



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學博士學位論文

성능위주설계 수행실태 조사와 전문가 설문을
통한 제도 개선 가이드라인 연구



2018年 2月

釜慶大學校大學院

消防工學科

李良珠

工學博士學位論文

성능위주설계 수행실태 조사와 전문가 설문을
통한 제도 개선 가이드라인 연구

指導教授 崔 俊 鎬

이 論文을 工學博士學位論文으로 提出함.

2018年 2月

釜慶大學校大學院

消防工學科

李 良 珠

李良珠의 工學博士 學位論文을 認准함.

2018年 2月

委員長 工學博士 崔載旭



委員 工學博士 李致榮



委員 工學博士 李承哲



委員 工學博士 黃喆洪



委員 工學博士 崔俊鎬



목 차

I. 서 론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 범위 및 방법	4
1.3 용어의 정의	6
II. 성능위주설계의 개요와 화재·피난시물레이션	9
2.1 성능위주설계의 정의 및 국내외 법규·수행기준	9
2.1.1. 성능위주설계의 정의	9
2.1.2. 국내외 관련 법규 및 수행기준	11
2.2 국내 성능위주설계 대상 특정소방대상물	21
2.3 성능위주설계를 위한 화재·피난시물레이션	25
2.3.1. 화재시물레이션 모델과 입력요소	25
2.3.2. 피난시물레이션 모델과 입력요소	28
III. 현행 성능위주설계 문제점 도출: 선행연구 검토, 전문가 설문, 설계 도서 분석, 화재·피난시물레이션을 통하여	34
3.1 선행연구 검토를 통한 성능위주설계 문제점 도출	34
3.2 전문가 설문을 통한 성능위주설계 문제점 도출	45
3.2.1. 설문조사 방법과 절차	45
3.2.2. 전문가 설문을 통한 문제점 도출	49
3.3 설계도서 분석을 통한 성능위주설계 문제점 도출	76
3.3.1. 설계도서 분석 방법과 절차	76
3.3.2. 설계도서 분석을 통한 문제점 도출	79

3.4 화재·피난시물레이션을 통한 성능위주설계 문제점 도출	87
3.4.1. 화재·피난시물레이션을 위한 제원	87
3.4.2. 화재시물레이션 수행 결과	98
3.4.3. 피난시물레이션 수행 결과	106
3.4.4. 화재 및 피난시물레이션 수행을 통한 문제점 도출	123
 IV. 문제점 도출을 통한 성능위주설계 개선방안 제시	124
4.1 선행연구 검토를 통한 개선방안 제시	124
4.2 전문가 설문을 통한 성능위주설계 개선방안 제시	127
4.3 설계도서 분석을 통한 성능위주설계 개선방안 제시	134
4.4 시물레이션을 통한 성능위주설계 개선방안 제시	138
 V. 성능위주설계 기준 및 제도개선을 위한 가이드라인	144
5.1 전문가 설문을 통한 제도 개선 가이드라인	144
5.2 성능위주설계 기준 및 제도 개선 가이드라인	158
 VI. 결 론	162
 참고문헌	165
부 록	171
Abstract	184

그 립 목 차

그림 1-1. 연구의 내용 및 수행절차	5
그림 2-1. 성능위주설계 절차(건축심의 전)	12
그림 2-2. 성능위주설계 절차(건축허가 동의 전)	13
그림 3-1. 설문응답자의 종사업종 분포	47
그림 3-2. 설문응답자의 전공분야 분포	47
그림 3-3. 설문응답자의 업무 종사기간 분포	48
그림 3-4. 성능위주설계 대상 인지여부에 대한 설문 결과	50
그림 3-5. 성능위주설계 대상 적절성 여부에 대한 설문 결과	50
그림 3-6. 2016년 화재통계 (출처 : 소방청 국가화재정보시스템)	53
그림 3-7. 2016년도 주거시설 내 화재발생 건수 (출처 : 소방청 국가화재정보시스템)	53
그림 3-8. 성능위주설계 대상에서 아파트 제외에 대한인지도 설문조사 결과	54
그림 3-9. 성능위주설계 대상에 아파트가 제외되는 것의 적절성에 대한 설문조 사 결과	55
그림 3-10. 성능위주설계 자격요건의 인지도에 대한 설문조사 결과	57
그림 3-11. 성능위주설계 자격요건의 적합성에 대한 설문조사 결과	57
그림 3-12. 성능위주설계 평가단에 대한 인지도 설문조사 결과	59
그림 3-13. 성능위주설계 평가단 자격요건의 인지도에 대한 설문조사 결과	60
그림 3-14. 성능위주설계 절차의 인식도에 대한 설문조사결과	61
그림 3-15. 성능위주설계 제출 서류의 인지도에 대한 설문조사결과	62
그림 3-16. 성능위주설계 심의 절차의 인지도에 대한 설문조사 결과	63
그림 3-17. 성능위주설계 심의 절차의 적합성에 대한 설문조사 결과	64
그림 3-18. 성능위주설계관련 교육에 대한 설문조사 결과	67
그림 3-19. 성능위주설계관련 교육기간에 대한 설문조사 결과	67
그림 3-20. 성능위주설계관련 교육 결과에 대한 설문조사 결과	68
그림 3-21. 성능위주설계관련 교육 후 변화에 대한 설문조사 결과	68
그림 3-22. 성능위주설계 시뮬레이션 툴의 종류에 대한 설문조사 결과	70

그림 3-23. 성능위주설계 시뮬레이션 틀에 의한 설계 가능성에 대한 설문조사 결과	71
그림 3-24. 성능위주설계 시뮬레이션 틀의 경험도에 대한 설문조사 결과	71
그림 3-25. 성능위주설계 시뮬레이션 틀의 숙련도와 관련된 설문조사 결과	72
그림 3-26. 성능위주설계 결과 해석에 대한 설문조사 결과	72
그림 3-27. 성능위주설계에서 화재 및 피난시뮬레이션 관련 사항에 대한 설문조사 결과	73
그림 3-28. 성능위주설계에서 추가로 다루어져야 할 사항에 대한 설문조사 결과	73
그림 3-29. 화재시뮬레이션 실행 공간	90
그림 3-30. 화재 및 피난시뮬레이션 대상건축물 평면도	95
그림 3-31. Simulex의 신체치수	96
그림 3-32. 시간에 따른 열 방출률 변화	99
그림 3-33. 출입문 I에서의 높이에 따른 평균유속	100
그림 3-34. 스프링클러헤드에서 시간에 따른 온도변화	100
그림 3-35. 출입문의 z=1.5 m에서의 시간에 따른 평균온도의 변화	101
그림 3-36. 출입문의 z=1.5 m에서의 시간에 따른 평균 가시거리의 변화	102
그림 3-37. 출입문의 z=1.5 m에서의 시간에 따른 평균 연기밀도의 변화	103
그림 3-38. 출입문의 z=1.5 m에서의 시간에 따른 평균 CO농도의 변화	103
그림 3-39. y=13.1 m인 x-z평면에서의 시간에 따른 온도분포	105
그림 3-40. 피난시뮬레이션을 위한 에이전트 배치	106
그림 3-41. 최상층 피난 시뮬레이션 결과 (10 초)	108
그림 3-42. 최상층 피난 시뮬레이션 결과(30 초)	109
그림 3-43. 최상층 피난 시뮬레이션 결과(60 초)	110
그림 3-44. 18 층 피난 시뮬레이션 결과(10 초)	111
그림 3-45. 18 층 피난 시뮬레이션 결과(30 초)	112
그림 3-46. 18 층 피난 시뮬레이션 결과(60 초)	113
그림 3-47. 1 층 피난 시뮬레이션 결과(10 초)	114
그림 3-48. 1 층 피난 시뮬레이션 결과(30 초)	115
그림 3-49. 1 층 피난 시뮬레이션 결과(60 초)	116

그림 3-50. 계단 폭 1.2m일 때 시간당 피난 완료 인원	118
그림 3-51. 계단 폭 1.5m일 때 시간당 피난 완료 인원	118
그림 3-52. 계단 폭 1.8m일 때 시간당 피난 완료 인원	119
그림 3-53. 계단 폭 1.2m (피난분산)일 때 시간당 피난 완료 인원	119
그림 4-1. 성능위주설계 대상에서 아파트 제외 이유에 대한 설문결과	128
그림 4-2. 성능위주설계 대상에서 아파트가 제외되어서는 안 되는 이유에 대한 설문결과	128
그림 4-3. 성능위주설계 자격요건 개선방안에 대한 설문결과	129
그림 4-4. 성능위주설계 평가단의 자격요건에 대한 설문결과	130
그림 4-5. 성능위주설계 적정 교육시간에 대한 설문조사 결과	132
그림 4-6. 성능위주설계 교육 개설과목 관련 설문조사 결과	132
그림 4-7. 계단 폭 1.2m일 때 시간당 피난 완료인원(NFPA 수용인원 반영) ...	141
그림 4-8. 계단 폭 1.5m일 때 시간당 피난 완료인원(NFPA 수용인원 반영) ...	142
그림 4-9. 계단 폭 1.8m일 때 시간당 피난 완료인원(NFPA 수용인원 반영) ...	142
그림 4-10. 계단 폭 1.2m (피난분산)일 때 시간당 피난 완료인원(NFPA 수용인원 반영)	143
그림 5-1. 설문응답자 인적사항(직업)	147
그림 5-2. 설문응답자 인적사항(자격증)	148
그림 5-3. 설문조사 결과(정부차원의 성능위주설계 전문교육 설립에 대해 어떻게 생각하십니까?)	149
그림 5-4. 설문조사 결과(성능위주설계 시뮬레이션 교육의 수료의무화 또는 시물 레이션 자격인증제 도입에 대해 어떻게 생각하십니까?)	150
그림 5-5. 설문조사 결과(현행 화재 및 피난시뮬레이션의 시나리오 작성 기준에 추가되어야하는 시나리오는 어떤 것들이 있다고 생각하십니까?)	151
그림 5-6. 설문조사 결과(현재 소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기 준, 별표 1에 따른 수용인원 산정방법이 적절하다고 생각하십니까?)	152
그림 5-7. 설문조사 결과(정부차원에서 화재시뮬레이션의 입력 값을 제공한다면 필요한 요소는 무엇입니까?)	153

그림 5-8. 설문조사 결과(정부차원에서 피난시물레이션의 입력 값을 제공한다면 필요한 요소는 무엇입니까?)	154
그림 5-9. 설문조사 결과(정부차원에서 성능위주설계 확인·평가 심의 기준표 또 는 구체적 설계기준 가이드라인이 필요하다고 생각하십니까?)	155
그림 5-10. 설문조사 결과(정부차원에서 성능위주설계 확인·평가 심의 기준표가 필요하다면 어떠한 항목이 포함되어야 한다고 생각하십니까?)	156
그림 5-11. 설문조사 결과(건축물 용도별 성능위주설계 대상 건축물에 추가되어 야 한다고 생각하시는 건축물을 선택해 주세요)	156



표 목 차

표 2-1. 성능위주설계자의 자격 및 기술인력	13
표 2-2. 평가단원의 임명 등(소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준)	14
표 2-3. 성능위주설계 시나리오 유형	15
표 2-4. 국내의 반응시간 적용 기준(단위: 분)	17
표 2-5. 수용인원 산정기준(단위: m ² /인)	18
표 2-6. 인명안전성 평가 절차	19
표 2-7. 성능위주설계를 위한 인명안전기준	20
표 2-8. 특정소방대상물 구분	22
표 2-9. 시도별 특정소방대상물 현황	23
표 2-10. 특정 소방대상물 용도별 현황	24
표 2-11. 화재시물레이션툴인 Pyrosim과 Smartfire의 수행모습	25
표 2-12. 화재시물레이션 Smartfire의 입력요소	27
표 2-13. 피난시물레이션(Simulex, buildingEXODUS, Pathfinder)	30
표 2-14. 피난시물레이션별 입력요소	32
표 3-1. 선행연구 분석결과	36
표 3-2. 선행연구 분석을 통한 성능위주설계 문제점	44
표 3-3. 설문응답자 현황	45
표 3-4. 설문지 문항 구성	46
표 3-5. 성능위주설계 대상 인지여부 및 대상설정 적절성에 대한 직업별 설문응 답 분포	51
표 3-6. 특정소방대상물의 범위	52
표 3-7. 성능위주설계 대상에서 아파트가 제외되는 것에 대한 설문조사 직업 별 교차분석 결과	55
표 3-8. 성능위주설계 자격요건에 대한 설문조사 직업 별 교차분석 결과	58
표 3-9. 성능위주설계자의 자격 및 기술인력	59
표 3-10. 성능위주설계 평가단에 대한 설문조사 직업 별 교차분석 결과	60

표 3-11. 성능위주설계 절차에 대한 설문조사 직업 별 교차분석 결과	62
표 3-12. 성능위주설계 심의절차에 대한 설문조사 직업 별 교차분석 결과	64
표 3-13. 성능위주설계 절차	65
표 3-14. 성능위주설계관련 교육에 대한 설문조사 직업 별 교차분석 결과	69
표 3-15. 성능위주설계 시뮬레이션 통과 관련된 설문조사 직업 별 교차분석 결과 ...	74
표 3-16. 설문조사를 통한 성능위주설계 문제점	75
표 3-17. 성능위주설계도서 건축물 현황	77
표 3-18. 화재시뮬레이션 입력 값	80
표 3-19. 설계도서 분석을 통한 성능위주설계 문제점 도출	83
표 3-20. 설계도서 분석을 통한 성능위주설계 문제점	86
표 3-21. 화재시뮬레이션 제원	91
표 3-22. 피난시나리오의 분류	92
표 3-23. 숙박시설의 실 거주인원에 따른 층별 수용인원	93
표 3-24. 국내 법규에 따른 층별 수용인원	94
표 3-25. 피난시뮬레이션을 위한 에이전트 신체특성	96
표 3-26. 피난시뮬레이션 재실자 유형 분류	97
표 3-27. z=1.5 m인 x-y평면에서의 평균값(t= 100~300 초)	98
표 3-28. 피난시뮬레이션 결과 피난 완료시간	117
표 3-29. 층별 피난 완료 시간 (초)	121
표 3-30. 시뮬레이션을 통한 성능위주설계 문제점	123
표 4-1. 선행연구 검토를 통한 성능위주설계 개선방안	124
표 4-2. 전문가설문조사를 통해 도출된 성능위주설계 문제점	127
표 4-3. 설문조사를 통한 성능위주설계 개선방안	133
표 4-4. 설계도서 분석을 통한 성능위주설계 개선방안	137
표 4-5. NFPA 수용인원 계수	139
표 4-6. 피난시나리오 구분(NFPA 수용인원 고려)	140
표 4-7. 시뮬레이션을 통한 성능위주설계 개선방안	143
표 5-1. 현행 성능위주설계 문제점 및 개선방안	144

표 5-2. 성능위주설계 기준개선을 위한 설문조사	146
표 5-3. 설문조사 직업별 교차분석 결과(정부차원의 성능위주설계 전문교육설립 에 대해 어떻게 생각하십니까?)	149
표 5-4. 설문조사 직업별 교차분석 결과(성능위주설계 시뮬레이션 교육의 수료의 무화 또는 시뮬레이션 자격인증제 도입에 대해 어떻게 생각하십니까?) ·	150
표 5-5. 설문조사 직업별 교차분석 결과(현재 소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준, 별표 1에 따른 수용인원 산정방법이 적절하다고 생각하십니까?)	153
표 5-6. 설문조사 직업별 교차분석 결과(정부차원에서 성능위주설계 확인·평가 심의 기준 표 또는 구체적 설계기준 가이드라인이 필요하다고 생각하십 니까?)	155
표 5-7. 성능위주설계 대상 건축물 개선방안	158
표 5-8. 성능위주설계 전문가 교육 신설	159
표 5-9. 성능위주설계자 및 평가단원 선정 개선방안	159
표 5-10. 성능위주설계 시뮬레이션 관련 개선방안	160

I. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

오늘날 건축기술이 발달되고 토지를 효율적으로 이용하며 도시의 이미지 제고 및 수직공간의 활용성 증대 등 사회적, 경제적 측면의 다양한 장점으로 인해 건축물은 대형화 되어 가며, 복잡한 형태를 가지게 되었다. 건축물의 고층화 또는 대형화는 많은 수용인원을 수반하면서 화재 발생 시에 큰 인명피해발생을 초래하고 있다. 이러한 위험에서 재실자의 안전을 보장하기 위해 건축법이나 관련 시행규칙에서는 복도, 계단 및 건물내장재 등에 대해 규제하고 있으며, 소방시설법에도 건축물의 규모와 용도에 따른 소방시설을 설치하도록 강화하고 있다. 또한 대형화된 건축물의 안전을 보장하기 위해 설계단계부터 화재로부터의 피해를 최소화하기 위한 피난 등에 대한 화재 안전성을 강조하고 있으며, 이러한 시대적 흐름에 따라 기존의 사양식설계가 아닌 성능위주설계(Performance Based Design, PBD)가 범세계적으로 확산되고 있는 실정이다.

화재성상을 예측하는 기술이 발달되기 이전의 건축물에 대한 화재안전설계는 건축이나 소방관련 법령 등에서 정하는 기준만을 일률적으로 적용하였으나, 현재는 화재시나리오를 공학적으로 분석하여 시뮬레이션을 통한 적합한 방재대책을 과학적으로 제시하는 성능위주설계를 통해 건축물의 안전성을 보장하기 위해 노력하고 있다.

성능위주설계가 부각되고 있는 이유는 기존 사양위주 설계의 한계점에서 찾을 수 있다. 기존 사양위주설계의 한계는 2003년 대구에서 발생

한 지하철 참사에서 여실히 드러난다. 지하철 역사의 경우 현행 기준에 따라 성능위주대상 건축물이지만, 대구 중앙로 역사의 경우 성능위주설계가 시행되기 전에 완공되었기 때문에, 기준과 법규에 의거하여 사양위주설계가 진행되었다. 대구지하철참사 사상자의 대부분이 질식으로 인해 사망한 것으로 보아 배연설비적인 측면에서 문제점이 발생한 것으로 판단할 수 있으나, 사고 조사에 따르면 모든 설비들은 화재안전기준에 적합하게 설치되어 있는 것으로 나타났다. 즉 화재안전기준에 따른 설계만으로는 모든 건축물의 안전을 확보하기 어렵다는 것을 의미하며, 건축물의 특성과 환경을 반영한 성능위주설계가 필요하다는 것을 의미한다.

성능위주설계는 소방 대상물의 용도, 구조, 수용인원, 가연물의 양 등 다양한 위험 요소들을 고려하여 소방시설을 설치하고, 방화 공학적 분석을 통해 건축물의 안전을 보장하는 설계방법으로 1980년대 중반 영국과 일본에서 그 개념이 시작되었으며, 이후 미국, 뉴질랜드, 싱가포르 등 많은 선진국들이 성능위주설계를 실시하고 있다 [1].

국내에서는 2011년 이후 지금까지 지하층 포함 30층 이상인 특정소방대상물에서 「화재예방, 소방시설 설치 · 유지 및 안전관리에 관한 법률」에 의거하여 의무적으로 성능위주설계를 수행하도록 규정하고 있으며 [2], 현행 소방청 고시 제2017-1호(시행 2017.7.26.) 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」에 따르면 성능위주설계 시 대상 건축물의 화재 성상을 예측하고 화재 안전 효과성을 평가하기 위해 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」 별표 1의 시나리오 유형에 따라 화재 및 피난 시뮬레이션을 수행해야 한다 [3].

이처럼 성능위주설계가 도입되고 건축물의 안전을 보장하기 위해 많은 노력을 하고 있으나, 현행 성능위주설계의 규정에 의거하여 설계를 하더라도, 건축물의 안전을 확보하기에 부족한 점이 많다. 이에 본 연구

에서는 선행연구 검토, 전문가 설문, 설계도서 분석, 화재·피난시물레이션과 같은 다양한 방법을 통해 현행 성능위주설계의 문제점을 도출하고, 개선방안을 제시하여 성능위주설계의 가이드라인을 제시하고자 한다.



1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 성능위주설계의 한계점을 개선하기 위해 현행 성능위주설계의 문제점과 개선방안을 도출하고 이를 기반으로 성능위주설계 개선방안을 제시하는데 그 목적이 있다. 기 수행된 성능위주설계의 문제점과 개선방안을 도출하기 위해 선행연구 검토, 전문가 설문조사, 설계도서 분석, 시뮬레이션의 방법을 통해 문제점과 개선방안을 도출하였다.

선행연구 검토는 1999년부터 2017년까지 국내에서 발간된 성능위주설계관련 논문을 대상으로 실시하였으며, 선행연구에서 제시하고 있는 성능위주설계의 문제점과 개선방안을 도출하였다.

전문가 설문은 소방공무원, 소방엔지니어 등 소방관련 전문지식을 가진 365명을 대상으로 실시하였으며, 총 55문항의 설문조사를 통해 현행 성능위주설계의 문제점과 개선방안을 도출하였다.

또한 2011년부터 2017년까지 총 17건의 사전심의단계 설계도서들을 수집하여 시뮬레이션 관련 내용을 분석하였으며, 이를 통해 현행 성능위주설계의 시뮬레이션 측면에서의 문제점과 개선방안을 도출하였다.

이 때, 화재 및 피난 시뮬레이션은 39층의 고층건축물을 대상으로 실시하였으며, 계단폭, 피난계획, 수용인원을 변수로 화재·피난시뮬레이션을 실시하였다. 그리고 그 결과 분석을 통해 현행 성능위주설계의 문제점과 개선방안을 도출하였다.

본 연구에서는 앞선 4가지 방법을 통해 현행 성능위주설계의 문제점과 개선방안을 도출하였으며, 도출된 문제점과 개선방안을 취합하여, 전문가 설문조사를 추가로 실시하였고, 이를 통해 현재 성능위주설계 관련 기준과 제도의 개선방향을 제시하였다.

STEP 1. 성능위주설계 관련 법규 조사

- ▷ 성능위주설계 관련 법규 및 수행기준 분석



STEP 2. 현행 성능위주설계 문제점 도출

- ▷ 선행연구 검토를 통한 문제점 도출
- ▷ 전문가 설문을 통한 성능위주설계 문제점 도출
- ▷ 설계도서 분석을 통한 성능위주설계 문제점 도출
- ▷ 시뮬레이션을 통한 성능위주설계 문제점 도출



STEP 3. 현행 성능위주설계 개선방안 도출

- ▷ 선행연구 검토를 통한 개선방안 도출
- ▷ 전문가 설문을 통한 성능위주설계 개선방안 도출
- ▷ 설계도서 분석을 통한 성능위주설계 개선방안 도출
- ▷ 시뮬레이션을 통한 성능위주설계 개선방안 도출



STEP 4. 성능위주설계 기준 개선방향 제시

- ▷ 성능위주설계 문제점 및 개선방안
- ▷ 전문가 설문조사
- ▷ 현행 기준 개선점 제시

그림 1-2. 연구의 내용 및 수행절차

1.3 용어의 정의

(1) 성능위주설계

현대 방화공학의 발전에 따라 소방대상물의 특성에 적합한 맞춤형 소방시설설계로서 소방안전을 최적으로 실현하는 소방시설 설계에 해당하는 것이다. 성능위주설계는 소방 대상물의 특성을 고려한 설계로서 해당 소방대상물의 특성에 적합하게 소방안전을 실현하면서 불필요한 소방 설비를 배제하고, 발전된 새로운 소방기술의 적용을 통하여 효율적인 소방시설을 설치할 수 있도록 하는데 기여하는 설계라고 할 수 있다

(2) 사양위주설계 또는 법규위주설계

국가 화재안전기준에 따라 연면적과 건물의 특성에 따라 정형화되고 획일적인 설계기준을 따르는 설계안으로서, 소방시설설치에 대해서는 다양한 형태의 소방대상물에 적합한 화재안전설계를 하기에는 한계가 있다. 성능위주설계는 사양식설계의 한계를 보완하기 위해 시행된 설계안이다.

(3) 피난안전성평가

건축물의 화재안전 목적은 화재 안전성과 피난 안전성으로 대별되며, 피난 안전성은 건축물의 재실자가 화재의 위협요소로부터 안전하게 외부(안전지역)로 피난할 수 있는지에 대한 평가이다.

(4) ASET과 RSET

ASET과 RSET은 각각 Available Safety Egress Time과 Required

Safety Egress Time의 약자로 우리말로로는 가용피난안전시간과 소요피난 안전시간이다. ASET은 화재가 재실자의 피난에 영향을 미치는 시간이며, RSET은 화재로부터 안전하게 건물 외부 혹은 안전지역까지 이동하는 시간이다.

(5) 에이전트

보편적으로 에이전트는 의사 결정 능력을 지닌 자율적인 객체를 나타낸다. 본 연구에서는 모의 피난실험에 참가하는 실험 참가자들을 나타낼 수 있으며, 또한 피난시뮬레이션 상에서 피난을 수행하는 인간의 신체적 특성(연령, 성별, 체격 등) 및 행동특성(보행속력, 경로선택특성 등)이 반영된 피난 보행 모델 객체를 나타낼 수 있다.

(6) 피난시뮬레이션

피난안전성 평가는 안전하게 탈출이 가능한 ASET과 안전하게 탈출하기 위해 필요한 RSET을 구하고 $ASET > RSET$ 인지를 확인하는 과정이다. RSET은 피난실험을 통해 대상 건물에 대한 값을 산출할 수 있는데, 규모, 시간, 비용의 이유로 매번 실시하기가 어렵다. 피난시뮬레이션은 이를 보완하기 위해 재실자의 개인적 특성이나 재난상황에서의 행동특성, 다양한 재난환경의 영향 등을 반영하여 최대한 사실에 가깝게 RSET을 산출할 수 있도록 설계된 시뮬레이션 프로그램이다.

(7) 인명안전기준

성능위주설계의 시나리오를 통해 평가하기 위한 기준으로 호흡 한계선, 열에 의한 영향, 가시거리에 의한 영향, 독성에 의한 영향을 기준으로 한다.

(8) 건축심의

건축 전문가들이 모여 건축물 구조의 안전성, 미관 향상이나, 기능적인 측면, 법적규제, 공공성, 문화적 가치 등 다양한 방법으로 건축물을 평가하여 조사·심의·조정 하는 것

(9) 건축허가

건축 행위를 하기 위해서 해당 관청에 인허가 등의 승인을 받는 행위

(10) 설계도서

성능위주설계의 사전검토를 위해 건물의 개요(위치, 규모, 구조, 용도), 부지 및 도로계획(소방차량진입동선을 포함), 화재안전계획의 기본방침, 건축물의 기본 설계도면(주 단면도, 입면도, 용도별 기준층 평면도 및 창호도 등), 건축물의 구조 설계에 따른 피난계획 및 피난 동선도, 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 별표 1의 소방시설의 설치계획 및 설계 설명서, 시나리오에 따른 화재 및 피난시물레이션과 같은 사항을 포함한 설계도서이다 [5].

II. 성능위주설계의 개요와 화재·피난 시뮬레이션

2.1 성능위주설계의 정의 및 국내외 법규·수행기준

2.1.1. 성능위주설계의 정의

우리나라에서는 법의 세부적인 지침과 기술고시에 의거하여 설계하는 사양위주 설계를 통해 건물의 안전성을 확보하기 위해 노력해 왔다. 그러나 건축물이 대형화 되고 고층화되며 하나의 건축물을 다양한 용도로 사용하게 됨에 따라 단일적이고 획일적인 사양위주설계를 통해서만 건물의 안전을 확보하기에는 한계가 발생하였다.

이러한 사양위주설계의 한계점을 개선하기 위해, 화재위험분석, 화재 위험성평가, 유체역학, 화재역학, 화재모델링기법, 피난모델링기법, 인명 안전성평가, 피난해석 및 모델링 기법 등을 사용하여 보다 공학적인 기법을 토대로 한 성능위주설계를 시행하게 되었다. 이는 기존 사양위주설계에서 요구되었던 스프링클러의 설치간격, 내화시간, 최대 피난거리 등을 포함하여, 화재가 발생했을 때 그 성능이 재실자가 모두 피난하기 위한 시간을 확보할 수 있는지를 시뮬레이션 툴 등을 이용한 공학적인 방법으로 화재규모와 피난시간 등을 예상 할 수 있으며 이를 검토한 후에 법규기준의 일부 항목을 제외시키거나, 부족하다고 평가된 구역에서 소방시설을 증설하게 되는 설계방법이다. 결론적으로 인명안전을 목표로 하는 법규 안에 설명되지 않는 화재방호 난제들을 해결하기 위한 방법으

로 성능위주설계를 적용한다. 이는 모든 위험을 제거하는 것이 아니라 사회적으로 합의된 성능수준까지 위험을 줄이고 관리하는 것으로 다음과 같은 접근으로 정의 된다 [4].

- 1) 합의된 화재안전의 최종목표, 구체적인 손실목표, 구체적 설계목표
- 2) 화재의 시작 및 성상, 화재발달의 결정론적 및 확률론적 평가
- 3) 화재 및 화재유출물의 물리적 및 화학적 특성
- 4) 구체적인 손실 목표 및 성능 목표들에 대한 설계효과에 대한 정량적 평가에 기초한 화재방호설계

결론적으로 성능위주설계란 공학적인 방법을 이용하여 화재안전의 목적을 성취하기 위한 문제의 해결 방법이며, 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」에서는 건축물의 용도, 위치, 구조, 수용 인원, 가연물의 종류 및 양, 화원의 특성 등을 고려하여 설계하는 것으로 정의하고 있다 [2]. 이러한 구체적인 목표들을 정량화할 수 있는 능력이 성능위주설계의 핵심이다.

2.1.2. 국내외 관련 법규 및 수행기준

성능위주설계에 대한 법률적 정의를 살펴보면, 성능위주설계는 관련 행정규칙인 소방청 고시 2017-1호 「소방시설 등의 성능위주 설계 방법 및 기준」의 제2조에 의해, “「화재 예방, 소방시설설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」, 동법 시행령·시행규칙 및 화재안전기준(NFSC) 등에 따라 제도화된 설계를 대체하여 설계하는 경우를 말한다. 이 경우 성능위주설계 대상이 되는 건축물에 대하여는 화재안전기준 등 법규에 따라 설계된 화재안전성능 보다 동등 이상의 화재안전성능을 확보하도록 설계하여야 한다.” 라고 정의되어 있다 [3].

또한 「화재 예방, 소방시설설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」 제 9조의 3에 따르면, 성능위주설계란 “대통령령으로 정하는 특정소방대상물(신축하는 것만 해당한다)에 소방시설을 설치하려는 자는 그 용도, 위치, 구조, 수용 인원, 가연물의 종류 및 양 등을 고려하여 설계(이하 “성능위주설계”라 한다)하는 것”을 의미 한다 [2].

(1) 심의절차 및 방법

성능위주설계의 심의 절차 및 방법은 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」 제 5조 성능위주설계의 심의 절차 및 방법에 따른다 [3].

1. 성능위주설계 신고서가 접수되면, 제4조제2항에 따라 보고를 받은 소방본부장은 접수한 날부터 20일 이내에 평가단을 구성·운영하여 성능위주설계 신고서를 확인·평가하는 등 검증을 실시하고 그 내용을 심의 결정하여야 한다. 다만, 성능위주설계의 검증 및 심의에 고도의 기술이 필요하여 평가단에서 심의 결정하기 곤란한 경

우 소방청의 중앙소방기술심의위원회(이하 “위원회“라 한다)에 상정을 요청할 수 있다.

2. 소방본부장은 성능위주설계의 검증을 위하여 첨부 서류의 보완이 필요한 경우에는 7일 이내의 기간을 정하여 성능위주설계자에게 보완을 요구할 수 있다.
3. 소방청장은 위원회에 상정이 요청된 경우 접수일로부터 20일 이내에 위원회를 개최하여 심의 결정하고 그 결과를 관할 소방본부장에게 통보한다.
4. 소방본부장은 평가단이 심의 결정하였거나 위원회의 통보를 받은 경우 그 결과를 신고인 및 관할 소방서장에게 통보한다.
5. 성능위주설계에 대한 심의 결정을 통보한 경우, 심의 결정된 사항대로 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」 제7조에 따른 건축 허가 등의 동의를 한 것으로 본다.

건축심의의 전

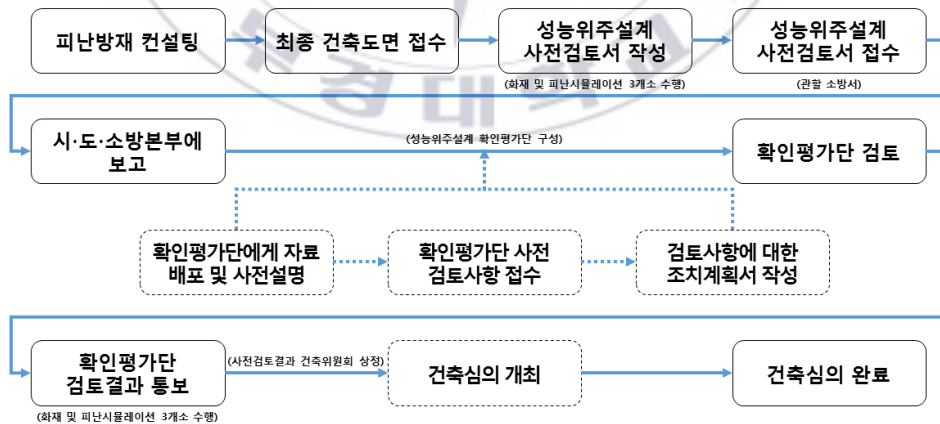


그림 2-1. 성능위주설계 절차(건축심의의 전)

건축허가 동의전

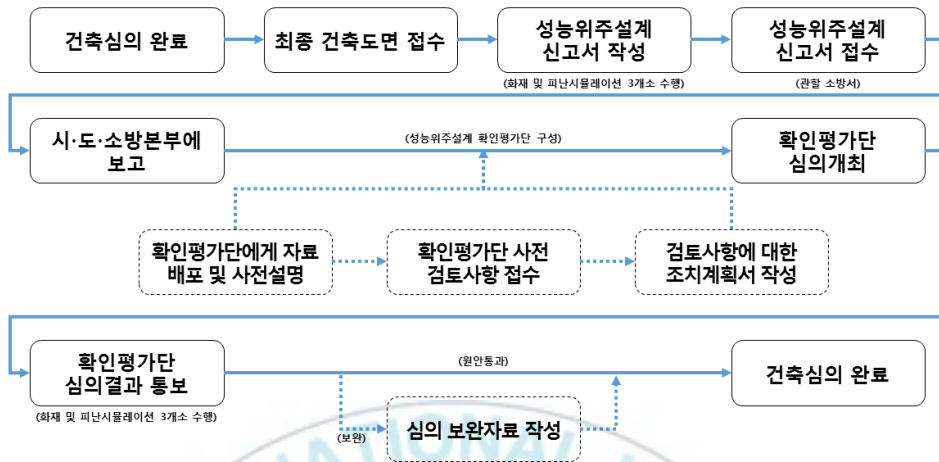


그림 2-2. 성능위주설계 절차(건축허가 동의 전)

(2) 성능위주설계 자격·기술인력

성능위주설계를 할 수 있는 자의 자격·기술인력 및 성능위주설계 평가단원의 임명 등에 관해서는 「소방시설공사업법 시행령」 별표 1의 2에 따르며 그 기준은 아래 표2-1과 같다 [5].

표 2-1. 성능위주설계자의 자격 및 기술인력

성능위주설계자의 자격	기술인력	설계 범위
- 법 제4조에 따라 전문 소방시설 설계업을 등록한 자 - 전문 소방시설 설계업 등록기준에 따른 기술 인력을 갖춘 자로서 소방청 장관이 정하여 고시하는 연구기관 또는 단체	소방 기술사 2명 이상	「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 제 15조 3에 따라 성능위주설계를 하여야 하는 특정소방대상물

표 2-2. 평가단원의 임명 등(소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준)

-
1. 소방공무원 중 소방기술사
 2. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 소방공무원으로서 중앙소방학교에서 실시하는 성능위주설계 교육을 이수한 사람
 - 가. 소방공무원 중 소방시설관리사, 소방설비산업기사 이상의 자격을 가진 자로서 건축허가 동의 업무를 1년 이상 담당한 사람
 - 나. 소방공무원 중 건축 또는 소방관련 석사학위 이상 소지한 자로서 건축허가 동의 업무를 1년 이상 담당한 사람
 - 다. 건축허가 동의 관련 업무를 3년 이상 담당한 소방공무원
 3. 성능위주설계 신고 대상 건축물이 있는 관할 소방서의 업무담당 과장(당연직으로 한다)
 4. 지방소방기술심의위원회 위원 또는 소방방재 관련 교수 등 전문가(위촉직으로 한다)
-

(3) 화재·피난시뮬레이션 시나리오 작성기준

성능위주설계 시 화재·피난시뮬레이션 시나리오를 작성하여 수행함으로써 인명안전성평가를 실시한다. 그에 따른 시나리오 작성은 소방청 고시 2017-1호 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」의 별표 1에 의거하여 실제 건축물에서 발생할 수 있는 시나리오를 선정한다. 이는 실제 건축물에서 발생 가능한 시나리오를 선정하되, 건축물의 특성에 따라 시나리오 적용이 가능한 모든 유형 중 가장 피해가 클 것으로 예상되는 최소 3개 이상의 시나리오에 대하여 실시하며, 그에 따른 시나리오 유형은 7가지로 분류되며 이는 다음 표2-3과 같다 [3].

표 2-3. 성능위주설계 시나리오 유형

가. 시나리오 1

- 1) 건물용도, 사용자 중심의 일반적인 화재를 가상한다.
- 2) 시나리오에는 다음 사항이 필수적으로 명확히 설명되어야 한다.
 - 가) 건물사용자 특성
 - 나) 사용자의 수와 장소
 - 다) 실크기
 - 라) 가구와 실내 내용물
 - 마) 연소 가능한 물질들과 그 특성 및 발화원
 - 바) 환기조건
 - 사) 최초 발화물과 발화물의 위치
- 3) 설계자가 필요한 경우 기타 시나리오에 필요한 사항을 추가할 수 있다.

나. 시나리오 2

- 1) 내부 문들이 개방되어 있는 상황에서 피난로에 화재가 발생하여 급격한 화재연소가 이루어지는 상황을 가상한다.
- 2) 화재 시 가능한 피난방법의 수에 중심을 두고 작성한다.

다. 시나리오 3

- 1) 사람이 상주하지 않는실에서 화재가 발생하지만, 잠재적으로 많은 재실자에게 위험이 되는 상황을 가상한다.
- 2) 건축물 내의 재실자가 없는 곳에서 화재가 발생하여 많은 재실자가 있는 공간으로 연소 확대되는 상황에 중심을 두고 작성한다.

라. 시나리오 4

- 1) 많은 사람들이 있는 실에 인접한 벽이나 덕트 공간 등에서 화재가 발생한 상황을 가상한다.
- 2) 화재 감지기가 없는 곳이나 자동으로 작동하는 화재진압시스템이 없는 장소에서 화재가 발생하여 많은 재실자가 있는 곳으로의 연소 확대가 가능한 상황에 중심을 두고 작성한다.

마. 시나리오 5

- 1) 많은 거주자가 있는 아주 인접한 장소 중 소방시설의 작동범위에 들
-

어가지 않는 장소에서 아주 천천히 성장하는 화재를 가상한다.

2) 작은 화재에서 시작하지만 큰 대형화재를 일으킬 수 있는 화재에 중심을 두고 작성한다.

바. 시나리오 6

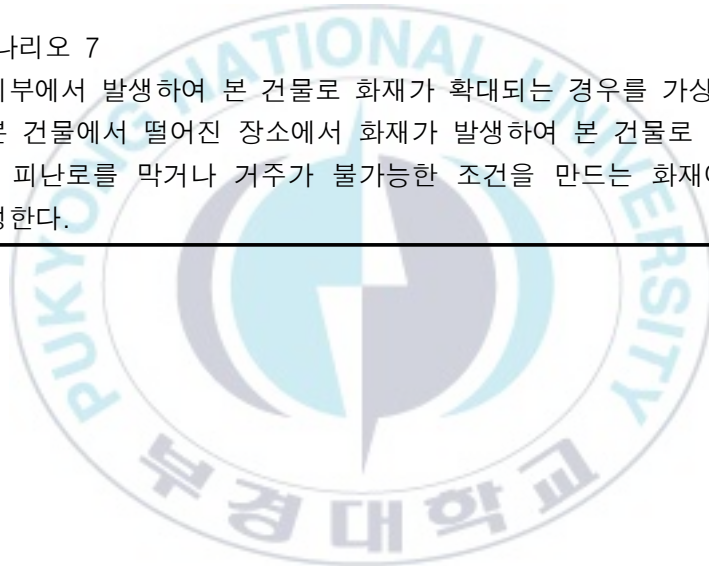
1) 건축물의 일반적인 사용 특성과 관련, 화재하중이 가장 큰 장소에서 발생한 아주 심각한 화재를 가상한다.

2) 재실자가 있는 공간에서 급격하게 연소 확대 되는 화재를 중심으로 작성한다.

사. 시나리오 7

1) 외부에서 발생하여 본 건물로 화재가 확대되는 경우를 가상한다.

2) 본 건물에서 떨어진 장소에서 화재가 발생하여 본 건물로 화재가 확대되거나 피난로를 막거나 거주가 불가능한 조건을 만드는 화재에 중심을 두고 작성한다.



(4) 반응시간(Response time) 적용기준

반응시간은 화재발생 사실을 재실자가 인지하고 반응해 피난을 결정하기까지 즉, 피난개시까지 걸리는 시간을 의미한다. 국내 반응시간 적용기준은 소방청 고시 2017-1호에 의거, 화재실 및 비화재실을 구분하지 않고 제시하고 있으며, 건물의 용도와 방송설비의 종류에 따라 반응시간을 제시하고 있다 [3].

표 2-4. 국내의 반응시간 적용 기준(단위: 분)

용 도	W1	W2	W3
사무실, 상업 및 산업건물, 학교, 대학교 (거주자는 건물의 내부, 경보, 탈출로에 익숙하고, 상시 깨어 있음)	< 1	3	> 4
상점, 박물관, 레저스포츠 센터, 그 밖의 문화집회시설 (거주자는 상시 깨어 있으나, 건물의 내부, 경보, 탈출로에 익숙하지 않음)	< 2	3	> 6
기숙사, 중/고층 주택 (거주자는 건물의 내부, 경보, 탈출로에 익숙하고, 수면상태일 가능성 있음)	< 2	4	> 5
호텔, 하숙용도 (거주자는 건물의 내부, 경보, 탈출로에 익숙하지도 않고, 수면상태일 가능성 있음)	< 2	4	> 6
병원, 요양소, 그 밖의 공공 숙소 (대부분의 거주자는 주변의 도움이 필요함)	< 3	5	> 8

<비고>

W1 : 방재센터 등 CCTV 설비가 갖춰진 통제실의 방송을 통해 육성 지침을 제공 할 수 있는 경우 또는 훈련된 직원에 의하여 해당 공간 내의 모든 거주자들이 인지할 수 있는 육성지침을 제공할 수 있는 경우

W2 : 녹음된 음성 메시지 또는 훈련된 직원과 함께 경고방송 제공할 수 있는 경우

W3 : 화재경보신호를 이용한 경보설비와 함께 비 훈련 직원을 활용할 경우

(5) 수용인원 산정기준

피난시물레이션 수행 시 재실자의 인원은 병목현상, 군중이동 등에 의해 피난시간에 영향을 미치므로 중요한 요소이다. 그에 따라 국내 성능위주설계자들은 아래 표에 나타난 기준에 의거하여 건축물의 용도나 특성을 고려하여 수용인원을 산정한다 [3].

표 2-5. 수용인원 산정기준(단위: m²/인)

사용용도	m ² /인	사용용도	m ² /인
집회용도		상업용도	
고밀도지역 (고정좌석 없음)	0.65	피난 층 판매지역	2.8
저밀도지역 (고정좌석 없음)	1.4	2층 이상 판매지역	3.7
		지하층 판매지역	2.8
벤치형 좌석	1인/좌석길 이45.7cm	보호용도	3.3
고정좌석	고정좌석 수		
취사장	9.3	의료용도	
		입원치료구역	22.3
서가지역	9.3	수면구역(구내숙소)	11.1
열람실	4.6	교정, 감호용도	11.1
수영장	4.6(물표면)	주거용도	
수영장 데크	2.8	호텔, 기숙사	18.6
헬스장	4.6	아파트	18.6
운동실	1.4	대형 숙박주거	18.6
무대	1.4	공업용도	
접근출입구, 좁은 통로, 회랑	9.3	일반 및 고위험공업	9.3
카지노 등	1	특수공업	수용인원 이상
		업무용도	9.3
스케이트장	4.6		
교육용도		창고용도	수용인원 이상
교실	1.9	(사업용도 외)	
매점, 도서관, 작업실	4.6		

(6) 성능위주설계의 인명안전성평가 기준

성능위주설계는 화재위험성 및 피난안전성을 분석하기 위해 화재의 성상을 분석하고, 인간의 행동을 모델링하여 인명안전성을 평가하고 있다.

표 2-6. 인명안전성 평가 절차

1	설계관련자료 검토
	소방시설 및 피난분야에 대한 설계도면 및 설계시방서 등의 설계자료와 건축법규 및 소방법규 등을 검토
2	화재위험성 분석
	건축물의 화재안전을 위한 단위 구획별 화재위험성을 분석하여 화재시뮬레이션의 기초자료로 활용한다.
3	연소특성 실험자료 분석
	화재시뮬레이션의 기초자료로 활용할 건축물 내 주요 관련 물품에 대한 열 방출률 및 연소속도 등 연소특성을 각종 서적 및 관련 자료를 통해 파악
4	화재 및 피난시뮬레이션
	화재 및 피난시뮬레이션을 통한 화재성상 예측 및 행동특성 도출을 통해 종합방재대책의 기초자료로 활용
5	결과분석
	설계관계자료 및 화재 위험성 분석자료, 화재 및 피난시뮬레이션 결과를 통해 종합안전대책을 수립

인명안전성평가는 화재시뮬레이션을 통한 가용피난안전시간(ASET)과, 피난시뮬레이션 모델링으로 소요피난안전시간(RSET)을 예측하고 비교·검토를 통하여 인명안전성 여부를 평가한다. 화재 및 피난시뮬레이션 결과를 종합·분석하여 인명안전평가를 진행할 때 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」 별표1에 의거하여 각 시나리오별로 용도에 따라 아래 표와 같이 적용한다 [3].

표 2-7. 성능위주설계를 위한 인명안전기준

가. 인명안전 기준

구 분	성능기준		비 고
호흡 한계선	바닥으로부터 1.8 m 기준		
열에 의한 영향	60 ℃ 이하		
가시거리에 의한 영향	용도	허용가시거리 한계	단, 고 휘도 유도등, 바닥유도등, 축광 유도 표지 설치 시, 집회시설 판매시설 7m 적용 가능
	기타시설	5 m	
	집회시설	10 m	
	판매시설		
독성에 의한 영향	성분	독성기준치	기타, 독성 가스는 실험결과에 따른 기준치를 적용 가능
	CO	1,400 ppm	
	O ₂	15 %이상	
	CO ₂	5 %이하	

〈비고〉 이 기준을 적용하지 않을 경우 실험적·공학적 또는 국제적으로 검증된 명확한 근거 및 출처 또는 기술적인 검토 자료를 제출하여야 한다.

호흡한계선은 화재시물레이션에 의하여 허용피난시간을 구할 때 가장 많이 사용되는 요소이며, 화재로부터 생성된 독성가스가 사람의 호흡선(바닥으로부터 1.8m 높이)까지 내려오면 피난하는 사람이 연기 등 독성 가스를 들이마서 위험상태에 노출된다. 즉 모든 사람들은 독성가스가 호흡선 까지 내려오기 전에 피난을 완료하여야 한다.

2.2 국내 성능위주설계 대상 특정소방대상물

성능위주설계 대상인 특정소방대상물의 범위는 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 제 15조의 3에 의해, 아래와 같다 [6].

1. 연면적 20만 제곱미터 이상인 특정소방대상물, 다만 별표 2 제1호에 따른 공동주택 중 주택으로 쓰이는 층수가 5층 이상인 주택(이하 이 조에서 “아파트 등”이라 한다)은 제외한다.
2. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 특정소방대상물. 다만, 아파트 등은 제외한다.
 - 가. 건축물의 높이가 100미터 이상인 특정소방대상물
 - 나. 지하층을 포함한 층수가 30층 이상인 특정소방대상물
3. 연면적 3만 제곱미터 이상인 특정소방대상물로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 특정소방대상물
 - 가. 별표 2 제6호 나목의 철도 및 도시철도 시설
 - 나. 별표 2 제6호 다목의 공항시설
4. 하나의 건축물에 「영화 및 비디오물의 진흥에 관한 법률」 제2조 제10호에 따른 영화상영관이 10개 이상인 특정소방대상물

별표 2에 해당하는 항목을 정리하면 아래 표와 같다.

