보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( ) 발간등록번호(11-B552989-000343-01)
도시건축연구사업 제6차연도 최종보고서

R&D/
20AUDP-B100356-06

건축물의 성능위주 화재안전 설계기준 및 화재안전성 향상 기술 개발 최종 보고서

2020. 12. 15.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
협동연구기관 / 한방유비스(주)

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'건축물의 성능위주 화재안전 설계기준 및 화재안전성 향상 기술 개발'(연구개발 기간 : 2015.07. ~ 2020. 10.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 10. 31.

주관연구기관명: 한국건설기술연구원 (한승헌) (인)

주관연구기관책임자 : 김흥열

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'건축물의 성능위주 화재안전 설계기준 및 화재안전성 향상 기술 개발'(연구개발 기간 : 2015.07. ~ 2020. 10.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 10. 31.

협동연구기관명: 한방유비스(주) (최두찬) (인)

협동연구기관책임자 : 최두찬

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

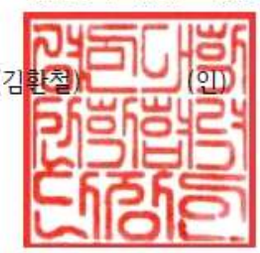
제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'건축물의 성능위주 화재안전 설계기준 및 화재안전성 향상 기술 개발'(연구개발 기간 : 2015.07. ~ 2020. 10.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 10. 31.

공동연구기관명: 경민대학교 산학협력단 (김환철) (인)



공동연구기관책임자 : 김운형

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'건축물의 성능위주 화재안전 설계기준 및 화재안전성 향상 기술 개발'(연구개발 기간 : 2015.07. ~ 2020. 10.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 10. 31.

공동연구기관명: 제주대학교 산학협력단 (도양회) (인)



공동연구기관책임자 : 고동우

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'건축물의 성능위주 화재안전 설계기준 및 화재안전성 향상 기술 개발'(연구개발 기간 : 2015.07. ~ 2020. 10.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 10. 31.

공동연구기관명: 강원대학교 삼척산학협력단 (김병식) (인)

공동연구기관책임자 : 권인규

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'건축물의 성능위주 화재안전 설계기준 및 화재안전성 향상 기술 개발'(연구개발 기간 : 2015.07. ~ 2020. 10.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 10. 31.

공동연구기관명: ㈜목양종합건축사사무소 (김경옥) (인)

공동연구기관책임자 : 김형준

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'건축물의 성능위주 화재안전 설계기준 및 화재안전성 향상 기술 개발'(연구개발 기간 : 2015.07. ~ 2020. 10.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 10. 31.

위탁연구기관명: 한남대학교 산학협력단 (김건하) (인)

위탁연구기관책임자 : 이재승

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

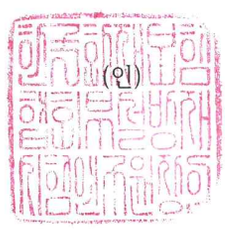
제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'건축물의 성능위주 화재안전 설계기준 및 화재안전성 향상 기술 개발'(연구개발 기간 : 2015.07. ~ 2020. 10.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 10. 31.

공동연구기관명: 방재시험연구원 (허언욱) (인)



공동연구기관책임자 : 최동호

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'건축물의 성능위주 화재안전 설계기준 및 화재안전성 향상 기술 개발'(연구개발 기간 : 2015.07. ~ 2020. 10.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 10. 31.

공동연구기관명: 서울시립대학교 산학협력단 (김강수) (인)



공동연구기관책임자 : 윤명오

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'건축물의 성능위주 화재안전 설계기준 및 화재안전성 향상 기술 개발'(연구개발 기간 : 2015.07. ~ 2020. 10.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 10. 31.

공동연구기관명: 가천대학교 산학협력단 (황보택근) (인)



공동연구기관책임자 : 민세홍

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'건축물의 성능위주 화재안전 설계기준 및 화재안전성 향상 기술 개발'(연구개발 기간 : 2015.07. ~ 2020. 10.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 10. 31.

공동연구기관명: 대한기계설비산업연구원 (정달홍) (인)

공동연구기관책임자 : 이연구

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'건축물의 성능위주 화재안전 설계기준 및 화재안전성 향상 기술 개발'(연구개발 기간 : 2015.07. ~ 2020. 10.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 10. 31.

공동연구기관명: 한국건설기술연구원 (한승헌) (인)



공동연구기관책임자 : 여인환

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'건축물의 성능위주 화재안전 설계기준 및 화재안전성 향상 기술 개발'(연구개발 기간 : 2015.07. ~ 2020. 10.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 10. 31.

공동연구기관명: 한국건설생활환경시험연구원 (윤갑석) (인)



공동연구기관책임자 : 우영제

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'건축물의 성능위주 화재안전 설계기준 및 화재안전성 향상 기술 개발'(연구개발 기간 : 2015.07. ~ 2020. 10.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 10. 31.

공동연구기관명: 이화여자대학교 산학협력단 (반효경) (인)

공동연구기관책임자 : 신영수

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

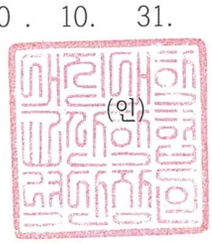
제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'건축물의 성능위주 화재안전 설계기준 및 화재안전성 향상 기술 개발'(연구개발 기간 : 2015.07. ~ 2020. 10.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 10. 31.

공동연구기관명: 대진대학교 산학협력단 (김성수) (인)



공동연구기관책임자 : 류동우

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>20AUDP-B1
00356-06</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td>2020.01.01.
~2020.10.31</td><td>단계구분</td><td>최종/4단계</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">도시건축연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4">건축물의 성능위주 화재안전 설계 기준 및 화재안전성 향상 기술 개발</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2"></td><td>해당단계
참여연구원 수</td><td>총: 116명
내부: 명
외부: 명</td><td>해당단계
연구비</td><td>정부:1,834,000천원
민간: 612,000천원
정부외: 천원
상대국: 천원
계:2,446,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여연구원 수</td><td>총: 123명
내부: 명
외부: 명</td><td>총 연구비</td><td>정부:8,790,000천원
민간:2,933,340천원
정부외: 천원
상대국: 천원
계:11,723,340천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="2">한국건설기술연구원 화재안전연구소</td><td colspan="3">참여기업명 : ㈜JSC솔류션 , ㈜벽산, ㈜우원엔앤이, ㈜벽두도어, 두산큐벡스(주) FM사업부, 한백에프엔씨, ㈜더나은구조엔지니어링, ㈜프람트테크놀로지, ㈜아이스트, 형상엔지니어링</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명:</td><td colspan="3">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="2">연구기관명:한남대학교 산학협력단</td><td colspan="3">연구책임자: 이재승</td></tr>
<tr><td colspan="6">※ 국내 · 외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음</td></tr>
<tr><td>연구개발성과의
보안등급 및 사유</td><td colspan="5">일반</td></tr>
</table>

9대 성과 등록 · 기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록 · 기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황

구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)	보고서 면수 271

요 약 문

연구의 목적 및 내용	- 성능위주 화재안전 설계기준 개발 건축물의 용도별 재실자 밀도 기준 개발을 통해 사용자 중심의 성능위주 피난, 연기, 내화 설계기준을 개발하고 이에 대한 적용 적정성을 평가할 수 있는 평가자 중심의 화재안전 설계 평가 절차 및 기준 개발. - 화재안전 성능유지관리 기법 개발 기존 건축물의 방화구획 및 내화구조의 화재안전 성능유지를 위한 현장품질관리기준 및 배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인을 개발하고 건축물 실사용자, 노후 건축물 및 공사중인 건축물의 화재예방을 위한 화재안전 가이드라인 개발. - 기존 건축물의 화재위험도 평가 기술 개발 기존건축물의 화재위험도 평가 기술 개발을 토대로 평가 프로그램으로 개발하여 화재위험도평가분야 시장 확대 주요구조부·대형 화재구획설비·실대형 화재시험을 통한 건축물 마감재(내·외장재) 평가방법을 개발하고, 독성 DB를 구축하여 “국가표준 한국건축규정개발”에 화재분야 기초자료로 활용 - 화재피해 건축물에 대한 진단·평가 및 보수·보강기술 개발 건축물의 화재사고에 대한 국민의 안전성 확보 및 경제적 손실 최소화를 위한 지능 기반형 화재진단 기법 개발을 바탕으로 피해건축물의 안전성 평가 및 최적의 보수·보강 방안 도출 시스템을 개발하고자 하며, 데이터 마이닝 시스템 개발을 통하여 화재사고 예방 및 신속한 사후대처 시스템을 구축하고자 함
연구개발성과	- 건축물 공간용도별 재실자 밀도 기준 및 용도분류체계 재정립 도출 - 건축물의 성능위주 연기제어 설계 가이드라인 제시 - 건축물의 성능위주 화재안전 설계 평가 가이드라인 제시 - 건축물의 성능위주 피난안전 설계 가이드라인 제시 - 건축물의 성능위주 내화설계 가이드라인 제시 - 피난실험 기술표준 및 지침 개발, 피난예측분석도구 검증 및 확인 기술표준 지침 - 성능위주 설계 가이드라인 분석 및 검토를 통한 성능평가장 성능설계 수행 - 성능위주 내화설계 평가절차 및 프로그램 개발 - 방화구획 및 내화구조의 현장품질관리 가이드라인 및 지침 완료, QR코드를 활용한 현장품질관리 웹시스템 개발 - 건축물 리모델링 및 공사현장 화재안전 가이드라인 제시 - 건축물 실사용자를 위한 피난안전 가이드라인 개발 - 노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인 개발 - 배연구, 배연창 설치 및 성능유지관리 가이드라인 개발 - 기존 노후 건축물 화재안전성능 평가방법 및 적용 기준 - 화재응력비를 고려한 구조부재의 내화성능 평가기술 - 건축물 마감재의 가스유해성 화재모델 구축 및 연소독성 지수 개발 - 실대형 화재시험을 통한 건축물 마감재 평가방법 및 기준 - 대형화재구획설비 평가방법 - 화재피해건축물의 진단 평가, 안전성 평가, 보수보강 가이드라인 도출 - 화재피해건축물 데이터 통합 MDDW 솔루션 및 개선 모델 마이닝 엔진 개발 - SCI(E) 논문 13건, 등재논문 96건, 학술발표 221건, 특허출원 14건, 특허등록 10건, SW 등록 8건, 정책제안 69건, 정책반영 33건, 인력양성(학부 5, 석사 27, 박사 6), 언론홍보 5건, 저술 2건, 토론 및 세미나 12건 개최 달성)

<table>
<tr><td>연구개발성과의
활용계획
(기대효과)</td><td colspan="5">- 건축물의 성능위주 설계(피난, 연기, 내화) 기준 및 설계 평가 가이드라인은 '20년 국토교통부 건축정책국 업무추진 계획에 따라 '성능설계기준 마련' 및 '21년 기준 도입 지원 예정
- 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램은 '건축물의 성능위주 설계 기준' 제도화 이후 성능위주 설계 인증 기관 및 구조 설계 기관을 통해 활용 가능
- '방화구획 설비 및 내화구조의 현장품질관리 지침(안)'은 건축물의 화재안전성능을 확보할 수 있도록 현재는 권고 수준의 가이드라인으로 활용 가능하며, 관련 고시 및 제도 마련 이후 강제적 기준으로 활용 가능하고, 현장품질관리 앱을 통해 실질적인 현장품질관리 가능
- 건축물 리모델링 및 공사중 화재안전 가이드라인'은 공사현장 안전관리를 위해 적용가능하며 현재 삼성서울병원 리모델링 현장에 적용 하여 가능성을 확인함
- '화재안전 가이드라인'은 용도별로 다양한 장소에서 화재안전 역량, 피난대응, 피난전략 강화를 위해 사용자 관점에서 활용 가능함.
- '노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인 기준 및 지침' 은 노후 밀집지역의 도시재생 사업이나 전통시장 시설 현대화 사업에 구체적으로 정량적인 가이드 제시 가능
- '배연창 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인'은 '건축물의 설비기준 등에 관한 규칙' 제14조의 배연창 기술기준 및 관리기준 개선을 제시여 향후 활용 가능함
- '기존 노후 건축물 화재안전성능 평가방법 및 적용기준'은 건축물의 화재안전성능을 평가하는 기준으로 현장 적용 가능한 앱을 통해 손쉽게 적용 가능하며, 지자체 건축과 및 소방서에서 활용 가능
- '화재응력비를 고려한 구조부재의 내화성능 평가기술'은 인정 제도 개선을 통한 선진화 추구 (시험 전문기관 활용 가능)
- 건축물 마감재의 성능중 가스유해성 화재모델 구축 및 연소독성 지수 개발은 가스유해성의 정량분석이 가능하여 마우스 시험을 대체할 수 있음.
- '실대형 화재시험을 통한 건축물 마감재 평가방법 및 기준' 은 실규모 외장재 시험 방법(KS F 8414)의 제정으로 실규모 시험이 가능하며, 관련 평가기준은 고시 개정(진행중)을 통해 시험기관 및 유관기관에서 활용하여 화재안전성 향상 가능
- '대형화재구획설비 평가방법'은 도출된 평가방법과 시험장치를 이용하여 대형 방화셔터에 대한 실규모 시험 가능 인프라 마련
- 화재피해건축물의 진단, 평가, 안전성평가, 보수보강 가이드라인은 화재피해 건축물을 화재 손상정도를 면밀히 파악하여 안전성 평가와 보수보강 범위를 정할 수 있는 가이드라인 마련으로 진단 조사기관</td></tr>
<tr><td>국문핵심어
(5개 이내)</td><td>성능위주설계기준</td><td>현장품질관리기준</td><td>화재안전
가이드라인</td><td>화재위험도평가</td><td>화재피해복구</td></tr>
<tr><td>영문핵심어
(5개 이내)</td><td>Standard of Performance Based Design</td><td>Quality management system for the site</td><td>Fire Safety Guideline</td><td>Fire Risk Assessment</td><td>Repair of Fire Damage</td></tr>
</table>

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

CONTNENTS

건축물의 성능위주 화재안전 설계 기준 및
화재안전성 향상 기술 개발

1. 연구개발과제의 개요 ····· 1

2. 연구수행내용 및 성과 ····· 35

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 211

4. 연구개발성과의 활용 계획 ····· 243

붙임. 참고문헌 ····· 271

표 목 차

건축물의 성능위주 화재안전 설계 기준 및 화재안전성 향상 기술 개발

[표 1.2.1] 국내외 화재 피해 건축물 요약 ····· 13
[표 2.1.1] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 38
[표 2.1.2] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 39
[표 2.1.3] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 40
[표 2.1.4] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 40
[표 2.1.5] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 41
[표 2.1.6] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 41
[표 2.1.7] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 42
[표 2.1.8] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 42
[표 2.1.9] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 43
[표 2.1.10] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 43
[표 2.1.11] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 44
[표 2.1.12] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 44
[표 2.1.13] 성능위주 연기제어 설계의 단계별 세부기법 제시 ····· 56
[표 2.1.14] 서브시스템별 평가 절차 ····· 61
[표 2.1.15] 성능위주 화재안전 설계 검증 절차 ····· 62
[표 2.1.16] 성능평가장 적용 아이템 및 설치 장소 ····· 63
[표 2.1.17] 밀도와 이동속도의 평균값 비교 ····· 66
[표 2.1.18] 검증 및 확인절차 세부항목 설정 ····· 67
[표 2.1.19] 국내·외 기준 비교 예시 - 피난로의 표시 ····· 68
[표 2.1.20] 기준별 설계 화재시나리오 비교분석 ····· 71
[표 2.1.21] 용도별 피난지연시간 ····· 72
[표 2.1.22] 위험발생정도와 성능그룹에 따른 화재 시 구조성능의 범위 ····· 77
[표 2.1.23] 구조용 강재의 고온 기계적 특성 ····· 79
[표 2.1.24] 구조내화설계 CASE 연구 ····· 82
[표 2.1.25] 연구개발결과요약 ····· 83
[표 2.1.26] 연구개발주요내용 ····· 83
[표 2.1.27] 사양설계 대상 건축물 설계개요 ····· 90

[표 2.1.28] 대상 건축물 설계개요 ····· 96
[표 2.1.29] 대상 건축물 설계개요 ····· 98
[표 2.1.30] 체크리스트 작성용 엑셀(EXCEL) 파일 구성 ····· 104
[표 2.1.31] 공사현장 화재위험 관련 요소 분류 ····· 109
[표 2.1.32] 국가별 공사현장 화재안전 기준 비교분석 ····· 110
[표 2.1.33] 화재위험도 분석 결과 ····· 116
[표 2.1.34] 연동 방법론 조사 결과 ····· 116
[표 2.1.35] 노인요양시설 설문조사 결과 ····· 117
[표 2.1.36] 연계 모듈 분석 및 개발 ····· 117
[표 2.1.37] 건축물 용도별 화재특성 분석 결과 ····· 118
[표 2.1.38] 국외 피난관련 규정 비교 분석 결과 ····· 118
[표 2.1.39] SFPE 케이스 스터디 결과 ····· 119
[표 2.1.40] 가이드라인 목차(안) ····· 119
[표 2.1.41] 주거시설 설문조사 결과 ····· 120
[표 2.1.42] 판매시설 설문조사 결과 ····· 120
[표 2.1.43] 노인요양시설 설문조사 결과 ····· 121
[표 2.1.44] 노인요양시설 설문조사 결과 ····· 121
[표 2.1.45] 조사수량 ····· 129
[표 2.1.46] 감지기별 오동작 사항 ····· 129
[표 2.1.47] 현 문제점 및 개선방향 도출 ····· 130
[표 2.2.1] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 133
[표 2.2.2] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 133
[표 2.2.3] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 134
[표 2.2.4] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 135
[표 2.2.5] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 135
[표 2.2.6] 연차별 연구목표 및 내용 ····· 136
[표 2.2.7] 기존 건축물의 화재위험도평가 대상 범위(안) ····· 138
[표 2.2.8] 구조부재 내화설계 현황/전망 ····· 143
[표 2.2.9] 국내 외 마감재료 화재안전 성능 조사 ····· 150
[표 2.2.10] 연소화재 성능평가 모델 상세내용 ····· 150
[표 2.2.11] 연소생성물 독성 및 관련 문헌조사 ····· 151
[표 2.2.12] 화재 모델별 시험조건 ····· 151
[표 2.2.13] 시험재료별 가스유해성 및 연소독성 FED 계산 비교 ····· 157
[표 2.2.14] 실대형 내부 마감재료 관련 시험 규격 분석 ····· 159
[표 2.2.15] 실대형 외부 마감재료 관련 시험 규격 분석 ····· 160
[표 2.2.16] 국가별 화재확산방지구조 기준 ····· 161

[표 2.2.17] BS 8414 시험방법에 따른 공법별, 재료별 성능 평가 ····· 161
[표 2.2.18] KS F 8414 표준 채택 절차 ····· 163
[표 2.2.19] KS F 8414 시험 방법에 따른 평가기준 ····· 164
[표 2.2.20] KS F ISO 13784-1 시험 결과 ····· 164
[표 2.2.21] 유럽 실모형 화재성장지수(FIGRA_RC)에 의한 신분류등급 ····· 165
[표 2.2.22] KS F ISO 13784-1 시험 방법에 따른 평가기준 ····· 165
[표 2.2.23] 점검 대상 건축물 ····· 166
[표 2.2.24] 화재 확산 방지 구조 관련 개선(안)_일부개정 반영완료 ····· 169
[표 2.2.25] 국내·외 화재피해 건축물의 진단·평가 관련기술 현황 ····· 178
[표 2.2.26] 콘크리트 재료가열 실험개요 ····· 179
[표 2.2.27] 콘크리트 강도 ····· 196
[표 2.2.28] 국내외 보수보강 기준 비교표 ····· 200
[표 2.2.29] 콘크리트 배합 ····· 201
[표 2.2.30] 중성화 깊이 측정 ····· 201
[표 2.2.31] 섬유혼입 고강도 콘크리트의 화재 후 중성화 평가 ····· 202
[표 2.2.32] 보수 후 단주시험체 ····· 203
[표 2.2.33] 단주시험체별 적용 보수재료 ····· 203
[표 2.2.34] 내화시험 후 단주시험체 성상 ····· 204
[표 2.2.35] 폴리머 시멘트 모르타르 배합 ····· 205
[표 2.2.36] 폴리머 시멘트 모르타르 배합 ····· 205
[표 2.2.37] 섬유혼입 폴리머 시멘트 모르타르 배합 ····· 207
[표 2.2.38] 섬유혼입 폴리머 시멘트 모르타르 배합 ····· 207
[표 2.2.39] 실험인자 및 수준 ····· 208
[표 2.2.40] 중성화 깊이 측정 결과 ····· 208
[표 2.2.41] 화재피해등급에 따른 보수·보강의 종류 ····· 209
[표 2.2.42] 보수공법에 따른 보수재료의 분류 ····· 209

그림목차

건축물의 성능위주 화재안전 설계 기준 및 화재안전성 향상 기술 개발

[그림 1.2.1] 국내외 정책반영 프로세스 ····· 14
[그림 1.2.2] 국내 법정 내화구조 설계 기준 예 ····· 14
[그림 1.2.3] 최근 5년간 용도/연도별 화재건수 ····· 17
[그림 1.2.4] 최근 5년간 용도/연도별 ····· 18
[그림 1.2.5] 최근 5년간 용도/연도별 재산피해액 ····· 18
[그림 1.2.6] 국내의 주요 화재사례 ····· 19
[그림 1.2.7] 노후건축물 밀집지역과 인사동 먹자골목의 화재상황 ····· 19
[그림 1.2.8] 소방차의 진입로 확보의 필요성 ····· 19
[그림 1.2.9] 건축물의 내화구조 품질관리체계 ····· 21
[그림 1.2.10] IPA 매트릭스 기법을 이용한 최근 5년평균 화재위험도 맵(Map) ····· 22
[그림 1.3.1] 연구개발의 범위 ····· 30
[그림 1.3.2] 건축물 맞춤형 성능위주 설계 기준 개발 상호 연계성 ····· 31
[그림 1.3.3] 화재안전을 위한 성능위주 관리 기법 및 가이드라인 개발 상호 연계성 ····· 33
[그림 2.1.1] 건축물 용도분류체계 및 재실자밀도 중점요소 선정 결과 ····· 45
[그림 2.1.2] 주거 및 판매시설에 대한 재실자밀도 조사 및 분석 ····· 46
[그림 2.1.3] 교육 및 업무시설에 대한 재실자밀도 조사 및 분석 ····· 47
[그림 2.1.4] 가이드라인 초안 작성 및 재실자밀도 기준(안) ····· 48
[그림 2.1.5] 성능위주 피난안전설계 가이드라인 및 고시(안) 제안 ····· 49
[그림 2.1.6] 버스 및 역사터미널 재실자밀도 조사 및 분석결과 ····· 49
[그림 2.1.7] 성능검증장 PCS설치 및 효과검증 사례 ····· 50
[그림 2.1.8] 선진외국의 성능위주 연기제어 설계 관련 가이드라인 분석 ····· 51
[그림 2.1.9] 성능위주 연기제어 설계의 총괄구조 정립 ····· 51
[그림 2.1.10] 성능위주 연기제어 설계에 대한 국외기준 분석 ····· 52
[그림 2.1.11] 성능위주 연기제어 설계의 단계별 세부기법 제시 ····· 52
[그림 2.1.12] 복합 쇼핑몰의 대공간 기계배연 설비 적용에 대한 Case Study 일부 ····· 57
[그림 2.1.13] 성능검증장 배연창 시스템 적용 전경 ····· 57
[그림 2.1.14] 국내 · 외 인증절차 분석 ····· 58
[그림 2.1.15] 성능위주 설계 평가 절차 ····· 58

[그림 2.1.16] 건축물 화재안전 Life-Cycle 및 단계 구분 ····· 59
[그림 2.1.17] FEB 절차서 분석 ····· 59
[그림 2.1.18] 화재안전 보고서 ····· 59
[그림 2.1.19] 성능위주 화재안전 설계의 평가 지침(안) ····· 60
[그림 2.1.20] 건축물 화재공학설계 절차 ····· 61
[그림 2.1.21] 성능위주 평가 절차서 ····· 61
[그림 2.1.22] 건축물의 성능위주 화재안전 설계평가 가이드라인 ····· 62
[그림 2.1.23] 성능위주 화재안전설계 평가 절차(안) ····· 63
[그림 2.1.24] 대규모 인원의 피난요소별 데이터 확보 실험 ····· 65
[그림 2.1.25] 계단 상향 / 하향 이동 밀도-속도 결과 ····· 65
[그림 2.1.26] 이동속도-밀도 관계 그래프 ····· 66
[그림 2.1.27] 검증 및 확인 절차 적용 프로세스 ····· 67
[그림 2.1.28] 국내·외 성능위주설계 기준의 특징 ····· 68
[그림 2.1.29] 성능위주 피난안전 설계 절차 ····· 68
[그림 2.1.30] 성능설계 사례대상 및 기존 제도를 통한 평가결과 ····· 73
[그림 2.1.31] 방향지시 유도등 ····· 73
[그림 2.1.32] 유도등 설치 예시 ····· 73
[그림 2.1.33] 피난안내도 ····· 73
[그림 2.1.34] 건축물의 용도별 연평균 화재발생빈도(07~14) ····· 75
[그림 2.1.35] 건축물의 용도별 화재에 따른 재산피해(07~16) ····· 76
[그림 2.1.36] 건축물 내화설계 Frame ····· 78
[그림 2.1.37] 강재 보부재의 표면온도와 길이변화에 대한 최대하중과 최대처짐의 변화 ····· 79
[그림 2.1.38] 콘크리트 표면온도 상승곡선 ····· 80
[그림 2.1.39] 콘크리트 보부재의 화재 시 거동 ····· 80
[그림 2.1.40] 강구조 성능위주 내화설계 평가 순서도 ····· 84
[그림 2.1.41] 콘크리트 성능위주 내화설계 기준 ····· 85
[그림 2.1.42] 국내형 성능위주 내화설계 평가 순서도 ····· 86
[그림 2.1.43] 개발프로그램 메인 인터페이스 ····· 87
[그림 2.1.44] 고온 노출시 유효단면 계산 ····· 87
[그림 2.1.45] P-M 상관도 계산 ····· 87
[그림 2.1.46] 내화설계 평가 프로그램 매뉴얼 ····· 88
[그림 2.1.47] 케이스스터디 ····· 88
[그림 2.1.48] 설계수행 건축물 현장 ····· 91
[그림 2.1.49] 성능설계 수행 분야 ····· 92
[그림 2.1.50] 성능설계 적용분야 및 검토사항 ····· 94
[그림 2.1.51] 성능설계 평가장 건축물의 기본 공간구성 ····· 94

[그림 2.1.52] 성능설계 평가장 건축물의 입면구조 ····· 95
[그림 2.1.53] 성능평가장 ····· 95
[그림 2.1.54] 성능평가장 건축 외부 마감 계획 ····· 96
[그림 2.1.55] 피난동선 ····· 97
[그림 2.1.56] 사양설계 ····· 97
[그림 2.1.57] 성능설계 ····· 98
[그림 2.1.58] 성능평가장 ····· 98
[그림 2.1.59] 국가별 현장품질관리 관련 제도 ····· 99
[그림 2.1.60] 문제점 도출 및 목표성능 설정 ····· 100
[그림 2.1.61] 관리대상별, 관리단계별 품질관리 절차 ····· 101
[그림 2.1.62] 목차 구성 개념도 ····· 102
[그림 2.1.63] 추적관리 체계 구성도 및 내용 ····· 103
[그림 2.1.64] 현장품질관리 지침(안) 출판본 ····· 104
[그림 2.1.65] 현장품질관리 기준의 제도화 방안 ····· 105
[그림 2.1.66] 현장품질괸리 앱(웹시스템) 홈 화면 모습 ····· 106
[그림 2.1.67] 성능검증실험장 현장품질관리 적용 개념도 ····· 107
[그림 2.1.68] QR코드를 활용한 제조 및 시공 점검 ····· 107
[그림 2.1.69] 공사현장 공사기간중 화재위험 ····· 108
[그림 2.1.70] 공사현장 공정별 화재위험요인 ····· 108
[그림 2.1.71] L빌딩 신축공사 현장 실사 ····· 109
[그림 2.1.72] 가이드라인 작성 ····· 112
[그림 2.1.73] 건축물 실사용자를 위한 화재안전 가이드라인의 구성 ····· 122
[그림 2.1.74] 화재안전 가이드라인 Case Study 및 교육 ····· 122
[그림 2.1.75] 노후 건축물 밀집지역 실태조사 ····· 123
[그림 2.1.76] 주거밀집지역의 특성 분석 ····· 124
[그림 2.1.77] 전통시장의 특성 분석 ····· 124
[그림 2.1.78] 노후 건축물 밀집지역 화재위험요소 발췌 ····· 124
[그림 2.1.79] 노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인(안) 내용 ····· 125
[그림 2.1.80] 노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인 ····· 126
[그림 2.1.81] 주거 밀집지역 화재위험도 현장평가 ····· 127
[그림 2.1.82] 전통시장 화재위험도 현장평가 ····· 127
[그림 2.1.83] 화재 상황전파 경보방송시스템 ····· 128
[그림 2.1.84] 옥외 피난안내 표지 ····· 128
[그림 2.1.85] 평면도 ····· 128
[그림 2.1.86] 현장실사 ····· 128
[그림 2.1.87] 자기보상기능 개념 ····· 129

[그림 2.1.88] 문제점 도출을 통한 가이드라인 작성 ····· 131
[그림 2.2.1] 국내외 화재위험도평가 조사 및 분석결과 요약표 ····· 137
[그림 2.2.2] 기존 노후 건축물 화재안전성능평가방법 ····· 139
[그림 2.2.3] 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 적용기준 및 가이드라인(안) ····· 140
[그림 2.2.4] 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 적용기준 및 가이드라인(안) ····· 141
[그림 2.2.5] 화재안전성능평가 당시 방화구획 유지관리 불량부위 및 평가결과의견서 ····· 142
[그림 2.2.6] 구조부재의 열적 및 열역학적 특성 조사 ····· 143
[그림 2.2.7] 강구조 내화성능 평가 시 중요 적용사항 ····· 145
[그림 2.2.8] 개선 제도 및 기술의 대외 홍보 및 실증을 위한 성능검증장 적용 ····· 148
[그림 2.2.9] 제·개정 지침(안) 전문기관 검토의견서 ····· 149
[그림 2.2.10] 정량 method 구축 방법 ····· 152
[그림 2.2.11] 마감재 별 연소가스 정량/정성분석 ····· 153
[그림 2.2.12] 다양한 지수에 대한 KS F 2271 시험방법 연관성 분석 ····· 153
[그림 2.2.13] 독성요소에 관한 데이터 수치화 분석 및 정리 ····· 154
[그림 2.2.14] 연소가스 기준마련 및 보완 DB 구축 ····· 154
[그림 2.2.15] 연소가스 기준마련 및 보완 DB 구축 ····· 155
[그림 2.2.17] 연소가스 기준평가 및 보완 ····· 155
[그림 2.2.18] KS 제정안 제출 및 전문가 검토 ····· 156
[그림 2.2.19] 연구성과 전문가 검토의견서 ····· 157
[그림 2.2.20] 성능검증장에 적용된 개발기술 모형 및 영상자료 ····· 158
[그림 2.2.21] KS 제정관련 진행과정 ····· 158
[그림 2.2.22] 내외부 마감재료의 실대형 시험 방법 분석 ····· 159
[그림 2.2.23] 외부 마감재 실규모 시험방법 비교 시험 ····· 160
[그림 2.2.24] KS F 8414 제정(표지) ····· 163
[그림 2.2.25] 국토교통부 기존 건축물 화재안전성능 보강 관련 협조 공문 ····· 167
[그림 2.2.26] 국토교통부 협조 요청에 따른 화재안전성능 보강 공법 외 자료 송부 공문 ····· 167
[그림 2.2.27] 2.5m 불연띠 설치 성능검증장 적용 ····· 168
[그림 2.2.28] 1층 상부 차양 구조 성능검증장 적용 ····· 169
[그림 2.2.29] 국내외 화재구획설비 성능평가방법 개요 ····· 171
[그림 2.2.30] 대형 화재구획설비 평가용 시작품 모듈 제작 현황 및 설계도 ····· 174
[그림 2.2.31] 대형 화재구획설비의 평가방법 및 적용기준 가이드라인 ····· 175
[그림 2.2.32] 기존 화재피해 건축물의 진단·평가 절차 및 퍼지이론을 활용한 화재피해 건축물의 진단·평가방법 ····· 178
[그림 2.2.33] 콘크리트 재료가열 실험결과 ····· 180
[그림 2.2.34] 수열온도 추정을 위한 ANFIS 알고리즘 ····· 181

[그림 2.2.35] 초음파속도 측정결과를 통한 수열온도 및 ANFIS 알고리즘을 활용한 수열온도 추정 결과 수열온도 추정을 위한 ANFIS 알고리즘 ····· 182
[그림 2.2.36] 냉각방법에 따른 강도회복률 ····· 182
[그림 2.2.37] 콘크리트 재료가열 실험결과 ····· 183
[그림 2.2.38] 1차 조사 및 2차 조사 ····· 184
[그림 2.2.39] 현장조사결과 ····· 184
[그림 2.2.40] 항목별 평가치 ····· 184
[그림 2.2.41] 부재의 종합평가등급 산정 ····· 185
[그림 2.2.42] 부재의 최종손상등급 산정(비퍼지화) ····· 185
[그림 2.2.43] 화재피해 건축물에 대한 가이드라인(안) ····· 185
[그림 2.2.44] 건축물의 진단·평가에 대한 기존의 법령체계 ····· 185
[그림 2.2.45] 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침에 대한 수정(안) 예시 ···· 186
[그림 2.2.46] 화재피해를 입은 철근콘크리트 기둥의 보강과정 ····· 186
[그림 2.2.47] 화재피해를 입은 건축물에 대한 Case study ····· 187
[그림 2.2.48] 화재피해건축물 MDDW 스키마 설계 ····· 188
[그림 2.2.49] 통합 다차원데이터웨어하우스(MDDW) 구축환경 구성 ····· 189
[그림 2.2.50] 화재피해건축물 진단 및 개선을 위한 OLAP 엔진 ····· 190
[그림 2.2.51] 감독형 기계학습 기반 화재예측 UI 및 클러스터 기반 화재예측 UI ····· 191
[그림 2.2.52] 통합 MDDW 및 마이닝 시스템 테스트 베드 ····· 193
[그림 2.2.53] Real fire를 사용한 열해석 결과 및 부재의 온도 분포 ····· 194
[그림 2.2.54] 실험체 계획 ····· 195
[그림 2.2.55] 화재시험용 구조 실험체 Section ····· 197
[그림 2.2.56] 화재피해를 입은 건축구조물 안전성평가 가이드라인 ····· 198
[그림 2.2.57] Case Study 수행 프로세스 ····· 199
[그림 2.2.58] 미국(ACI 546R-96) 및 일본건축학회 [건물의 화해진단 및 보수·보강 방법 지침(안)] ····· 200
[그림 2.2.59] 국내 대표적 보수재료·보강공법 현황 ····· 200
[그림 2.2.60] 단면보수 과정 ····· 202
[그림 2.2.61] 주철근 온도이력(24, 60, 80MPa) ····· 204
[그림 2.2.62] 잔존 압축강도 및 잔존 압축강도 비 ····· 206
[그림 2.2.63] 잔존부착강도 측정방법 ····· 206
[그림 2.2.64] 잔존 부착강도 ····· 206
[그림 2.2.65] 중성화 깊이 측정 결과 비교·평가 ····· 208
[그림 2.2.66] 화재피해건축물 보수·보강 공법 절차(Case Study) ····· 210

01

연구개발과제의 개요

1 연구개발과제의 개요

1.1 연구 개발의 최종목표



- 건축물의 용도별 재실자 밀도 기준 개발을 통해 사용자 중심의 성능위주 피난, 연기, 내화 설계 기준을 개발하고 이에 대한 적용 적정성을 평가할 수 있는 평가자 중심의 화재안전 설계 평가 절차 및 기준 개발.
- 기존 건축물의 방화구획 및 내화구조의 화재안전 성능유지를 위한 현장품질관리기준 및 배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인을 개발하고 건축물 실사용자, 노후 건축물 및 공사중인 건축물의 화재예방을 위한 화재안전 가이드라인 개발.
- 재실자 특성별, 주요구조부 내화성능, 화재설비 시설, 건축물 마감재료에 대한 화재 피해 전 위험도 평가 기술 연구를 통해 보다 합리적인 평가 기술을 개발함.
- 화재 피해 후 건축물에 대한 진단 및 평가 절차, 보수 및 보강 기술 등에 대한 연구를 통해 화재 피해 후 건축물의 지속사용이 가능한 기술을 개발함.

