

## 성능위주설계 시행의 개선방안 A Study on Performance-Based Design Enforcement

이양주 · 고경찬\* · 박외철\*†

Yang-Ju Lee · Kyoung-Chan Ko\* · Woe-Chul Park\*†

한방유비스(주), \*부경대학교 소방공학과  
(2011. 11. 16. 접수/2012. 1. 4. 수정/2012. 2. 10. 채택)

### 요 약

대규모 고층건축물에 대한 화재 및 피난 안전성을 강화하기 위해 2011년 7월 1일부터 성능위주설계가 시행되고 있다. 시행초기에 여러 가지 시행착오가 발생할 것으로 예상됨에 따라 본 연구에서는 성능위주설계의 시행에 따른 문제점을 조사하고 개선방안을 제시하기 위해 관련 규정을 검토하고 소방전문가를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 성능위주설계 대상에 일정규모 이상의 아파트와 주상복합건축물이 포함되어야 하며, 성능위주설계의 방법과 평가에 대한 명확한 기준 설정, 설계자 및 평가자에 대한 성능위주설계 관련 교육이 필요함을 확인하였다.

### ABSTRACT

Performance-based design (PBD) for large scale high rise buildings has been enforced to secure fire and evacuation safety since July 1, 2011. As various types of trial and error were expected in the early stage, to suggest solutions to the problems that might be followed by the enforcement, the regulations on PBD were reviewed and a questionnaire survey to fire protection specialists was carried out. It was confirmed that PBD is required for large scale apartment buildings, and specific and detail criteria for PBD methodology and evaluations, education for PBD to personnel who design and evaluate are also in need.

**Key words :** Performance-based design (PBD), Fire simulation, Evacuation simulation, Questionnaire survey

### 1. 서 론

건축기술의 발달에 따라 초고층 대형 건축물과 지하심층 건축물의 수가 증가하고 있다. 대규모 건축물은 화재 시 피난안전성의 확보가 어려워 종래의 화재안전 규정으로는 피난 안전을 만족시키지 못하고 있는 실정이다.<sup>1)</sup> 2005년 8월 소방시설공사법<sup>2)</sup>이 개정되면서 성능위주설계 대상물의 범위와 성능위주설계 시행업체의 자격에 대한 규정이 포함되었다. 이어 2007년 1월 소방시설공사법 시행령<sup>3)</sup>에 성능위주설계 대상을 규정하고 2009년 1월 1일 이후 건축허가 신청 건부터 적용하도록 하였다. 이에 따라 소방방재청 성능위주설계 시행지침<sup>4)</sup>에 화재안전기준을 적용하기에 부적합한 부

분에 한정하여 성능위주설계를 적용하도록 하였다. 2011년 5월 3일 성능위주설계 방법 및 기준에 대한 고시<sup>5)</sup>가 공포되어 2011년 7월 1일 이후 대상건축물은 반드시 성능위주설계를 실시하도록 함에 따라 본격적인 성능위주설계가 시행되게 되었다.

성능위주설계는 해당 소방대상물의 특성에 적합하게 소방안전을 실현하면서 불필요한 소방 설비를 배제하고 새로운 소방기술의 적용을 통하여 효율적인 소방시설을 설치할 수 있도록 하는 데 기여하는 설계라고 할 수 있다.<sup>6)</sup> 그러나 성능위주설계가 본격적으로 시행되기까지 많은 시행착오가 예상된다.

본 연구의 목적은 성능위주설계의 시행에 따른 문제점을 파악하여 그 개선방안을 제시하는 것이다. 이를 위해 성능위주설계의 시행절차와 평가에 대한 문제점을 조사하고 소방전문가에 대한 설문조사를 통해 개선

† E-mail: wcpark@pknu.ac.kr

방법을 확인하였다.