표 2-8. 특정소방대상물 구분

1. 공동주택	17. 위험물 저장 및 처리 시설
2. 근린생활시설	18. 항공기 및 자동차 관련 시설 (건설기계 관련 시설을 포함한다)
3. 문화 및 집회시설	19. 동물 및 식물 관련 시설
4. 종교시설	20. 분뇨 및 쓰레기 처리시설
5. 판매시설	21. 교정 및 군사시설
6. 운수시설	22. 방송통신시설
7. 의료시설	23. 발전시설
8. 교육연구시설	24. 묘지 관련 시설
9. 노유자시설	26. 관광 휴게시설
10. 수련시설	26. 장례식장
11. 운동시설	27. 지하가
12. 업무시설	28. 지하구
13. 숙박시설	29. 문화재
14. 위탁시설	30. 복합건축물
15. 공장	비고
16. 창고시설	

2017년 국내 특정소방대상건축물의 시도별 현황을 살펴보면 아래 표 2-9와 같다 [7]. 국내의 시도별 특정소방대상물 현황을 살펴보면 2017년 기준 전국 특정 소방대상물은 2,019,625개가 있으며, 이는 2016년 1,930,878에 비해 4.6% 증가한 것으로 나타났다. 대상물의 증가율이 가장 높은 곳은 서울로 전년대비 32,782개소 증가(17.48%)하였다. 또한 대상물 증가율이 가장 낮은 곳은 충북으로 전년대비 1,227개소 감소(-3.53 %)한 것으로 조사되었다. 시도별로 대상물은 경기도가 488,704개소로 가장 많고, 세종시가 8,500개소로 가장 적은 것으로 조사되었다.

또한 특정소방대상물의 용도별 현황을 살펴보면, 다음 표 2-10과 같다 [7].

표 2-9. 시도별 특정소방대상물 현황

구분	2017년	2016년	증감	증감률(%)
합계	2,019,625	1,930,878	88,747	4.60
서울	220,274	187,492	32,782	17.48
부산	113,638	104,330	9,308	8.92
대구	83,491	81,032	2,459	3.03
인천	137,980	130,823	7,157	5.47
광주	62,480	61,790	690	1.12
대전	102,159	100,868	1,291	1.28
울산	48,861	48,492	369	0.76
세종	8,500	8,144	356	4.37
경기	488,704	457,255	31,449	6.88
강원	96,912	95,912	1,000	1.04
충북	33,535	34,762	-1,227	-3.53
충남	98,466	96,085	2,381	2.48
전북	107,336	105,859	1,477	1.40
전남	46,448	44,728	1,720	3.85
경북	191,160	193,509	-2,349	-1.21
경남	113,651	113,609	42	0.04
창원	48,150	48,463	-313	-0.65
제주	17,880	17,725	155	0.87

2017년 용도별 특정 소방대상물은 근린생활시설이 1,114,230개로 가장 많은 것으로 나타났으며, 다음으로 복합건축물(184,673), 공장(152,750) 순이었다. 2016년 대비 대상별 증가율이 가장 높은 곳은 교정 및 운동시설로 전년 대비 547개소가 증가(15.02%)하였으며, 대상별 증가율이 가장 낮은 곳은 교육연구시설로 전년 대비 116개소 감소(-1.77%)한 것으로 나타났다. 2016년 대비 증가 수는 근린생활시설이 38,116개소로 가장 많고, 수련시설이 2개소로 가장 적은 것으로 나타났다.

국내 특정 소방대상건축물은 총 2,019,625개가 있으며, 2016년 대비 증가하고 있는 것으로 조사되었다. 용도별로는 근린생활시설이 가장 많은 것으로 나타났으며, 그 후로 복합건축물, 공장 순인 것으로 나타났다.

이러한 특정 소방대상물은 건축물이 대형화됨에 따라 더욱 증가할 것으로 예상된다.

표 2-10. 특정 소방대상물 용도별 현황

구분	2017년	2016년	증감	증감률(%)
총계	2,019,625	1,930,878	88,747	4.60
아파트	42,928	38,566	4,362	11.31
기숙사	1,429	1,403	26	1.85
근린생활시설	1,114,230	1,076,114	38,116	3.54
문화 및 집회시설	6,546	6,333	213	3.36
종교시설	20,247	20,130	117	0.58
판매시설	5,501	5,360	141	2.63
운수시설	2,426	2,294	132	5.75
의료시설	3,772	3,727	45	1.21
교육연구시설	28,445	28,866	-421	-1.46
노유자시설	45,961	45,300	661	1.46
수련시설	1,112	1,110	2	0.18
운동시설	4,188	3,641	547	15.02
업무시설	57,313	55,842	1,471	2.63
숙박시설	31,770	31,369	401	1.28
위락시설	29,655	29,501	154	0.52
공장	152,750	152,532	218	0.14
창고시설	98,035	95,796	2,239	2.34
위험물저장및처리시설	40,424	40,635	-211	-0.52
항공기및자동차관련시설	15,512	15,310	202	1.32
동물및식물관련시설	112,084	99,208	12,876	12.98
분뇨및쓰레기처리시설	6,454	6,570	-116	-1.77
교정및군사시설	3,801	3,309	492	14.87
방송통신시설	1,791	1,798	-7	-0.39
발전시설	492	473	19	4.02
묘지관련시설	332	327	5	1.53
관광휴게시설	1,165	1,152	13	1.13
장례식장	540	515	25	4.85
지하가	1,920	1,714	206	12.02
지하구	582	590	-8	-1.36
문화재	3,547	3,573	-26	-0.73
복합건축물	184,673	157,820	26,853	17.01

2.3 성능위주설계를 위한 화재·피난시물레이션

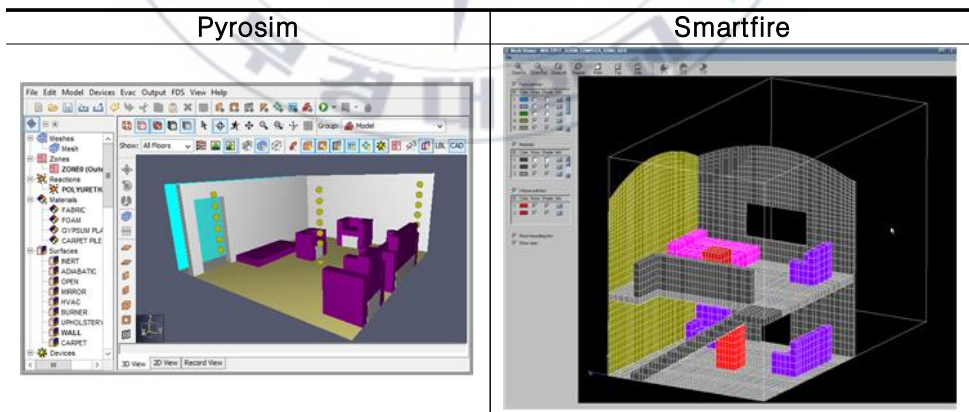
2.3.1. 화재시물레이션 모델과 입력요소

건축물 내에서 화재를 예측하고 그에 따른 대책을 강구하는 것은 매우 중요한 요소이다. 그러나 화재의 발생과 성장, 그에 따른 영향을 예측하는 것은 매우 어렵다. 화재의 발생과 성장은 화재의 크기 및 유동 연기의 흐름 및 독성물질에 의한 재실자의 영향을 분석하여 화재로 인한 연소특성 및 피난 등을 예측하고 있다.

국내 성능위주설계자들이 주로 사용하는 화재시물레이션으로는 FDS를 기반으로 한 Pyrosim과 buildingEXODUS와 연동하여 해석 가능한 Smartfire가 있다.

화재시물레이션 개요와 주요 모델별 특성을 살펴보면 다음과 같다.

표 2-11. 화재시물레이션툴인 Pyrosim과 Smartfire의 수행모습



Pyrosim은 미국의 NIST(National Institute of Standards and

Technology)에서 개발한 화재시뮬레이션 FDS(Fire Dynamics Simulator)를 보다 간편하게 사용하기 위한 프로그램으로써, 화재 시에 발생하는 각종 가스 및 온도 등 화재 특성을 예측하고 분석하는데 사용된다. FDS는 Navier-Stokes Equations에 기초하고 있으며 FDS에 의해 연산된 결과를 Smoke-view라는 가시화 툴을 활용하여 연기와 온도의 유동을 평가할 수 있다. 또한, 수치해석 결과를 Data Sheet형태로 출력하여 정량적인 평가가 가능하다 [8]. 그리고 격자, 화원, 소방 설비 등의 입력요소들의 설정을 통해 연기유동을 예상하거나 특정 지점의 SLICE, DEVC의 출력 값을 도출할 수 있다.

Smartfire는 영국 그리니치 대학에서 개발한 화재시뮬레이션 프로그램으로 다양한 연소모델을 적용하여 화재시의 발생하는 각종 가스 및 온도, 연기거동 등 화재 특성을 예측하고 분석하는데 사용된다. Smartfire 소프트웨어는 주요 4가지 요소인 Scenario designer, Case specification environment, Interactive meshing system, CFD engine으로 구성되어 있다 [9].

Smartfire는 격자, 화원, 소방 설비 등의 입력요소들을 화재시뮬레이션에 설정해 연기유동을 예측하거나 임의로 설정하지 않아도 모든 지점에서의 SLICE, DEVC의 출력 값을 도출할 수 있다. Smartfire는 Pyrosim의 기하학적 구조가 격자에 맞추는 것과 달리 실제 기하학적 구조에 따라 격자가 설정이 되어 보다 융통성 있게 격자 설정이 가능하다. 또한 Smartfire에서는 연료의 조성비, 연소열, 질량 감소속도 등의 실험값이 존재 한다면 다양한 연소모델을 설정할 수 있다는 장점이 있다.

표 2-12. 화재시뮬레이션 Smartfire의 입력요소

화재 시뮬레이션	Smartfire	
격자	실제 기하학적 구조에 따라 격자 설정 Refine기능 (인근 격자 크기가 비슷하도록 설정)	
화원	연료물질 조성비 연소열, 연소효율 연소방정식의 계수 설정	
	화원의 종류별 입력요소 1) Simple fire - 연료생성비율(kg/s) - HCl 독성물질 발생량	2) Simple heat - 화재성장속도 및 열 방출률 - 연기발생량 - HCl 독성물질 발생량
소방 설비	스프링클러설비, 제연설비, 방화문 등 설정가능 연기·열 감지기 설정가능	
출력값	Smoke view = 화염 및 연기 유동 가시화 가능 온도, CO ₂ 농도, 압력, 밀도, 엔탈피 등 (가시도 출력 불가) = SLICE(X, Y, Z축 모든 지점에서 결과 출력) = 특정 수치별 분포도 확인 가능 (Iso-surface)	

2.3.2. 피난시물레이션 모델과 입력요소

화재에 따른 인명피해는 화재 시 신속한 피난이 이루어지지 못하여 발생한다. 또한, 이러한 인명의 안전한 피난은 건축물이 설계단계에서 부여되는 피난성능과 소방시설에 의하여 이루어진다. 그에 따라 건축물 설계단계에서부터 피난성능을 필요 수준으로 계획 및 분석하기 위해 성능위주설계자들은 피난시물레이션 프로그램을 이용하여 피난안전성을 확보하고 있다. 피난시물레이션은 재난이 발생한 건물의 피난상황을 예측하고, 재실자들이 건물 외부 또는 안전지역으로 이동하는데 소요되는 시간을 기반으로 안전성을 평가한다.

피난시물레이션은 피난모델을 통해 피난안전성을 평가하는 방법론으로서 피난시물레이션 외의 피난모델로는 수계산, 흐름모델 등이 있다. 수계산은 단순한 보행시간을 추정하는 목적으로 한 가장 기초적인 모델로서, 보행속력과 흐름(flow)을 변수로 사용한다. 또한 흐름 모델의 경우 배관 내에 물의 흐름 또는 슈트 내의 불 베어링 흐름으로 해석하며, 개별 공간을 노드(node), 공간을 연결하는 아크(arc)로 구성된 네트워크 모델이다. 재실자는 각 노드에 위치하게 되며 각 노드는 아크를 통해 이동하게 된다. 하지만 이 모델은 에이전트들의 피난과정의 개인행동 특성을 나타낼 수 없으며, 에이전트가 출구까지 이동하는 과정에만 최적화되어 있어 현실성이 결여되어 있다는 단점을 가진다. 하지만 입력데이터의 양이 적고, 빠른 시간 내에 피난소요시간을 계산할 수 있다.

피난 시물레이션의 경우 입력할 수 있는 변수의 종류가 적은 흐름 모델의 단점을 보완하기 위해 발전된 피난모델의 한 종류이다. 선진국에서는 1980년부터 피난시물레이션의 개발을 시작하였으며, 현재 다수의 프

로그래밍이 상업적 혹은 연구용으로 사용되고 있다. 전 세계적으로 사용되는 피난시뮬레이션은 30여종 이상으로 알려져 있지만, 개발이 중단되거나 사용되지 않는 시뮬레이션도 다수 존재 한다 [10].

피난 시뮬레이션은 모델링 방법과 격자 구조에 따라 구분된다. 모델링 방법은 행동모델(behavioral model)과 이동모델(movement model) 그리고 부분행동모델(partial behavior model)로 구분 된다.

행동모델은 에이전트가 출구까지 이동하는 동안 건물의 요소에 따라 의사결정이 포함되는 모델이며, 이동모델은 에이전트가 건물 내의 한 지점으로부터 출구까지 이동하는 모델로서 정체구간, 대기 혹은 병목현상을 확인할 수 있는 모델이다. 부분행동모델은 시뮬레이션의 전처리 과정에서 재실자의 개시지연시간, 특정재실자의 특성 등이 내포된 모델이다.

격자구조에 따라서는 Coarse네트워크와 Fine네트워크 그리고 Continuous네트워크로 구분된다. Coarse네트워크는 앞서 서술한 흐름 모델에서 사용하는 구조와 같이 각 실을 하나의 노드(node)로 생성하여 공간의 형태에 따라 불규칙한 노드로 구성하고 이를 아크(arc)로 연결하였다(Coarse 네트워크). 반면 fine네트워크는 건물 대상 공간을 작은 면적의 노드(node)로 등분하고 이를 연결한 네트워크 방식이다(Fine Network).

Continuous모델은 피난시뮬레이션으로 개발되었으며, 2차원 평면상의 한 지점에서 다른 지점으로 에이전트가 연속적으로 이동하는 것을 구현한다 [11].

현재 국내에서 성능위주설계 시 주로 사용되는 피난시뮬레이션으로는 Simulex, buildingEXODUS, Pathfinder가 있다. 각 시뮬레이션의 특성 및 입력요소, 세부적인 특징은 다음과 같다.

표 2-13. 피난시뮬레이션 (Simulex, buildingEXODUS, Pathfinder)

Simulex	
buildingEXODUS	
Pathfinder	

Simulex는 1995년에 개발된 대표적인 continuous모델이다. 건물공간의 정의, 피난 경로의 선정, 개인별 특성 및 위치지정, 주변 사람과의 밀집 상태에 따라 밀치기, 앞지르기에 의한 보행속력의 감소 지정, 보행속력 등을 고려할 수 있다. 또한 Simulex에 적용할 수 있는 변수인자는 보행 속력과 신체크기로 한정된다. Simulex는 화재에 의한 에이전트의 대응

행동을 고려할 수 없고, 사람들의 사회적 행동, 개별 에이전트의 행동특성을 부여할 수 없다는 단점을 가진다 [12,13,14].

buildingEXODUS는 Fine네트워크 방식을 사용하는 피난시물레이션으로 영국 Univ. of Greenwich의 FSEG(Fire Safety Engineering Group)에서 개발한 시물레이션이다. 피난 환경을 모사하는 Geometry에 Arc와 Node로 연결된 네트워크를 만드는 방식이다. 이 모델은 재실자(Occupant), 피난이동(Movement), 피난행동(Behaviour), 유독성(Toxicity), 위험도(Hazard)로 구성된 5개의 서브모델이 있으며, 각 요소들이 복합적으로 시물레이션에 적용된다. 하지만 buildingEXODUS는 입력 변수가 너무 많기 때문에 사용자가 사용하기에 어렵다는 단점을 가진다 [15,16,17].

Pathfinder는 미국의 Thunderhead Engineering에서 개발한 agent-based 피난시물레이션이다. Pathfinder는 기존 두 모델에 비해 그래픽 적으로 뛰어난 모델이다. 각각의 개체에 매개변수의 집합을 사용하여 피난이동을 결정하기 때문에 피난행동의 충돌, 회피, 균등 속력 이동, 병목현상 등의 세부묘사가 가능하다 [18,19].

Pathfinder에서는 에이전트의 모션을 SFPE모드와 Steering모드로 제공한다. SFPE모드는 흐름 기반 피난 모델링 기법으로 구현되며, 흐름률을 Handbook of Fire Protection Engineering과 the SFPE Engineering Guide에서 제시한 데이터를 사용 한다 [20,21].

Steering mode는 실제 사람은 현재 자신이 머무는 공간의 위치와 최종 목적지까지 경로를 유지하며 보행하게 된다. 하지만 보행 과정에서 장애요인에 봉착하였을 경우 이동 경로를 벗어나 새로운 경로를 찾아가게 된다 [22]. Steering모드는 에이전트가 분할된 타임스텝에 따라 최저비용이 산정되는 방향으로 이동하도록 유도하는 방식이다. 각 시물레이션 별 입력 요소를 살펴보면 아래 표와 같다 [23].

표 2-14. 피난시물레이션별 입력요소

구분	Simulex	buildingEXODUS	Pathfinder
모델 분류	•Continuous network model •Partial behavioral model	•Fine network model •Behavioral model	•Continuous network model •Partial behavioral model
지오 메트리 구성	•0.2m 간격의 노드로 지오메트리 구성 •에이전트 및 장애물은 중복 노드 점유	•0.5m 간격의 노드와 아크로 연결 •에이전트는 하나의 노드만 점유	•2차원 삼각형으로 지오메트리 구성, 장애물의 위치는 mesh를 미 설정
반응 시간	•재실자 특성 option에서 Response time항목으로 설정(Default=0s)	•재실 특성 attrib에서 Response로 설정(Default=0s)	•재실자 특성의 behavior의 initial delay time으로 설정(Default=0s)
재 실 자 타입	•재실자는 3개의 원 (Circle)로 구성 •재실자의 신체치수는 나이(12세~55세) 및 성별 대표값	•노드를 하나씩 점유하기 때문에 신체치수는 미기입하나, 성별, 나이, 몸무게 등이 입력가능 •운동능력, 민첩성 및 기타 사회적인 인자를 통하여 화재와 연동 시 보행속력 변화	•재실자는 실린더 형태이며, 어깨너비를 기입 •재실자의 형태를 3D 모델링 가능
보행 경로 및 거리	•장애물을 고려한 최단거리의 보행동선 계산(distance map method), Default는 지근거리의 출구 이동	•가장 가까운 출구를 우선 선택 출구의 친숙도에 따른 출구 선택 •Hazard 영향에 의해 선택되는 출구 변경	•양방향 피난 출구 선택 가능 •엘리베이터 내에 보행 가능
보행 속력	•자유 보행 속도는 0.8~1.7m/s 12세~55세의 성별 따른 속도 분포 •보행 밀도에 따른 속력 변화	•에이전트의 개별 보행속력이 지정 가능 - Mobility 값에 따라 보행 속력 변화	•오픈 공간에서 1.0m/s •Steering 모드에서 가속 시간 적용(전방, 측면 이동에 따른 계수 적용) •재실자간 보행 속력의 마찰로 인한 감속 계수 적용 •보행 밀도에 따른 속력 변화
위험성 분석	•화재 data에 따른 보행속력 또는 FED 분석불가	•FED 분석에 따른 화재와 인간의 상호작용 분석, 화재 data의 별도 입력	•화재 data에 따른 보행속력 또는 FED 분석불가, FDS 결과 입력 가능

평가 기준	●재실자의 피난시간과 별도 화재시뮬레이션 결과 비교	●화재 data의 입력을 통한 분석 가시거리에 따른 보행속력 감소와 FED분석을 통한 재실자의 피난 가능여부 판단	●재실자의 피난시간과 별도 화재시뮬레이션 결과 비교
공간 특성	●내부공간을 방, 복도 계단으로 구분	●Node에 의한 공간 구성 (1node당 1재실자 점유 가능)	●Mesh Triangle Space에 의한 공간구성
재실자 특성	●재실자타입(32가지), 하나의 재실자 타입에는 총 10가지 신체타입 가능 ●신체타입(몸통, 어깨크기): 나이 및 성별(average, elderly, children, male, female)의 대표값을 가지고 있음 ●재실자 구성비(성별, 나이 구성비)	●신체타입(성별, 나이, 몸무게, 키) ●재실자특성(민첩성, 충동성, 인내심, 유친 관계, 재실자 출구지식, 지도자 설정) ●행위모델(극한행동, 사회적 반응, 조급, 벽 근접, 의자 뛰어넘기, 복잡한 계단, 건물친숙도 등)	●신체타입(성별, 나이, 어깨너비) ●재실자 행동 (goto rooms, goto elevators, goto waypoint, simply waiting in place) ●재실자배치:개별적 지정, 그룹지정(Random/Uniform), 재실자수, 밀도 설정
재실자 이동 특성	●Distance map(목적지까지 최단거리) ●반응시간설정(3가지) ●보행속력(성별 및 나이에 따라 다름) ●사람과 사람간의 밀도 반영	●인지(피난선택요소:local familiarity all main exits, local potential, floor potential) ●반응시간(임의지정, 사용자 입력) ●보행속력(성별 및 나이에 따라 다름) ●이동성(mobility)설정 (0~1, 장애 정도가 높을수록 0에 가까움) ●출구유동율(Door Flow Rate)	●경로생성(Path Generation, Locally Quickest, Backtrack Prevention) ●반응시간(임의지정, 사용자 입력) ●보행속력(성별 및 나이에 따라 다름) ●재실자 이동(S F P E, Steering mode) ●출구유동율(Door Flow Rate)
화재 특성	● 'drill'모드로 간단하게 시뮬레이션 함	●위험모델(Upper,Lower: HCN, CO로 구성되며 Limit, Grad, Pow, Limit 4가지 값을 가짐) ●독가스에 대한 특성 PID, Cobb농도, REV	● 'drill'모드로 간단하게 시뮬레이션 함

Ⅲ. 현행 성능위주설계 문제점 도출: 선행연구 검토, 전문가 설문, 설계도서 분석, 화재·피난시물레이션을 통하여

3.1 선행연구 검토를 통한 성능위주설계 문제점 도출

성능위주설계 및 성능위주설계와 관련된 연구는 시물레이션, 법제도, 기타로 구분할 수 있으며, 그 세부 내용은 다음 표3-1과 같다.

시물레이션과 관련된 선행연구를 살펴보면 김운형 [24]은 사무소 건물의 거주밀도 분포와 피난시간 예측에서 거주밀도와 피난시간 사이의 상관성을 Simulex를 이용하여 분석 및 한계를 검토하였다. 이수경 [25]은 피난모델을 이용하여 피난모델을 이용한 대형할인매장의 화재시의 피난에 관한 연구를 수행 하였다. 박선호 [26]는 화재 시물레이션과 피난시물레이션의 기법에 대한 분석을 하였으며, 김우석 [27]은 숙박용도에 대한 피난적정성 검토를 통해 숙박시설에 대한 피난 및 연기유동 소프트웨어를 이용하여 피난 적정성을 판단, 개선방안을 제시하였다. 노승엽 [28]은 복합상영관 두 곳을 선정하여, 복합 상영관의 공간 구조와 화재 위험도를 분석한 후 피난 안전에 관련한 법규의 준수 여부를 토대로 일본 건축기준법에 의한 피난 계산법과 Simulex로 피난성능을 평가하였다. 김하영 [29]은 복합상영관 화재 및 피난 시물레이션을 통해 화재영향평가를 수행하였으며, 최용석 [30]은 대규모 실내경기장을 대상으로 FDS등 응용시물레이션을 실행하여 열기와 기류의 거동을 피난대피시간과 비교하여 검토하였다. 이를 통해 인명안전기준을 검증하고자 하였다. 또한 김혜진

[31]은 초고층 주상복합 아파트를 중심으로 시나리오 설정을 평가·분석하였다. 시나리오 설정 시 입력 요소를 분석하고, 모델링 사용 경향을 파악하기 위해 AHP기법을 활용하여 입력요소를 지수화 하였다.



표 3-1. 선행연구 분석결과

구 분	저자	논 문 제 목	주 요 내 용
시 물 레 이 션	김운형 외 (1999)	피난모델의 검토 - Simulex	사무소 건물의 거주밀도 분포와 피난시간 예측에서 거주밀도와 피난시간 사이의 상관성을 Simulex를 이용하여 분석 및 한계를 검토
	이수경 외 (2000)	피난 모델을 이용한 대형할인매장의 화재 시 피난에 관한 연구	피난 모델을 이용한 대형할인매장의 화재시의 피난에 관한 연구
	박선호 외 (2001)	성능위주 소방 설계를 위한 공학적 접근에 관한 연구	화재 시뮬레이션과 피난시뮬레이션의 기법에 대한 분석
	김우석 외 (2003)	숙박용도에 대한 피난 적정성 검토에 관한 연구	숙박용도에 대한 피난적정성 검토를 통해 숙박시설에 대한 피난 및 연기유동 소프트웨어를 이용하여 피난 적정성을 판단, 개선방안을 제시
	노승엽 외 (2005)	국내 복합 상영관의 피난 안전 성능 평가에 관한 연구	복합상영관 두 곳을 선정하여, 복합 상영관의 공간 구조와 화재 위험도를 분석한 후 피난 안전에 관련한 법규의 준수 여부를 토대로 일본 건축 기준법에 의한 피난 계산법과 Simulex로 피난성능을 평가
	김하영 외 (2007)	복합상영관 화재위험성 평가에 관한 연구	복합상영관 화재 및 피난 시뮬레이션을 통해 화재영향평가를 수행
	최용석 외 (2011)	대규모 실내경기장의 성능위주 방재계획에 관한 연구	대규모 실내경기장을 대상으로 FDS등 응용 시뮬레이션을 실행하여 열기와 기류의 거동을 피난대피시간과 비교하여 검토하였다. 이를 통해 인명안전기준을 검증
	김혜진 외 (2012)	화재 및 피난 시나리오의 요소별 중요도 분석을 통한 평가 지수화에 관한 연구	초고층 주상복합 아파트를 중심으로 시나리오 설정을 평가·분석하였다. 시나리오 설정 시 입력 요소를 분석하고, 모델링 사용 경향을 파악하기 위해 AHP기법을 활용하여 입력요소를 지수화

법 · 제 도	이용재 외 (2000)	고층 공동주택의 피난특성 및 관련법규정에 관한 연구	고층 공동주택의 화재시에 대한 피난 특성을 분석하고, 한국, 미국, 일본의 피난관련 법 규정의 비교분석을 통해 개선안을 제시
	김환진 외 (2003)	성능위주의 설계를 위한 성능기준에 관한 연구	성능기준에 대한 국외 법규 및 자료를 검토하여, 참고자료를 제시하였으며, 기준의 범위에 대한 검토를 실시
	차종호 (2005)	성능위주 소방 설계의 국내법규와의 연관성 연구	외국사례를 통해 성능위주설계를 도입할 때 우선적으로 소방법에 도입되어야 할 사항을 제시
	김원국 (2006)	성능위주소방설계 개념 및 적용 방안	성능위주설계의 개념 및 국내의 적용방안에 대한 연구를 실시
	최준호 외 (2006)	고층 주상복합 건축물의 피난 안전을 위한 국내외 법규사례 분석 및 개선방향에 관한 연구	고층 주상복합 건축물의 피난 안전을 위한 국내외 법규사례 분석 및 개선방향에 관한 연구에서 고층 주상복합 건축물의 화재 안전과 관련된 법규의 불합리한 점을 분석하고 외국의 관련 규정과 비교 검토하여 개선방향을 도출
	황은경 외(2007)	건축물 화재안전 규정간 문제점 도출에 관한 연구	건축물 화재안전 규정간의 비교 검토를 통해 문제점을 도출
	이수경 외 (2007)	사례를 통한 다중이용업의 피해원인 분석 및 대책에 관한 연구	사례분석을 통해 화재원인을 분석하고, 시뮬레이션을 통해 건축물 안전성에 대한 대책을 도출
	이종영 외 (2010)	성능위주소방설계의 법적문제 및 개선방안	성능위주설계의 법적문제를 검토하고 개선방안을 제시하기 위해 관련 현행법령을 분석
	김일권 외 (2011)	초고층건축물의 화재안전설계를 위한 관련법령조사에 관한 연구	초고층 건축물 위주의 국외 사례를 조사하여, 국내 법규와 비교 및 분석하였고, 문제점에 대한 개선방향을 도출
	박준 외 (2012)	성능위주 화재안전설계를 위한 화재 시나리오 개발	‘화재발생’, ‘발화’, ‘화재성장’, ‘연기이동’, ‘감지 및 대피’, ‘소방대 개입 및 진압’의 6개 시나리오를 도출

법 · 제 도	김수연 외 (2012)	방재시설의 성능위주설계 요소의 사례연구	성능위주설계 요소를 실제 적용한 사례 및 실무상의 장애요소를 파악하여 개선방안을 제시
	김효근 외 (2012)	성능위주 화재안전설계를 위한 화재 시나리오 검증	성능위주설계 화재시나리오 검증을 위해 기존의 화재 사례를 분석하고, 화재시나리오와의 비교를 통해 실용 가능성에 대한 연구를 진행
	이창욱 (2013)	초고층건물의 성능위주설계의 질적 향상과 피난안전성 확보를 위한 제연시스템에 대한 연구	한국과 일본의 성능위주설계 제도를 비교하고, 건축방재 및 소방시스템 분야의 비중, 성능위주설계의 발전방향 도출
	이세명 (2014)	피난안전성평가를 위한 건축요소의 공학적 분석기법에 관한 연구	국내 성능위주설계 사례 조사를 통해 화재위험 예측과정의 문제점을 분석하고, 향후의 개선방안을 제시
	민병렬 외 (2014)	특집기사 : 국내,외 화재안전 성능설계 규정 현황과 향후 과제	국내·외 성능위주설계 규정 현황을 조사하고 향후 국내의 화재 설계 규정의 방향을 고찰
	고송 (2015)	성능위주설계의 문제점 및 개선방안에 관한 연구	현행 성능위주의 문제점을 참고문헌조사와 소방전문가대상 설문조사를 통해 도출하고 개선방안을 도출
	구태윤 외 (2017)	한국의 성능위주설계 개선을 위한 각국의 기준 조사	피난안전검증 시 문제점 개선을 위해 국외 기준 검토
	김인태 외 (2017)	성능위주설계 제도 개선에 관한 연구	전문가 설문을 통해 성능위주설계 관련 문제점 및 개선방안 도출
	정해민 외 (2017)	전문가 설문조사를 통한 성능위주 소방설계 개선방안 도출	전문가 설문을 통해 성능위주설계 관련 문제점 및 개선방안 도출
	이창욱 외 (2017)	성능위주설계의 문제점 해결을 위한 개선방향과 사례	현행 성능위주설계의 문제점을 도출하고 개선방안을 도출
	남준석 (2017)	성능위주설계의 운영현황과 개선방향	성능위주설계의 운영현황 분석을 통해, 개선방안을 도출

기 타	서동갑 외 (1991)	초고층 아파트의 화재안전성에 관한 건축 계획적 연구	초고층 아파트의 화재안전성에 관한 건축 계획적 연구를 통 해 화재 안전계획에 필요한 기초적 자료를 제시하고, 화재 안전 계획 시에 고려되어야 할 사항을 제시
	사공성호 (2002)	성능위주소방설계에 필요한 시험에 관한 연구	사양위주설계를 위한 시험과 성능위주설계를 위해 새로운 시 험의 종류 및 성격 소개, 비교, 분석
	박재성 외 (2002)	건축물의 피난안전에 관한 국가 간 기준 비교 연구	건축물의 피난안전에 관한 국가 간 기준 비교 연구를 통해 합리적인 피난안전 기준을 위한 자료를 조사 분석
	김대희 외 (2007)	건축물 피난관련 연구동향 및 특성에 관 한 연구	기존 연구 분석을 통해 향후 연구방향에 대한 기초자료를 제시
	정수영 외 (2010)	성능 위주 설계를 위한 피난 시간 계산	국내 실정에 맞는 데이터베이스가 부족하다 판단하여, 피난 시물 레이션 프로그램인 FDS(Fire Dynamic Simulator) 및 Simulex를 사용하여 스프링클러설비의 소요 수량 설계를 적용한 사례를 분석
	윤명오 외 (2010)	성능위주설계를 위한 화재감지기 배치의 공학적 연구	화재감지기를 최적의 위치 및 거리를 도출할 수 있는 식을 개발하고, 시뮬레이터를 제작하였으며, 화재감지기를 성능위 주설계에 적용하기 위한 연구를 실시
	최용석 외 (2011)	지하 공연시설의 성능위주 방재계획에 관 한 연구	사양설계기준에 맞춰 계획된 공연장을 대상으로 성능위주설 계 사항에 해당하는 방재 계획을 검토
	장원복 외 (2011)	부산00타워 소방시설 등의 성능위주설계 사례	부산의 성능위주설계 심의 사례를 분석하여 문제점 도출
	김학범 외 (2011)	성능위주설계를 위한 ETA 기법 활용 고 찰	성능위주설계에 적용하기 위한 ETA(Event Tree Analysis)기법에 대한 연구를 진행하였으며, 이 기법을 활용해 화재 · 피난 시물레 이션을 통한 수행으로 사망자수를 도출하는 방안에 대한 연구

기 타	김형준 외 (2013)	성능기반 화재안전설계를 위한 침실 공간 에서의 실 화재 실험	실 규모 화재 실험을 통해 구획 공간에서의 화재성장과 화재 크기를 제시
	김경화 외 (2013)	화재모델링 예측성능 개선을 위한 이온화 식 연기감지기의 장치물성 측정	연기감지기의 정확한 장치물성 측정을 위한 FDE(Fire Detector Evaluator)를 제작하여 시간지연법이 적용된 모델 의 물리적 입력 변수를 측정



법제도적 검토를 통한 문제점 및 개선방안을 도출한 연구를 살펴보면 이용재 [32]는 고층 공동주택의 화재 시에 대한 피난 특성을 분석하고, 한국, 미국, 일본의 피난관련 법 규정의 비교분석을 통해 개선안을 제시하였다.

김환진 [33]은 성능기준에 대한 국외 법규 및 자료를 검토하여, 참고 자료를 제시하였으며, 기준의 범위에 대한 검토를 실시하였다. 검토한 성능기준에는 열적 영향, 시계, 독성에 의한 영향, 소방관 인명안전 성능 기준, 재산보호 성능기준 등이 있다.

차중호 [34]는 외국사례를 통해 성능위주설계를 도입할 때 우선적으로 소방법에 도입되어야 할 사항을 제시하였으며, 도출된 도입되어야 할 사항으로는 소화설비의 수원량, 옥내소화전설비의 방수구, 스프링클러설비의 수리계산, 스프링클러설비의 살수반경과 살수밀도, 자동화재 탐지설비의 감지기 설치기준, 자동화재 탐지설비의 음향장치 설치기준, 제연설비에 관한 설치기준, 급기가압제연설비의 차압 등이 있다.

김원국 [35]은 성능위주설계의 개념 및 국내의 적용방안에 대한 연구를 실시하였으며, 최준호 [36]는 고층 주상복합 건축물의 피난 안전을 위한 국내외 법규사례 분석 및 개선방향에 관한 연구에서 고층 주상복합 건축물의 화재 안전과 관련된 법규의 불합리한 점을 분석하고 외국의 관련 규정과 비교 검토하여 개선 방향을 도출함으로서 국내의 고층 주상복합 건축물의 계획 시에 재실자의 피난안전을 위한 방향을 제시하였다.

황은경 [37]은 건축물 화재안전 규정간의 비교 검토를 통해 문제점을 도출하였다. 이수경 [38]은 사례분석을 통해 화재원인을 분석하고, 시뮬레이션을 통해 건축물 안전성에 대한 대책을 도출하였다.

이종영 [39]은 성능위주설계의 법적문제를 검토하고 개선방안을 제시하기 위해 관련 현행 법령을 분석하였으며, 김일권 [40]은 초고층 건축물

위주의 국외 사례를 조사하여, 국내 법규와 비교·분석하였고, 문제점에 대한 개선방향을 도출하였다.

박준 [41]은 ‘화재발생’, ‘발화’, ‘화재성장’, ‘연기이동’, ‘감지 및 대피’, ‘소방대 개입 및 진압’의 6개 시나리오를 도출하였다.

김수연 [42]은 성능위주설계 요소를 실제 적용한 사례 및 실무상의 장애요소를 파악하여 개선방안을 제시하고자 하였다. 김효근 [43]은 성능위주설계 화재시나리오 검증을 위해 기존의 화재 사례를 분석하고, 화재시나리오와의 비교를 통해 실용 가능성에 대한 연구를 진행하였다.

이창욱 [44]은 한국과 일본의 성능위주설계 제도를 비교하고, 건축방재 및 소방시스템 분야의 비중, 건축방재의 분야, 소방시스템의 분야, 성능위주설계의 발전방향을 제시하였다. 이세명 [45]은 국내 성능위주설계 사례 조사를 통해 화재위험 예측과정의 문제점을 분석하고, 향후의 개선방안을 제시하였다. 민병렬 [46]은 국내·외 성능위주설계 규정 현황을 조사하고 향후 국내의 화재 설계 규정의 방향을 고찰하였다.

고송 [47]은 현행 성능위주의 문제점을 참고문헌 조사와 소방전문가 대상 설문조사를 통해 도출하고 개선방안을 도출하였다. 구태운 [48]은 한국의 피난안전검증 시 나타난 문제점 도출과 성능설계지침서 및 개선을 위한 국외기준 조사를 실시하였다.

김인태 [49], 정혜민 [50]은 전문가 설문조사를 통해 성능위주설계 제도 개선에 관한 연구를 수행하였으며, 또한 이창욱 [51], 남준석 [52]은 현행 성능위주설계의 운영현황 분석을 통해 문제점과 개선방안에 대한 도출을 실시하였다. 또한 추가적인 연구로서 서동갑 [53]은 초고층 아파트의 화재안전성에 관한 건축 계획적 연구를 통해 화재 안전계획에 필요한 기초적 자료를 제시하고, 화재안전 계획 시에 고려되어야 할 사항을

제시하였다.

사공성호 [54]는 사양위주설계를 위한 시험과 성능위주설계를 위해 새로운 시험의 종류 및 성격 소개, 비교, 분석하였다.

박재성 [55]은 건축물의 피난안전에 관한 국가 간 기준 비교 연구를 통해 합리적인 피난안전 기준을 위한 자료를 조사 분석하였으며, 김대희 [56]는 기존 연구 분석을 통해 향후 연구방향에 대한 기초자료를 제시하였으며, 정수영 [57]은 국내 실정에 맞는 데이터베이스가 부족하다 판단하여, 피난 시뮬레이션 프로그램인 FDS(Fire Dynamic Simulator) 및 Simulex를 사용하여 스프링클러설비의 소요 수량 설계를 적용한 사례를 분석하였다.

윤명오 [58]는 화재감지기의 최적의 위치 및 거리를 도출할 수 있는 식을 개발하고, 시뮬레이터를 제작하였으며, 화재감지기를 성능위주설계에 적용하기 위한 연구를 실시하였다. 또한 최용석 [59]은 사양설계기준에 맞춰 계획된 공연장을 대상으로 성능위주설계 사항에 해당하는 방재 계획을 검토하였다.

장원복 [60]은 부산의 성능위주설계 심의 사례를 분석하여, 문제점을 도출하였다. 김학범 [61]은 성능위주설계에 적용하기 위한 ETA(Event Tree Analysis)기법에 대한 연구를 진행하였으며, 이 기법을 활용해 화재·피난 시뮬레이션을 통한 수행으로 사망자수를 도출하는 방안에 대한 연구를 진행하였다. 김형준 [62]은 실 규모 화재 실험을 통해 구획 공간에서의 화재성장과 화재크기를 제시하였다.

김경화 [63]는 연기감지기의 정확한 장치물성 측정을 위한 FDE(Fire Detector Evaluator)를 제작하여 시간지연법이 적용된 모델의 물리적 입력 변수를 측정하였다. 선행연구 분석결과 국내 성능위주설계관련 연구의 경우 화재 및 피난시뮬레이션을 이용하여 피난적정성에 관련된 연구

를 수행하고, 기존의 소방대상물에 성능위주설계를 적용 하였을 때의 효과 검증, 국외와의 비교, 문제점 분석 개선방안을 제시하는 연구가 주로 이루고 있는 것으로 나타났으며, 아직 성능위주설계를 위한 다양한 요소들을 결합하여 그 개선방안을 명확히 제시하고 있는 연구는 부족한 것으로 조사되었다.

선행연구를 통해 성능위주설계의 주요 문제점을 살펴보면 다음 표와 같다. 성능위주설계관련 문제점은 크게 법·제도적 측면, 시뮬레이션 방법, 시뮬레이션 검증 방법으로 구분할 수 있다.

표 3-2. 선행연구 분석을 통한 성능위주설계 문제점

성능위주설계 관련 문제점	
법·제도적 측면	- 피난관련 규정의 개선(보행거리, 비상용 승강기 설치기준 등) - 성능기준의 개발 및 인명안전기준의 부 적절성 - 건축심의회와 사전재난영향성평가 이중 검토 - 건축법과 소방법의 이원화적 구성 - 성능위주설계 대상건축물 부적절
시뮬레이션 수행방법	- 화재시뮬레이션의 정확성 - 화재시뮬레이션 입력값 및 격자크기 선정 - 피난시뮬레이션 입력값 기준 부재 - 건물의 특성을 고려하지 않은 시나리오 적용 - 화재시뮬레이션 시 고려사항의 미흡(스프링클러, 제연설비, 출입문 개방 등) - 발열량과 화재성장률에 대한 규정 부재 - 수용인원 규정에 대한 차이
시뮬레이션 검증방법	- 성능위주설계 검증방법 부재 - 설계의 자격요건 부 적절성 - 평가단으로 임명된 위원들의 검토의견의 불일치성(법적 범위 넘어섬 등) - 평가단이 검토하여야할 사항 등에 대한 명확한 기준이 없음.

3.2 전문가 설문을 통한 성능위주설계 문제점 도출

3.2.1. 설문조사 방법과 절차 [69]

성능위주설계와 관련된 다양한 요소들에 대한 문제점을 도출하기 위해 성능위주설계관련 전문가 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 부산, 대구 등 영남권 소방공무원, 부산과 서울, 대구의 소방엔지니어, 부산지역 소방 관련 업체 대표, 교수 등을 대상으로 실시하였다.

소방공무원과 소방엔지니어를 주요 설문대상으로 무작위로 선정하였고, 총 설문대상자 400명 중 365명이 응답하였다.

표 3-3. 설문응답자 현황 [69]

설문 응답자 구분	응답자 수
소방학과 교수	14
소방공무원	160
소방관련업체 종사자	44
소방관련 엔지니어 (기술사, 기사, 관리사 등)	114
소방관련학과 학생	33
계	365

응답자는 위 표와 같이 소방공무원 160명, 소방엔지니어 114명, 소방학과 교수 14명, 소방관련업체 종사자 44명, 소방관련학과 학생 33명을 대상으로 실시하였으며, 조사방법은 설문내용을 설명한 후 직접 설문과 이메일을 통한 설문조사를 병행하여 실시하였다.

설문조사의 문항은 아래 표와 같이 총 55개의 문항으로 구성되어 있으며, 각 문항은 설문응답자의 인적사항에 대한 3개의 항목, 성능위주설계 인지도와 관련된 4개의 문항, 성능위주설계 설계대상과 관련된 6개의 문항, 성능위주설계 설계자의 자격 및 평가단에 관련된 11개의 문항, 성능위주설계와 관련된 교육에 관한 7개의 문항, 성능위주설계 프로그램 및 시뮬레이션 결과 해석방법에 대한 9개의 문항, 그리고 실시효과, 학습정도 등과 같은 기타 15개의 문항으로 구성되었다.

표 3-4. 설문지 문항 구성 [69]

분류	세부 내용	문항수
대상자의 특성관련	종사분야, 전공, 종사기간	3
성능위주설계 인지도 관련	정의, 시행시기, 시행의 적합여부	4
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

설문대상자의 전공은 아래 그림과 같이 소방이 전체 365명 중 191명으로 가장 많았고, 기계공학, 전기공학, 건축공학, 화학공학, 안전공학의 순이었다. 설문대상자의 업무분야 종사기간은 아래 그림과 같이 조사되었다.

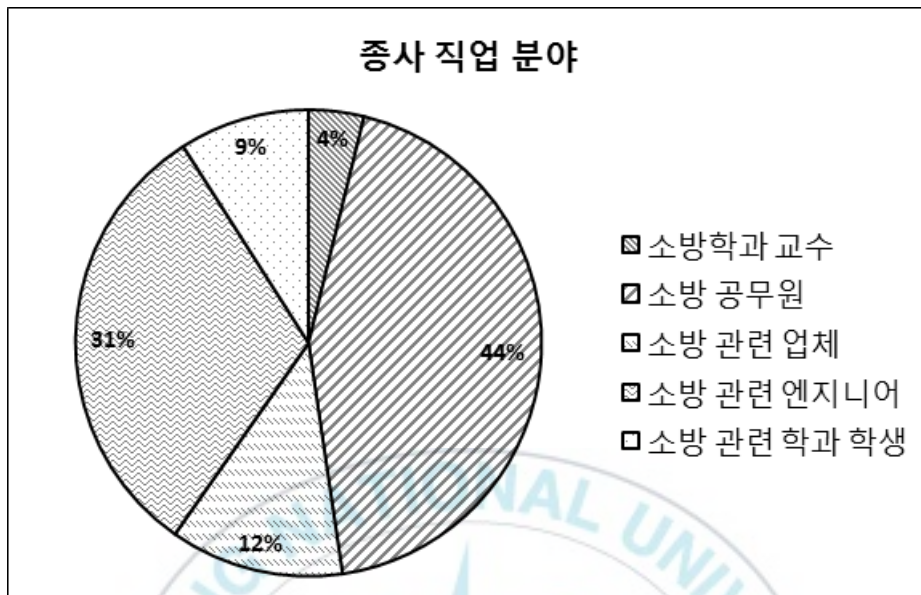


그림 3-1. 설문응답자의 종사업종 분포 [69]

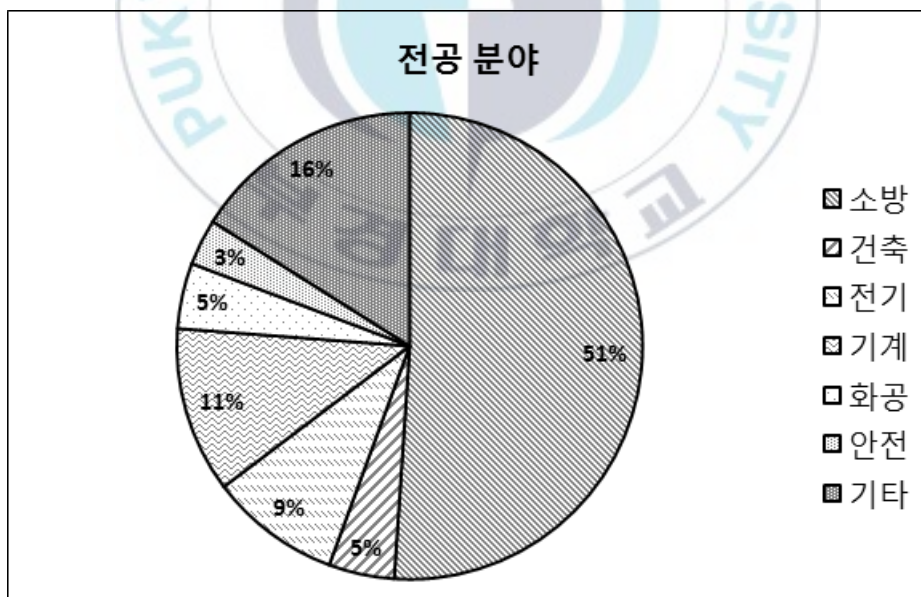


그림 3-2. 설문응답자의 전공분야 분포 [69]

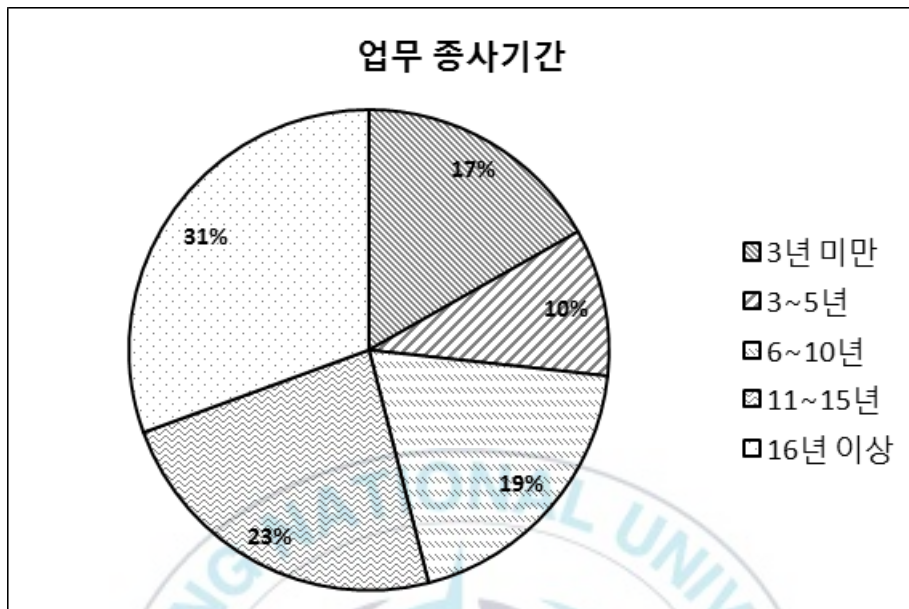


그림 3-3. 설문응답자의 업무 종사기간 분포 [69]

3.2.2. 전문가 설문을 통한 문제점 도출 [69]

성능위주설계와 관련된 설문조사 결과를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 “성능위주설계 대상에 대해 알고 있습니까?” 라는 질문에 전체 응답자의 51%가 알고 있다고 응답하였으며, 모르거나 들어본 적 있다고 응답한 응답자가 전체의 49%로 절반에 가까운 응답자가 성능위주설계 대상 건축물에 대해 알고 있지 못하는 것으로 나타났다.