● 건축물 맞춤형 성능위주의 설계기준 개발

주요 특징	As-Is	To-be
개념도	 사양위주 설계 · 시방서 중심 · 법/제도 요구사항 중심 건축법 소방법	 성능위주 설계 · 공학적 화재위험 분석 · 실증적 성능 평가 
기술 특징	• 법/제도에서 요구하는 시방서 중심의 화재안전 설계 • 건축물별 화재 위험을 고려하지 않는 일률적인 화재안전 설계 • 일정 규모 이하의 건축물에서는 설계자가 쉽고 저렴하게 설계를 할 수 있는 장점을 가짐 • 특정 규모 이상의 건축물에서는 다양한 화재위험에 대한 설계가 이뤄지지 않아 높은 화재위험에 노출되고 제도적 공백이 있는 부분에서는 실제 설계 시 어려움을 가짐.	• 건축물별 화재 위험을 예측하여 성능설계 기준에서 요구하는 목표 성능에 도달하기 위한 맞춤형의 화재안전 설계 • 건축물별 용도, 재실자 밀도, 피난 특성 등과 같은 실증적인 특성을 고려한 다양한 화재안전 설계가 진행됨. • 목표 성능에 도달하기 위해 다양한 설계가 이뤄질 수 있기 때문에 설계자 및 평가자에 따라 상이한 해석이 발생함. • 성능위주 설계 기법은 건축물에 화재 위험도를 공학적으로 예측하기 때문에 제도적 공백 부분에서도 이를 해결할 수 있는 제도의 보완 장치를 마련할 수 있음.
화재피해	• 다양하고 복잡해지고 있는 건설 시장에서 제도적으로 화재안전을 확보하기에는 시급성 등에 한계를 가짐. • 모든 건축물 요소에 대해 제도적으로 기준을 설정하는 것에는 무리가 있음.	• 성능위주 설계는 건축물에 대한 화재안전 성능 기준만을 법/제도에서 제시하고 이에 대해 설계자가 목표 성능에 도달하는 방법임으로 건축물에 따른 맞춤형 화재안전 설계가 가능하여 화재피해를 저감시킬 수 있음. • 제도적 공백이 발생할 수 있는 요소 기준에 대해서도 실증적으로 설계자가 해당 위험을 해결함으로 제도적으로 보완 장치가 마련될 수 있음.
고용창출 효과	• 효과 없음	• 건축물 맞춤형 화재위험을 분석하고 이를 기반으로 다양한 설계 및 요소 기술이 개발될 수 있어 관련 시장이 확대됨.
수입대체 효과	• 효과 없음	• 국내 성능위주 설계 기준 미비로 인해 관련 시장이 제한되어 기술력 및 경쟁력 약화되어 국외 업체에 국내 시장이 잠식됨. • 국내 기준 설정으로 관련 시장이 확대되어 기술력 및 경쟁력이 확보되고 이를 바탕으로 국외 기술의 수입 대체 효과가 나타남

● 화재안전을 위한 성능유지관리 기법 및 가이드라인 개발

주요 특징	As-Is	To-be
개념도	 	  
화재피해 감소효과	• 기존 건축물의 현장품질관리 기준, 설치 및 성능유지관리 가이드라인과 건축물 실사용자, 노후 건축물 및 공사중인 건축물의 화재안전 가이드라인 부재로 화재피해 우려	• 기존 건축물의 현장품질관리 기준, 설치 및 성능유지관리 가이드라인에 따른 화재안전 성능유지 및 화재 예방을 위한 화재안전 가이드라인 개발을 통하여 화재피해 최소화
재산 및 인명 피해	• 건축물에서의 화재확산 및 건물 내 재실자의 피난 어려움으로 재산 및 인명피해 우려	• 예방을 통한 화재시 재산 및 인명피해를 최소화 가능
고용창출 효과	• 없음	• 유지관리 분야 산업 및 화재안전 가이드라인에 의한 신규 산업으로의 고용 창출 가능
수입대체 효과	• 없음	• 현장품질관리 기준 및 화재안전 가이드라인을 만족하는 제품 및 기술 개발에 따른 신뢰성 향상으로 자국 제품 및 기술의 해외 기술 대체 및 수출 확대

● 기존 건축물의 화재위험도 평가기술개발

주요 특징	As-Is	To-be
개념도	 	 
화재피해 감소효과	• 기존 건축물의 화재위험도 평가방법 과 적용기준의 부재로 인한 화재피해경감계획 수립불가	• 화재위험도 평가기술 개발을 통한 • 효율적인 화재피해경감계획 수립 가능
재산피해	• 건축물의 전소 및 인명피해 발생	• 화재위험도 평가를 통하여 • 재산피해 및 인명피해방지
고용창출 효과	• 없음	• 기존 건축물의 화재위험도 평가 전문가양성에 따른 고용창출 기대
수입대체 효과	• 없음	• 해외업체에서 국내 기존 건축물에 대한 화재위험도평가 시 수출효과 기대

● 화재피해 건축물에 대한 진단·평가 및 보수·보강기술 개발

주요 특징	As-Is	To-be
개념도		
화재사고 수습소요시간	• 철거 결정 시 재건축까지 • 상당시간 소요	• 합리적인 보수·보강방안마련을 통한 수습소요시간 단축
재산피해	• 수습소요시간에 따라 사후피해발생	• 수습소요시간 단축에 따른 사후피해방지
고용창출 효과	• 없음	• 관련 전문산업분야의 활성화로 인한 고용창출 기대
수입대체 효과	• 없음	• 일본 및 주변국에 기술전파를 통한 수출효과 기대

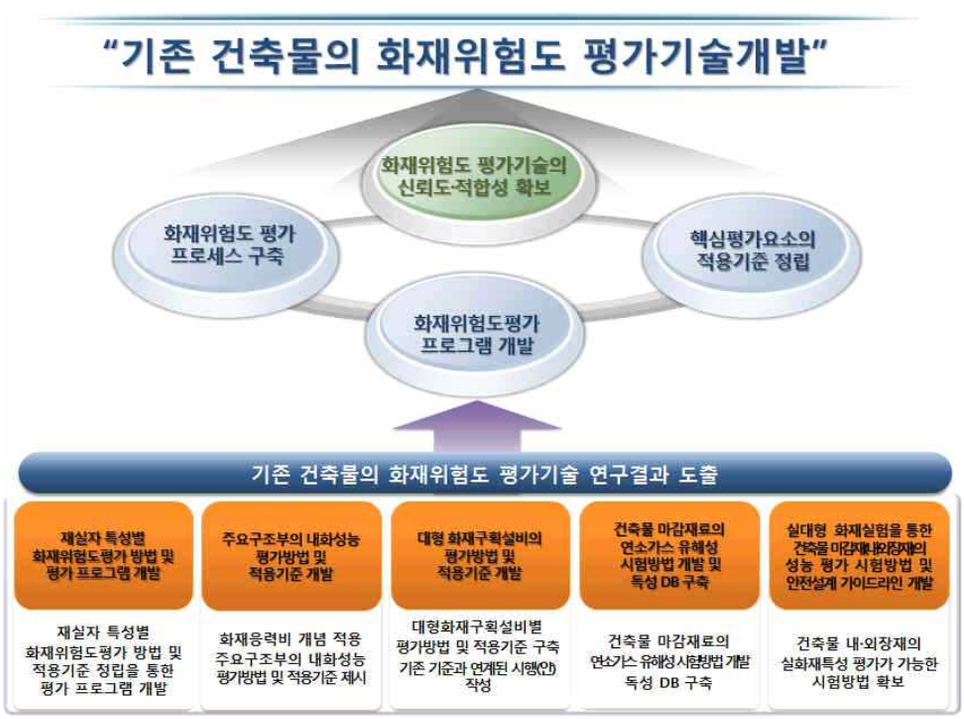
(1) 1세부: 건축물의 성능위주 설계기준 및 통합가이드라인 개발

세부목표	건축물 맞춤형 성능위주의 설계기준 개발
목표성능 기준	• 건축물 용도별 재실자 밀도 기준(안) 개발 및 재실자중심 피난용량, 경로, 안전구역 기준 개선 • 성능위주 피난설계를 위한 경로 주요 요소 특성 분석 및 피난 예측분석 도구 검증 • 성능위주 피난안전설계를 위한 피난시나리오 개발 및 성능위주기준 도출을 통한 가이드라인 개발 • 연기제어 시스템의 연계성 확보와 통합적 운영을 위한 건축물의 성능위주 연기제어 설계기준(안) 및 세부 지침 확립 • 건축물의 규모, 용도 및 인구밀도에 따른 성능위주 내화설계기준 개발 • 성능위주 화재안전 설계의 제도화를 위한 평가 절차, 기준 및 등급화와 이를 위한 평가 Tool 개발 • 사용자 및 평가자 중심의 성능위주 설계 기준을 적용한 현장평가(설계 및 감리분야)
설정근거	**- 건축물의 성능위주 설계 기준 개발** • 재실자 중심의 건축물 용도분류체계 및 재실자 밀도 기준 현실화로 층수·바닥면적 규정을 대체할 수 있는 재실자 밀도기준 및 적용기준을 설정하고 재실자 밀도 중심 건축사양기준 전환 및 피난용량 기준이 필요함. • 성능위주 피난 설계의 신뢰성 확보를 위해 기존 피난 분석의 주요 데이터로 사용되고 있는 외국 표준에서 벗어나 한국인을 대상으로 한 데이터의 확보가 시급함. • 건축물의 피난환경 및 재실자 특성을 고려한 피난 요구 성능 기준을 통해 국내 건축물 화재의 보편성과 위험성을 반영한 건축물의 피난 안전 평가가 필요함. • 건축물에 대해서는 피난방안과 연기유동을 고려하는 성능위주의 연기제어 설계기준과 이를 적용할 수 있는 방안이 필요함. • 건축물에 화재위험에 따른 구조부재의 개별적 내화성능 평가 방법에서 벗어나 구조부재의 포괄적인 내화성능을 확보할 수 있는 방법이 필요함. **- 성능위주 설계의 평가절차, 평가기준 및 등급화** • 현재까지 국내에서는 성능위주 설계 기법의 다양한 연구들이 진행되었지만, 관련 연구들이 사용자 중심의 기술 개발에 초점을 맞추어 진행되었기 때문에 실제 제도 반영에 많은 문제점을 가지고 있었음. • 본 연구에서는 성능위주 설계 기법의 국내 적용을 위해서 반드시 필요한 사용자 및 평가자를 위한 제도화 연구를 동시에 진행할 예정임. • 또한, 실제 건축 설계 및 감리 현장에서의 적용성 평가를 통해 맞춤형 성능위주 설계 기준의 신뢰성 및 실현 가능성을 확보할 것임. 

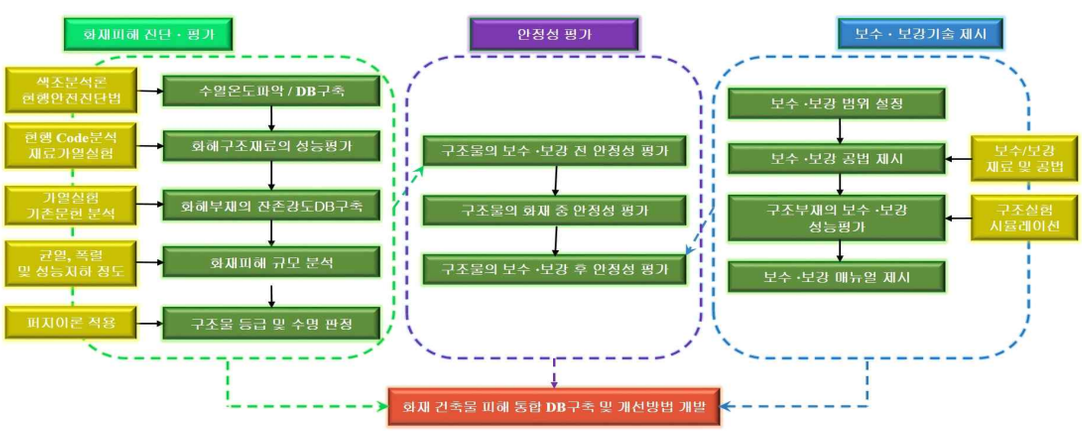
세부목표	화재안전을 위한 성능유지관리 기법 및 가이드라인 개발
목표성능 기준	• 방화구획(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼) 및 내화구조의 화재안전성능 유지를 위한 현장품질관리 기준 개발 • 건축물 리모델링, 공사중 화재안전 가이드라인 개발 • 건축물 용도별 실사용자를 위한 예방위주의 화재안전 가이드라인 개발 • 노후 건축물 밀집지역 화재안전 가이드라인 및 노후 건축물 신축시 화재위험을 포함한 피난통로 확보 가이드라인 개발 • 화재시 인명안전을 위한 배연창 및 배연구의 설치 및 성능유지관리 가이드라인 개발 • 주변 환경을 고려한 자기 보상기능을 가진 감지기 기술 개발.
설정근거	• 방화구획(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼) 및 내화구조 성능 인정 제품의 현장 적용 시 성능의 확인이 가능하도록 하고, 지속적인 유지관리를 통하여 화재안전 성능이 계속 유지될 수 있도록 하는 현장품질관리 기준(성능인정제품의 추적관리시스템 및 현장 점검 Tool)의 개발이 필요함. • 품질관리 및 예방위주의 체계적 지침/매뉴얼을 제시함으로써 건축물 설계자, 엔지니어, 감리 및 감독기관들이 보다 간편하게 규정을 적용하도록 하여 실용화 추진이 필요함. • “건축물 리모델링, 공사중 화재안전 가이드라인 개발”은 공사중 화재예방을 위해, 공사장의 규모, 유형, 공종단계별로 적용가능한 화재안전요소를 제시하는 것이 중요함. • 이를 위해 공사장 내의 위험요소 및 화재양상의 분석, 가연물의 종류와 형태 등 공사장의 화재특성 분석 등이 필요하며, 이를 바탕으로 각 공정별 위험도 분석 및 화재대응수준의 산정하여 적정 수준의 안전확보를 위한 기준을 제시함. • 건축물 용도별 화재상황에 따른 정량적 위험도 및 피난효율평가를 포함한 통합 지능형가이드라인개발 • 낡고 노후화된 건물이 많고 밀집화된 지역에서 화재 관련 사고 발생의 피해의 최소화를 위한 예방적 차원의 접근과 화재발생 시 신속한 진압방법을 위한 시스템 구축이 필요함. • 배연창 및 배연구는 현재 최소한의 사양적 규정만 마련되어 있어 설치기준 및 성능유지관리기준(성능기준, 성능평가기준)을 포함한 가이드라인의 개발을 통하여 화재시 인명안전성을 확보하는 것이 필요함. • 비화재보로 인한 관리비용과 사회적 비용의 감소를 위해 주변 환경에 따른 자기 보상기능을 가진 감지기 기술을 개발하는 것이 필요함. • 비화재보로 인해 발생되는 배연창 및 방화문, 방화셔터의 오작동을 방지할 기술이 필요함. 

(2) 2세부: 화재위험도 평가 및 보수·보강 기술 개발

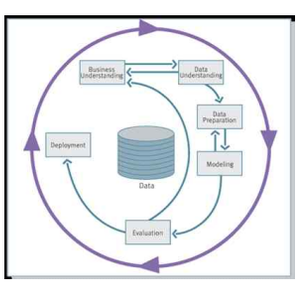
세부목표	기존 건축물의 화재위험도 평가기술개발
목표성능 기준	• 기존 건축물의 재실자 특성별 화재위험도평가 방법 및 적용기준 정립을 통한 프로그램 개발 • 주요구조부의 내화성능 평가방법 및 적용기준 제시 • 대형화재구획설비의 평가 및 적용기준 구축한 후, 기존 기준(국토교통부 고시 등)과 연계된 시행(안) 작성 • 건축물 마감재료의 연소가스 유해성 시험방법과 연소 독성지수 DB 구축 및 연소독성 허용기준 개발 • 건축물 내·외장재의 실화재특성 평가가 가능한 시험방법 확보
설정근거	• 기존 건축물의 화재위험도평가를 수행하기위한 방법 및 절차가 구체적으로 제시되어있지 않음. • 프로세스계획 수립이 완료되면, 화재위험도 평가의 각 단계 및 항목별로 정량화가 수행되어야하며, 과학적 근거는 아래와 같은 주 핵심평가요소의 연구실험 및 결과데이터베이스가 뒷받침되어야함. • 주요구조부의 내화성능평가 시 재하하중의 설정은 부재의 구성 및 재료적 특성, 형태, 구조설계방법 등에 직접적인 영향을 받으며, 화재시의 계수하중이 설정되어 있지 않은 상태에서는 이의 근거가 될 수 있는 화재응력비 개념의 직접 도입이 필요함. 따라서 화재시 응력비를 고려하여 내화성능평가시의 재하하중을 설정하고, 내화구조 설계시 이를 반영함으로써 합리적 내화설계를 가능하게 할 필요가 있음. • 대형 화재구획설비는 화재 시 소형부재에 비하여 화재에 의한 변형 및 성능저하가 클 것으로 예상되어 이에 대한 평가 및 관리 방법이 요구되나, 시험설비 규모의 제한으로 일정 규모이상은 화재성능 평가가 불가능함. • 따라서 대형 화재구획설비의 평가 방법 및 적용기준 개발을 통한 적절한 성능 평가 방법 및 적용 혼란을 방지함. • 건축물 내장재의 화재안전성능은 국토교통부 고시 제2012-624호에 의한 평가방법을 실시하여 그 결과로서 분류하도록 되어 있음. 이 중 가스유해성시험은 시험용 흰쥐 8마리가 연소가스에 노출 되었을 때 나타나는 평균행동정지시간(min)을 측정하여 일정 시간 이상이 되는 재료만을 허용하고 있으며, 최근 국내에서도 동물보호법 및 실험동물에 관한 법률에 따라 동물실험을 제한하고 있어, 대체시험개발이 시급함. • 건축물 내·외장재의 화재시험결과, 모델링 및 화재확산 예측시스템의 정확성을 확인하고 신뢰성 검증을 위한 데이터 확보 및 평가 방법 확보가 필요 함 • 현재 시험 방식에 화재 발생 시 화재의 수직 확산 및 구조체의 붕괴에 대한 분석 및 평가가 고려되지 않음으로 시험 방법의 개선이 요구됨. • 위와 같은 연구가 완료되면, 다양한 연구 및 실험데이터를 집적화하여 비전문가도 사용법을 쉽게 터득이 가능할 뿐만 아니라, 접근성이 우수한 화재위험도평가 프로그램 및 사용자 매뉴얼로 개발함으로서 기존 건축물의 화재위험도 평가의 활성화를 적극 유도해야함.



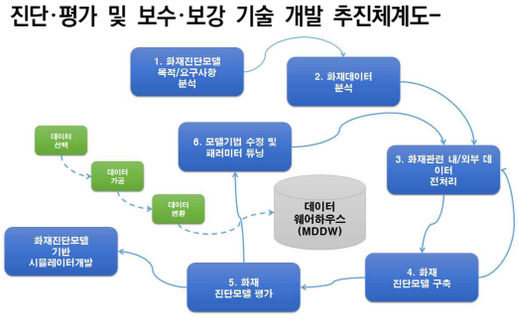
세부목표	화재피해 건축물에 대한 진단·평가 및 보수·보강 기술 개발
목표성능 기준	• 화재피해 건축물에 대한 지능정보시스템기반 진단·평가 절차 방안 제시 • 화재피해 건축물의 화재안전성 평가방법 제시 • 화재피해 건조물의 잔존강도 및 화재안전성 평가결과에 따른 보수·보강 범위 및 방안제시 • 화재피해건축물 통합 다차원 데이터웨어하우스의 구축 • 화재피해건축물 진단평가/보수보강 가이드 생성을 위한 통합 MDDW 기반 OLAP 및 마이닝 엔진의 개발
설정근거	• 현행 안전진단방법은 조사자의 경험이나 지식의 의존도가 높기 때문에 객관적 신뢰성 확보가 어려운 측면이 있음. 따라서, 조사자의 주관개입에 의한 불확실성을 줄이기 위한 방편으로 퍼지이론(fuzzy theory)을 도입하여 객관성을 확보한 화재피해등급을 평가하는 방법을 개발할 필요가 있음. • 화재피해 건축물의 구조부재는 수열온도에 따라 재료의 저항성능이 크게 감소되기 때문에 정확한 화재진단 및 평가가 이루어져야 보수·보강 방안 등의 사후 대책 마련이 가능함. • 화재피해 건축물의 진단·평가 결과에 따라 구조물의 재사용 또는 재건축 등의 사후 대책마련을 하기위하여 안전성 평가는 반드시 필요한 항목임. • 섬유혼입 공법 적용된 건축물에 대한 화재 후 내구성 평가에 대한 연구는 전 세계적으로 진행된 바가 없으며 화재피해를 받은 콘크리트구조물에 대한 보수·보강 후 성능평가 또한 검증이 곤란함. 따라서 화재피해등급에 따른 보수재료·보강공법의 종류, 보수·보강 효과, 경제성, 시공성, 내화성 등을 고려하여 최적의 보수재료·보강방법을 선정한 후 구조부재의 보수·보강 성능에 대한 평가가 필요함. • 화재피해 직후에 신속한 피해복구가 이뤄질 필요가 있으며, 이를 위하여 화재피해건축물의 보수·보강 전문 매뉴얼이 제시되어야 함. • 체계적인 MDDW 구축을 위해서는 구축 과정의 표준화 및 프로세스 관리가 필수적임. • MDDW 구축의 효율성을 높이기 위해서는 구축 시뮬레이션 과정이 필요하며, 이를 통해 실제 구축 프로세스의 정밀도를 높여나갈 수 있음. • OLAP 및 마이닝 엔진 개발의 생산성을 높이기 위해서 기존 분석 프레임워크인 Weka, R, Hadoop을 활용할 수 있음. • MDDW에 유입되는 소스 데이터의 품질이 낮은 경우, 이를 정제/가공/변형하는 과정이 매우 오랜 시간과 많은 비용이 초래될 수 있으며, 이러한 문제를 효과적으로 대응하기 위해 ETL(Extraction, Transformation, Loading) 도구의 활용이 선행되어야 함. • MDDW 스키마, 데이터마트 생성, OLAP, 마이닝 엔진의 개발과 관련된 셀계도, 문서, 소스코드, 실험데이터, 기타 관련 자료에 대한 체계적인 운영 관리 체계를 만들어야 함.



-화재피해 건축물에 대한 진단·평가 및 보수·보강 기술 개발 추진체계도-



-통합DB구축 프로세스-



-OLAP/마이닝 시스템 개발 프로세서-

1.2 연구 개발의 필요성

가. 건축물의 성능위주 설계기준 및 통합 가이드라인 개발

(1) 건축물 맞춤형 성능위주 설계기준 개발

(가) 연구 추진 목적 및 배경

- 국외에는 초고층과 대공간 건축물 등과 같이 특수 목적의 건축물에서 발생되는 화재 위험을 제거하거나 경감시키기 위해 각국의 실정에 맞는 성능위주의 화재안전 기준 및 설계 방법을 제도화하고 있으며, 이는 기존의 법규중심의 화재안전 설계 방법과 함께 대안적인 방법으로 사용되고 있음.
- 건축물에서의 화재사고는 시설물 파손 및 대형 인명피해 및 국가 브랜드의 이미지 실추가 발생될 수 있기 때문에 건물의 화재 위험성을 정량적으로 예측하여 이를 설계에 반영하고 사전에 제어할 수 있는 국내의 성능기반 화재안전설계 기술이 필요함.
- 법규위주의 화재안전 설계에서는 법규를 만족시키는 설계는 적절한 안전도를 보장하고 있다고 간주되지만 성능기반 화재안전 설계에서는 그러한 실질적인 기준이 없으므로 제안된 디자인을 평가하고 그것이 사회적인 안전 기대치와 부합하는지를 검토해야 함.
- 국내에서는 정부 주도로 우리나라와 유사한 생활환경을 지닌 일본의 체제를 도입, 약간의 수정을 거쳐 법령으로 제정·수행해 왔으나, 기술부족으로 인한 정부주도의 화재안전기준은 최근 신재료, 신공법을 활용한 대공간·초고층 건축물의 출현 등에 적절히 대응할 수 없을 뿐 아니라 현시대의 다양한 요구에 부응하기에는 많은 문제점이 지적되고 있음.
- 또한 최근 미국 및 유럽뿐만 아니라 일본에서도 기존의 화재안전규정에 '성능개념(Performance Based Regulations)'을 도입하여 화재시 건물의 형태, 제실자의 수, 공간의 규모 및 가연물의 형태 등을 고려한 화재안전규정으로 변모하는 등 새로운 개념의 화재안전규정 제정이 이루어지고 있음.
- 건축물 화재 사고에 있어서 문제가 되는 화재위험에는 인명·피난행동에 관계된 위협, 건축물의 구조적 손해에 연유되는 위협, 허용수준을 넘는 연소의 확대 등이 있음. 이러한 문제점을 해결하거나 피해를 최소화하기 위해서는 화재 발생 예방, 발생 초기 진화, 초기진화 불가능 시 화재성장 및 전파의 억제, 연기의 전파 차단 및 신속한 배출 그리고 화재 및 연기 전파를 고려한 피난대책 등 각 방면의 대책 기술이 요구되어 지고 있는 추세임.
- 국내의 화재안전 정책 반영 프로세스는 기존의 국내 정책의 미비점을 국외 기준을 그대로 적용하는 방법을 사용하고 있어 실증적의 화재안전 목표 달성 및 성능위주 화재안전 설계에 문제점이 발생되고 있음.
- 현재 국내 건축물 내화설계의 경우 사양적 내화설계만 적용하고 있으며, 성능적 내화설계는 기술적 여건 및 법규적 미비로 인하여 적절하게 사용되지 못하고 있음.

- 특히, 현행 법정 내화구조의 경우 부재에 요구되는 내화성능시간에 상관없이 사용재료와 두께 등에 대해서만 규정하고 있어 과다설계(경제성 문제) 혹은 과소설계(안전성 문제)의 문제를 안고 있음.
- 따라서 사양적 설계기준의 문제점을 보완하고자 구조물에 대한 성능위주 내화 설계 기술은 지속적으로 연구되고 있는 추세이나 이에 대한 성능위주 설계의 적정성을 평가할 수 있는 절차 및 방법은 제시하고 못하고 있음.
- 기존 건축법의 사양적 설계기준만으로는 건축물의 규모, 용도 및 재실자 밀도에 따라 화재의 정확한 거동을 예측하고 대비책을 공학적인 기법으로 제시하기에는 많은 제약이 따르는 실정임
- 화재안전 성능수준을 설정하기 위한 화재 시나리오 설정 시 많은 가정과 선택이 설계자의 능력에 따라 크게 좌우됨.
- 현행 건축법으로는 다양하게 요구되는 성능수준을 반영하기 위해 법규와 상충 될 수 있으며 이로 말미암아 다양한 화재안전 분야가 무시된 성능위주 설계기준이 도출될 우려가 있음.

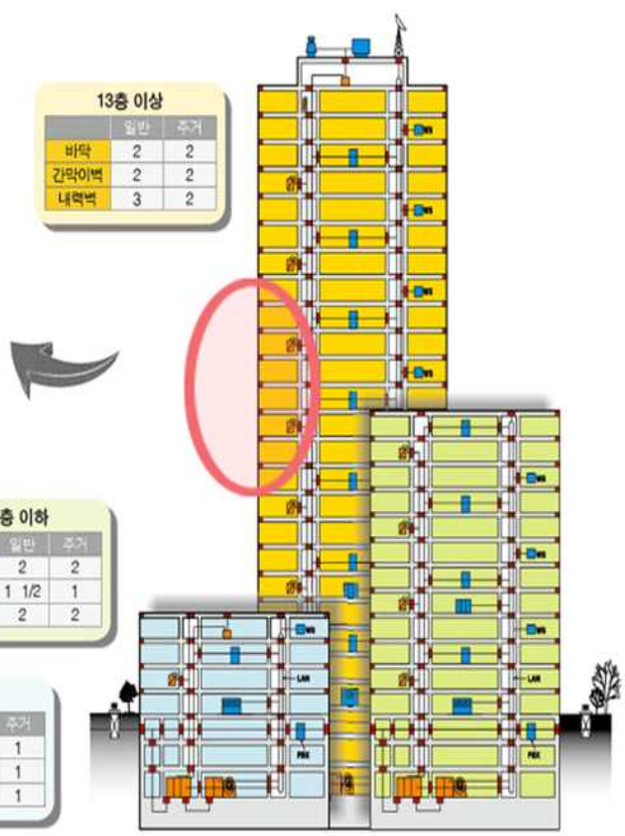
[표 1.2.1] 국내외 화재 피해 건축물 요약

구분	구조물명	년도	복구기간	피해금액	비고
국외	Nipponzaka	1979	2개월	33백만$	-
	Great Belt	1994	-	-	수열온도-1,00℃, 화재시간-7시간 폭렬깊이-270mm
	Channel	1966	6개월	350백만$	수열온도-1,00℃, 화재시간-7시간 폭렬깊이-270mm
	Mont Blanc	1999	3년	273백만$	수열온도-1,00℃, 화재시간-7시간 폭렬깊이-270mm
	Tauern	1999	3개월	6백만$	사망-12
	Gotthard	2001	2개월	25백만$	사망-10
	WTC	2001	-	-	110층 건축물 붕괴, 테러
	카라카스	2004	-	-	34층 발생하여 50층까지 전파, 24시간 이상 화재 지속
	윈저타워	2005	-	-	구조물 전소, 폭렬 및 붕괴, 24시간 화재지속
국내	대구지하철	2003	10개월	570억 이상	사망-27 슬래프 및 벽체에 폭렬 발생
	우신골든스위트	2010	-	55억 이상	부상-5
	고양종합터미널	2014	2014-진행중	364억 이상	부상-42, 사망-6
	의정부 대봉그린아파트	2015	2015-진행중	100억 이상	부상-125, 사망-5



[그림 1.2.1] 국내외 정책반영 프로세스

부재	시방기준
기둥	작은 지름이 25 cm 이상인 것 ① 철근콘크리트조 또는 철골 콘크리트조 ② 철골을 두께 6 cm (경량골재를 사용하는 경우에는 5 cm) 이상의 철망모르타르 또는 두께 7 cm 이상의 콘크리트 블록 · 벽돌 또는 석재로 덮은 것 ③ 철골을 두께 5 cm 이상의 콘크리트 덮은것
비내력벽	① 철근콘크리트조 또는 철골철근콘크리트조로서 두께가 7 cm 이상인 것 ② 골구를 철골조로 하고 그 양면을 두께 3 cm 이상의 철망의 철망모르터 또는 두께 4 cm 이상의 콘크리트 블록 · 벽돌 또는 석재로 덮은 것 ③ 철재로 보강ㅇ된 콘크리트블록조 · 벽돌조 또는 석조로서 철재에 덮은 콘크리트블록 등의 두께가 4 cm 이상인 것 ④ 무근콘크리트조 · 콘크리트블록조 · 벽돌조 또는 석조로서 그 두께가 7 cm 이상인 것



[그림 1.2.2] 국내 법정 내화구조 설계 기준 예

추진 배경 및 목적

성능위주 화재안전 설계를 위한 재실자 밀도기준, 연기제어기준 개발 및 평가절차·기준 등급화 연구

[건축물 용도별 재실자 밀도 기준 개발]

- 해외에서 피난안전 기준은 재실자 수와 피난 시간, 소화 장비 등을 고려하여 다양한 피난설계가 가능하지만, 국내 피난 안전 기준은 건축물 용도, 규모 중심의 획일적인 사양만을 규정
- 국내 건축물 피난관련 기준들이 건축법, 소방법에 산재되어 있으며 개별법령간의 체계가 없고 피난안전구역 면적산정기준 역시 건축법, 소방법, 초고층 특별법 등에서 개별적으로 규정되어 있으며, 공간용도분류체계 및 수치 역시 서로 상이
- 우리나라 실정에 부합하는 건축물 용도별 재실자 밀도 기준 및 계단 개수, 폭, 복도폭, 문폭 등 피난경로기준 및 피난안전구역 기준 등의 선진화 필요

[건축물의 성능위주 연기제어 설계기준 개발]

- 현재 국내의 연기제어 관련 국가 기준은 건축법과 소방관계 법령으로 분리되어 있으며, 연기제어 설비의 설치대상과 방법에 있어서 상호 연계성과 보완성이 미흡하기 때문에 다양하고 복잡한 구조의 건축물에서 연기안전을 효과적으로 확보하기 어려움.
- 국외의 빌딩코드에서는 연기방호(Smoke Protection)의 목적 및 기본방안을 제시하고 방연구조 확보를 위한 주요 연기제어 설비의 성능기준을 설정하고 있으며, 개별 설계관련 코드에서 다양한 연기제어 시스템의 설계기법을 제시함으로서 체계적이고 통일된 설계 및 운영방안을 확보하고 있음.
- 따라서 국내에서도 기존의 사양적 설계기준에 대한 보완방안으로서 건축물의 규모·용도 및 화재·연기 특성을 고려한 성능위주 연기제어 설계기준을 정립하고 국가기준에 반영하여야 함.

[성능위주 설계의 평가절차, 평가기준 및 등급화 기준 연구]

- 국내에서는 성능설계 기준뿐만 아니라 실제 성능설계 시 이를 평가할 수 있는 기준 및 절차 등이 전무할 실정임.
- 국외에서는 성능위주 설계 기술에 대한 평가를 위해 SFPE Engineering Guide 등을 통해 공학적 방법에 따른 신뢰성 있는 평가를 진행하고 있음.
- 따라서 본 과제에서는 사용자(건설회사, 시공회사 등)의 성능위주 화재안전 설계에 대한 평가자[공무원, 심의위원 등]를 위한 평가를 위한 기준과 절차에 대한 연구를 통해 관련 가이드라인 제시함.
- 또한 사용자 중심의 성능위주 내화설계 기술의 적정성을 평가할 수 있는 평가자 중심의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램을 개발함.

피난분석의 주요 요소 실험 표준 및 신뢰성 검토 표준 개발

- 피난분석방법의 확보와 그 신뢰성의 검토는 매우 중요한 사항임.
- 피난의 분석의 주요 데이터는 많은 부분 외국 표준으로부터 인용하고 있으며, 한국인에 대한 데이터의 확보는 극히 미진한 상황임.
- 또한 여러 피난분석 방법들이 사용되고 있으나, 각 분석도구의 신뢰성에 대해 한국인을 대상으로 한 검토의 수행도 매우 필요한 상황임.
- 이는 피난 평가의 신뢰성을 확보하는데 매우 중요한 요소이며, 이에 대한 국내의 연구 자료 및 데이터, 그리고 이를 기반으로 한 표준의 구성 및 제공도 매우 시급한 상황임.

추진 배경 및 목적

건축물의 성능위주 피난안전 설계기준 개발

- 현행 국내의 성능위주설계는 외국인의 특성에 맞춘 국외 기준을 그대로 가져온 것으로 국내 실정에 맞지 않음
- 이에 국내 재실자 특성을 고려하여 성능요구기준, 피난시나리오를 개발하여 기존 기준을 보완할 수 있는 있는 성능위주 피난안전 설계 가이드라인을 개발하는 것이 목적임

건축물의 성능위주 내화설계 기준 개발

- 건축물의 내화성능 기준은 현재 건축물의 규모와 용도에 의해서 설정되고 있으므로, 자주식 오픈 주차장과 같이 화재 위험성이 낮은 건축물임에도 불구하고 규모와 용도 규제에 의해서 과대한 내화피복 공사를 해야 됨에 따른 경제 생산활동 위축이 발생되고 있음.
- 건축물에서의 화재 위험성은 실내 가연물의 양과 유입되는 공기의 양에 따라 결정되고, 건축물에 작용되는 구조적 하중에 의해서 부재와 가구의 안전성이 결정되어지나, 지금 현재의 건축물 화재 시 구조적 평가 방법은 표준화재온도곡선 그리고 정형화된 건축구조 부재의 크기, 경계조건에 의해서만 이루어지고 있는 실정임.
- 또한, 건축물 화재에 대비하기 위한 액티브 소방시설의 적용이 점차 확대되고 있으나, 건축 구조물과의 유기적 관계 정립은 극히 제한적임.
- 따라서 건축물의 재료와 구조형식 그리고 각 건축 주요구조부재의 조건과 액티브 소방시설에 적합한 내화설계 기준의 정립이 요구되고 있음.

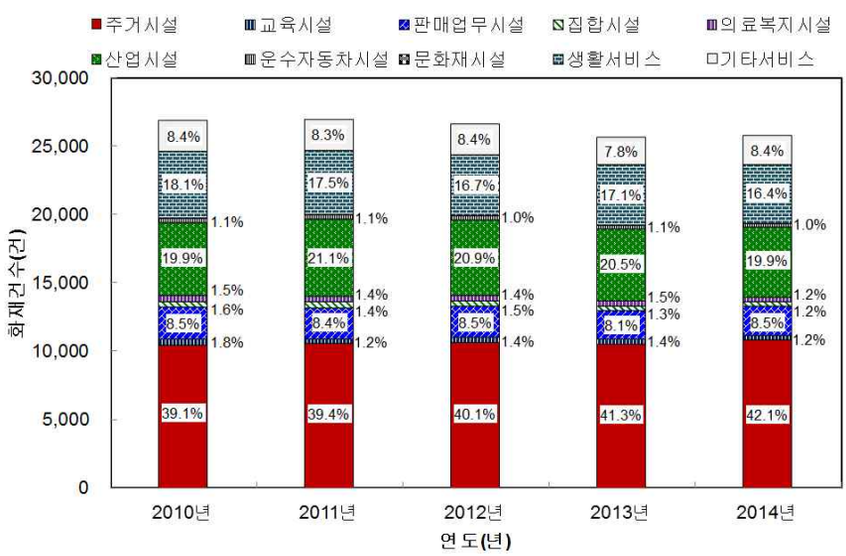
사용자 및 평가자 중심의 성능위주 설계기준 현장 적용성 평가

- 기존 건축법의 사양적 설계기준만으로는 건축물의 규모, 용도 및 재실자 밀도에 따라 화재의 거동을 정확히 예측하고 대비책을 공학적인 기법으로 제시하기에는 많은 제약이 따르는 실정임
- 성능위주 설계를 도입하기 위해서는 법령에서 규정한 사항 이외에도 성능위주 설계에 대한 적정성을 판단하기 위한 검증절차가 구축되어야 함.
- 특히 성능위주 설계의 경우 사양위주 설계에 따른 설계로는 화재안전을 확보하기 어려운 건축물을 대상으로 화재안전성을 담보하기 위해 도입되는 제도이므로 사양위주 설계에 비해 설계기준의 적정성을 판단하는 것이 무엇보다 중요함.