## 2. 연구방법

성능위주설계가 2011년 7월 1일부터 시행됨에 따라 시행초기에 여러 가지 시행착오가 예상된다. 본 연구에서는 시행착오를 줄여 성능위주설계가 조기에 정착하기 위해 먼저 관련 규정을 검토하여 예상되는 문제점을 조사하였다. 이를 위해 성능위주설계 방법 및 기준에 대한 고시<sup>5)</sup>를 검토하였다.

파악된 성능위주설계 시행 문제점과 개선방안에 대한 의견을 확인하기 위해 소방전문가들을 대상으로 설문조사를 수행하였다. 설문조사 시기는 2011년 9월 1일~9월 30일이며, 조사대상은 부산, 대구 등 영남권 소방공무원, 부산과 서울, 대구의 소방엔지니어, 부산지역 소방관련업체 대표, 교수 등이다. 소방공무원과 소방엔지니어를 주요 설문대상으로 무작위로 선정하였고, 총 설문대상자 400명 중 365명이 응답하였다. 응답자는 Table 1과 같이 소방공무원 160명, 소방엔지니어 114명 등이며, 조사방법은 설문내용을 설명한 후 설문지를 나누어 주거나 이메일을 이용하였다.

설문대상자의 전공은 Figure 1과 같이 소방이 전체 365명 중 191명으로 가장 많았고, 기계공학, 전기공학,

Table 1. Distribution of the Respondents

설문 대상자	인원수(명)
소방공무원	160
소방엔지니어(기술사, 기사)	114
소방관련업체	44
소방학과 교수	14
소방학과 학생	33
계	365

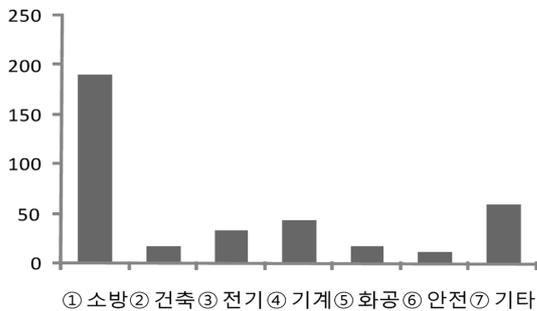


Figure 1. Classification of disciplines of the respondents.

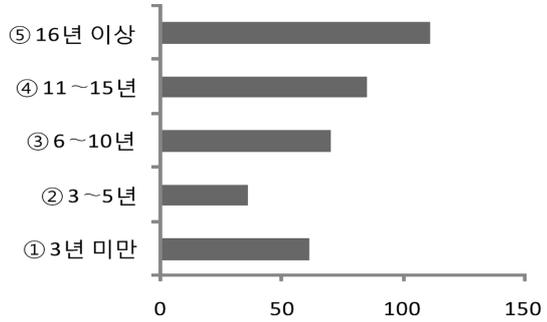


Figure 2. Length of job experience of the respondents.

Table 2. Contents of the Questionnaires

분류	세부 내용	문항수
성능위주설계 인지도 관련	정의, 시행시기, 시행의 적합여부	4
대상자의 특성관련	종사분야, 전공, 종사기간	3
설계대상 관련	대상의 인지, 적절성 여부, 아파트 포함 여부 등	6
설계자 자격 및 평가단 관련	설계자 및 평가단 자격의 적합성, 평가절차 등	11
교육 관련	교육이수유무, 교육기간, 교육효과 등	7
설계 프로그램 및 해석방법	프로그램 종류, 숙련도, 해석방법 등	9
기타	실시효과, 학습정도 관련과목 개설 등	15

건축공학, 화학공학, 안전공학의 순이었다.

설문대상자의 업무분야 종사기간은 Figure 2와 같이 16년 이상이 가장 많고 그 다음이 11~15년이고 3~5년이 가장 적었다.

Table 2는 설문문항의 내용별 문항수를 나타낸 것이다. 성능위주설계에 대한 인지도, 성능위주설계 대상, 성능위주설계자 자격 및 평가단, 교육, 성능위주설계 프로그램 및 해석방법 등에 대한 총 55개 문항으로 구성하였다.