직업군에 따른 응답을 살펴보면, 소방관련 엔지니어의 82%가 성능위주설계 대상을 알고 있다고 응답하여 성능위주설계 대상에 대한 인식정도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 소방관련업체 종사자(47%), 소방공무원(40%), 소방학과 교수(31%) 순으로 나타나 소방관련 엔지니어를 제외한 다른 직업군은 성능위주설계 대상에 대한 인식정도가 매우 낮은 것으로 나타났다.

또한 “성능위주 설계대상이 적절하다고 생각하십니까?” 라는 질문에 적절하다는 응답은 전체의 35%에 불과하였으며, 48%의 응답자가 설계대상을 강화하여 적용할 필요가 있다고 응답한 것으로 나타났다.

특히 성능위주설계 대상에 대한 인식도가 가장 높게 나타난 소방관련 엔지니어 분야에서 성능위주설계대상이 적절하다는 의견은 21%에 불과한 것으로 나타났으며, 설계대상을 강화할 필요가 있다는 의견이 31%, 적절하지 않다는 의견이 40%로 나타나 현행 성능위주설계 대상 건축물의 강화가 필요한 것으로 나타났다.

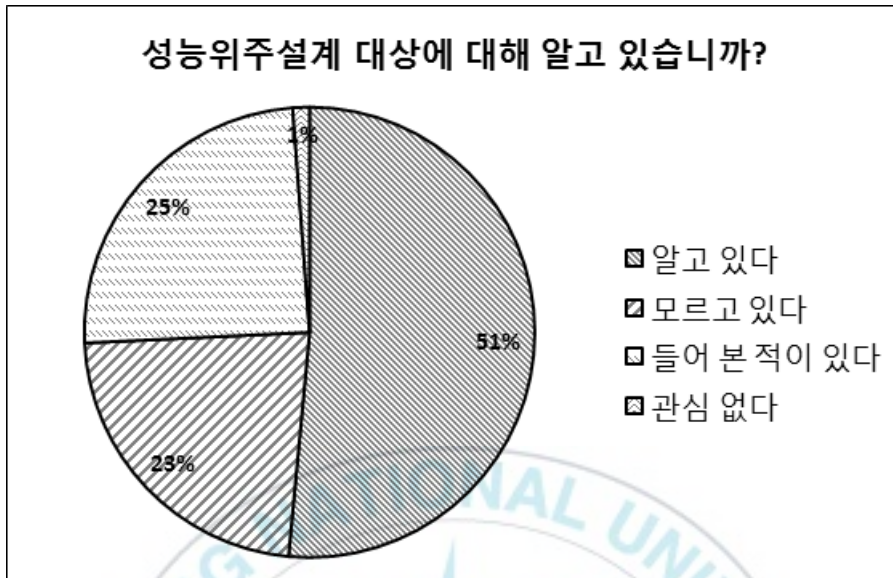


그림 3-4. 성능위주설계 대상 인지여부에 대한 설문 결과 [69]

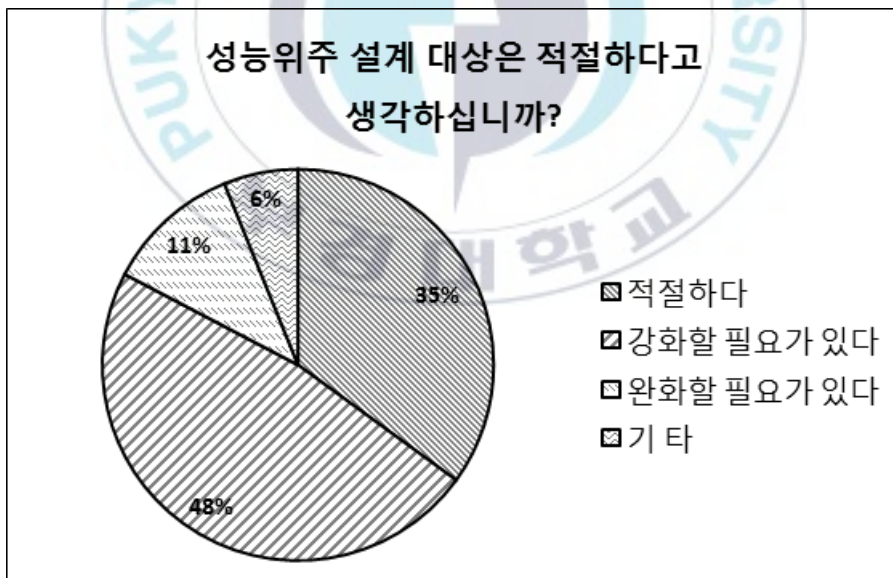


그림 3-5. 성능위주설계 대상 적절성 여부에 대한 설문 결과 [69]

표 3-5. 성능위주설계 대상 인지여부 및 대상설정 적절성에 대한 직업별
설문응답 분포

성능위주설계 대상에 대해 알고 있습니까?					
	알고 있다	모르고 있다	들어 본 적이 있다	관심 없다	
소방학과 교수	31 %	46 %	23 %	0 %	
소방공무원	40 %	27 %	32 %	1 %	
소방관련 업체	47 %	18 %	34 %	1 %	
소방관련 엔지니어	82 %	6 %	12 %	0 %	
소방관련 학과학생	7 %	64 %	25 %	4 %	
성능위주설계대상은 적절하다고 생각하십니까?					
	적절하다	대상을 강화	대상을 완화	기 타	적절하지 않다
소방학과 교수	16 %	32 %	5 %	5 %	42 %
소방공무원	26 %	26 %	6 %	6 %	36 %
소방관련 업체	9 %	21 %	12 %	12 %	46 %
소방관련 엔지니어	21 %	31 %	4 %	4 %	40 %
소방관련 학과학생	4 %	30 %	9 %	9 %	48 %

성능위주설계대상인 특정 소방대상물의 범위는 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 제 15조의 3에 의해, 아래와 같이 규정하고 있다 [6].

표 3-6. 특정소방대상물의 범위

-
1. 연면적 20만 제곱미터 이상인 특정소방대상물, 다만 별표 2 제1호에 따른 공동주택 중 주택으로 쓰이는 층수가 5층 이상인 주택(이하 이 조에서 “아파트 등”이라 한다)은 제외한다.
 2. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 특정소방대상물. 다만, 아파트 등은 제외한다.
 - 가. 건축물의 높이가 100미터 이상인 특정소방대상물
 - 나. 지하층을 포함한 층수가 30층 이상인 특정소방대상물
 3. 연면적 3만 제곱미터 이상인 특정소방대상물로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 특정소방대상물
 - 가. 별표 2 제6호 나목의 철도 및 도시철도 시설
 - 나. 별표 2 제6호 다목의 공항시설
 4. 하나의 건축물에 「영화 및 비디오물의 진흥에 관한 법률」 제2조제10호에 따른 영화상영관이 10개 이상인 특정소방대상물
-

위 표의 1항과 같이 공동주택 중 주택으로 쓰이는 층수가 5층 이상인 주택(아파트)을 성능위주설계의 대상에서 제외하고 있다. 하지만 아래 그림과 같이 2016년 화재통계를 살펴보면 전체 화재는 43,413 건 발생하였으며 이중 27%인 11,541 건이 주거시설에서 발생한 것으로 나타났다 [64]. 인명피해의 경우 전체 2,024 명의 인명피해가 발생하였으며, 이중 44%인 884 명이 주거시설 화재로 인해 발생한 인명피해로 나타나, 화재 발생에 따른 인명피해의 가능성이 비 주거시설 보다 큰 것으로 나타났다.

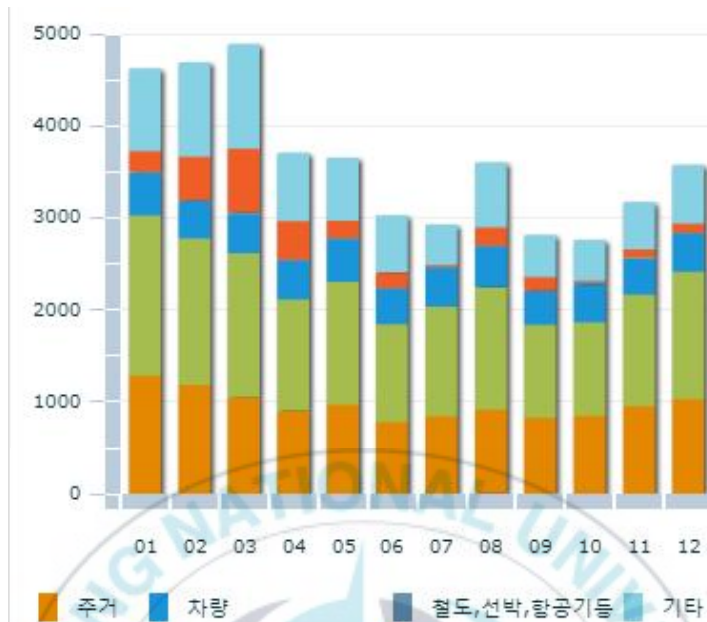


그림 3-6. 2016년 화재 통계 (출처 : 소방청 국가화재정보시스템)

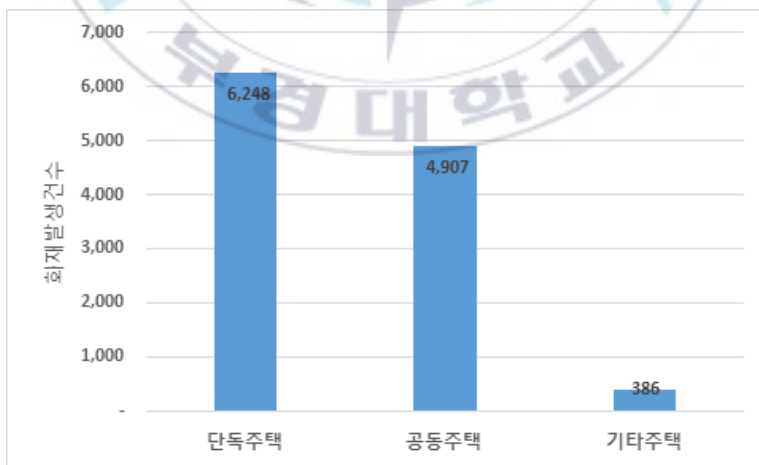


그림 3-7. 2016년도 주거시설 내 화재발생 건수 (출처 : 소방청 국가화재정보시스템)

또한 주거시설에서 발생한 화재의 비율을 살펴보면 단독주택에서 6,248 건, 공동주택에서 4,907 건이 발생하는 것으로 나타나 공동주택에서의 화재발생건수가 43 %를 차지하는 것으로 나타났다. 특히 초고층 아파트의 경우 많은 사람들이 밀집하여 있고 피난 동선이 길기 때문에 그 위험성이 매우 크며, 그 건설이 지속적으로 증가하고 있다는 점을 고려하였을 때, 성능위주설계 대상건축물에서 제외하는 것에 대한 개선이 필요하다.

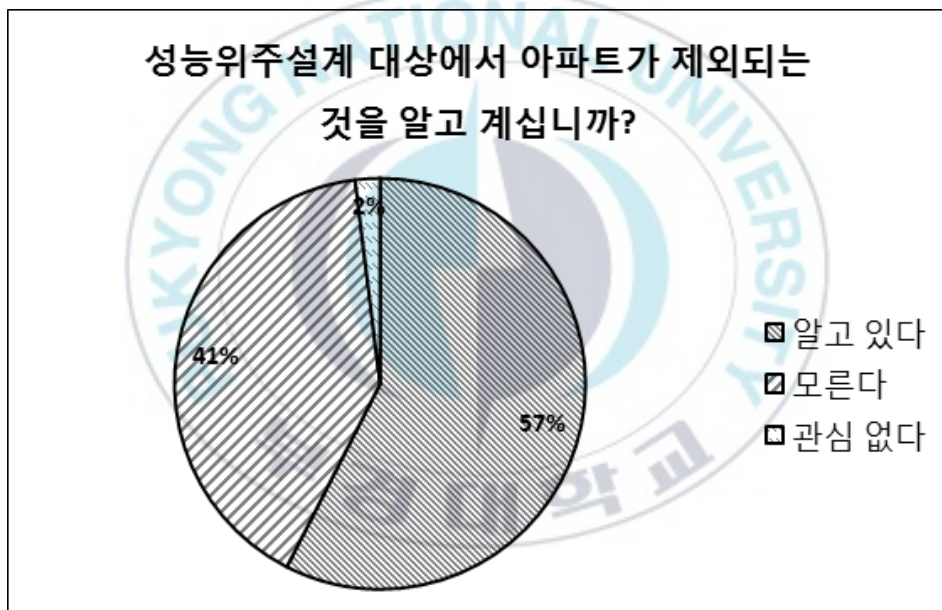


그림 3-8. 성능위주설계 대상에서 아파트 제외에 대한인지도 설문조사 결과

[69]

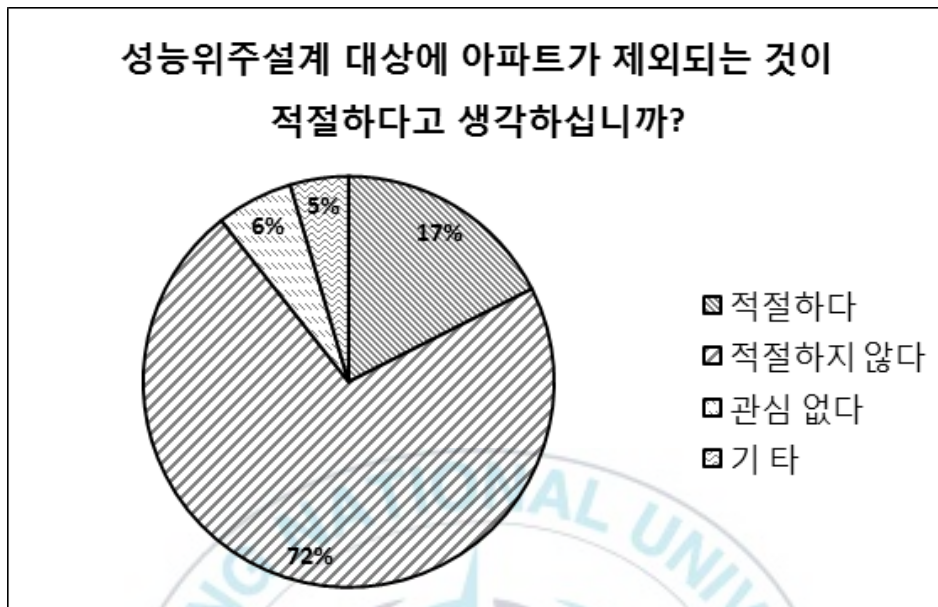


그림 3-9. 성능위주설계 대상에 아파트가 제외되는 것의 적절성에 대한 설문조사 결과 [69]

표 3-7. 성능위주설계 대상에서 아파트가 제외되는 것에 대한 설문조사 직업 별 교차분석 결과

성능위주설계대상에서 아파트가 제외된 것을 알고 계십니까?				
	알고 있다	모른다	관심 없다	
소방학과 교수	43 %	50 %	7 %	
소방공무원	51 %	47 %	2 %	
소방관련 업체	66 %	30 %	44 %	
소방관련 엔지니어	80 %	20 %	0 %	
소방관련 학과학생	9 %	85 %	6 %	
성능위주설계대상에 아파트가 제외되는 것이 적절하다고 생각하십니까?				
	적절하다	적절하지 않다	관심 없다	기 타
소방학과 교수	15 %	77 %	8 %	0 %
소방공무원	18 %	74 %	8 %	0 %
소방관련 업체	22 %	66 %	2 %	10 %
소방관련 엔지니어	18 %	75 %	3 %	4 %
소방관련 학과학생	9 %	56 %	13 %	22 %

설문조사에서도 “아파트가 성능위주 설계의 대상에서 제외된 것이 적절 한가”에 대한 문항에 전체 응답자의 72 %가 적절하지 않다고 응답했다.

직업별 응답을 살펴보면 성능위주설계대상에서 아파트가 제외된 것을 알고 있다는 응답은 소방관련 엔지니어의 80 %와 소방관련 업체의 66 %, 소방공무원 51 %, 소방학과 교수 43 %, 소방관련 학과 학생 9 %로 나타났다. 이 중 성능위주설계대상에서 아파트가 제외된 것이 적절하지 않다고 생각하는 의견은 소방관련 엔지니어 75 %, 소방공무원 74 %, 소방관련 업체 66 %로 나타나, 성능위주설계대상에서 아파트가 제외된 사실을 설문 응답자의 과반이상이 인지하고 있는 직업군에서 아파트가 제외된 것이 적절하지 않다는 의견이 높게 나타났다.

성능위주설계 대상 관련 설문결과를 요약하면, 현재 성능위주설계 대상건축물의 설정은 적절하지 않으며, 특히 아파트를 포함한 그 적용건물에 대한 보다 세부적인 고찰이 필요할 것으로 판단된다.

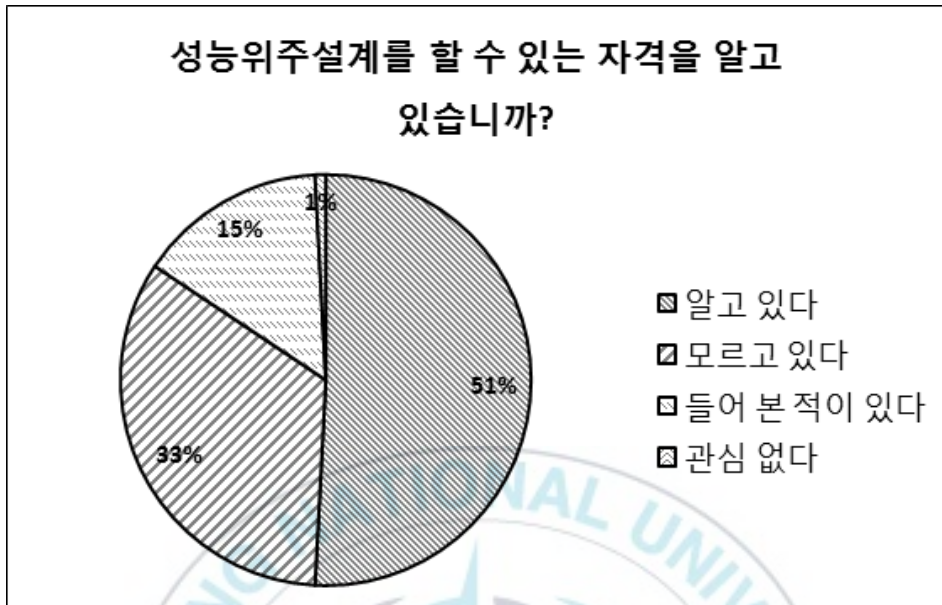


그림 3-10. 성능위주설계 자격요건의 인지도에 대한 설문조사 결과 [69]

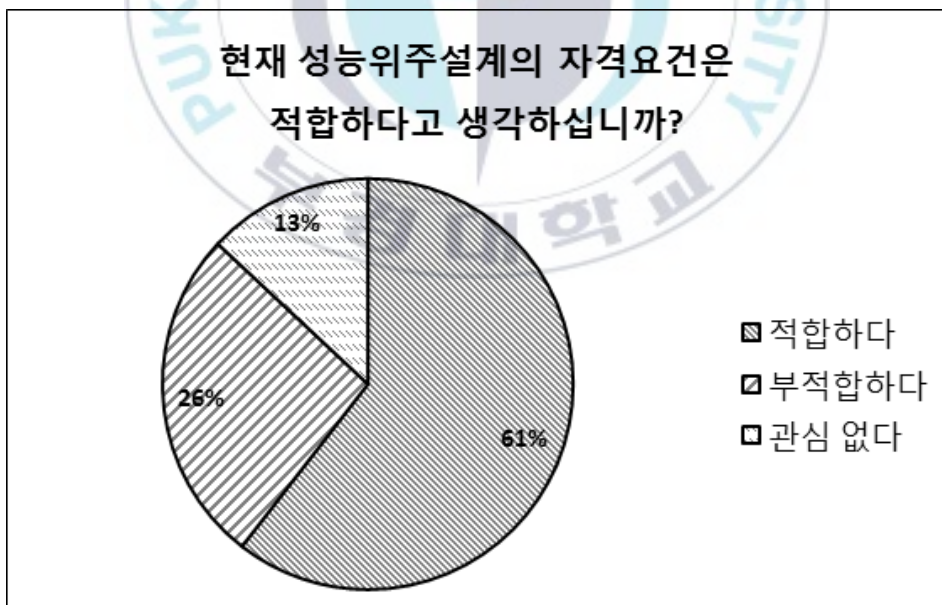


그림 3-11. 성능위주설계 자격요건의 적합성에 대한 설문조사 결과 [69]

표 3-8. 성능위주설계 자격요건에 대한 설문조사 직업 별 교차분석 결과

성능위주설계를 할 수 있는 자격을 알고 있습니까?				
	알고 있다	모르고 있다	들어 본 적이 있다	관심 없다
소방학과 교수	36 %	36 %	28 %	0 %
소방공무원	37 %	41 %	20 %	2 %
소방관련 업체	49 %	23 %	28 %	0 %
소방관련 엔지니어	86 %	12 %	2 %	0 %
소방관련 학과학생	6 %	82 %	9 %	3 %
현재성능위주설계의 자격요건은 적합하다고 생각하십니까?				
	적합하다	부적합하다	관심 없다	
소방학과 교수	55 %	36 %	9 %	
소방공무원	61 %	25 %	14 %	
소방관련 업체	50 %	34 %	16 %	
소방관련 엔지니어	71 %	25 %	4 %	
소방관련 학과학생	22 %	22 %	56 %	

다음으로 성능위주설계의 평가단 및 설계자의 자격요건에 대한 설문조사결과를 살펴보면, 성능위주설계를 할 수 있는 자격을 알고 있다는 응답은 전체의 51%, 성능위주설계 평가단 자격요건을 알고 있다는 응답은 전체의 30%인 것으로 나타나, 성능위주설계의 자격요건과 평가단에 대한 인식정도가 부족한 것으로 나타났다. 또한 성능위주설계를 위한 자격요건이 적합하다고 생각하는 응답이 전체의 61%를 차지하는 것으로 나타났으며, 부적합하다고 생각하는 응답도 전체의 26%로 나타났다.

특히 직업별 설문조사 결과를 살펴보면, 소방관련 엔지니어의 86%가 성능위주설계 자격요건을 알고 있는 것으로 나타났으며, 그 외 직업군은 모두 50%미만인 것으로 나타났다. 자격요건에 대한 인식도가 가장 높은 소방관련 엔지니어의 경우 현재 성능위주설계의 자격요건이 부적합하다는 의견이 전체의 25%로 나타났으며, 소방관련 업체의 경우 성능위주설계의 자격요건을 알고 있다는 의견이 전체의 49%, 부적합하다는 의견이 전체의 34%인 것으로 나타났다.

즉, 아래 표와 같이 소방기술사 2명 이상과 전문소방시설 설계업을 등록한 자로 규정하고 있는 성능위주설계자의 자격을 대부분의 응답자가 적합하다고 판단할 수 있는 정도의 기준으로 상향시킬 필요가 있을 것으로 판단된다.

표 3-9. 성능위주설계자의 자격 및 기술인력

성능위주설계자의 자격	기술인력	설계범위
법 제4조에 따라 전문 소방시설설계업을 등록한 자 전문 소방시설설계업 등록기준에 따른 기술인력을 갖춘 자로서 소방청장이 정하여 고시하는 연구기관 또는 단체	소방 기술사 2명 이상	「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 제 15조 3에 따라 성능위주설계를 하여야 하는 특정소방대상물

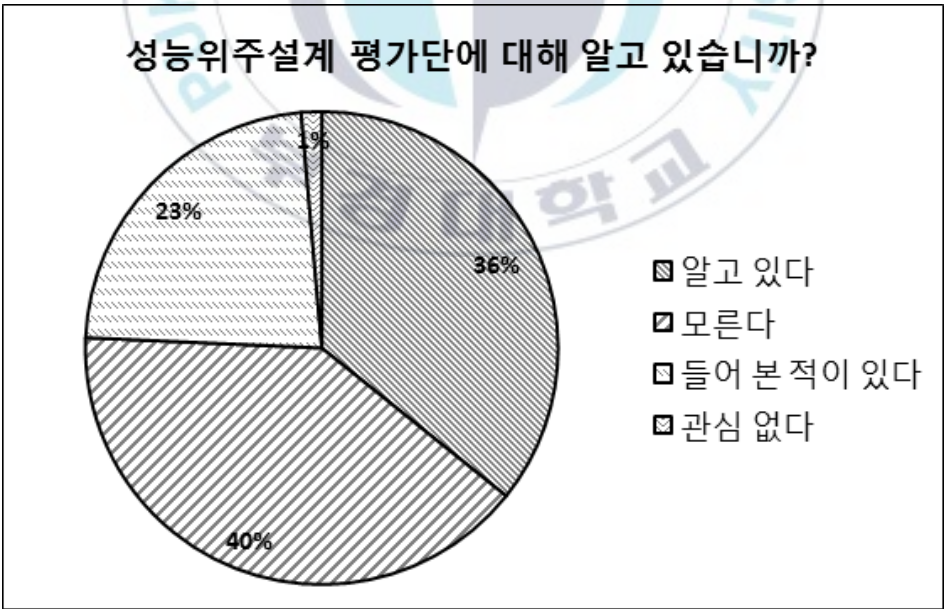


그림 3-12. 성능위주설계 평가단에 대한 인지도 설문조사 결과 [69]

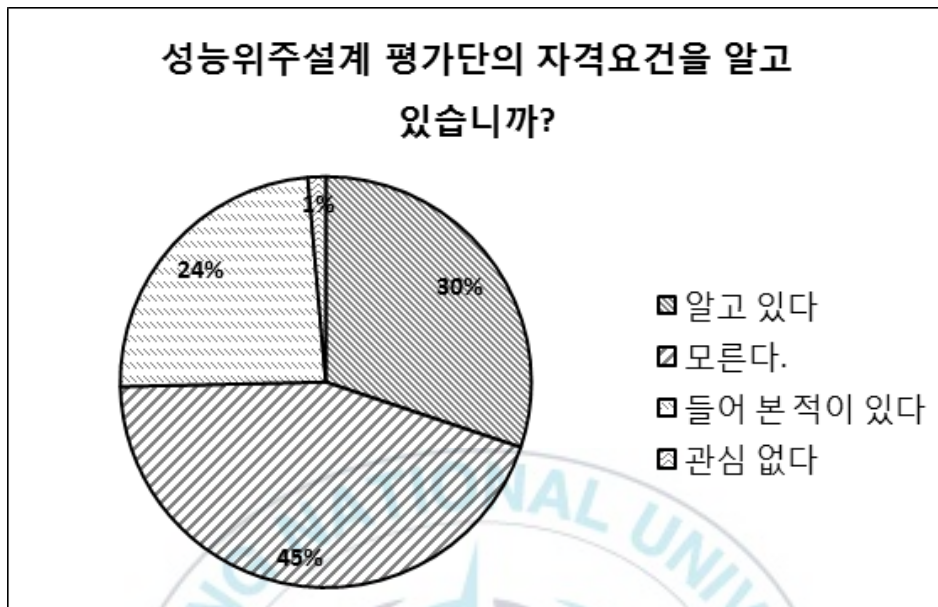


그림 3-13. 성능위주설계 평가단 자격요건의 인지도에 대한 설문조사 결과 [69]

표 3-10. 성능위주설계 평가단에 대한 설문조사 직업 별 교차분석 결과

성능위주설계 평가단에 대해 알고 있습니까?				
	알고 있다	모른다	들어 본 적이 있다	관심 없다
소방학과 교수	14 %	43 %	43 %	0 %
소방공무원	37 %	40 %	21 %	2 %
소방관련 업체	28 %	37 %	35 %	0 %
소방관련 엔지니어	50 %	25 %	24 %	1 %
소방관련 학과학생	3 %	94 %	3 %	0 %

성능위주설계평가단의 자격요건을 알고 있습니까?				
	알고 있다	모른다.	들어 본 적이 있다	관심 없다
소방학과 교수	7 %	50 %	43 %	0 %
소방공무원	30 %	43 %	24 %	3 %
소방관련 업체	20 %	46 %	34 %	0 %
소방관련 엔지니어	45 %	32 %	23 %	0 %
소방관련 학과학생	3 %	91 %	3 %	3 %

또한 성능위주설계의 평가단의 자격요건을 알고 있냐는 질문에는 알

고 있다는 응답이 전체의 30 %에 불과한 것으로 나타났으며, 45 %의 사람이 모른다, 24 %의 사람이 정확히 모른다고 응답하여, 전체 응답자의 69 %가 성능위주설계 평가단의 자격요건에 대해 알고 있지 못하는 것으로 조사되었다.

직업별로는 소방관련 엔지니어의 50 %만 성능위주설계의 평가단에 대해 알고 있으며, 45 %만이 자격요건에 대해 알고 있다고 응답하였으며, 다른 직업군의 경우 성능위주설계 평가단에 대한 인식과 자격요건에 대한 인식이 모두 낮은 것으로 조사되었다.

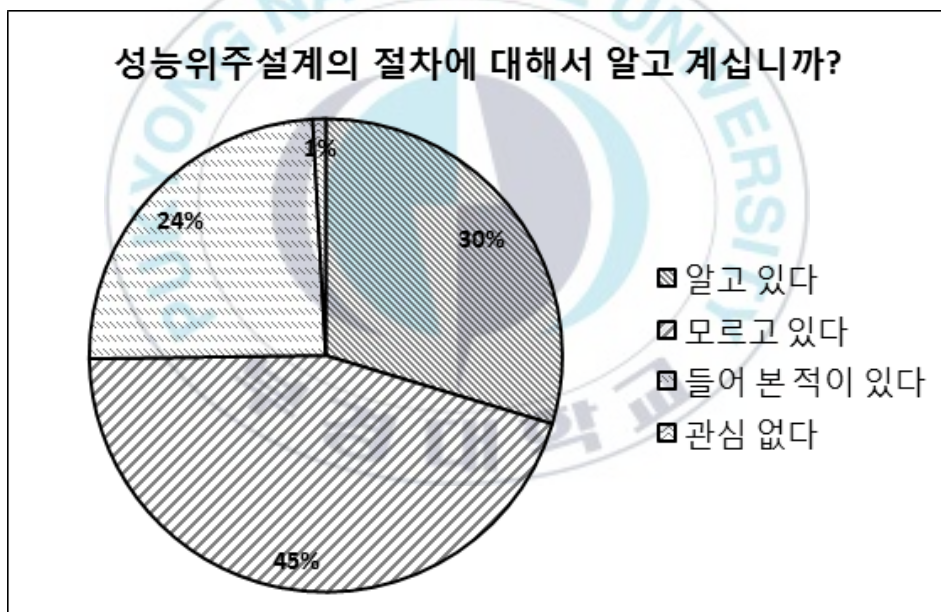


그림 3-14. 성능위주설계 절차의 인식도에 대한 설문조사결과 [69]

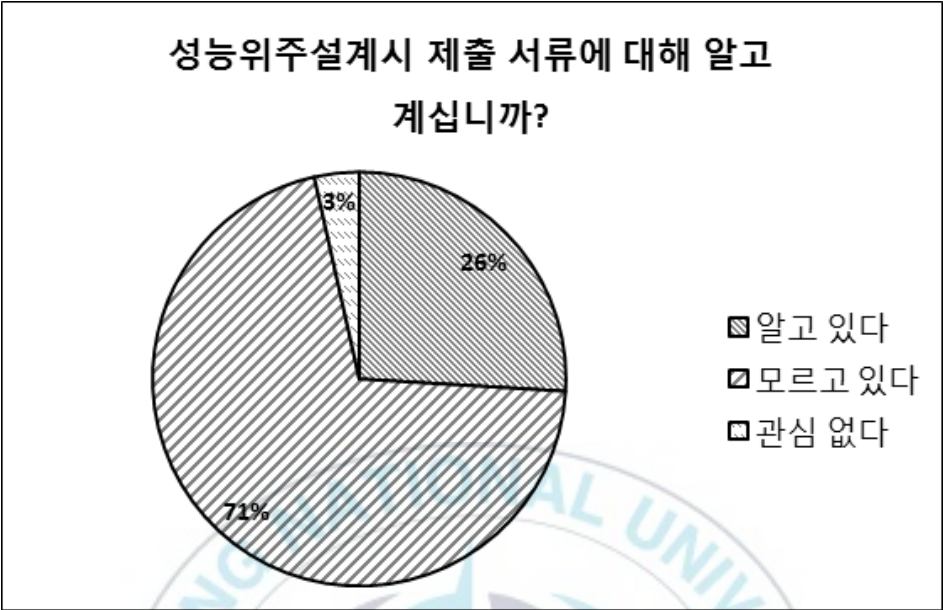


그림 3-15. 성능위주설계 제출 서류의 인지도에 대한 설문조사결과 [69]

표 3-11. 성능위주설계 절차에 대한 설문조사 직업 별 교차분석 결과

성능위주설계절차에 대해서 알고 계십니까?				
	알고 있다	모르고 있다	정확하게는 모르지만 들어 본 적이 있다	관심 없다
소방학과 교수	21%	29%	50%	0%
소방공무원	22%	58%	19%	1%
소방관련 업체	35%	35%	28%	2%
소방관련 엔지니어	48%	21%	31%	0%
소방관련 학과학생	0%	88%	9%	3%

성능위주설계 시 제출 서류에 대해 알고 계십니까?			
	알고 있다	모르고 있다	관심 없다
소방학과 교수	14%	86%	0%
소방공무원	22%	74%	4%
소방관련 업체	23%	67%	10%
소방관련 엔지니어	42%	58%	0%
소방관련 학과학생	0%	94%	6%

성능위주설계의 절차에 대해 알고 있냐는 질문의 설문조사 결과를 살펴보면 성능위주설계의 절차에 대해 알고 있다는 응답자는 전체의 30%에 불과하였으며, 45%의 사람이 모른다고 응답하였으며, 24%의 사람이 정확히는 모르지만 들어본 적이 있다고 응답하여, 69%의 응답자가 성능위주설계의 절차에 대해 모르고 있는 것으로 나타났다. 성능위주설계 시 제출해야하는 서류의 경우에도 전체의 71%의 응답자가 제출해야하는 서류의 종류에 대해 알지 못하는 것으로 나타났다.

직업별 교차분석 결과를 살펴보면, 전 직업군에서 성능위주설계의 절차와 제출서류에 대해 알고 있다고 응답한 비율은 50%미만인 것으로 나타났다. 특히 소방관련 엔지니어를 제외한 다른 직업군에서 성능위주설계의 절차와 제출서류에 대한 지식이 매우 미흡한 것으로 나타났다.

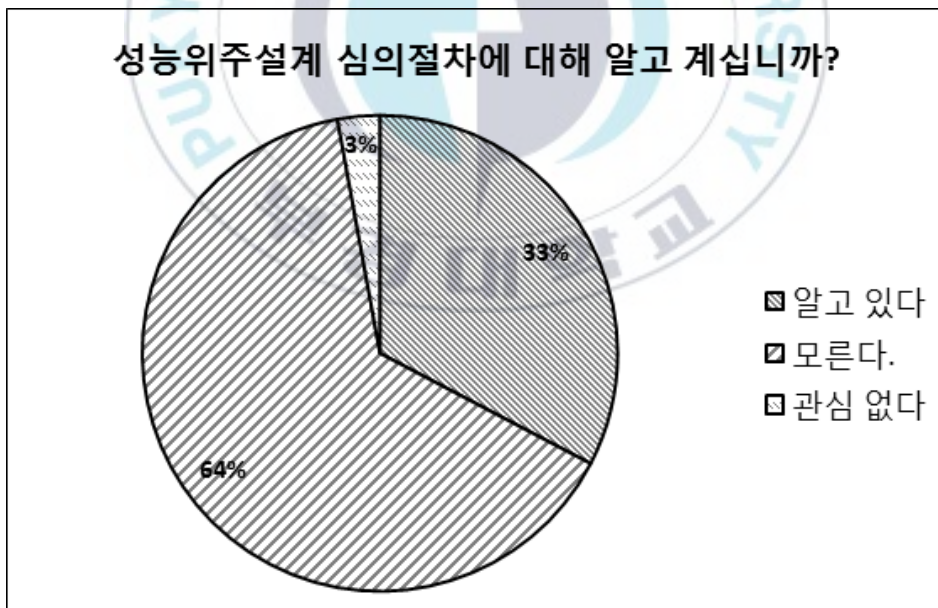


그림 3-16. 성능위주설계 심의 절차의 인지도에 대한 설문조사 결과 [69]

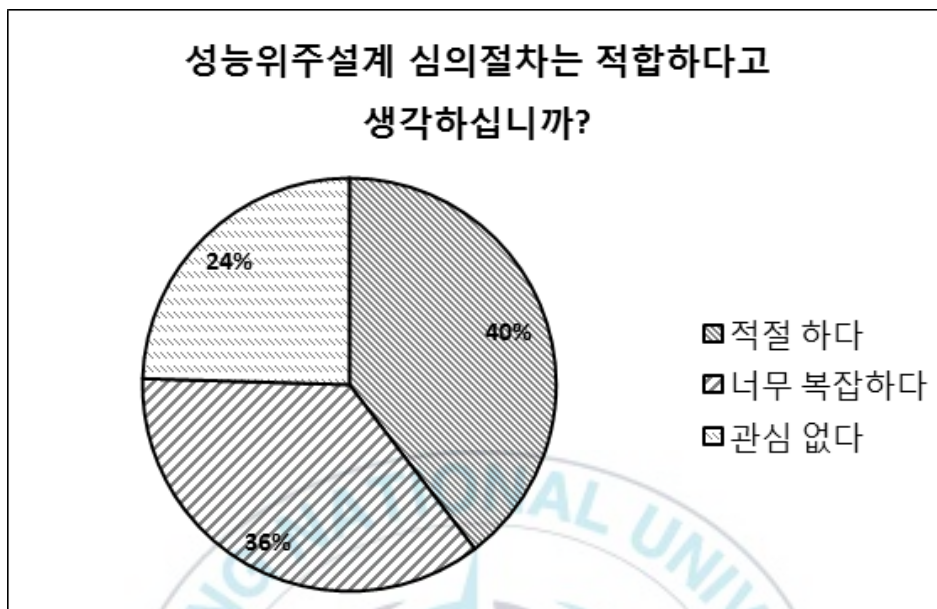


그림 3-17. 성능위주설계 심의 절차의 적합성에 대한 설문조사 결과 [69]

표 3-12. 성능위주설계 심의절차에 대한 설문조사 직업 별 교차분석 결과

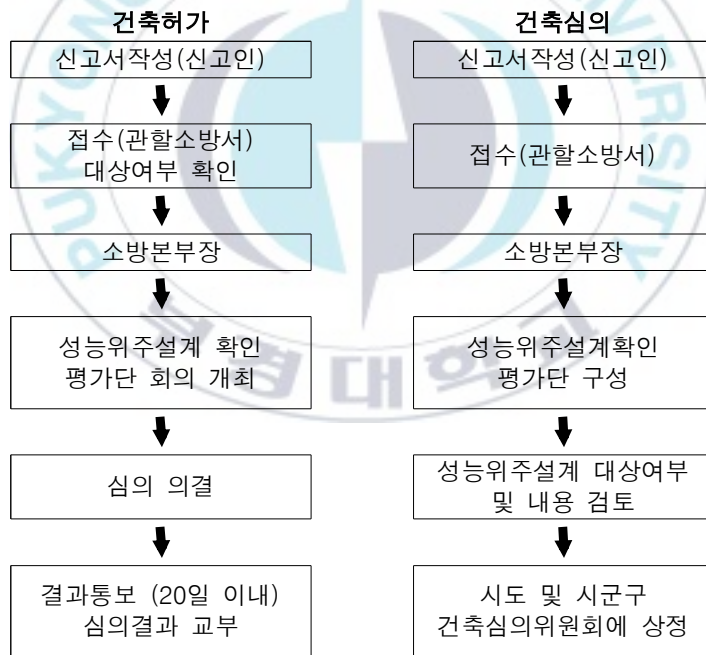
성능위주설계심의절차에 대해 알고 계십니까?			
	알고 있다	모른다.	관심 없다
소방학과 교수	36 %	57 %	7 %
소방공무원	32 %	64 %	4 %
소방관련 업체	31 %	67 %	2 %
소방관련 엔지니어	42 %	57 %	1 %
소방관련 학과학생	6 %	88 %	6 %
성능위주설계심의 절차는 적합하다고 생각하십니까?			
	적절 하다	너무 복잡하다	관심 없다
소방학과 교수	40 %	50 %	10 %
소방공무원	41 %	37 %	22 %
소방관련 업체	21%	54 %	25 %
소방관련 엔지니어	53 %	29 %	18 %
소방관련 학과학생	7 %	13 %	80 %

또한 성능위주설계의 심의 절차에 대한 설문조사 결과 성능위주설계

의 심의 절차에 대해 알고 있냐는 질문에 모른다는 응답이 전체의 64 %로 조사되어 대부분의 사람들이 심의 절차를 알지 못하는 것으로 나타났으며, 성능위주설계의 심의절차가 적합하냐는 질문에도 전체의 36 %의 응답자가 너무 복잡하다고 응답하는 것으로 나타났다.

직업별 성능위주설계 심의 절차에 대한 교차분석 결과 모든 직업군에서 성능위주설계 심의 절차에 대해 50 %미만이 알고 있는 것으로 나타났으며, 단지 소방관련 엔지니어 직업군에서만 성능위주설계 심의절차가 적합하다는 의견이 50 %이상으로 나타났다.

표 3-13. 성능위주설계 절차



이와 같이 절차가 복잡하다는 응답은 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」[3]에 규정된 성능위주설계의 절차에 의해 건축심의 시

성능위주설계 평가를 거친 다음 건축허가 시에 다시 성능위주설계 평가를 받도록 되어 있다. 응답자는 이와 같이 동일한 건축물에 대해 성능위주설계 평가를 두 번에 걸쳐 수행하도록 하는 것이 복잡하고, 비용과 시간이 두 배로 소요되는 비효율적인 방법이라고 생각하는 것으로 판단된다.

또한 건축허가 시에 성능위주설계신고서를 접수하면 20일 이내에 평가가 완료되어야 하므로, 평가단이 성능위주설계에 대한 의견을 소방본부에 제출하는데 까지 소요되는 시간이 매우 촉박한 상황이다. 성능위주설계 신고서를 접수하면, 평가단을 구성하고, 각 평가단원에게 성능위주설계보고서 및 설계 도서를 배포하고 그 후 각 평가단 개별로 검토의견을 제출하여야 하는데 이에 소요되는 20일이라는 시간은 매우 촉박한 것으로 판단된다.

이처럼 성능위주설계의 경우 복잡한 절차와 전문적인 지식을 통해 수행되어야 하는 설계방법으로, 성능위주설계의 정착과 원활한 진행을 위해서는 이러한 전문 인력의 육성이 무엇보다 중요하다.

하지만 설문조사 결과 성능위주설계와 관련된 교육을 받은 적이 있는 응답자는 전체의 16%에 불과한 것으로 조사되었으며, 교육기간도 1주일(32%), 2주일(21%) 순으로 매우 낮게 나타났다. 교육이후 지적수준의 변화가 있었느냐는 질문에는 63%의 응답자가 변화하였다고 응답하였으며, 변화한 부분에 대한 질문에는 성능위주설계에 대해 더 많은 공부와 연구가 필요하다는 응답(53%)이 절반이상을 차지하고 있어, 보다 전문적인 성능위주설계에 대한 지식을 가진 전문 인력을 육성하기 위한 교육의 개설 등에 대한 고찰이 필요할 것으로 판단된다.

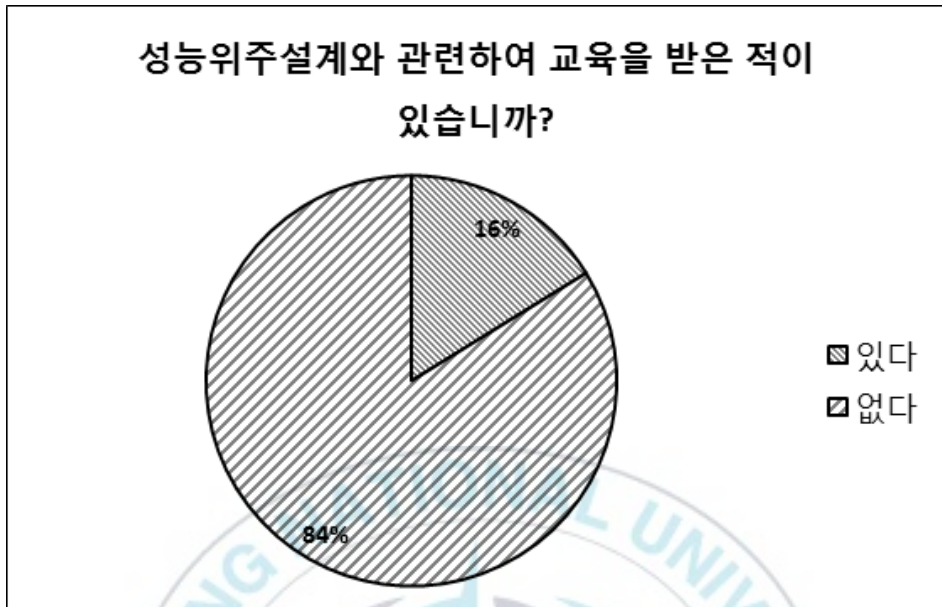


그림 3-18. 성능위주설계관련 교육에 대한 설문조사 결과 [69]

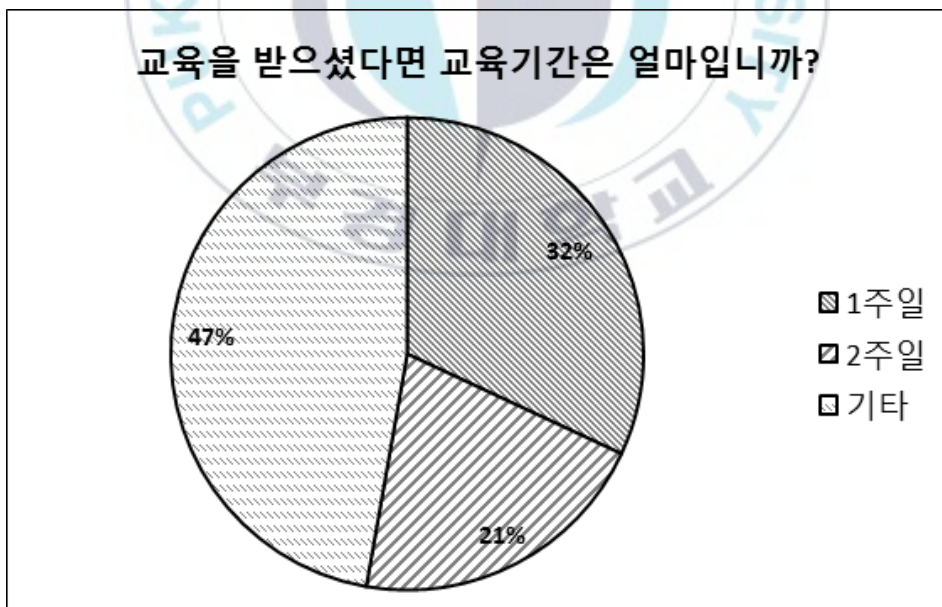


그림 3-19. 성능위주설계관련 교육기간에 대한 설문조사 결과 [69]

교육 후 성능위주 설계에 대한 지적수준이
변화되었다고 생각하십니까?

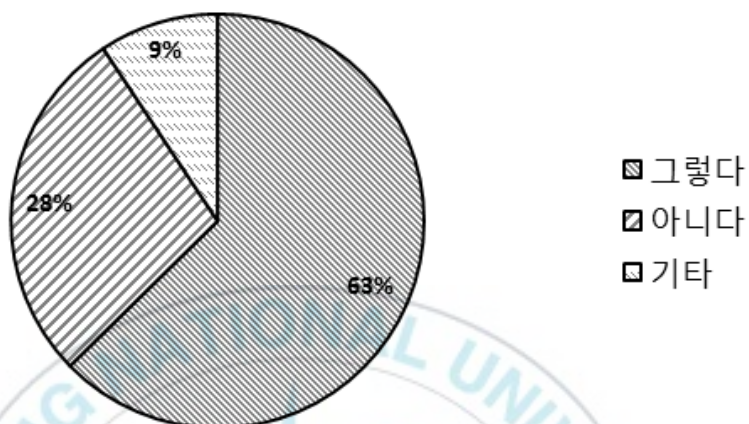


그림 3-20. 성능위주설계관련 교육 결과에 대한 설문조사 결과 [69]

교육 후 어떤 부분이 변화가 되었다고
생각하십니까?