(2) 화재안전을 위한 성능유지관리 기법 및 가이드라인 개발

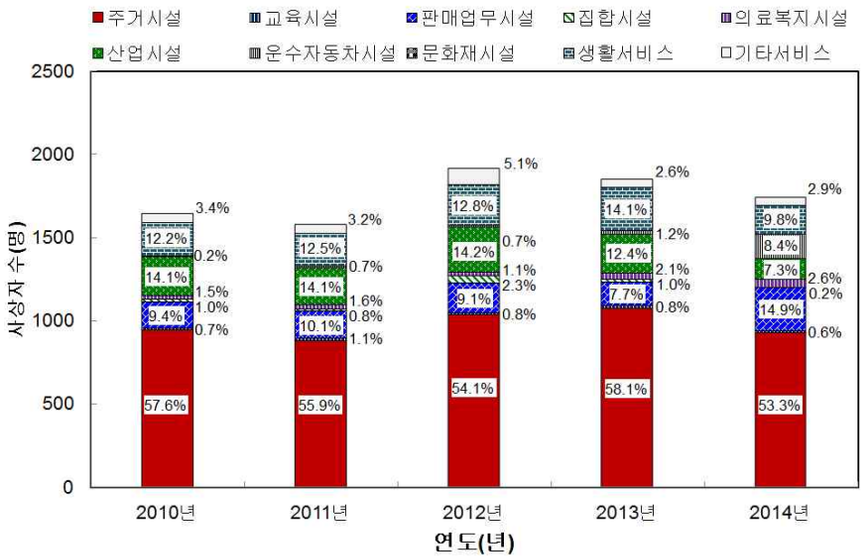
(가) 연구 추진 목적 및 배경

- 2000년 이후 국내에서 화재발생은 지속적으로 발생(최근 5년간 화재 연평균 28,000건)하고 있으며, 이에 따라 인명피해 및 재산피해도 계속하여 발생(최근 5년간 평균 인명피해 1,800명, 재산피해 3,000억원)하고 있음.
- 노후건축물 밀집지역에서의 화재는 2013년 서울 종로구 인사동의 식당 밀집지역에서 대형 화재가 발생하여 이 일대 건물 11채가 소각된 것을 비롯하여, 2015년 01월 10일 사망자 4명 등 126명의 사상자를 낸 의정부 도시형생활주택 화재가 발생됨.
- 대부분 화재가 발생한 지역이 작은 건물들이 좁은 간격으로 붙어 있고 건물구조는 한옥을 개조해 목조 골격이 그대로 남은 경우가 많아 평소 대형 화재의 위험성이 상존함.
- 또한, 화재시 좁은 진입로와 주정차 차량 등 장애물로 인해 소방차 도착이 늦어 인명 피해가 더욱 커졌다는 공통성이 있으며, 이와 같이 노후건축물 밀집지역의 경우 화재가 발생하면 대형화재로 확대되어 사회적·경제적 손실이 커다란 부담이 되고 있는 실정임.
- 지난해 기준, 소방차 진입이 불가능하거나 곤란한 지역은 전국적으로 총 1,600곳에 달하는데, 그중 소방차 진입이 불가능한 지역이 267곳(17%), 진입이 곤란한 지역이 1,333곳(83%)임. 시도별로는 서울이 1,600곳 가운데 473곳(30%)로 가장 많았고, 부산이 273곳(17%)로 나타나 위와 같은 화재의 위험이 상시 존재한다고 볼 수 있음.



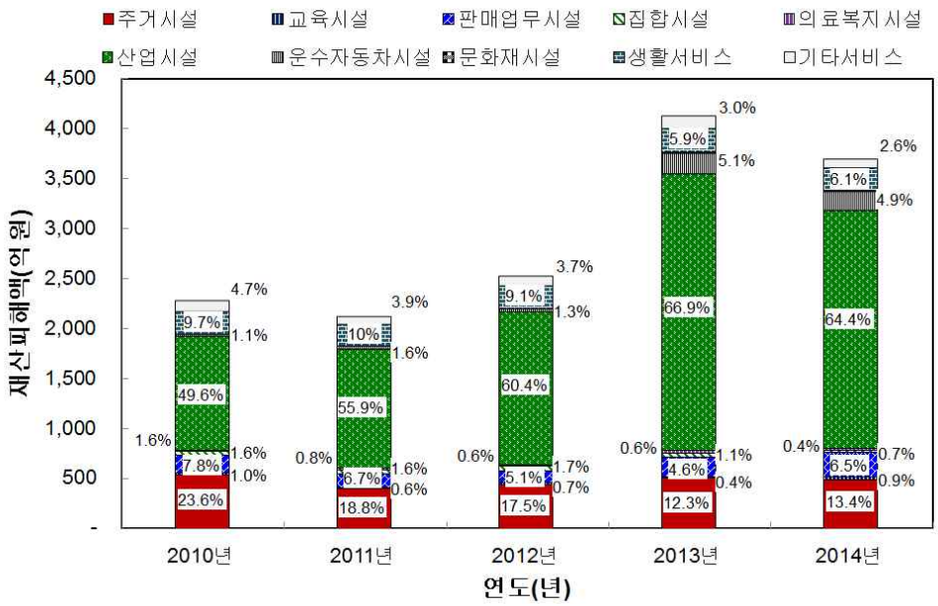
(출처) 국민안전처 국가화재정보센터, 2015.05.

[그림 1.2.3] 최근 5년간 용도/연도별 화재건수



(출처) 국민안전처 국가화재정보센터, 2015.05.

[그림 1.2.4] 최근 5년간 용도/연도별



(출처) 국민안전처 국가화재정보센터, 2015.05.

[그림 1.2.5] 최근 5년간 용도/연도별 재산피해액



(2010) 부산 주상복합화재 (2014) 고양 종합터미널 화재 (2014) 장성 요양병원 화재 (2015) 의정부 아파트 화재

[그림 1.2.6] 국내의 주요 화재사례

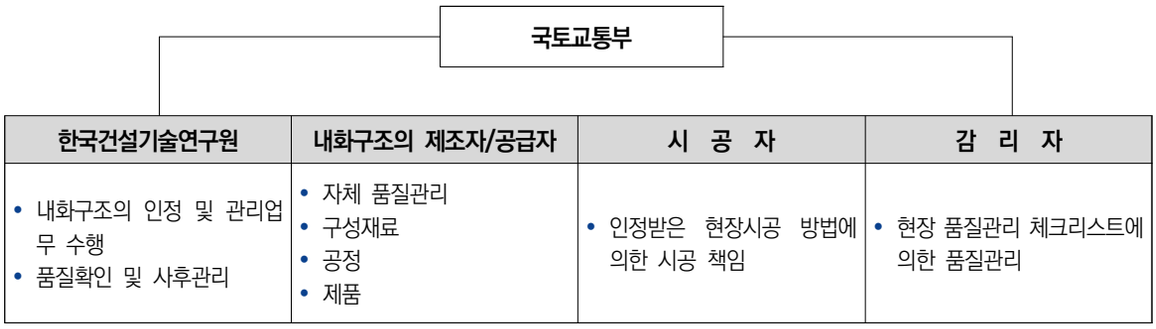


[그림 1.2.7] 노후건축물 밀집지역과 인사동 먹자골목의 화재상황



[그림 1.2.8] 소방차의 진입로 확보의 필요성

- 위와 같은 화재로 인한 인명 및 재산상의 피해를 감소시키고 화재안전에 대한 사회적 불안감을 해소시키기 위해서는 건축물의 화재성능을 향상시키는 것이 최우선적인 과제이나 현재까지 국내 화재관련 연구의 대부분은 건축물의 초기 화재성능 확보에만 치우쳐 시공시의 품질관리를 통한 화재성능 확보나 장기적인 유지관리 또는 건축물 실사용자가 적용가능한 화재안전기술의 확보는 미비한 실정임.
- 이에 따라 기존 또는 신규 개발된 화재안전기술의 안정적인 성능유지를 위한 관리 기법을 개발함과 동시에 건축물 실사용자(설계자, 건축주, 거주자, 소방관련 실무자 등)가 실질적으로 화재로부터 안전성을 확보할 수 있는 피난 교육, 화재 예방, 구획 설정 방법, 소방 교육 등에 대한 가이드라인을 개발하고 이에 대한 효과적인 적용 및 사용을 법 등에서 규정하여 사용자의 혼란을 최소화 시킬 필요성이 높음.
- 화재안전을 위한 현장품질관리와 관련하여 현재 국내에서는 방화구획(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼) 및 내화구조에 대하여 건축법령에 일정용도 및 규모에 따라 건축물의 주요구조부(벽, 기둥, 보, 바닥, 지붕틀, 계단)는 내화구조로 시공하도록 하고 있으며, 국토교통부령이 정하는 사항 및 고시 등의 관련 세부규정을 정하고 있음. 이러한 내화구조의 종류는 크게 두 가지 구조로서 하나는 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제3조에 구조별 종류를 명시한 법정내화구조이며, 또 하나는 내화성능시험 등을 통해 한국건설기술연구원장이 인정한 재료를 사용하여 내화성능을 가지게 되는 인정내화구조로 구분됨.
- 현재 인정 내화구조는 단일의 제품 성격보다는 여러 가지 제품이 혼합되어 하나의 구조를 형성하는 복합구조가 대부분으로 건축공사 현장에서 시공방법에 따라 일정한 형태의 내화구조체가 형성되어 각 구성재료의 성능이 복합적으로 작용해 내화성능을 발휘하므로 내화구조체를 구성하는 모든 재료에 대한 품질이 특히 강조됨.
- 현재 국내에서는 국토교통부 고시(내화구조 인정 및 관리기준, 2014-200호) 및 내화구조 현장 체크리스트에 의하여 현장에서 시공되는 내화구조의 현장 품질확인에 대한 책임을 공사감리자에게 규정하고 있으나 품질미비 등의 사항에 대하여는 책임범위 등이 불명확한 상태이며, 이에 따라 국내에서는 방화구획 구성인자(방화문 등) 및 내화구조의 화재성능확인을 위한 인정제도가 단순 품질확인제도로 바뀐 이후 에 성능 평가 제품과 실제 현장 시공 제품과의 성능 차이가 커 지속적으로 안전 문제가 제기되고 있으며, 이에 대한 유지관리도 미비한 실정임.
- 화재안전기술의 최종 목적인 인명피해 방지 및 재산 보호를 위해서는 성능이 인정된 방화구획(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼)과 내화구조의 시공상태 및 품질관리 상태를 파악하여 이를 현장에 동일하게 적용하여야 하며, 이에 따라 현장품질관리 기준이 필요함.

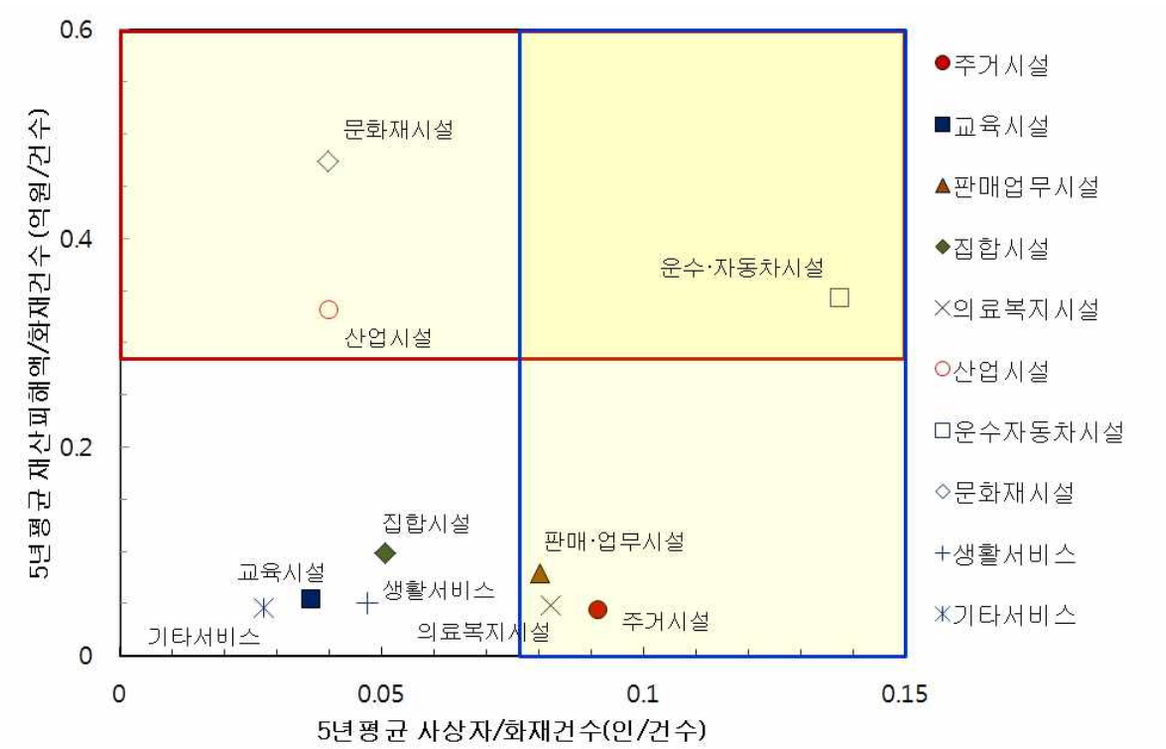


[그림 1.2.9] 건축물의 내화구조 품질관리체계

- 현행 공사 감리자의 품질검사 시험 현황을 살펴보면, 감리자는 국토교통부 지방국토관리청 및 기타 국공립시험기관에 품질시험을 의뢰할 수 있도록 규정하고 있음. 하지만 상당수의 현장에서 공사감리자는 장비, 인력, 검사방법의 미비로 내화구조 시공자 또는 내화구조 인정업체에게 품질검사 비용을 부담하게 하고 외부기관에 시험을 의뢰토록 하고 있으며, 일부 인정업체는 자체적인 현장 품질검사팀을 운영하고 있음. 또한 내화구조 품질검사 시험비용이 상당히 고가라는 지적이 있으며, 최근 시험기관이 국공립기관으로 한정되어 지역적으로 광범위한 현장분포에 비하여 원활한 검사 수행에 어려움이 있고, 시험을 의뢰받은 시험기관은 내화구조 체크리스트에 대한 내용을 이해하지 못하여 실질적인 방화구획 및 내화구조의 적정한 품질관리가 이루어지고 있지 못하는 실정임.
- 건축물 리모델링 및 공사중 화재안전과 관련해서는 공사중 빈번한 화재사고에 따른 공사장 및 건설현장에서의 화재안전에 대한 중요성과 안전대책의 필요성이 대두되고는 있으나 공사현장에서는 현장특성 상 페인트, 스티로폼, 우레탄폼 등의 단열재나 도료의 사용이 많고 따라서 가연성 물질이 산재해 있으며 “공사중”인 관계로 소방설비가 미설치된 상태이거나 정지상태로 해둠으로써 화재발생 시 초기소화 및 조기감지 등이 불가능한 상황임.
- 공사장 화재는 용접불티나 전기적 원인에 의해 발생한 불티가 공사현장에 쌓여 있는 인화성 물질 및 가연성 물질에 착화하면서 대형화재로 발전할 가능성이 매우 높으며, 이로 인한 다수인명피해 요인이 상존하고 있는데 특히 대형공사장의 경우 공사현장 가림막으로 인하여 급속한 연소확대가 이루어지며 천정, 벽, 마감재료에 주로 사용되는 가연성 단열재(우레탄폼, 스티로폼 등)로 인한 다량의 유독가스 발생 및 열기확산, 공사자재 등으로 인하여 내부진입이 곤란하여 화재진압 및 인명구조측면의 어려움을 겪게 됨.
- 이에 공사현장의 화재사고를 미연에 방지하기 위하여 화재위험 공사현장에 임시소방시설 설치를 의무화하고 일정규모 이상의 특정소방대상물에 소방안전관리 보조자를 선임하여 안전관리를 강화하는 등의 내용을 주요 골자로 하는 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률이 일부 개정되어 2014년 7월부터 시행되고 있으나 이러한 법규제는 공사현장의 시설 및 관리상의 한계로 인해 최소한의 규제로 한정되어, 사실상 건설현장에서의 화재위험도에 충분히 대응하기에는 한계가 있음.
- 따라서 국내외 공사현장의 화재발생 사례의 분석을 통해 공사현장의 화재취약요인 및 특수성 등 공사장의 위험특성을 분석하고 국외의 개선사례조사 및 국내 안전관리 실태 조사 등을 통해 공사장의

위험특성에 따라 공사장의 규모, 유형, 공종단계별로 적용가능한 화재안전 가이드라인을 개발할 필요가 있으며, 화재안전 가이드라인에는 공사중 화재 예방을 위한 시설의 제시, 안전관리를 위한 관리방안, 화재발생시 안전조치 등을 포함하여, 해당 가이드라인 적용 시 공사현장의 화재발생 저감 및 인명피해 방지에 기여할 수 있도록 하여야 함.

- 노후 건축물 밀집지역에 대한 화재안전확보의 경우도 현재는 건축물의 노후화, 건축물의 밀집화 및 기타 조건의 혼재로 인하여 다양한 화재발생 조건 및 피해양상이 발생할 수 있으므로 이에 대비할 수 있는 화재안전 가이드라인의 개발 및 적용, 보급이 필요함.
- 위와 같은 기술의 개발외에도 건축물 실사용자를 위한 실질적인 화재안전 가이드라인의 개발도 필요한데 이를 위해서는 우선 기본적으로 국내 건축물별 화재위험도를 파악할 필요가 있으며, 이에 따라 최근 5년간의 국내 화재 발생에 대하여 IPA(Importance Performance Analysis) 기법을 이용해 화재건수당 사상자 및 재산피해액의 화재위험도 척도로 분류한 결과, 주거시설, 운수·자동차시설, 산업시설, 판매·업무시설, 의료복지시설이 화재위험도가 높은 건축물로서 도출되었으며, 이를 참고하여 건축물 용도별 화재위험성에 관한 대안을 마련하기 위한 우선순위를 결정하고 용도별 건축물의 화재안전 가이드라인을 개발하는 것이 시급할 것으로 판단됨.



[그림 1.2.10] IPA 매트릭스 기법을 이용한 최근 5년평균 화재위험도 맵(Map)

- 건축물 실사용자를 위한 화재안전가이드라인 개발은 BIM 기술을 활용한 지능형 화재안전 통합 솔루션 개발(화재 · 피난 시뮬레이션과 연계된 BIM 기술개발, ICT와 BIM의 기술연계를 통한 화재예방(교육/훈련) 및 피난/소방체계에 관한 지능형 시스템 개발)과 사용자경험(UX)를 기반으로 한 화재안전 설계 및 유지관리 가이드라인 개발(실사용자의 UX 데이터 구축을 통한 화재안전 설계/유지관리 방법의 구축, 현행 법령 및 기준 등과 연계한 UX 기반 화재안전 가이드라인 개발 및 UX를 기반으로 한 화재상황별 정량적 위험도 및 피난효율평가의 가이드라인 개발)로 구분하여 진행할 필요가 있음.
- 화재안전대책 중 화재확산방지와 방·배연은 화재발생시 가장 중요한 피해 저감대책 중 하나이며, 이에 대하여 건축물의 방화구획 및 연기와 유독성 가스 제어에 대한 기술이 요구되고 있음. 현재 방화구획에 관해서는 벽체, 바닥의 내화성능 확보, 방화문, 방화셔터, 방화댐퍼 내화충전구조 등의 성능인증 등이 규정되어 있고 이에 대한 성능확보 및 규정개선에 관해서도 논의가 진행되고있으며, 연기제어에 대하여도 피난안전과 모델링 등에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있음.
- 하지만 연기제어에 관한 가장 기본적인 설비중 하나인 배연창 및 배연구에 대하여는 현재 법규정상에 최소한의 사양규정만 제시되고 있으며, 이에 대한 설치기준 및 성능유지관리기준(성능기준, 성능평가기준)을 포함한 전반적인 가이드라인이 마련되지 않아 현장시공, 유지관리가 미비하고 이에 따른 화재안전성이 저하될 우려가 있음. 따라서 화재시 연기 제어 및 확산 방지를 위한 배연창 및 배연구에 대한 설치기준 및 성능유지관리기준(성능기준, 성능평가기준) 가이드라인을 개발, 보급하여 건축물의 화재안전성을 향상시킬 필요가 있음.
- 배연창이라 함은 자연환기방식으로 평상시에는 환기창으로 이용하고 화재발생시 연기 및 유독가스를 배출하여 질식사고를 방지하고 피난경로를 확보하여 인명피해를 최소화하는 목적으로 사용하는 설비임. 설치대상으로는 6층이상의 문화 및 집회시설, 판매시설, 위락시설, 숙박시설, 의료시설, 관광휴게시설 등이며 설치기준은 방화구획마다 1개소 이상 설치하고 수직거리는 천장에서 배연창 상변까지 90 ㎝ 이내이어야 하고 유효면적은 1제곱미터 이상으로 바닥면적의 1/100 이상이어야 하며 자동, 수동, 예비전원에 의해서 개방 가능하며 기계식 배연설비 설치시 소방법령에 따라 설치해야 함.
- 국내의 배연창 기준은 제연성능에 관한 평가기준은 제시되지 않고 배연창의 최소 규격만을 제시하고 있어 제연성능에 관한 평가기준이 필요함.
- 감지기라 함은 주변의 온도, 혹은 연기, 불꽃 등을 감지하여 화재 신호 및 감지량을 전송해주는 장치이며, 기존의 감지기에서 발생되는 비화재보로 인한 여러 문제점을 해결하기 위한 기술의 개발이 필요함.
- 비화재보를 방지하기 위한 기술로 자기 보상가능을 가진 감지기의 개발이 필요함.

추진 배경 및 목적

방화구획(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼) 및 내화구조의 화재안전성능 유지를 위한 현장품질관리 기준 개발

- 건설 현장의 여건상 방화구획 및 내화구조의 시공시 인정구조 적용 여부의 확인이 어려우며, 장기적인 유지관리를 통한 화재안전성능의 확보를 기대하기 어려움.
- 건축물에 적용되는 방화구획 및 내화구조에 대한 성능 인정 제품의 현장 적용 시 성능 확인이 가능토록 하고, 지속적인 유지관리를 통하여 화재안전성능이 지속될 수 있도록 적정한 현장품질관리 기준 제시가 필요함.
- 방화구획 및 내화구조의 화재안전성능 유지에 필요한 지침/매뉴얼, 사후추적관리시스템 및 관련 법령 등의 현장품질관리 기준의 개발이 절실히 필요함.

건축물 리모델링 및 공사중 화재안전 가이드라인 개발

- 최근 공사현장의 대형 화재사고가 빈번하여 공사장 화재안전에 대한 중요성과 안전대책의 필요성이 대두두고 있음.
- 리모델링 및 공사현장 특성상 현장 내 소방시설의 작동이 불가, 많은 가연물(건축자재 등), 피난로 확보의 어려움 등으로 화재발생시 인명피해 및 화재확산의 가능성이 높음.
- 건설현장의 경우 건축, 소방법 상의 적용대상으로의 한계성이 있어 적극적인 안전기준의 적용도 어려움.
- 따라서 공사현장 내의 실제적인 화재안전성 확보를 위한 설비적 측면, 작업자를 포함한 인적 측면, 현장관리 및 예방을 포함하는 관리적 측면에서의 가이드라인 개발을 목적으로 함.

실사용자(건축설계자, 재실자 소방관련 실무자 등)를 위한 화재안전 가이드라인 개발

- 다양한 건축물 화재로 인한 화재위험성은 높아지고 있으나 이에 대한 대책마련이 부족할 실정임.
- IPA(Importance Performance Analysis)기법을 이용해 화재위험도가 높은 5가지(주거시설, 운수·자동차시설, 산업시설, 판매·업무시설, 의료복지시설)의 용도의 건축물 도출함.
- 화재위험성이 높은 건축물의 화재안전기술의 안정적인 성능유지를 위한 관리기법 개발과 동시에 건축물 용도별 실사용자(설계자, 건축주, 거주자, 소방관련 실무자 등)가 실질적으로 화재로부터 안정성을 확보할 수 있는 피난 교육, 화재예방, 구획설정방법, 소방교육 등에 대한 가이드라인을 개발

노후 건축물 밀집지역 화재가이드라인 개발 및 노후 신축 시 피난통로 확보 가이드라인 개발

- 노후건축물 밀집지역에 화재 발생시 대형화재로 확대될 가능성이 큰 실정임.
- 지난해 기준 소방차 진입이 불가능하거나 곤란한 지역은 전국적으로 총 1,600곳에 달함.
- 국내 화재관련 연구의 대부분은 건축물의 초기 화재성능 확보에만 치우쳐 있음.
- 노후 밀집지역의 화재안전 가이드라인을 개발하여 이와 같은 화재로 인한 인명 및 재산상의 피해를 감소시킬 필요가 있음.

배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인 개발

- 화재시 건축물 내 연기 제어 및 확산방지에 필요한 설비이나 현재 최소한의 사양적 규정만 마련되어 현장시공, 유지관리가 미비하고 이에 따른 화재안전성의 저하가 우려됨.
- 배연창 및 배연구에 대한 설치기준 및 성능유지관리기준(성능기준, 성능평가기준)을 포함한 가이드라인의 개발을 통하여 화재시 인명안전성을 확보하고자 함.

주변 환경을 고려한 자기 보상기능을 가진 감지기 기술 개발

- 외부 환경 요인에 의해 발생되어지는 비화재보의 증가로 인해 사용자의 혼란과 사회적 비용이 발생됨.
- 위의 문제점을 해결하기 위하여 주변 환경에 따라 보상되어지는 기능을 가진 감지기의 필요성이 대두되고 있음.
- 먼지, 습도등의 주변 환경에 대해 자기 보상기능을 가지며, 주변 환경 조건에 상관없이 실 화재만을 감지할수 있는 감지기를 개발하고자 함.

(3) 기존 건축물의 화재위험도 평가기술 개발

(가) 연구 추진 목적 및 배경

- 다양한 용도의 기존 건축물 중 3년간 전체 화재건수의 화재통계를 위한 화재발생 건수 및 인명피해를 보면 발생빈도가 가장 높은 용도는 주거시설으로 3년간 전체 화재건수의 41.9%를 차지하고 있으며, 이는 주거내에서 화재위험도가 높은 요리활동 및 주간에는 대부분의 시간을 외부에서 보내는 재실자의 특성에 따른 결과로 판단됨. 또한 노유자 시설은 대부분의 재실자가 피난약자로서 화재 발생 시 많은 인명피해를 당할 수 밖에 없는 재실자 특성을 지니고 있음.
- 기존 건축물의 화재위험도평가의 방법 및 적용기준이 법적·제도적으로 구비되어있지 않으며, 이에 대한 원인으로는 그동안 해당 아이템에 대하여 화재위험도평가결과를 파악할 수 있는 연구개발결과가 뒷받침되지 않았기 때문으로 판단됨.
- 따라서 기존건축물의 화재위험도 평가기술개발를 통하여 정량적으로 도출한 평가결과를 화재위험도 개선에 활용함으로서 기존 건축물의 화재발생 시 재산피해와 인명피해의 경감계획을 수립할 수 있어야함.
- 기존 건축물의 화재위험도를 평가하기 위해서는 그 평가방법에 대한 연구가 이루어짐과 동시에 화재위험도평가에 밀접하게 영향을 미치는 핵심요소인 주요구조부재의 내화성능, 화재구획설비, 건축 마감재료의 연소가스 유해성,에 대한 선정도 이루어져함.
- 기존 건축물의 화재위험도에 영향을 미치는 핵심요소들로는 건축물의 구조를 구성하고 있는 주요구조부재의 내화성능, 화재구획설비, 건축 마감재료의 연소가스 유해성, 마감재(내·외장재)의 기존 건축물의 화재위험등급을 정량적으로 파악할 수 있는 연구가 필요함.
- 국제적으로 구조부재의 내화성능평가는 화재시 부재응력 저감을 고려한 재하하중의 산정과 그 결과를 토대로 하는 공학적 방법을 근간으로 하고 있음. 그러나 아직 국내에는 이를 반영한 평가기준 및 설계방법이 설정되어 있지 않아 구조부재의 내화성능 목표에 합리적으로 부합하는 설계가 이루어지지 못하고 있는 실정임.
- 내화구조부재의 사용성은 시험으로 검증된 단면의 크기 및 스팬으로 제한되고 있어 결과의 활용성에 장애요인이 되고 있으며, 신기술 확산 및 경쟁력 확보에도 제약요인이 되고 있음. 이는 국내 내화구조 시장의 확대와 충실성을 저해하는 요인으로 작용하고 있으며, 국내 개발기술이 해외로 진출하는데도 장애요인이 되고 있음.
- 구조부재의 내화성능 평가시 재하하중의 설정은 부재의 구성 및 재료적 특성, 형태, 구조설계방법 등에 직접적인 영향을 받으며, 화재시의 계수하중이 설정되어 있지 않은 상태에서는 이의 근거가 될 수 있는 화재응력비 개념의 직접 도입이 필요함. 따라서 화재의 응력비를 고려하여 내화성능 평가시의 재하하중을 설정하고, 내화구조 설계시 이를 반영함으로써 합리적 내화설계를 가능하게 할 연구가 필요함.
- 방화구획은 방화문 또는 자동방화셔터를 이용하거나, 내화구조의 바닥 또는 벽으로 구획하도록

규정되어 있으나 방화셔터는 내화벽과 방화문에 비해 구획성능이 뒤떨어져 방화셔터는 폐쇄장애 또는 하강장애가 발생할 위험이 높음. 상품 등의 방치에 의한 폐쇄장애 외에 기능적인 문제로 하강장애가 일어나기 쉬우며, 또한 폐쇄된다고 하더라도 완전히 열이나 연기를 차단하는 것이 아니므로 화재 최성기에는 반대쪽으로 연소확대될 위험도 있음.

- 특히 대형 화재구획설비의 경우에는 기능적인 문제로 소형, 중형 셔터에 비해 하강장애가 발생할 확률이 높으며 화재발생시 화재하중으로 인한 뒤틀림의 발생과 더불어 대구지하철 화재와 같이 빠른 작동으로 연기의 배출을 어렵게 하고 재실자의 피난을 막는 부작용을 야기시키기도 함.
- 현재 시험장비의 한계(최대시험가능크기 3m×3m)로 국토교통부 고시에서도 시험이 가능한 최대 크기로 변경하여 시험하도록 명시되어 있으나, 시험의 형태나 방법이 명확히 명시되지 않고 의뢰자가 결정하여 평가하도록 되어 있는 상황이며, 이를 현장에 설치하여 평가하는 현장평가방법도 없어 실제 현장에서의 문제점을 확인할 수 없는 상황임.
- 최근에는 기존 대형 화재구획설비의 문제점 보완을 위해 음성발생장치, 주의등의 점등, 발광재료로 비상문 표시, 사람이 지나가면 하강작동이 멈추는 장애물감지장치, 작동위험표시 등과 더불어 수막을 이용한 대형 화재구획설비 등이 개발하여 적용되고 있음.
- 대형 화재구획설비 중 방화셔터 및 방화문에 대해 일본과 미국 등에서는 성능등급 및 제조사 정보에 대한 라벨부착을 의무화 하고 있으며 적정성능의 제품이 시공되고 유지관리될 수 있게 하기 위함으로 제도자체의 문제보다는 저품질의 제품이 유통되는 문제점을 감안한 조치로 정상적으로 성능확인된 제품에 대한 라벨부착 등 식별이 가능하도록 제도의 보완이 필요.
- 대형 화재구획설비는 다중이용시설에 주로 사용되어 화재 발생시 대규모의 인명피해가 발생할 수 있음. 건축물의 대형화 추세에 맞추어 개구부 등에 대형 구획설비가 다양하게 사용되고 있으며, 이와 같은 대형 설비는 화재시 소형부재에 비하여 화재에 의한 변형 및 성능저하가 클 것으로 예상되어 이에 대한 평가 및 관리 방법이 요구됨.
- 현재 우리나라에서 건축물 마감재료의 화재안전성능은 국토교통부 고시 제2012-624호에 의한 평가방법에 의해 평가함. 재료의 특성 (불연, 준불연, 난연)에 따른 화재 성능 평가 중 명시되어 있는 항목 중 가스유해성시험(KS F 2271)을 실시하여 그 결과로서 분류하도록 되어 있음.
- 가스유해성시험은 시험용 흰쥐 8마리가 연소가스에 노출되었을 때 나타나는 평균행동정지시간(min)을 측정하여 일정 시간 이상이 되는 재료만을 허용하고 있으며, 이 시험방법은 국외의 경우 동물보호의 차원에서 꼭 필요한 경우를 제외하고는 지양되고 있고 일본과 한국에서만 실시되고 있음. 최근 국내에서도 동물보호법(농림수산검역검사본부) 및 실험동물에 관한 법률(식약청)에 따라 동물실험을 제한하고 있어 제도운영에 문제점이 발생하여, 대체 시험개발이 시급함.
- 이에 건축물 마감재료의 화재 생성물의 연소독성 영향을 화재모델의 조건에 따라 연소시켜 발생하는 미지의 연소가스에 대하여 정량 및 정성적 분석하는 시험수행이 필요하며 연구결과에 따라 국제적 기준에 근접한 연소독성가스 및 독성지수의 DB구축이 필요한 시점임. 또한 연소가스의 흡입시 미치는 생체학적 독성피해와 연소유해가스의 상호연관성을 분석하여 분석화학적 및 생체학적 영향을

고려한 복합연구가 필요함.

- 특히, 가연성 샌드위치 패널 및 복합 소재의 외장재를 사용한 건축물의 경우 화재확산이 급격히 일어나기 때문에 화재안정성 확보 방안과 성능평가 기준 마련이 시급함.
- 국내에서도 가연물의 발열량 등을 연소시간에 따라 정량적으로 측정하기 위하여 콘칼로리미터를 사용하여 각각의 구성 재료에 대해서 연소 특성을 평가하고 있지만 소규모 시편(10×10cm)에 국한된 화재실험 방법으로 실제 가연물의 연소 특성 평가는 한계를 가짐.

추진 배경 및 목적

재실자 특성별 화재위험도 평가방법 및 적용기준

- 기존 건축물을 다양한 형태로 이용하는 재실자별 특성이 반영된 화재위험도 평가방법 및 적용기준이 법제화되어있지 않음.
- 재실자 특성별 화재위험도 평가방법 및 적용기준이 법제화가 되지않은 이유로는 화재위험도 평가의 법제화를 위한 기초 연구개발데이터가 뒷받침되지 못했기 때문임.
- 기존 건축물을 이용하는 재실자 및 평가자들이 화재위험성에 대해 사전평가를 수행하여 화재위험경감 계획을 수립할 수 있도록 평가방법 및 적용기준의 연구개발이 필요함.
- 화재위험도 평가방법 및 적용기준 개발을 통한 기존 건축물 재실자별 객관적 평가 토대를 마련하고자 함.

기존 건축물 화재위험도 평가를 위한 내화구조, 연소가스 유해성 및 마감재료 평가방법 및 기준 개발

[주요구조부의 내화성능 평가방법 및 적용기준 선진화]

- 현행 비재하시험에 의한 평가(온도측정)만으로는 합리적인 내화성능 평가 불가
- 단면의 크기 및 스팬의 제한으로 신기술 확산 및 경쟁력 확보의 제약요인이 됨
- 화재시 응력비를 고려하여 내화성능평가시 재하하중을 설정한 합리적 내화설계 필요
- 구조부재의 기준단면 및 경계조건을 설정하고 내화성능평가를 위한 화재응력비 도출
- 주요구조부(보, 기둥, 슬래브)에 대한 화재응력비를 고려한 내화성능평가기준 정립

[건축물 마감재료의 연소가스 유해성 평가방법·기준 및 독성 DB 구축]

- 현 건축물 마감재료의 성능평가기준 중 동물을 사용하는 가스유해성시험(KS F 2271)의 동물실험 대체 시험개발을 위함. 화재시 재실자의 피해원인 중 연소독성가스 흡입에 따른 피해가 최소화를 위해 화재모델과 FT-IR로 건축물 마감재료의 연소가스 DB 및 독성지수 구축으로 성능허용 평가기준 제시를 목적으로 함.
- 건축물 마감재료 중 불연, 준불연, 난연재료는 국토교통부고시 제 2012-624호에 의거 연소독성을 평가를 위해 가스유해성시험을 필수로 적용하고 있음. 본 시험방법은 국외의 경우 동물보호 차원에서 지양됨. 가스유해성시험은 단순 행동정지시간만 측정하여 연소독성 가스의 종류 및 농도에 대한 결과 미비의 문제점을 지님.
- 다양한 건축물 마감재료를 대상으로 화재모델별 연소가스의 정량·정성 분석을 통해 관련 DB를 구축하고 결과를 바탕으로 동물실험이 대체가능한 연소가스 유해성 시험방법을 개발. 또한 연소가스 분석을 통한 DB를 바탕으로 연소독성 지수를 산정하여 건축물 마감재료의 연소독성 허용기준을 제시.

[실대형 화재 시험을 통한 건축물 마감재(내·외장재)의 평가방법 및 기준 개발]

- 현 국내 건축물 마감재의 성능평가기준은 콘칼로리미터를 사용하여 소형시편의 연소 특성을 평가하여 불연, 준불연, 난연재료로 구분하고 있어서 소규모 시편(10x10 cm)에 국한된 화재시험 방법으로 실제 가연물의 연소특성 평가로는 한계를 가짐.
- 따라서 현 건축물 마감재료의 성능평가기준으로는 복합 소재의 수직 화재확산 등과 같은 화재안전성 평가 어려움이 있으므로 실대형 시험으로 성능평가 기준 제시를 목적으로 함
- 건축물 마감재의 화재전파특성평가를 바탕으로 화재확산지수의 정량적 측정 방법을 제시하여 기존 건축물의 내외장재의 화재확산으로부터 화재안정성 확보 방안과 성능평가 기준 마련이 시급함.

대형 화재구획설비의 평가방법 및 적용기준 개발

- 건축물의 대형화 추세에 맞추어 개구부 등에 대형 구획설비가 다양하게 사용되고 있음.
- 대형 설비는 화재 시 소형부재에 비하여 화재에 의한 변형 및 성능저하가 클 것으로 예상되어 평가 및 관리 방법이 요구됨.
- 시험설비 규모의 제한으로 일정 규모 이상은 화재성능 평가가 불가능함.
- 따라서 현재 대형화재구획설비가 별도의 화재성능 검증없이 무제한으로 사용되고 있어 현장에서 적용에 혼란이 발생하고 건축물 화재성능도 확보되지 못하고 있음.