## 3. 문제점과 개선방안

### 3.1 성능위주설계의 대상

성능위주설계 대상에 대해서는 소방시설공사업법 시행령<sup>3)</sup> 제2조의 2에 연면적 200,000 m<sup>2</sup> 이상인 특정소방대상물, 또는 건축물의 높이가 100 m 이상인 특정소

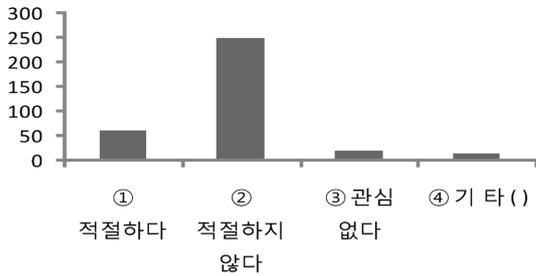


Figure 3. Responses on exclusion of apartment buildings from PBD.

방대물(지하층을 포함한 층수가 30층 이상인 특정소방대상물 포함), 또는 연면적 30,000 m<sup>2</sup> 이상인 철도역사나 공항시설, 또는 하나의 건축물에 영화상영관이 10개이상인 특정 소방대상물로 규정하고 있다. 그러나 아파트는 규모와 높이에 관계없이 성능위주설계 대상에서 제외되어 있다.

2011년 상반기 소방방재청 화재발생 현황분석 통계<sup>7)</sup>에 의하면 주거시설의 사망자 수는 105명, 부상자수는 375명이며, 비주거시설의 경우에는 사망자 수가 21명, 부상자 수가 292명으로, 주거시설이 비 주거시설에 비해 인명피해가 훨씬 더 크다. 더구나 초고층 아파트의 건설이 증가하고 있어 화재 발생 시 많은 인명피해가 우려되고 있으나 성능위주설계 대상에서 제외되었다. 주상복합아파트도 아파트와 상가가 소방시설이 별도로 설치된 경우에는 성능위주설계 대상에서 제외하고 있다.

설문조사에서 아파트가 성능위주 설계의 대상에서 제외된 것이 적절한가에 대한 물음에 Figure 3과 같이 전체 응답자의 68%인 250명이 적절하지 않다고 응답했다. 성능위주설계 대상에 아파트가 포함되어야 하는 이유에 대해서는 전체 응답자의 61%가 아파트는 사람이 거주하는 시설이므로 화재발생시 대형 인명피해가 발생할 수 있기 때문이라고 응답했다. 나머지 응답자들도 고층 아파트가 많이 건설되고 있으므로 포함되어야 한다고 응답했다.

따라서 일정규모 이상의 아파트 및 주상복합아파트는 성능위주설계 대상에 포함 되도록 관련 규정의 개정이 필요하다.

3.2 성능위주설계의 시행절차

성능위주설계의 방법 및 기준에 관한 고시<sup>5)</sup>에 규정된 성능위주설계의 절차는 Figure 4와 같다. 건축심의 시 성능위주설계 평가를 거친 다음 건축허가 시에 다시 성능위주설계 평가를 받도록 되어있다. 동일한 건

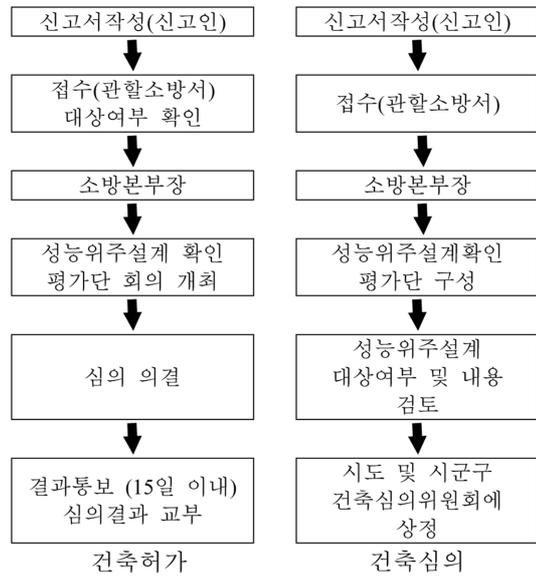


Figure 4. Procedure of PBD enforcement.