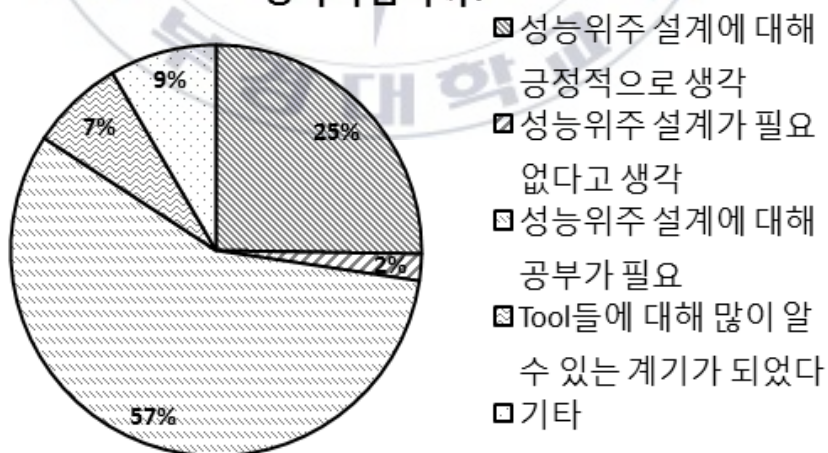


그림 3-21. 성능위주설계관련 교육 후 변화에 대한 설문조사 결과 [69]

표 3-14. 성능위주설계관련 교육에 대한 설문조사 직업 별 교차분석 결과

성능위주설계와 관련하여 교육을 받은 적이 있습니까?					
	있다	없다			
소방학과 교수	0 %	100 %			
소방공무원	12 %	88 %			
소방관련 업체	10 %	90 %			
소방관련 엔지니어	30 %	70 %			
소방관련 학과학생	6 %	94 %			
교육을 받으셨다면 교육기간은 얼마입니까?					
	1주일	2주일	기타		
소방학과 교수	-	-	-		
소방공무원	24 %	43 %	33 %		
소방관련 업체	50 %	17 %	33 %		
소방관련 엔지니어	34 %	12 %	54 %		
소방관련 학과학생	25 %	0 %	75 %		
교육 후 성능위주설계에 대한 지적수준이 변화되었다고 생각하십니까?					
	그렇다	아니다	기타		
소방학과 교수	-	-	-		
소방공무원	74 %	26 %	0 %		
소방관련 업체	40 %	60 %	0 %		
소방관련 엔지니어	62 %	28 %	10 %		
소방관련 학과학생	25 %	0 %	75 %		
교육 후 어떤 부분이 변화가 되었다고 생각하십니까?					
	①	②	③	④	⑤
소방학과 교수	-	-	-	-	-
소방공무원	44 %	4 %	41 %	7 %	4 %
소방관련 업체	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %
소방관련 엔지니어	19 %	1 %	62 %	9 %	9 %
소방관련 학과학생	25 %	0 %	25 %	0 %	50 %
① 성능위주 설계에 대해 긍정적으로 생각하게 되었다					
② 성능위주 설계가 필요 없다고 생각 한다					
③ 성능위주 설계에 대해 많이 공부하고 연구할 필요가 있다고 생각 한다					
④ 관련 Tool들에 대한 많이 알 수 있는 계기가 되었다					
⑤ 기타					

또한 직업별 성능위주설계 교육관련 교차분석 결과를 살펴보면, 성능 위주설계 관련 교육을 받은 사람이 소방공무원의 경우 12%에 그치고 있는 것으로 나타났다. 가장 높은 비율을 차지하고 있는 소방관련 엔지니어

어의 경우에도 전체의 30 %에 불과한 것으로 나타났다. 즉 성능위주설계 평가자 중 한명인 소방공무원이 성능위주설계와 관련된 교육을 받지 않은 상태로 심의에 참여하는 것으로 나타났다.

또한 소방 관련 학과 학생의 경우에도 전체의 6 % 정도만 관련 교육을 받는 것으로 조사되어, 학교차원에서의 성능위주설계 관련 교육과 이에 따른 전문가 육성프로그램의 수립이 필요한 것으로 나타났다.

다음으로 성능위주설계에 사용되는 시뮬레이션 툴과 관련된 설문조사 결과를 살펴보면, 성능위주설계를 위한 컴퓨터 프로그램에 대해 알고 있다는 응답이 전체의 31%에 불과한 것으로 나타났으며, 모른다(44%), 정확하게 모르지만 들어본 적 있다(23%)로 전체의 67%의 응답자가 성능위주설계를 위한 컴퓨터 프로그램 툴에 대해 모르고 있는 것으로 조사되었다. 또한 프로그램 툴에 대해 알고 있는 응답자의 경우에도 55%의 응답자가 컴퓨터 프로그램을 이용한 설계가 가능하지 않다고 응답하였다.

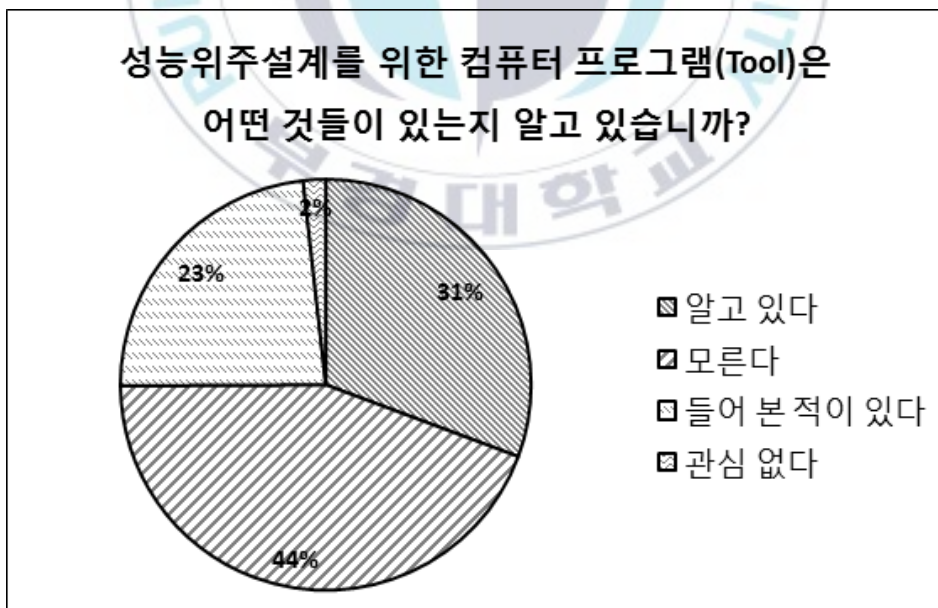


그림 3-22. 성능위주설계 시뮬레이션 툴의 종류에 대한 설문조사 결과 [69]

**컴퓨터 프로그램으로 성능위주 소방 설계가
가능하다고 생각하십니까?**

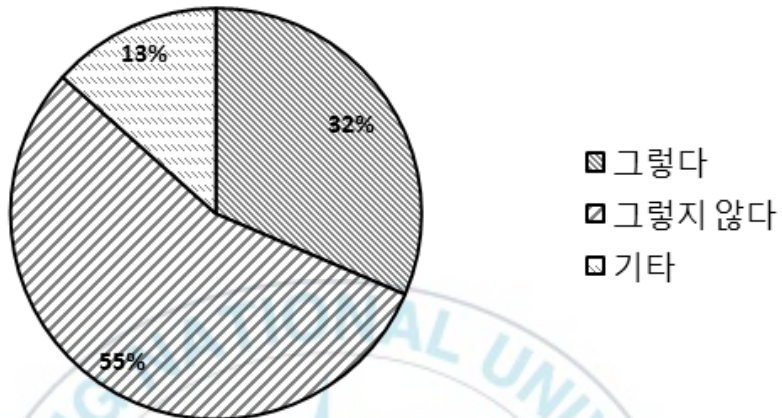


그림 3-23. 성능위주설계 시뮬레이션 툴에 의한 설계 가능성에 대한
설문조사 결과 [69]

**관련 컴퓨터 프로그램들을 사용해 본 경험이
있으십니까?**

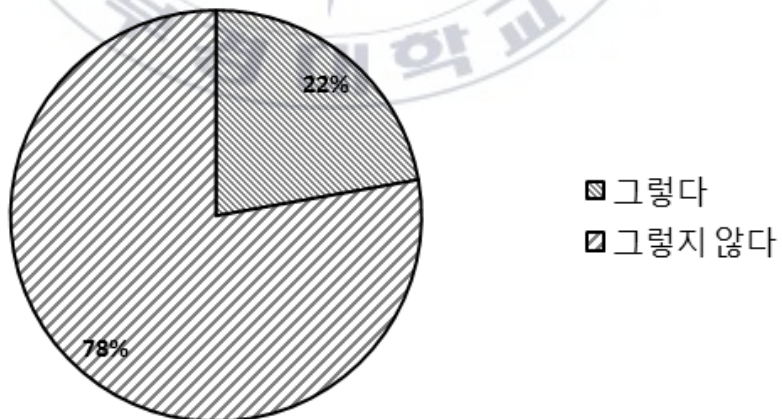


그림 3-24. 성능위주설계 시뮬레이션 툴의 경험도에 대한 설문조사 결과
[69]

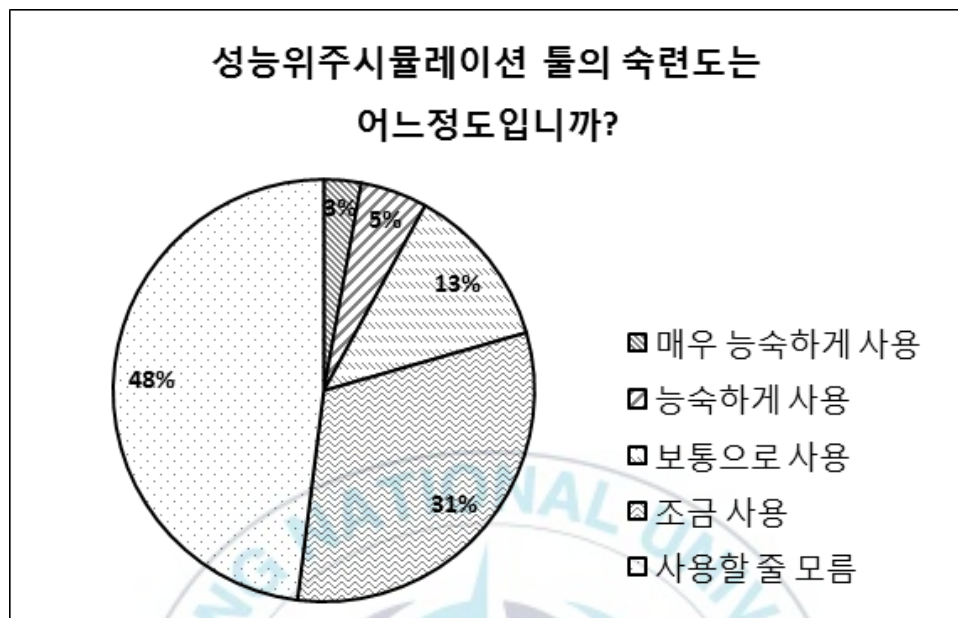


그림 3-25. 성능위주설계 시뮬레이션 툴의 숙련도와 관련된 설문조사 결과 [69]

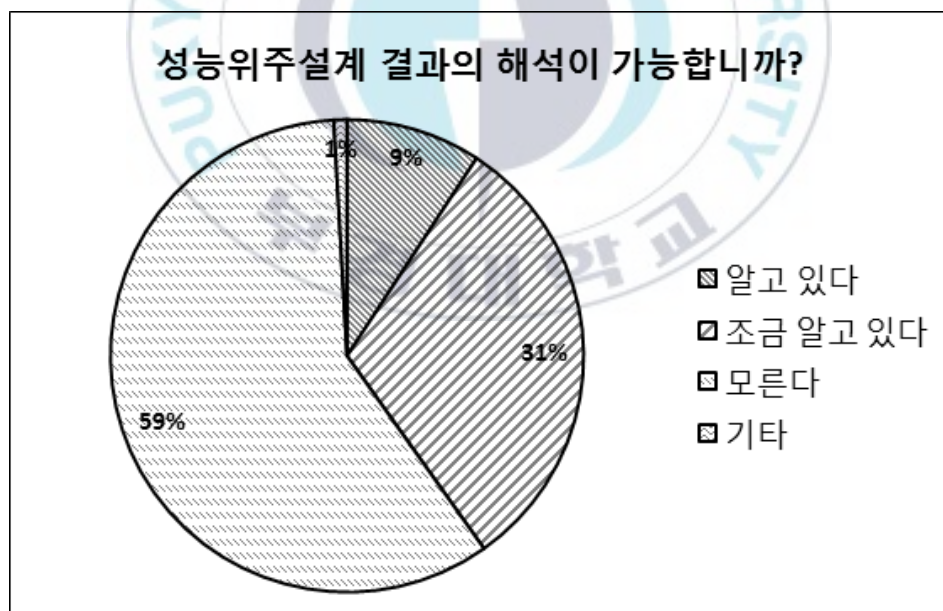


그림 3-26. 성능위주설계 결과 해석에 대한 설문조사 결과 [69]

**성능위주설계에서 화재 및 피난시물레이션
관련 사항만 다루어져야 한다고 생각하십니까?**

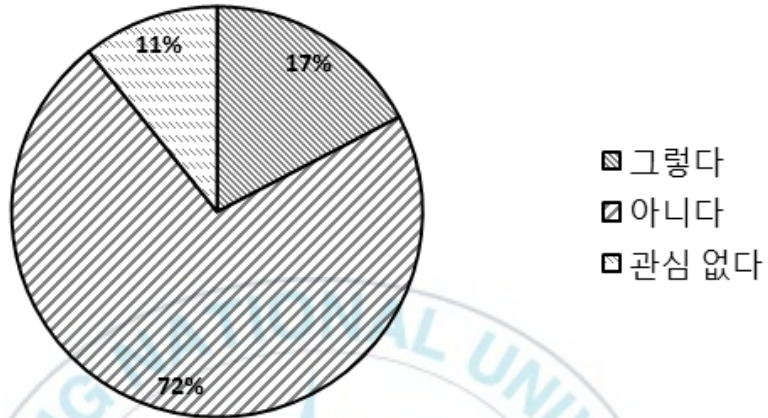


그림 3-27. 성능위주설계에서 화재 및 피난시물레이션 관련 사항에 대한 설문조사 결과 [69]

**성능위주설계에서 추가로 다루어져야 할
사항은 무엇이라고 생각하십니까?**

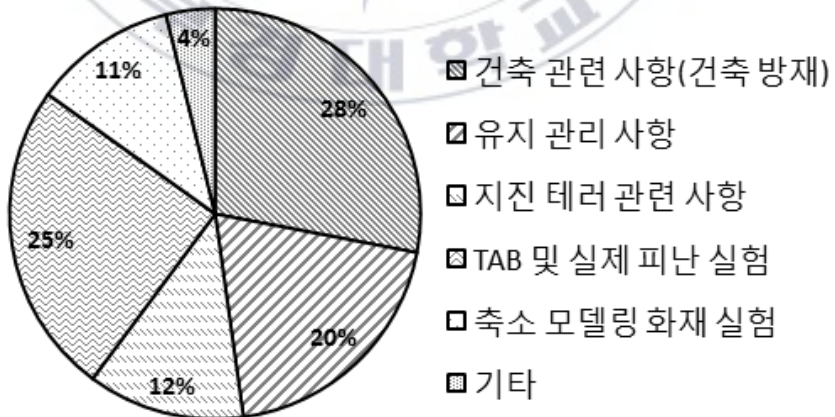


그림 3-28. 성능위주설계에서 추가로 다루어져야 할 사항에 대한 설문조사 결과 [69]

표 3-15. 성능위주설계 시뮬레이션 툴과 관련된 설문조사 직업 별 교차분석
결과

성능위주설계를 위한 컴퓨터프로그램은 어떤 것들이 있는지 알고 있습니까?					
	알고 있다	모른다	정확하게는 모르지만 들어 본 적이 있다	관심 없다	
소방학과 교수	24 %	38 %	38 %	0 %	
소방공무원	17 %	63 %	18 %	2 %	
소방관련 업체	28 %	41 %	26 %	5 %	
소방관련 엔지니어	55 %	19 %	26 %	0 %	
소방관련 학과학생	16 %	52 %	29 %	3 %	
관련컴퓨터프로그램을 사용해 본 경험이 있으십니까?					
	그렇다		그렇지 않다		
소방학과 교수	25 %		75 %		
소방공무원	13 %		87 %		
소방관련 업체	28 %		72 %		
소방관련 엔지니어	29 %		71 %		
소방관련 학과학생	32 %		68 %		
성능위주시뮬레이션 툴의 숙련도는 어느 정도입니까?					
	매우 능숙하게 사용 가능하다	능숙하게 사용 한다	보통으로 사용 한다	조금 사용할 줄 안다	전혀 사용할 줄 모른다
소방학과 교수	14 %	0 %	29 %	14 %	43 %
소방공무원	5 %	7 %	16 %	23 %	49 %
소방관련 업체	0 %	9 %	9 %	30 %	52 %
소방관련 엔지니어	1 %	4 %	10 %	38 %	47 %
소방관련 학과학생	0 %	0 %	10 %	38 %	52 %
성능위주설계결과의 해석이 가능합니까?					
	알고 있다	조금 알고 있다	모른다	기타	
소방학과 교수	14 %	50 %	36 %	0 %	
소방공무원	6 %	26 %	67 %	1 %	
소방관련 업체	10 %	31 %	56 %	3 %	
소방관련 엔지니어	15 %	43 %	42 %	0 %	
소방관련 학과학생	0 %	6 %	94 %	0 %	

프로그램 툴을 사용해본 경험에 대한 질문에도 전체의 22%의 응답자만이 사용해본 경험이 있다고 응답하였으며, 사용의 숙련도에 대한 응답에도 대부분의 응답자가 거의 사용하지 못한다고 응답하였다.

성능위주설계 결과를 해석 가능 하느냐는 응답에 9%의 응답자만 성능위주설계 결과의 해석이 가능한 것으로 조사되었다.

즉 성능위주설계를 실시하는 소방관련 엔지니어와 성능위주설계를 평가하는 소방학과 관련 교수 및 소방공무원 모두 성능위주설계 시뮬레이션 툴에 대한 전문성이 미흡한 것으로 조사되었다.

표 3-16. 설문조사를 통한 성능위주설계 문제점

성능위주설계 관련 문제점	
법·제도적 측면	- 성능위주설계 설계대상의 부 적절성(아파트 제외 등) - 성능위주설계 자격요건 및 평가단의 자격요건 - 성능위주설계 절차 및 심의 관련 문제점 - 성능위주설계 관련 교육의 부족(시뮬레이션 툴 인식부족 등) - 성능위주설계 평가기준에 대한 인식부족

3.3 설계도서 분석을 통한 성능위주설계 문제점 도출

3.3.1. 설계도서 분석 방법과 절차 [67]

설계도서 분석을 통한 성능위주설계의 문제점을 도출하기 위해, 본 연구에서는 2011년 성능위주설계 시행 후 2017년까지 B도시 및 S도시의 소방안전본부에서 실시된 총 17건의 사전심의단계 설계도서들의 화재시물레이션 관련 내용을 조사, 분석 하였다 [67]. 성능위주설계 평가위원단의 심의를 거치지 않고 설계자의 판단에 따른 설계 도서를 분석하기 위해 건축심의 전 단계의 보고서를 통해 화재시물레이션을 비교 분석하였다.

무작위로 선택된 17건의 설계안들은 7곳의 업체에서 설계를 수행하였으며 그 세부 내용은 아래 표와 같다. 각 설계사 마다 평균적으로 3.5건의 화재시물레이션을 수행하는 것으로 나타났다.

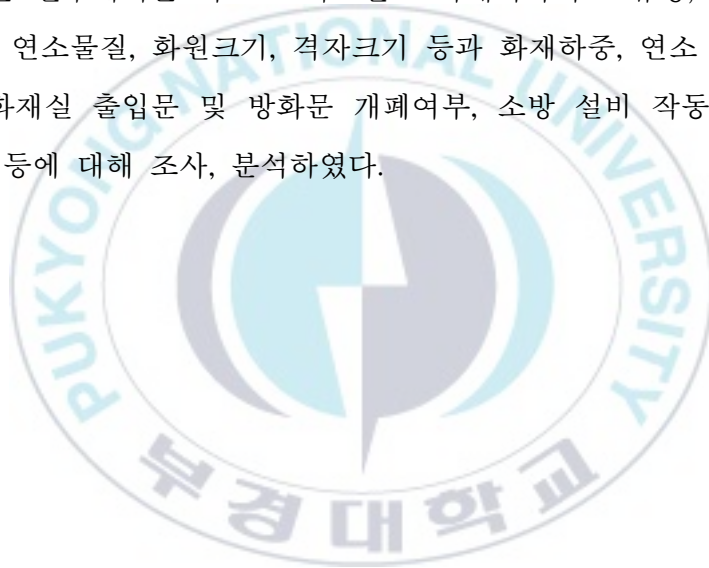
표 3-17. 성능위주설계도서 건축물 현황 [67]

설계자	시나리오 수	건축물 구성	심의 년도
A	4 cases	건축물 A · B 84층 건축물 C 101층 강당 7층 (지하5층)	2012년
	4 cases	지상 69층 (지하6층)	2012년
	3 cases	지상 33층 (지하5층)	2014년
	4 cases	지상 69층 (지하6층)	2015년
B	4 cases	지상 33층 (지하5층)	2012년
C	3 cases	지상 52층 (지하4층)	2013년
D	3 cases	지상 28층 (지하4층)	2015년
E	3 cases	지상 43층 (지하3층)	2017년
F	4 cases	지상 49층 (지하5층)	2016년
	3 cases	지상 35층 (지하3층)	2017년
	3 cases	지상 38층 (지하4층)	2017년
	3 cases	지상 47층 (지하5층)	2017년
	3 cases	지상 49층 (지하6층)	2017년
G	3 cases	지상 35층 (지하5층)	2016년
	3 cases	지상 39층 (지하4층)	2017년
	4 cases	지상 29층 (지하2층)	2017년
	3 cases	지상 38층 (지하3층)	2017년

화재시뮬레이션 입력 값을 설정할 때 화재의 장소, 화재물질 등을 설정 하여야 하는데, 이때 결정해야하는 요소로는 시나리오 유형, 발화원, 발화위치 등이 있다. 또한 화원의 크기와 화재성장속도 설정을 통해 화재가 일어난 장소에서 다른 공간으로 얼마나 빠르게 연소가 확대하는지에 대한 결정을 해야 한다.

따라서 성능위주설계자들은 이러한 각각의 요소들에 대한 전문지식을 통해 시나리오에 대한 시뮬레이션 틀 내 입력 값을 설정해야 한다.

이에 본 연구에서는 각 프로젝트별로 화재시나리오 유형, 발화 위치, 발화물질, 연소물질, 화원크기, 격자크기 등과 화재하중, 연소 확대, 플래시오버, 화재실 출입문 및 방화문 개폐여부, 소방 설비 작동 고려여부, 연돌효과 등에 대해 조사, 분석하였다.



3.3.2. 설계도서 분석을 통한 문제점 도출 [67]

분석한 총 17건의 설계안을 분석한 결과 6개 요소(“화재발생장소”, “발화원의 종류”, “화재시물레이션의 격자크기 설정”, “플래시오버 발생여부, 개구부 개폐여부, 소방시설 작동여부 등”, “연돌효과 및 연소 수직 확대 고려여부”, “화재 시물레이션 수행 가이드라인의 부재”)의 문제점을 도출할 수 있었다.

화재가 발생한 장소의 경우 주상복합시설의 주거시설이 40%로 가장 높은 비율을 차지하였다. 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」의 별표 1 ‘화재 및 피난시물레이션의 시나리오 작성 기준’에서 제시하고 있는 7개의 화재 시나리오 중 성능위주설계에 반영된 비율을 살펴본 결과, 유형 1이 46%, 유형 6이 28%, 유형 2가 12%를 차지하고 있었으나, 유형 4와 유형 7은 한 건도 화재시나리오에 반영되지 않은 것으로 나타났다.

표 3-18. 화재시물레이션 입력 값 [67]

설계자	건축물	발화지점	Scenario Type	발화 물질	연소 물질	화재크기 (MW)	Mesh Size (m)
A	연회장	부엌	#6	냉장고	폴리스티렌	3.1	—
	주거시설	방	#1	소파	폴리우레탄	3.5	—
	숙박시설	방	#1	소파	폴리우레탄	3.5	—
	전망대	로비	#3	크리스마스트리	Red Oak	5.0	—
B	주거시설	부엌	#1	싱크대	Red Oak	2.4	—
	주거시설	방	#3	옷장	Red Oak	1.8	—
	주거시설	방	#1	매트리스	폴리우레탄	2.0	—
	극장	좌석	#6	의자	폴리우레탄	3.5	—
C	자동차시설	차량	#3	자동차	Polyester-1	3.4	0.2×0.2×0.2
	판매시설	쇼핑몰	#5	의류	Polyester-1	7.9	0.2×0.2×0.2
	주거시설	부엌	#1	싱크대	Red Oak	2.4	0.1×0.1×0.1
D	자동차시설	차량	#3	자동차	폴리우레탄	8.5	0.3×0.3×0.1
	판매시설	가구점	#5	소파	폴리우레탄	3.5	0.2×0.2×0.1
	주거시설	부엌	#1	냉장고	폴리우레탄	3.1	0.2×0.2×0.1
	숙박시설	부엌	#6	매트리스	폴리우레탄	2.0	0.2×0.2×0.1
E	주거시설	방	#1	침대	폴리우레탄	1.0	—
	사무실	방	#1	침대	폴리우레탄	1.0	—
	근린시설	부엌	#1	전자기기	폴리우레탄	1.5	—
	자동차시설	차량	#3	자동차	폴리우레탄	2.5	—

F	주거시설	부엌	#1	싱크대	Red oak	2.4	—
	주거시설	부엌	#6	냉장고	폴리우레탄	3.0	—
	사무실	방	#2	소파	폴리우레탄	3.0	—
G	주거시설	방	#1	매트리스	폴리우레탄	2.0	0.1×0.1×0.1
	판매시설	쇼핑몰	#6	의류	폴리우레탄	5.0	0.2×0.2×0.2
	자동차시설	차량	#6	자동차	폴리우레탄	10.0	0.2×0.2×0.2
H	주거시설	부엌	#1	싱크대	폴리우레탄	2.4	0.2×0.2×0.2
	주차장	차량	#3	자동차	폴리우레탄	8.5	0.3x0.3x0.3
	업무시설	부엌	#6	냉장고	폴리우레탄	3.1	0.2×0.2×0.2
I	주차장	차량	#6	자동차	폴리우레탄	8.5	0.4x0.4x0.4
	주거시설	부엌	#1	싱크대	폴리우레탄	2.4	0.25x0.25x0.25
	업무시설	부엌	#2	냉장고	폴리우레탄	3.1	0.2x0.2x0.2
	판매시설	쇼핑몰	#1	가판대	Wood(Oak)	2.0	0.25x0.25x0.25
J	주차장	차량	#6	자동차	폴리우레탄	8.5	0.4x0.4x0.4
	주거시설	부엌	#1	싱크대	폴리우레탄	2.4	0.2x0.2x0.2
	업무시설	부엌	#2	냉장고	폴리우레탄	3.1	0.2x0.2x0.2
K	주차장	차량	#6	자동차	폴리우레탄	8.5	0.3x0.3x0.3
	연회장	부엌	#2	싱크대	Wood(Oak)	2.4	0.25x0.25x0.25
	호텔	객실	#1	냉장고	폴리우레탄	3.1	0.2x0.2x0.2
L	주차장	차량	#6	자동차	폴리우레탄	8.5	0.4x0.4x0.4
	호텔	객실	#1	싱크대	폴리우레탄	2.4	0.2x0.2x0.2
	호텔	객실	#1	매트리스	폴리우레탄	2.6	0.2x0.2x0.2

M	주차장	차량	#6	자동차	폴리우레탄	8.5	0.4x0.4x0.4
	주거시설	부엌	#1	싱크대	폴리우레탄	2.4	0.2x0.2x0.2
	판매시설	쇼핑몰	#1	가판대	Wood(Oak)	2.0	0.2x0.2x0.2
N	주거시설	부엌	#1	싱크대	폴리우레탄	2.4	0.2x0.2x0.2
	상가	주방	#2	냉장고	폴리우레탄	3.0	0.2x0.2x0.2
	주차장	차량	#6	자동차	폴리우레탄	8.5	0.2x0.2x0.2
O	주거시설	부엌	#1	싱크대	Wood(Oak)	2.4	0.5x0.5x0.5
	업무시설	침실	#1	매트리스	폴리우레탄	2.0	0.5x0.5x0.5
	주차장	차량	#6	자동차	폴리우레탄	4.9	0.2x0.2x0.2
P	주거시설	부엌	#1	싱크대	Wood(Oak)	2.4	0.2x0.2x0.2
	업무시설	부엌	#1	냉장고	폴리우레탄	3.0	0.1x0.1x0.1
	상가	매장	#2	냉장고	폴리우레탄	3.0	0.5x0.5x0.5
	주차장	차량	#6	자동차	폴리우레탄	4.9	0.5x0.5x0.5
Q	업무시설	방	#1	책상	Wood(Oak)	2.5	0.5x0.5x0.5
	상가	매장	#2	냉장고	폴리우레탄	3.0	0.5x0.5x0.5
	주차장	차량	#6	자동차	폴리우레탄	4.9	0.5x0.5x0.5

표 3-19. 설계도서 분석을 통한 성능위주설계 문제점 도출

구분	문제점
화재발생장소	설계자의 편의에 따라 무난한 화재시나리오에 편중
발화원의 종류	화재통계와 일치하지 않는 발화원 설정
화재시물레이션의 격자크기 설정	격자크기에 대한 명시 누락 총횡비의 고려 부족
플래시오버 발생여부, 개구부 개폐여부, 소방시설 작동여부 등	플래시오버 발생에 대한 고려 전무 개구부 개폐여부에 대한 고려 부족 소방시설작동여부에 대한 고려 부족
연돌효과 및 연소 수직 확대 고려여부	단일층 시뮬레이션으로 연돌효과 및 수직 확대 고려 전무
화재 시뮬레이션 수행 가이드라인의 부재	설계자 개인의 판단에 따라 시뮬레이션 수행

같은 용도의 건축물에서 발생한 화재일지라도 발화위치에 따라 발화 물질의 종류와 양, 연소물질 등의 화원의 특성이 달라지고 그에 따라 화재하중과 열 방출률에 차이가 발생하지만, 분석한 17건의 설계도서에서는 건축물의 용도 및 화원의 특성을 고려하여 시나리오의 유형을 설정하기 보다는 설계자의 편의에 따라 시뮬레이션을 수행하기 쉬운 무난한 화재시나리오에 편중되어있는 것으로 나타났다.

발화원의 종류에 따른 문제점을 살펴보면, 주거시설 화재시나리오 발화원의 종류는 ‘매트리스’ 20%, ‘싱크대’ 30%, ‘냉장고’ 20% 순서였으며 매트리스, 싱크대, 냉장고의 연소물질은 ‘폴리우레탄’이 78%로 편중되어 있으며, 전 프로젝트에서 75%의 시나리오가 폴리우레탄을 사용하여 화재시뮬레이션을 시행하였다.

하지만 최근 10년간 화재통계를 살펴보면, 주거시설에서 화재발생시 전체의 40%가 음식물 조리중에 발생한 화재인 것으로 나타났다 [64]. 하지만 17건의 설계도서 중 음식물 조리 발생한 화재를 가정한 시뮬레이션은 전체의 12%에 불과한 것으로 나타났다. 또한 싱크대와 매트리스, 냉장고의 재질이 폴리우레탄이나 red oak가 아님에도 불구하고 대부분 이와 같은 재질의 화재하중을 통해 화재시뮬레이션을 수행하고 있는 것으로 나타났다.

화재 시뮬레이션의 격자크기 설정에 따른 문제점을 살펴보면 다음과 같다. 총 17건의 설계도서에서 화재시뮬레이션 툴로 FDS만을 사용한 것으로 조사되었다. 이때 격자크기를 제시한 경우에는 격자 민감도에 따라 격자크기를 적절하게 선정하였으며, 격자크기를 제시하지 않은 경우가 전체의 26%를 차지하는 것으로 나타났다. 대규모 건축물의 화재시뮬레이션의 경우 X, Y, Z방향 격자크기 비율을 건축물의 규모에 맞게 설정해야 하며, 초고층 건축물의 경우 수직공간해석을 위해 X, Y와 Z방향의 격자크기를 다르게 설정해야 한다. 또한 FDS User's Guide [8]에는 가장 짧은 격자길이와 가장 긴 격자길이의 비가 2~3 이내일 때 합리적인 시뮬레이션이 가능하다고 설명하고 있다. 하지만 대부분의 설계도서에서 종횡비(Aspect Ratio)를 고려하지 않는 것으로 나타났다.

다음으로 플래시오버 발생여부, 개구부 개폐여부, 소방시설 작동여부 등의 고려에 따른 문제점을 살펴보면 다음과 같다. 구획실 내부에서 연소가 급격히 진행되어 플래시 오버가 발생하면 화원특성, 환기조건 등에 영향을 받아 열 방출률이 감소하게 된다. 하지만 조사한 17건의 설계도서 모두 가연물이 연소되어 소실됨이 없고, 내부 기류속도를 0 m/s로 설정하여 최대 열방출률이 지속되는 것으로 가정하여, 플래시오버에 대한 고려가 전혀 이루어지지 않고 있는 것으로 나타났다. 또한 일반적으로

열 방출률은 내부에서 배출되는 공기의 양과 외부로부터 유입되는 공기의 양에 의해 결정되므로, 화재실의 위치, 출입문 크기가 열 방출률을 좌우하는 중요한 요소로 작용한다. 하지만 출입문의 개폐여부 및 소방시설 작동여부에 대한 고려가 대부분의 설계도서에서 포함되지 않고 있는 것으로 조사되었다.

다음으로 연돌효과 및 연소 수직 확대 고려에 대한 문제점을 살펴보면 다음과 같다. 화재 시 발생한 연기의 유동은 인명안전에 큰 영향을 미치며, 이러한 문제점은 기압차로 인해 연돌효과가 더욱 심하게 발생하는 초고층 건축물에서 더욱더 위험하다. 하지만 조사한 설계도서 모두 특별피난계단출입문을 폐쇄하고 단일층에서만 시뮬레이션을 수행하고 있는 것으로 나타났다. 이는 성능위주설계 도입의 필요성을 강조할 때 고려되었던 초고층 건축물의 연돌효과와 연소의 수직 확대 가능성을 전혀 고려하지 않는 시뮬레이션 결과라 할 수 있다. 또한 고층건물의 화재특성을 반영하기 위해서는 고가사다리가 닿지 않는 상부 층이나, 피난안전구역의 위치를 고려하여 발화층을 결정해야 하지만, 단순히 단일 층의 평면만 제시하고 있으며, 발화층에 대한 언급을 하지 않는 시나리오가 40%나 차지하는 것으로 나타났다. 또한 총 57건의 시나리오 중 단일층이 아닌 전 층을 대상으로 시뮬레이션을 수행한 사례는 단 한건도 없는 것으로 나타났다.

이와 같은 문제점은 성능위주설계를 위한 구체적인 설계 매뉴얼이나 기술적 가이드라인 없이 설계자의 직관적인 판단으로 화재시나리오를 설정한 후 시뮬레이션을 수행하고 있어 발생하는 문제점으로, 그에 따라 동일한 건축물에서도 설계자마다 판이한 결과 값을 도출하고 있는 것으로 나타났다.

표 3-20. 설계도서 분석을 통한 성능위주설계 문제점

성능위주설계 관련 문제점	
시뮬레이션 방법	- 설계자의 편의에 따라 무난한 화재시나리오에 편중 - 화재통계와 일치하지 않는 발화원 - 격자크기에 대한 명시 누락 - 종횡비의 고려 부족 - 플래시오버, 개구부개폐, 소방시설작동여부에 대한 고려 부족 - 연돌효과 및 수직 확대 고려 전무 - 설계자 개인의 판단에 따른 시뮬레이션 수행



3.4 화재 · 피난시물레이션을 통한 성능위주설계 문제점 도출

3.4.1. 화재 · 피난시물레이전의 제원 [68]

본 연구에 사용된 전산유체역학모델 FDS(Fire Dynamics Simulator)은 미국 NIST의 BFRL(Building and Fire Research Lab)에서 개발된 수치해석 프로그램으로서 화재시물레이션용으로 개발되어 국내외에서 널리 사용되고 있다.

1) 유동모델

화재와 관련된 유동 및 열전달을 지배하는 질량, 운동량 및 에너지 보존방정식 등은 다음과 같다.

i) 질량보존 방정식

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} = 0 \quad (1)$$

ii) 화학종 방정식

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_i) + \nabla \cdot \rho Y_i \mathbf{u} = \nabla \cdot \rho D_i \nabla Y_i + \dot{m}_i''' \quad (2)$$

iii) 운동량 방정식

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \mathbf{u}) + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} \mathbf{u} + \nabla p = \rho \mathbf{f} + \nabla \cdot \tau_{ij} \quad (3)$$

iv) 에너지 방정식

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho h) + \nabla \cdot \rho h \mathbf{u} = \frac{Dp}{Dt} + \dot{q}''' - \nabla \cdot \mathbf{q} + \Phi \quad (4)$$

v) 이상기체 상태방정식

$$p = \frac{\rho R T}{M} \quad (5)$$

여기서, $\frac{Dp}{Dt} = \frac{\partial p}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla p$ 는 시간에 대한 압력의 물질도함수이며,

$h = \int_{T_0}^T C_p(T') dT'$, $\nabla = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z} \right)$, $\mathbf{u} = (u, v, w)$ 이다. 전단응력 τ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\tau_{ij} = \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} (\nabla \cdot \mathbf{u}) \right) \quad (6)$$

에너지 방정식에서 점성소산함수 Φ 는 다음과 같다.

$$\Phi \equiv \tau_{ij} \cdot \nabla \mathbf{u} \equiv \mu \left[\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)^2 - \frac{2}{3} \delta_{ij} (\nabla \cdot \mathbf{u})^2 \right] \quad (7)$$

여기서, δ_{ij} 는 $i=j$ 일 때 1이고 $i \neq j$ 일 때 0이다.

화재로 인한 유동은 난류를 수반하므로, 이상의 편미분방정식의 해를 구하기 위해서는 난류모델이 필요하다. FDS에서는 대와류모사(Large Eddy Simulation, LES)가 기본으로 포함되어 있어 본 연구에서도 LES를 사용하였다.

2) 연소모델

FDS의 연소모델도 이와 같은 혼합분율(mixture fraction) 연소모델을 사용하고 있으며, 연소반응식은 다음과 같다.



여기서 ν 는 화학양론계수, F는 가연성가스, P는 연소생성물이다. 위의 화학양론식에서의 산소와 가연성가스의 관계는 다음과 같다.

$$\frac{\dot{m}_F'''}{\nu_F M_F} = \frac{\dot{m}_O'''}{\nu_O M_O} \quad (9)$$

$s = \nu_O M_O / \nu_F M_F$ 라 하면, 혼합분을 Z 는 다음과 같다.

$$Z = \frac{s Y_F - (Y_O - Y_O^\infty)}{s Y_F^I + Y_O^\infty} \quad (10)$$

여기서, Y_O^∞ : 대기 중의 산소의 질량분율

Y_F^I : 혼합가스 중의 연료의 질량분율

Y_O : 산소의 질량분율

Y_F : 연료의 질량분율

M_O : 산소분자량

M_F : 연료분자량

$Z = 0$ 인 경우 대기 중에 산소만 존재함을 뜻하며, $Z = 1$ 인 경우는 공간 내 연료만이 존재하는 것을 의미한다. 혼합분을 연소모델은 연료와 산소의 반응이 무한히 빨리 이뤄지는 것으로 가정한다.

3) 복사모델

FDS에서 복사열전달 계산에 비 산란 회색가스에 대해서 wide band 모델이 사용되었다. 복사열전달 방정식의 해는 유한체적법(finite volume method)을 이용하여 계산하였다. 연소 중에 부유되는 연기입자의 복사강도(I)는 다음의 Stefan-Boltzmann식을 만족하는 이상적인 복사체인 흑체(blackbody)의 개념을 도입하였다.

$$I = \sigma T^4 / \pi \quad (11)$$

여기서, T 는 흑체표면의 절대온도(K)이고, σ 는 Stefan-Boltzmann상수이다. 복사모델과 관련된 FDS의 기본 값을 그대로 사용하였다.

4) 화재시뮬레이션의 제원

화재시뮬레이션은 불특정다수의 출입이 많은 1층 로비에서 발생한 것으로 가정하였다. 아래 그림과 같이 중심형 Pool 화재가 발생한 것으로 가정하였으며, 호흡선의 높이 1.5 m 지점에서 온도 및 연기밀도, CO 발생량, 가시거리를 계산하였다. 화재실의 크기와 개구부의 면적 등은 아래 표와 같으며, 화재의 크기는 5 MW, 격자는 각 0.1 m로 계산시간은 300 sec로 설정하였다. 또한 화재시나리오의 경우 시나리오 1과 시나리오 2로 구분하여, 각각 스프링클러헤드가 설치된 시나리오(시나리오 1)와 스프링클러헤드 미설치된 시나리오(시나리오 2)로 구분하여 시뮬레이션을 실시하였다.

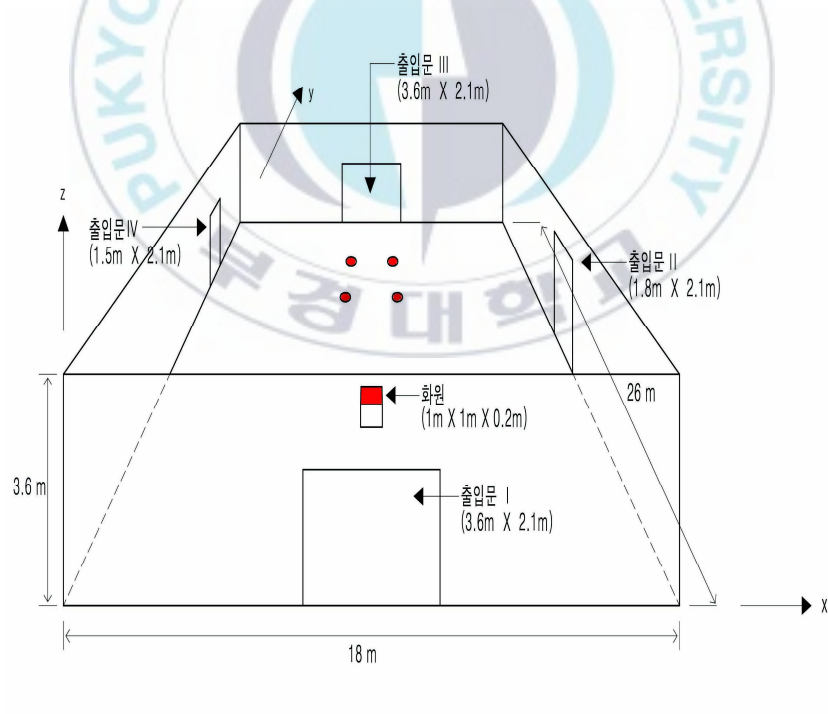


그림3.29 화재시뮬레이션 실행 공간 [68]

표 3-21. 화재시뮬레이션 제원 [68]

화재실의 크기	26.27 m x 18.39 m x 3.6 m
개구부의 면적	3.6 m x 2.1 m 2개소(출입문Ⅰ,Ⅲ) 1.8 m x 2.1 m 1개소(출입문Ⅱ) 1.5 m x 2.1 m 1개소(출입문Ⅳ)
화재의 크기	5 MW
격자의 크기	0.1 m × 0.1 m × 0.1 m
계 산 시 간	300 s
화원의 크기	1 m x 1 m 의 폴리우레탄 화재
화 재 성 장	Ultra-Fast
S/P 헤드의 설 치 위 치	SPR1:7.8×11.7×3.5, SPR2:7.8×14.9×3.5 SPR3: 12×11.7×3.5, SPR4:12×14.9×3.5
S/P 헤드의 상 세 제 원	RTI : 148 C-FACTOR : 0.7 작동온도 : 74℃

또한 피난시나리오의 경우 화재가 발생한 발화 실인 39층 거실에서 1층까지 피난하는 경우로 수용인원과 계단 폭에 따라 아래 표와 같이 시나리오를 구분하여 실시하였다.

계단 폭에 따라 계단 폭이 1.2m인 경우(CASE1, CASE2), 계단 폭이 1.5m인 경우(CASE3), 계단 폭이 1.8m인 경우(CASE4)로 시나리오를 구분하여 시뮬레이션을 실시하였다.

표 3-22. 피난시나리오의 분류 [68]

	피난 공간	수용인원	비고
CASE1	계단 폭 1.2 m, 기본 값		
CASE1-1	39층-1층	3,999명	한국 소방법규에 의한 수용인원
CASE1-2	39층-1층	1,711명	숙박시설 방수에 의한 실 거주인원
CASE2	계단 폭 1.2 m, 피난분산		
CASE2-1	39층-1층	3,999명	한국 소방법규에 의한 수용인원
CASE2-2	39층-1층	1,711명	숙박시설 방수에 의한 실 거주인원
CASE3	계단 폭 1.5 m, 기본 값		
CASE3-1	39층-1층	3,999명	한국 소방법규에 의한 수용인원
CASE3-2	39층-1층	1,711명	숙박시설 방수에 의한 실 거주인원
CASE4	계단 폭 1.8 m, 기본 값		
CASE4-1	39층-1층	3,999명	한국 소방법규에 의한 수용인원
CASE4-2	39층-1층	1,711명	숙박시설 방수에 의한 실 거주인원

또한 각각의 CASE별로 수용인원을 다르게 설정하여 두 번에 걸쳐 시뮬레이션을 실시하였다. 수용인원의 설정 방법은 「소방시설의 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」에서 규정하고 있는 수용인원 산정 방법에 의한 수용인원과 실제 숙박시설의 방수를 기준으로 하여 실제 거

주 인원으로 구분하여 시뮬레이션을 실시하였다. 또한 CASE1과 CASE2의 경우 프로그램의 default값으로 가장 빠른 경로로 대피하는 경우(CASE1)와 피난인원의 분산을 유도하는 경우(CASE2)의 비교를 실시하였다.

국내 소방법규에 의한 층별 수용인원 산정결과와 숙박시설의 실 거주인원을 기준으로 한 층별 수용인원 산정결과는 아래 표와 같다.

표 3-23. 숙박시설의 실 거주인원에 따른 층별 수용인원 [68]

층	바닥면적[m ²]	용도	수용 인원 계수	수용인원 [명]
지상1층	1,376.4	판매시설	3 m ² / 1인	459
지상2층	2462.50	주차장		30
지상3층	2462.50	주차장		30
지상4층	2462.50	주차장		30
지상5층	2462.50	주차장		30
지상6층	2462.50	주차장		30
40평형	방3개, 거실1개	방1개/2인용 침대1개	방3개:3x2=6명	6
38평형	방3개, 거실1개	방1개/2인용 침대1개	방3개:3x2=6명	6
33평형	방2개, 거실1개	방1개/2인용 침대1개	방2개:2x2=4명	4
7~38층	40평-2세대 38평-2세대 33평-2세대	방1개/2인용 침대1개	6x2+6x2+ 4x2	32/층
39층	38평-2세대 33평-2세대 스카이라운: 174 m ²	방1개/2인용 침대1개 스카이라운지/ 3 m ² 당1인	6x2+4x2+58 스카이라운지 :58인	78

표 3-24. 국내 법규에 따른 층별 수용인원 [68]

층	바닥면적 [m ²]	용도	수용 인원 계수	수용인원 [명]
지상1층	1,376.4	판매시설	3 m ² / 1인	459
지상2층	2462.50	주차장		30
지상3층	2462.50	주차장		30
지상4층	2462.50	주차장		30
지상5층	2462.50	주차장		30
지상6층	2462.50	주차장		30
40평형	방3개, 거실1개	방1개/2인용침대1개 거실/3 m ² 당 1인	방3개:3x2=6명 거실32.5/3:11명	17
38평형	방3개, 거실1개	방1개/2인용침대1개 거실/3 m ² 당 1인	방3개:3x2=6명 거실36.6/3:13명	19
33평형	방2개, 거실1개	방1개/2인용침대1개 거실/3 m ² 당 1인	방2개:2x2=4명 거실32.8/3:11명	15
7~38층	40평-2세대 38평-2세대 33평-2세대	방1개/2인용침대1개 거실/3 m ² 당 1인	17x2+19x2+ 15x2	102/층
39층	38평-2세대 33평-2세대 스카이라운지: 174 m ²	방1개/2인용침대1개 거실/3 m ² 당 1인 스카이라운지/ 3 m ² 당 1인	19x2+15x2+58 스카이라운지 :58인	126

대상건축물의 평면도는 아래 그림과 같다. 출입문은 각층 피난계단 입구에 2개가 있고 출입문의 크기는 $0.9\text{m} \times 2.1\text{m}$ 이다. 피난 층인 1층에서는 아래 그림과 같이 1번, 2번, 3번의 3개의 출입문이 있으며, 그 크기는 $3.6\text{m} \times 2.1\text{m}$ 이다. 각 층에서 계단을 통하여 1층으로 내려온 재실자는 1층 3개의 출입문을 통해 피난하도록 설정하였으며, 4번부터 13번까지의 출입문은 1층 상가의 사람들이 각 점포에서 피난할 수 있도록 설정하였다.