(4) 화재피해 건축물에 대한 진단·평가 및 보수·보강 기술 개발

(가) 연구 추진 목적 및 배경

- 현재 국내·외에서 사용 중인 화재피해 건축물의 진단·평가 방법론은 진단자의 주관성에 의하여 평가결과가 크게 영향을 받을 수 있으며, 이에 따라서 과도한 화재보강 또는 비안전측의 평가결과 도출과 같은 문제점이 발생될 수 있음
- 화재피해 건축물의 진단·평가는 일반적으로 육안검사, 파괴검사 및 비파괴검사를 통하여 수열온도를 추정하고 있으며, 이를 통해 도출된 평가결과는 평가자의 주관적인 판단에 크게 영향을 받고 있음.
- 이 연구개발 과제를 통해서 개발하고자하는 지능정보시스템 기반 객관적 화재손상도평가 및 진단 시스템은 화재피해 입은 건축 구조물의 화재진단을 객관적으로 평가 할 수 있도록 퍼지이론(fuzzy theory)을 도입하여 조사자의 개인적인 주관개입을 최소화하고, 충분한 객관성이 확보된 화재피해 등급을 제공할 수 있는 신개념의 화재손상도평가 및 진단 시스템의 개발이 필요함.
- 또한, 부정확한 추정 수열온도에 근거한 구조부재의 잔존강도는 적절한 구조성능평가를 어렵게 만들기 때문에 많은 실험과 기존실험데이터의 수집을 통하여 노출온도에 따른 구조재료의 다양한 재료특성을 정량적인 방법으로 구체화하여 구조부재 및 구조물의 안전성을 평가할 수 있는 방법의 개발이 필요함.
- 고강도 콘크리트 폭렬억제(방지) 공법 중 콘크리트 제조시 녹는점 200℃ 전후의 유기섬유를 혼입하여 콘크리트내 수증기의 배출통로를 형성함으로써 폭렬현상을 방지하는 메커니즘을 가지고 있는 섬유혼입 공법이 대다수를 차지하고 있음.
- 섬유혼입 공법은 시공용이성 및 경제성 등의 이유로 국내 대다수 건축물의 주요 구조부(50MPa 이상의 고강도 콘크리트 적용부재)에 적용되고 있으나 화재피해를 받은 부재의 구조안전성 및 내구성 평가에 대한 연구는 전 세계적으로 아직 진행된 바가 없음.
- 화재피해를 받은 건축물에 요구되는 내화성은 화재전과 차이가 없기 때문에 내화성에 대한 보수·보강의 회복목표는 설계시의 설계조건을 만족하는 것이 표준임.
- 화재피해에 대한 특별한 보수·보강방법은 없으며, 내구성 열화에 대한 보수·보강 방법을 적용하여 왔음.
- 화재피해를 받은 콘크리트구조물에 대한 보수·보강 후 성능평가 또는 검증이 곤란함.
- 화재피해 구조물의 구조부재 안전성 평가 결과에 따른 합리적인 보수·보강의 범위 및 다양한 대안 공법의 제시를 바탕으로 최적화된 공법이 선정될 수 있는 방법 및 절차가 필요함.
- 이 같은 연구노력을 통하여 국가적 차원에서 낭비될 수 있는 화재복구비용을 최소화하고, 신속하고 적절한 화재 보수·보강 방안제시가 가능할 것으로 기대됨.
- 기존의 화재 데이터 분석이론은 제한된 정보에 의한 단순 통계현황에 기초한 분석에 의존하기

때문에 효율적인 의사결정이 불가능함.

- 2007년도 국가화재정보시스템이 개발됨에 따라 과거에 발생한 화재정보에 대한 각종 데이터의 축적이 가능해졌으며, 통계 및 데이터마이닝 분석기술이 발전함에 따라 기존의 화재정보를 활용한 예측모델 및 시스템 개발이 가능해짐.
- 따라서, 화재 유형에 따른 영향인자(건물구조, 시기, 발화원인, 발화장소, 기상 등) 분석을 통해 화재추세, 위험 예측·경보가 가능하게 하여 화재예방 및 화재피해의 감소효과에 직접 활용할 필요가 있음.

추진 배경 및 목적

화재피해 건축물에 대한 진단·평가 기법 개발 및 건축물의 화재피해 DB구축을 통한 피해 개선방법 개발

[화재피해 건축물에 대한 진단·평가절차 개발]

- 현재 국내에서는 독자적인 화재피해건축물의 진단·평가 방법에 대한 기준이 마련되어 있지 않으며, 일본건축학회에서 제시하고 있는 방법론을 사용하고 있음
- 그러나, 기존 방법론은 평가자에 의한 주관성 개입은 정량적인 진단·평가가 불가능 함
- 진단·평가 시 평가자의 주관성 개입에 따른 과도한 화재보강 및 비안전 측의 평가결과를 초래 할 수 있음
- 따라서, 이 연구에서는 퍼지이론 적용을 통하여 객관성을 확보 할 수 있는 화재피해 건축물의 진단·평가 절차를 개발하고자 함

[화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선방법 개발]

- 2007년 국가화재정보시스템 개발로 과거에 발생한 화재정보에 대한 데이터 축적 가능해짐
- 통계 및 데이터마이닝 분석 기술 발전으로 기존의 화재 데이터를 활용한 예측 모델 및 시스템 개발 가능
- 화재 요인(건물 구조, 화재 발생 시기, 발화 원인, 기상 등)을 분석하여 화재추세, 위험예측·경보 시스템을 개발 운영하여 화재 예방 활동의 효율성 제고

화재피해 건축구조물 안전성 평가방법 개발

- 본 연구는 다양한 구조적 화재 손상요인을 반영하여 구조 실험체를 계획, 각 실험변수에 따른 구조적 손상정도를 평가하여 진단 및 보수·보강에 필요한 객관적인 기초 자료를 제공하고자 함
- 화재피해 건축물의 보강 전/후 및 화재노출 시 구조안전성평가 방법을 개발
- 화재피해 구조물의 안전성 평가 결과를 통해 합리적인 보수·보강의 범위 및 다양한 대안 공법을 제시할 수 있음

화재피해 건축물 부재단위의 강도 보수, 보강 기술 개발

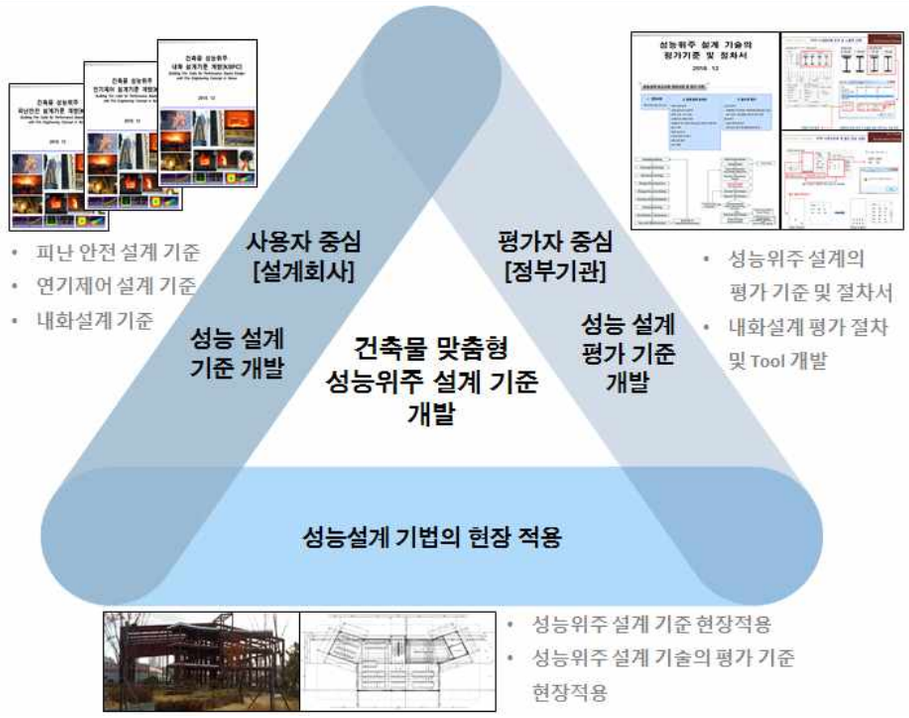
- 화재피해에 구조물의 전용 보수·보강방법은 없으며, 내구성 열화에 대한 보수·보강 방법을 준용하여 적용하는 실정임
- 따라서 화재피해구조물의 전용 보수·보강공법 기술을 개발하고자 함
- 또한, 내화보강공법 적용 건축물에 대한 화재 후 구조안전성 및 내구성 평가, 피해범위에 대한 최적의 보수재료·보강공법 선정시스템을 개발하고자 함

1.3 연구 개발의 범위

가. 건축물의 성능위주 설계기준 및 통합 가이드라인 개발

구분	내용
최종 목표	 [그림 1.3.1] 연구개발의 범위 • 건축물의 용도별 재실자 밀도 기준 개발을 통해 사용자 중심의 성능위주 피난, 연기, 내화 설계기준을 개발하고 이에 대한 적용 적정성을 평가할 수 있는 평가자 중심의 화재안전 설계 평가 절차 및 기준을 개발함. • 기존 건축물의 방화구획 및 내화구조의 화재안전 성능유지를 위한 현장품질관리기준 및 배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인을 개발하고 건축물 실사용자, 노후 건축물 및 공사중인 건축물의 화재예방을 위한 화재안전 가이드라인을 개발함. • 재실자 특성별, 주요구조부 내화성능, 화재설비 시설, 건축물 마감재료에 대한 화재 피해 전 위험도 평가 기술 연구를 통해 보다 합리적인 평가 기술을 개발함. • 화재 피해 후 건축물에 대한 진단 및 평가 절차, 보수 및 보강 기술 등에 대한 연구를 통해 화재 피해 후 건축물의 지속사용이 가능한 기술을 개발함.
세부 목표	**■ [1-1세부] 건축물의 성능위주 설계기준 및 통합 가이드라인 개발** • 건축물 맞춤형 성능위주 설계기준 개발 **❖ 성능위주 화재안전 설계를 위한 재실자 밀도기준, 연기제어기준 개발 및 평가절차·기준 등급화 연구** • 건축물 용도별 재실자 밀도 기준 – 재실자 중심의 건축물 용도분류체계 및 재실자 밀도 기준 현실화로 층수·바닥면적 규정을 대체할 수 있는 재실자 밀도기준 및 적용기준을 설정하고 재실자 밀도 중심 건축사양기준 전환 및 피난용량 기준을 개발함.

구분	내용



[그림 1.3.2] 건축물 맞춤형 성능위주 설계 기준 개발 상호 연계성

- 건축물의 성능위주 연기제어 설계기준
  - 기존의 국내 사양위주 연기제어 설계기준은 공간중심의 건축법과 시설중심의 소방시설법으로 복잡하게 얽혀 있어서 재실자의 연기안전 확보와 소화활동지원에 많은 문제점이 발생되며, 이에 대한 보완방안으로서 건축물과 화재특성에 따른 상호 연기제어 연계성 확보와 통합적 설계가 가능한 성능위주 연기제어 설계기준을 개발하고자 함.
  - 성능위주 연기제어 설계기준은 연기방호의 목적과 목표성능 및 연기시나리오가 포함되며, 세부 연기제어 기법과 설비성능 기준 및 평가방안이 정립될 것으며 최종적으로 국가건축규정에 반영되도록 연구개발이 수행됨.
- 성능위주 설계의 평가절차, 평가기준 및 등급화 기준
  - 국내의 사양설계 방법은 건축법과 같은 법·제도의 적용을 평가하지만, 성능위주 설계에서는 설계자의 성능위주 설계 기준 적용 및 적정 성능 확보 등에 대한 추가적인 평가가 발생함.
  - 본 연구에서는 평가자 중심의 성능위주 설계 기술에 대한 평가 절차, 기준과 등급화에 대한 종합적인 가이드라인을 제시하고자 함.
  - 국내에 도입 및 제정하고자 하는 구조물 성능기반 내화설계 기술 적용의 적정성을 평가할 수 있는 평가자 중심의 화재 공학적 내화설계 평가 절차 및 프로그램을 개발함.

❖ **피난분석의 주요 요소 실험 및 신뢰성 검토 표준 개발**

- 피난설계 시 피난경로 주요 요소 실험표준개발 및 피난분석주요경로요소별 데이터 확보를 위한 실험을 진행하며 이를 기반으로 피난 예측분석도구 검증 및 확인절차 표준을 개발함.

❖ **건축물의 성능위주 피난안전 설계기준 개발**

- 기존의 사양설계 기준의 개선방안과 함께 건물 사용자 및 대피자 중심의 성능기반 피난안전설계 기준과 적용 가이드라인 개발
- 국내외 피난안전설계 기준과 설계사례 분석을 통해 현행 건축물에 적용되는 기준의 개선방안과 보완 방향을 설정

구분	내용
	하여, 경제적이고 합리적인 적용이 가능한 성능위주 피난안전설계기준과 이를 적용할 수 있는 가이드라인을 제시 - 성능설계의 가이드라인에 성능위주 피난안전 설계의 적용범위, 성능위주 피난안전 설계기준 적용을 위한 시나리오 설정기준, 대피자의 피난 불확실성 등 성능설계에 요구되는 항목에 대해 연구하여 그 결과를 포함하여 가이드라인을 제시 - 해외 기준과 연구성과의 차별성 영국과 미국 같은 해외 선진국들은 국내와 비교하여 수십 년 이상 일찍이 성능위주설계를 실시하였고, 많은 경험과 데이터들을 가지고 있고 이를 법 및 기준으로 제시하고 있음. 각 나라에서 시행 중인 성능위주설계제도는 동일하거나 유사한 규정을 제시하기도 하지만 세부적으로는 나라에 따라 공통적인 규정 이외에 자체적인 규정을 제시하고 있음. 이에 맞춰 성능위주 피난안전 설계 가이드라인은 절차나 방법적인 관점에서 해외 기준 및 가이드라인들을 참고하였지만, 세부적인 기준에 관해서 최근 10년간 인명피해가 발생한 국내 화재사례를 고려한 피난 시나리오 개발 및 피난 시간 계산을 위한 입력 값들을 제시하였음 - 국내 기준과 연구성과의 차별성 현재 국내에서 실시 중인 성능위주설계 제도에서는 세부적인 기준을 제시하지 않고 있음. 성능위주설계제도를 실시하기 위한 근거로서 자격과 심의에 관한 내용만 기준으로 제시되고 있음. 성능위주 피난안전 설계 가이드라인은 성능위주설계를 실시하기 위한 세부적인 절차와 규정들을 포함하였고, 일부 중복되는 기준들은 개선된 기준들을 제시하였음. 화재가 발생했을 때 재실자의 피난행동이나 과정에서 가장 피해가 클 것으로 예상되거나, 가장 많이 발생할 수 있는 위험한 상황과 관련된 설계 피난(행동) 시나리오를 설계 화재 시나리오와 구분하여 사용 할 수 있도록 하고, 예비설계와 설계안의 평가에 참고하도록 함. 설계의 확인과 평가 과정에서 피난시간 계산의 객관성과 정확성을 높일 수 있도록, 용도 및 설계 시나리오와 연관하여 시뮬레이션 입력 값을 제시하였음. ❖ **건축물의 성능위주 내화설계 기준 개발** - 현행의 국내 건축물의 내화성능 평가는 건축법규 및 규정에 의한 사양적 내화설계로 진행되므로, 건축물의 화재발생 위험도, 화재크기와 무관한 내화피복공사가 요구되는 불합리성 대두 - 따라서 건축물의 내화성능 평가는 건축물의 용도, 재실자의 밀도 등을 고려한 화재 발생빈도 및 화재 발생 위험성에 따른 내화등급을 설정함. - 각 건축물의 가연물량 및 산소의 공급량 그리고 실내 환경에 따른 화재 크기를 정량적으로 평가할 수 있는 절차와 기준을 제시함. - 화재크기에 따른 각종 건축 구조부재의 구조 안전성 평가 기준을 제시함. - IBC,NFPA와의 차별성 제시 - 현재의 건축물 화재안전평가(내화구조)와의 차별성 제시 ❖ **사용자 및 평가자 중심의 성능위주 설계기준 현장 적용성 평가** - 건축 시공기술의 발달과 구조물 설계기법 등의 발달로 구조물의 형상 및 구성 등의 많은 변화가 발생하였음에도 불구하고 현행 건축법에 의한 사양적 설계기준으로는 화재 안전성과 경제성을 확보가 어려움. - 이에 성능위주 설계대상 설계 대상을 규모, 용도 및 재실자 밀도 등에 따라 다양한 건축물에 반영할 수 있도록 하며, 사양적 설계기준의 명확성을 준용하고 사양적 설계기준 대상으로 적합하지 않은 건축물에 대해 성능위주 설계기준의 대안설계가 병용할 수 있는 법적 근거의 적합성 및 실무적용을 통한 검증 등 보다 구체적이고 효율적인 현장 적용성 평가 기준을 제시함.
세부 목표	■ **[1-2세부]** • 화재안전을 위한 성능유지관리 기법 및 가이드라인

구분	내용



[그림 1.3.3] **화재안전을 위한 성능위주 관리 기법 및 가이드라인 개발 상호 연계성**

❖ **방화구획(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼) 및 내화구조의 화재안전성능 유지를 위한 현장품질관리 기준 개발**

- 건축물에 적용되는 방화문, 방화셔터, 방화댐퍼 및 내화구조 성능 인정 제품의 현장 적용 시 성능의 확인이 가능하도록 하고, 지속적인 유지관리를 통하여 성능이 계속 유지될 수 있도록 적정한 현장품질관리 기준을 제시하는 것임.

❖ **건축물 리모델링, 공사중 화재안전 가이드라인 개발**

- 건설현장 및 건설현장 내의 가설시설 등의 화재안전을 위한 시설 및 설비의 설치, 작업자 및 관리자의 안전관리 및 행동요령, 화재안전을 위한 적업절차 및 관리체계 등 공사현장에서의 화재안전을 위해 필요한 요소를 세분화하고, 이에 적합한 지침을 개발 제시하는 것임.

❖ **실사용자(건축설계자, 재실자, 소방관련 실무자 등)를 위한 화재안전 가이드라인 개발**

- BIM 기술을 기반으로 한 건축물의 실사용자 (건축설계자, 거주자, 소방관련 실무자 등)가 실질적으로 화재로부터 안전성을 확보할 수 있는 교육/훈련 및 피난/소방체계를 구축하고, 사용자경험(UX)을 기반으로 한 화재안전 설계 및 유지관리에 관한 가이드라인을 개발함으로서, 현행 법령 및 기준과 연계한 UX기반 화재안전 가이드라인의 구축하는 것임.

❖ **노후 건축물 밀집지역 화재가이드라인 개발과 노후 신축 시 피난 통로 확보 가이드라인 개발**

- 노후 건축물 밀집지역의 도시정비사업 등에 의한 신축 시 가이드라인을 제시하고자 하는 것으로 낡고 노후화된 건물이 많고 밀집화된 지역에서 화재 관련 사고 발생의 피해를 최소화할 수 있는 예방적 차원의 접근과 화재발생 시 신속한 진압방법을 위한 시스템 구축이 중요함.
- 예방적 접근을 위해서는 화재에 취약한 지역의 위험성평가를 통해 사전에 파악하고, 체계적으로 관리하는 것이 중요하며 이를 위해서는 주변 지역의 특징에 기초한 위험요소를 수치화하여 분류하는 것이 필요하며, 또한, 화재진압을 위한 출동 시 가장 문제점인 이면도로에서 화재발생 지점까지 소방차 접근 방법의 문제점을 해소하기 위하여 주차관리 및 진압방법에 대한 대안을 제시하는 것임.

❖ **배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인 개발**

- 화재시 건축물 내 연기 제어 및 확산방지에 필요한 설비이나 현재 최소한의 사양적 규정만 마련되어 설치 및 성능유지관리 방법이 미비한 배연창, 배연구 및 방화댐퍼에 대한 설치기준 및 성능유지관리기준(성능기준, 성능평가기준)을 포함한 가이드라인을 개발하기 위한 것임.

건축물의 성능위주 설계기준 및 통합 가이드라인 개발

02

연구수행내용 및 성과

2 연구수행내용 및 성과

2.1 건축물의 성능위주 설계기준 및 통합가이드라인 개발(1세부)

2.1.1 서론

가 연구 최종 목표

(1) 건축물 용도별 재실자 밀도 기준 및 피난안전 기준

(2) 성능위주 연기제어 설계 기준(안) 및 세부지침

(3) 성능위주 설계 기술의 평가 절차 및 기준(안)

(4) 피난실험데이터 확보 기술표준 및 지침

(5) 성능위주 피난설계 기준

(6) 성능위주 내화설계 기준

(7) 평가자 중심 내화설계 평가프로그램 개발

(8) 사용자 및 평가자 중심의 성능설계 현장적용

(9) 방화구획 및 내화구조 현장품질관리 기준

(10) 건축물 리모델링, 공사중 화재안전 가이드라인

(11) 건축물 실사용자를 위한 화재안전 가이드라인

(12) 노후 건축물 밀집지역의 화재안전 가이드라인 및 피난통로 확보 기술

(13) 배연창 및 배연구 가이드라인

나 연구의 내용 및 방법

(1) 한국건설기술연구원 : 성능위주 화재안전 설계를 위한 재실자 밀도기준, 연기제어 기준개발 및 평가절차·기준 등급화 연구

[표 2.1.1] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	재실자밀도 조사방법론 및 중점요소 선정	• 건축물 용도분류체계 및 재실자밀도 중점요소 선정
	성능위주 연기제어 설계의 총괄구조 정립	• 국내 건축·소방분야 연기제어 기준 분석 • 국내 성능위주 소방시설 설계 현황 분석 • 선진외국의 성능위주 연기제어 법체계 및 가이드라인 분석 • 성능위주 연기제어 설계의 총괄구조 정립
	성능위주 절차 및 기준 분석	• 국내 평가 인정 제도 분석 • 국외 성능설계 기준 분석 • 성능위주 설계 평가 절차 총괄구조 도출
2차년도	건축물공간용도별 재실자밀도 조사분석 및 기준(안) 개발	• 건축물 공간용도별 재실자밀도 조사분석(주거·판매) 및 기준(안) 개발
	성능위주 연기제어 설계 기법 확립	• 성능위주 연기제어 설계기법에 대한 국외기준 분석 • 성능위주 연기제어 설계의 단계별 세부기법 제시(설계목적 및 성능기준, 설계화제, 연기발달 및 이동, 연기제어 초기설계)
	화재공학 설계 절차서 개발	• 국외 화재공학 설계 기준 분석 • 실험 및 검증을 통한 구체화 • 화재공학설계 절차서 개발
3차년도	건축물공간용도별 재실자밀도 조사분석 및 기준(안)개발	• 건축물 공간용도별 재실자밀도 조사분석(교육·업무) 및 기준(안) 개발
	성능위주 연기제어 설계의 평가방안 도출	• 연기제어 설계의 평가방안에 대한 국내외 자료 검토 • 성능위주 연기제어 설계의 평가기법 범위 설정 • 성능위주 연기제어 설계의 평가기법 적용방안 제시
	화재공학 세부 기준 및 기술평가 절차 분석	• 국외 QDR 절차 분석 • 실험 및 검증을 통한 구체화 • 화재공학설계 가이드라인 및 QDR 플로우차트 개발
4차년도	건축물공간용도별 재실자밀도 기준(안)	• 건축물 공간용도별 재실자밀도 기준(안) 및 산업전시장 조사분석
	성능위주 연기제어 설계의 신뢰성 분석방안 제시	• 수치해석 모델의 타당성 검토 방안 • 수치해석 모델의 유효성 검토 방안 제시
	성능설계 기술평가 절차서 개발	• 국외 QDR 세부기준 분석 • 화재안전 설계 분야별 성능설계 기준 적용 • QDR 세부항목 및 가이드라인 개발

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
5차년도	재실자밀도종합(안)	• 재실자밀도 기준 종합(안) 및 성능위주 피난안전설계 지침 개발
	성능위주 연기제어 설계 기준 확립	• 성능위주 연기제어 설계 가이드라인 제시(총칙, 설계과정 및 단계, 평가방안) • 연기안전을 위한 배연성능 확보방안 제시
	성능설계 평가 절차 및 기준(안)	• 화재안전 제도 정책/제도 제안 • 성능설계 평가 가이드라인 개발
6차년도	건축물의 성능위주 피난안전 설계 가이드라인 최종본	• 성능검증장 구축 및 추가 공간용도(주차장) 재실자밀도 기준 정립
	설계 가이드라인 지침화 및 적용 추진	• 성능위주 연기제어 설계 가이드라인 Case Study 수행 • 성능검증장 배연창 적용 • 성능위주 연기제어 설계 가이드라인 지침화 추진
	성능설계 평가 절차 및 기준 제도화	• 성능위주 설계 평가 절차 도입 • 성능평가장 적용 및 기준 검증

(2) 경민대학교 : 피난분석의 주요요소 실험 및 신뢰성 검토 표준 개발

[표 2.1.2] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	건축피난 주요 요소 실험 표준 개발	• 설계를 위한 피난분석 수계산 모델 수집 및 분석 • 설계 시 피난경로 주요 요소 (복도, 계단, 문, 기타 통과요소)에 대한 유동율(Flow rate) 및 밀도별 이동속도 변화측정 실험 표준 개발
2차년도	건축 피난 요소 별 성능설계 데이터 확보 실험 수행	• 대규모 인원의 복도, 계단, 문에 대한 군집 이동 실험 • 대규모 인원 이동 시 복도, 계단, 문에서의 유동율 및 밀도별 특성 실험 수행 • 계단 및 복도의 합류 및 분류 시 유동율 및 군집 속도 특성 측정실험 수행 • 피난분석 수계산 주요 요소 결정 기준 및 입력 데이터 확보
3차년도	피난 예측분석도구 검증 및 확인 절차 개발	• 예측분석 신뢰성 검증 방안 연구 • 검증 및 확인절차 표준 개발 및 검토 • 검증 및 확인 표준 필요데이터 확보실험 수행 • 소방구조대 및 응급요원 진입에 따른 Counter flow 실험
4차년도	성능위주 피난설계를 위한 경로 요소별 특성 실험 표준 및 피난 예측분석도구의 검증 및 확인 표준의 적용 사례구축	• 피난 데이터 확보 실험에 대한 표준 적용 결과 분석 및 문제점 보완 개선 • 피난 예측분석도구에 대한 검증 및 확인절차 적용 분석 사례 구축

(3) 제주대학교 : 건축물의 성능위주 피난안전 설계 기준 개발

[표 2.1.3] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	성능설계 현황분석 및 성능위주 피난안전 설계 프로세스 개선방안 도출	• 국내외 성능설계 법규 및 절차, 방법 비교 검토, 성능위주 피난설계기준의 성능 수준과 접근방법에 관한 개선방안을 도출
2차년도	성능설계 설계기준의 등급화	• 해외사례비교, 전문가 자문을 통한 피난성능설계 요소별 기준, 요구사항 비교 분석 및 설계기준의 등급화
3차년도	피난시나리오 개발과 가이드라인 초안 작성	• 성능설계 화재시나리오 검토와 피난시나리오 개발, 성능위주 피난안전 설계 가이드라인 초안 마련
4차년도	성능위주 피난안전 설계 기준 및 가이드라인 수정안 작성	• 설계기준, 시나리오 보완을 통한 성능위주 피난안전 설계 가이드라인 도출
5차년도	성능위주 피난안전 설계 지침 및 가이드라인 완성	• 가이드라인 세부 기준 및 변수에 관한 개선 및 성능위주 피난안전 설계 지침 마련
6차년도	가이드라인 적용에 관한 사용자, 전문가 검토 및 가이드라인 개선	• 성능설계 사례적용, 시나리오 및 피난안전설계의 성능평가장 적용, 전문가 평가를 통한 가이드라인 개선안 및 적용방안 도출

(4) 강원대학교 : 건축물의 내화설계 기준 개발

[표 2.1.4] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	국내외 성능기반 법규정 조사	• 국내외 성능기반 법규정 조사 • 문헌 및 방문조사 • 국내외 성능기반 내화설계 네트워크 구축
2차년도	내화등급 세분화에 따른 주요구조부의 시간적 내화성능 부여 기본연구 수행	• 건축 용도별 화재위험성 분석 • 화재 위험성에 따른 건축물 용도 정립 • IBC 성능기반 내화등급 체계화 연구
3차년도	내화등급 세분화에 따른 주요구조부의 내화성능평가 연구수행	• 화재 위험성에 따른 성능그룹과 화재 위험정도에 따른 구조성능 제시 • 구조성능의 범위를 4단계로 구분(약함,보통,심각,극히심각)
4차년도	내화설계기준안 작성 및 고온성능평가 DB구축	• 내화설계 기준 개발 및 전문가 토론 • 강구조, 콘크리트 고온 물성 및 부재 해석 방안 정립
5차년도	내화설계기준안 개발 및 보완	• 내화설계기준 보완 및 전문가 토론 • 콘크리트, 목재의 고온 물성 및 부재 해석 방안 정립
6차년도	내화설계기준안 보완 및 경제성 분석	• 내화설계기준 보완 • 국내 내화설계 사례 및 경제성 분석

(5) 한남대학교 : 건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발

[표 2.1.5] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	국내외 성능위주 내화설계 절차 분석	• 국내외 내화설계에 관한 기준 중 성능적 설계기준에 관한 절차를 분석한다.
2차년도	강구조 성능위주 내화설계 절차 도출	• 1차년도에 분석된 내화설계 절차를 토태로 강구조 건축물의 성능위주 내화설계 평가 프로그램 제작을 위한 평가 순서도를 제작한다.
3차년도	철근 콘크리트 구조 성능위주 내화설계 절차 도출	• 1차년도에 분석된 내화설계 절차를 토태로 콘크리트 건축물의 성능위주 내화설계 평가 프로그램 제작을 위한 평가 순서도를 제작한다.
4차년도	국내형 성능위주 내화설계 평가절차 도출	• 국내 적용 가능한 성능위주 내화설계 평가 프로그램 제작을 위하여 국내 관련 법규를 검토하고 이를 토대로 2차년도, 3차년도 도출된 순서도를 수정·보완한다.
5차년도	성능위주 내화설계 평가 프로그램 개발	• 4차년도에 개발된 평가프로그램을 토대로 비전문가 및 평가자가 손쉽게 사용가능한 강구조 내화설계 평가프로그램을 제작한다.
6차년도	성능위주 내화설계 평가 프로그램 개발	• 4차년도에 개발된 평가프로그램을 토대로 비전문가 및 평가자가 손쉽게 사용가능한 콘크리트 구조 내화설계 평가프로그램을 제작한다.

(6) 목양 : 사용자 및 평가자 중심의 성능설계 현장적용

[표 2.1.6] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	국내외 건축물 성능위주 설계사례분석 및 기준분석	• 국내외 건축물에 적용된 성능위주 설계 사례 선행조사 실시
2차년도	실건축물 사양설계 수행	• 사양설계 기준을 통한 실건축물 설계 수행 실시
3차년도	성능설계 분야별 성능위주 설계기준에 따른 설계 수행 및 설계 절차 분석	• 사양설계 기준을 통해 설계를 수행한 실건축물에 적용되는 분야별 성능위주 기준에 따른 설계 수행 실시
4차년도	성능설계 분야별 성능위주 ITEM 대상 설계안 도출	• 성능설계 분야별 성능위주 ITEM 대상 설계안 도출 및 성능검증장 건물 선정
5차년도	실 건축물성능위주 설계 적용 대상 건축물 선정 및 설계 수행[Test-Bed 건물 설계]	• 성능검증장 성능위주 설계 수행 [Test-Bed 건물 설계]
6차년도	성능위주 설계기준을 반영한 현장 시공 적용성 평가	• Case study를 통한 사양설계 대비 성능설계 비교 및 현장적용성 평가

(7) 방재시험연구원 : 방화구획설비(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼) 및 내화구조의 현장품질관리 기준 개발

[표 2.1.7] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	현장품질관리 관련 제도 및 실태 조사	• 현장품질관리 관련제도 조사 및 품질관리 실태조사
2차년도	현장품질관리 기준(안) 초안 작성	• 관리대상별(방화구획, 내화구조) 및 관리단계별(설계, 시공, 유지관리 단계 등) 현장품질관리 기준(안) 초안 작성
3차년도	현장품질관리 기준(안) 초안 보완	• 현장품질관리 기준(안) 초안 세부내용 작성 및 보완, 현장품질검사, 현장계측 등 품질관리 방법 검토
4차년도	현장품질관리 기준(안) 및 관련 법령 제·개정(안) 작성	• 현장품질관리 기준(안) 최종안 및 관련 법령 제·개정(안) 초안 작성, 유지관리 방법 검토 및 현장품질관리 방법 제시
5차년도	현장품질관리 앱(웹시스템) 개발 및 관련 법령 제·개정(안) 제안	• 현장품질관리 앱(웹시스템) 개발 및 관련 법령 제·개정(안) 최종안 작성 및 제안, 성능검증 실험장 적용 계획 수립
6차년도	성능검증실험장 적용 및 사례 연구	• 성능검증실험장 적용 및 현장품질관리 기준 사례 연구(Case study), 최종 현장품질관리 기준 제시

(8) 서울시립대: 건축물 리모델링, 공사중 화재안전 가이드라인

[표 2.1.8] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	공사현장의 화재위험 특성 분석	• 공사현장의 공간특성 분석, 공사현장의 공사기간 및 공정별 위험특성 분석, 공사현장 위험요인 도출
2차년도	가이드라인 개발을 위한 조사분석	• 국내외 공사현장 화재 안전기준 및 지침분석, 공사현장 위험도 실사분석
3차년도	가이드라인 구성 및 세부요소 작성	• 가이드라인 체계 및 구성 작성, 가이드라인 항목 및 기술요소 검토
4차년도	가이드라인 세부항목 구성 및 가이드라인 초안작성	• 화재안전 관리요소 및 작업자 안전요소 도출, 화재안전 가이드라인 세부항목 구성, 화재안전가이드라인 초안 작성
5차년도	가이드라인 작성	• 가이드라인 작성, 가이드라인 적정화를 위한 검토 보완
6차년도	성능검증 실험장 적용 및 검증	• 성능검증장 실험장 적용 평가, 가이드라인 활용방안 제시

(9) 호서대학교: 건축물 실사용자를 위한 화재안전 가이드라인

[표 2.1.9] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	화재통계분석을 통한 건축물 용도별 화재위험도 맵(Map)작성	• 화재통계분석을 통한 건축물 용도별 화재 위험도 분석 실시하여 화재위험도가 높은 5가시설 도출
	BIM기술기반 화재안전 기술로드맵(Map) 작성	• BIM기술과 화재피난 시뮬레이션 연계방안 기술 분석
2차년도	건축물용도별 실사용자(UX)분석	• 5가지시설의 실사용자 설문조사 실시 및 설문조사 정리
3차년도	사용자경험 UX기반 가이드라인 분석	• 설문조사 실시 및 정리를 통한 건축물 용도별 사용자경험(UX)분석
4차년도	가이드라인(안) 개발	• 설문조사 실시 및 정리를 통한 건축물 용도별 사용자경험(UX)분석 및 가이드라인(안) 개발
5차년도	건축물 실사용자를 위한 가이드라인 수정 및 보완	• 자체 평가 체크리스트 구축 및 가이드라인을 활용한 Case Study
6차년도	건축물 실사용자를 위한 가이드라인 수정 및 보완	• 피난안전성평가 Tool 및 가이드라인 Case Study

(10) 가천대학교: 노후 건축물 밀집지역의 화재안전 가이드라인 및 피난통로 확보 기술

[표 2.1.10] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	노후 건축물 밀집지역 가이드라인 적용범위 선정	• 노후 건축물 밀집지역 실태조사 및 화재사례 조사를 통한 가이드라인 적용대상 선정
2차년도	노후 건축물 밀집지역 화재위험요소 발췌 및 위험도 평가기준 수립	• 현장실사, 화재사례 조사를 통해 화재위험요소를 설비적·구조적·환경적 특성으로 구분하여 도출
3차년도	노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인(안) 작성	• 노후 건축물 밀집지역의 예방적 차원의 관리방안으로 소방방재 분야, 전기 분야, 가스 분야의 화재 및 피난 가이드라인(안) 작성
4차년도	노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인 완성	• 노후 건축물 밀집지역에 적합한 소방방재 분야, 전기 분야, 가스 분야의 표준설계 지침이 반영된 화재 및 피난 가이드라인 완성
5차년도	화재위험도 현장평가를 통한 가이드라인 검증 및 실용화	• 가이드라인 검증 및 실용화를 위한 화재위험도 현장평가(주거 밀집지역/전통시장)
6차년도	성능검증장 적용을 통한 운영 및 평가	• 개발한 가이드라인 내 표준설계지침을 성능검증장에 적용하여 피난 안전성 검증

(11) 대한기계설비산업연구원 : 배연창 및 배연구 가이드라인 개발

[표 2.1.11] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
2차년도	배연창, 배연구 성능평가 및 성능기준 개발	• 국내외 기준과 현황조사를 통한 핵심구성요소 분석 및 개선사항 도출
3차년도	배연창, 배연구 가이드라인 개발	• 배연창, 배연구 항목별 요구사항과 개선안 도출 및 가이드라인(안) 작성

(12) GFS: 주변 환경을 고려한 자기 보상기능을 가진 감지기 개발

[표 2.1.12] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	자료 수집 및 보상 기능 기술 검토	• 설치 환경에 따른 감지기의 비화재보 자료 수집 및 주변환경에 대한 보상 기능 기술 검토

2.1.2 성능위주 화재안전 설계를 위한 재실자 밀도기준, 연기제어 기준개발 및 평가 절차 기준 등급화 연구

건축물 공간용도별 재실자밀도 조사분석 및 기준(안) 개발

가 건축물 용도분류체계 및 재실자밀도 중점요소 선정

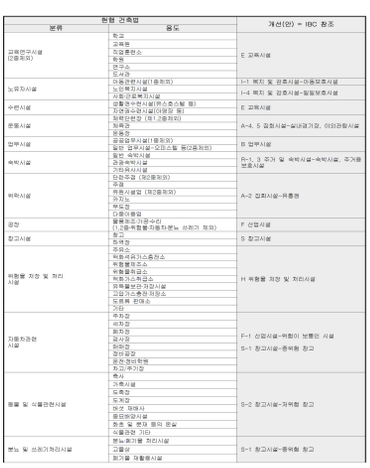
국내 재실자밀도 기준에 대하여 개별법령의 산재되어있는 기준을 통합하고, 주요 공간용도에 대한 재실자밀도 기준의 적정성을 검증하기 위하여 건축물의 용도분류체계를 정립하고, 재실인원 산정에 요구될 수 있는 조사방법론 등 중점요소에 대한 분석을 수행하였다.

(1) 재실자밀도 조사방법론 분석

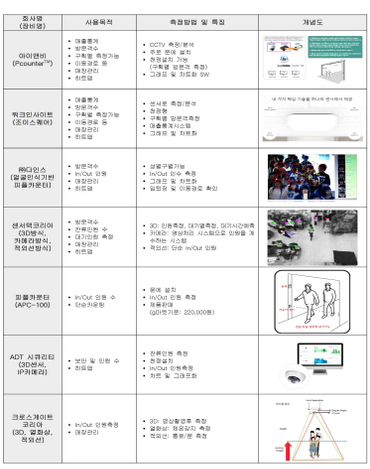
재실자밀도는 건축물의 유형에 따라 정원유형이 분류될 수 있는데 이에 대하여 정원없음, 정원고정 및 정원변화로 조사방법론을 유형화하였으며, 공간용도 중심으로 재실자밀도 조사방법론을 검토하였다. 또한 CCTV, 센서 등을 활용한 PCS(People Counting System) 방법을 적용할 수 있는 것을 확인하고 전문가 의견조사를 통해 조사 우선순위 공간용도를 선정하였다.