축물에 대하여 성능위주설계의 평가를 두 번 시행하도록 하는 규정을 개선하여 시간과 비용을 줄이도록 해야 한다.

한편, 건축허가 시에 성능위주설계 신고서를 접수하면 15일 이내에 평가가 완료되어야 하므로, 평가단이 사전 의견을 소방본부에 제출하는 데 시간이 매우 촉박하다. 성능위주설계 신고서를 접수하면 평가단 구성에 시간이 소요되고, 평가단이 구성되면 각 평가 단원에게 성능위주설계 보고서 및 설계 도서를 배포하고 설명한다. 평가단원들은 이를 검토하여 평가단 회의가 구성되기 전에 소방본부에 각 평가단 개별 검토 의견을 제출해야 된다. 따라서 성능위주설계의 평가가 제대로 이루어지기 위해서는 더 많은 시간이 주어지도록

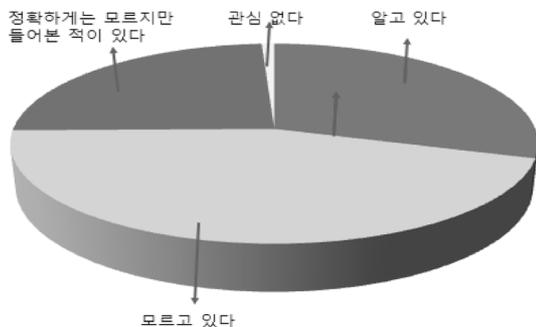


Figure 5. Recognition of procedure of PBD enforcement.

개선되어야 한다.

Figure 5와 같이 설문대상자의 70%가 성능위주설계 절차에 대해 모른다고 응답했다. 이것은 성능위주설계가 도입된 지 오래되지 않아 성능위주설계자와 평가단 이외의 사람들에게는 잘 알려지지 않았기 때문으로 보인다.

### 3.3 성능위주설계 방법

성능위주설계의 기대효과로 Figure 6과 같이 설문조사 응답자의 47%가 건축물의 화재 및 피난 안전성 향상이라고 응답하였고, 소방시설에 대한 인지도 향상 및 기술력 발전, 소방시설에 대한 다양한 접근 가능성, 소방시설의 성능향상 순으로 꼽았다. 성능위주설계의 핵심은 전산유체역학 등을 사용하여 설계단계에서부터 건축물의 화재 및 피난 안전성을 확보하는 것이다. 그러므로 화재시뮬레이션용 전산유체역학 모델과 피난 시뮬레이션용 소프트웨어가 필요하고, 화재 시나리오에 따라 정확한 입력 자료를 사용해야 타당한 결과를 얻을 수 있다. 주요 입력 자료인 화재규모와 화원의 크기, 가연성물질의 양과 종류 및 분포, 격자크기에 따라 결과가 크게 달라질 수 있다. 그러므로 성능위주설계 평가자는 사용한 소프트웨어에 상당한 지식을 갖추고 있어야 하고, 성능위주설계의 주요 입력 자료를 평가단에 제시해야 한다.