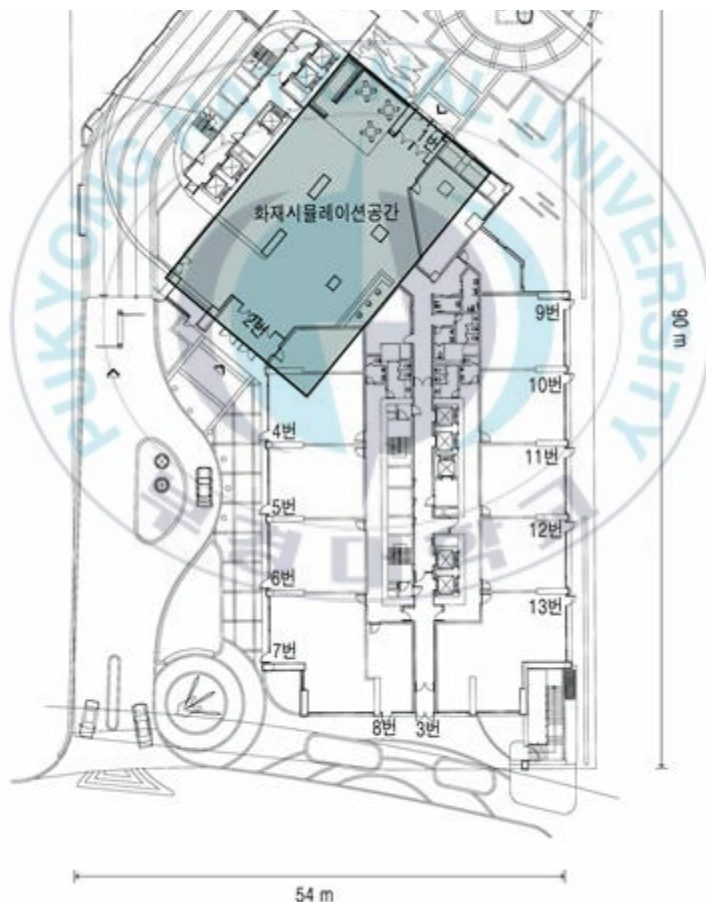


그림 3-30. 화재 및 피난시뮬레이션 대상건축물 평면도

[68]

Simulex의 경우 재실자들의 신체크기는 아래 그림과 같이 3개의 원으로 표현된다. 가운데 부분은 몸통으로서 $R(t)$ 로 간략히 표현되고, 중심에서부터 어깨 중심까지의 거리가 s 로 표시된다. 세부 입력수치는 한국표준체위를 기준으로 입력하였으며, 수용인원의 연령과 비율, 배치위치는 임의로 배치하였다.

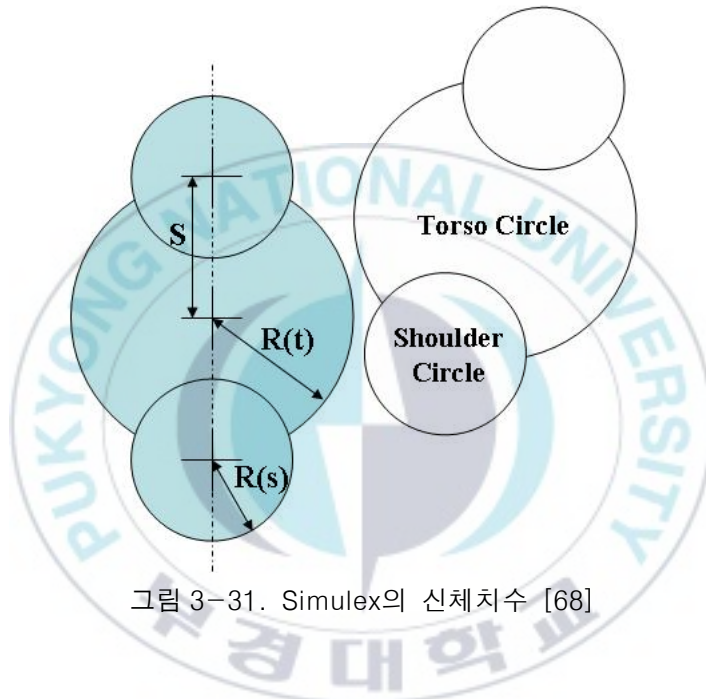


그림 3-31. Simulex의 신체치수 [68]

표 3-25. 피난시뮬레이션을 위한 에이전트 신체특성 [68]

구 분	$R(t)$	$R(s)$	s	보행속력
성인남자	0.25	0.16	0.09	1.35 m/s
성인여자	0.24	0.14	0.09	1.15 m/s
어 린 이	0.18	0.11	0.07	0.90 m/s
노 인	0.24	0.16	0.09	0.80 m/s
청 소 년	0.23	0.14	0.09	1.00 m/s

표 3-26. 피난시뮬레이션 재실자 유형 분류 [68]

재실자 유형	노인(%)	성인남자 (%)	성인여자 (%)	어린이(%)	청소년(%)
판매 시설	10	20	30	20	20
숙박 시설	10	20	25	25	20



3.4.2. 화재시뮬레이션 수행 결과 [68]

화재가 정상상태에 도달하는 시간은 길며, 본 연구의 목적은 스프링클러 설비의 유무에 따른 비교이므로, 이 경우 화재가 정상상태에 도달하지 않아도 가능하다. 따라서 시나리오별 유무의 평균 값 구간은 100~300 s로 하였다. 공간 내 호흡선 높이($z=1.5$ m인 x - y 평면)에서의 온도 및 연기밀도, CO발생량, 가시거리의 평균값은 아래 표와 같다.

평균온도의 경우 스프링클러 개방 시와 미개방시에 많은 차이가 나타났으며, 평균 CO농도와 Soot발생량은 스프링클러를 개방하지 않은 경우 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 반면 가시거리의 경우 스프링클러헤드 개방 시에는 0.63 m, 미개방시에는 0.36 m로 스프링클러헤드가 개방되었을 때 더 긴 것으로 나타났다. 즉 스프링클러가 개방되었을 때 주변 온도와 연기 발생량 등이 낮아지므로 개방되지 않았을 때보다 가시거리가 커짐을 알 수 있다.

표 3-27. $z=1.5$ m인 x - y 평면에서의 평균값($t=100\sim300$ 초) [68]

	temp.[$^{\circ}$ C]	CO[mol/mol]	soot[kg/m 3]	visibility[m]
시나리오1	26.9	1.26×10^{-3}	7.14×10^{-4}	0.63
시나리오2	93.8	3.29×10^{-3}	1.49×10^{-3}	0.36

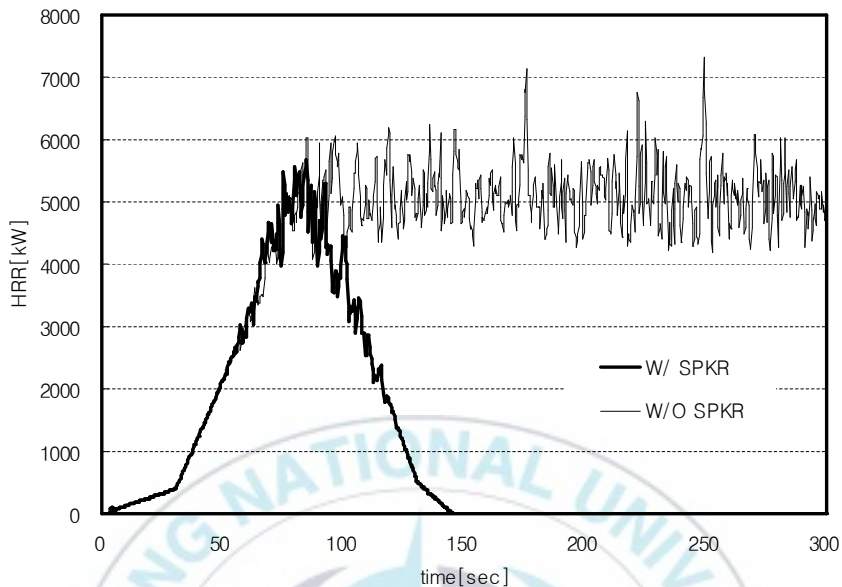


그림 3.32. 시간에 따른 열방출율 변화 [68]

위 그림의 경우 시간에 따른 열 방출률의 변화를 나타낸 것으로 82 초 정도에 열 방출률이 5 MW에 도달한 이후 스프링클러가 개방된 경우 열 방출률이 급격히 작아지나, 스프링클러가 개방되지 않은 경우 5 MW를 유지하는 것으로 나타났다.

또한 출입문 I 에서의 유속을 살펴보면 중성대의 높이는 약 1.3 m로 두 번의 시나리오에서 비슷하게 나타났으나, 스프링클러를 개방하지 않은 경우 연기의 배출로 출입문 상부쪽의 유속이 높게 나타났다.

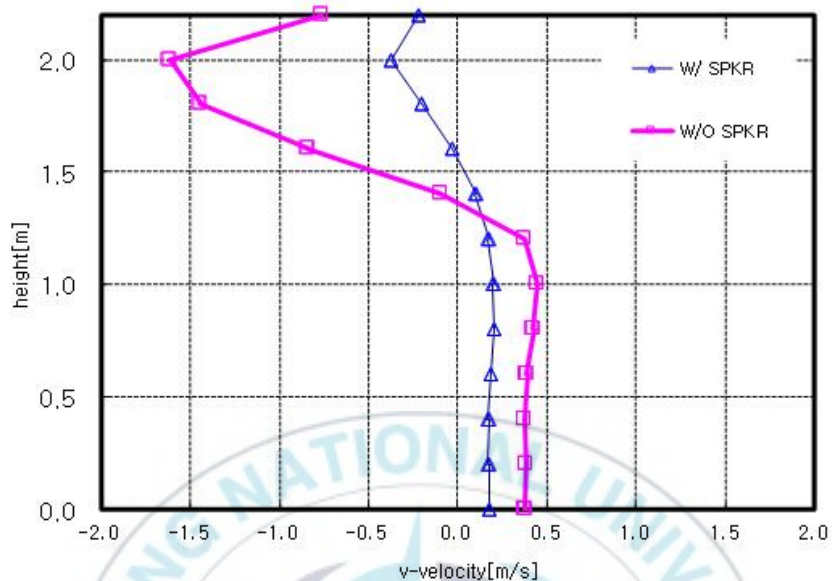


그림 3-33. 출입문 1 에서의 높이에 따른 평균유속 [68]

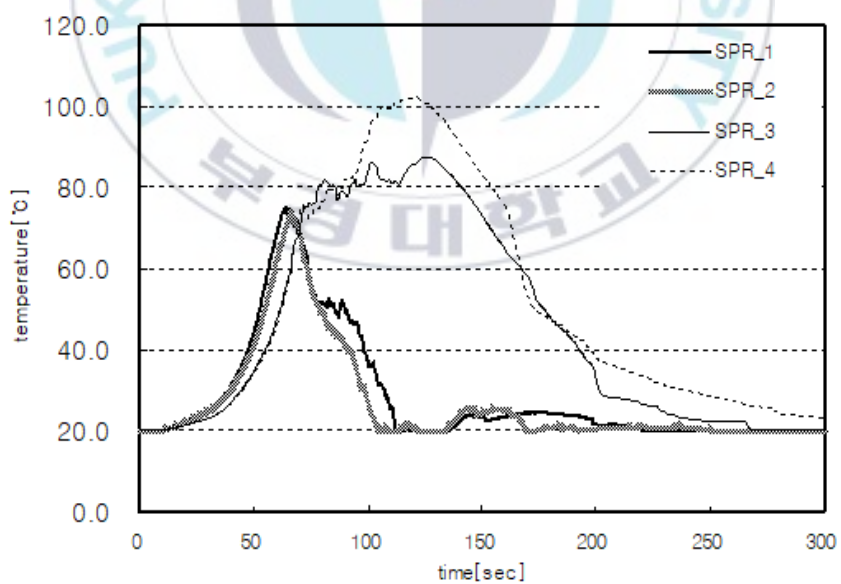


그림 3-34. 스프링클러헤드에서 시간에 따른 온도변화 [68]

스프링클러헤드에서 시간에 따른 온도변화를 살펴보면, 스프링클러헤드 SPR 1,2번이 약 60초에 개방되고 이후 약 70초에서 SPR 3,4번이 개방되면서 온도상승이 완화되며, 진화가 되는 것으로 나타났다. 또한 각 출입문 중앙의 $z=1.5\text{ m}$ 인 지점에서 시간에 따른 온도변화는 아래 그림과 같으며, 스프링클러헤드의 개방이후 출입문에서 온도가 약 30°C 를 넘지 않지만, 스프링클러헤드가 개방되지 않는 경우 약 220초 이후 60°C 보다 높게 나타났다.

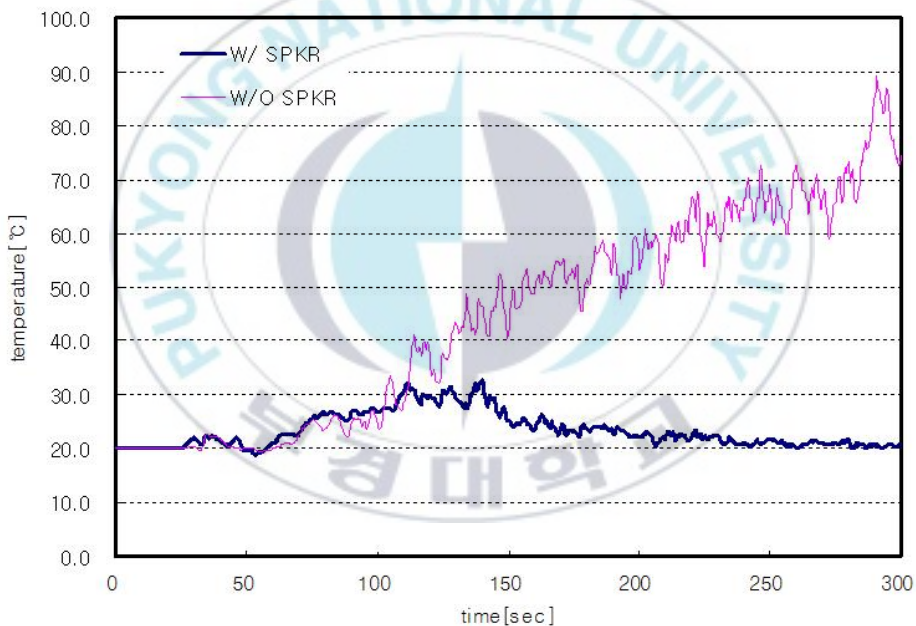


그림 3-35. 출입문의 $z=1.5\text{ m}$ 에서의 시간에 따른 평균온도의 변화 [68]

시간에 따른 가시거리의 변화를 평균한 값을 살펴보면, 화재소화 후 가시거리 변화는 크지 않은 것으로 나타났다. 차이가 크지 않은 것으로 나타난 이유는 화재초기에 발생한 연기가 소화 후에

도 화재 공간 내에 잔류하기 때문인 것으로 판단된다.

각 출입문의 $z=1.5\text{ m}$ 인 지점에서의 시간에 따른 연기밀도와 CO 농도의 변화를 평균한 것이다. 스프링클러가 개방된 경우 개방 이후 증가가 완화 되면서 차츰 농도가 감소하며, 스프링클러가 개방되지 않은 경우에는 화재가 소화되지 않으므로 연기밀도 및 CO 농도가 계속 증가하는 것으로 나타났다.

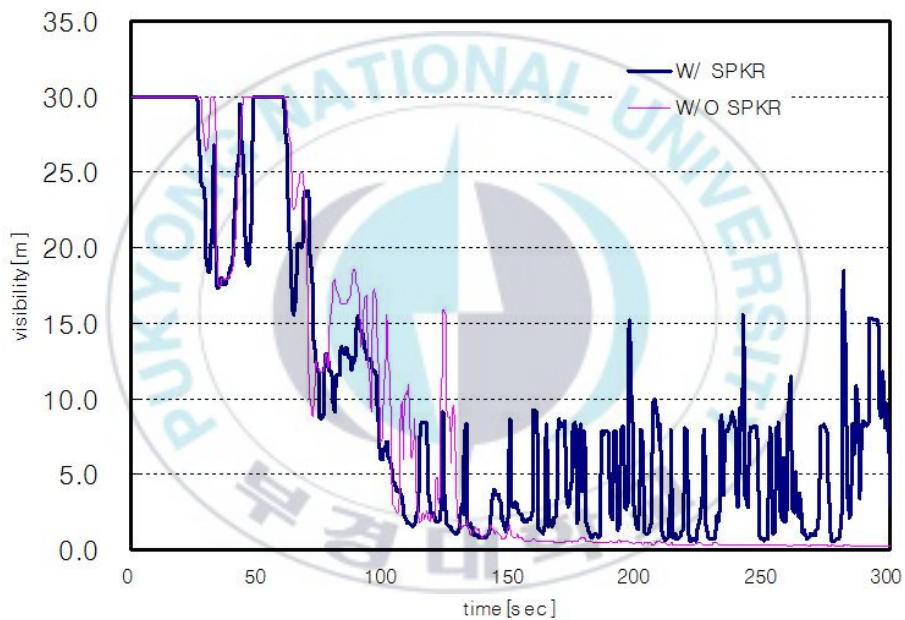


그림 3-36. 출입문의 $z=1.5\text{ m}$ 에서의 시간에 따른 평균 가시거리의 변화

[68]

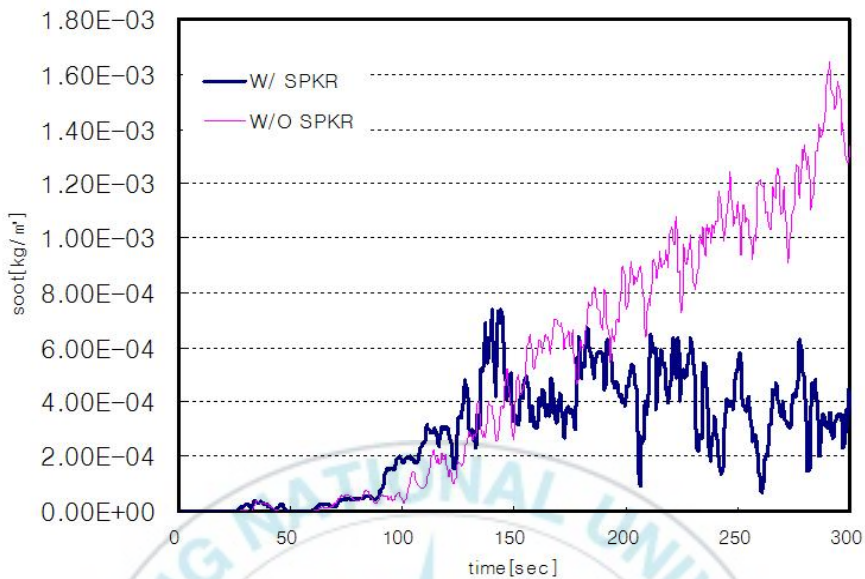


그림 3-37. 출입문의 $z=1.5$ m에서의 시간에 따른 평균 연기밀도의 변화 [68]

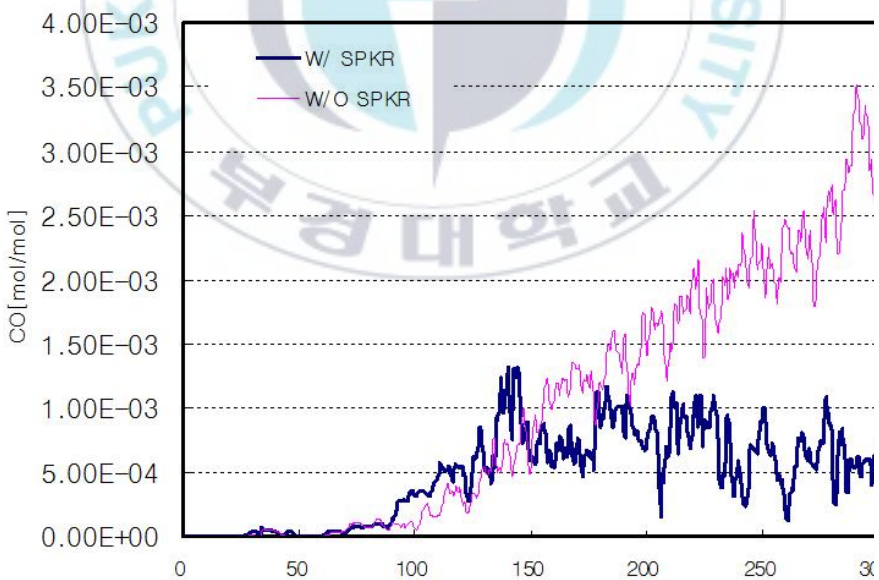


그림 3-38. 출입문의 $z=1.5$ m에서의 시간에 따른 평균 CO농도의 변화 [68]

아래 그림은 $y=13.1\text{m}$ 인 x - z 평면에서의 각 시간대별 온도분포를 나타낸 것이다. 스프링클러가 개방된 시나리오 1의 경우 70초 이후 소화가 진행되면서 120초와 180초에서의 온도분포가 스프링클러가 개방되지 않은 시나리오 2의 경우에 비해 온도가 매우 낮게 분포되는 것으로 나타났다.



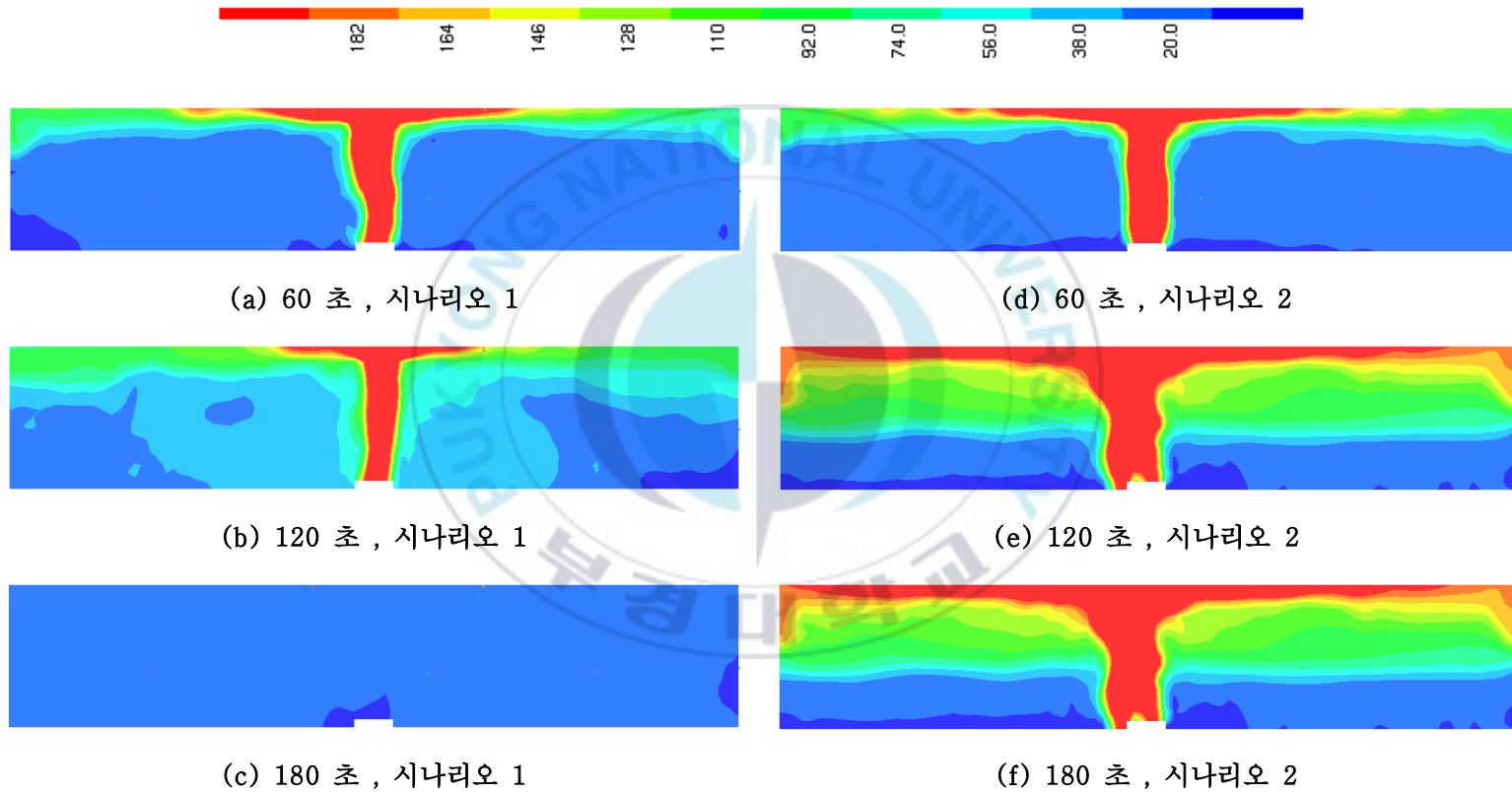


그림 3-39. $y=13.1$ m인 x - z 평면에서의 시간에 따른 온도분포 [68]

3.4.3. 피난시물레이션 수행 결과 [68]

피난시물레이션에서 피난 개시 전 수용인원 배치는 재실자 유형에 따라 아래 그림과 같이 배치하였다.

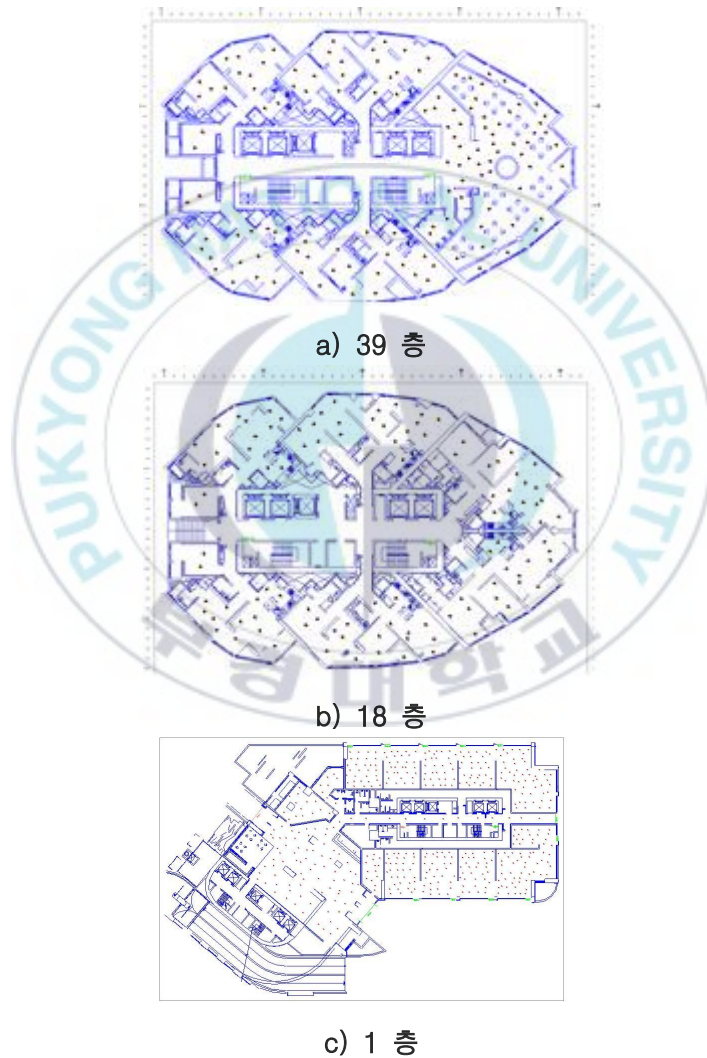


그림 3-40. 피난시물레이션을 위한 에이전트 배치 [68]

법적 수용인원에 따른 시뮬레이션 상황과 실거주자에 따른 시뮬레이션 상황을 피난개시 후 10초, 30초, 1분 간격으로 최상층, 18층, 1층의 피난시뮬레이션 상황은 아래 그림과 같다.

계단 폭 1.2 m일 때 피난개시 후 10초에는 재실자들이 각 세대에서 나와 계단으로 향하고 있으며, 30초와 1분후에는 병목현상이 발생하고, 피난개시 1분이 지난 시점에도 재실자들이 계단 쪽에 밀집해 있는 것으로 나타났다.

계단 폭이 1.5 m인 경우에는 계단 폭이 넓어 졌음에도 불구하고, 병목현상이 발생하는 것으로 나타났으며, 계단 폭이 1.8 m일 때는 1.2 m일 때와 비교하여 피난 시간에 많은 차이가 발생함을 알 수 있다. 또한 재실자들을 양쪽 피난계단으로 분산 피난시킨 경우 피난시간이 대폭 감소하는 것으로 나타났다.



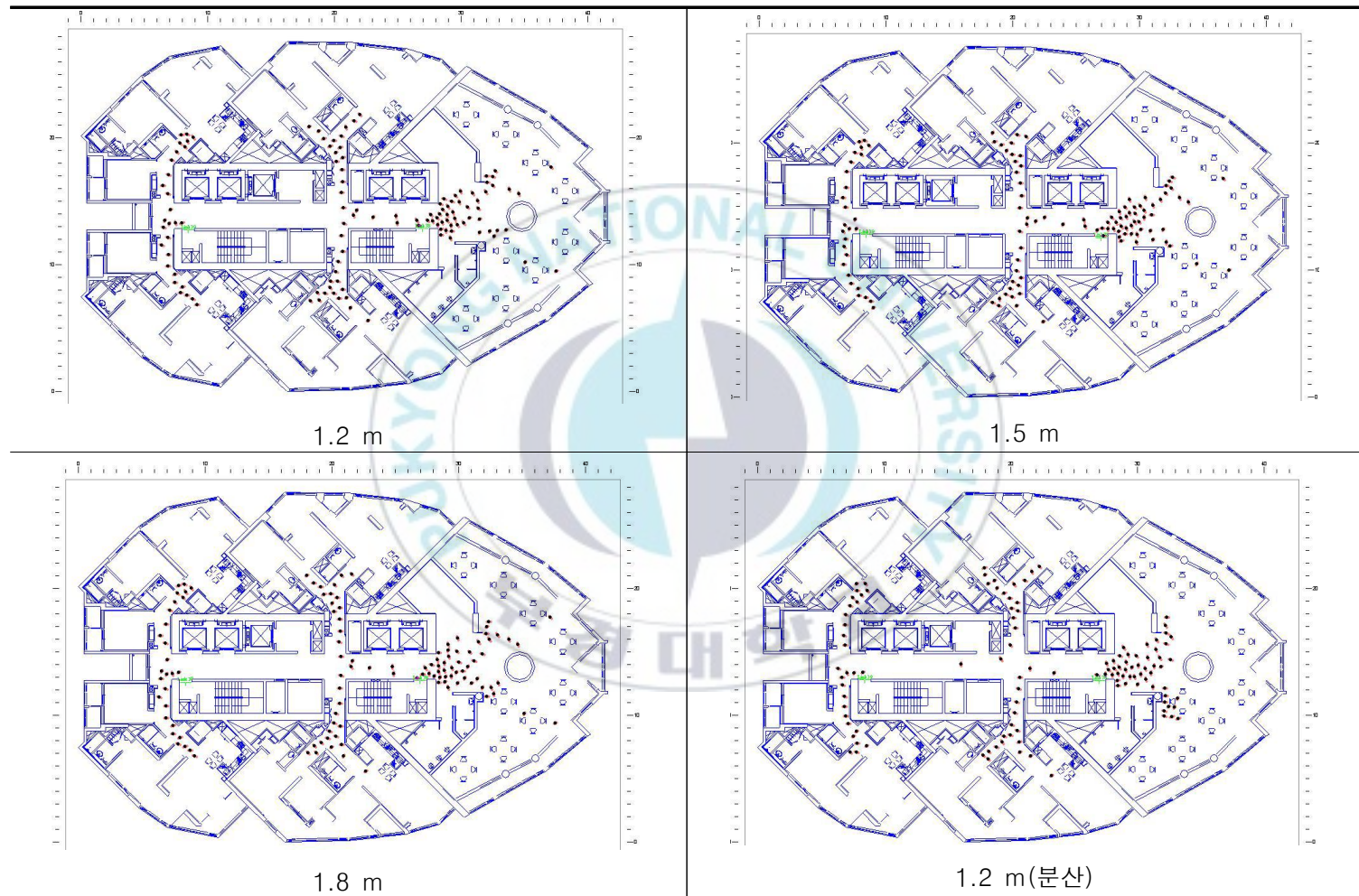


그림 3-41. 최상층 피난 시뮬레이션 결과 (10 초) [68]

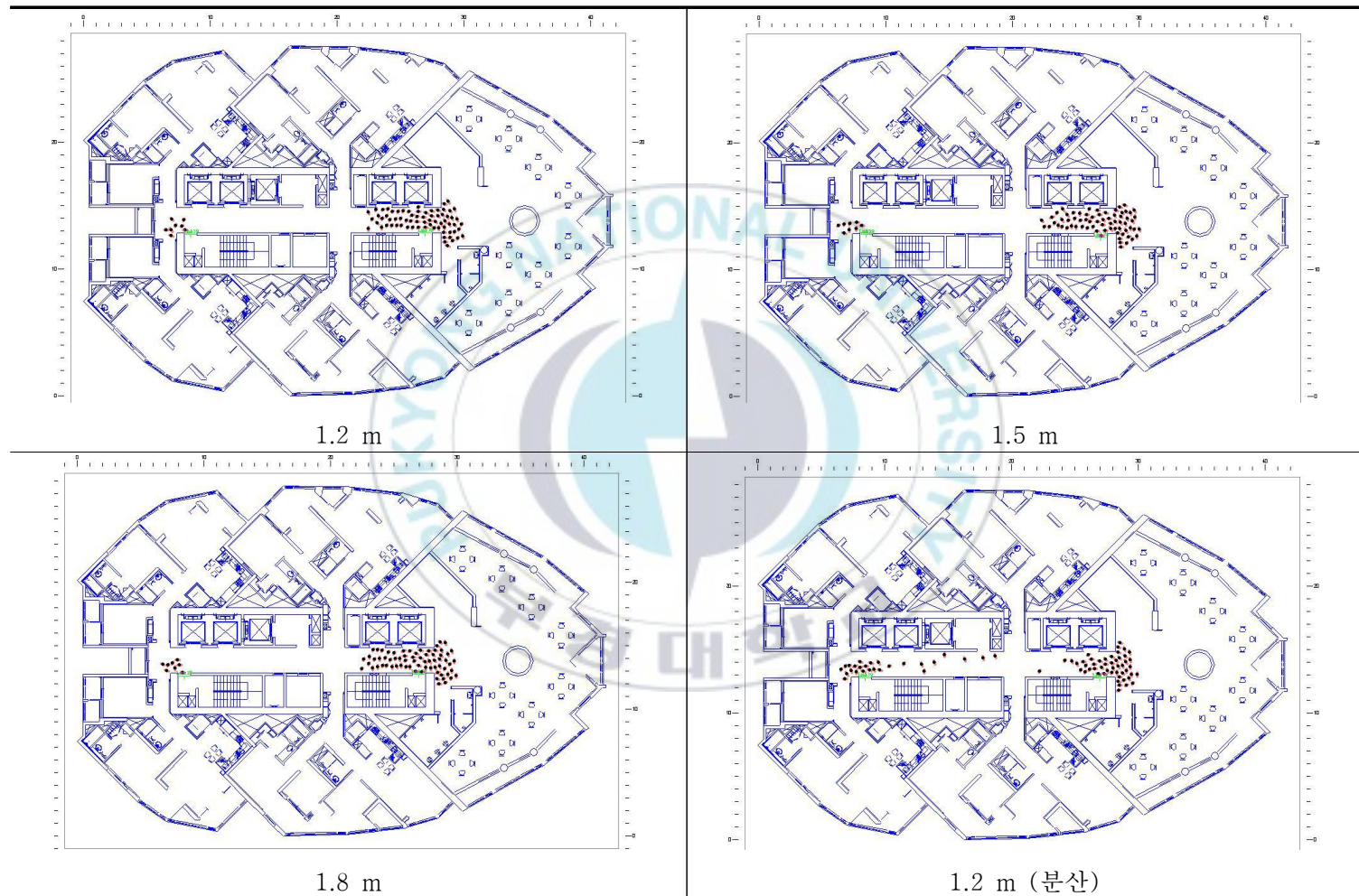
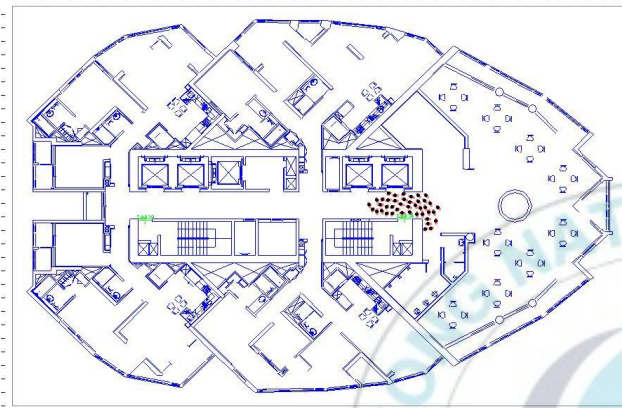
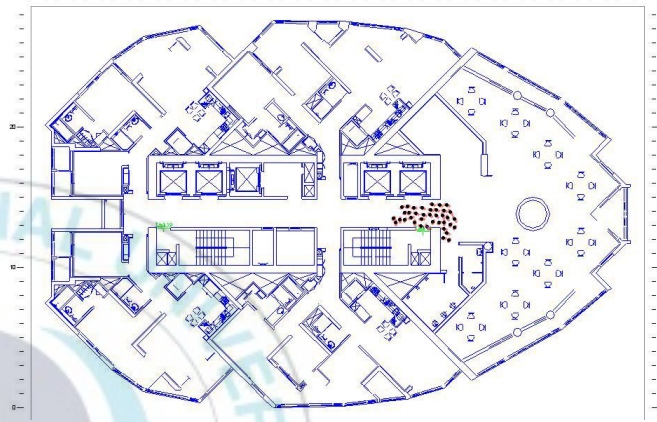


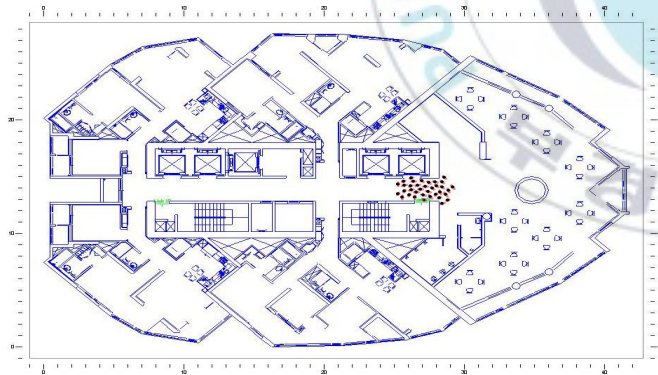
그림 3-42. 최상층 피난 시뮬레이션 결과(30 초) [68]



1.2 m



1.5 m



1.8 m



1.2 m (분산)

그림 3-43. 최상층 피난 시뮬레이션 결과(60 초) [68]

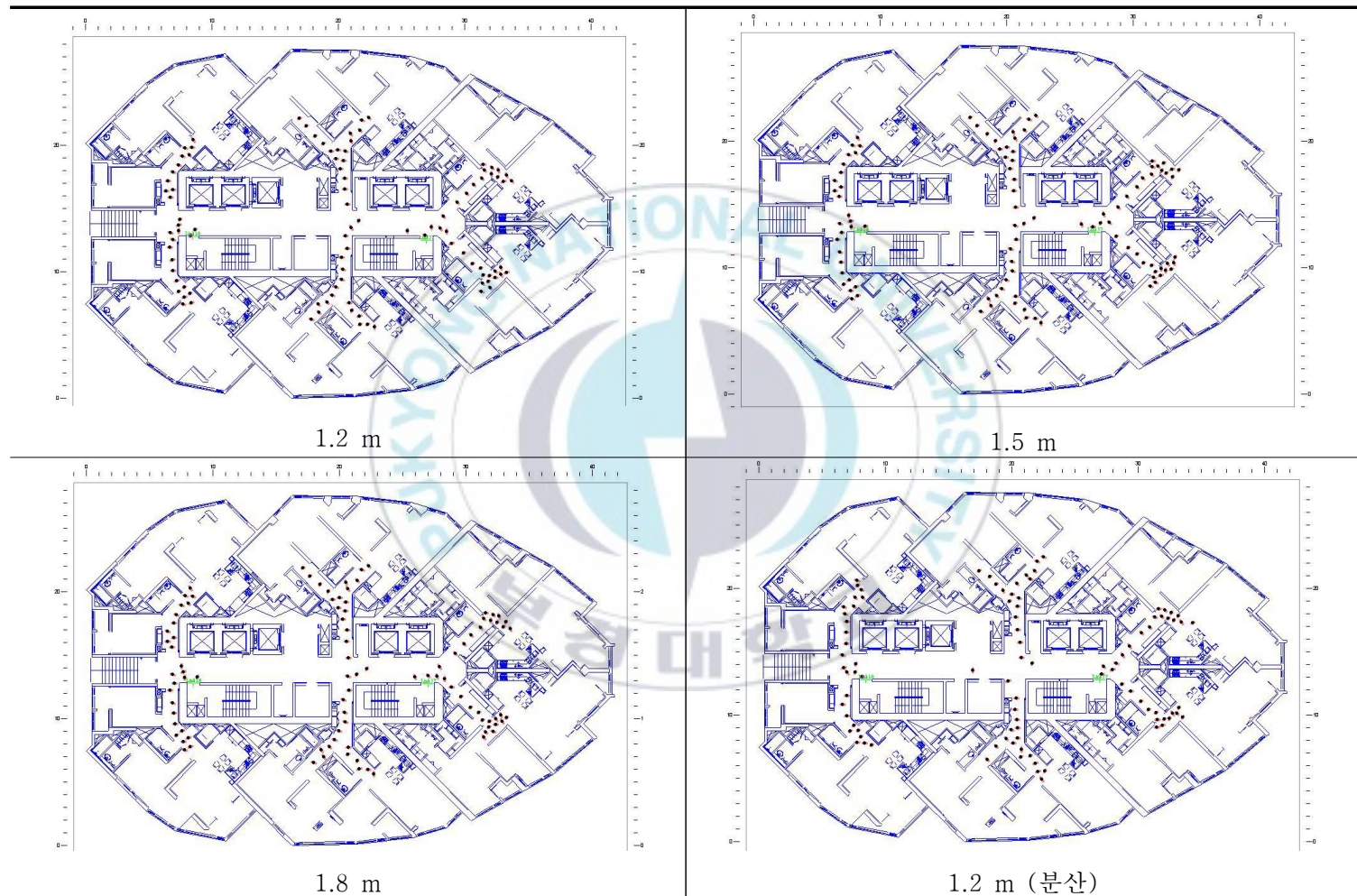


그림 3-44. 18층 피난 시뮬레이션 결과(10 초) [68]

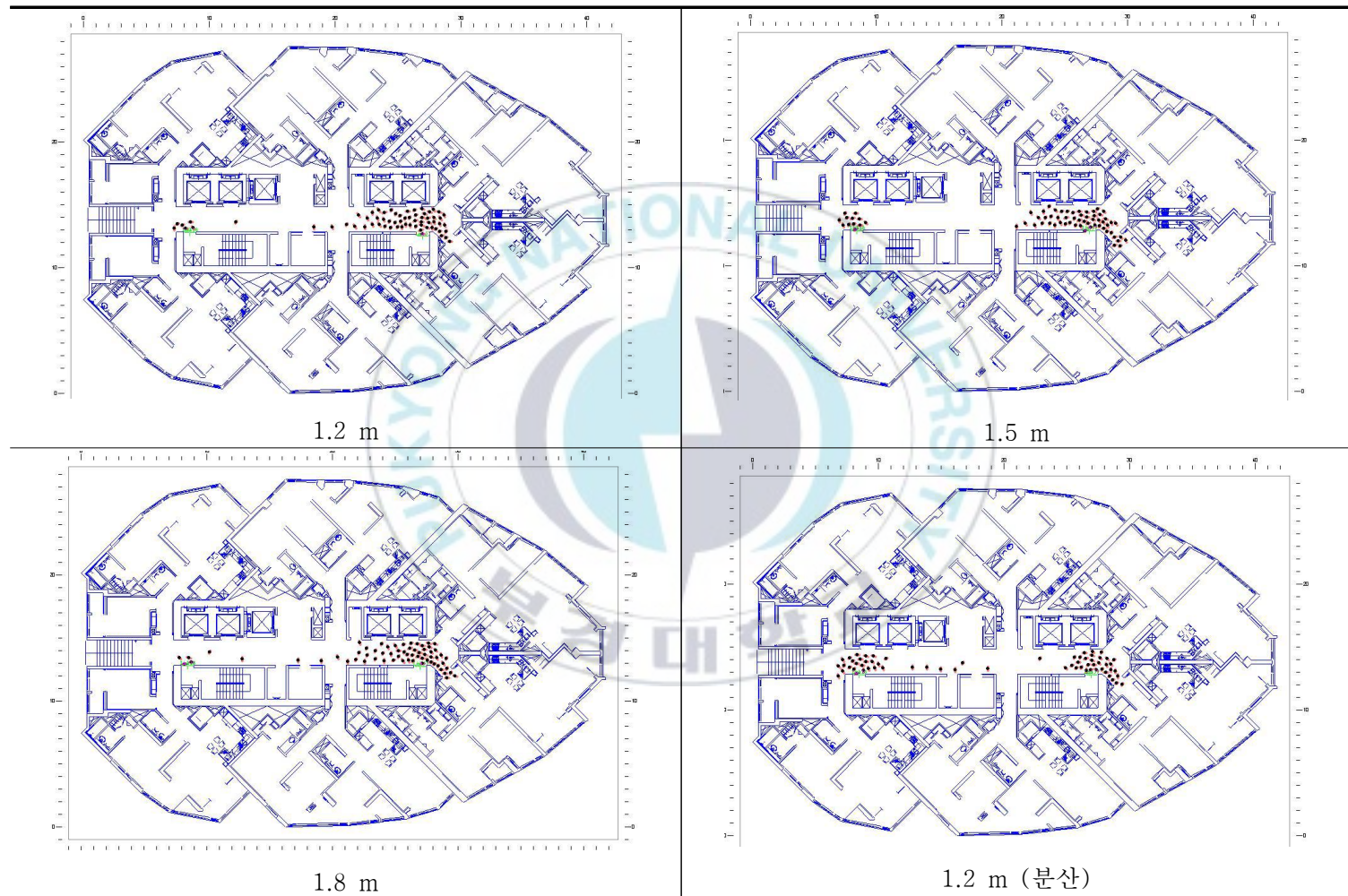


그림 3-45. 18층 피난 시뮬레이션 결과(30 초) [68]