(2) 건축물 용도분류 재정립

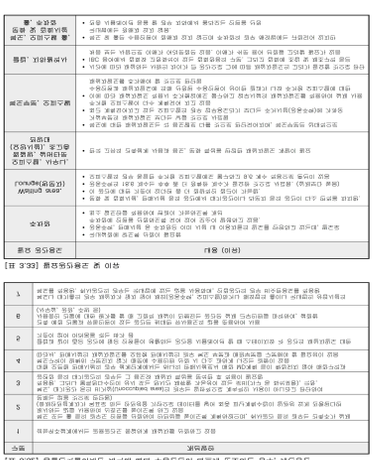
국내 건축물의 용도분류는「건축법」에 기인하고 있으나 개별법령(소방관련법, 초고층재난관리법 등)에 의해 성능위주 피난안전설계를 수행할 때 적용되어야 하는 화재위험적인 관점에서는 별도의 재분류가 요구된다. 이에 건축물의 용도는 기본적으로 IBC(International Building Code)의 10개의 대분류와 이용형태에 따른 분류로 구분하고, 현재「건축법시행령」체제로 운영되는 것에 대한 공간용도별의 개선(안)을 도출하였다.



〈건축물 용도분류체계 정립 예시〉



〈조사방법론 분석결과 예시〉



〈전문가 의견조사 결과 예시〉

[그림 2.1.1] 건축물 용도분류체계 및 재실자밀도 중점요소 선정 결과

나 건축물 공간용도별 재실자밀도 조사분석(주거·판매) 및 기준(안) 개발

1차년도에서 조사된 전문가 의견조사결과 및 조사방법론을 중심으로 불특정 다수인이 상주하는 시설 중 주거 및 판매시설에 대하여 문헌 및 실측조사를 수행하여 현행 재실자밀도 기준과의 관계를 분석하였다. 또한 재실자밀도 기준을 정립하기 위한 프로세스를 제안하였으며, 그 결과를 토대로 재실자밀도 기준(안)을 제안하였다. 특히 건축물 공간용도에 대하여 문헌조사와 현장조사에 대한 구체적인 조사방법론을 분석하였다.

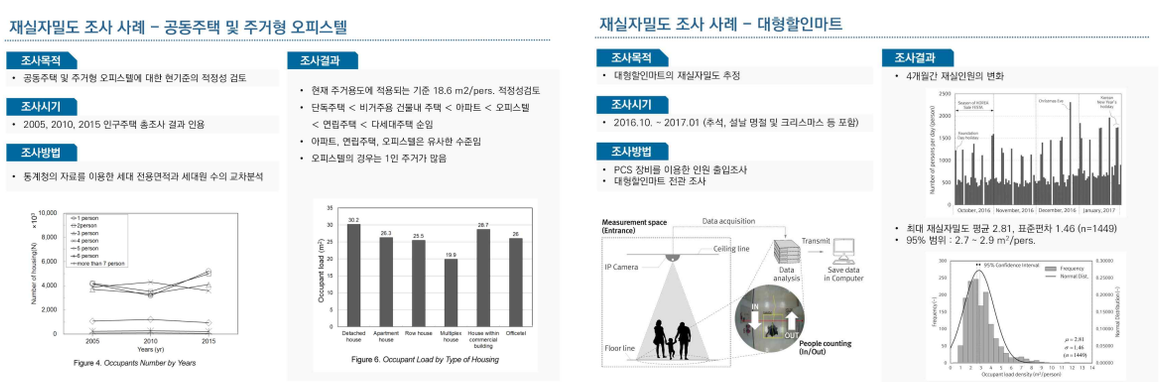
(1) 주거 및 판매시설의 재실자밀도 조사 및 분석

(가) 주거시설

주거시설에 대한 조사는「인구주택총조사」에 의거하여 조사를 수행하였으며, 통계청의 자료를 이용하여 세대 전용면적과 세대원 수의 교차분석을 실시하였다. 그 결과 현재 주거용도에 적용되는 기준 18.6 ㎡/인의 적정성을 검토하였으며 아파트, 연립주택 및 오피스텔은 유사한 수준이며 1인 주거의 증가에 대한 것을 확인하였다.

(나) 판매시설

판매시설은 우리나라의 대표시설인 대형할인마트를 검토하였으며 약 4개월에 걸친 조사를 PCS를 이용해 실시하였다. 그 결과 최대 재실자밀도는 평균 2.81±1.46 ㎡/인으로 조사되었으며 95% 신뢰구간 범위는 2.7 ~ 2.9 ㎡/인으로 도출되었다.



〈주거시설 재실자밀도 조사결과 요약〉 〈판매시설 재실자밀도 조사결과 요약〉

[그림 2.1.2] 주거 및 판매시설에 대한 재실자밀도 조사 및 분석

(2) 재실자밀도 기준 정립을 위한 프로세스 검토

재실자밀도 기준을 설계에 적용하는 것에 있어서는 설계되어지는 건축물의 용도, 유형 및 위치 등과 관계가 있으며, 적용하는 방법에 대해서 논의가 필요하다. 이를 위해서 화재위험접근법을 이용하여 화재가 발생될 확률에 근거하여 지역별 편차 등에 대하여 프로세스를 제안하였으며, 특히 건축물 용도별로 적용될 수 있는 범위에 대하여 분석하였다. 이를 위해 설계안전율의 개념을 제안하고, 이를 통한 재실자밀도 조사방법에 대한 기초자료를 구축하였다.

다 건축물 공간용도별 재실자밀도 조사분석(교육·업무) 및 기준(안) 개발

1~2차년도에 조사된 결과를 토대로 본 차년도에서는 문헌조사를 중심으로 교육시설 중 학교와 업무시설에 대하여 분석하였다. 조사방법으로는 시설과 관계되는 법령에 따른 설치 및 설계기준을 중심으로 분석하고, 실제로 제시되고 있는 사례에 대해서 검토하였다. 특히 학교의 경우에 있어서는 저출산 문제로 인구구조 변화에 따른 대응이 요구되는 특징이 발견되었으며, 재실자밀도 기준의 변화에 대한 대응 측면을 확인할 수 있었다.

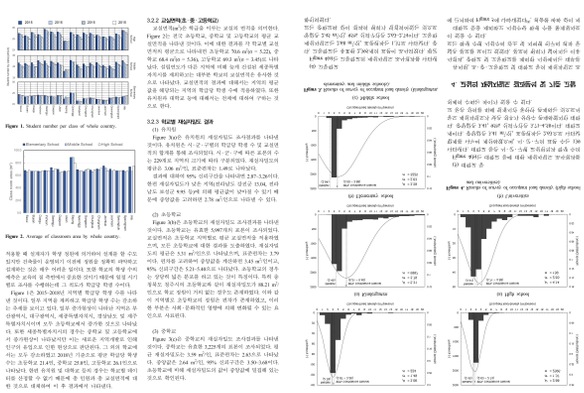
(1) 교육 및 업무시설의 재실자밀도 조사 및 분석

(가) 교육시설(학교)

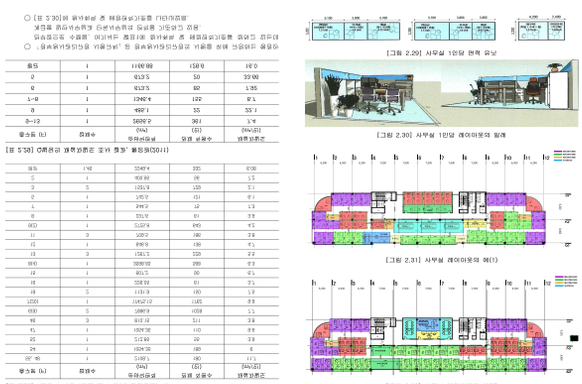
학교에 있어서는 교실이 중심으로 이루어지고 있으며, 교무실이나 매점 등과 같은 공간에 있어서는 다른 공간용도의 기준으로 적용이 가능하다. 교실의 경우는 제한되어 있는 교실면적에 따른 학생인원을 중심으로 파악되어야 하며, 이에 유치원, 초등학교, 중학교, 고등학교 및 대학교와의 차이를 분석하였다. 그 결과 각 학교유형마다 차이를 보였으나 현재의 기준과의 적정하다고 판단하였다. 하지만 현재 수준에서의 평가이며, 향후 교실의 형태가 변화되거나 사회적인 변화에 대응하는 측면을 고려해야 한다.

(나) 업무시설

업무시설은 종래에도 많은 연구자들에 의해 조사된 건물 용도로서 현재의 기준과의 차이는 나타나지 않았다. 한편, IBC등의 해외기준에서는 사무실에 대한 면적유형의 변화(콜센터 등) 등 사회적인 변화에 따른 재실자밀도 기준을 개정하고 있기 때문에 국내의 여건변화에 따른 차등된 분석에 대하여 조사방법론에 대해 제안하였다.



〈교육용도 재실자밀도 조사결과(논문발췌)〉



〈업무용도 재실자밀도 조사결과 예시〉

[그림 2.1.3] 교육 및 업무시설에 대한 재실자밀도 조사 및 분석

(2) 재실자밀도 기준(안) 개발

1~3차년도까지 정리된 재실자밀도 기준에 대하여 성능위주 피난안전설계 가이드라인을 수립하기 위한 자료를 검토후 각 연구기관과 협의를 진행하고 이를 반영하였다.

라 건축물 공간용도별 재실자밀도 기준(안) 및 산업전시장 조사·분석

본 연구에서는 성능위주 피난안전설계 가이드라인과 기준(안)을 기관과의 협의를 통해 도출하고 재실자밀도 기준에 대해 가이드라인과의 교차분석을 실시하였다. 또한 1~3차년도까지 진행되었던 주요 공간용도별 재실자밀도 조사에 대하여 PCS를 이용한 산업전시장을 분석하고, 이에 대한 결과를 재실자밀도 기준에 적용하였다. 특히 제천화재와 밀양화재를 통해 국토교통부 화재안전 TF에 참여하여 현재의 화재위험에 대한 피난안전기준에 대한 개정 등을 수행하였다.

(1) 성능위주 피난안전설계 가이드라인 초안 작성 및 조사방법론 정립

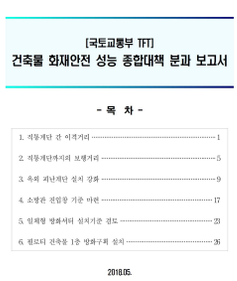
재실자밀도 조사결과 및 전문가 의견수렴을 통해 건축물의 성능위주 피난안전설계 가이드라인 내에 재실자밀도 기준에 대한 부분을 제안하였다. 다양하게 적용될 수 있는 재실자밀도 기준에 대하여 기준 외에 실측조사를 통해 얻을 수 있는 재실인원 산정방법 등을 수록하였다. 또한 화재안전 성능종합대책에 대하여 국토교통부와 화재위험에 대해 제·개정할 수 있는 사안에 대하여 관계 전문가들과의 협의를 통해 피난안전 관련 제도 제안을 수행하였다.

(2) 산업전시장 재실자밀도 조사 및 분석

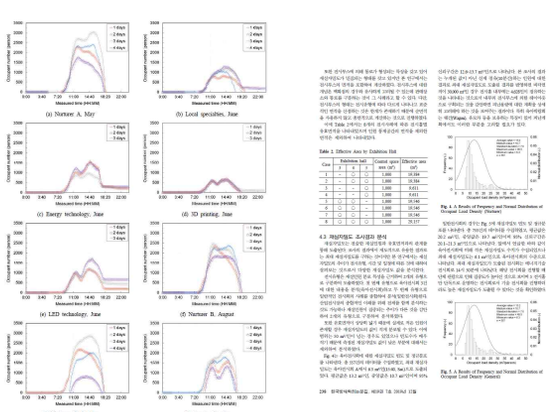
국내 산업전시장은 다양한 전시홀로 구성되어 있고 전시유형에 따라 방문하는 재실인원의 편차가 존재한다. 현재 재실자밀도 기준으로 적용되어 있는 수치는 상당히 높은 값으로 제시되고 있어 현황에 대한 조사가 요구되었다. 산업전시장에 대해 조사하기 위해 약 6개월간 산업전시장에 대한 8개의 산업전시회를 분석하였으며, 그 결과 육아박람회와 같은 밀집도가 높은 전시회와 일반전시회로 구분될 수 있었으며, 최대 재실자밀도 6 m^2/인으로 도출되었다. 다만, 조사된 표본이 1개의 표본으로 산정하였기 때문에 보다 거시적인 관점에서의 협의가 요구되었으며, 전문가들의 의견을 수렴한 결과 현재 재실자밀도 기준을 유지하되 다양한 건축물에 대한 현황조사 결과를 토대로 추후 개선하는 방법을 채택하였다.



〈조사방법론 정립〉



〈정부지원활동〉



〈산업전시장 재실자밀도 조사분석〉

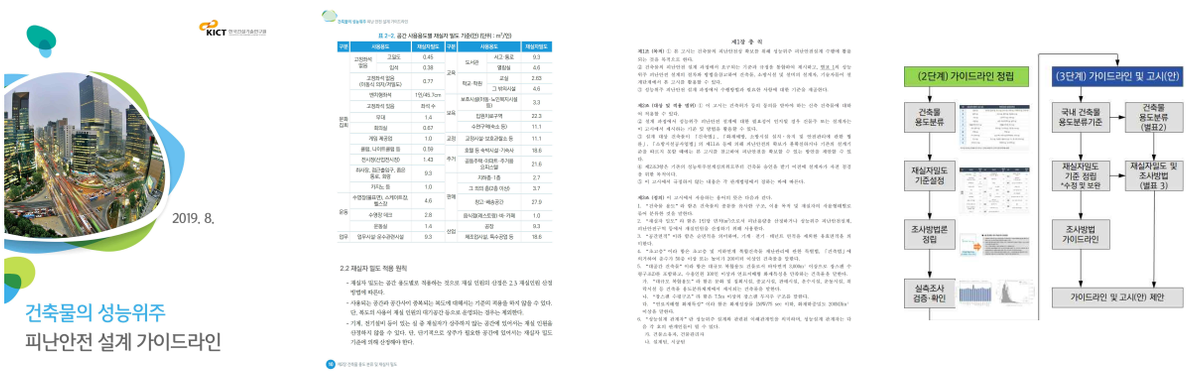
[그림 2.1.4] 가이드라인 초안 작성 및 재실자밀도 기준(안)

마 재실자밀도 기준 종합(안) 및 성능위주 피난안전설계 지침 개발

본 연구는 건축물의 성능위주 피난안전설계 가이드라인을 개발한 결과를 토대로 지침 및 고시를 제안하고, 이를 통해 보다 현실적인 설계에 적용하기 위한 재실자밀도 기준을 개선하였다. 또한 재실자밀도 기준에 적용되지 않는 공간용도인 버스 및 역사터미널에 대한 공간에 대하여 실측 및 문헌조사를 병행하여 재실자밀도 조사 및 분석을 수행하였다.

(1) 성능위주 피난안전설계 가이드라인 및 고시(안) 작성

이전 차년도에서 진행한 성능위주 피난안전설계 가이드라인에서 재실자밀도 기준의 구체화 및 조사기반 자료 반영 등을 수행하였으며, 용어의 정의 등과 같이 가이드라인을 사용자 중심의 수정·보완을 진행하였다. 또한 피난안전기준과 관련된 제도(직통계단 설치기준 등)에 대한 법령반영 등의 성과를 도출하고, 관련 현안 문제 등을 검토하였다.

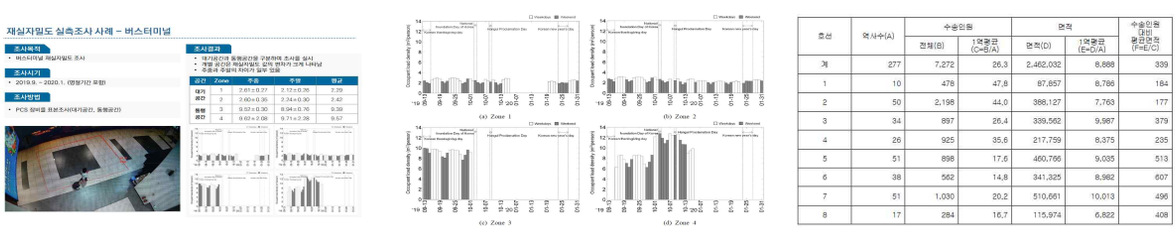


〈가이드라인 제안〉 〈고시(안) 제안〉 〈고시안 프로세스〉

[그림 2.1.5] 성능위주 피난안전설계 가이드라인 및 고시(안) 제안

(2) 버스 및 역사터미널에 대한 재실자밀도 조사 및 분석

버스 및 역사터미널의 공간용도에는 재실자밀도에 관한 기준이 전무한 실정이며, 실제로 재실인원을 파악하고, 이를 활용하는 측면에서 빈도가 낮아 실질적인 문제점으로 부각되지 못한바 있다. 하지만 최근에는 터미널과 연계되는 건축물들이 건설되는 점을 감안한다면 설계시 활용될 수 있는 재실자밀도 기준의 근거를 마련할 필요가 있다. 이에 버스터미널에 대해서는 PCS를 이용해 실측 표본조사를 진행하였으며, 역사 터미널은 현재 이루어지고 있는 자료를 근거로 해 역사별 개찰구 유출입 인원을 중심으로 도출하였다.



호선	역사수(A)	수송인원		면적		수송인원 대비 환산면적 (F=E/C)
		전체(B)	1역평균 (C=B/A)	면적(D)	1역평균 (E=D/A)	
계	277	7,272	26.3	2,462,032	8,888	339
1	10	478	47.8	87,657	8,766	184
2	50	2,198	44.0	388,127	7,763	177
3	34	897	26.4	339,562	9,987	379
4	26	925	35.6	217,759	8,375	235
5	51	898	17.6	460,766	9,035	513
6	38	562	14.8	341,325	8,982	607
7	51	1,030	20.2	510,661	10,013	496
8	17	284	16.7	115,974	6,822	408

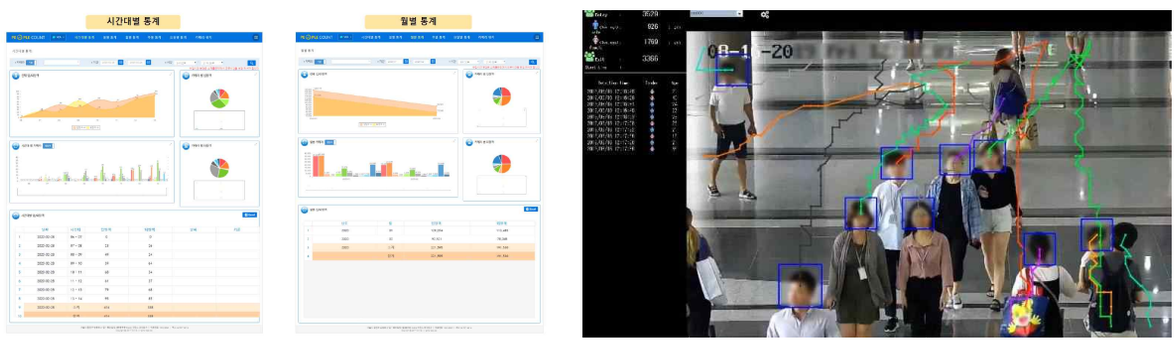
[그림 2.1.6] 버스 및 역사터미널 재실자밀도 조사 및 분석결과

바 성능검증장 구축 및 추가 공간용도(주차장) 재실자밀도 기준 정립

성능위주 피난안전설계 지침과 관련하여 국토교통부 관계자와 협의를 진행하고, 성능위주설계에 대한 사례연구(Case Study)에 대하여 재실인원 관점에서 진행 중에 있다. 또한 지속적으로 연구진행을 하면서 수행하였던 PCS에 대하여 성능검증장에 적용을 통해 건축물의 유지관리 측면이나 용도에 대한 고려를 통해 보다 현실적인 시스템 마련을 확인하고 한다. 특히 2차년도 전문가 의견조사에서 진행되었던 주차장 공간에 대한 기본사항을 확인하고, 주차장의 재실자밀도 기준에 대한 추가검토를 수행해 최종적인 재실자밀도 기준에 적용하도록 하고 있다.

(1) 성능검증장 PCS 설치 및 효과 검증

성능검증에 CPS를 적용하여 건축물 내 출입하는 인원에 대한 재실인원 산정 및 실시간 모니터링을 통하여 현장의 재실인원의 파악(성별, 연령), 최대 수용인원 제한 등 피난안전에 관한 방법을 효과성을 검증하고자 한다. 현재 재실자밀도 기준은 인원의 수만을 평가하고 있지만 향후에는 보다 현실성이 있는 설계를 위해 피난 시뮬레이션 등의 활용에서 연령에 대한 비율 등을 검토할 필요가 있다. 이를 위해 통계적인 접근이 필요할 수 있으나 이는 용도별로 다르게 나타날 수 있는 부분이 있기 때문에 접근 가능한 수준에서의 검토가 필요할 것으로 판단된다.



[그림 2.1.7] 성능검증장 PCS설치 및 효과검증 사례

(2) 주차장 용도의 재실자밀도 조사 및 전문가 검증

현재 주차장과 관련되어서는 미국, 홍콩, 뉴질랜드, 영국 및 싱가포르에서 적용하고 있으며, 국내의 성능위주설계에서는 일반적으로 영국 BS 9999를의 1대당 2인의 재실자밀도를 적용하고 있다. 하지만 국내의 주차장의 대부분은 건물내 진입을 위해 자동차를 주차하기 위한 용도로만 적용되고 있어 실제 재실인원이 존재하는 부분은 적지만 위험성 측면에서 안전성 검토를 수행하고 있다. 특히 간헐적으로 심의위원에 따라 1대당 4인을 적용해야 한다는 의견과 인원을 최소화해야 한다는 의견이 대립되어 있어 명확한 가이드가 필요한 상황이다.

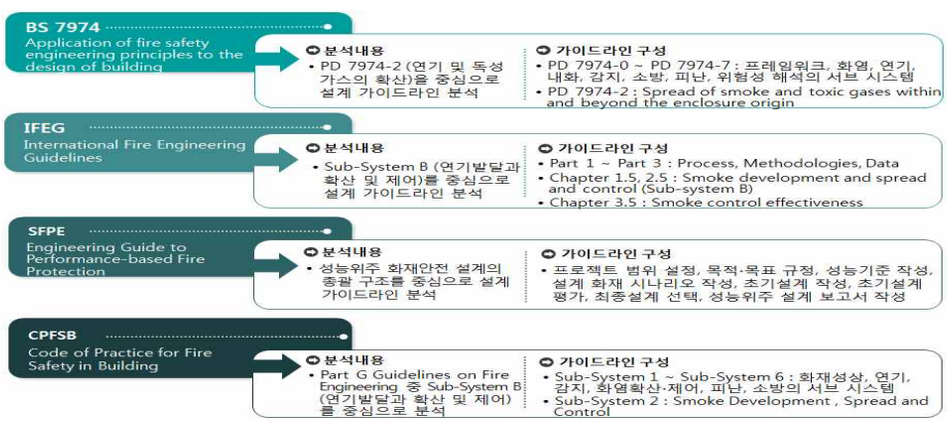
이에 국내 주차장법에 근거하여 설치기준을 분석하고, 해외의 기준과의 검토를 통해 적정한 설계기준을 마련할 필요가 있으며, 현재 전문가 의견조사와 더불어 주차장화재의 위험성을 감안한 기준을 분석하고 있다.

성능위주 연기안전설계기준 개발

가 성능위주 연기제어 설계의 총괄구조 정립

(1) 선진외국의 성능위주 연기제어 법체계 및 가이드라인 분석

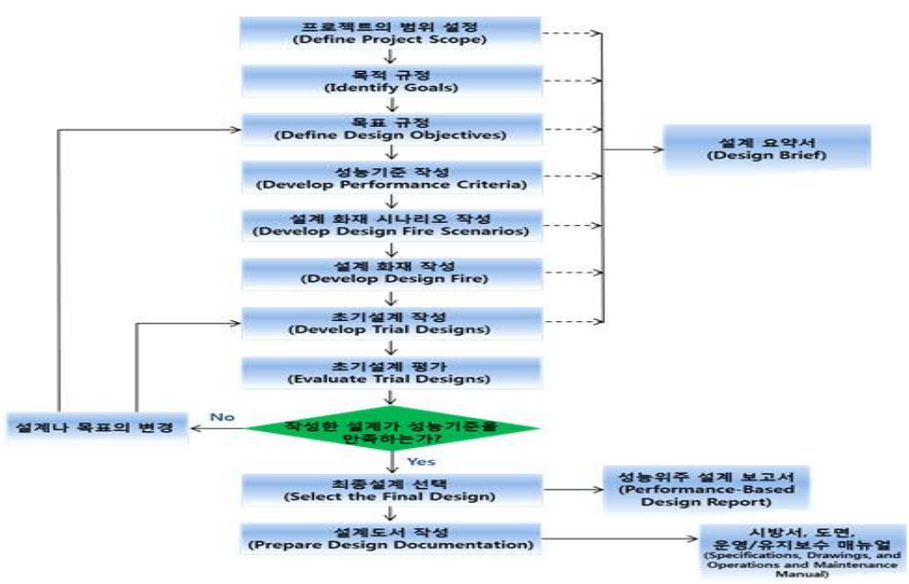
본 연구에서는 선진외국(영국,호주,미국,홍콩)의 성능위주 설계 법체계 조사·분석하였으며, BS 7974, International Fire Engineering Guidelines, Engieering Guide to Performance-based Fire Protection, Code of Practice for Fire Safety in Building등의 주요 가이드라인에 대해 분석을 수행하였음.



[그림 2.1.8] 선진외국의 성능위주 연기제어 설계 관련 가이드라인 분석

(2) 성능위주 연기제어 설계의 총괄구조 정립

본 연구에서는 국내외 분석자료를 바탕으로 성능위주 연기제어 설계의 총괄구조 정립하였고, 총괄구조의 각 주요 단계에 대해서 세부구조를 도출하였음.



[그림 2.1.9] 성능위주 연기제어 설계의 총괄구조 정립

나 성능위주 연기제어 설계 기법 확립

(1) 성능위주 연기제어 설계기법에 대한 국외기준 분석

본 연구에서는 성능위주 연기제어 설계 분야의 선진외국 기준을 조사하고 분석하였으며, 구체적으로 “연기제어 설계목적 및 성능기준”, “설계화재”, “연기발달 및 이동”, “연기제어 초기설계”, “연기제어 설계 평가”의 5개 분야에 대해서 호주, 싱가포르, 미국, 영국 등의 선진외국 설계 기준 및 지침을 분석하였음.

구분	한국	호주	뉴질랜드	캐나다	싱가포르	미국 (SFPE)	미국 (NFPA5000)	영국	홍콩	일본
연기제어 설계목적 및 성능기준	소방시설 등의 성능위주 설계 방법 및 기준	Building Code of Australia	New Zealand Building Code	National Building Code of Canada	Singapore Fire Code	SFPE Guide	NFPA 5000	Approved Document B	HK Code	건축기준법
설계화재		IFEG	IFEG	IFEG	IFEG	SFPE Guide	NFPA 92 NFPA 204	BS 7974	HK Code	
연기발달 및 이동		IFEG	IFEG	IFEG	IFEG	SFPE Guide	NFPA 92 NFPA 204	BS 7974	HK Code	
연기제어 초기설계		IFEG	IFEG	IFEG	IFEG	SFPE Guide	NFPA 92 NFPA 204	BS 7974	HK Code	
연기제어 설계 평가		IFEG	IFEG	IFEG	IFEG	SFPE Guide	NFPA 551	BS 7974	HK Code	
IFEG : International Fire Engineering Guidelines SFPE Guide : SFPE Engineering Guide to Performance-based Fire Protection HK Code : Code of Practice for Fire Safety in Buildings										

[그림 2.1.10] 성능위주 연기제어 설계에 대한 국외기준 분석

(2) 성능위주 연기제어 설계의 단계별 세부기법 제시

국외의 성능위주 연기제어 설계에 대한 분석을 통해서 성능위주 연기제어 설계 단계별로 수행해야 하는 세부내용과 그에 따른 세세부내용을 정리하여 제시하였음.

단계	구분	주요내용	세부 핵심사항	참조 기준
설계목적 및 성능기준	설계목적	연기제어의 설계목적	· 재실자의 안전한 피난 · 소방대원의 소방활동 지원	· 호주,뉴질랜드,캐나다의 Building Code · 싱가포르 Fire Code, 홍콩 Fire Safety Code · 미국 SFPE Guide, NFPA 5000 · 영국 Approved Document B, BS 7974 · 한국 소방시설 등의 성능위주 설계방법 및 기준
	성능기준	연기제어의 성능기준	· 열적 영향, 독성, 가시도, 연기높이, 차압, 방연풍속	
설계화재	화재성장	플래쉬오버 이전 단계	· 실규모 실험 자료, 통계 및 화재사고 자료, t^2 화재곡선, 정상상태 곡선	· International Fire Engineering Guidelines (IFEG) · SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection (SFPE Guide) · NFPA 90, NFPA 204 · BS 7974 · 홍콩 Code of Practice for Fire Safety in Buildings (Fire Safety Code)
		플래쉬오버 단계	· 플래쉬오버 발생 조건	
		플래쉬오버 이후 단계	· 환기지배형 화재	
	설계화재 결정	발열량-시간 곡선	· 점화,발달,완전발달,소멸	
		화염 특성	· 화염높이	
연기발달 및 이동	구획실내 연기발달	수트 및 독성가스 생성량	· 수트(soot) 생성량, 독성가스 생성량	· International Fire Engineering Guidelines (IFEG) · SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection (SFPE Guide) · NFPA 90, NFPA 204 · BS 7974, · 홍콩 Code of Practice for Fire Safety in Buildings (Fire Safety Code)
		연기 발생량	· 축대칭 플룸 모델	
		연기층 높이	· 정상상태, 비정상상태	
		연기층 온도	· 열역학 법칙	
	연기이동	연기이동 구동력	· 구획실내 부력, 연돌효과, 풍압, 연소가스 팽창	
		수평/수직 이동	· 수평 연기이동, 수직 연기이동	
연기제어 초기 설계	제연	가압, 유동, 부력, 구획	· 피난경로 · 대피공간 급기가압, 방연풍속, 대공간 축연, 칸막이 구획, 제연경계벽 구획	· IFEG, IBC, SFPE Guide, NFPA 90, NFPA 204, BS 7974, 홍콩 Fire Safety Code
	배연	자연배연, 기계배연	· 창 · 배연구, 스모크 타워, 급기, 배기, 급배기	

[그림 2.1.11] 성능위주 연기제어 설계의 단계별 세부기법 제시

다 성능위주 연기제어 설계의 평가방안 도출

(1) 성능위주 연기제어 설계의 평가기법 범위 설정

연기제어의 초기설계안에 대해서 다음 각 호를 참조하여 초기설계안의 평가를 수행함.

① 실규모 실험, ② 축소모형 실험, ③ 수치해석, ④ 그 외 공학적으로 타당한 평가기법

(2) 성능위주 연기제어 설계의 평가기법 적용방안 제시

초기설계안의 평가를 수행하기 위한 주요 평가기법의 적용에 대한 세부사항은 다음의 각 호를 참조하도록 함.

① 실규모 실험

㉮ 연기제어의 실규모 실험은 실험이 잘 설계되고 실험결과가 효과적으로 분석될 수 있도록 연기제어 이론에 근거할 필요가 있음.

㉯ 연기제어의 실규모 실험에 대해서, 실험 책임자는 연기제어 이론, 연기제어 설계 그리고 실규모 화재실험 분야에서 상당한 전문지식을 확보해야 함.

㉰ 연기제어 실험과 관련된 서류로서 최소한 프로젝트 계획, 안전확보 계획 그리고 최종 보고서 등이 제시되어야 함.

② 축소모형 실험

㉮ 축소모형 실험은 상사법칙을 바탕으로 수행되어야 함. 즉 연기유동 현상의 무차원수들이 보존되도록 축소모형 실험을 수행하도록 함.

㉯ 모든 무차원수를 보존하는 것은 가능하지 않지만, 보존되지 않은 무차원수의 영향이 크지 않도록 실험조건을 상정하여야 함.

㉰ Froude 모델링이 연기유동의 축소모형 모델링에 대해서 가장 일반적으로 적용하는 방법임.

㉱ 축소모형의 유동이 완전히 발달된 난류라고 가정하면, Reynolds number의 영향은 크지 않으며, 이를 위해서 축소모형의 주요 대표길이가 0.3 m 이상이 되도록 함.

③ 수치해석

㉮ 수치해석은 기본적으로 질량보존, 운동량보존 및 에너지보존 법칙의 차분화를 사용한 수치해석모델이 주로 사용되고 있으며, 해석범위와 정도에 따라 네트워크 모델, 존 모델 및 필드모델이 사용될 수 있음.

㉯ 네트워크 모델은 구획당 1개의 control volume을 상정하여 건축물내 수 많은 구획을 포함할 수 있으며 화재실에서 상당히 떨어진 공간에 대한 정보도 예측할 수 있음. 존 모델은 화재구획 안에서 1개 이상의 control volume을 상정하고 필드 모델은 수많은 control volume을 상정함. 네트워크 모델의 수치해석 프로그램으로는 CONTAM 또는 동등 이상의 성능을 가진 것으로 함.

㉰ 네트워크 모델에서 건축물은 동일한 압력과 온도를 가지는 구획으로로 나누어짐. 이러한 구획은 누기개구부와 수직통로를 통해 서로 연결됨. 일반화된 오리피스 유동 방정식이 주어진 유동 경로에서 질량유량과 압력차의 관계를 결정짓는 과정에 사용됨. 초기에 모든 구획에서 압력이 가정되고, 그후 질량유량 균형이 모든 구획에서 이루어질 때까지 반복 기법에 의해 압력이 점진적으로 조정됨.

㉱ 존 모델에서는 화재가 발생한 구획내 공간을 고온의 연기를 포함하는 상층공간과 외기온도의 공기로 구성되는 하층공간으로 구분하여 연기유동을 해석함. 각 상층공간과 하층공간의 온도와 연기농도 및 다른 가스의 농도는 시간에 따라 균일하다고 가정함. 화재는 대수방정식에 의해 기술되는 부력의 플롬으로

모델링됨. 존 모델의 수치해석 프로그램으로는 CFAST 또는 동등 이상의 성능을 가진 것으로 함.

㈐ 필드 모델은 질량, 운동량, 에너지 보존을 포함하는 3차원, 비정상, 비선형의 편미분방정식을 기초로 함. 필드 모델은 이러한 편미분방정식을 대수방정식의 계로 차분화하고 수치적 방법에 의해 대수방정식을 풀도록 함. 화재구획에서 공간과 시간에 따라 온도, 압력, 속도, 농도값을 구할 수 있으며, 이를 위해서는 화재구획을 수많은 control volume으로 나누어야 함. 필드 모델의 수치해석 프로그램으로는 FDS, CFX, Fluent 또는 동등 이상의 성능을 가진 것으로 함.

라 성능위주 연기제어 설계의 신뢰성 분석방안 제시

연기제어의 초기설계안에 대한 평가를 수행하기 위해 선택한 평가기법에 대해서는 기법의 타당성(Verification)과 유효성(Validation) 검토 등을 포함하여 신뢰성을 확보하도록 함. 여기서 언급한 신뢰성 확보를 위해 검토해야 하는 주요 사항은 아래와 같은 내용을 참조하도록 함.

(1) 수치해석 모델의 타당성 검토 방안 제시

① 수치해석 모델의 타당성 검토는 지배방정식이 정확하게 해석되는지를 결정하는 과정으로서 주로 수치적 에러 부분의 검토를 수행함.

② 수치해석 모델에 대한 수치적 에러의 검토는 다음 각 호를 참조하여 수행함.

㉮ 격자 민감도 해석 (Grid sensitivity analysis)

㉯ 시간간격 제한 (Time step constraint)

㉰ 잔차기준 (Residual criteria)

㉱ 물리량의 보존성 (Conservation of appropriate quantities)

㉲ 해석적 해와의 비교 (Comparison with analytic solution)

㉳ 다른 수치해석 프로그램과의 비교 (Comparison with another numerical program)

㉴ 기타 공학적으로 타당한 수치적 에러의 검토 방법

(2) 수치해석 모델의 유효성 검토 방안 제시

① 수치해석 모델의 유효성 검토는 계산방법이 실제 현실을 정확하게 표현하는 정도를 판단하는 과정으로서 입력 불확실성과 물리적 모델 불확실성 부분의 검토를 수행함.

② 수치해석 모델에 대한 입력 불확실성의 검토는 다음 각 호를 참조하여 수행함.

㉮ 유동장의 기하학적 구조 (Domain geometry)

㉯ 경계조건 (Boundary conditions)

㉰ 유체특성 (Fluid properties)

㉱ 물리적 입력 변수 (Physical input parameter)

㉲ 기타 공학적으로 타당한 입력 불확실성의 검토 방법

③ 수치해석 모델에 대한 물리적 모델 불확실성의 검토는 다음 각 호를 참조하여 수행함.

㉮ 난류, 연소, 열전달 등의 하위모델 (Submodels)

㉰ 가정에 의한 간략화 (Simplifying assumptions)
㉱ 기타 공학적으로 타당한 물리적 모델 불확실성의 검토 방법

(3) 연기안전을 위한 배연성능 확보방안 제시

본 연구에서는 고층 건축물에서 외기 풍속이 존재하는 경우 배연창의 배연성능을 확보하기 위한 능동적인 방안으로서 “배연유로 확보를 통한 배연창의 배연성능 개선 방안”을 제시하고자 함. 이에 대해서 구체적으로는 다음과 같이 세부방안을 제시함.