화재 및 피난 시뮬레이션의 시나리오는 성능위주설계 방법 및 기준에 관한 고시<sup>5)</sup>에 규정되어 있다. 화재 시뮬레이션 시나리오는 7가지 유형 중 가장 피해를 클 것으로 예상되는 최소 3개 이상의 시나리오를 선정, 화재시뮬레이션을 실행하도록 하였다. 이 시나리오에 따라 화재 시뮬레이션을 수행하여 유효피난시간(available safe egress time, ASET)을 계산하고, 피난 시뮬레이션으로 필요피난시간(required safe egress time, RSET)이 유효피난시간보다 짧아 안전하게 피난할 수 있음을 보

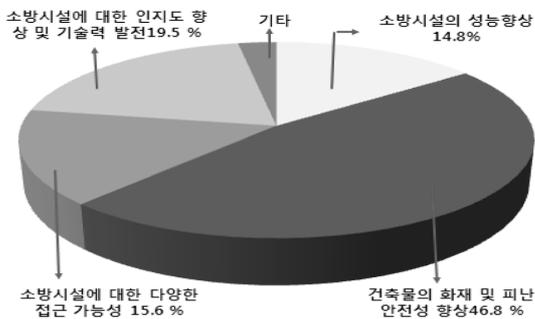


Figure 6. Expectations from enforcement of PBD.

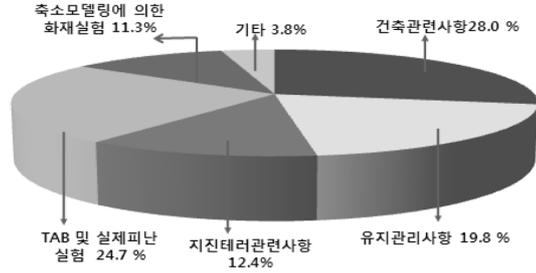


Figure 7. Recommended subjects in addition to fire and evacuation simulation in PBD.

여줘야 한다. 그러나 성능위주설계자에 따라 시나리오가 다르면 설계결과가 다르게 나오고 이를 평가하는데 문제가 초래될 수 있다.

설문조사에서 성능위주설계의 평가에 대해 알고 있는가에 대한 질문에 31명이 알고 있다고 응답했다. 화재 및 피난 시뮬레이션 프로그램의 종류에 대해서는 응답자의 31%인 104명만이 알고 있는 것으로 나타났다. 또, 사용해 본 경험이 있는 프로그램은 FDS,<sup>8)</sup> Simulex,<sup>9)</sup> EXODUS<sup>10)</sup>이며, 이 가운데 하나 이상을 능숙하게 사용할 수 있는 사람은 14명에 불과했다. 성능위주설계자뿐만 아니라 평가자도 이러한 프로그램을 사용하여 얻은 결과를 평가하기 위해서는 그 프로그램에 대한 지식을 갖추어야 한다.

성능위주설계는 건축설계와도 밀접하게 관련되어 있으므로 소방설계와 건축설계의 상충가능성도 고려해야 한다. 설문 응답자들은 성능위주설계에서 화재 및 피난 시뮬레이션 외에 추가로 다루어져야 할 사항으로 Figure 7과 같이 건축 관련 사항, 유지관리사항, 지진테러 관련사항, 시험측정조정(testing adjusting and balancing, TAB) 및 실제 피난실험, 축소 모델링에 의한 화재실험을 들었다.

### 3.4 성능위주설계 결과 평가

성능위주설계의 고시에 규정된 화재 시나리오는 7가지 중 최악의 3가지를 선택하도록 되어 있다. 또 성능위주설계의 주요 평가기준인 인명안전기준은 호흡기계선(바닥으로부터 높이 1.8 m)에서의 온도 60℃ 이하, 가시거리 5 m(판매시설 10 m) 이상, 최대 독성 농도로 CO 1400 ppm, HCN 80 ppm, CO<sub>2</sub> 5%, 그리고 O<sub>2</sub> 15% 이상으로 규정되어 있다. 이와 같은 시나리오나 인명안전기준에 대해 Figure 8에 나타난 바와 같이 설문조사에서는 77%인 262명이 모르고 있다고 응답했다. 이는 성능위주설계의 시행초기임을 감안하더라도

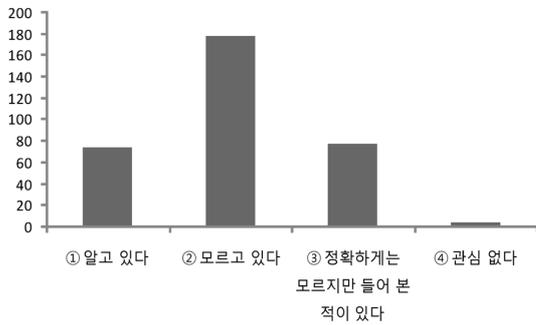


Figure 8. Recognition of the fire scenarios and life safety criteria.