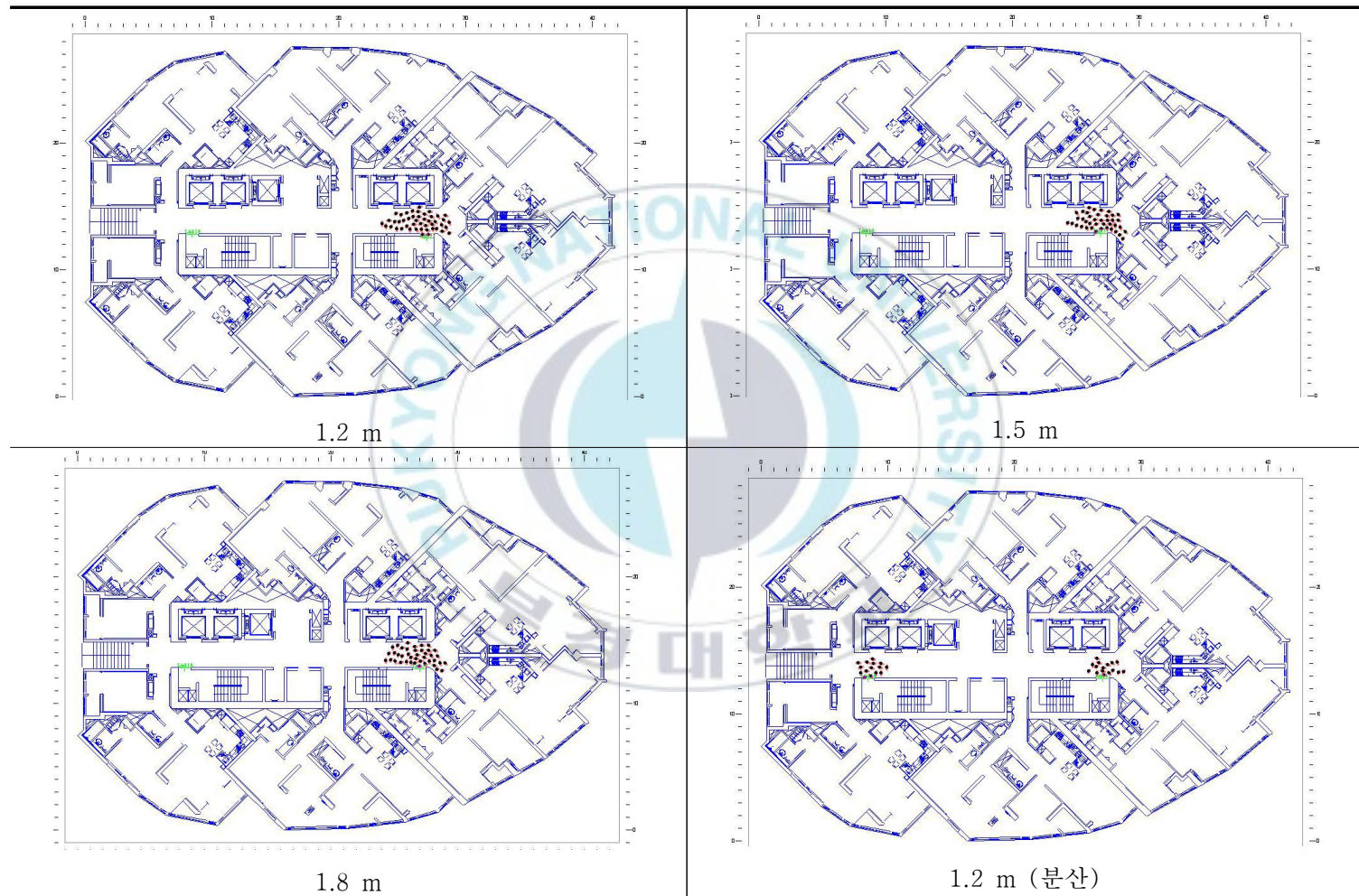
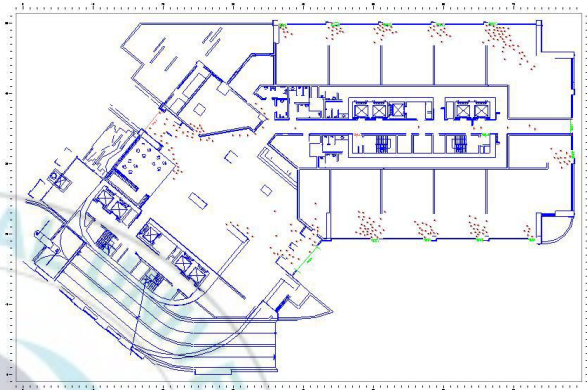


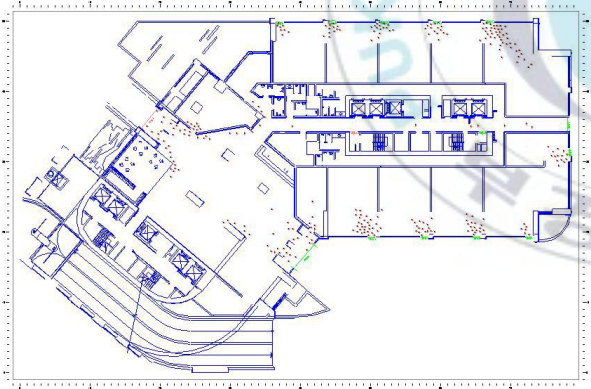
그림 3-46. 18층 피난 시뮬레이션 결과 (60 초) [68]



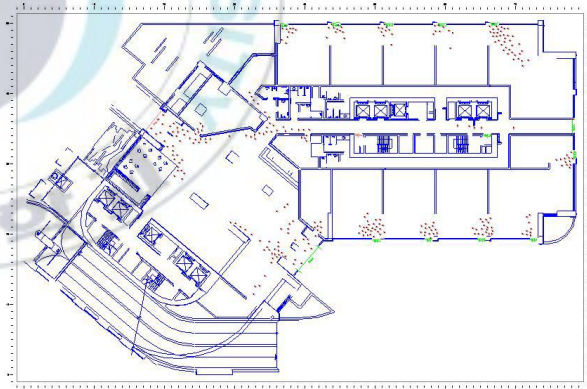
1.2 m



1.5 m

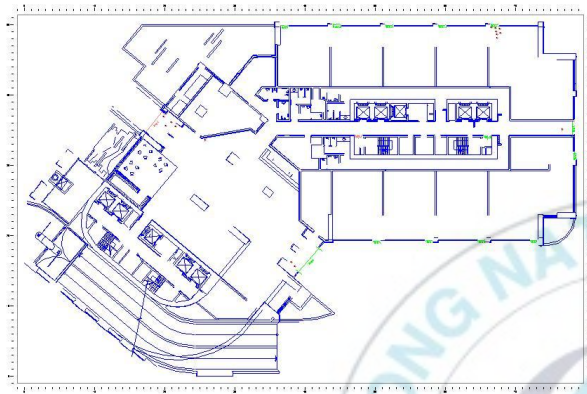


1.8 m

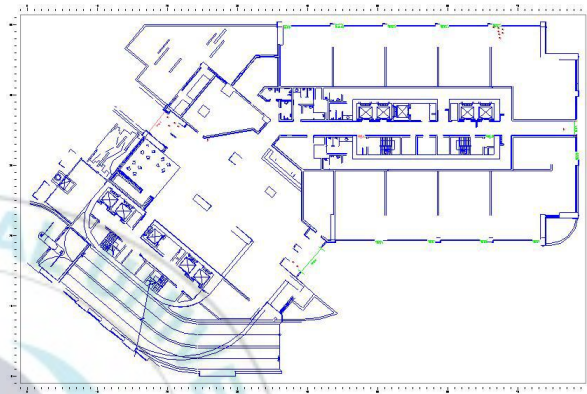


1.2 m (분산)

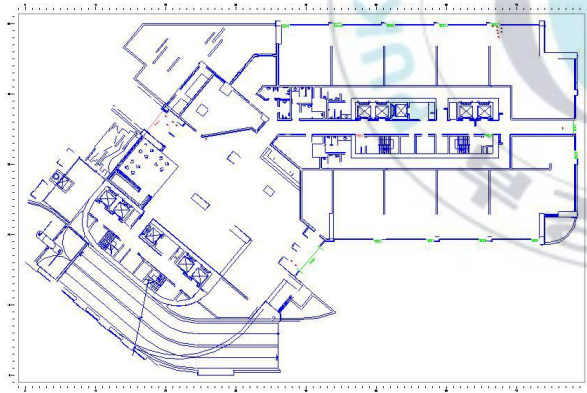
그림 3-47. 1층 피난 시뮬레이션 결과(10 초) [68]



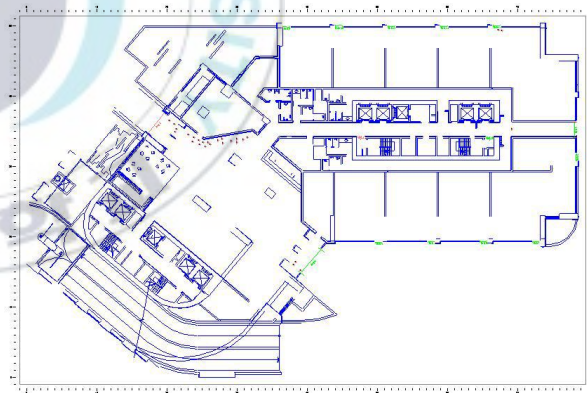
1.2 m



1.5 m

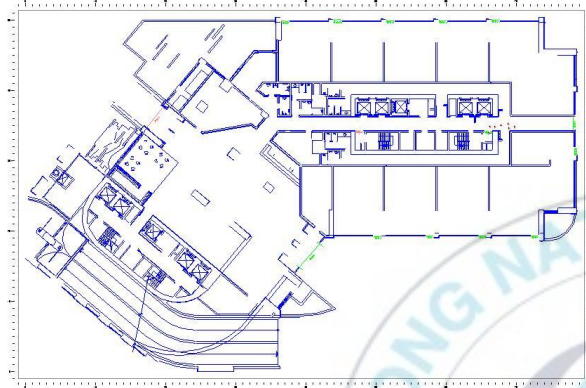


1.8 m

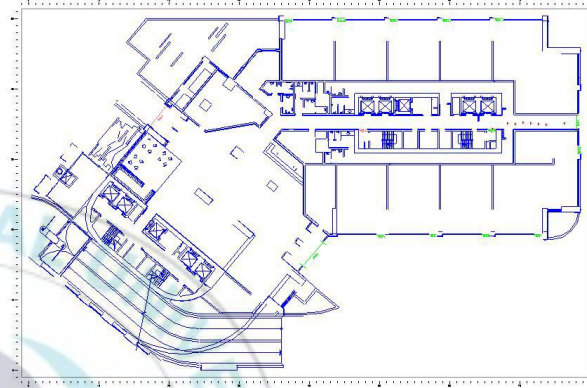


1.2 m (분산)

그림 3-48. 1층 피난 시뮬레이션 결과(30 초) [68]



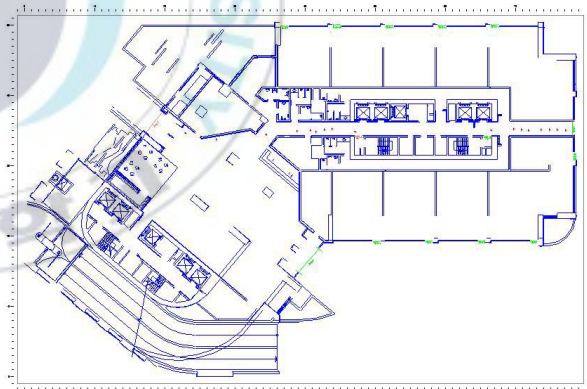
1.2 m



1.5 m



1.8 m



1.2 m (분산)

그림 3-49. 1층 피난 시뮬레이션 결과(60 초) [68]

또한 계단 폭의 변화에 따라 피난 완료시간을 비교한 결과는 아래 표와 같다.

표 3-28. 피난시뮬레이션 결과 피난 완료시간 [68]

구분	층수	계단 수	수용인원	계단 폭	인원(인)	피난 완료시간(분)
기본 값	39	2	법적인원	1.2 m	3,999	55.41
			실 거주인원		1,711	21.29
			법적인원	1.5 m	3,999	42.57
			실 거주인원		1,711	21.27
			법적인원	1.8 m	3,999	42.11
			실 거주인원		1,711	21.17
피난분산			법적인원	1.2 m	3,999	33.12
			실 거주인원		1,711	21.46

법적 수용인원의 경우에는 실 거주인원에 비해 두 배 이상 수용인원이 많으므로 계단 폭이 1.2m일 때와 1.5m, 1.8m일 때 계단 폭 넓이에 따른 피난시간에 차이가 많이 발생하였다. 또한 피난 분산을 한 경우와 최단거리로 대피를 한 경우에도 20 분가량의 시간차이가 발생하는 것으로 나타났다. 실 거주 인원을 대상으로 시뮬레이션 결과 계단 폭에 큰 영향을 받지 않았으며, 피난분산의 경우에도 최단거리로 이동하는 경우와 결과차이를 거의 보이지 않는 것으로 나타났다.

또한 5 분 간격으로 피난 완료한 인원수를 나타낸 그래프는 아래와 같다.

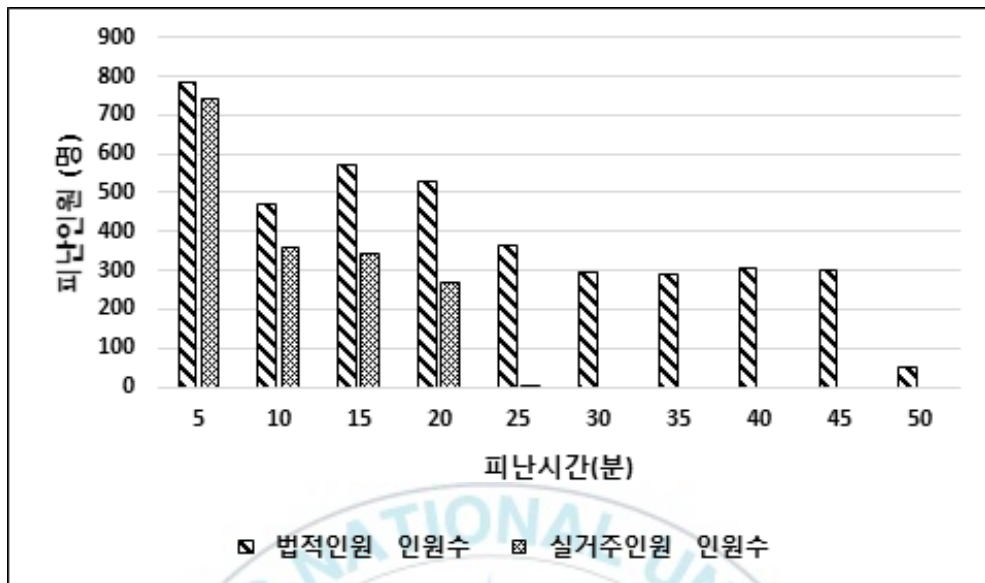


그림 3-50. 계단 폭 1.2 m일 때 시간당 피난 완료 인원 [68]

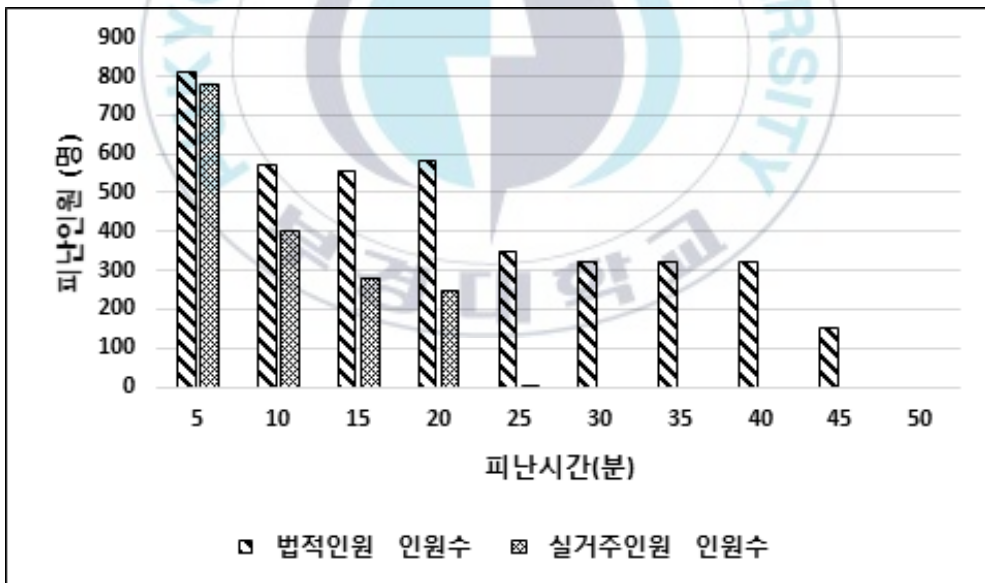


그림 3-51. 계단 폭 1.5 m일 때 시간당 피난 완료 인원 [68]

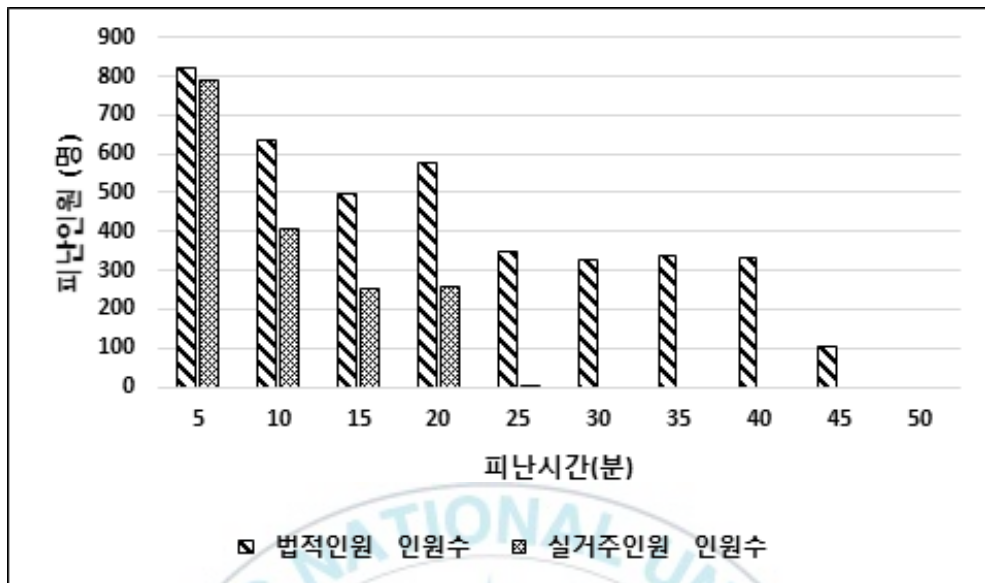


그림 3-52. 계단 폭 1.8 일 때 시간당 피난 완료 인원 [68]

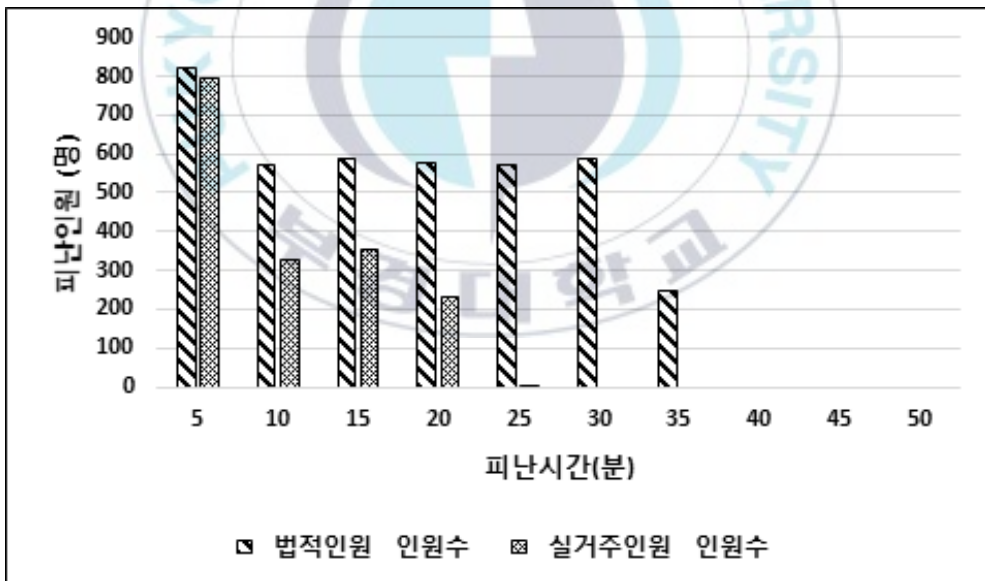


그림 3-53. 계단 폭 1.2 m (피난분산)일 때 시간당 피난 완료 인원 [68]

계단 폭이 1.2m인 경우 실 거주 인원으로 시뮬레이션을 수행한 결과 피난개시 후 5분 이내에 전체 수용인원의 50%정도가 피난을 완료하였으나,

법적 수용인원의 경우 병목현상의 발생으로 피난개시 후 5분 동안 전체의 20%가 대피하는 것으로 나타났다.

계단 폭이 1.5 m인 경우와 1.8 m인 경우에도 계단 폭이 1.2 m인 경우와 비슷한 피난양상을 나타내는 것으로 나타났다.

계단 폭이 1.2 m이고 피난분산인 경우는 실거주인원의 피난양상은 비슷하게 나타났으나, 법적 수용인원의 경우 피난완료시간이 크게 감소하는 것으로 나타났다.

각 층별로 피난완료시간을 살펴보면 아래 표와 같다. 법적 수용인원의 경우에는 39층이 피난을 가장 빨리 완료하였으며 피난완료 시간은 65 초이고, 18층의 경우 230 초에 피난완료 하는 것으로 나타났다. 이는 계단실에서의 병목현상이 발생함에 따라 중간층의 피난에 더 오랜 시간이 소요되는 것으로 확인할 수 있다. 하지만 실거주인원에 따른 수용인원의 경우 거의 모든 층에서 피난완료 시간이 고르게 나타났으며, 피난시간이 가장 빠른 층은 25 초, 가장 늦은 층은 65 초가 소요되어 거의 모든 층에서 1 분안에 피난을 완료한 것으로 나타났다.

표 3-29. 층별 피난 완료 시간 (초) [68]

피난종류	분산				기본											
계단폭	1.2 m				1.2 m				1.5 m				1.8 m			
수용인원	법적		실거주		법적		실거주		법적		실거주		법적		실거주	
계단	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1층	1895	1975	1260	1170	1270	2765	1035	1270	1220	2560	1035	1270	1205	2510	1035	1125
2층	75	35	75	35		105		85		150		70		135		65
3층	95	40	95	40		50		60		125		60		85		60
4층	75	50	75	50		70		65		70		70		100		55
5층	85	35	85	35		75		80		80		110		80		55
6층	65	35	70	35		70		70		70		70		65		65
7층	95	110	30	35	45	175	15	50	45	170	20	45	40	140	20	40
8층	110	130	35	35	45	210	20	180	50	175	20	50	45	165	20	40
9층	115	130	30	35	205	305	20	45	45	215	20	50	40	170	20	40
10층	120	175	35	35	70	300	200	50	45	200	20	45	50	170	20	40
11층	110	170	35	40	50	305	20	40	45	270	20	45	50	130	20	45
12층	120	155	30	40	50	390	20	80	50	300	20	45	45	145	20	45
13층	115	185	30	40	55	525	20	45	50	335	20	45	45	175	20	40
14층	115	140	35	30	60	480	20	95	40	275	20	45	45	160	20	45
15층	150	140	35	40	55	545	20	45	50	185	20	45	45	155	20	40
16층	110	175	35	35	50	575	25	40	45	240	20	45	40	190	20	40
17층	110	150	30	35	45	600	20	75	50	240	20	45	50	145	25	40
18층	95	230	40	35	45	745	20	40	50	310	20	40	40	175	20	40
19층	100	210	30	30	55	455	20	45	50	285	20	45	45	160	20	50
20층	185	145	35	35	55	785	20	45	50	255	20	45	40	155	20	40
21층	125	155	30	35	55	930	20	40	50	545	20	45	50	165	20	40
22층	135	135	35	30	45	885	15	50	50	345	20	45	45	170	20	40
23층	160	190	30	35	55	415	25	55	45	340	25	85	45	190	25	45
24층	145	140	40	35	45	1000	20	50	45	235	20	45	50	145	20	40
25층	115	115	30	35	60	845	20	45	45	295	20	45	45	170	20	45
26층	105	135	30	35	50	1085	20	50	45	240	20	45	40	140	20	45

27층	95	155	40	35	55	775	20	45	55	270	20	45	50	155	20	40
28층	120	190	30	35	50	380	20	40	50	370	20	40	55	165	20	40
29층	145	100	30	40	55	525	20	50	45	910	20	45	40	200	20	45
30층	90	115	30	35	55	670	20	45	50	175	20	40	45	150	20	40
31층	150	140	30	45	45	1340	20	50	55	210	20	40	45	160	20	40
32층	95	135	30	35	55	1380	20	50	50	305	20	85	50	180	20	45
33층	110	160	30	35	55	545	20	85	45	305	20	45	60	185	20	40
34층	130	200	30	30	50	1440	20	45	45	1110	20	45	45	160	20	40
35층	155	125	25	35	50	1435	20	45	45	440	20	40	45	155	20	40
36층	100	105	30	35	60	1505	20	45	60	285	20	40	50	180	20	40
37층	105	135	30	35	50	430	20	80	45	355	20	40	45	160	20	45
38층	95	200	30	35	55	425	20	50	50	260	20	40	50	115	20	40
39층	65	90	30	65	40	105	20	75	40	95	20	80	40	115	20	70



3.4.4. 화재 및 피난시물레이션 수행을 통한 문제점 도출

화재 및 피난시물레이션의 결과를 토대로 현행 성능위주설계의 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

화재 시물레이션에서 스프링클러, 즉 소방 설비의 작동유무에 따라 주변의 온도, 연기발생량, 가시거리에 큰 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 현재 성능위주설계 시 소방 설비의 작동유무를 고려하는 경우는 거의 없으며, 이러한 차이를 반영하지 못한다고 할 수 있다.

또한 피난시물레이션 결과 계단 폭의 증가에 따른 피난완료시간의 감소보다 피난분산, 즉 피난 계획에 따른 피난완료시간의 감소폭이 더 큰 것으로 나타났으며, 이는 단순 건축물의 설계변경을 통해서도 피난완료시간을 감소시키기 어렵다는 것을 의미한다.

또한 법적수용인원 산정기준과 실 거주 인원 간에 두 배 이상의 수용인원 차이가 발생하였으며, 그에 따른 피난소요시간에 큰 차이가 발생하는 것을 확인 할 수 있었다.

표 3-30. 시물레이션을 통한 성능위주설계 문제점

성능위주설계 관련 문제점	
법·제도적 측면	법적수용인원 산정기준과 실 거주인원간의 차이
시물레이션 방법	소방 설비의 작동유무에 따른 고려 부족 배치계획과 피난계획에 대한 고려 부족

IV. 문제점 도출을 통한 성능위주설계 개선 방안 제시

4.1 선행연구 검토를 통한 개선방안 제시

선행연구 검토를 통해 도출된 문제점과 개선방안은 다음과 같다. 성능위주설계 관련 문제점은 크게 법제도적 측면, 시뮬레이션 방법적 측면, 시뮬레이션의 검증방법으로 구분할 수 있다.

표 4-1. 선행연구 검토를 통한 성능위주설계 개선방안

구분	문제점	개선방안
법·제도적 측면	피난관련 규정의 개선(보행거리, 비상용 승강기 설치기준 등)	보행거리 등 피난관련 기준 강화의 필요성
	성능기준의 개발 및 인명안전기준의 부적절성	성능기준의 개발 및 인명안전기준의 개선
	건축심의회와 사전재난영향성평가 이중 검토	관련기준의 간소화 또는 일원화 등 필요
	건축법과 소방법의 이원화적 구성	건축법과 소방법의 조율의 필요
	성능위주설계 대상건축물 부적절	성능위주 대상건축물 적용대상의 확대 필요성
시뮬레이션 방법	화재시뮬레이션의 정확성	전문교육을 통한 시뮬레이션의 정확한 구현 필요
	화재시뮬레이션 입력 값 및 격자 크기 선정	가이드라인을 통한 입력 값 규정과 전문교육의 필요
	피난시뮬레이션 입력 값 기준 부재	가이드라인을 통한 입력 값 규정, 전문교육 필요
	건물의 특성을 고려하지 않은 시나리오 적용	건물의 특성을 고려한 적절한 시나리오 선정 등 설계자의 전문성 확보 필요

	화재시뮬레이션 시 고려사항의 미흡(스프링클러, 제연설비, 출입문 개방 등)	소방시설의 작동 등을 고려한 화재시뮬레이션의 실시에 대한 가이드라인 필요
	발열량과 화재성장률에 대한 규정 부재	실물화재실험 등을 통한 발열량 및 화재성장률에 대한 적절한 가이드라인 필요
	수용인원 규정에 대한 차이	건축물 용도별 현실성 있는 수용인원 규정 필요
시뮬레이션 검증방법	성능위주설계 검증방법 부재	적절한 검증방법에 대한 가이드라인 제시 필요
	설계의 자격요건 부 적절성	자격요건의 강화필요
	평가단으로 임명된 위원들의 검토의견의 불일치성(법적 범위 넘어섬 등)	각 평가단원들의 검토의견에 대한 적절한 가이드라인 제시 필요
	평가단이 검토하여야할 사항 등에 대한 명확한 기준이 없음.	평가단의 검토사항에 대한 기본적인 가이드라인 제시

법제도적 측면을 살펴보면 피난관련 규정의 개선, 성능기준과 인명안전 기준의 개선이 필요하다는 문제점이 제시되었으며, 건축심의회와 사전재난 영향성 평가가 이중 검토되는 점과 건축법과 소방법이 이원화되어 구성 되어 있다는 점, 성능위주설계 대상건축물의 선정이 부적절하다는 등의 문제점이 제시되었다. 이를 개선하기 위한 방법으로는 피난관련 기준의 강화가 필요하며, 성능기준의 개발 및 현행 인명안전기준에 독성물질의 추가적용 등과 같은 인명안전기준의 개선이 필요하다는 의견이 제시되었다.

또한 이원화되어있는 건축법과 소방법의 조율이 필요하며, 건축물의 심의단계와 사전재난영향성평가 단계에 이중적으로 수행되는 절차를 간소화 하거나 일원화 하여야 한다는 의견이 제시되었으며, 성능위주대상 건축물의 확대를 통해 아파트와 같이 성능위주설계대상건축물에 제외 되어있는 건축물에 대한 안전성을 보장할 필요성이 있다.

시뮬레이션 방법적 측면에서 살펴보면, 화재시뮬레이션과 피난시뮬레이션의 입력 값에 대한 기준부재로 인해 설계자의 재량에 따른 설계방법이

문제점으로 지적되었다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 전문교육을 통해 화재시물레이션과 피난시물레이션의 설계자의 전문성을 향상시키고, 또한 성능위주설계의 가이드라인을 신설 및 강화하여 건축물용도 등에 따른 피난시물레이션 입력 값 기준 설정 등을 개선방안으로 제시하고 있다.

또한 시물레이션 검증방법의 경우 성능위주설계의 검증 기준이 부족, 자격요건의 부 적절성, 평가단 위원들의 검토의견 불일치 등이 제시되고 있으며, 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 설계자와 평가단원의 자격요건을 강화하고, 평가단이 평가를 수행하여야 하는 혹은 답변서를 작성하는데 있어 가이드라인과 검토사항을 제시하는 것이 필요하다고 설명하고 있다.



4.2 전문가 설문을 통한 성능위주설계 개선방안 제시

앞서 성능위주설계 관련 기준을 검토하고, 소방전문가 365명을 대상으로 설문조사를 실시하여 성능위주설계의 문제점을 도출하였다. 그 결과 도출된 문제점을 정리하면 아래 표와 같다.

표 4-2. 전문가설문조사를 통해 도출된 성능위주설계 문제점

- | |
|---------------------------------|
| 1. 성능위주설계 설계대상의 부 적절성(아파트 제외 등) |
| 2. 성능위주설계 자격요건 및 평가단의 자격요건 |
| 3. 성능위주설계 절차 및 심의 관련 문제점 |
| 4. 성능위주설계관련 교육의 부족 |
| 5. 성능위주설계 평가기준에 대한 인식부족 |

이러한 문제점의 개선사항은 다음과 같이 정리할 수 있다.

초고층 건축물이 증가하고 있으며, 공동주택에서 발생하는 화재가 전체 화재에서 큰 비중을 차지하는 것을 고려하였을 때, 일정 규모 이상의 아파트의 안전성을 확보하는 것이 매우 중요하다. 즉 성능위주 대상건축물에 일정 규모 이상의 아파트와 주상복합 건축물이 포함되도록 관련 규정의 개정이 필요하다는 의견이 대부분을 차지하였다.

성능위주설계 대상에 아파트가 제외되는
이유는 무엇이라고 생각하십니까?

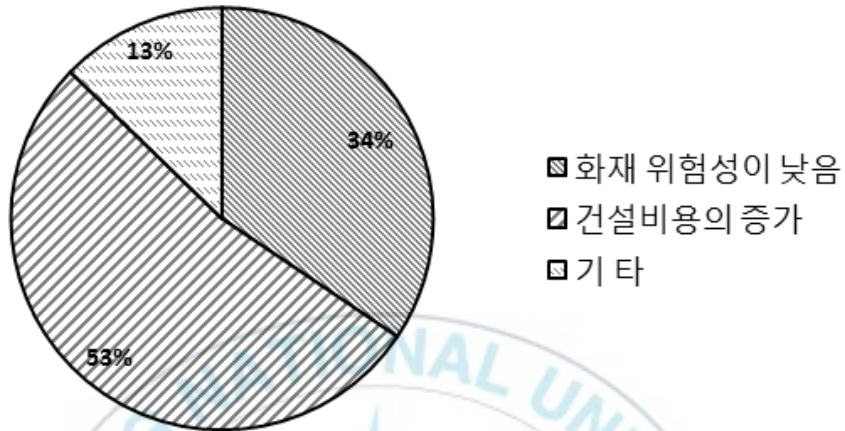


그림 4-1. 성능위주설계 대상에서 아파트 제외 이유에 대한 설문결과 [69]

성능위주설계 대상에 아파트가 제외되어서는
안 되는 이유는 무엇이라고 생각하십니까?

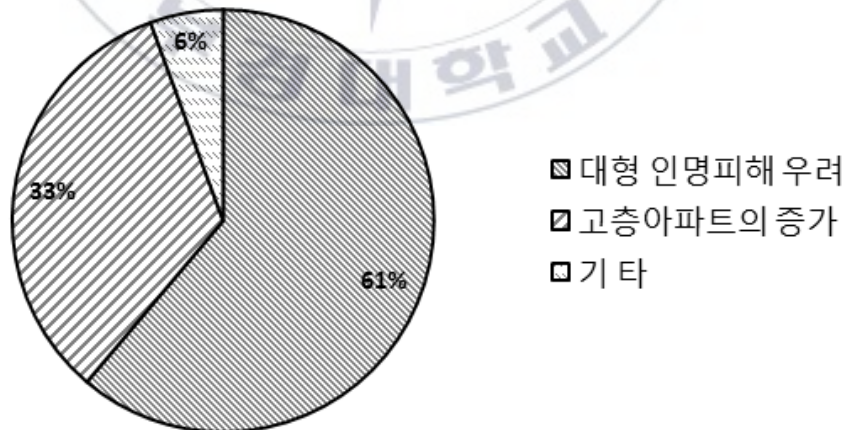


그림 4-2. 성능위주설계 대상에서 아파트가 제외되어서는 안 되는 이유에
대한 설문결과 [69]

성능위주설계 대상에 아파트가 제외된 이유로는 아파트 건설비용의 증가에 의한 것이라는 의견이 대부분을 차지하였으며, 화재발생시 대형인명피해가 발생할 가능성이 크므로 성능위주설계 대상에 아파트가 제외되어서는 안 된다는 의견이 대부분을 차지하였다. 즉 건설비용의 증가 등을 이유로 화재위험성이 큰 아파트가 성능위주설계 대상건축물에서 제외되는 현행 기준을 개선하여, 일정규모 이상의 아파트를 대상으로 성능위주설계를 실시하도록 하는 법적 개선이 필요할 것으로 판단된다.

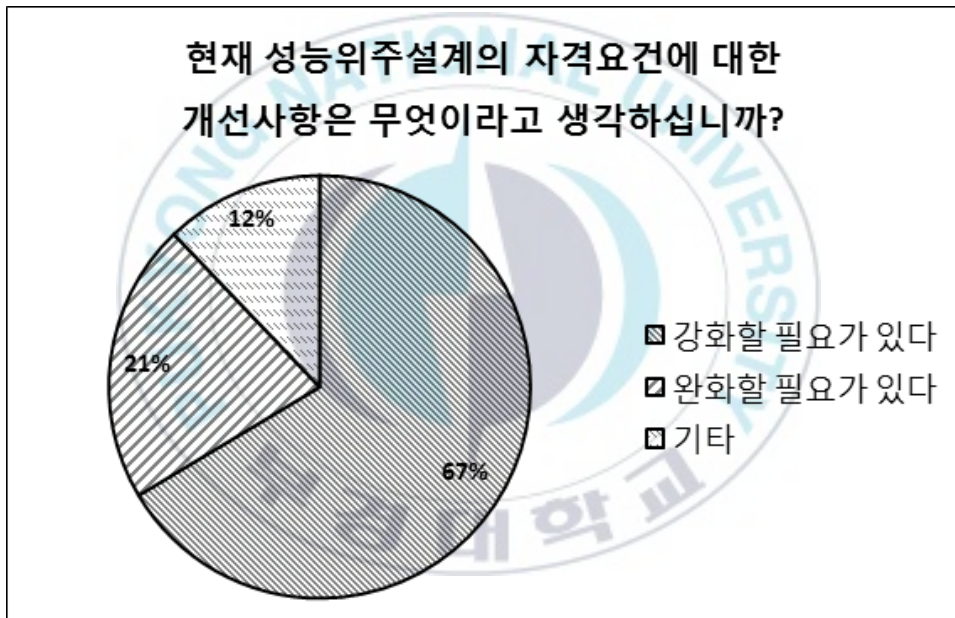


그림 4-3. 성능위주설계 자격요건 개선방안에 대한 설문결과 [69]

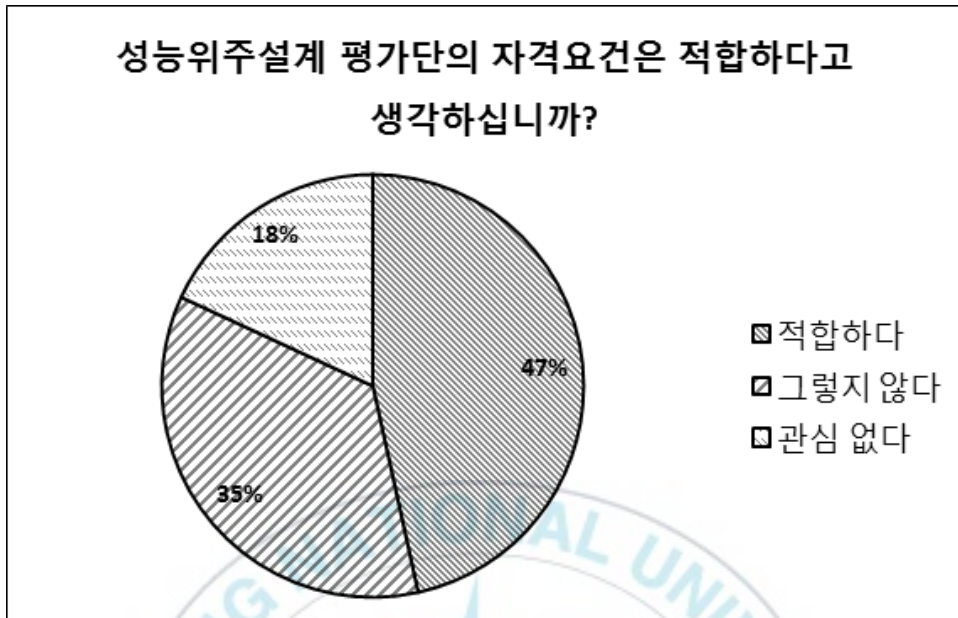


그림 4-4. 성능위주설계 평가단의 자격요건에 대한 설문결과 [69]

또한 설문조사결과 성능위주설계의 자격요건과 평가단의 자격요건에 대해 부적합하다는 의견이 많은 것으로 나타났으며, 이를 개선하기 위한 방법으로는 65 %이상의 응답자가 자격요건의 강화가 필요하다고 응답하였다. 현행 기준에서 성능위주설계자는 기술적으로 소방기술사 2명 이상을 포함하여 수행하도록 되어있다. 또한 평가단은 소방공무원 중 소방기술사, 성능위주설계 교육을 이수한 소방공무원, 소방기술심의위원회 위원 및 소방방재 관련 교수 등으로 규정하고 있다. 단순 직책을 통해 평가단원을 임명하는 현행 기준이 아닌 관련 실무 또는 수행 경험 등을 복합적으로 고려한 평가단원의 선정을 통해 성능위주설계 평가의 정확성 및 신뢰성을 확보하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 또한 성능위주설계의 자격요건의 경우에도 건축물의 규모, 용도 등을 고려하여 기술 인력의 강화가 필요할 것으로 판단된다.

또한 설문조사를 통해 도출된 문제점 중 하나로 성능설계 절차 및 심의

와 관련해서 발생한 문제점을 들 수 있다. 현재 성능위주설계의 경우 건축 심의와 허가단계에서 이중으로 평가하도록 되어있으며, 심의와 허가단계에서 이중으로 평가가 이루어지는 이러한 문제점을 개선하기 위한 효율적인 방법에 대한 도출이 필요할 것으로 판단된다. 또한 건축허가의 경우 신청일로부터 20일 이내에 결과를 통보하도록 하고 있다. 하지만 평가단을 구성하고, 각 평가단원에게 성능위주설계보고서 및 설계 도서를 배포하고 그 후 각 평가단 개별로 검토의견 제출까지 모든 절차가 진행되는데 20일이라는 시간은 매우 촉박한 것으로 판단되며, 성능위주설계평가의 충분한 신뢰성을 확보하기 위해서는 결과 통보까지 소요되는 시간을 연장할 필요가 있을 것으로 판단된다.

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. 하지만 앞선 설문조사 결과 성능위주설계에 대한 교육을 받은 사람은 거의 없었으며, 시뮬레이션 툴의 사용적 측면에서도 매우 미흡한 것으로 나타났다.

적정한 성능위주설계 교육 시간은 어느
정도라고 생각하십니까?

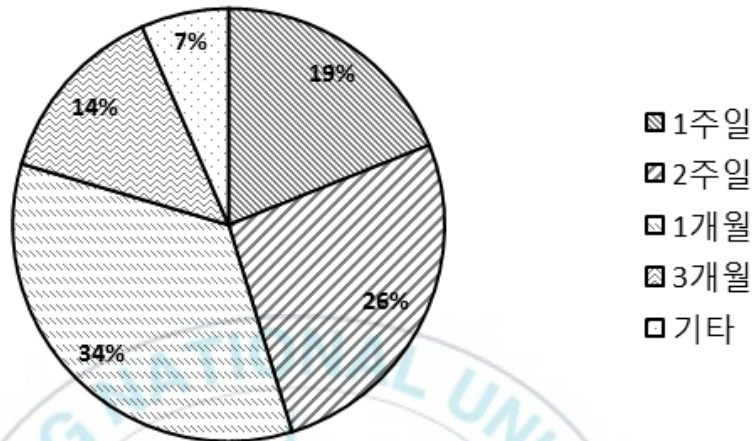


그림 4-5. 성능위주설계 적정 교육시간에 대한 설문조사 결과 [69]

어떤 과목이 개설되어야 한다고 생각하십니까?

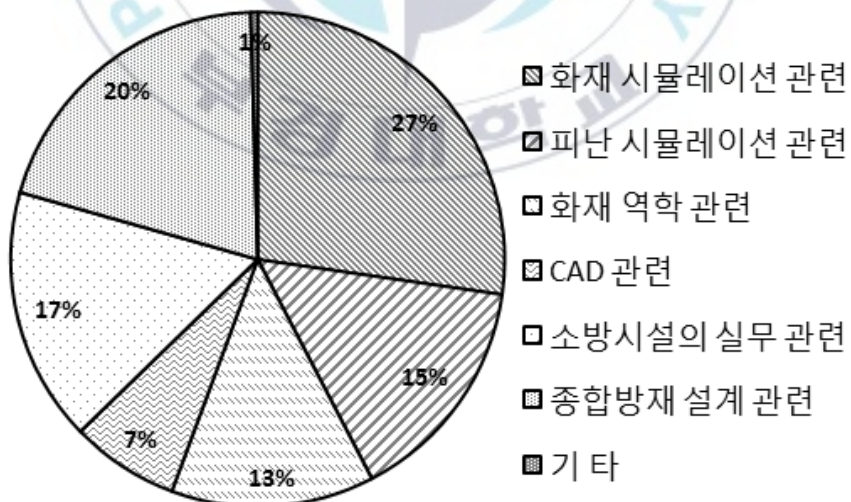


그림 4-6. 성능위주설계 교육 개설과목 관련 설문조사 결과 [69]

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 효율적인 교육방법의 도출과 지원이 필요하다. 설문조사 결과 적절한 성능위주설계의 교육기간에 대한 응답에 1개월이 34 %로 가장 높게 나타났다. 또한 개설 과목으로는 화재시물레이션 관련 수업이 27%, 종합방재 설계에 대한 과목이 20 %로 조사되어, 시물레이션과 종합적인 설계에 대한 교육이 중점적으로 이루어지는 것이 성능위주설계와 관련된 전문 인력 육성에 효율적인 것으로 판단된다.

마지막으로 화재 시나리오에 대한 명확한 규정이 필요하며, 정확한 평가가 이루어질 수 있도록 주요 입력 자료를 평가단에 제시하도록 하는 규정의 신설이 필요하며, 성능위주설계의 평가기준으로 사용되는 온도, 농도, 가시거리 등의 인명안전기준이 구체적이고 명확하게 규정되어 성능위주설계의 신뢰성을 높이기 위해 노력하여야 한다.

표 4-3. 설문조사를 통한 성능위주설계 개선방안

구분	문제점	개선방안
법·제도적 측면	성능위주설계 설계대상의 부적절성(아파트 제외 등)	성능위주설계대상건축물의 재검토 및 기준강화
	성능위주설계 자격요건 및 평가단의 자격요건	설계자 및 평가단 자격요건 강화를 통한 성능설계의 신뢰성 확보 필요
	성능위주설계 절차 및 심의 관련 문제점	성능위주설계 심의 절차의 간소화 및 적절한 심의기간 확보 필요
	성능위주설계관련 교육의 부족	시물레이션, 종합설계 등의 과목을 포함한 1개월 이상의 교육프로그램 이수 의무화
	성능위주설계 평가기준에 대한 인식부족	평가 시 명시해야하는 기준에 대한 가이드라인 필요

4.3 설계도서 분석을 통한 성능위주설계 개선방안 제시

B도시 및 S도시 지역의 무작위 설계도서 분석을 통해 도출된 현재 성능 위주설계의 문제점을 정리하면 다음과 같다.

1. 설계자의 편의에 따라 무난한 화재시나리오에 편중
2. 화재통계와 일치하지 않는 발화 원 설정
3. 격자크기에 대한 명시 누락
4. 종횡비의 고려 부족
5. 플래시오버 발생, 개구부 개폐여부, 소방시설작동여부에 대한 고려 전무
6. 단일층 시뮬레이션으로 연돌효과 및 수직 확대 고려 전무
7. 설계자 개인의 판단에 따라 시뮬레이션 수행

이와 같은 문제점을 개선하기 위한 개선방안은 다음과 같이 정리할 수 있다.

설계자의 편의에 따라 화재시뮬레이션 툴의 입력조건이 설계도서에 누락되거나, 설계자의 편의에 따라 무난한 화재시나리오로 성능위주설계를 수행하는 점을 알 수 있었다.

이러한 문제점은 화재시뮬레이션결과의 신뢰성 문제와 직결되는 문제점으로서 필수적으로 명시하도록 규정화할 필요가 있다. 또한 시뮬레이션의 경우 지배방정식 등에 대한 설계자의 지식수준이나, 시뮬레이션 툴의 한계에 대한 이해도가 그 결과에 결정적인 영향을 미친다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 성능위주설계 시 화재 및 피난 시뮬레이션 수행 관련 공식 자격인증제 도입과 다양한 이론과 시뮬레이션 툴을 바탕으로 한 시뮬레이션 교육과정을 의무화 하여 성능위주설계의 전문성을 확보하는 것이 우선시 되어야 할 것으로 판단된다.

또한 화재시나리오 설정기준의 재검토 및 구체화가 필요하다. 화재 시물레이션에서는 건축물 내부의 출입문들이 모두 개방되어 있는 상황에서 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」의 별표 1 ‘화재 및 피난시물레이션의 시나리오 작성 기준’의 시나리오 유형1과 유형2를 모두 반영한 시나리오 하나를 의무 수행할 필요가 있다. 최악의 화재시나리오와 가장 빈번하게 발생하는 화재상황을 고려한 시나리오에 대한 고려가 필요하며, 하나의 건축물에 여러 용도가 혼재해 있는 경우에는 용도별로 시물레이션을 수행하여 화재안전성을 검증해야 할 필요가 있다. 또한 시나리오에 따라 다른 입력 값을 설정해야 한다. 실제 화재발생 시 스프링클러 설비와 방화문 또는 방화셔터가 작동하는 경우가 대부분인 만큼 소방시설이 정상 작동하는 시나리오를 추가적으로 수행하여야 한다. 또한 스프링클러 작동시점에서 감소된 열 방출률이 유지되는 상황을 설정해야 하고 방화문 또는 방화셔터가 작동하는 상황을 설정하여 화재시물레이션을 수행해야 한다. 화재시 소방시설이 정상 작동 할 때 화재실의 출입문이 열려있는 경우와 출입문이 닫혀있어 구획실 내의 온도가 높아지는 최악의 시나리오를 추가적으로 수행해야 한다. 이와 같은 화재시나리오 설정기준의 구체화를 통해 화재시물레이션의 신뢰성을 높이기 위한 노력이 필요하다.

다음으로, 자주 사용되는 건축물의 특성(주거시설, 판매시설, 업무시설, 차량 등)에 맞는 발화원 종류의 설정이 필요하다. 빈번하게 발생하는 화재상황을 가정한 시나리오의 발화원 종류를 설정할 때에는 최근 화재통계를 분석하여 발화원의 종류 및 발화 관련 기기를 설정한 후 국내외 전문 학술논문이나 NFPA, SFPE, 실물실험에 관한 논문 등을 참고할 수도 있지만, 소방청에서 주도하여 일정 주기마다 주요 발화원의 물성치와 연소특성을 공표하는 것이 더욱 효과적으로 화재시물레이션의 신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 최악의 상황을 가정한 시나리오에서는 발화원의 종류 및 화재하중

을 고려하여 열 방출률의 크기가 가장 큰 위치에 화원을 설정하는 것이 중요하다. 이때 화원의 크기와 특성의 경우 화재하중 계산식을 사용하여 용도별 적재 가연물을 통해 화재하중을 설정할 필요가 있다.