① 고층건물의 배연창 창틀과 배연창 문짝 사이에 배연유로가 확보되는 것을 특징으로 하는 배연창
② 배연창 문짝 외측으로 빠른 공기 흐름이 생성됨으로써 배연유로 상부 지역에서 기류의 유인효과가 생성되도록 하는 배연창 문짝 형상을 특징으로 하는 배연창
③ 배연창 문짝 외측으로 빠른 상승 공기 흐름이 더욱 효과적으로 생성되도록 배연창 문짝의 길이가 증가하는 기능을 특징으로 하는 배연창
④ 평상시 배연창 문짝이 배연창 창틀 안에 위치하여서 창문의 기능을 수행하다가 화재 발생시 배연창 창틀이 회전하여 개방되는 것과 동시에 수평 이동으로 배연창 창틀과 배연창 문짝 사이에 배연유로를 확보하도록 하는 구조를 특징으로 하는 배연창

마 성능위주 연기제어 설계 기준 확립

(1) 성능위주 연기제어 설계 가이드라인 제시

성능위주 연기제어 설계는 연기안전의 목적과 성능기준 설정, 설계화재에 따른 연기발달과 이동의 분석, 연기제어 초기설계의 작성 및 초기설계에 대한 정량적 평가의 주요 과정을 수행하여야 한다. 성능위주 연기제어 설계 가이드라인의 주요 내용은 아래와 같음.

[표 2.1.13] 성능위주 연기제어 설계의 단계별 세부기법 제시

장	항목	주요내용	참조내용
제1장	1. 목적	성능위주 연기제어 설계에 관한 기술지침을 규정함을 목적으로 함.	
	2. 적용범위	화재공학적 기반의 대안적 설계에 적용 및 시방적 연기제어 설계 기준이 제시되지 않은 대상에 적용	
제2장	1. 설계과정	참조 1과 같은 주요과정을 수행하여야 함	[참조1] 성능위주 연기제어 설계의 주요 설계과정
	2. 설계목적	재실자의 안전한 피난 / 소방대원의 소방활동 지원 / 그 외 특수한 연기안전 설계목적	
	3. 성능기준	열적영향 / 독성 / 가시도 / 연기높이 / 차압 / 방염풍속 / 그 외 필요한 성능기준	[참조2] 성능위주 연기제어 설계의 성능기준
	4. 설계화재	실규모 실험 자료 / 통계 및 화재사고 자료 / t2화재 곡선 / 정상상태 곡선 / 그 외 공학적으로 타당한 자료	[참조3] 플래쉬오버 이전 단계의 화재성장 [참조4] 플래쉬오버 이후 단계의 화재성장 [참조5] 화염의 높이
	5. 구획실내 연기발달	수트(soot)와 독성가스의 생성량 등을 작성함. 연기발생량을 산정함. 연기층의 높이와 온도를 산정함.	[참조6] 수트(soot)와 독성가스 생성량 [참조7] 연기발생량 [참조8] 연기층의 높이와 온도
	6. 연기이동	구획실내 부력 / 연돌효과 / 풍압 / 연소가스 팽창 / 그 외 연기이동에 영향을 미치는 인자	[참조9] 연기이동의 영향 효과
	7. 연기제어 초기설계	가압(압력차) / 유동 / 부력 / 구획 / 자연배연 / 기계배연 / 그 외 연기제어 설계기법	[참조10] 연기제어 설계기법
	8. 초기설계 평가	공학적 방법을 이용하여 초기설계안이 성능기준을 만족하는지 평가를 수행함.	
	9. 평가결과에 따른 조치	성능기준 만족시 설계 보고서를 작성함. 성능기준 불만족시 연기제어 초기설계 내용을 변경하여 설계과정을 다시 수행함.	
	10. 설계 보고서 작성	성능위주 설계의 주요 조건과 과정 및 결과 등에 대한 보고서를 작성하여 제출함. 설계목적, 성능기준, 설계화재, 연기발달, 연기이동, 초기설계, 설계평가 등의 내용을 포함함.	
제3장	1. 평가기법의 범위	실규모 실험 / 축소모형 실험 / 수치해석 / 그 외 공학적으로 타당한 평가기법	
	2. 평가기법의 적용	주요 평가기법의 적용에 대한 세부사항은 참조 11을 참조함	[참조11] 평가기법의 적용에 대한 세부사항
	3. 평가기법의 신뢰성 평가	선택한 평가기법에 대해서는 기법의 타당성과 유효성 검토를 포함하여 신뢰성을 확보함.	[참조12] 평가기법의 신뢰성 확보에 대한 세부사항

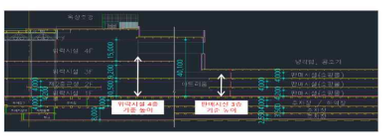
바 설계 가이드라인 지침화 및 적용 추진

(1) 성능위주 연기제어 설계 가이드라인 Case Study 수행

주상복합 건축물의 주거용 오피스텔 배연창 적용, 복합 쇼핑몰의 대공간 기계배연 설비 적용 및 주거복합 건축물의 지하주차장 연기제어 설비 등에 대해서 성능위주 연기제어 설계 가이드라인을 적용한 Case Study를 수행하였음. 각 경우에 대해서 사양기준에 의한 설계, 성능위주 소방설계기준에 의한 설계 및 가이드라인에 의한 설계의 수행내용을 분석하였으며, 이를 통해 성능위주 연기제어 설계 가이드라인의 특징과 활용가능성 등에 대해서 검토하였음.

설계목적 • 재실자의 안전한 피난

성능기준 • 연기높이 : 바닥으로부터 1.8 m 기준
- 판매시설 3층 기준 : 연기높이 14.6 m
- 위락시설 4층 기준 : 연기높이 26.9 m



설계화재 • 대공간(아트리움)내 최대 발열량 : 4.0 MW (아트리움 화재)

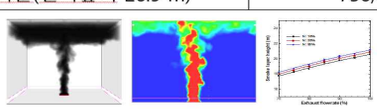
연기발달 • 판매시설 3층 기준 → 연기발생량 : 323,000 m^3/hr
• 위락시설 4층 기준 → 연기발생량 : 756,000 m^3/hr

(관련식 : $m = \left(0.071 Q_c^{1/3} z^{5/3}\right) + 0.0018 Q_c$)

초기설계 • 기계배연 설비를 통한 기계배연

구분	기계배연 풍량
판매시설 3층기준 (연기높이 14.6 m)	323,000 m³/hr
위락시설 4층기준(연기높이 26.9 m)	756,000 m³/hr

설계평가 • 수치해석 또는 실험



목표달성? • 기계배연 풍량 및 4.0 MW 발열량 조건에서 수치해석 또는 실험의 결과로 연기높이가 유지 ?

설계 채택 • 성능기준의 연기높이가 유지된다면 설계안으로 채택

[그림 2.1.12] 복합 쇼핑몰의 대공간 기계배연 설비 적용에 대한 Case Study 일부

(2) 성능검증장 배연창 적용

본 연구단에서는 한국건설기술연구원 화재안전연구소 부지내에 연구에서 개발된 결과의 실증을 위한 성능검증장을 건립하고 있으며, 본 연구에서는 성능위주 연기제어 설계 가이드라인을 적용하여 배연창을 설계하였으며 설계안에 따라 성능검증장에 배연창을 설치하였음. 또한 배연창 부근에 키오스크 시스템을 설치하여 성능위주 연기제어 설계 가이드라인의 개요 소개와 배연창 동작이 수행되도록 하였음.



[그림 2.1.13] 성능검증장 배연창 시스템 적용 전경

성능위주 평가절차·기준 등급화 연구

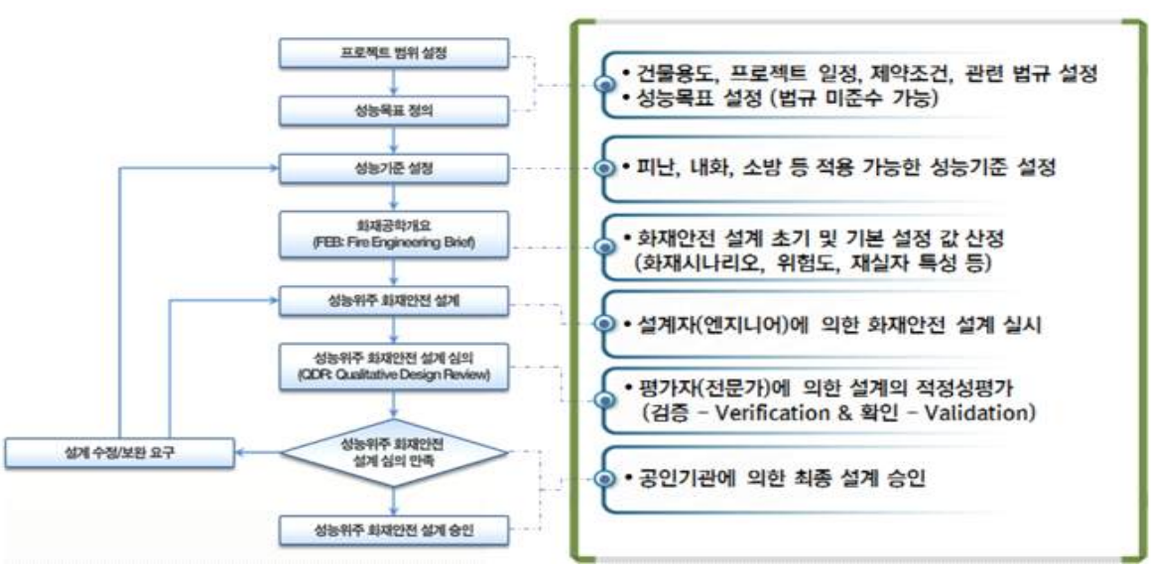
가 성능위주 설계 평가 절차 총괄구조 도출

국내 사양설계 평가에 대한 법·제도의 분석을 통해 성능설계 평가 기법의 적용성 가능성을 분석하였고, 국외 성능설계 평가 기준 분석을 통한 국내 성능설계 평가 방법의 방향성을 정립하였음.

국내 건축 관련 인증 절차에 대한 분석 대상은 사전재해영향성검토 협의제도, 내화구조 인정제도, 건설신기술 지정제도, 녹색신기술 인정제도를 선정하였으며 국외 성능설계 절차의 경우 뉴질랜드, 미국, 일본, 영국 등을 대상으로 분석을 수행하였음.



[그림 2.1.14] 국내 · 외 인증절차 분석



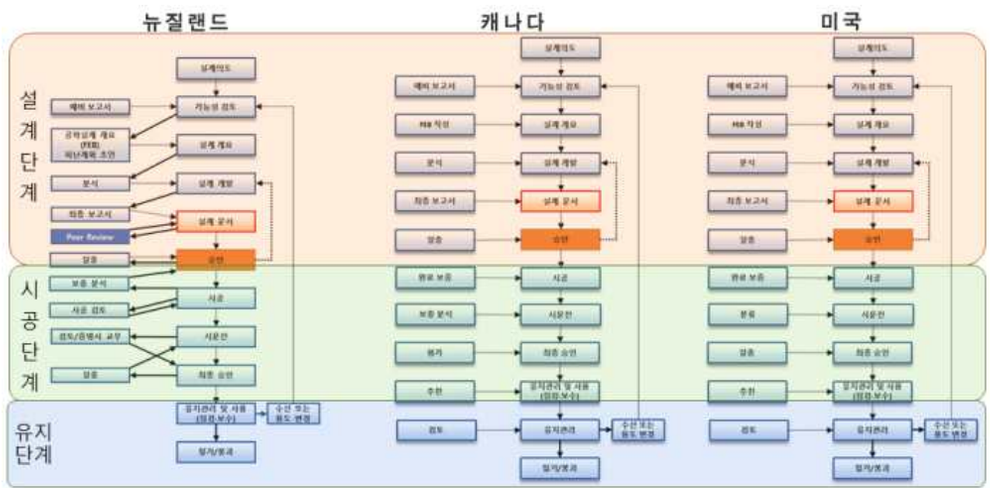
[그림 2.1.15] 성능위주 설계 평가 절차

나 화재공학 설계 절차서 개발

(1) FEB(Fire Engineering Brief) 개발

(가) 건축물 화재안전 Life-Cycle 도출

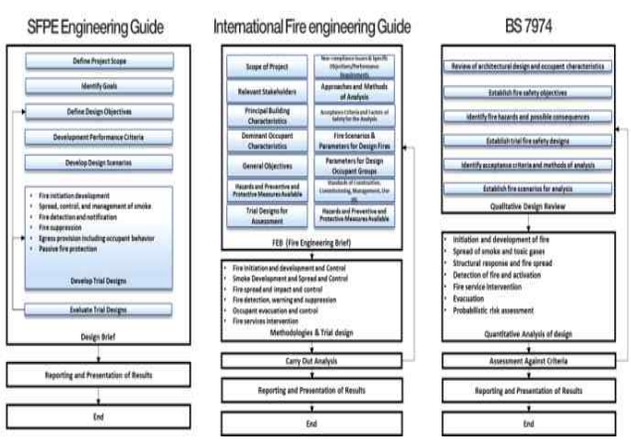
국가별 화재안전 관련 건축물의 생애주기(Life-Cycle)을 분석하여, 국내 건축물의 일반적 생애주기 및 법규 절차에 맞게 국내에 적용 가능한 화재안전 생애주기를 도출함.



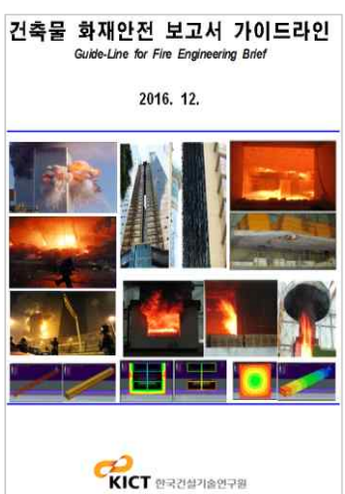
[그림 2.1.16] 건축물 화재안전 Life-Cycle 및 단계 구분

(나) 화재공학개요(FEB) 설계 절차서 도출

화재안전 생애주기 중 화재공학개요(FEB) 절차를 국외 기준 분석을 통해 도출하였으며, 국외에서 제시하고 있는 화재공학 개요 범위, 고려하는 인자 항목, 평가 방법 등은 모두 상이한 상황이다. 따라서 국내에 적용 가능한 절차 도출을 위해 고려 대상인자 선정을 수행하였으며, 기존에서 제시하는 개요 설정 범위를 재구성함.



[그림 2.1.17] FEB 절차서 분석



[그림 2.1.18] 화재안전 보고서

다 화재공학 세부 기준 및 기술평가 절차 분석

(1) 성능위주 화재안전 설계의 평가 지침(안)

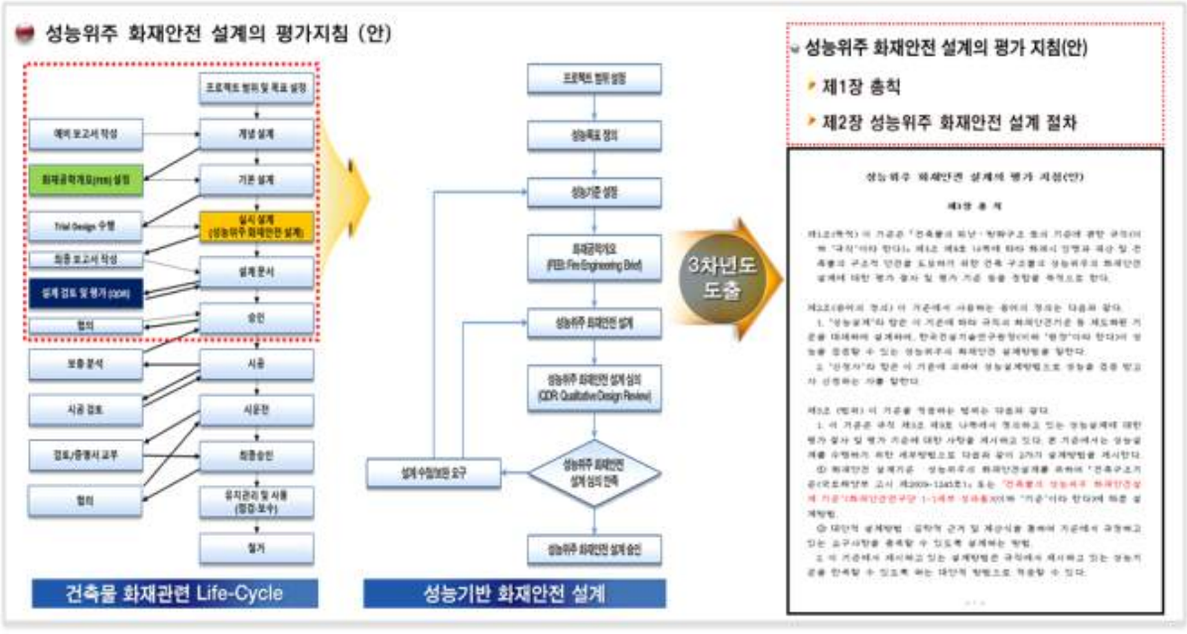
(가) 성능위주 화재안전 설계의 평가 지침(안)

이 기준은 「건축물의 피난 · 방화구조 등의 기준에 관한 규칙(이하 “규칙”이라 한다)」제3조 제9호 나목에 따라 화재시 인명과 재산 및 건축물의 구조적 안전을 도모하기 위한 건축 구조물의 성능위주의 화재안전 설계에 대한 평가 절차 및 평가 기준 등을 정함을 목적으로 함.

이 기준은 규칙 제3조 제9호 나목에서 정의하고 있는 성능설계에 대한 평가 절차 및 평가 기준에 대한 사항을 제시하고 있음. 본 기준에서는 성능설계를 수행하기 위한 세부방법으로 다음과 같이 2가지 설계방법을 제시하고 설계방법은 규칙에서 제시하고 있는 성능기준을 만족할 수 있도록 하는 대안적 방법으로 적용할 수 있음.

① 화재안전 설계기준 : 성능위주의 화재안전설계를 위하여「건축구조기준(국토해양부 고시 제2009-1245호)」또는 “건축물의 성능위주 화재안전설계 기준”(화재안전연구단 1-1세부 성과품)(이하 “기준”이라 한다)에 따른 설계방법

② 대안적 설계방법 : 공학적 근거 및 계산식을 통하여 기준에서 규정하고 있는 요구사항을 충족할 수 있도록 설계하는 방법



[그림 2.1.19] 성능위주 화재안전 설계의 평가 지침(안)

(나) 건축물의 성능위주 화재안전 설계 가이드라인

이 가이드라인은 건축물의 성능위주 화재안전 설계의 평가를 마련하는데 있어 이 규정에서 정하는 화재안전 목표를 준수하는 지침과 화재안전설계를 위한 공학설계의 절차 및 이를 수행하는 유용한 방법에 대한 지침을 마련하는데 있음.

라 성능설계 기술평가 절차서 개발

(1) 화재공학설계 및 분석 가이드라인

일반적인 화재공학설계의 과정은 일반적으로 다음 같이 진행됨.

① 서브시스템 A : 발화. 화재성장 및 제어 - 화재과학 원리 및 기본사항

② 서브시스템 B : 연기발생, 확산 및 제어 - 인명안전, 연기이동 고찰. 가시성 및 연기층의 온도를 평가하기 위하여 연기성장 평가

③ 서브시스템 C : 화재확대, 영향 및 제어 - 화재확대는 설치된 화재안전 설비에 의하여 제한이 가능하고 화재 성장기, 플래시오버 전 및 후의 화재를 평가하는데 있어서는 인명안전 및 재산상의 화재영향에 대한 평가

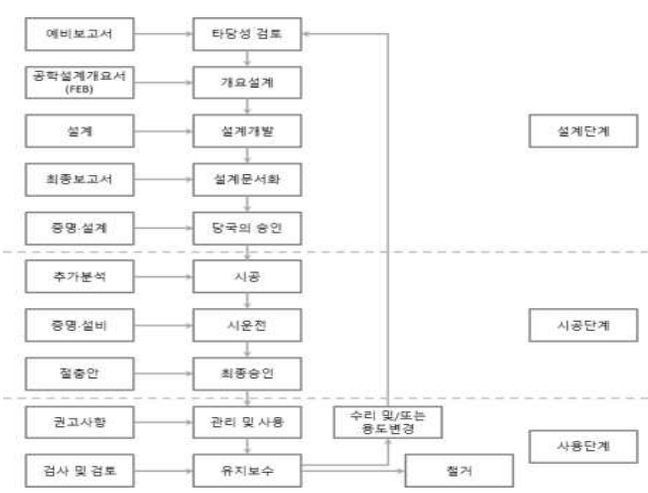
④ 서브시스템 D : 화재 감지. 경보 및 진압 - 화재감지, 경보 및 자동소화시스템이 항상 작동가능한 지를 확인하기 위하여 수행되는 정기적 검사, 시험 및 유지관리와 함께, 화재 위험요소, 관련 기준과 관계가 있는 능동적 화재안전 설비

⑤ 서브시스템 E : 거주자 피난, 제어 - 거주자의 행동 예측 및 피난은 거주자 특성과 설치된 화재안전 설비의 분석에 근거해야 함.

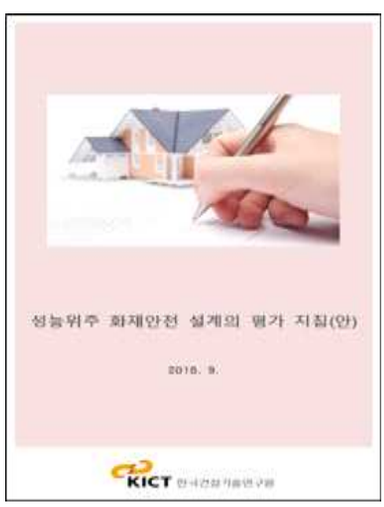
⑥ 서브시스템 F : 소방대 개입 - 소방대의 상호작용이 평가

[표 2.1.14] 서브시스템별 평가 절차

서브시스템A	서브시스템B	서브시스템C	서브시스템D	서브시스템E	서브시스템F
SS-A	SS-B	SS-C	SS-D	SS-E	SS-F
화재발생& 성장&제어	연기발생& 확산&제어	화재확대& 영향&제어	화재 감지, 보&진압	거주지 피난 &제어	소방대 개입



[그림 2.1.20] 건축물 화재공학설계 절차



[그림 2.1.21] 성능위주 평가 절차서

마 성능설계 평가 절차 및 기준(안)

(1) 성능위주 화재안전 설계 검증절차

(가) 성능위주 화재안전 설계 승인 담당자의 역할

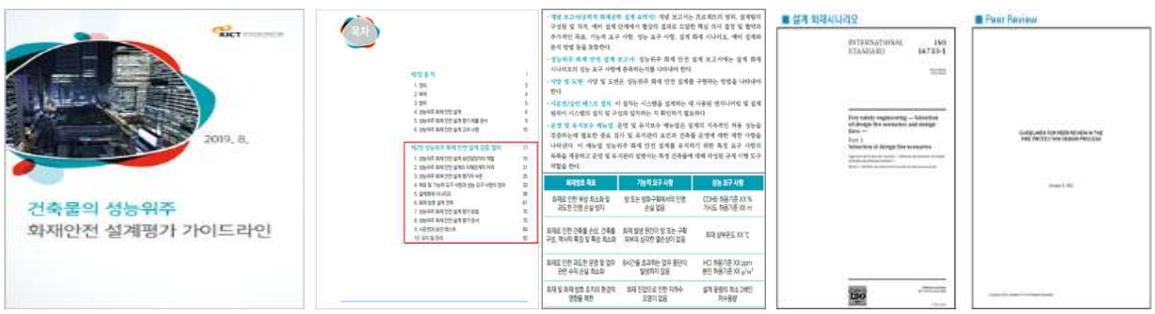
성능위주 화재안전 설계 또는 사양적 화재안전 설계의 대안적 설계를 개발하는 동안의 설계 및 검토 과정에서의 승인담당자의 역할을 제시함.

[표 2.1.15] 성능위주 화재안전 설계 검증 절차

성능위주 화재안전 설계 범위 설정
검증 및 승인담당자 설정
검증 및 승인을 위한 방법론 결정
설계 담당자와 협력하여 제도적 승인을 위한 성능위주 화재안전 설계의 목표와 기능적 요구사항을 구체화 및 명확화
성능위주 화재안전 설계 목표, 기능적 요구사항, 성능 요구사항, 설계 화재시나리오와 평가 방법 등을 포함한 제안의 검토 및 합의
평가 및 성능위주 화재안전 설계의 목표, 기능적 요구사항과 성능 요구사항을 비교 검토
성능위주 화재안전 설계의 승인 또는 재설계 요구
성능위주 화재안전 설계 목표, 설계 사양, 설계 보고서, 평가 내용과 유지관리 매뉴얼 등에 대한 문서화 작업
승인된 성능위주 화재안전 설계의 준수 확인
성능위주 화재안전 설계의 성능 유지를 검증할 수 있는 프로그램 및 문서화 작업

(나) 성능위주 화재안전 설계 평가자의 수준

모든 기능을 갖춘 성능위주 화재안전 설계를 하려면 설계 및 분석이 올바르게 수행되었는지 여부와 채택된 규정의 요구 사항을 충족하는지 여부를 검토 되어야 하며 이를 수행할 수 있는 설계 평가자가 요구됨.

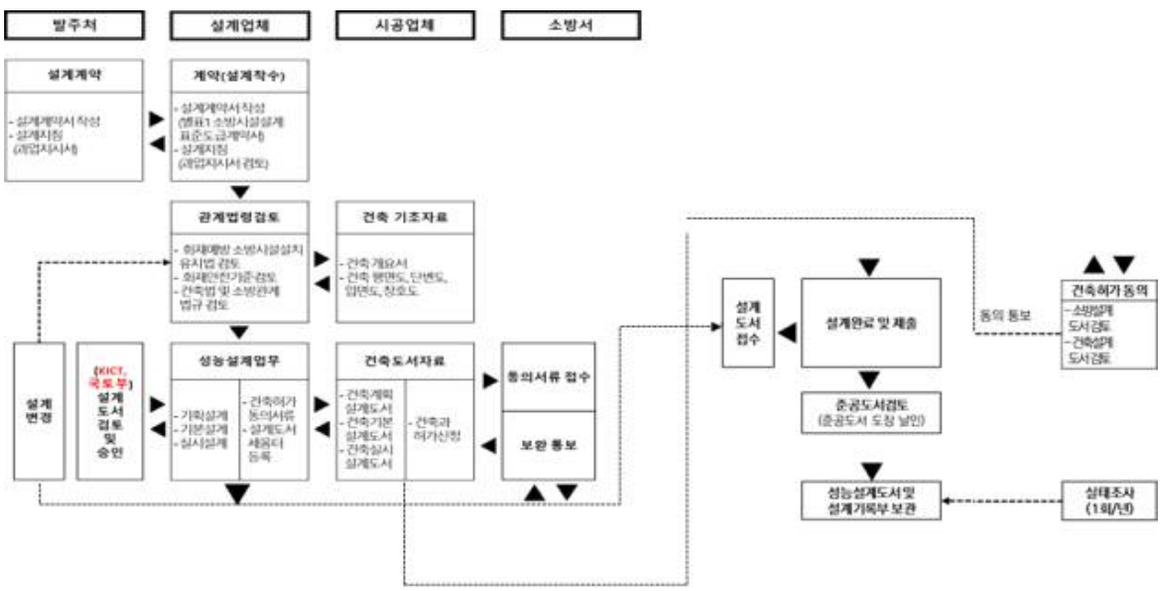


[그림 2.1.22] 건축물의 성능위주 화재안전 설계평가 가이드라인

바 성능설계 평가 절차 및 기준 제도화

(1) 성능위주 설계 평가 절차 도입

본 연구에서는 성능위주 화재안전 설계의 국내 도입 및 활성화를 위한 한국형 화재안전 성능인증 체계 및 건축물 화재안전 성능인증 제도(안)을 제시



[그림 2.1.23] 성능위주 화재안전설계 평가 절차(안)

(2) 성능평가장 적용 및 기준 검증

화재안전연구단에서 개발 및 제안된 정책 제도의 실효성을 평가하기 위해 성능평가장을 구축하고 이를 통해 제도 및 기술의 보급

[표 2.1.16] 성능평가장 적용 아이템 및 설치 장소

번호	항목	설치장소	키오스크	종합관제실	번호	항목	설치장소	키오스크	종합관제실
1	피난 유도등	전층		○	8	기존 건축물 화재진단 웹	4층		○
2	재실자 밀도 측정	전층(카메라)		○	9	주요 구조부 적용	3층	○	
3	배연창	3층		○	10	건축물 외벽 마감재료 및 화재확산 방지 공법	외벽	○	
4	내화설계 및 평가 프로그램	-		○	11	연소특성 평가 계통 모형	3층	○	
5	방화문, 방화셔터, 제연설비 관리 웹	4층		○	12	대형 방화셔터 모형	3층	○	
6	노후밀집지역 화재경보	외부	○		13	화재피해 건축물	3층	○	
7	실사용자 화재안전 가이드	출입구	○		14	화재예측 프로그램			○

2.1.3 피난분석의 주요요소 실험 및 신뢰성 검토 표준 개발

가 건축피난 주요 요소 실험 표준 개발

본 과제에서는 설계를 위한 피난분석 수계산 모델 수집 및 분석과 설계 시 피난경로 주요 요소에 대한 유동율(Flow rate) 및 밀도별 이동속도 변화측정 실험 표준을 개발하였다.

(1) 연구목표 및 결과

(가) 설계를 위한 피난분석 수계산 모델 수집 및 분석

3개의 피난수계산모델분석과 8개의 피난모델 비교분석 완료

(나) 설계 시 피난경로 주요 요소 및 밀도별 이동속도 변화측정 실험 표준 개발

5개의 이동현상에 대한 측정표준 개발 완료

① 개인이동속도 측정

실험구성/측정/개인걷기/뛰기측정

② 복도 이동현상 측정

복도 폭 변경/합류/분류 평지 개인/군집 이동

③ 계단 이동현상 측정

계단의 종류와 측정설정개인/군집/ 상향/하향

④ 문 통과현상 측정

문 통과에 의한 병목현상 유동률 측정 방법

⑤ 경사지 이동현상 측정

경사지의 종류와 측정설정 개인/군집/상향/하향

나 건축 피난 요소 별 성능설계 데이터 확보 실험 수행

본 과제에서는 건축물 피난 요소별 성능설계 데이터 확보 실험 수행을 위하여 복도, 계단에서의 특성 실험을 수행 하였으며 이에 대한 데이터 값을 확보하였다.

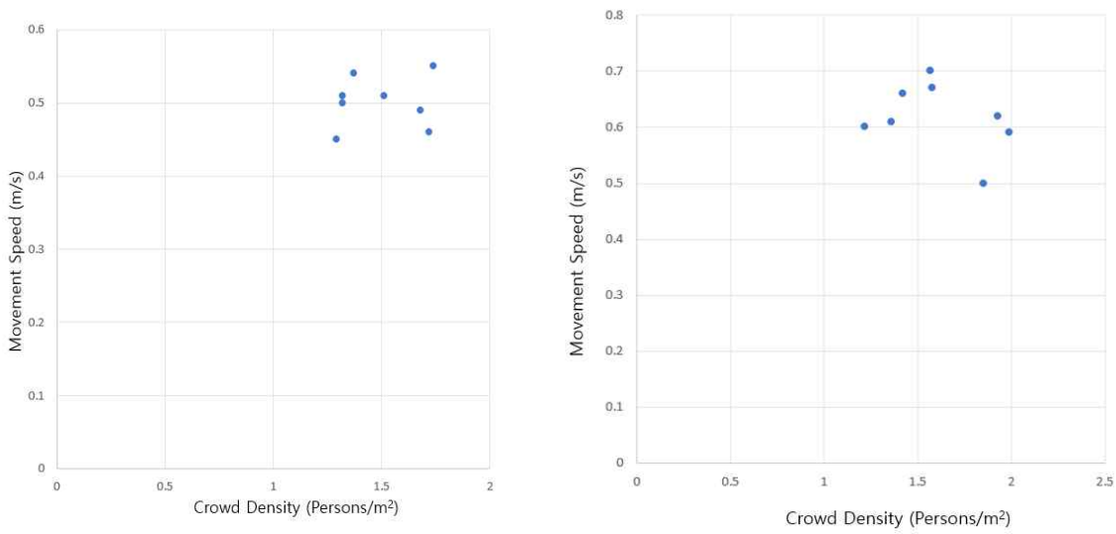
(1) 연구목표 및 결과

(가) 데이터 확보 실험 수행

① 대규모 인원의 복도, 계단, 문에 대한 군집 이동 실험 수행
② 대규모 인원 이동 시 복도, 계단, 문에서의 유동율 및 밀도별 특성 실험
③ 계단 및 복도의 합류 및 분류 시 유동율 및 군집 속도 특성측정실험 수행
④ 국내 사양기준중 복도, 계단, 문 용량 기준 개선 방안 개발



[그림 2.1.24] 대규모 인원의 피난요소별 데이터 확보 실험



[그림 2.1.25] 계단 상향 / 하향 이동 밀도-속도 결과

다 피난 예측분석도구 검증 및 확인 절차 개발

본 과제에서는 검증 및 확인 표준 절차서 개발하고 Counter-flow에 의한 속도 변화 측정하였다.

(1) 연구목표 및 결과

(가) 피난분석도구 검증 및 확인 방안연구

① 화재분야 시뮬레이션에 대한 검증 및 확인절차에 대한 관련 방안 분석
② 건축물 피난현상 예측도구의 검증 및 확인절차서의 구성 조건 작성
③ 건축물 피난분석 도구의 검증 및 확인 지침 구성 설정

(나) 소방구조대 및 응급요원 진입에 따른 Counter flow 실험

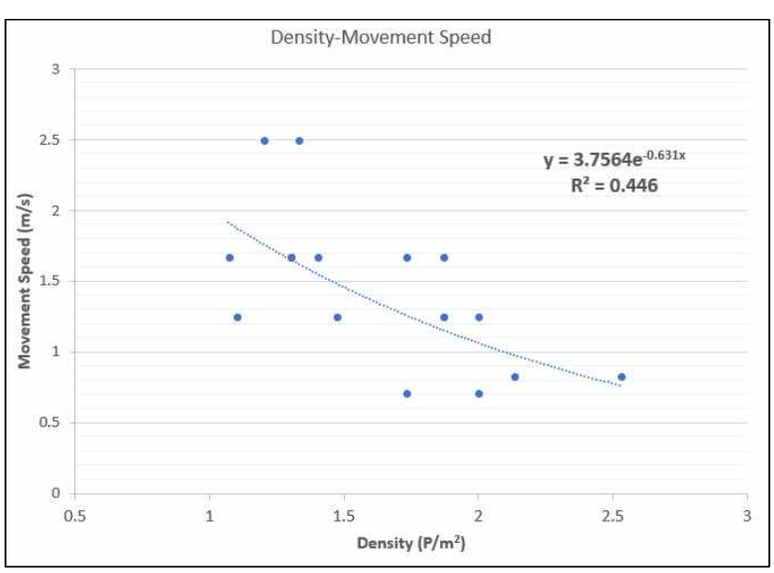
① 연구 분석의 개요

본 연구는 복도에서의 카운터 플로우 발생 시 속도와 밀도변화에 대한 내용을 고찰해보기 위하여 실시하였으며, 검증 및 확인 절차에 있어서 비교데이터 확보를 위해 수행하였다.

② 분석결과

[표 2.1.17] 밀도와 이동속도의 평균값 비교

no	Case	평균밀도 (P/m2)	평균속도 (m/s)
1	1.5m 일반보행	1.37	2.09
2	1.5m 카운터플로우	1.93	0.87
3	2.0m 일반보행	1.27	1.57
4	2.0m 카운터플로우	1.93	1.25



[그림 2.1.26] 이동속도-밀도 관계 그래프

라 경로 요소별 특성 실험 표준 및 피난 예측 분석 도구의 검증 및 확인 표준의 적용 사례 구축

본 과제에서는 경로 요소별 특성 실험 표준 및 피난 예측 분석 도구의 검증 및 확인절차 적용 사례 구축하기 위해 실험을 진행하였으며, 피난분석의 신뢰성 검토 표준을 개발 하였다.

(1) 연구목표 및 결과

(가) 분석도구 검증 및 확인 절차 적용 분석실험 수행

① 거실, 층, 건물 피난 실험을 수행

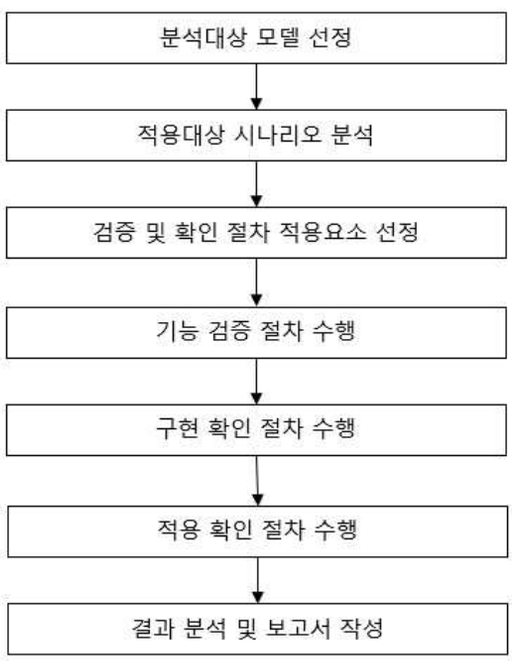
검증 및 확인절차의 적용사례 구축을 위해 거실, 층, 건물 피난 실험을 수행하였다. 이 실험은 건물의 피난경로에 있어 주요 부분인 거실과 복도, 복도에서 합류, 복도와 계단, 계단 내 합류, 출구를 통한 외부 피난을 모두 한 번에 실험하기 위해 실시하였다.

(나) 검증 및 확인절차 적용 수행

건축물의 피난분석도구의 검증 및 확인의 절차는 밑의 그림 검증 및 확인 절차 적용 프로세스와 같이 8가지로 구분되며 이후 기능검증, 구현확인, 적용확인의 3가지 단계를 진행한다. 이러한 결과를 통해 최종적인 모델의 신뢰성을 판단할 수 있다.