안내가 필요함을 나타내고 있다.

화재 시나리오는 설계자에 따라 선택한 시나리오가 달라 설계자의 관점에서 잘못 해석될 우려가 있으므로, 설계 시나리오 중 최악의 3가지 기준을 어떻게 선정할 것인지 등에 대한 명확한 판단기준이 필요하다. 인명 안전 기준에서도 호흡기계선, 열, 가시거리, 독성 기준 중에서 몇 가지를 만족해야 하는가도 규정되지 않았다. 온도와 가스농도가 호흡선 높이의 공간 내 전체 면적에 적용되는지 특정 지점에 한정되는지 알 수 없고, 또 화재성장의 최성기에서의 순시값인지 또는 화재성장 전 과정에 있어서의 시간평균치인지도 분명하지 않다. 또 전산유체역학모델이 HCN 농도를 예측할 수 없는 경우에는 HCN 농도기준을 적용할 수 없다.

이상과 같이 구체적인 시나리오와 평가기준이 제시되지 않으면 평가자의 주관적인 판단이 작용할 수 있으므로, 구체적이고 명확한 시나리오 및 평가기준의 확립이 요구된다.

3.5 성능위주설계 교육

성능위주설계자의 자격은 소방시설공사업법 시행령<sup>3)</sup>

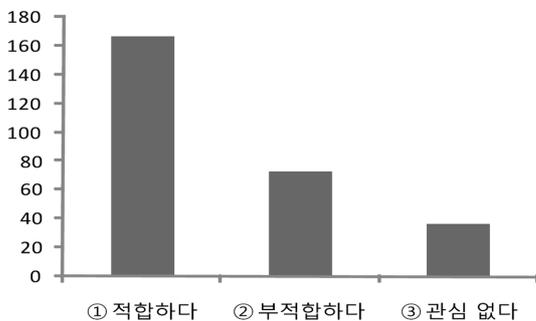


Figure 9. Qualification for PBD designers.

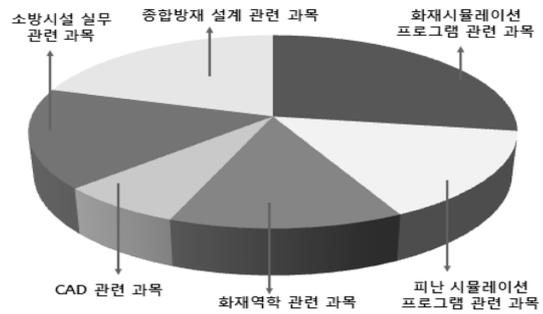


Figure 10. Recommended curriculum for PBD.

별표1의 2에 규정되어 있다. 즉, 전문소방시설설계업을 등록한 자 또는 전문소방시설설계업 등록기준에 따른 기술 인력을 갖춘 자로서 소방방재청장이 고시하는 연구기관 또는 단체이며, 기술 인력은 소방기술사 2인이 상으로 규정하고 있다. 이와 같은 성능위주설계자의 자격기준에 관해서는 Figure 9와 같이 전체 응답자의 46.8%인 167명이 적합하다고 응답했다. 성능위주설계자의 자격은 성능위주설계의 질과 밀접하게 관련되어 있지만, 화재 및 피난 시뮬레이션 프로그램을 능숙하게 사용할 수 있는 사람은 극히 적은 것으로 나타났다. 화재 및 피난 시뮬레이션 프로그램 사용자의 기술력에 따라 설계결과에 큰 차이가 나게 되므로, 단순히 소방기술사가 아니라 성능위주설계의 전문성을 갖춘 인력이 설계자가 되어야 한다. 성능위주설계 결과를 공정하고 정확하게 평가하기 위해서는 성능위주설계 평가자에게도 전산유체역학과 화재 및 피난 시뮬레이션 프로그램에 대한 교육이 필요하다.

