이다.

연구필요성	장점	필요성 (1=영향 없음 5=영향 큼)	비용성 (1=높은 비용 5=낮은비용)	실행성 (1=어려움 5=간단함)	시간성 (1=5년 이상 2=1년 이내)
수용위험한계결정	<ul style="list-style-type: none"> • 사회가 요구하는 안전의 정도 파악 및 이를 확보하기 위한 비용 • 각각 다른 사회의 허용위험범위의 비교 	4	2	3	2
위험관리의 기본 요소 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 가장 합리적인 비용으로 사회가 요구하는 안전을 제공할 수 있는 능력 • 방재요소의 각각의 장점 및 단점을 균형있게 보완하는 능력 	4	3	3	2

2. 화재현상(Fire Phenomena)

화재역학(Fire Dynamics)라고도 불리는 화재현상은 아마도 성능위주의 소방 설계에서 가장 기본이 되는 분야일 것이며, 방재시스템의 설계에 가장 많은 영향을 줄 수 있는 요인이 될 것으로 본다. 화재 현상에는 점화, 화재성장, 연소속도, 연소열량, 연기 발생량, 열에너지 이동현상 및 화재로 인한 열기류 해석 등, 다양한 분야가 있다. 특히 화재 시 연소 속도 및 발생하는 연소열량은 같은 물질이라 할 지라도, 배치된 위치 및 형태 등에 따라서 틀려지기도 하고, 연소물질이 놓여있는 실의 구조 및 건축자재의 종류에 따라 달라진다. 따라서 화재 현상을 정확하게 예측하기 위해서는 실물시험이 필수적이다. Bench

Scale 테스트 결과와 실물 시험 결과는 일치하기가 어렵기 때문이다. 다음은 화재현상분야의 연구필요성을 분석한 것이다.

연구필요성	장점	필요성 (1=영향 없음 5=영향 큼)	비용성 (1=높은 비용 5=낮은비용)	실행성 (1=어려움 5=간단함)	시간성 (1=5년 이상 2=1년 이내)
연소열방출량	<ul style="list-style-type: none"> 방재시설의 작동 예측 방재설계의 토대 화재영향의 정확한 예측 인명과 재산 보호의 개선 	4	1	2	2
소화시스템의 효율	<ul style="list-style-type: none"> 소화설비의 성능 예측 화재특성에 맞는 소화설비 설계의 최적화 인명과 재산 보호의 개선 	4	2-3	2	2
화재탐지기의 응답성	<ul style="list-style-type: none"> 화재탐지기 응답예측의 개선 화재특성에 맞는 화재탐지시스템 설계의 최적화 인명과 재산 보호의 개선 	2	3	3	3
낮은 에너지로부터 발생하는 연기이동현상	<ul style="list-style-type: none"> 방호하기 어려운 화재에 대한 이해 증진 	2	3	3	3
화재 및 방재 시설이 환경에 미치는 영향	<ul style="list-style-type: none"> 화재 및 방재시설이 환경에 미치는 영향을 줄인다 	2	3	3	3

3. 인간의 행동

화재가 발생하면 거주 인원이 즉시 대피할 것으로 생각하고 있으나 실제로는 그렇지 아니다. 따라서 화재영향평가를 수행할 적에 이를 고려하여야 한다. 따라서 성능위주의 설계 시 인간의 행동을 고려하여야 하는 것이다. 결과적으로 화재 시 인간의 행동에 관한 연구는 화재특성, 화재탐지기 대응 시간 예측, 피난 시간 계산등과 동등한 중요성을 갖게 된다. 인간 행동분야의 연구필요성을 분석하면 다음과 같다.

연구필요성	장점	필요성 (1=영향 없음 5=영향 큼)	비용성 (1=높은 비용 5=낮은비용)	실행성 (1=어려움 5=간단함)	시간성 (1=5년 이상 2=1년 이내)
화재발생 시 인간의 행동; <ul style="list-style-type: none"> 대피신호에 대한 반응 이동 전 결정 화재환경이 인간 행동에 미치는 영향 	<ul style="list-style-type: none"> 인간이 화재에 어떻게 대응할 것인지와 그들이 택할 행동에 대해서 이해할 수 있게 하여 준다 인간이 화재와 화재 효과에 노출되었을 경우 입는 영향에 대해서 이해할 수 있게 된다 	5	3	3	2
화재시인간행동의 연구결과를 설계에 적용하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> 화재시인간행동연구 결과를 토대로 대피시스템 설계를 한다 인명안전도를 높일 수 있다 	5	3	3	2

4. 자료

앞에서 언급한 21세기 연구과제 도출작업을 한 모든 참가자들이 공통적으로 공감한 점은 방화공학 (Fire Protection Engineering) 분야에서 가장 부족한 것이 관련 자료의 미비였다. 수많은 화재 시험이 지속되고 있는데 반하여 시험결과는 쉽게 접할 수 없는 실정이며, 실제화재에 대한 조사 및 조사 결과도 자료화 되어야 한다. 이러한 자료들은 성능위주의 소방 설계의 핵심 요소인 화재시뮬레이션 프로그램의 중요한 입력 자료로 사용된다. 아무리 정교하게 작성된 시뮬레이션 프로그램 일지라도 입력 자료의 정확도가 떨어지면, 그 결과의 정확도도 떨어질 것은 자명한 이치다. 다음은 자료 분야의 연구필요성에 대한 분석이다.