[표 2.1.18] 검증 및 확인절차 세부항목 설정

구분	세부항목	계산 비교	실험 비교
기능 검증 (Verification)	1. 평지 이동 (거실, 복도 등 이동) - 이동 정속 설정 / 설정 시간 통과 여부	○	
	2. 계단 이동 - 이동속도 설정 / 설정 시간 통과 여부	○	
	3. 램프 이동 - 이동속도 설정 / 설정 시간 통과 여부	○	
	4. 장애물 통과 - 좁은 경로의 통과/넘기 행동 통과 (설정 가능 시)	○	
	5. 좁은 구간 통과 - 개찰구/ 기타 보완통제장치 통과 (물리적구현 or 흐름을 설정)	○	
	6. 승강기 이동 - 승강기 이동속도 설정+보행속도설정→도착시간	○	
	7. 에스컬레이터 이동 - 에스컬레이터 이동속도 설정+보행속도설정→도착시간	○	
	8. 무빙워크 이동속도 - 무빙워크 이동속도 설정+보행속도설정→도착시간 (설정 가능 시)	○	
	9. 기타 이동수단 - 기타 이동수단 속도 설정→도착시간 (설정 가능 시)	○	
	10. 거실 문 흐름율수 검토 - 100인 기준 통과 VS 문 흐름율 (Flow rate) (설정 가능 시)	○	
	11. 피난개시시간 설정 - 피난개시시간 설정에 따른 이동 시작인원 파악 (설정 가능 시)	○	
	12. 피난유도장치 효과 - 피난유도장치 및 효과설정 및 경로 선택 반영 (설정 가능 시)	○	
	13. 경로선택 - 설정 피난경로의 이용인원 (설정 가능 시)	○	
	14. 분기설정 - 경로 분기에서 설정 비율과 분기 경로별 인원 비교	○	
구현 확인 (Validation)	15. 복도 밀도-속도 - 복도 이동 시 밀도 기반 속도 변화	○	○
	16. 계단 밀도-속도 - 계단 이동 시 밀도 기반 속도 변화	○	○
	17. 코너 이동 - 100인 코너 진입 시 속도와 밀도 변화	○	○
	18. 복도 T 합류 (2IN-1OUT) - 100인 통과-100인 합류	○	○
	19. 계단 하향/상향 합류 - 100인 통과-100인 합류	○	○
	20. 소방대 진입 (Counter-flow) - 소방대 진입에 따른 피난인 100인 통과 시간 및 흐름율 변화	○	○
적용 확인 (Validation)	21. 층 피난 비교 - 층 규모의 피난 실험 결과와 모델 예측결과의 비교		○
	22. 건물 피난 비교 - 건물 규모의 피난 결과와 모델 예측결과의 비교		○
	23. 실제 사례 비교 - 실제 화재 사례의 결과와 모델 예측결과의 비교		○



[그림 2.1.27] 검증 및 확인 절차 적용 프로세스

2.1.4 건축물의 성능위주 피난안전설계 기준 개발

가 성능설계 현황분석 및 성능위주 피난안전 설계 프로세스 개선방안 도출

(1) 국내·외 성능위주설계 기준 및 코드 분석, 비교

① 성능위주 피난안전 설계기준의 연구방향을 결정하기 위해 국내외 코드를 분석하고, 분석한 코드를 기준으로 국내 화재안전기준을 분류하였음.

국내	✓ 소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준 - 시설 및 설비 기준, 시나리오 제시 - 피난안전 설계를 위한 세부지침 부재
미국	✓ NFPA101 - 피난로 설계기준, 시나리오, 프로세스 제시 - 시설 및 설비별 개별 세부 기준 제시
영국	✓ BS 9991 - 피난로 설계기준, 프로세스 제시 - 세분화된 설계 프로세스, 아파트 관련 기준 제시
ICC	✓ IFC, ICC Performance Code - 피난로 설계기준 제시 - 시설 및 설비별 개별 세부 기준 제시

[그림 2.1.28] 국내·외 성능위주설계 기준의 특징

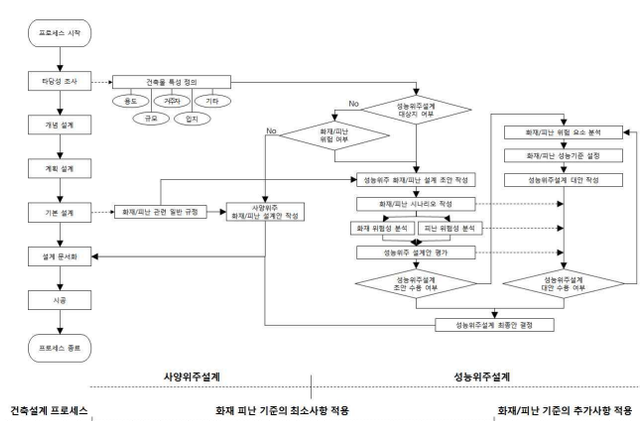
[표 2.1.19] 국내·외 기준 비교 예시 - 피난로의 표시

구분		미국	국내	ICC	영국
피난로의 표시	표지판의 기호	NFPA101 -7.10.3	기준없음	IFC -1013.4	BS 5499-1, BS 5499-6
	전원	NFPA101 -7.10.4	NFSC 303	IFC -1013.6.3	기준없음
	표지판의 조명	NFPA101 -7.10.5	유도등의 형식승인 및 제품검사의 기술기준	IFC -1013.3, IFC -1013.6.2	기준없음
	외부 조명 표지판	NFPA101 -7.10.6	기준없음	IFC -1013.6	기준없음
	내부 조명 표지판	NFPA101 -7.10.7	기준없음	IFC -1013.5	기준없음
	특별 표지판	NFPA101 -7.10.8	기준없음	기준없음	BS 5499-5
	시험 및 유지보수	NFPA101 -7.10.9	유도등의 형식승인 및 제품검사의 기술기준	IFC -1031.4	BS 5499-4

(2) 국내 현황 및 국외 프로세스를 반영한 개선된 설계 프로세스 제안

① 현재 국내에는 성능위주 피난안전 설계의 개념이 없으며, 각 설계요소들은 개별적으로 다루어지고 분산되어 있음.

② 성능위주 피난안전 설계과정에서 참고할 수 있는 지침을 만들기 위해 세분화된 성능위주 피난안전 설계 절차를 개발하였음.



[그림 2.1.29] 성능위주 피난안전 설계 절차

나 성능설계 설계기준의 등급화

(1) 피난성능 요구사항 및 성능기준 도출

(가) 피난경로의 수

① 현재 국내의 면적 기반 기준을 재실자 밀도기준를 바탕으로 수용인원에 기반하는 피난경로의 수 기준으로 개발함. 현재 국내 재실자 밀도기준은 건축법, 소방법이 이분화 되어 있으므로, 동 연구단의 건설연(황은경)에서 개발하는 재실자 밀도기준을 활용함.

(나) 보행거리

① 내화구조 및 불연재료 미사용시의 보행거리는 한국, 미국(NFPA101, IFC), 뉴질랜드, 영국 모두를 반영하고, 내화구조 및 불연재료 사용시의 보행거리는 한국, 뉴질랜드를 반영함.
② 스프링클러시스템 등의 소방시설의 설치 정도에 따라 차등적으로 적용하게 함.

(다) 문

① 완전 개방을 기준으로 최소너비, 높이, 필요 힘, 회전속도(회전문) 등에 대해 기준을 제시함.

(라) 계단

① 건축물 용도별 최소너비를 제시하며, 특정 용도에 대해서는 수용인원에 따라 산정기준을 제시함.

(마) 복도 및 통로

① 수용인원에 따른 최소너비 기준을 제시함.

(바) 경사로

① 경사도, 너비 등에 대해 최소 기준을 제시함.

(사) 난간

① 난간 기둥 사이의 간격, 높이, 난간 손잡이의 규격, 벽과의 거리 등에 대해 기준을 제시함.

(2) 성능위주 피난기준의 등급화

① 피난기준의 등급화는 각 피난기준 요소들이 가지는 동일한 용도 및 수용인원 수치기 준들을 분석·정리하여 수치기준의 범위값을 설정하였음.

(3) 계단 배치(이격거리) 기준의 국내 적용 평가

① 대각선 길이(D)를 기준으로 계단(출구)의 이격거리의 영향을 알아보기 위해, 재실자 피난 속도에 계단의 이격거리가 영향을 미치는지 조사하였음. 연구대상을 선정하여 현황 조사 후, 해당 건물의 도면에 기준에 맞는 면적 당 인원값을 설정하여 Simulex 프로그램을 통해 검증하였음.

다 피난시나리오 개발과 가이드라인 초안 작성

(1) 피난안전 성능설계 가이드라인 목차 구성 및 확정

① 국내외 성능위주설계 기준을 참고하여 목차를 분석하고 종합하였음.

② 재실자 기준, 피난경로 요소 분석 등 기존 연구내용을 바탕으로 설계자가 건축물 설계시 필요로 하는 세부 목록들을 구체화 하였음

(2) 피난안전 성능설계 가이드라인 내용 구성

① 총 5장으로 구성된 본 가이드라인에서는 적용가능한 피난안전 성능설계의 방법론을 2가지(3장 수용가능한 설계, 4장 검증을 통한 성능설계)로 제안하여 설계자로 하여금 선택적으로 성능설계를 적용할 수 있도록 제시하고자 한다.

② 1장 총칙에서는 크게 6가지 하위 목차를 두고 있으며 내용은 다음과 같다.

㉮ 1.1 목적 : 설계자를 위한 본 가이드라인의 개요 및 목적을 소개

㉯ 1.2 정의 : 가이드라인의 용어별 정의

㉰ 1.3 대상 및 적용범위 : 전체 건물로 대상을 두되 피난안전 성능설계를 권하는 건축물에 대해 대상을 제안

㉱ 1.4 가이드라인의 구성과 프로세스 : 가이드라인을 활용하여 성능설계를 하는 방법 및 프로세스에 대해 소개

㉲ 1.5 적용의 한계 : 완전한 대안적 설계를 통한 성능설계 가이드에 대한 한계점 및 적용 유의사항 소개

③ 2장 피난안전 성능설계에 관한 성능기준과 설계기준에서는 크게 2가지 하위 목차를 두고 있으며 내용은 다음과 같다.

㉮ 2.1 피난안전 성능기준 : 피난안전목표, 인명안전기준 및 설계 요구사항 제시

㉯ 2.2 재실자 밀도 : 건축물 용도분류체계, 공간용도별 재실자밀도 제시

④ 3장 수용가능한 설계(ACBD, Acceptable Code Base Design)에서는 크게 7가지 하위 목차가 있으며 내용은 다음과 같다.

㉮ 3.1 일반사항 : 3장의 목적 및 구성과 고려사항인 보행거리 및 피난경로 기준 제시

㉯ 3.2 문~3.7 기타 : 피난경로의 구성요소에 해당되는 문, 계단, 복도, 경사로, 난간 및 기타에 대하여 피난성능 충족시 필요한 성능기준의 범위값 제시

⑤ 4장 검증을 통한 성능설계(VMD, Verification Method Design)에서는 크게 4가지 하위 목차가 있으며 내용은 다음과 같다.

㉮ 4.1 개요와 방법 : 검증을 통한 성능설계를 활용하여 성능설계 하는 방법 및 프로세스 제시

㉯ 4.2 설계시나리오 규칙과 구성 : 화재시나리오 기반의 설계시나리오의 개요 소개

㉰ 4.3 피난행동 : 재실자들의 피난 행동에 영향을 주는 알람 및 대피전 활동시간에서 피난 지연 시간 등 피난상황 설계 시나리오에 필요한 요소 제안

㉱ 4.4 설계시나리오와 설계 검증 : 7가지 시나리오 별 안정성 검증을 위해 필요한 시뮬레이션 및 필수 조건에 대한 요약

라 성능위주 피난안전 설계 기준 및 가이드라인 수정안 작성

(1) 성능설계 요소 및 기준의 적용과 피난성능 검토

① 앞서 1,2차년도 도출했던 성능설계 요소 이외에도 추가적인 요소를 도출하였음 (피난용 엘리베이터 기준).

② 또한, 영유아 보육시설의 피난안전 규정의 개선의 필요성을 인식하고 관련 규정을 분석하였음. 분석 결과 영유아 시설의 개선 요소들이 도출되었고, 개선을 위한 실험을 수행하였음.

(2) 시나리오 비교 분석 및 적용 방법 검토

① 피난 시나리오는 건물 내 화재 상황에서 발생 가능한 피난 장애 또는 피난 불가능한 상황을 의미함. 한 층 또는 한 건물 내에서 발생 가능한 피난 상황을 가정하고, 해결방법을 제시하게 하는 것임.

② 국내외 기준의 설계 화재사니리오들을 분석하여 피난상황을 도출하고 비교 분석하였음.

[표 2.1.20] 기준별 설계 화재시나리오 비교분석

시나리오	①	②	③	④	⑤
1) 일반화재, 용도별 화재	V	V			
2) 피난로에 화재 발생, 급격한 화재연소, 피난방법 수에 중점	V	V			
3) 재실자가 없는 곳에서 재실자가 많은 공간으로의 연소 확대	V	V	V	V	V
4) 많은 재실자가 인접한 공간에서 화재 발생	V	V	V	V	V
5) 작은 화재에서 대형화재로 천천히 성장하는 화재	V	V			
6) 재실자가 있는 공간에서 급격하게 연소확대되는 화재	V	V			
7) 외부에서 발생한 화재, 또는 피난로를 막거나 거주를 불가능한 조건을 만드는 화재	V	V	V	V	V
8) 화재 방지 시스템이 비효율적으로 작동하는 지역(작동 실패 등)에서의 화재		V			
9) 연기가 발생하는 화재			V	V	V
10) 수평으로 확산하는 화재			V	V	V
11) 외부에서 수직으로 확산하는 화재			V	V	V
12) 내부마감이 관련된 신속히 확산하는 화재			V	V	V
13) 소방관 운영			V	V	V
14) 도전적인 화재			V	V	V
15) 견고성 검사			V	V	V

①한국 ②미국(NFPA101) ③ISO ④뉴질랜드 ⑤영국

(3) 피난 시나리오 개발

① 피난 시나리오는 재실자를 위험에 빠뜨릴 가능성이 높은 상황을 기반으로 함. 재실자가 사용하지 않는 공간에 화염과 연기를 발생시키거나, 재실자에게 영향을 못 미치는 화재로 인한 피난상황 등은 고려하지 않았음.

② 피난 시나리오는 ISO의 화재시나리오 작성기준을 참고하여 작성되었으며, 도출한 피난상황을 토대로 작성하였음. 작성결과 6가지의 시나리오를 도출하였음..

(4) 시뮬레이션을 위한 시나리오 적용 기준 보완

① 국내에서는 현재 시뮬레이션 수행시 화재 및 피난 시나리오에 대한 상세기준의 부재로 인해 각자의 배경지식 및 역량에 따라 다른 입력값이 설정되고 있음. 이로 인해 동일한 설계에 설계자에 따라 다른 결과가 나타날 수 있어 이에 대한 개선이 필요함.

② 이에 피난시뮬레이션의 주요 입력 요소를 조사하고 이에 대한 입력값을 제시하였음.

마 성능위주 피난안전 설계 지침 및 가이드라인 완성

(1) 피난 입력데이터 추가 및 보완

① 건물 용도를 고려한 피난지연시간을 입력할 수 있는 데이터를 가이드라인에 적용하였음.

② 기존의 성능위주설계법에서 제시하는 피난지연시간의 경우 일부 용도에 대한 고려가 부족하고, 최근의 연구결과들을 반영하지 못함. 이에 최신연구를 반영하여 가이드라인에 추가하였음.

[표 2.1.21] 용도별 피난지연시간

(단위 : 분)

용도분류	세부 용도	화재안전대응의 수준에 따른 지연시간 (t_{pre}(min) ~ tpre(max), 단위:분)			연관 피난시나리오
		상(W1)	중(W2)	하(W3)	
업무,산업	사무실, 창고	0.5 ~ 1.5	1 ~ 3	〉15 ~ 〉30	1
판매	상가, 식당, 쇼핑몰, 극장, 문화시설	0.5 ~ 2.5	1.0 ~ 4.0	〉15 ~ 〉30	2
주거	공동주택	-	5 ~ 10	10 ~ 〉40	3-1
	레지던스, 기숙사	10 ~ 30	15 ~ 40	〉20 ~ 〉40	3-2
숙박	호텔	15 ~ 30	20 ~ 40	〉20 ~ 〉40	4
의료/요양	병원(외래병동), 치과	0.5 ~ 2.5	1.0 ~ 4.0	〉15 ~ 〉30	5
	병원(입원병동,숙직실), 요양원	5 ~ 15	10 ~ 30	〉10 ~ 〉30	5
교통	공항, 철도역, 터미널, 터널	1.5 ~ 5.5	2.0 ~ 7	〉15 ~ 〉30	6

(2) 피난시나리오 보완

① 최근 10년간 화재사례 조사를 통해 피난 시나리오 근거 및 보완 내용 조사하였음

② 또한, 피난 시나리오는 단독으로 이용되는 것이 아니라 기존의 화재 시나리오와 함께 적용되어야 함. 이를 위해 기존의 화재 사나리오를 가이드라인에 추가하였고 피난 시나리오와 함께 적용하기 위한 적용 방법에 관한 기술하였음.

(3) 전문가 자문평가를 통한 피난안전 설계 가이드라인 보완

① 성능위주 피난안전 설계 가이드라인에 대해 현재 성능위주설계를 실시 중인 업체들의 실무자(1차 자문회의, 2019.08.08.)와 책임자(2019.09.23.)들을 대상으로 자문 평가를 실시하였음.

② 두 차례에 걸친 자문가 평가를 실시한 결과, “일부 기준에 대한 보완 사항”, “한국의 지역별 성능위주설계 가이드라인의 고려”, “현행 성능위주설계 제도에서 나타난 문제점에 대한 보완”, “기존 화재 시나리오의 가이드라인 추가”를 도출하고 이에 대한 보완내용을 가이드라인에 반영하였음.

(4) 보행 공간의 높이에 따른 보행속력에 관한 실험

① 현재 시뮬레이션 평가 시 호흡한계선이 1.8m까지 연기가 내려올 시 피난이 불가한 것으로 판단함. 하지만 1.8m는 일반적인 바로 선 자세에서 피난하는 것으로 생각했을 때의 호흡한계선이기에 이에 대해서는 개선 요구사항들이 있었음 (전문가 자문평가 1차 자문회의, 2019.08.08.)

② 실제로 사람이 화재 상황에서 피난할 때 연기로 인해 시야의 확보가 어렵긴 하지만 바닥 유도등이나 기타 설비 등의 도움으로 몸을 낮춘 자세로 피난이 가능함.

③ 이에 4차년도에 이를 알아보기 위한 기초연구를 수행하였고, 5차년도에서는 이를 기반으로 보행실험을 실시하였음.

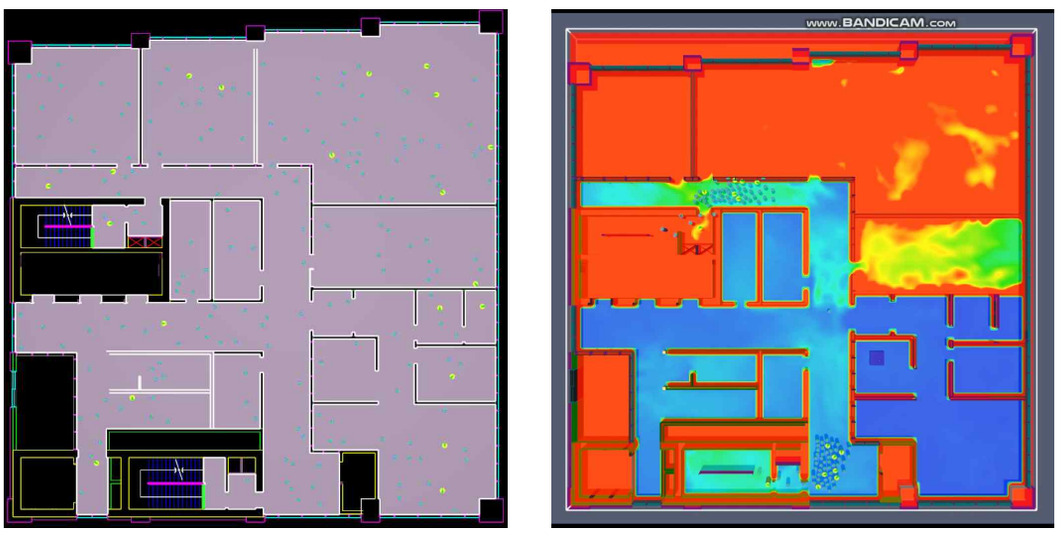
바 가이드라인 적용에 관한 사용자, 전문가 검토 및 가이드라인 개선

(1) 성능설계 사례 적용

① 성능위주 피난안전 설계 지침 및 가이드라인을 활용한 건축물의 피난안전성과 기존의 성능위주설계제도를 활용한 건축물의 피난안전성을 비교하기 위해 동일한 건축물에 각각 적용하여 비교평가를 수행하였음.

② 사례 대상 건축물(근린생활시설/업무복합시설, 지하5층/지상16층)에 대해 시나리오를 작성하고 이를 통해 시뮬레이션평가를 수행한 결과 피난안전성이 보장되지 않는다는 결과가 나타났음(대부분의 재실자가 피난하기 전 연기로 인해 시야가 제한됨).

③ 동일한 대상에 대해 성능위주 피난안전 설계 적용결과 재실자들의 피난안전성이 개선되었음.



[그림 2.1.30] 성능설계 사례대상 및 기존 제도를 통한 평가결과

(2) 성능검증장 적용

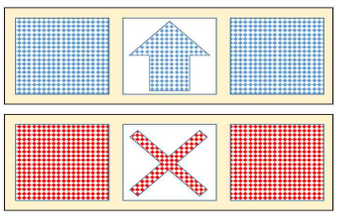
① 성능위주 피난안전 설계 지침 및 가이드라인에 대하여 피난시나리오의 적용 및 설계 반영에 관해 성능검증장을 통해 적용하고, 개발한 지침 및 가이드라인의 적용성을 검증하고자 하였음.

② 성능검증장은 건설기술연구원 화재안전연구센터 부지 내 설치되었음.

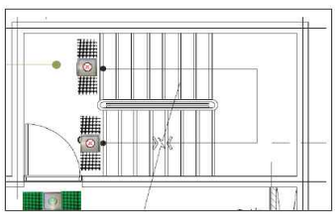
③ 설계 피난시나리오 중 신규 추가 개발된 내용의 검토를 위해 상향식 피난이 이루어지는 시나리오를 성능검증장에 적용하였고, 실제 건물에서의 피난과 설계적용 방안을 검토하였음.

㉮ 화재 시 상향피난이 방향지시가 가능한 피난유도등

㉯ 상향피난로를 표시한 피난안내도



[그림 2.1.31] 방향지시 유도등



[그림 2.1.32] 유도등 설치 예시



[그림 2.1.33] 피난안내도

2.1.5 성능위주 내화설계 기준

건축물의 성능위주 내화설계 기준(안) 개발

가 국내외 성능기반 법규정 분석

본 과제는 성능위주 내화설계 기준 개발을 위한 요소기술 개발을 수행하기 위하여 국내외 성능기반 법규정 분석을 진행하였으며, 주요 내용은 첫째, 국내외 건축물 성능위주 내화설계기준 현황분석을 하였고, 둘째, 국내 건축물의 화재발생 통계조사를 통하여 화재 위험도 자료를 구축하였다. 세 번째는 건축물 조건에 따른 내화등급 세분화 방향설정을 수행하였다.

(1) 국내외 내화설계 기준 현황분석

(가) 우리나라

성능적 내화설계의 법제화를 위한 다양한 노력이 2000년초반부터, 민간기업과 병행하여 진행되었으나, 아직까지 법률적 구체화는 달성되지 못하였다. 따라서 금번 국토교통부의 기술개발과제로서 건축물의 성능적 내화설계기술개발의 법률화에 초점을 두고 진행되고 있다.

(나) 미국

미국의 성능적 내화설계는 뉴질랜드를 벤칭마킹한 것으로 알려져 있으며, 대도시를 중심으로 활발하게 실용화되고 있는 것으로 평가받고 있다. 성능적 내화설계의 기본 문헌은 ICC의 Performance code이며, 미국의 성능적 내화설계의 종합적 지침서는 SFPE와 NFPA 공동 문헌인 “Performance-Based Fire Protection Analysis and Design of Building"로 알려져 있다.

(다) 영국

불문법의 나라에서 알 수 있듯이, 오랜 전부터 성능적 내화설계는 진행되어 오고 있으며, BRE(CARDINGTON LARGE FIRE TEST FACILITIES) 중심의 대형 건축물 내화설계에 대한 해석과 실험의 중심적 역할을 해오고 있다. 영국의 성능적 내화설계의 법률적 근거는 Approved document B(Fire safety)에 근거하고 있으며, BS 5950 Part 8 "Structural use of steelwork in building. Code of practice for fire resistant design"과 BS 7974 "Application of fire safety engineering principles to the design of buildings-Code of practice"를 제정,적용하고 있다.

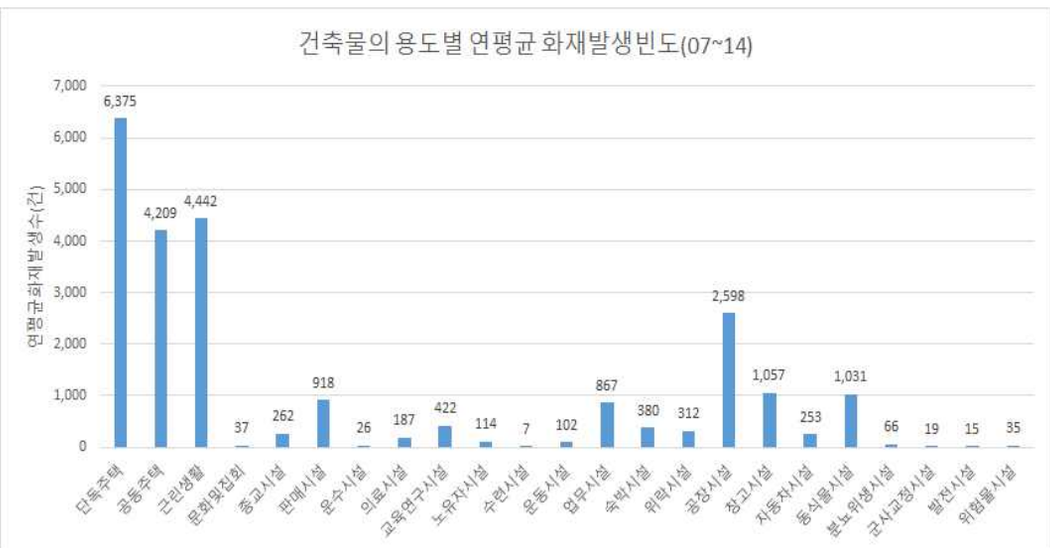
(라) 뉴질랜드

뉴질랜드는 1990년대 사회적인 대개혁 차원에서 건축법규의 대폭적인 개정작업이 이루어졌으며, 이는 성능기초 내화설계의 도입이었다. 따라서 1991년 Building law와 building regulation이 개정되었고, 이에 따라 Approved document의 활용 그리고 alternative design method가 활성화되는 계기가 되었다. 뉴질랜드의

성능적 내화설계 기술적 지침으로써는 “Fire Engineering Design Guide”이 많이 사용되고 있으며, 구조 안전성에 대한 자료는 NZS 3404인 “Steel Structures Standard : Part1"에 정의된 화재부분을 참조하고 있다.

(2) 화재위험도 평가

(가) 화재 발생 현황 및 분석



[그림 2.1.34] 건축물의 용도별 연평균 화재발생빈도(07~14)

나 내화등급 세분화에 따른 주요 구조부의 시간적 내화성능 부여 연구

현행 국내의 내화성능 확보는 건축물의 용도와 규모에 따라 평가되고 있다. 즉 건축물의 용도와 화재와의 연계성에 따른 구분과 평가와는 무관하게 용도가 설정되어 있는 상황이다. 따라서 본 연구에서는 화재 위험성에 따른 건축물의 용도를 설정하고, 설계의 조건과 구조적 위험성 단계를 구체화하기 위한 기본 연구를 수행한다.

(1) 내화등급 체계화 연구

(가) IBC 내화등급 체계화 분석

2015년 개정판인 ICC발간 ICCPC(International Code Council Perforamcne Code)에서 화재 시 성능 수준에 대해서는 다음과 같이 규정하고 있다.

섹션 301 최소한의 성능

[BG] 301.1 목표. 이 장에서는 건물의 사용에 따라 디자인의 허용 수준을 개발하기위한 기초를 제공한다. 규모는 이 코드의 연속된 장에서 정의된다. 그러나 위험의 완화를 위한 설계 방법의 발전은 장과 함께 밀접한 연관을 갖는다.

[BG] 301.2 목적. 시설, 그리고 건축물을 위해 성능그룹을 수립하는 것으로 수립된 성능 그룹들을 기초로 하여 이용가능한 최소한의 손실들을 적용하는 것.

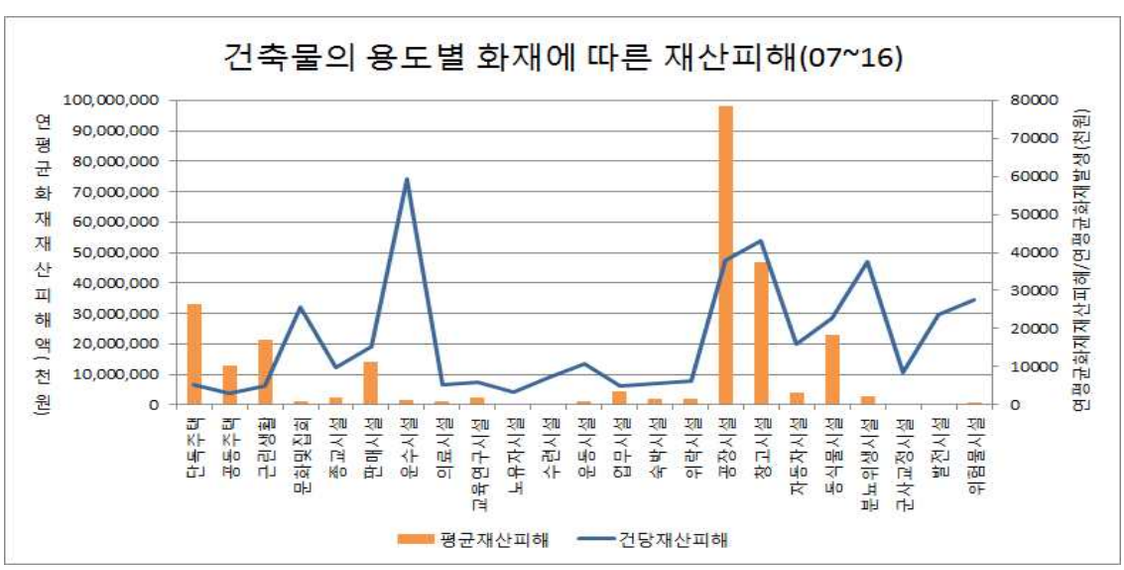
[BG] 301.3 기능 서술문

[BG]301.3.1 성능 등급. 건축물과 시설의 성능은 피해의 견딜 수 있는 한계 내의 일의 지정된 크기를 허용하는 건축물 혹은 시설의 능력에 기초로한다.

[BG]301.3.2 성능의 결정. 성능은 공식 코드 만족, 할당된 혹은 지정된 사용자 그룹의 일치, 성능 그룹, 이벤트의 규모 그리고 웬만한 데미지 한계 최대치의 규모, 목적, 기능의 명세서 그리고 이 코드의 성능요구조건 만족을 위해 설계 성능 정도가 충족 혹은 초과되는 것을 위해 설명하는 것을 허용한다.

(나) 건축물 용도별 위험도 체계화

본 연구에서는 2007년부터 2016년까지의 화재 통계 자료를 활용하여 화재 위험성이 높은 건축물과 화재에 취약한 건축물 분석하기 위하여 직전 연구를 보완하였다.본 연구에서는 전국단위 통계자료인 소방청 국가화재정보시스템(www.nfds.go.kr)의 데이터를 활용하여 건축물 용도별 화재위험성을 평가하는 것과 화재에 취약한 건축물을 알고자 함을 목적으로 한다. 또한 그 결과를 활용될 수 있도록 하고자 한다.



[그림 2.1.35] 건축물의 용도별 화재에 따른 재산피해(07~16)

다 내화등급 세분화에 따른 주요 구조부의 내화성능평가 연구수행

건축물의 화재발생 및 화재피해의 규모를 정량화하기 위하여 화재발생과 피해 통계조사를 토대로 하고, 건축물에서의 화재발생 시 크기를 결정할 수 있는 화재하중의 규모를 조사하는 연구와 화재 위험성과 설계조건 그리고 화재규모에 의한 내화등급 세분화에 의한 주요 구조부 내화성능평가 연구를 수행하였다.

(1) 화재 위험성에 따른 건축물의 성능그룹화

(가) 화재하중 규모 조사

일본의 경우는 1973년 일본 강구조협회에서 표준가연물량 조사연구가 이루어 졌으며, 1975년 학교건축물에 대한 조사가 실시되었고, 수납조건에 따른 화재성 상연구를 통해 하중의 산정에 있어 유효가연물량을 산출할 수 있는 각종 계수를 제안하였으며, 1983·4년에 걸쳐 화재하중 조사를 실시하였으며, 그 용도는 청사, 사무소, 호텔, 체육관, 극장, 창고, 백화점 등 다양한 용도에 대하여 조사를 실시하였다.

국내에서는 1985년 정형화에 의해 초등학교의 화재하중 조사가 수행되었으며, 1987년 조성재에 의해 교회에 대한 조사가 이루어졌다. 최근에는 1997년 김운형에 의해 설계사무소에 대한 화재하중 분포가 조사되었으며, 2000년대 들어 한 국건설기술연구원의 주관으로 내화데이터 베이스 구축을 위한 조사가 진행 중이다. 이와 같이 미국, 일본 등은 일찍부터 화재하중 조사를 통하여 성능적 내화 설계법의 도입을 위한 기반을 다져왔다.

화재하중은 건물이나 구조물 등에서, 화재실의 단위면적당 가연물의 중량 (kgf/m^2), 즉 건물에 수용되어 있는 내용물 또는 건물 구성요소의 중량을 말한다. 건물내의 가연물에는 여러 종류의 재료가 있고 연소시의 발열량도 다르기 때문에 가연물량은 실제로 존재하는 가연물을 동일한 발열량의 목재로 환산한 값, 즉 등가목재중량이 사용되고 있다.

화재구획내의 바닥면적에 대한 등가가연물량의 값은 화재성상을 논할 경우 기 본적인 요소가 되며 화재하중의 산정식에는 바닥면적을 기준으로 하는 것과, 화재 실의 전체 표면적을 기준으로 하는 식으로 구분된다.

$$q = \frac{\Sigma(G_i - H_i)}{H_o - A} = \frac{\Sigma Q_i}{H_o - A}$$

q : 화재하중(kg/m^2)

H_i: 가연물의 단위 발열량$(kcal/kg)$

A: 화재구획내의 바닥면적(m^2)

G_i: 가연물중량(kgf)

H_o: 목재의 단위 발열량$(kcal/kg)$

ΣQ_i: 화재구획내의 가연물의 전발열량$(kcal)$

(나) 구조성능 범위 설정

화재 발생 시 건축물에서의 화재 발생 시 구조부재의 건전성 성능범위는 미국의 IBC 성능기준과 KBC의 내진설계절차를 참고하여 극히 심각, 심각, 보통 그리고 약함의 4단계로 구분하였다(표 2.1.22).

[표 2.1.22] 위험발생정도와 성능그룹에 따른 화재 시 구조성능의 범위

		성능그룹		
		성능그룹 Ⅰ	성능그룹 Ⅱ	성능그룹 Ⅲ
위험발생빈도	매우 드뭄	극히 심각	보통	보통
	평균	심각	약함	약함
	자주	보통	약함	약함

라 내화설계기준안 작성 및 고온성능평가 DB구축

건축물에서의 화재 발생에 의한 구조물의 성능저하는 화재의 크기예측, 구조부재의 거동평가 등으로 대별될 수 있다. 따라서 건축물 성능위주 내화설계 기준안의 개발은 화재의 크기예측에 관한 사항과 구조부재의 고온 시 내력평가에 관한 기술적 사항으로 대별된다. 본 연구에서는 구획공간에서의 화재 크기를 예측할 수 있는 방안과 강구조, 콘크리트조 등 구조체별 고온 내력평가에 적용되는 방법에 관한 기술적 사항을 연구하였다.

(1) 내화설계기준안 개발 및 전문가 토론

(가) 내화설계기준안 개발

건축물의 내화설계기준안의 주요 내용은 그림 2.1.35와 같다.



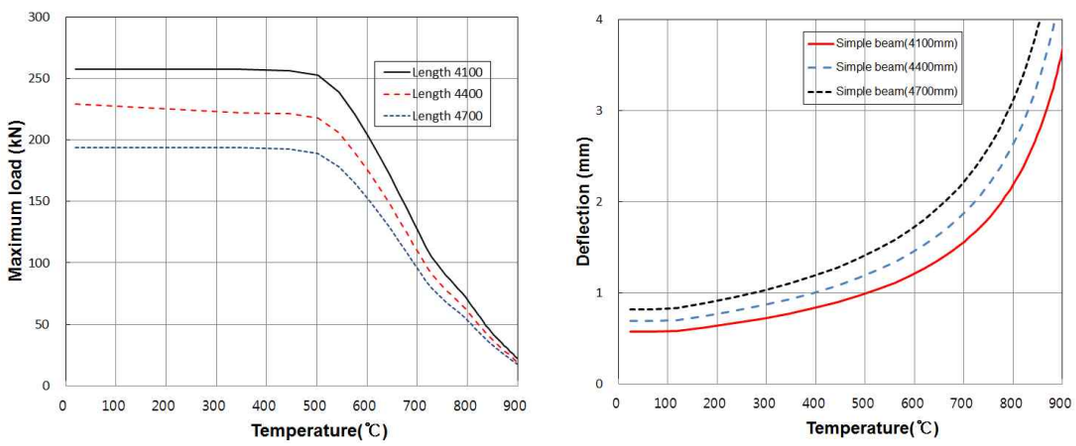
[그림 2.1.36] 건축물 내화설계 Frame

(나) 고온특성 DB 개발

강구조 건축물의 고온 기계적 특성은 표 2.1.23과 같고, SS 275강을 적용한 보부재 길이의 변화에 따른 최대하중과 최대처짐의 변화는 그림 2.1.36와 같다.