성능위주설계 관련 교육에 대하여 전체 응답자의 82%가 교육을 받은 적이 없다고 응답했다. 교육을 받은 사람도 대부분 1~2주일의 단기교육이었고, 따라서 교육기간이 너무 짧아 성능위주설계에 대한 더 많은 교육이 필요하다고 응답하였다.

성능위주설계와 관련하여 전체 응답자의 90%가 성능위주설계 관련 강의가 대학에 개설되어야 한다고 응답했다. 개설과목으로는 Figure 10과 같이 화재 시뮬레이션 관련과목이 가장 많았으며, 종합방재설계, 피난 시뮬레이션, 화재역학, 소방시설실무, CAD 관련과목이라고 응답했다. 이러한 과목을 이수한 소방공학도들이 장래의 성능위주설계의 질적 향상에 기여할 수 있을 것이다.

4. 결 론

대규모 고층 건축물의 화재 및 피난 안전성을 강화

하기 위하여 성능위주설계가 시행되고 있으나, 시행초기에 시행착오를 최소화하기 위한 문제점을 파악하고 개선방안을 제시하기 위해 관련 기준의 검토와 소방전문가에 대한 설문조사를 시행한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 초고층 주거용 건축물이 증가함에 따라 성능위주설계 대상에 일정규모 이상의 아파트와 수상복합 건축물이 포함되도록 관련 규정의 개정이 필요하다.
- 2) 건축심의와 허가 단계에서 성능위주설계를 이종으로 평가하도록 되어있고, 건축허가의 경우에 신청일로부터 15일 이내에 결과를 통보하도록 하는 절차를 개선할 필요가 있다.
- 3) 화재 시나리오에 대한 명확한 규정이 필요하며, 정확한 평가가 이루어질 수 있도록 주요 입력 자료를 평가단에 제시하도록 해야 한다.
- 4) 성능위주설계의 평가기준으로 사용되는 온도, 농도, 가시거리 등의 인명안전기준이 구체적이고 명확하게 규정되어야 한다.
- 5) 성능위주설계의 질적 향상을 위해 성능위주설계자 및 평가자에 대한 교육이 필요하며, 장기적으로는 대학에서 화재 및 피난 시뮬레이션, 화재역학 등을 이수해 전문성을 갖춘 인력이 담당하도록 유도할 필요가 있다.

### 참고문헌

1. 서동구, 황은경, 황금숙, 권영진, “국내 PBD기반 피난안전설계를 위한 피난용량 산정에 관한 연구(III)”, 한국화재소방학회 추계학술논문발표회 논문집, pp.334-339(2008).
2. 소방시설공사업법(2005).
3. 소방시설공사업법 시행령(2007).
4. 소방방재청 성능위주설계 시행지침(2008).
5. 성능위주설계 방법 및 기준에 대한 고시, 소방방재청 2011-68호(2009).
6. 이종영, 백옥선, “성능위주소방설계의 법적문제 및 개선방안”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.24, No.1, pp.54-63(2010).
7. 소방방재청 2011년 상반기 화재 현황 통계 분석(2011).
8. K.B. McGrattan, R. McDermott, S. Hostikka, and J. Floyd, Fire Dynamics Simulator (Version 5) User’s Guide, NIST, USA(2008).
9. Simulex User Guide, Virtual Environment 5.4, IES (2003).
10. EXODUS version 3.01, User’s Guide and Technical Manual, Greenwich Univ., UK(2008).