연구필요성	장점	필요성 (1=영향 없음 5=영향 큼)	비용성 (1=높은 비용 5=낮은비용)	실행성 (1=어려움 5=간단함)	시간성 (1=5년 이상 2=1년 이내)
자료보고 및 수집 시스템 개발; • 신뢰도 • Near Miss 사고 • 제품 • 거주자	• 기술자들로 하여금 자료를 용이하게 한다 • 소방시스템의 성능예측이 쉬워진다 • 인명과 재산의 보호를 개선할 수 있다	4	2	3	2
시공의 정확도 조사	• 기존 건물의 성능예측의 정확도를 높인다 • 인명과 재산의 보호를 개선할 수 있다	3	2-3	2	2
과거화재사고 자료 분석	• 사고로부터 배울 수 있다 • 주 사고 자료로부터 가공된 자료를 구할 수 있게 도와준다	4	4	4	4
보수 및 검사로부터 방재시스템의 신뢰도 자료 수집	• 방재시스템 고장률에 대한 예측을 정확하게 해 준다 • 인명과 재산의 보호를 개선할 수 있다	5	3	4	3
장비의 노후로 인한 결과를 조사한다	• 시간이 지남에 따른 방재기능의 저하를 예측한다 • 인명과 재산의 보호를 개선할 수 있다	5	2	1	1
방재시스템의 감시 및 관리	• 변화로 인하여 야기되는 문제점에 대응할 수 있다 (거주형태의 변화, 방재 설비의 변화 등) • 인명과 재산의 보호를 개선할 수 있다	4-5	2-3	3-4	2

3. 화재위험관리의 새로운 방향 및 우리의 실정

화재위험을 관리하는데 있어서 새로운 방향을 한 가지만 이야기 하려면, 그것은 단연 '성능위주의 설계 (PBD / Performance Based Design)' 가 될 것이다. 본 고에서 소개된 21

세기 주요 소방연구과제 역시 PBD를 수행하기 위한 연구과제인 것이다. 필자는 사전에 충분한 시간을 갖고 PBD의 국내도입을 준비하기 위하여 동분서주하였으나, 아직까지도 이렇다할 호응을 얻어내지 못했었다. 그러나 소방방재청 재난관리 추진과제중 행자부 46개 사업 안에 'PBD 도입의 필요성 및 제도화 추진' 과제가 포함되어, 늦은 감은 있으나, 우리도 PBD 도입을 위하여 준비를 시작한 것이다. 사실상 과거 일부 인사는 우리나라의 연구기반의 빈약성을 들어 PBD도입을 반대했었다. 그것은 사실이고, 또 빈약한 기술기반 위에서 성급히 PBD를 도입해서도 안 될 일이다. 그러나 필자가 서둘렀었던 것은 PBD의 조급한 법제도화가 아니라, PBD도입을 위한 준비였다. 현재는 아마도 PBD 도입을 반대하는 사람은 거의 없는 것으로 알고 있다. 실제로 PBD 도입을 반대했던 사람들도 PBD 기법을 이용하여 건물의 화재영향평가를 수행해 왔다. 이제 OECD 국가 중 가장 늦었지만 소방관계 인사 모두가 합심하여 PBD도입을 위한 준비에 전념해야 할 때이다.

PBD 다음으로 중요하게 대두되는 분야는 정량위험성평가에 의한 위험관리이다. 정량위험성평가는 원자력발전 분야에서 사용되어 온 위험관리 기법중의 하나인데, 이제 그 영역을 다른 산업으로 확장시키고 있는 추세이다. 실질적으로 PBD를 평가하는 방법이 두 가지가 있는데 그것은 Deterministic Method 와 Risk Based Method 이다. 따라서 PBD를 수행함에 있어서도 정량위험성평가가 필요한 것이다.

4. 결 론

정량위험성평가(QRA ; Quantitative Risk Analysis) 에 의한 위험관리는 PBD와 함께 앞으로 소방과학 기술을 선도해 나갈 것으로 확신되며, 이러한 추세는 우리나라의 동 분야에 대한 연구방향 설정에 참고가 되어야 할 것 같다. 소방방재청은 소방분야의 연구기반을 조성하고 연구 인력을 개발하는데 총력을 기울임과 동시에 정책 수립 및 연구과제 선정에 있어서도, 선진국의 벤치마킹은 물론 관련 전문 인력의 의견을 폭넓게 수용하여야 할 것이다.