또한 수직해석을 대상으로 하는 계단실 시뮬레이션의 경우에는 연기로 인한 피해가 발생할 수 있는 최하층까지는 높은 민감도를 가진 격자크기로 시뮬레이션을 수행하여야 한다. 또한 결과 해석 시 3~5층 단위로 DEVC값을 설정하여 연기유동을 확인한 다음 1층 간격으로 DEVC값을 설정해야 할 필요가 있다.

또한 수직공간에 대한 정량적 해석을 위해서는 화재발생 층을 기준으로 최상층까지 계단실을 생성하여 연기유동을 확인 할 수 있는 시나리오의 설정이 필요하다. 또한 일반적으로 화재발생 층이 2층 이상인 경우 발화층 및 직상층, 1층인 경우 지하층 및 1~2층, 지하층의 경우 발화층 및 직상층 및 기타 지하층에서 화재시뮬레이션을 수행하여야한다.

화재시나리오 중 적어도 1개 이상의 시나리오는 화재발생 층을 기준으로 최상층까지 계단실을 생성하여 연기유동을 확인할 수 있는 시뮬레이션을 수행해야 한다.

끝으로, 성능위주 설계에서 필요한 요소가 상호 유기적으로 연결되어 있어 모든 분야에 능통한 전문가가 필요하다. 특히 성능위주 설계에서는 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션을 사용하는데, 이는 설계자의 입력 값에 따라 상이한 결과 값이 도출된다. 이러한 오류를 줄이기 위해서는 전문적인 지식을 가진 설계자의 육성이 매우 중요하다. 특히 시뮬레이션 분야는 정규 교육과정이나 공식 교육기관이 드문 만큼 화재 · 피난 시뮬레이션 자격제도가 필수교육이수제도를 실시가 필요하다.

표 4-4. 설계도서 분석을 통한 성능위주설계 개선방안

구분	문제점	개선방안
시뮬레이션 방법	설계자의 편의에 따라 무난한 화재 시나리오에 편중	성능위주설계 시뮬레이션관련 교육과정의 의무화 복합적 시나리오의 신설 및 의무화
	화재통계와 일치하지 않는 발화원 설정	정부주도 발화원 설정 및 발화 물성치, 연소특성 등을 고려
	격자크기에 대한 명시 누락 총횡비의 고려 부족	건축물 형태에 따른 격자크기에 따른 민감도 분석
	플래시오버 발생, 개구부 개폐여부, 소방시설작동여부에 대한 고려 전무	소방시설 작동여부 고려한 시뮬레이션 의무화
	단일층 시뮬레이션으로 연돌효과 및 수직 확대 고려 전무	수직(계단실)고려한 시나리오 의무화
	설계자 개인의 판단에 따라 시뮬레이션 수행	전문교육을 통한 전문성 확보

4.4 시뮬레이션을 통한 성능위주설계 개선방안 제시

앞선 3.4장에서 시뮬레이션을 통한 성능위주설계 개선방안을 도출하기 위해 스프링클러의 작동유무에 따른 화재시뮬레이션과 수용인원과 계단 폭에 따른 피난시뮬레이션 수행하였다.

그 결과 스프링클러 개방으로 소화가 이루어지는 경우 공간 내 평균온도와 CO, Soot의 발생량이 작게 나타났으며, 가시거리가 더욱 길게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 스프링클러가 개방되는 경우 출입문에서 평균온도가 약 30℃에도 도달하지 않지만 스프링클러가 개방되지 않는 경우에는 출입문의 호흡선에서 온도가 220 초 이후 60℃보다 높게 형성되는 것으로 나타났다 [68]. 이처럼 화재시뮬레이션 시 소방시설의 작동유무는 그 화재형상에 큰 차이를 미치며 이러한 차이를 고려한 성능위주설계가 이루어져야 한다. 하지만 현재 성능위주설계 시 이러한 소방 설비의 요소에 대한 고려는 거의 이루어지고 있지 못한 실정이며, 이에 대한 개선이 필요하다.

또한 피난시뮬레이션의 경우에도 피난인원을 분산시킴에 따라 큰 폭으로 피난완료시간을 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다. 즉 건축물의 구조적인 문제뿐 아니라 피난 계획적인 측면에 대한 고려도 성능위주설계 시 매우 중요한 요소이며, 이러한 부분의 고려가 필수적이라 할 수 있다.

추가적으로 법적수용인원 산정기준과 실 거주 인원 간에 큰 차이가 발생하여, 피난완료시간에 큰 차이를 보였다.

이러한 문제점을 줄이기 위해 법적수용인원의 현실화가 필수적이며, 이에 대한 예시로는 NFPA의 수용인원 산정방법을 들 수 있다 [66].

표 4-5. NFPA 수용인원 계수 [66]

USAGE	m ² / Person
1) Assembly Use	
Concentrated use, without fixed seating	0.65 net
Less concentrated use, without fixed seating	1.4 net
Bench-type seating	1 person/45.5 linear cm
Fixed seating	Number of fixed seats
Waiting spaces	See 12.1.7.2 and 13.1.7.2
Kitchens	9.3
Library stack areas	9.3
Library reading rooms	4.6 net
Swimming pools	4.6 (water surface)
Swimming pool decks	2.8
Exercise rooms with equipment	4.6
Exercise rooms without equipment	1.4
Stages	1.4 net
Lighting and access catwalks, galleries, gridirons	9.3 net
Casinos and similar gaming areas	1
Skating rinks	4.6
2) Educational Use	
Classrooms	1.9 net
Shops, laboratories, vocational rooms	4.6 net
3) Day-Care Use	3.3 net
4) Health Care Use	
Inpatient treatment departments	22.3
Sleeping departments	11.1
5) Detention and Correctional Use	11.1
6) Residential Use	
Hotels and dormitories	18.6
Apartment buildings	18.6
Board and care, large	18.6
7) Industrial Use	
General and high hazard industrial	9.3
Special purpose industrial	
8) Business Use	46.5
9) Storage Use	
In mercantile occupancies	27.9
10) Mercantile Use	
Sales area on street floors	2.8
Sales area on two or more street floors	3.7
Sales area on floor below street floor	2.8
Sales area on floors above street floor	5.6
Floors or portions of floors used only for offices	See business use
Floors or portions of floors used only for storage, receiving, and shipping, and not open to general public	27.9
Mall buildings	Per factors applicable to use of space

NFPA 수용인원은 위 표와 같으며, NFPA 수용인원에 따른 시뮬레이션 대상지의 수용인원은 아래 표와 같다.

표 4-6. 피난시나리오 구분(NFPA 수용인원 고려) [68]

	피난 공간	수용인원	비고
CASE1	계단 폭 1.2 m, 기본 값		
CASE1-1	39층-1층	3,999명	한국 소방법규에 의한 수용인원
CASE1-2	39층-1층	1,711명	숙박시설 방수에 의한 실 거주인원
CASE1-3	39층-1층	1,555명	NFPA의 규정에 의한 수용인원
CASE2	계단 폭 1.2 m, 피난분산		
CASE2-1	39층-1층	3,999명	한국 소방법규에 의한 수용인원
CASE2-2	39층-1층	1,711명	숙박시설 방수에 의한 실 거주인원
CASE2-3	39층-1층	1,555명	NFPA의 규정에 의한 수용인원
CASE3	계단 폭 1.5 m, 기본값		
CASE3-1	39층-1층	3,999명	한국 소방법규에 의한 수용인원
CASE3-2	39층-1층	1,711명	숙박시설 방수에 의한 실 거주인원
CASE3-3	39층-1층	1,555명	NFPA의 규정에 의한 수용인원
CASE4	계단 폭 1.8 m, 기본값		
CASE4-1	39층-1층	3,999명	한국 소방법규에 의한 수용인원
CASE4-2	39층-1층	1,711명	숙박시설 방수에 의한 실 거주인원
CASE4-3	39층-1층	1,555명	NFPA의 규정에 의한 수용인원

NFPA 규정에 의한 수용인원 산정의 경우 약 150명 정도의 수용인원 차이가 발생하였으며, 국내 소방법규에 따른 수용인원과 실 거주인원 사이에 약 2,300명의 수용인원 차이가 발생하는 것과 비교하였을 때 그 오차율이 매우 낮은 것으로 나타났다.

또한 시뮬레이션 결과에서도 NFPA 규정에 의한 수용인원의 경우 실 거주인원에 따른 시뮬레이션 결과와 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타나, 국내 법적수용인원 산정법에 비해 보다 정확한 시뮬레이션 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

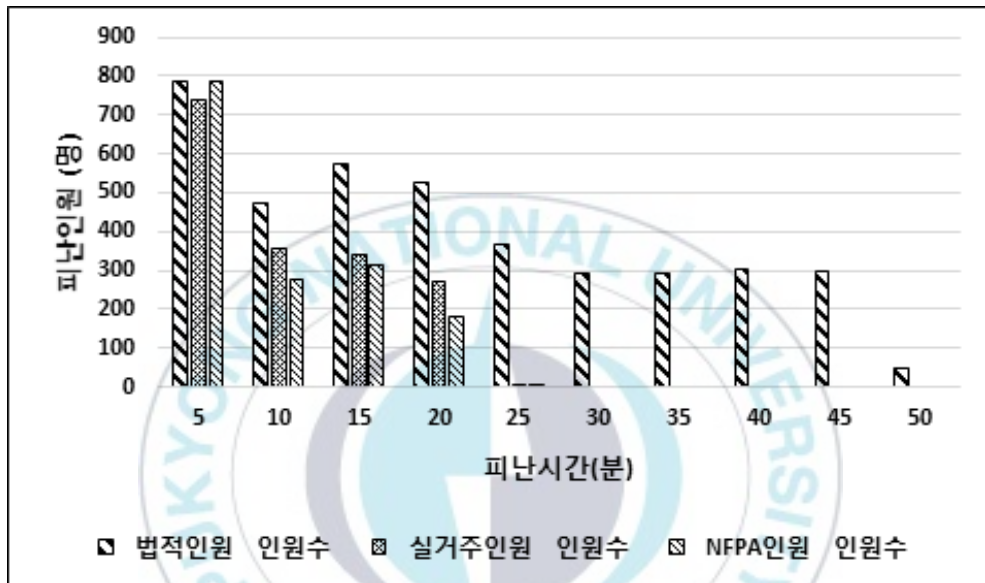


그림 4-7. 계단 폭 1.2 m일 때 시간당 피난 완료인원(NFPA 수용인원 반영)

[68]

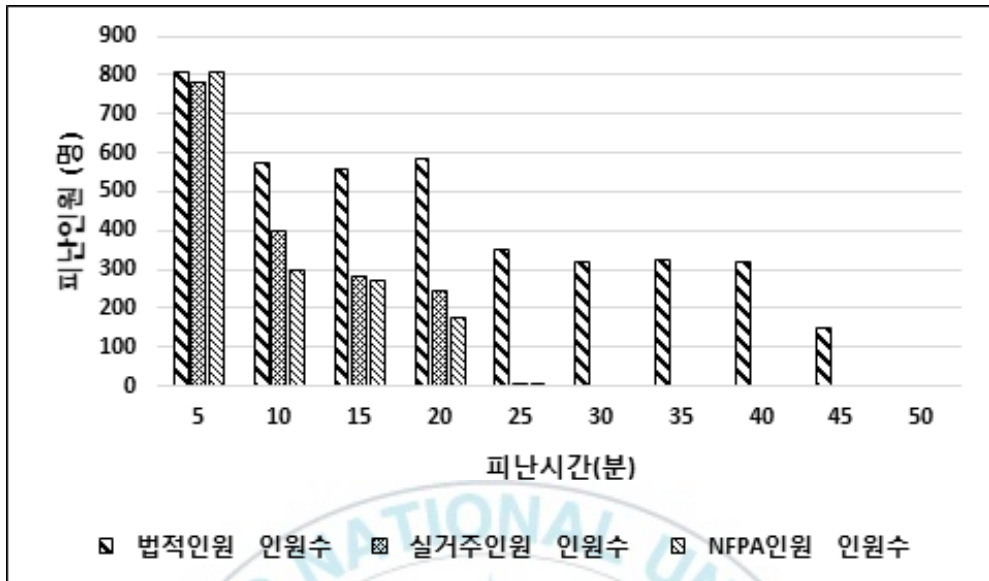


그림 4-8. 계단 폭 1.5 m일 때 시간당 피난 완료인원(NFPA 수용인원 반영)
[68]

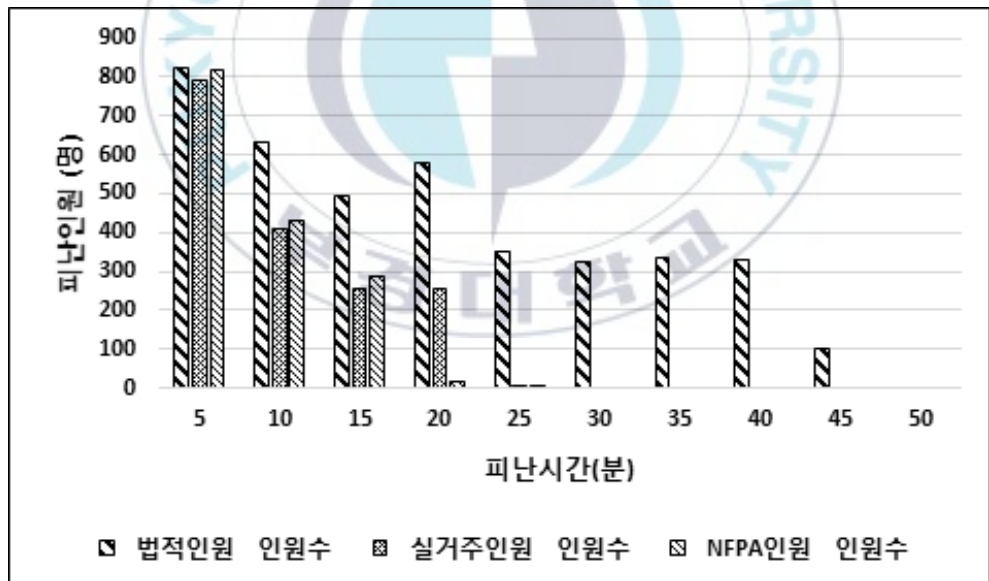


그림 4-9. 계단 폭 1.8 m일 때 시간당 피난 완료인원(NFPA 수용인원 반영)
[68]

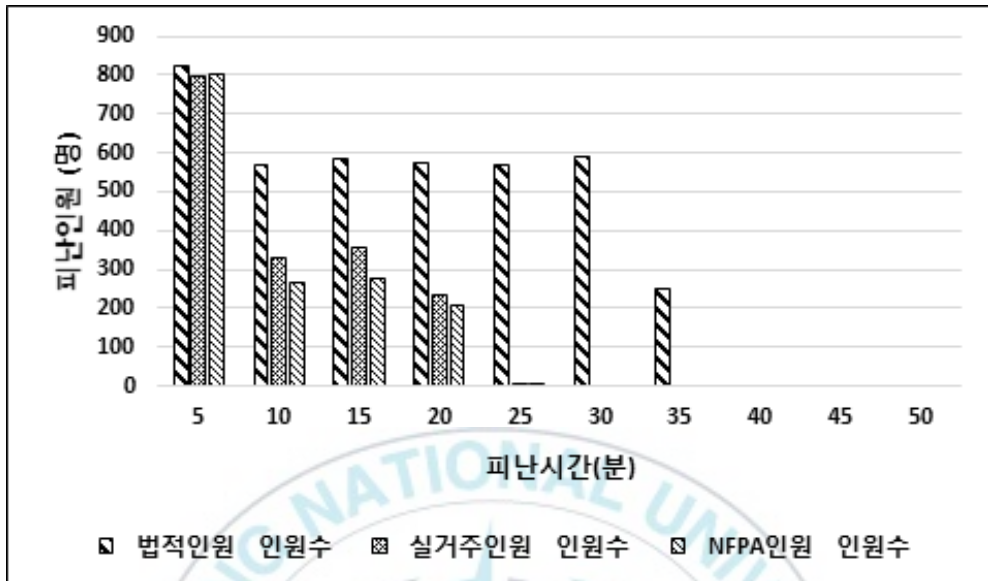


그림 4-10. 계단 폭 1.2 m (피난분산)일 때 시간당 피난 완료인원(NFPA 수용인원 반영) [68]

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 국내 법적수용인원의 현실화를 통해 성능위주설계 시 발생할 수 있는 이러한 오류를 감소시키는 게 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.

표 4-7. 시뮬레이션을 통한 성능위주설계 개선방안

구분	문제점	개선방안
법 · 제 도 적 측면	법적수용인원 산정기준과 실거주 인원간의 차이	현실적인 수용인원 산정기준 도출
시 물 레 이 셴 방법	소방 설비의 작동유무에 따른 고 려 부족	소방 설비에 대한 고려 의무 화
	배치계획과 피난계획에 대한 고 려 부족	피난계획적인 측면을 반영한 시뮬레이션

V. 성능위주설계 기준 및 제도개선을 위한 가이드라인

5.1 설문조사를 통한 제도 개선 가이드라인

앞서 수행한 선행연구 검토, 전문가 설문조사, 설계도서 분석, 시뮬레이션의 방법으로 도출한 현행 성능위주설계의 문제점 및 개선방안을 살펴보면 아래 표와 같다.

표 5-1. 현행 성능위주설계 문제점 및 개선방안

구분	문제점	개선방안
법·제도적 측면	피난관련 규정의 개선(보행거리, 비상용 승강기 설치기준 등)	보행거리 등 피난관련 기준 강화의 필요성
	성능기준의 개발 및 인명안전기준, 평가기준의 부 적절성	성능기준의 개발 및 인명안전 기준의 개선 평가 시 명시해야하는 기준에 대한 가이드라인 제시 필요
	건축심의와 사전재난영향성평가 이중 검토	관련기준의 간소화 또는 일원화 등 필요
	건축법과 소방법의 이원화적 구성	건축법과 소방법의 조율의 필요
	성능위주설계 대상건축물 부적절 (아파트 제외 등)	성능위주 대상건축물 적용대상의 확대 필요성
	법적수용인원 산정기준과 실거주 인원간의 차이	현실적인 수용인원 산정기준 도출 필요
	성능위주설계 자격요건 및 평가단의 자격요건	설계자 및 평가단 자격요건 강화 필요
시뮬레이션	배치계획과 피난계획에 대한 고	피난계획적인 측면을 반영한

방법	려 부족	시뮬레이션 수행 필요
	피난시뮬레이션 입력 값 기준 부재	가이드라인을 통한 입력 값 규정, 전문교육 필요
	화재시뮬레이션 입력 값 및 격자 크기 선정(격자크기, 종횡비 등)	가이드라인을 통한 입력 값 규정 및 전문교육의 필요 건축물 형태에 따른 격자크기에 대한 민감도 분석
	건물의 특성을 고려하지 않은 시나리오 적용	건물의 특성을 고려한 적절한 시나리오 선정 등 설계자의 전문성 확보 필요
	화재시뮬레이션 시 고려사항의 미흡(스프링클러, 제연설비, 출입문 개방 등)	소방시설 작동여부 고려한 시뮬레이션 의무화 가이드라인을 통한 입력 값 규정, 전문교육
	발열량과 화재성장률에 대한 규정 부재	실물화재실험 등에 근접한 발열량 및 화재성장률에 대한 적절한 가이드라인 필요
	설계자의 편의에 따라 무난한 화재시나리오에 편중	성능위주설계 시뮬레이션관련 교육과정의 의무화 복합적 시나리오의 신설 및 의무화
	화재통계와 일치하지 않는 발화원 설정	정부주도 발화원 설정 및 발화 물성치, 연소특성 등을 고려
	단일층 시뮬레이션으로 연돌효과 및 수직 확대 고려 전무	수직(계단실)고려한 시나리오 의무화
	설계자 개인의 판단에 따라 시뮬레이션 수행	전문교육을 통한 전문성 확보
시뮬레이션 검증방법	성능위주설계 검증방법 부재	적절한 검증방법에 대한 가이드라인 제시 필요
	설계의 자격요건 부 적절성	자격요건의 강화필요
	평가단으로 임명된 위원들의 검토의견의 불일치성(법적 범위 넘어섬 등)	각 평가단원들의 검토의견에 대한 적절한 가이드라인 제시
	평가단이 검토하여야할 사항 등에 대한 명확한 기준이 없음.	평가단의 검토사항에 대한 기본적인 가이드라인 제시 필요

현행 성능위주설계의 개선방안은 크게 법·제도적 측면, 시뮬레이션 방법, 시뮬레이션 검증 방법으로 구분할 수 있으며, 각각의 내용은 다음과 같다. 법제도적 측면에서의 개선방안을 살펴보면, 현행 성능위주설계의 대상 건축물을 확대하고, 성능위주설계의 자격요건 및 평가단의 자격요건을 강화할 필요가 있는 것으로 조사되었다. 또한 성능위주설계 시 사용되는 현행 기준들의 구체화가 필요한 것으로 나타났다.

시뮬레이션 방법적인 측면에서는 시뮬레이션 과정에서 성능위주설계 시 입력하는 입력 값(보행속력, 화재하중 등)에 대한 정부주도적인 연구가 선행되어 그 입력 값을 제시하고 가이드라인화 하여 제공할 필요가 있는 것으로 나타났으며, 또한 전문교육의 신설 등을 통해 설계자들의 전문성을 확보할 수 있는 방안이 필요한 것으로 나타났다.

시뮬레이션 검증방법 또한 성능위주설계를 검증하기 위한 방법을 구체화하여 가이드라인을 제시할 필요가 있는 것으로 나타났다.

본 절에서는 앞선 연구를 통해 도출한 문제점과 개선방안들을 현행 성능위주설계에 적용하기 위한 방향을 제시하기 위해, 전문가 설문을 통해 재검증 및 추가요소 도출을 실시하였다.

설문지는 총 13개의 문항으로 구성하였으며, 세부 문항은 아래 표와 같다.

표 5-2. 성능위주설계 기준개선을 위한 설문조사

구 분	문항 수
개인인적사항	3 문항
성능위주설계 전문교육관련	2 문항
화재 및 피난 시뮬레이션 관련	4 문항
성능위주설계 확인·평가 심의 기준표 관련	2 문항
성능위주설계 대상건축물 관련	1 문항
기타	1 문항

설문지는 설문응답자의 개인인적사항에 관한 3개의 문항과 성능위주설계 전문교육과 관련된 2개의 문항, 화재 및 피난시물레이션 관련 4문항으로 구성되었다. 또한 성능위주설계의 심의 기준 표와 대상건축물에 관련 문항을 각각 2문항, 1문항 포함하였으며, 성능위주설계 분야의 향후 방향성에 대한 주관식 1문항으로 구성하였다.

설문조사는 131명을 대상으로 실시하였으며, 응답자의 인적사항은 아래 그래프와 같다.

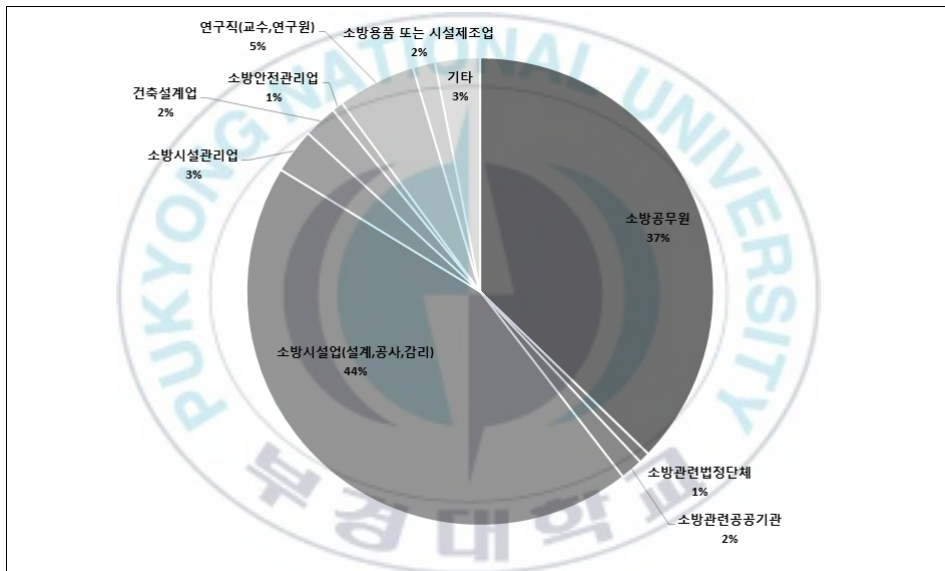


그림 5-1. 설문응답자 인적사항(직업)

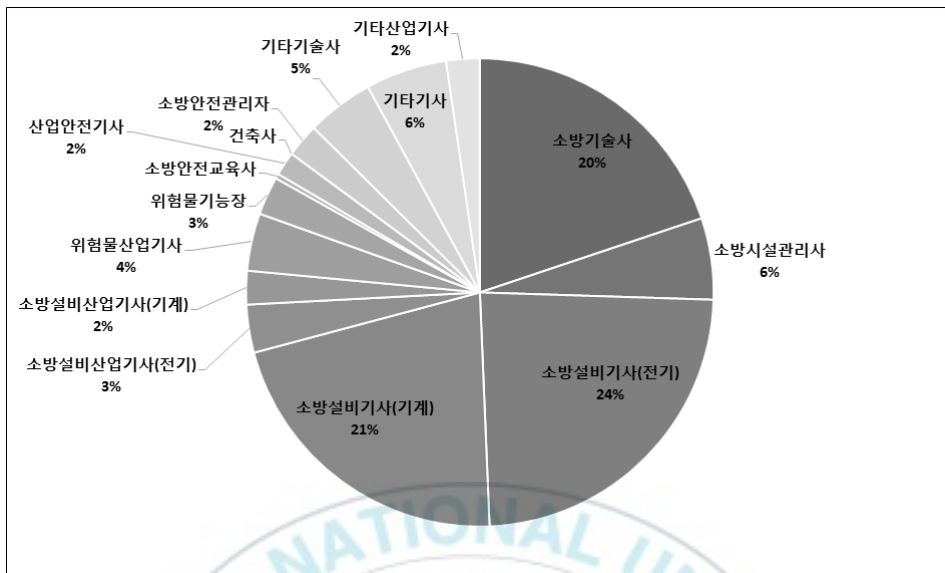


그림 5-2. 설문응답자 인적사항(자격증)

전체 응답자는 44 %가 소방시설 업(설계, 공사, 감리)에 종사하고 있었으며, 37 %가 소방공무원으로 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 또한 전체 응답자의 평균 근무 년수는 16.8년으로 나타났다. 또한 설문응답자의 보유 자격증으로는 소방 설비기사(전기, 기계)가 가장 많은 것으로 나타났으며, 소방기술사도 전체의 20 %로 나타났다.

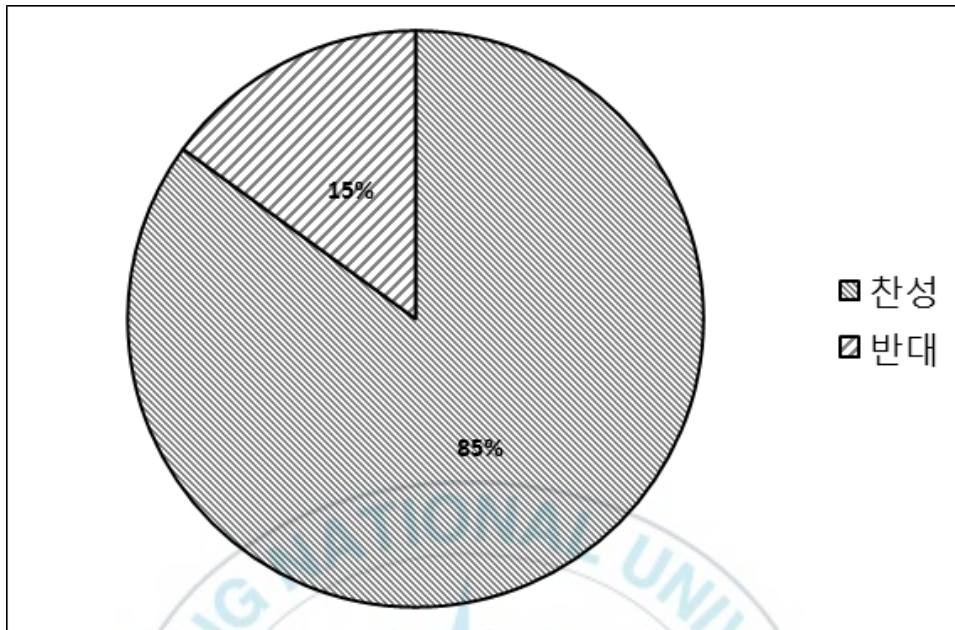


그림 5-3. 설문조사 결과(정부차원의 성능위주설계 전문교육 설립에 대해 어떻게 생각하십니까?)

표 5-3. 설문조사 직업별 교차분석 결과(정부차원의 성능위주설계 전문교육설립에 대해 어떻게 생각하십니까?)

	찬성	반대	응답 없음
소방관련 연구직	71 %	29 %	0 %
소방공무원	91 %	6 %	3 %
소방관련 업체	71 %	26 %	3 %
기타	25 %	75 %	0 %

성능위주설계전문교육 설립에 대한 응답을 살펴보면, 정부차원의 성능위주설계의 설립이 필요하다는 의견이 전체의 85%로 나타나, 성능위주설계의 전문성을 높이기 위한 성능위주설계 전문교육이 필요한 것으로 나타났다.

직업별로는 소방공무원 중 91%가 성능위주설계전문교육의 설립에 찬성하는 것으로 나타났으며, 소방관련 업체와 소방관련 연구직에 종사하는 응답자는 71%가 찬성하는 것으로 나타났다. 즉 소방공무원과 대부분의 관련

업체 및 연구직 종사자들이 정부차원의 성능위주설계 전문교육설립에 찬성하는 것으로 나타났다. 또한 성능위주설계 시 시뮬레이션을 위한 시뮬레이션 교육의 수료의무화 또는 자격인증제 도입의 경우에도 전체의 74%가 그 필요성을 인지하고 있는 것으로 나타났다.

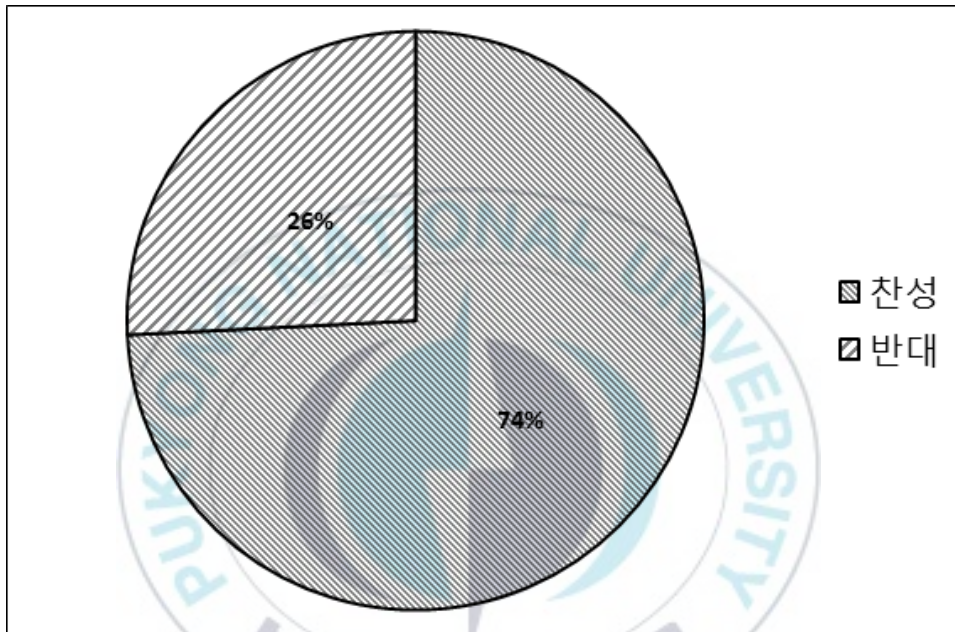


그림 5-4. 설문조사 결과(성능위주설계 시뮬레이션 교육의 수료의무화 또는 시뮬레이션 자격인증제 도입에 대해 어떻게 생각하십니까?)

표 5-4. 설문조사 직업별 교차분석 결과(성능위주설계 시뮬레이션 교육의 수료의무화 또는 시뮬레이션 자격인증제 도입에 대해 어떻게 생각하십니까?)

	찬성	반대	응답 없음
소방관련 연구직	86 %	14 %	0 %
소방공무원	87 %	13 %	0 %
소방관련 업체	57 %	39 %	4 %
기타	0 %	100 %	0 %

직업별로는 소방관련 연구직 종사자와 소방공무원의 경우 각각 86 %, 87

%로 높은 찬성률을 보였으며, 소방관련 업체 종사자의 경우 찬성률이 57%로 낮게 나타났다. 이는 소방관련 업체의 경우 정부차원의 교육의 설립에는 찬성하나 수료의무화 및 인증제에는 상대적으로 반감을 가지고 있는 것으로 나타났다. 즉 성능위주설계자격 및 평가자격에 대한 의무화 및 자격인증제의 도입은 추가적인 논의 및 고려가 필요한 부분으로 판단된다.

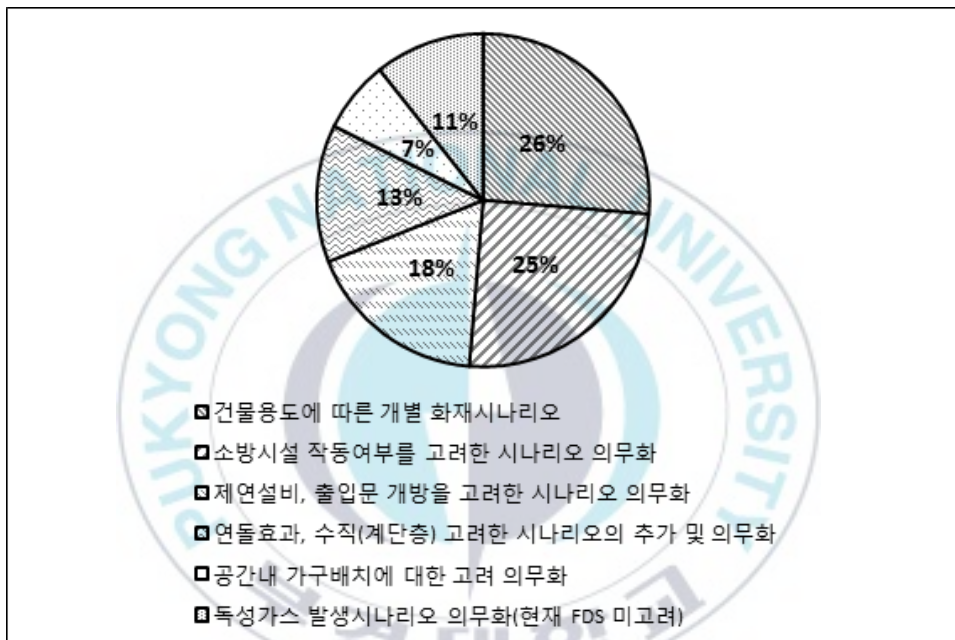


그림 5-5. 설문조사 결과(현행 화재 및 피난시물레이션의 시나리오 작성 기준에 추가되어야하는 시나리오는 어떤 것들이 있다고 생각하십니까?)

현행 화재 및 피난시물레이션의 시나리오 작성기준에서 추가되어야하는 시나리오에 대한 설문조사 결과, 건물용도에 따른 개별화재시나리오의 적용과, 소방시설 작동여부를 고려한 시나리오 의무화가 각각 26%, 25%로 가장 높게 나타나, 우선적으로 추가할 필요성이 있는 것으로 나타났다. 또한 그 외 항목의 경우에도 각각 그 필요성을 인지하고 있는 응답(제연설비, 출입문 개방을 고려(18%), 연돌효과, 수직(계단층)고려(13%), 공간 내 가구배

치 고려(7%), 독성가스 발생시나리오(11%)) 이 나타나 현행 시나리오의 개선이 필요하며, 그 개선방안에 대한 추가적인 논의가 필요한 것으로 나타났다. 또한 성능위주설계 방법 및 기준, 별표 1에 따른 수용인원 산정방법의 경우에도, 현행기준을 그대로 사용하는 것이 적절하다는 응답(20%)에 비해, 전면 재조사(31%) 또는 적절하지 않은 건축물에 대한 재조사(28%)가 필요하다는 의견이 주를 이루어, 수용인원 산정방법의 개선이 필요한 것으로 나타났다.

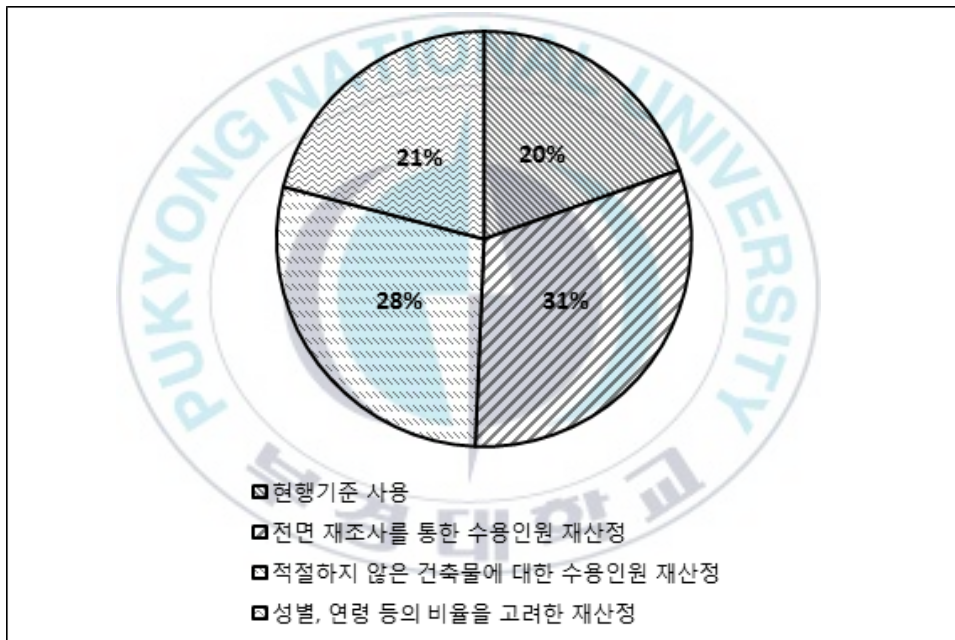


그림 5-6. 설문조사 결과(현재 소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준, 별표 1에 따른 수용인원 산정방법이 적절하다고 생각하십니까?)

직업별 설문조사 결과를 살펴보면, 소방관련 연구직의 경우 전면재조사와 적절하지 않은 건축물에 대한 수용인원 재산정이 33%로 동일한 비율을 보였으며, 소방공무원의 경우 전면재조사를 통한 수용인원 재산정이 전체의 41%로 높게 나타났다. 또한 소방관련 업체의 경우 성별, 연령 등의 비율을

고려한 재 산정 방법이 27 %로 가장 높은 것으로 나타났다.

표 5-5. 설문조사 직업별 교차분석 결과(현재 소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준, 별표 1에 따른 수용인원 산정방법이 적절하다고 생각하십니까?)

	소방관련 연구직	소방공무원	소방관련 업체	기타
현행기준사용	11 %	18 %	21 %	0 %
전면재 조사를 통한 수용인원 재 산정	33 %	41 %	22 %	0 %
적절하지 않은 건축물에 대한 수용인원 재 산정	33 %	27 %	24 %	40 %
성별, 연령 등의 비율을 고려한 재 산정	23 %	12 %	27 %	20 %
기타	0 %	2 %	4 %	0 %
응답 없음	0 %	0 %	2 %	40 %

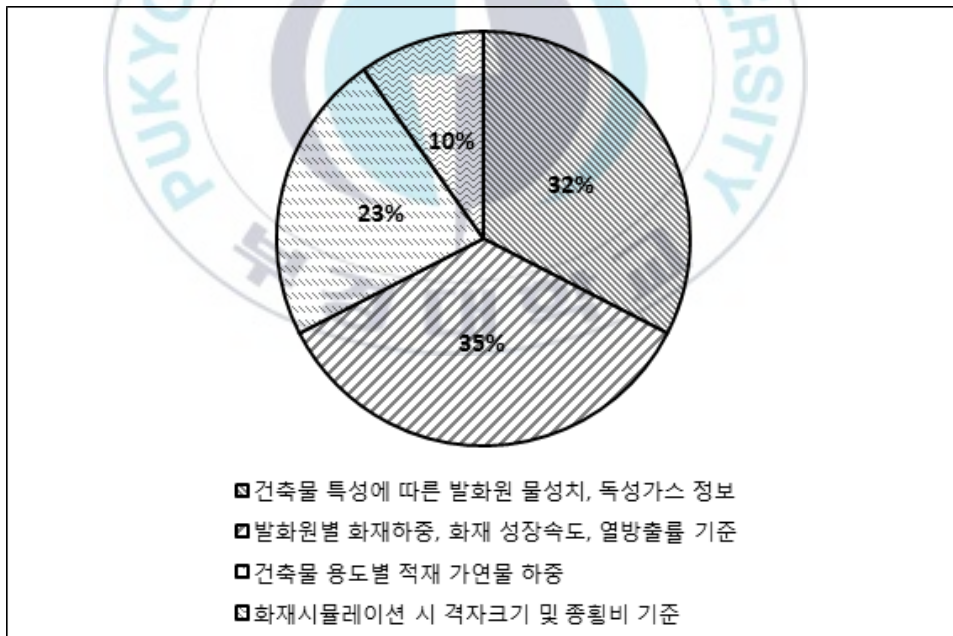


그림 5-7. 설문조사 결과(정부차원에서 화재시뮬레이션의 입력 값을 제공한다면 필요한 요소는 무엇입니까?)

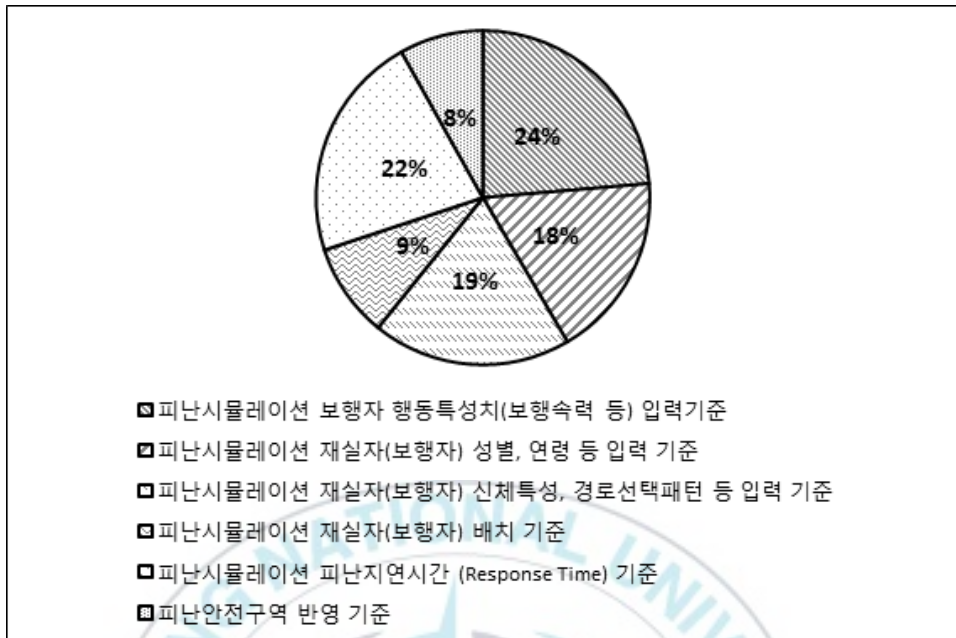


그림 5-8. 설문조사 결과(정부차원에서 피난시물레이션의 입력 값을 제공한다면 필요한 요소는 무엇입니까?)

정부차원의 화재시물레이션과 피난시물레이션의 입력 값 제공에 대한 견을 살펴보면, 화재시물레이션의 경우 발화원별 화재하중, 화재성장속도, 열 방출률 기준(35 %)과 건축물 특성에 따른 발화원물성치, 독성가스 정보(32 %)의 제공이 필요한 것으로 나타났다. 또한 피난시물레이션 경우에는 피난시물레이션 보행자 행동 특성치(보행 속력 등) (24 %)와 피난시물레이션 피난 지연시간(Response Time)기준(22 %)에 대한 입력 값 제공이 필요한 것으로 나타났다.

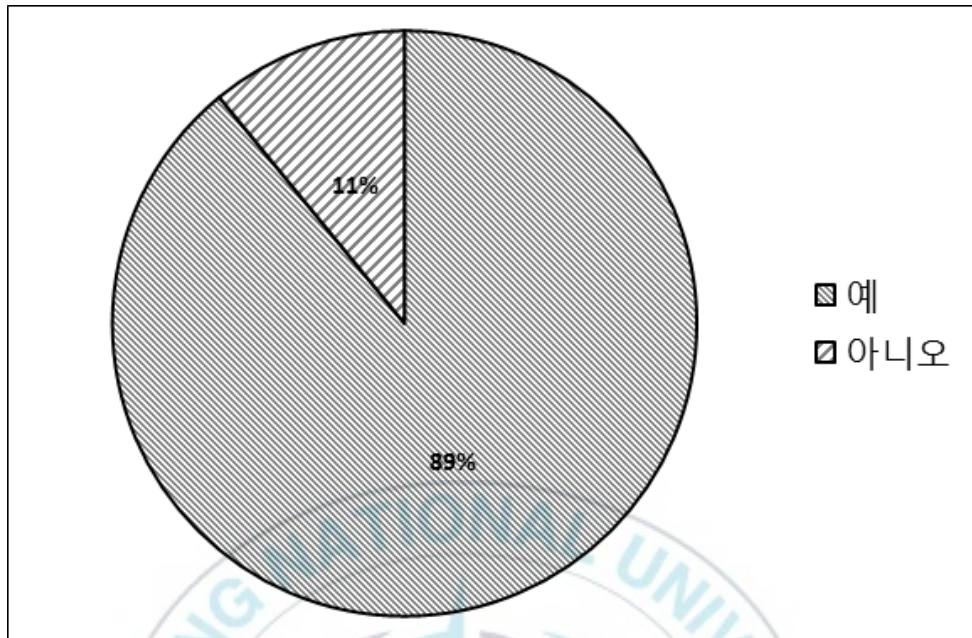


그림 5-9. 설문조사 결과(정부차원에서 성능위주설계 확인·평가 심의 기준표 또는 구체적 설계기준 가이드라인이 필요하다고 생각하십니까?)

표 5-6. 설문조사 직업별 교차분석 결과(정부차원에서 성능위주설계 확인·평가 심의 기준표 또는 구체적 설계기준 가이드라인이 필요하다고 생각하십니까?)

	예	아니오	응답 없음
소방관련 연구직	71 %	29 %	0 %
소방공무원	89 %	11 %	0 %
소방관련 업체	81 %	16 %	3 %
기타	25 %	75 %	0 %

또한 정부차원에서의 성능위주설계 평가를 위한 기준표 또는 설계기준 가이드라인의 필요성에 대해서는 설문응답자중 89 %가 필요하다고 판단하고 있는 것으로 나타났다.

직업별 응답을 살펴보면, 소방공무원(89 %), 소방관련 업체(81 %), 소방관련 연구직(71 %)로 대부분의 응답자가 정부차원의 가이드라인이 필요하다고 응답하는 것으로 나타났다.

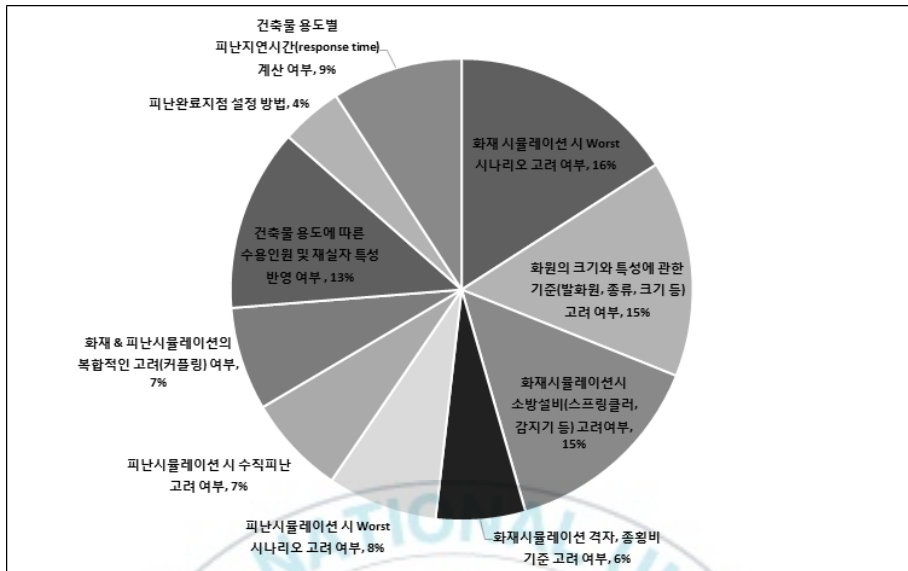


그림 5-10. 설문조사 결과(정부차원에서 성능위주설계 확인 · 평가 심의 기준표가 필요하다면 어떠한 항목이 포함되어야 한다고 생각하십니까?)

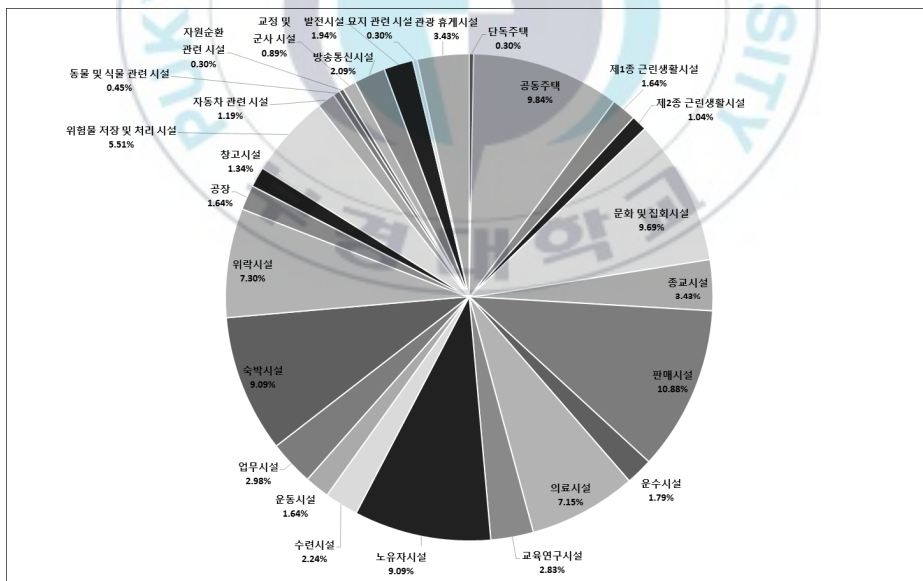


그림 5-11. 설문조사 결과(건축물 용도별 성능위주설계 대상 건축물에 추가되어야 한다고 생각하시는 건축물을 선택해 주세요)

기준 표 및 가이드라인의 세부항목은 화재 시뮬레이션 시 worst 시나리오 고려여부(16 %), 화원의 크기와 특성 고려여부(15 %), 화재시뮬레이션 시 소방 설비 고려여부(15 %), 건축물 용도에 따른 수용인원 및 재실자 특성 반영여부(13 %) 순으로 나타났다.

또한 건축물 용도별 현행 성능위주설계 대상건축물에 추가되어야하는 건축물에 대한 응답으로는 공동주택(9.84 %), 문화 및 집회시설(9.69 %), 판매시설(10.88 %)등의 건축물에 대한 성능위주설계의 필요성이 높게 나타났다. 그 외 다른 용도의 건축물의 경우에도 그 필요성에 대한 응답의 비율이 높게 나타나, 추가적인 성능위주설계 대상건축물의 고려가 필요할 것으로 판단된다.



5.2 성능위주설계 기준 및 제도 개선 가이드라인

본 절에서는 앞선 연구를 통해 도출한 개선방안들을 현행 성능위주설계에 적용하기 위한 방향을 제시하고자 한다. 제시하는 각 기준들의 경우 예시이며, 향후 범정부적인 차원의 검토가 필요하며 기준 및 가이드라인을 제시할 필요가 있을 것으로 판단된다.

표 5-7. 성능위주설계 대상 건축물 개선방안

현행		개선방안
「성능위주설계 대상 건축물 화재예방, 소방시설설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 제 15조의 3 성능위주설계를 하여야하는 특정소방대상물의 범위	⇒	공동주택, 문화 및 집회시설, 판매시설의 추가 및 재검토 필요

「화재예방, 소방시설설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 제 15조의 3의 성능위주설계대상 건축물을 살펴보면, 성능위주설계 대상 건축물에서 공동주택 중 주택으로 쓰이는 층수가 5층 이상인 주택, 즉 아파트 등을 제외하고 있다. 하지만 화재위험성이 높고, 화재발생시 많은 인명피해가 예상되는 고층아파트를 성능위주설계대상에 제외하는 것은 적절하지 않으며, 또한 많은 사람들이 밀집하여 있는 문화 및 집회시설과 판매시설을 성능위주설계 대상건축물에 추가하는 것이 필요하다. 또한 전체 건축물의 용도별 대상범위의 검토 및 재설정을 통해 대상건축물의 개편이 필요하다.

표 5-8. 성능위주설계 전문가 교육 신설

현행		개선방안
없음	⇒	정부가 공인한 성능위주설계 전문교육의 개설

또한 성능위주설계의 가장 큰 문제점 중 하나로 지적된 전문성을 확보하기 위해 정부가 공인한 성능위주설계 전문교육의 개설이 필요하다. 이때 교육기간은 설문조사 결과를 미뤄 봤을 때 1개월 정도가 적절할 것으로 판단되며, 교육과목의 경우 시뮬레이션과 종합방재설계 등의 과목을 포함하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 정부차원의 성능위주설계 교육의 경우 교육의 주체와 그 적용대상 등에 대해서는 향후 추가적인 검증이 필요할 것이다. 하지만 현재 국내에는 성능위주설계의 자격 및 역량을 평가하기 위한 교육 및 프로그램이 전무한 실정으로 정부 또는 학회 등의 주도하에 교육의 설립이 우선적으로 이루어져야 한다고 볼 수 있다.

표 5-9. 성능위주설계자 및 평가단원 선정 개선방안

현행		개선방안
성능위주설계 자격 「소방시설공사업법 시행령」 별표 1의2 성능위주설계를 할 수 있는 자의 자격·기술인력 및 자격에 따른 설계범위(제2조의3 관련)	⇒	정부에서 인증한 성능위주설계 전문교육 수료 의무화 또는 자격인증제 도입 고려
평가단원의 임명 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」 제7조 평가단원의 임명 등	⇒	평가단원의 전문성 확보 및 이에 따른 교육 등을 통한 성능위주설계 평가의 정확성 및 신뢰성 확보 필요
없음	⇒	성능위주설계 확인·평가·심의 기준 표 또는 가이드라인 제시

또한 이렇게 신설된 성능위주설계 전문가 교육과 병행하여 성능위주설계자의 자격요건과 평가단원의 자격요건을 성능위주설계 전문교육의 이수 및 자격기준 등에 대한 고려가 필요하다. 또한 평가단원들이 평가하여야 하는 성능위주설계 확인·평가·심의 기준 표 또는 가이드라인 제시를 통해 성능위주설계의 정확성 및 효율성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

표 5-10. 성능위주설계 시뮬레이션 관련 개선방안

현행		개선방안
성능위주설계 시나리오 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」 별표 1 화재 및 피난시뮬레이션의 시나리오 작성 기준(제4조 관련)	⇒	건물용도에 따른 개별 화재시나리오 소방시설 작동여부를 고려한 시나리오 제연설비, 출입문 개방을 고려한 시나리오
인명안전성 평가 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」 별표1 화재 및 피난시뮬레이션의 시나리오 작성 기준(제4조 관련)	⇒	CO, O ₂ CO ₂ 이외의 독성가스에 대한 기준치 제공 필요
없음 (화재시뮬레이션 입력 값 기준)	⇒	발화원별 화재하중, 화재성장속도, 열 방출률 기준 건축물 특성에 따른 발화원 물성치, 독성가스 정보
없음 (피난시뮬레이션 입력 값 기준)	⇒	보행자 행동특성치(보행속력 등) 피난지연 시간(Response Time)기준
수용인원 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」 별표1 화재 및 피난시뮬레이션의 시나리오 작성 기준(제4조 관련)	⇒	현실성 있는 수용인원 재조사를 통한 수용인원 산정기준 개선

또한 정부차원에서 제공하는 성능위주설계 확인·평가·심의 기준 표 또는 가이드라인의 세부항목은 화재 시뮬레이션 시 worst 시나리오 고려여부(16%), 화원의 크기와 특성 고려여부(15%), 화재시뮬레이션 시 소방 설비

고려여부(15%), 건축물 용도에 따른 수용인원 및 재실자 특성 반영여부(13%) 등이 있다.

또한 성능위주설계 시뮬레이션 관련된 개선방안을 살펴보면, 소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준, 별표1에서 제시하고 있는 시뮬레이션 시나리오에 더해 추가적인 시나리오를 의무화할 필요가 있는 것으로 판단된다. 그 내용으로는 건물용도에 따라 화재통계를 반영한 현실성 있는 화재시나리오를 제시하고, 또한 소방시설 작동여부 제연설비 및 출입문 개방을 고려한 시나리오를 추가하고 의무화 할 필요가 있다. 이러한 노력을 통해 시뮬레이션의 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

또한 인명안전성 평가기준의 경우에도 CO, O₂, CO₂ 이외의 독성가스에 대한 기준치를 국가차원에서 제공할 필요성이 있다. 그러나 현실적으로 화재시뮬레이션으로 호흡기계선에서 가시거리나 CO 등은 본질적으로 한계가 있고, 추가적인 독성은 고려방법이 불확실하여 향후 이에 대한 추가적인 다른 시뮬레이션 물질 제공 등에 대한 지속적인 연구가 필요하다. 또한 피난시뮬레이션 및 화재시뮬레이션의 가이드라인을 제시하여, 설계자가 임의로 시뮬레이션을 간소화하여 시뮬레이션 하는 경우가 발생하지 않도록 하여야 한다. 또한 화재시뮬레이션의 경우 발화원별 화재하중, 화재성장속도, 열방출률 기준과 건축물 특성에 따른 발화원물성치, 독성가스 정보에 대한 제공이 필요하며, 피난시뮬레이션의 경우 보행자 행동 특성치(보행속력 등), 피난 지연시간(Response Time)기준 등에 대한 입력 값 기준을 제공할 필요성이 있다. 또한 국가에서 제공하는 입력 값 기준외의 입력요소에 대해서는 관련 가이드라인을 제공하고, 가이드라인을 따라 시뮬레이션하거나 그렇지 않을 경우 관련 근거를 명시하도록 규정할 필요가 있다.

마지막으로 현재 제공되어있는 수용인원 산정기준과 현실의 실거주인원 간에 큰 차이가 나타나는 것으로 나타나 수용인원 재조사를 통한 수용인원 산정기준의 개선이 필요한 것으로 나타났다.

Ⅵ. 결 론

본 연구는 성능위주설계의 한계점을 개선하기 위해, 현행 성능위주설계의 문제점과 개선방안을 도출하고 이를 기반으로 성능위주설계 개선의 방향에 대한 가이드라인을 제시하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 선행 연구 검토, 전문가 설문조사, 설계도서 분석, 시뮬레이션 등을 검토하여 문제점과 개선방안을 도출하였다. 그 결과 법·제도적 측면에서 7개의 문제점과 개선방안, 시뮬레이션 방법에서 10개의 문제점과 개선방안, 시뮬레이션 검증방법에서 4개의 문제점과 개선방안을 도출하였다. 그리고 추가적인 전문가 설문조사를 통해 현행 성능위주설계 관련 법령의 개선방안과 세부내용을 제시하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 현행 성능위주설계 대상 건축물이 적절하지 않다는 부분이 문제점으로 도출되었으며, 전문가 설문조사결과 추가가 필요한 건축물의 용도는 공동주택(9.84%), 문화 및 집회시설(9.69%), 판매시설(10.88%) 순으로 나타났다. 따라서 「화재예방, 소방시설설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 제 15조의 3 성능위주설계를 하여야 하는 특정소방대상물의 범위, 성능위주설계 대상 건축물의 범위에서 공동주택, 문화 및 집회시설, 판매시설 등의 추가지정에 대한 검토가 필요하다.
2. 문제점 분석 결과 성능위주설계 전문가 교육이 전무하다는 점이 문제점으로 도출되었으며, 정부차원의 성능위주설계 전문교육 설립에 찬성하는 의견이 전체의 85%로 나타났으며, 성능위주설계 교육의 수료의무화 또는 자격인증제 도입에 찬성하는 의견이 전체의 74%로 나타나, 성능위주

설계 전문가 교육의 신설이 필요하며, 「소방시설공사업법 시행령」 별표 1의2성능위주설계를 할 수 있는 자의 자격·기술인력 및 자격에 따른 설계범위(제2조의3 관련)에 따른 성능위주설계의 자격과 소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준 제7조 평가단원의 임명 등에 따른 평가단원의 임명 과정에서 성능위주설계 전문교육의 수료 의무화 및 자격인증제 도입 등에 대한 고려가 필요한 것으로 나타났다.

3. 설계도서 분석 및 설문조사 결과 화재 및 피난시물레이션의 시나리오 부분에서 문제점이 도출되었으며, 전문가 설문조사결과 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」 별표 1의 화재 및 피난시물레이션의 시나리오 작성 기준(제4조 관련)에 따른 성능위주설계 시나리오의 추가지정이 필요한 것으로 나타났다. 설문조사 결과 건물용도에 따른 개별화재시나리오의 적용과, 소방시설 작동여부를 고려한 시나리오 의무화가 각각 26%, 25%로 가장 높게 나타나, 우선적으로 추가할 필요성이 있는 것으로 나타났으며, 그 외에도 제연설비, 출입문 개방을 고려(18%), 연돌효과, 수직(계단층)고려(13%), 공간 내 가구배치 고려(7%), 독성가스 발생 시나리오(11%) 등의 시나리오의 추가가 필요한 것으로 나타났다.
4. 또한 문제점 도출 결과 현행 법령 및 기준상 화재 및 피난시물레이션의 입력 값에 대한 내용은 전무하며, 이에 대한 범국가적인 기준마련이 필요한 것으로 나타났다. 설문조사 결과, 화재 및 피난 시물레이션 수행 시 신뢰성이 확보될 수 있는 적절한 입력 값 기준의 세부항목을 살펴보면 화재시물레이션의 경우 발화원별 화재하중, 화재성장속도, 열 방출률 기준(35%)과 건축물 특성에 따른 발화원물성치, 독성가스 정보(32%)의 제공이 필요한 것으로 나타났다. 또한 피난시물레이션 경우에는 피난시물레이션 보행자 행동 특성치(보행 속력 등) (24%)와 피난시물레이션 피

난 지연시간(Response Time)기준 (22 %)에 대한 입력 값 제공이 필요한 것으로 나타났다.

5. 문제점 도출결과, 「소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준」 별표 1 화재 및 피난시물레이션의 시나리오 작성 기준(제4조 관련)에 따른 수용인원 산정기준에서 현실성 있는 수용인원 재조사를 통한 수용인원 산정기준 개선이 필요한 것으로 나타났다. 그 개선 방향에 관한 의견으로는 수용인원을 전면 재조사하여야 한다는 의견이 전체의 31 %, 적절하지 않는 건축물을 대상으로 재조사하여야 한다는 의견이 28 %, 성별, 연령 등을 고려하여 재선정하여야 한다는 의견이 21 %로 나타났다.

본 연구에서는 성능위주설계의 한계점을 개선하기 위해 다양한 방법으로 문제점과 개선방안을 도출하였으며, 그에 따른 개선 방향을 제시하였다. 하지만 설문조사를 통해 결론을 도출하였기 때문에 가장 효율적인 개선방안에 대한 세부적인 내용은 제시하지 못하고 있으며, 개선 방향만 제시하고 있다는 한계점을 가진다. 향후 본 연구를 기반으로 각각의 개선방안을 도출해나가는 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 김태윤, 선진국과의 비교분석을 통한 소방설비시스템 개선방안 연구, 한양대학교 산학협력단 연구보고서, 소방청 소방정책국 화재예방과, 2010. 11.
2. 소방청, 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률, 2015년 1월 개정.
3. 소방청, 소방청고시 제2017-1호, 소방시설 등의 성능위주 설계 방법 및 기준, 2017년 7월 개정.
4. 조호성, 성능위주 소방설계 I·II, 도서출판 기다리, 2006.
5. 소방청, 소방시설공사업법 시행령, 2017년 12월 개정.
6. 소방청, 화재예방, 소방시설설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령, 2017년 08월 개정.
7. 소방청, 2017년 예방행정 통계자료, 2017. 3.
8. McGrattan, K., Hostikka, S., McDermott, R., Floyd, J., Weinschenk, C., Overholt, K.. Fire dynamics simulator user's guide. NIST special publication 1019, 6thEdition. 2013.
9. Ewer, J., Galea, E., Grandison, A., Patel, M., SMARTFIRE v4. 4: technical reference manual. 2017.
10. Galea, E. R., Blake, S.. Collection and analysis of human behaviour data appearing in the mass media relating to the evacuation of the World Trade Centre towers of 11 September 2001. London: Office of the Deputy Prime Minister. 2004.
11. Galea, E. R., Lawrence, P. J., Gwynne, S., Filippidis, L., Blackshields, D., Cooney, D.. buildingEXODUS v6.3. 2017.
12. Ge, W., Collins, R. T., Ruback, R. B.. Vision-based analysis of small groups in pedestrian crowds. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 34(5), pp.1003-1016, 2012. 3.
13. Gotoh, H., Harada, E., Andoh, E.. Simulation of pedestrian contra-flow by

- multi-agent DEM model with self-evasive action model. *Safety science*, 50(2), pp.326-332, 2012. 2.
14. Graham, T. L., & Roberts, D. J.. Qualitative overview of some important factors affecting the egress of people in hotel fires. *International Journal of Hospitality Management*, 19(1), pp.79-87, 2000. 3.
 15. Grossman, G. E., Leigh, R. J., Abel, L. A., Lanska, D. J., Thurston, S. E.. Frequency and velocity of rotational head perturbations during locomotion. *Experimental brain research*, 70(3), pp.470-476, 1988. 10.
 16. Gwynne, S., Galea, E. R., Owen, M., Lawrence, P. J., Filippidis, L.. A review of the methodologies used in the computer simulation of evacuation from the built environment. *Building and environment*, 34(6), pp.741-749, 1999. 11.
 17. Helbing, D., & Molnar, P.. Social force model for pedestrian dynamics. *Physical review E*, 51(5), pp.4282, 1995. 5.
 18. Helo, A., Pannasch, S., Sirri, L., & Rämä, P.. The maturation of eye movement behavior: Scene viewing characteristics in children and adults. *Vision research*, 103, pp.83-91, 2014. 10.
 19. Hirasaki, E., Moore, S. T., Raphan, T., Cohen, B.. Effects of walking velocity on vertical head and body movements during locomotion. *Experimental brain research*, 127(2), pp.117-130, 1999. 7.
 20. Hoskins, B. L., Milke, J. A.. Study of movement speeds down stairs. Springer Science & Business Media. 2012.
 21. Hostikka, S., Korhonen, T., Paloposki, T., Rinne, T., Matikainen, K., Heliövaara, S. Development and validation of FDS+Evac for evacuation simulations. VTT RESEARCH NOTES 2421, 2007.
 22. Imai, T., Moore, S. T., Raphan, T., Cohen, B. Interaction of the body, head, and eyes during walking and turning. *Experimental brain research*, 136(1), pp.1-18, 2001. 1.
 23. 이수호. 보행 및 시지각 행동 특성을 반영한 피난시물레이션의 그룹이동 알고

- 리즘 개발. 경북대학교 대학원 박사학위논문. 2016.
24. 김운형, 윤명오. 피난모델의 검토-Simulex. 1999년도 춘계학술발표회 논문 초록집, pp.155-160, 1999. 11.
 25. 이수경, 이상준. 피난 모델을 이용한 대형할인매장의 화재시피난에 관한 연구. 한국화재소방학회 논문지, 14(4), pp.17-22, 2000. 12.
 26. 박선효, 박진우, 홍천화. 성능위주 소방설계를 위한 공학적 접근에 관한 연구 (Engineering Approach to Performance Based Fire Safety Design). 대한건축학회 학술발표대회 논문집-계획계, 21(2), pp.865-868, 2001. 10.
 27. 김우석, 이수경, 백승태. 숙박용도에 대한 피난 적정성 검토에 관한 연구. 2003년도 춘계학술논문발표회논문집, pp.59-65, 2003. 4.
 28. 노승엽, 지남용. 복합 상영관의 피난 안전 성능 평가에 관한 연구. 2005년도 춘계학술논문발표회 논문집, pp.151-159. 2005. 5.
 29. 김하영, 이동호, 고재웅, 김정엽. 복합상영관 화재위험성 평가에 관한 연구. 2007년도 춘계학술논문발표회 논문집, pp.421-426, 2007. 4.
 30. 최용석, 김형근, 이규일. 대규모 실내경기장의 성능위주 방재계획에 관한 연구. 설비공학논문집, 23(10), pp.687-698, 2011. 10.
 31. 김혜진, 이수호, 김인한, 홍원화. 화재 및 피난 시나리오의 요소별 중요도 분석을 통한 평가 지수화에 관한 연구. 대한건축학회 논문집-계획계, 28(12), pp.371-378, 2012. 12.
 32. 이용재, 이범재. 고층 공동주택의 피난특성 및 관련 법규정에 관한 연구. 14(1), pp.13-21, 2000. 3.
 33. 김환진, 김원국, 박해준, 최승호, 천지혜. 성능위주의 설계를 위한 성능기준에 관한 연구. 2004년도 하계학술논문발표회 논문집, pp.55-61, 2004. 6.
 34. 차종호. 성능위주 소방 설계의 국내법규와의 연관성연구. 서울시립대학교 도시과학대학원 석사학위논문. 2006.
 35. 김원국. 성능위주소방설계 개념 및 적용 방안. 2006년도 하계세미나 발표집, pp.3-10, 2006. 7
 36. 최준호, 전규엽, 홍원화. 고층 주상복합 건축물의 피난 안전을 위한 국내외 법

- 규사례 분석 및 개선방향에 관한 연구. 2006년도 춘계학술논문발표회 논문집, pp.203-208, 2006. 4.
37. 황은경. 건축물 화재안전 규정간 문제점 도출에 관한 연구. 대한건축학회 논문집-계획계, 23(12), pp.171-178, 2007. 12.
38. 이수경, 김찬호, 김상원. 사례를 통한 다중 이용업의 피해원인 분석 및 대책에 관한 연구. 2007년도 추계학술논문발표회 논문집, pp.126-131, 2007. 11.
39. 이종영, 백옥선. 성능위주소방설계의 법적문제 및 개선방안. 한국화재소방학회 논문지, 24(1), pp.54-63, 2010. 2.
40. 김일권, 서동구, 권영진. 초고층건축물의 화재안전설계를 위한 관련법령조사에 관한 연구. 한국건축시공학회 2013년도 추계 학술논문 발표대회 논문집, 13(2), pp.232-233, 2013. 11.
41. 박준, 김효근, 윤성욱, 서상연, 하희상, 이상필. 성능위주 화재안전설계를 위한 화재 시나리오 개발. 대한설비공학회 2012년도 하계학술발표대회, pp.258-260, 2012. 6.
42. 김수연, 김연규, 서윤정, 정의수. 방재시설의 성능위주설계 요소의 사례연구. 2012년도 춘계학술발표회 논문집, pp.85-86, 2012. 5.
43. 김효근, 윤성욱, 박준, 서상연, 하희상, 이상필. 성능위주 화재안전설계를 위한 화재 시나리오 검증. 대한설비공학회 2012년도 하계학술발표대회, pp.255-257, 2012. 6.
44. 이창욱. 초고층건물의 성능위주설계의 질적향상과 피난안전성 확보를 위한 제연시스템에 대한 연구. 중앙대학교 대학원 박사학위논문. 2013.
45. 이세명. 피난안전성평가를 위한 건축요소의 공학적 분석기법에 관한 연구:오피스빌딩을 중심으로. 서울시립대학교 일반대학원 박사학위논문. 2012.
46. 민병렬, 여인환. 특집기사: 국내, 외 화재안전 성능설계 규정 현황과 향후 과제. 한국강구조학회지 26(5), pp9-13, 2014. 10.
47. 고승. 성능위주설계의 문제점 및 개선방안에 관한 연구. 서울시립대학교 도시과학대학원 석사학위논문. 2015.
48. 구태윤, 이병훈, 권영진. 한국의 성능위주설계 개선을 위한 각국의 기준 조사.

- 2017년도 한국화재소방학회 춘계학술대회 논문집, pp.49-50, 2017. 4.
49. 김인태, 공일천. 성능위주설계 제도 개선에 관한 연구. 2017년도 한국화재소방학회 춘계학술대회 논문집, pp.55-56, 2017. 4.
 50. 정혜민, 홍원화, 손종영, 전규엽. 전문가 설문조사를 통한 성능위주 소방설계 개선방안 도출. 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 37(1), pp.463-466, 2017. 4.
 51. 이창욱, 신현승. 성능위주설계의 문제점 해결을 위한 개선방향과 사례. 2017년도 한국화재소방학회 춘계학술대회 논문집, pp.59-60, 2017. 4.
 52. 남준석. 성능위주설계의 운영현황과 개선방향. 2017년도 한국화재소방학회 춘계학술대회 논문집, pp.57-58, 2017. 4.
 53. 서동갑, 장순익, 이명호. 초고층아파트의 화재안전성에 관한 건축계획적 연구 (A Study on the Fire Safety Design of High-Rise Apartment Buildings). 대한건축학회 학술발표대회 논문집-계획계, 11(2), pp.147-152, 1991. 10.
 54. 사공성호. 성능위주 소방설계에 필요한 시험에 관한 연구. 2002년도 추계학술대회논문집, pp.256-260, 2002. 11.
 55. 박재성, 윤명오, 이용재. 건축물의 피난안전에 관한 국가간 기준 비교 연구. 한국화재소방학회 논문지, 16(2), pp.27-32, 2002. 6.
 56. 김대희, 윤인식, 황은경. 건축물 피난관련 연구동향 및 특성에 관한 연구. 2007년도 춘계학술논문발표회 논문집, pp.3-8, 2007. 4.
 57. 정수영, 김태현. 성능 위주 설계를 위한 피난 시간 계산. 2010년도 춘계학술논문발표회 논문집, pp.179-184, 2010. 4.
 58. 윤명오, 박동하. 성능위주설계를 위한 화재감지기배치의 공학적연구. 2010년도 한국화재소방학회 추계학술논문발표회 자료집, pp. 180-189, 2010. 10.
 59. 최용석, 문정만, 안광호. 지하 공연시설의 성능위주 방재계획에 관한 연구. 대한건축학회 논문집-계획계, 27(8), pp.123-130, 2011. 8.
 60. 장원복, 황금숙, 신현승. 부산 00 타워 소방시설등의 성능위주설계 사례. 2011년도 한국화재소방학회 추계학술논문발표회 논문집, pp.147-150, 2011. 11.
 61. 김학범, 이수경, 송동우, 김기성, 김종훈. 성능위주설계를 위한 ETA 기법 활용 고찰. 2011년도 한국화재소방학회 추계학술논문발표회 논문집, pp.454-457,

2011. 11.
62. 김형준, 권인규, 권오상, 김홍열, 채승언. 성능기반 화재안전설계를 위한 침실 공간에서의 실화재 실험. 한국화재소방학회 논문지, 27(6), pp.32-37, 2013. 12.
63. 김경화, 황철홍. 화재모델링 예측성능 개선을 위한 이온화식 연기감지기의 장치물성 측정. 한국화재소방학회 논문지, 27(4), pp.27-34, 2013. 10.
64. 소방청. 2016년 화재통계. 국가화재정보센터
65. K. B. McGrattan, Fire Dynamics Simulator(version 5) User's Guide, NIST, USA, 2008.
- 66 National Fire Protection Association. NFPA 101 life safety code. 2015.
67. 서민지, 이양주, 안성호, 황철홍, 최준호. B도시지역 고층 주상복합건축물 성능 위주설계도서 분석을 통한 화재 시뮬레이션 분야 개선방안에 관한 연구. 한국화재소방학회 논문지, 31(4), pp.80-85, 2017. 10.
68. 이양주, 고경찬, 박외철. 고층건축물의 계단폭과 수용인원 산정기준에 따른 피난효율의 비교. 한국화재소방학회 논문지, 25(1), pp.1-6, 2011. 2.
69. 이양주, 고경찬, 박외철. 성능위주설계 시행의 개선방안. 한국화재소방학회 논문지, 26(1), pp.68-73, 2012. 2.
70. 이양주. 고층 건축물의 피난 안전성 평가에 관한 연구. 부경대학교 산업대학원 석사학위논문. 2009.

부 록

설 문 서

성능위주 소방 설계 시행과 관련된 설문조사

안녕하십니까?

직접 찾아뵙지 못하고 지면으로 설문을 부탁드립니다 점 널리
양해바랍니다.

업무에 바쁘시겠지만 귀중한 시간을 할애해 주셔서 설문에 응해 주시면
관련된 내용 분석에 큰 도움이 될 것입니다.

본 설문지는 최근에 소방공사 관련 법률이 개정되어 시행되고 있는
“성능위주 소방 설계” 시행에 대하여 전반적인 기초자료를 얻기 위한
것이오니, 평소에 느끼고 있고, 알고 있던 바를 솔직하게 답변하여
주시면 대단히 감사하겠습니다.

설문내용의 반영은 익명으로 처리되며, 학문적 연구목적 이외에는
사용되거나 공표되지 않음을 밝혀드리고 그로 인해 어떠한 불이익도
초래하지 않을 것을 약속드립니다. 다시 한 번 귀하의 협조에
감사드리며 건강과 행운이 늘 함께 하시길 기원합니다.

부경대학교 소방공학과 박사과정 이 양주

Tel : 051-464-0195. 010-4850-5044

E-mail : dl5044@hanmail.net

1. 현재 귀하의 종사분야는 어느 분야입니까? ()
- ① 정부기관 · 지방자치단체 · 학교
 - ② 소방 공무원(민원부서, 기타)
 - ③ 소방 관련 업체
 - ④ 소방 관련 엔지니어(기술사, 기사, 관리사, 기타)
 - ⑤ 소방 관련 학과 학생
 - ⑥ 기타()
2. 현재 귀하의 전공은 어느 분야입니까? ()
- ① 소방
 - ② 건축
 - ③ 전기
 - ④ 기계
 - ⑤ 화공
 - ⑥ 안전
 - ⑦ 기타
3. 현재 귀하의 업무분야 종사기간은 몇 년입니까? ()
- ① 3년 미만
 - ② 3~5년
 - ③ 6~10년
 - ④ 11~15년
 - ⑤ 16년 이상
4. 소방에 대한 “성능위주설계”가 무엇인지에 대해 알고 있습니까?
()
- ① 알고 있다
 - ② 모르고 있다
 - ③ 정확하게는 모르지만 들어 본 적이 있다
 - ④ 관심 없다
5. “성능위주설계”가 언제부터 시행되는지 알고 있습니까? ()
- ① 알고 있다
 - ② 모르고 있다
 - ③ 정확하게는 모르지만 들어 본 적이 있다
 - ④ 관심 없다
6. “성능위주설계”를 시행하는 것이 적절하다고 생각하십니까? ()
- ① 적절하다
 - ② 적절하지 않다
 - ③ 관심 없다

7. 적절하지 않다고 생각하신다면 이유는 무엇입니까? ()
- ① 관계 법령 미비
 - ② 관계자들의 인식 부족
 - ③ 관련 기술의 부족
 - ④ 설계비용의 증가
 - ⑤ 검증 절차의 문제점
 - ⑥ 기 타 (전적으로 소방설계자의 능력에 따라 좌우되며 검증 및 책임소재가 불분명 함)
8. “성능위주설계” 시행이 적절하다면 설계 대상에 대해 알고 있습니까? ()
- ① 알고 있다
 - ② 모르고 있다
 - ③ 정확하게는 모르지만 들어 본 적이 있다
 - ④ 관심 없다
9. “성능위주설계” 대상에 대해 알고 있다면 설계 대상물은 적절하다고 생각하십니까? ()
- ① 적절하다
 - ② 설계 대상을 강화하여 적용할 필요가 있다
 - ③ 설계 대상을 완화하여 적용할 필요가 있다
 - ④ 기 타 ()
10. “성능위주설계” 대상에서 아파트가 제외되는 것을 알고 계십니까? ()
- ① 알고 있다
 - ② 모른다
 - ③ 관심 없다
11. “성능위주설계” 및 소방감리 대상 등 소방관련 설치 대상에서 아파트가 제외되는 것이 적절하다고 생각하십니까? ()
- ① 적절하다
 - ② 적절하지 않다
 - ③ 관심 없다
 - ④ 기 타 ()
12. “성능위주설계” 및 소방감리 대상 등 소방관련 설치 대상에서 아파트가 제외되는 이유는 무엇이라고 생각하십니까? ()
- ① 아파트가 일반 건축물에 비해 화재 위험성이 적기 때문에
 - ② 아파트 건설비용의 증가로 인한 민원 발생 소지 때문에
 - ③ 기 타 ()

13. “성능위주설계” 및 소방감리 대상 등 소방관련 설치 대상에서 아파트가 제외되는 것이 적절하지 않다면 제외되어서는 안 되는 이유는 무엇이라고 생각하십니까? ()
- ① 아파트는 사람이 거주하는 시설이므로 화재발생 시 대형의 인명피해가 생길 수 있으므로
 - ② 고층의 아파트가 많이 생기므로
 - ③ 기 타 ()
14. “성능위주설계” 를 할 수 있는 자격에 대해 알고 있습니까? ()
- ① 알고 있다
 - ② 모르고 있다
 - ③ 정확하게는 모르지만 들어 본 적이 있다
 - ④ 관심 없다
15. “성능위주설계” 자격을 알고 있다면 자격이 적합하다고 생각하십니까? ()
- ① 적합하다
 - ② 부적합하다
 - ③ 관심 없다
16. 적합하지 않다면 개선사항은 무엇이라고 생각하십니까? ()
- ① 자격 요건을 강화할 필요가 있다
 - ② 자격 요건을 완화할 필요가 있다
 - ③ 기타()
17. “성능위주설계” 평가단에 대해 알고 있습니까? ()
- ① 알고 있다
 - ② 모른다
 - ③ 정확하게는 모르지만 들어 본 적이 있다
 - ④ 관심 없다
18. “성능위주설계” 평가단의 자격요건에 대해 알고 있습니까? ()
- ① 알고 있다
 - ② 모른다.
 - ③ 정확하게는 모르지만 들어 본 적이 있다
 - ④ 관심 없다
19. “성능위주설계” 평가단의 자격요건에 대하여 알고 있다면 자격사항이 적합하다고 생각하십니까? ()
- ① 적합하다
 - ② 그렇지 않다
 - ③ 관심 없다

20. 적합하지 않다면 개선사항은 무엇이라고 생각하십니까? ()
① 자격 요건을 강화할 필요가 있다
② 자격 요건을 완화할 필요가 있다
③ 기타()
21. “성능위주설계” 평가단이 하는 일에 대해 알고 계십니까? ()
① 알고 있다
② 모른다.
③ 관심 없다
22. “성능위주설계” 평가단의 심의절차에 대해 알고 계십니까? ()
① 알고 있다
② 모른다.
③ 관심 없다
23. “성능위주설계” 심의절차를 알고 계신다면 심의절차가 적절하다고 생각하십니까? ()
① 적절 하다
② 너무 복잡하다
③ 관심 없다
24. “성능위주설계”를 위하여 범국가적 차원의 행정적, 제도적 저변이 마련되었다고 생각하십니까? ()
① 그렇다
② 아니다
③ 관심 없다
25. 미국 또는 일본 등 선진국들의 성능위주설계 흐름에 대해 알고 계십니까? ()
① 알고 있다
② 모른다
③ 관심 없다
26. “성능위주설계”와 관련하여 교육을 받은 적이 있습니까? ()
① 있다
② 없다
27. 교육을 받으셨다면 교육기간은 얼마입니까? ()
① 1주일
② 2주일
③ 기타()

28. 교육을 받으셨다면 교육을 받고 난 후 받기 전과 비교하여 성능위주 설계에 대한 본인의 생각이나 지적수준이 변화되었다고 생각하십니까? ()

- ① 그렇다
- ② 아니다
- ③ 기타()

29. 교육을 받고 난 후 받기 전과 비교하여 성능위주 설계에 대한 본인의 생각이나 지적수준이 변화되었다면 어떤 부분이 변화가 되었다고 생각하십니까? ()

- ① 성능위주 설계에 대해 긍정적으로 생각하게 되었다
- ② 성능위주 설계가 필요 없다고 생각한다
- ③ 성능위주 설계에 대해 많이 공부하고 연구할 필요가 있다고 생각한다
- ④ 성능위주 설계 관련 Tool들에 대해 많이 알 수 있는 계기가 되었다
- ⑤ 기타 ()

30. 교육을 받으셨다면 교육 효과에 대해서는 만족하십니까? ()

- ① 매우 만족 한다
- ② 만족 한다
- ③ 보통 이다
- ④ 불만족 한다

31. 교육 효과에 대해 만족하지 않으신다면 그 이유는 무엇이라고 생각하십니까? ()

- ① 교육 기간이 너무 짧다
- ② 교육 기간이 너무 길다
- ③ 교육 내용이 너무 어렵다
- ④ 교육 내용이 너무 쉽다
- ⑤ 교육내용에 대한 사전 준비가 없었다
- ⑥ 기타 ()

32. “성능위주설계”에 대한 교육시 적절한 교육 시간은 어느 정도가 적합하다고 생각하십니까? ()

- ① 1주일
- ② 2주일
- ③ 1개월
- ④ 3개월
- ⑤ 기타 (판단하기 어렵다.)

33. “성능위주설계” 관련하여 용역비는 적정하다고 생각하십니까? ()

- ① 적정하다
- ② 너무 높다
- ③ 너무 낮다
- ④ 기타 ()

34. 화재 및 피난시물레이션을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램(Tool)은 어떤 것들이 있는지 알고 있습니까? ()

- ① 알고 있다
- ② 모른다
- ③ 정확하게는 모르지만 들어 본 적이 있다
- ④ 관심 없다

35. 기존 사용하던 컴퓨터 프로그램으로 성능위주 소방 설계가 가능하다고 생각하십니까? ()

- ① 그렇다
- ② 그렇지 않다
- ③ 기타 ()

36. 본인이 사용 가능하지 않더라도 알고 있는 컴퓨터 프로그램(Tool)은 어떤 것이 있습니까? 알고계시는 프로그램 종류를 다 기재해 주십시오. ()

37. 관련 컴퓨터 프로그램들을 사용해 본 경험이 있으십니까? ()

- ① 그렇다
- ② 그렇지 않다

38. 관련 프로그램들을 사용해 보셨다면 귀하의 숙련도는 정도입니까? ()

- ① 매우 능숙하게 사용 가능하다
- ② 능숙하게 사용한다
- ③ 보통으로 사용한다
- ④ 조금 사용할 줄 안다
- ⑤ 전혀 사용할 줄 모른다

39. “성능위주설계”의 해석 방법에 대하여 알고 계십니까? ()

- ① 알고 있다
- ② 조금 알고 있다
- ③ 모른다
- ④ 기타 ()

40. “성능위주설계”에서 화재 및 피난시물레이션 관련 사항만 다루어져야 한다고 생각하십니까? ()

- ① 그렇다
- ② 아니다
- ③ 관심 없다

41. 그렇지 않다면 추가로 다루어져야 할 사항은 무엇이라고
생각하십니까? ()

- ① 건축 관련 사항(건축 방재)
- ② 유지 관리 사항(준공 후 유지관리 매뉴얼 등)
- ③ 지진 테러 관련 사항
- ④ 시뮬레이션 외에 TAB 및 실제 피난 실험
- ⑤ 축소 모델링에 의한 화재 실험
- ⑥ 기타 ()

42. “성능위주설계”와 관련하여 개선 사항이 있다면 무엇이라고
생각하십니까? ()

43. “성능위주설계”의 시행으로 거둘 수 있는 기대효과는 무엇이라고
생각하십니까? ()

- ① 소방시설의 성능 향상
- ② 건축물의 화재 및 피난 안전성 향상
- ③ 소방시설에 대한 다양한 접근 가능
- ④ 소방에 대한 인지도 향상 및 기술력 발전
- ⑤ 기타 ()

44. “성능위주설계”의 절차에 대해서 알고 계십니까? ()

- ① 알고 있다
- ② 모르고 있다
- ③ 정확하게는 모르지만 들어 본 적이 있다
- ④ 관심 없다

45. “성능위주설계”시 제출 서류에 대해 알고 계십니까? ()

- ① 알고 있다
- ② 모르고 있다
- ③ 관심 없다

46. “성능위주설계”고시를 보신 적이 있으십니까? ()

- ① 본 적이 있다
- ② 본 적이 없다
- ③ 고시가 있는지 모르고 있다

47. “성능위주설계”고시에 규정된 인명 안전기준이나 설계시나리오에
대해 알고 계십니까? ()

- ① 알고 있다
- ② 모르고 있다
- ③ 정확하게는 모르지만 들어 본 적이 있다
- ④ 관심 없다

48. “성능위주설계” 고시를 보신 적이 있으시다면 외국의 기준과 관련하여 인명안전 기준이 적합하다고 생각하십니까? ()
- ① 적합하다
② 적합하지 않다
49. 적합하지 않다면 개선되어야 할 사항은 어떤 것이 있다고 생각하십니까? ()
50. “성능위주설계” 시 화재 시나리오를 어떻게 구성되어야 한다고 생각하십니까?
()
51. “성능위주설계”와 관련하여 본인이 따로 공부하신 적이 있으십니까?
()
- ① 있다
② 없다
52. 공부를 하셨다면 어떤 분야에 대해 공부하셨습니다? ()
- ① 시뮬레이션 관련 프로그램의 사용방법
② 화재역학 부분
③ 건축 방재 부분
④ 미국 NFPA 코드집
⑤ NFPA 101 인명안전 코드
⑥ NFPA 5000 건축물 관련 코드
⑦ 전체적으로 조금씩 했다
⑧ 기 타 ()
53. “성능위주설계”와 관련하여 학교에서 강의가 개설되어야 한다고 생각하십니까? ()
- ① 그렇다
② 그렇지 않다
54. 강의를 개설된다면 어떤 과목이 개설되어야 한다고 생각하십니까?
()
- ① 화재 시뮬레이션 프로그램 관련 과목
② 피난 시뮬레이션 관련 과목
③ 화재 역학 관련 과목
④ 설계와 관련된 캐드 관련 과목
⑤ 소방시설의 실무에 대한 과목
⑥ 종합방재 설계에 관한 과목
⑦ 기 타 ()
55. 기타 “성능위주설계”의 시행과 관련하여 설문문에 없는 사항이나 본인이 생각하고 있는 사항에 대해서 하시고 싶은 말씀이 계시면 적어 주십시오

현행 성능위주설계 개선방안 설문지

안녕하세요

본 설문조사는 『현행 성능위주설계의 개선방안을 도출하기 위한 설문지』입니다.

귀하의 모든 응답은 익명으로 통계 처리되고, 논문에 필요한 조사 자료 이외의 목적으로는, 어떠한 자료로도 사용 및 공개되지 않습니다(통계법 제33조 및 제34조).

바쁘시더라도 잠시만 시간을 내어 솔직하게 작성하여 주시면, 신뢰성 있는 자료로 사용하겠습니다.

본 설문에 응해주셔서 진심으로 감사드립니다.

부경대학교 소방공학과

연구자 :	소방기술사 이 양 주
지도교수 :	공학박사 최 준 호

본 설문 작성에 대한 문의사항은 아래로 연락 주시기 바랍니다.

<H.P : 010-3374-5044, E-mail : dl5044@hanmail.net>

◎ 인적 사항

1. 귀하가 종사하는 직업군 또는 소속된 기관의 유형은 무엇입니까?

- ① 소방공무원 ② 소방관련 법정단체 ③ 소방관련 공공기관
④ 소방시설업(설계,공사,감리) ⑤ 소방시설관리업 ⑥ 건축설계업
⑦ 소방안전관리업(특급, 1급, 2급, 3급, 보조) ⑧ 건설기술용역업
⑨ 시설물유지관리업 ⑩ 시설물안전진단업 ⑪ 연구직 (교수, 연구원)
⑫ 소방용품 또는 시설 제조업 ⑬ 기타 ()

2. 귀하는 소방분야 현 직군에서의 경력은 얼마입니까? ()년

3. 귀하가 현재 보유하고 있는 자격(증)은 무엇입니까? (복수선택가능)

- ① 소방기술사 ② 소방시설관리사 ③ 소방설비기사(전기)
④ 소방설비기사(기계) ⑤ 소방설비산업기사(전기)
⑥ 소방설비산업기사(기계) ⑦ 위험물산업기사
⑧ 위험물기능장 ⑨ 소방안전교육사 ⑩ 산업안전기사
⑪ 건축사 ⑫ 소방안전관리자(특급, 1급, 2급, 3급, 보조 중 선택)

무엇입니까? (중복 선택 가능)

- ☐ 건축물 특성에 따른 발화원 물성치, 독성가스 정보
- ☐ 발화원별 화재하중, 화재 성장속도, 열 방출률 기준
- ☐ 건축물 용도별 적재 가연물 하중
- ☐ 화재시물레이션 시 격자크기 및 중횡비 기준
- ☐ 기타 ()

9. 정부차원에서 피난시물레이션의 입력값을 제공한다면 필요한 요소는 무엇입니까? (중복 선택 가능)

- ☐ 피난시물레이션 보행자 행동 특성치(보행속력 등) 입력기준
- ☐ 피난시물레이션 재실자(보행자) 성별, 연령 등 입력 기준
- ☐ 피난시물레이션 재실자(보행자) 신체특성, 경로선택패턴 등 입력 기준
- ☐ 피난시물레이션 재실자(보행자) 배치 기준
- ☐ 피난시물레이션 피난지연시간 (Response Time) 기준
- ☐ 피난안전구역 반영 기준
- ☐ 기타 ()

10. 정부차원에서 성능위주설계 확인·평가 심의 기준표 또는 구체적인 설계기준 가이드라인이 필요하다고 생각하십니까? (확인·평가 심의 기준표는 성능위주설계를 평가할 때 검토해야 되는 체크리스트를 의미함)

- ☐ 예 ☐ 아니오

11. 정부차원에서 성능위주설계 확인·평가 심의 기준표가 필요하다면 어떠한 항목이 포함되어야 한다고 생각하십니까? (중복 선택 가능)

- ☐ 화재 시물레이션 시 Worst 시나리오 고려 여부
- ☐ 화원의 크기와 특성에 관한 기준(발화원, 종류, 크기 등) 고려 여부
- ☐ 화재시물레이션시 소방설비(스프링클러, 감지기 등) 고려여부
- ☐ 화재시물레이션 격자, 중횡비 기준 고려 여부
- ☐ 피난시물레이션 시 Worst 시나리오 고려 여부

- ☐ 피난시물레이션 시 수직피난 고려 여부
- ☐ 화재 & 피난시물레이션의 복합적인 고려(커플링) 여부
- ☐ 건축물 용도에 따른 수용인원 및 재실자 특성 반영 여부
- ☐ 피난완료지점 설정 방법
- ☐ 건축물 용도별 피난지연시간(response time) 계산 여부

12. 건축물 용도별 성능위주설계 대상 건축물에 추가되어야 한다고 생각하시는 건축물을 선택해 주세요. (중복 선택 가능)

☐ 단독주택	☐ 숙박시설
☐ 공동주택	☐ 위락시설
☐ 제1종 근린생활시설	☐ 공장
☐ 제2종 근린생활시설	☐ 창고시설
☐ 문화 및 집회시설	☐ 위험물 저장 및 처리 시설
☐ 종교시설	☐ 자동차 관련 시설
☐ 판매시설	☐ 동물 및 식물 관련 시설
☐ 운수시설	☐ 자원순환 관련 시설
☐ 의료시설	☐ 교정 및 군사 시설
☐ 교육연구시설	☐ 방송통신시설
☐ 노유자시설	☐ 발전시설
☐ 수련시설	☐ 묘지 관련 시설
☐ 운동시설	☐ 관광 휴게시설
☐ 업무시설	

13. 성능위주설계 분야가 앞으로 어떻게 바뀌어야 하는가에 대한 의견을 적어주세요.

A Study on the Guideline for Institutional Improvement of Performance Based Design through an Expert Survey and Field Investigation of its Execution Conditions

Lee, Yang-Ju

Department of Fire Protection Engineering, The Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

In Korea, since 2011, mandatory performance-based design is required to be carried out in accordance with the "ACT ON FIRE PREVENTION AND INSTALLATION, MAINTENANCE, AND SAFETY CONTROL OF FIRE-FIGHTING SYSTEMS" in certain fire fighting objects. However, even if the performance-based design is applied according to the current conditions, it is not possible to guarantee the safety of the building 100%. This paper proposed the problems of current performance-based design oriented design through various methods and suggest improvement direction. In order to find out the problem and improvement plan of current performance-based design, problems and remedies were derived through four methods: prior research analysis, expert questionnaire, design book analysis, evacuation and fire simulation.

As a result, this research derived 7 problems and improvement methods from the legal and institutional viewpoints, 10 problems and improvement methods from the simulation methods, and 4 problems and improvement plans from the simulation verification methods. In addition, a specialist questionnaire survey was conducted to apply the problems of the current performance-based design derived through the four methods and the improvement plan, and the improvement direction and the standards to be newly established were presented.

Therefore, in order to improve the current performance-based design, it is necessary to review the designation of the target buildings and to carry out the national education process and enforce the qualification certification system accordingly. In addition, there are many problems in current performance-oriented design scenarios, and additional scenarios are needed to solve these problems. And, it is necessary to provide national reference value and guideline for simulation input data, and to review the criteria for calculating the capacity of evacuation simulation.