[표 2.1.23] 구조용 강재의 고온 기계적 특성

Sorts	Properties	Temperature	Regression equation
SM 275A	Yield strength	T≤200℃	Cold value (240 MPa)
		200℃<T	-0.29T + 293.44
	Elastic modulus	T≤200℃	Cold value (210GPa)
		200℃<T	-0.26T + 261.18
SM 355A	Yield strength	T≤200℃	Cold value (450 MPa)
		200℃<T	-0.41T + 396.58
	Elastic modulus	T≤200℃	Cold value (210GPa)
		200℃<T	-0.26T + 264.35
SM 420B	Yield strength	T≤100℃	Cold value (355 MPa)
		100℃<T	-0.39T + 389.38
	Elastic modulus	T≤200℃	Cold value (210GPa)
		200℃<T	-0.26T + 261.40
SM 460B	Yield strength	T≤400℃	Cold value (450 MPa)
		100℃<T	-0.93T + 820.74
	Elastic modulus	T≤200℃	Cold value (210GPa)
		200℃<T	-0.83T + 267.86



[그림 2.1.37] 강재 보부재의 표면온도와 길이변화에 대한 최대하중과 최대처짐의 변화

마 내화설계기준안 개발 및 보완

전차년도에 개발된 기준안을 토대로 내화설계의 목적과 기술적 기준을 미국의 ASCE, SFPE의 관계 최신 자료를 바탕으로 보완하였고, 국내 전문가와의 자문을 거쳐 지속적으로 수정, 보완하였다.

(1) 내화설계기준안 보완 및 전문가 토론

(가) 내화설계기준안 수정 및 보완

4차년도에 이어서 기술적 기준에 대한 점검 및 보완을 수행하였다. 특히 내화설계를 수행하고 있는 미국의 경우를 벤칭하는 방향과 유럽의 변경사항을 고려하는 방향으로 연구를 수행하였다. 미국의 경우는 ASCE의 Fire engineering design에 대한 가이드라인의 후속에 대한 연구를 수행하고 있으며, 유럽의 경우는 강구조에

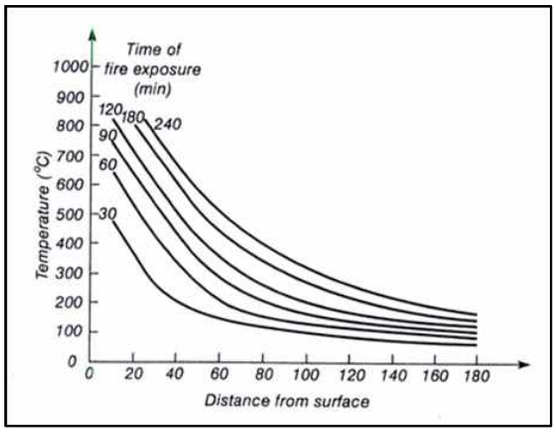
대한 membrane action에 대한 결과 수록을 주 대상으로 하고 있는 것으로 평가되었다. 따라서 우리의 기술적 기준 또한 이에 대한 준비가 필요한 것으로 판단되었다. 세부적으로 화재크기에 대한 평가를 세세하게 평가하였다. 특히 ASCE와 영국에서 최근에 고려하려는 움직이 있는 Traveling fire에 대해서도 검토가 필요할 것으로 판단되었다.

구조적 기준에 대해서는 ASCE의 경우, 구조적 붕괴방지 우선에서 재실자가 피난할 수있을 동안 구조적 붕괴가 발생하지 않도록 하는 구조적 기준 설정에 유의할 필요가 있다고 판단되었다. 그리고 피난용으로 사용되는 복도의 구조적 한계에 대한 검토가 필요할 것으로 판단되었다

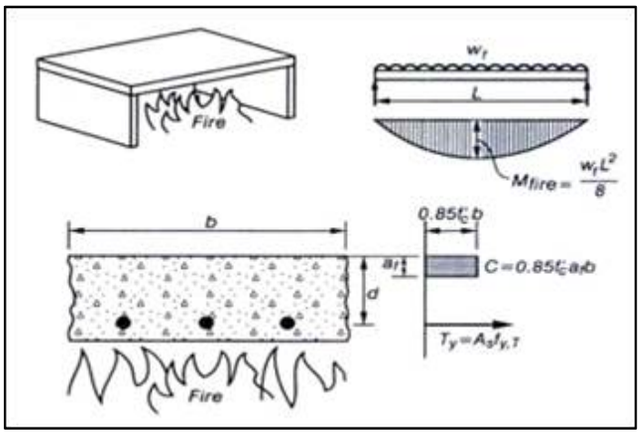
(나) 고온 시 콘크리트 보부재 내력평가

콘크리트는 시멘트와 물, 골재 그리고 혼화재료로 구성되는 다복합 구조체이므로 화재 시 거동시 다소 복잡한 양상을 나타내게 된다. 특히 콘크리트의 내부에 포함되어 있는 수분은 장기간 양생에도 불구하고 아무 미세한 공극상태로 존재함으로써 100 ℃이상으로 가열되면 수증기 증발에 의한 압력으로 콘크리트에 미세한 균열을 발생시킬수도 있다. 따라서 콘크리트는 구조용 재료측면에서 구조용 강재보다 화재 저항이 큰 재료로 인식되고 있다.

화재와 같은 고온 시에 콘크리트의 온도상승은 해석적인 방법과 실험을 통한 통계적 방법이 적용된다. 본 연구에서는 콘크리트의 표준온도가열곡선을 열원으로 한 가열시험결과를 토대로 적용되는 콘크리트의 표면온도를 그림으로 설명하고자 한다(그림 2.1.37).



[그림 2.1.38] 콘크리트 표면온도 상승곡선



[그림 2.1.39] 콘크리트 보부재의 화재 시 거동

그림에서 30분의 표준온도가열으로 콘크리트부재를 가열한 경우, 가열면이 가장 가까운 표면은 약 500 ℃를 나타내고 있고, 가열면에서 40 mm 이격된 위치에서는 약 200 ℃의 온도분포를 보이고 있다. 1시간의 가열온도곡선에서는 가열면이 650 ℃를 보이고 있으며, 동일하게 40 mm 이격된 위치에서는 약 380 ℃인 것을 알 수 있다.

콘크리트 보부재의 경우, 휨부재로써 거동을 함으로써 철근에 의한 인장력과 콘크리트의 압축연에 작용하는 압축력에 의한 모멘트를 동일시함으로써 내력을 평가한다(그림 2.1.38).

화재 시의 하중에 의한 부재력이 저항력보다 크게 되면 해당 보부재는 구조적 붕괴에 도달될 수 있는 화재한계상태설계법을 적용하면 식 1과 같다.

$$M^{*}_{fire} \leq M_f \quad \text{---------- (1)}$$

여기서 M^{*}_{fire} : 화재 시 하중에 의한 모멘트

M_f : 화재 시 보부재의 단면력

화재 시 보부재의 단면력은 식 2로 계산한다. 즉 고온 시의 철근의 인장력과 콘크리트의 압축연의 압축력에 의한 모멘트는 동일하므로

$$M_f = A_s(d - a_f/2)k_{y,T}F_y \quad \text{---------- (2)}$$

바 내화설계기준안 보완 및 경제성 분석

건축물의 성능위주 내화설계기준안의 관계 전문가의 자문을 통하여 지속적 수정 및 보완을 하였으며, 구조내화설계의 저변확대를 위한 홍보자료를 제작하였다. 건축물에서의 화재 발생 등을 가정하고, 화재크기 및 구조부재의 내력저하 등을 평가함으로써 화재 시의 구조 건전성 평가 및 경제성 분석을 목적으로 국내 건축물을 대상으로 구조내화설계 케이스 스터드를 수행하였음.

(1) 내화설계기준안 보완 및 경제성 분석

(가) 내화설계기준안 수정 및 보완

전년도에 이어서 지속적인 수정 및 보완을 하였으며, 다음과 같은 가이드라인(안)을 도출하였음.

건축 구조물의 성능적 구조내화설계 가이드라인 (안)

1 총칙

본 건축물의 성능적 구조내화설계 가이드라인(안)은 건축 구조물의 화재 시 인명피해를 최소화할 수 있는 구조 안전성 확보를 목적으로 성능기반의 구조내화설계 방법을 제시한다. 본 내화설계 가이드라인에서 제시하는 구조내화설계 방법은 건축 구조물을 형성하는 강구조, 철근콘크리트조, 및 목조 등을 포함하며, 상온 시 구조안전성은 각각 구조형식의 법률적 구조설계법에 따른다. 그리고 각각의 구조 안전성은 사양적 내화설계법에 의해서도 화재 시의 구조 안전성 확보가 가능하다.

2 목적

본 가이드라인(안)은 화재 시 재실자가 피난층 또는 안전한 곳으로 대피하기 위한 시간을 확보하기 위하여 건축 구조물의 기둥부재, 바닥부재 및 보부재 등 각 내력적 요소의 단속 및 연속적 붕괴방지를 위한 공학적이고 과학적인 방법으로 내화성능확보 방안 제시를 목적으로 한다.

3 적용범위

본 가이드 라인(안)은 건축물을 대상으로 화재 발생 시의 재실자와 이용자의 인명피해를 최소화하기 위하여 표준화재온도 가열곡선 또는 대상 화재구획내의 가연물량에 의한 자연화재를 열원으로 화재크기를 예측하고, 열전달해석 등을 통하여 내력구조 부재의 구조적 안전성 평가 방법의 제공을 범위로 한다.

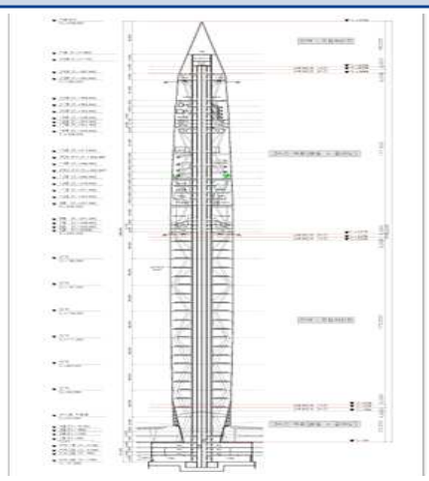
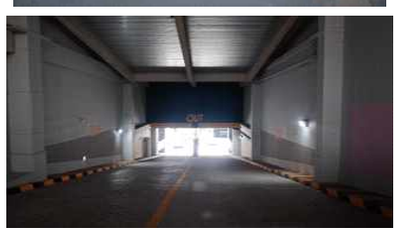
4 용어정의

본 가이드라인(안)에 적용되는 용어는 다음에 제안된 용어와 한국산업규격에 정의된 용어(KS F ISO 13943(화재관련용어,2017)와 KS B ISO 8421-1(소방 용어 - 제1부 : 화재 현상 및 일반 용어,2017)) 및 ISO 13943:2000의 Fire Safety(Vocabulary)를 사용할 수 있다.

(나) 구조내화설계 케이스 스타디

가이드라인(안)에서 제시된 방법을 토대로 국내 설계 건축 구조물을 대상으로 구조내화설계를 수행하였음.

[표 2.1.24] 구조내화설계 CASE 연구

	CASE 1	CASE 2
대표형태		 
용도	복합	주차
구조형식	MEGA GRID	STEEL
내화피복	3시간	3시간
내화설계	내화피복재 경감	내화피복재 경감

2.1.6 건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발

가 국내외 성능위주 내화설계 절차 분석

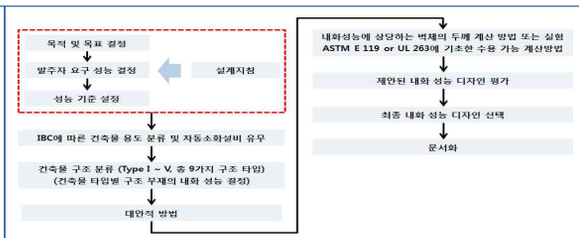
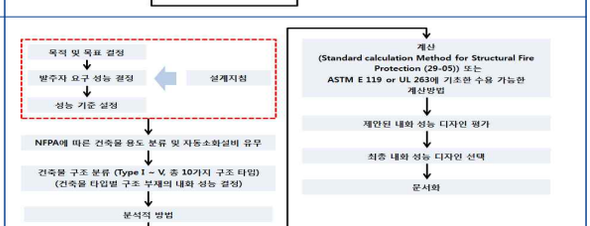
본 연구는 구조물에 적용할 수 있는 선진외국의 성능적 내화설계에 관한 절차 및 이론들을 분석하여 국내에 적용 가능한 설계절차를 정립하고 이에 근거하여 내화성능을 간단하게 평가할 수 있는 프로그램을 개발하는 것이다. 1차년도 분석대상 국가는 성능설계가 활발히 진행되고 있으며 현재 성능설계 관련법을 보유하고 있는 뉴질랜드, 영국, 유로코드, 미국으로 선정하였으며 각국의 성능설계 관련기준의 특성 및 절차를 정의함으로써 문제점을 통한 내화구조 성능위주 평가 계산의 방향을 도출하고자 한다.

(1) 연구수행 내용 및 결과

[표 2.1.25] 연구개발결과요약

관련코드	연구 결과
[뉴질랜드] • Building Code 분석 • Compliance Document (Acceptable Solution, Verification Method, Alternative Solution) • NZ 3404(철골구조), NZ 3101(콘크리트구조), Guide-Line 및 Case Study **[영국]** • BS Code 분석, 단순 설계법 분석 • Approved B3 -〉 BS 7974-3/BS 5950-8 -〉 BS EN 1992-1-2(콘크리트 구조) BE EN 1993-1-2 (철골구조) **[미국]** • ASCE/SEI/SFPE 29-05 분석	**[뉴질랜드]** • 구조부재의 성능설계 평가기준은 성능적 개념을 도입하여 건물특성에 부합할 수 있게 가변형으로 구성되어 있으나, 구조부재의 내화성능 예측식은 뉴질랜드 규격에서 유로코드의 개념을 채용하고 있기 때문에 이에 대한 상세 개념 도입의 정리가 필요함. **[영국]** • 구조부재의 성능설계 평가기준은 성능평가시험, 단순계산방법, 상세계산방법으로 구분되어 있으며 콘크리트, 강구조, 목조, 조적조 등의 부재별로 구분하여 성능 평가식을 세부적으로 제시하고 있음. • 뉴질랜드, 호주, 미국 등 성능설계를 도입하고 있는 국가의 경우 유로코드 및 영국의 규정을 사용 또는 수정·변경하여 사용하기 때문에 이에 대한 상세 개념 도입의 정리가 필요함. **[미국]** • 구조요소 또는 부재의 내화성능을 정하기 위해 계산을 하는 경우 ASCE/SFPE 29, Standard Calculation Methods for Structural fire Protection에 따라 계산할 수 있음. • 사양적 설계기준을 토대로 구조부재의 재료 및 형상에 따른 피복깊이 등의 설계법을 이론식 및 표로서 계산할 수 있는 성능적 개념이 포함되어 있음

[표 2.1.26] 연구개발주요내용

미국		영국
IBC 2012/NFPA 5000, 2012		BS CODE Approved B
IBC 2012		
NFPA 5000		

나 강구조 성능위주 내화설계 절차 도출

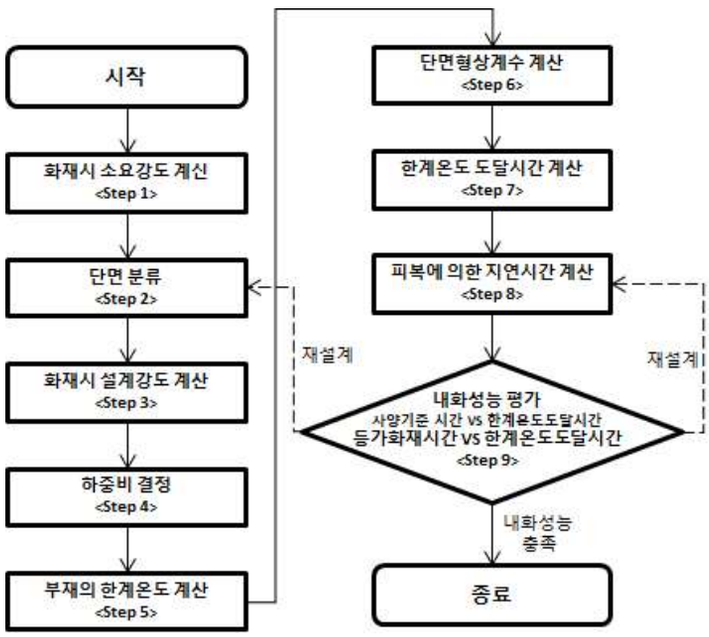
국내의 경우 대부분 기존에 사용 중인 사양적 설계법에 의존하고 있으며 정해진 범위 내에서만 내화설계가 가능하여 매우 획일적이며 가변성이 부족하다는 단점을 갖고 있다. 이러한 문제로 성능적 설계법에 대한 필요성이 제기되어 왔음에도 불구하고 실제 건축물에 적용할 수 있는 성능적 설계법에 관한 이론 및 설계절차를 자세하게 제시한 연구사례는 극히 드문 실정이다. 특히 강구조물의 경우, 성능적 설계법을 위해 강구조의 단면형상계수를 KS 2848(1995년 9월)에서 도입하였으나, 관련 전문지식 부족과 실무자들이 사용하기 편리한 계산 툴 등의 부재로 법규의 활용성이 극히 제안되고 있는 실정이다.

본 연구는 이러한 필요성에 근거하여 구조물에 적용할 수 있는 선진외국의 내화성능설계에 관한 절차 및 이론들을 분석하여 국내에 적용 가능한 설계절차를 정립하고 이에 근거하여 내화성능을 간단하게 평가할 수 있는 프로그램을 개발하는 것이다.

(1) 연구수행 내용 및 결과

- 유로코드의 한계온도법을 기반으로 한 내화설계 평가 절차 도출

성능적 내화설계는 유로코드에서 제시하고 있는 단순 설계법(Simple Method), 상세 설계법(Advanced Method)을 기본으로 내화설계 관련 연구가 수행되고 있으나, 국내의 경우 성능설계를 위한 법적 근거만 제시하고 있을 뿐, 이를 기반으로 한 내화설계 평가 절차 및 세부기준은 제시되지 못하고 있다. 본 연구에서는 성능적 개념을 도입한 주요구조부의 내화성능을 평가하고자 기존 국내/외 화재안전 관련 코드 및 법규를 분석하고 이를 통해 국내 내화설계 절차에 적용 가능한 화재시나리오 및 주요구조부의 내화설계 및 평가 절차를 제시하였다. 강구조에 관한 내화성능 평가는 시간, 온도, 강도를 통해 평가하는 것이 가능하며, 추가적으로 사양적 기준에 의한 성능 평가와 성능적 기준에 의한 성능 평가를 함께 고려하여 사용자(설계자 및 엔지니어)의 편의성을 확대하였다.



[그림 2.1.40] 강구조 성능위주 내화설계 평가 순서도

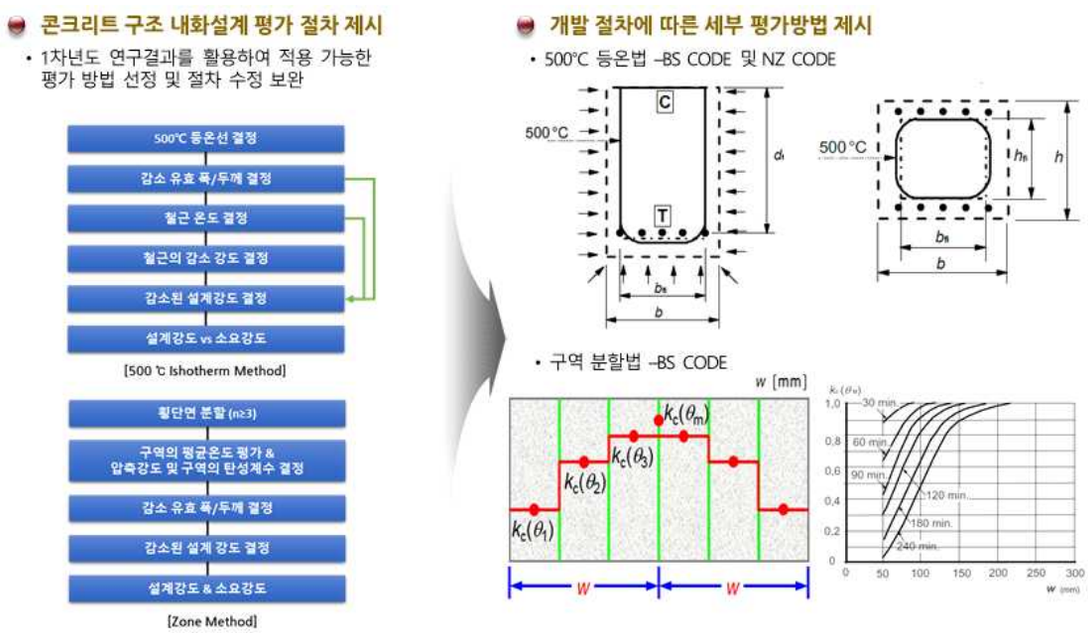
다 콘크리트 구조 성능위주 내화설계 절차 도출

콘크리트구조의 내화설계법은 Eurocode 2: Design of concrete structures (Part 1.2:General rules-structural fire design)에 수록되어 있다. 콘크리트 구조의 단순 설계법에서는 강구조 건축물과 같이 단순 설계법(Simple calculation method)과 상세 설계법 (Advanced calculation method), 절단 및 비틀림, 폭렬, 접합부에 대한 설계 절차를 다루고 있다. 단순설계의 경우 500℃ 등온법(500℃ Isotherm method) 및 구역분할법(Zone method)로 분류하여 설계 절차를 제시하고 있으며, 상세설계법의 경우 상기에서 제시한 비열, 열전도율, 밀도, 열팽창률 등을 고려하여 설계할 수 있는 근거를 제시하고 있다.

본 연구에서는 유로코드에서 제시하고 있는 설계 방법을 토대로 성능위주 내화설계 평가 절차를 도출하였으며, 이는 차후 개발되는 국내형 내화설계 평가 프로그램 제공되고자 한다.

(1) 연구수행 내용 및 결과

선진외국에서 적용중인 성능위주 콘크리트 내화설계의 경우 단면의 등온선을 실험적 데이터를 통해 강도를 감소시켜 설계하는 등온법으로 정의할 수 있다. 단, 등온선을 정의하는 방법에는 크게 2가지 방법이 제공되는데 첫 번째로 특정 온도를 설정하여 해당 온도를 초과하는 단면을 제외하는 등온법이다. 등온법의 경우 실험적인 데이터베이스가 제공되는 경우 간편한 방식으로 내화설계를 평가하는 장점을 갖고 있으나, 잔여 강도를 고려하지 않아 보수적인 결과값으로 계산되는 단점이 있다. 두 번째, 구역 분할법의 경우 온도 구간별로 강도 감소를 고려하여 내화설계를 평가는 방식으로 등온법에 비해 보다 정확한 결과값을 나타내나 적용 범위(비교적 피복 두께가 얇은 단면에 적용 가능) 작아 사용성이 제한된다.



[그림 2.1.41] 콘크리트 성능위주 내화설계 기준

라 성능위주 내화설계 도출

● 철골구조 내화설계 평가 절차 개발

① 유로코드의 한계온도법을 기반으로 한 철골구조 내화성능 평가 절차 도출

성능적 내화설계는 유로코드에서 제시하고 있는 단순 설계법(Simple Method), 상세 설계법(Advanced Method)을 기본으로 내화설계 관련 연구가 수행되고 있으나, 국내의 경우 성능설계를 위한 법적 근거만 제시하고 있을 뿐, 이를 기반으로 한 내화설계 평가 절차 및 세부기준은 제시되지 못하고 있다.

본 연구에서는 성능적 개념을 도입한 주요구조부의 내화성능을 평가하고자 기존 국내/외 화재안전 관련 코드 및 법규를 분석하고 이를 통해 국내 내화설계 절차에 적용 가능한 화재시나리오 및 주요구조부의 내화설계 및 평가 절차를 제시하였다.

철골구조에 관한 내화성능 평가는 시간, 온도, 강도를 통해 평가하는 것이 가능하며, 추가적으로 사양적 기준에 의한 성능 평가와 성능적 기준에 의한 성능 평가를 함께 고려하여 사용자(설계자 및 엔지니어)의 편의성을 확대하였다.

● 콘크리트구조 내화설계 평가 절차 개발

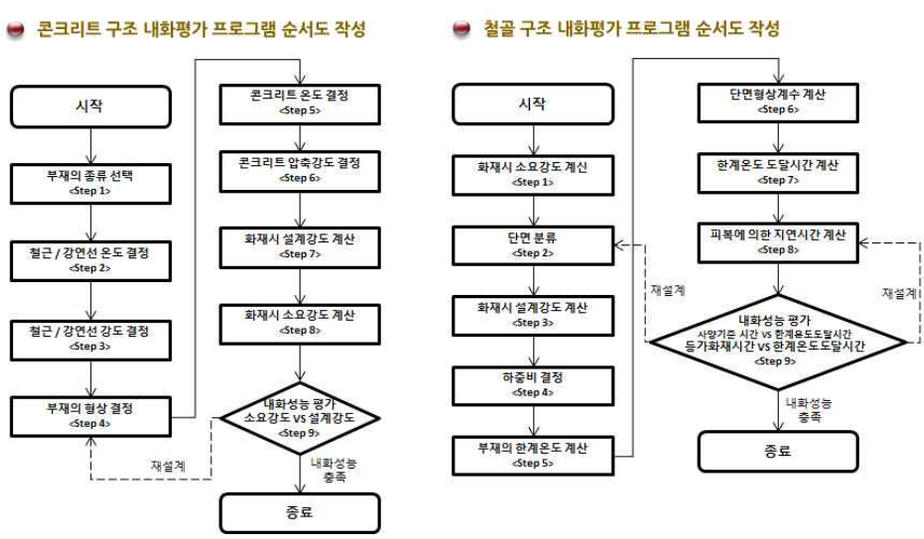
① 등온법 및 구역분할법을 적용한 콘크리트구조의 내화설계 평가 절차 도출

콘크리트 구조물의 내화설계 평가 절차를 도출하기 위해 유로코드, 영국, 뉴질랜드의 건축법규 및 관련 기준을 분석하여 국내 도입이 가능하도록 평가 절차 및 세부 기준을 수정·보완하였다.

② 국내 적용 가능한 내화성능 시간별 유효단면

콘크리트의 내화성능을 평가하기 위해서 화재 노출시 구조적 성능을 발휘하지 못하는 유효단면에 대한 정보가 필요하다. 유로코드에서 제시하는 시간 및 단면 두께별 유효단면에 대한 정보를 통해 국내에서 적용 가능한 유효단면으로 수정 보완하여 적용하였다.

(1) 연구수행 내용 및 결과



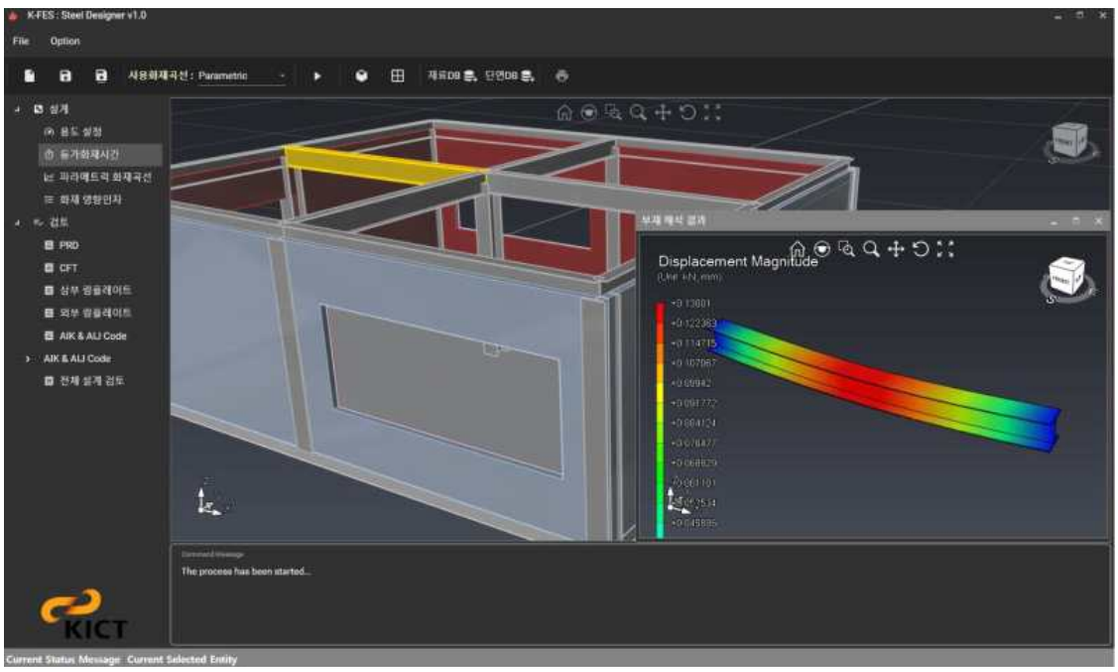
[그림 2.1.42] 국내형 성능위주 내화설계 평가 순서도

마 성능위주 내화설계 평가 프로그램 개발

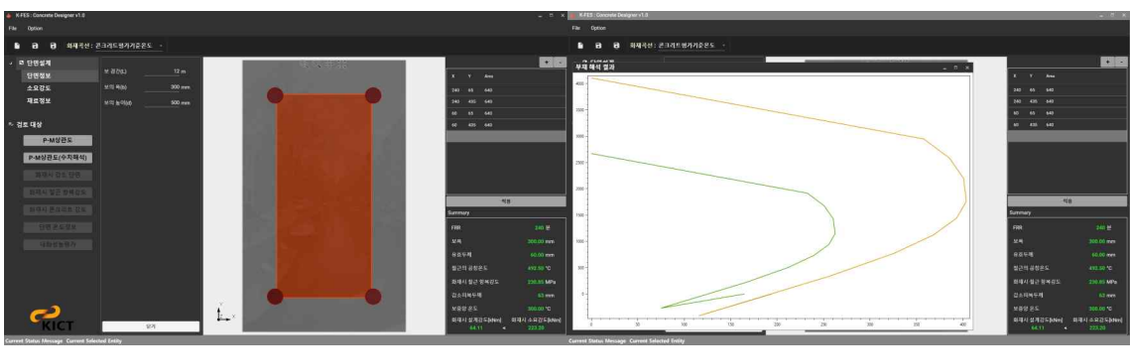
● 철골구조의 내화설계 평가 프로그램 개발

2차년도 및 3차년도에 도출된 철골구조물의 내화설계 평가 절차 및 세부 기준을 토대로 실사용자(설계자 및 엔지니어)가 사용 가능한 철골구조물 및 콘크리트 구조물의 내화설계 평가 프로그램을 개발하였다. 특히 철골구조물 내화설계 평가 프로그램은 표준화재곡선 및 파라메트릭화재곡선을 함께 고려하는 것이 가능하며 강도, 시간, 온도 기준을 통해 내화설계를 평가할 수 있도록 구성하였다.

(1) 연구수행 내용 및 결과



[그림 2.1.43] 개발프로그램 메인 인터페이스



[그림 2.1.44] 고온 노출시 유효단면 계산

[그림 2.1.45] P-M 상관도 계산

바 성능위주 내화설계 평가 프로그램 개발

● 개발프로그램 매뉴얼 작성

5차년도에 개발된 성능위주 내화설계 평가 프로그램의 경우 비전문가 및 평가자가 손쉽게 사용할 수 있도록 개발된 프로그램으로써 프로그램을 사용함에 있어서 사용의 용이성이 확보되어야 한다. 따라서 이를 위한 프로그램 매뉴얼을 작성하였다.

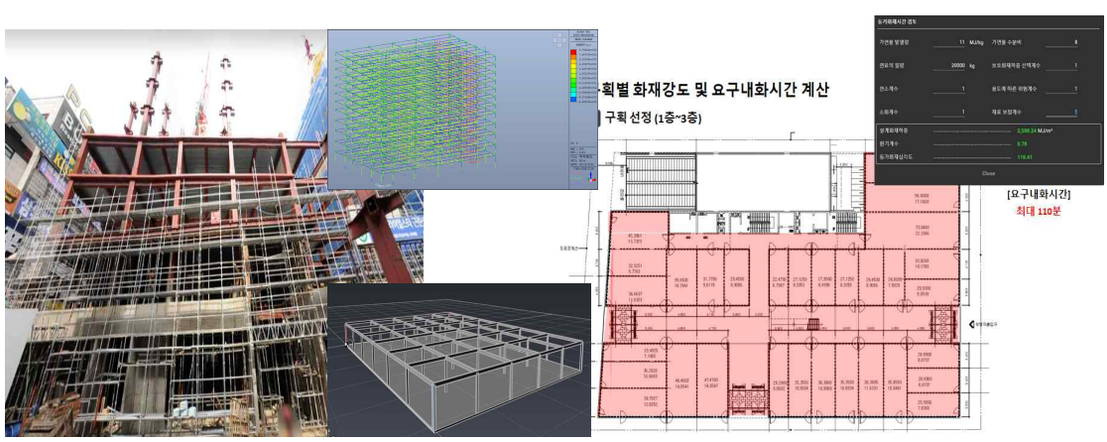
● 개발프로그램을 통한 케이스스터디

개발프로그램의 정합성 검토를 위해 실제 건축물에 대한 케이스 스터디를 수행하였다. 평가 프로그램을 통한 케이스 스터디 결과 사용자의 용이성 및 정합성 등 적절한 것으로 판단되었으며, 차후 연구되어야 할 대상 부재 확대 및 재료 추가 등 수정사항 등에 검토하였다.

(1) 연구수행 내용 및 결과



[그림 2.1.46] 내화설계 평가 프로그램 매뉴얼



[그림 2.1.47] 케이스스터디

2.1.7 사용자 및 평가자 중심의 성능위주 설계 기준 현장 적용성 평가

가 국내외 건축물 성능설계 사례분석 및 기준분석

(1) 연구내용

(가) 국외 건축물 성능위주 설계사례 분석

1) 에펠탑Ⅱ (미국)

- 성능설계 적용기준: NFPA(National Fire Protection Association)
- 설계 개요: 재실자 피난을 위한 지연시간 및 화재구획 안에서의 구조요소 내화성능 확보
- 요구성능: NFPA 13에 근거한 스프링클러 설치를 통한 재실자 피난시간 지연 및 5가지 화재시나리오에 대한 노출부 강재의 내화시간 산출

2) Taipei 101 (대만)

- 성능설계 적용기준: NFPA(National Fire Protection Association)
- 설계 개요: 재실자가 화재 및 연기의 위험없이 안전구역으로 대피할 수 있는 시간 확보
- 요구성능: NFPA 92B에 규정한 연기높이를 근거로 호흡안전선 1.8M 기준으로 인명안전평가 및 소방법 및 건축법에 규정된 연기배출구 간격을 법적기준 이상으로 완화

(나) 국내 건축물 성능위주 설계사례 분석

1) 제2롯데월드

- 성능설계 적용기준: NFPA(National Fire Protection Association) 및 IBC(International Building Code)
- 설계 개요: 초고층 빌딩의 피난안전성능 확보 [기준 강화 및 기준 도입]

요구성능:

- 기준강화 : 수계 소화설비 수량, 방화구획 설치기준, 무전통신 보조설비, 계단폭 확장, 연돌효과 방지대책, 특별 피난계단용 제연설비, 피난유도선, 경보설비 등
- 기준도입(당시 국내 관련 기준 없는 경우) : 계단 상호간 이격거리, 엘리베이터를 이용한 피난, 소방대원 전용 계단배치, 피난 안전구역 배치 등

2) 인천국제공항

- 설계 개요: 내화구조 및 방화구획 기준 완화
- 요구 성능

- 내화구조 기준: 내화구조 성능기준 2시간→기둥높이에 따른 성능기준 완화
- 피난성능 기준: 피난계단 1개소 추가 및 출입구 위치 변경을 통한 허용피난시간(ASET) 만족

● 방화구획 기준: 3층이상 방화구획 → 별도방화구획 대신 제연경계커튼 및 수막설비 병행적용을 통한 층간 방화기준 완화

3) 경산실내체육관

● 설계 개요: 대공간 구조물의 피난 안정성 확보

● 요구 성능: 체육관 양방향 및 중앙부 출입구 계획 수정을 통한 허용피난시간(ASET) 만족

나 실제 건축물 대상 사양설계 기준 설계 수행

(1) 연구내용

(가) 성능설계 대상 사양설계기준 설계수행

1) 건축물 사양기준 설계안 확보

● 대상 건축물은 판교에 위치한 1,600여 개 기업과 10만여 명이 근무하는 경제밸리 건축물로, 기업 운영을 위한 공간과 ICT·문화 융합 공간이 공존하는 건축물로써, 제1종·제2종 근린생활시설과 노유자시설 중 아동관련시설, 업무시설이며 주용도는 일반업무시설임.

[표 2.1.27] 사양설계 대상 건축물 설계개요

구분		설계내역	설계조건
건물 개요	대지면적	22,827㎡	
	건축면적	11,250.72㎡	
	연면적	78,802.08㎡(지상: 51,351.07㎡ / 지하: 27,451.01㎡)	
	건폐율	49.29 %	법정 70% 이하
	용적율	224.96 %	법정 400% 이하
	구조	철골철근콘크리트, 철근 콘크리트 구조	
	층수	지상 8층 / 지하 2층	
	최고높이	42.90 m (EL+99.90M)	EL+101.0M 이하
외부마감		알루미늄쉬트, 로이복층유리, 로이삼중유리	
주차 개요	지하1층	293대	
	지하2층	342대	
	계	635대 (장애인주차 13대 포함)	법정 548대 (장애인주차 2 % 이상)
조경개요		5,593.55 ㎡ (24.50 %)	법정 3,424.05 ㎡ 이상



[그림 2.1.48] 설계수행 건축물 현장

2) 성능설계 적용 방향성 설정

- 성능위주 설계기준은 크게 사양설계조건에 만족하지 못하는 경우에는 그 기준을 완화하는 방향과 국내법 이외 해외기준을 추가하여 안전도를 강화하는 방향으로 구분됨.
- 해당 건축물은 위 [그림]과 같이 3개의 존으로 계획되어 있어 ① 화재 시 통합로비를 통한 대피계획에 대한 피난동선 및 피난안전성 평가 ② 24m 의 대공간 단일형강보로 설계된 창업조 상부의 내화성능 검토 ③ 지상 3~4층으로 계획된 첨단예술 공연전시장 및 아트리움의 화재안전성 확보 등의 검토가 필요한 것으로 판단되며 이를 성능설계 적용성 검토 분야로 선정하였음

다 실제 건축물 대상 성능설계 기준 설계 수행

(1) 연구내용 및 결과

(가) 성능설계 대상 성능설계 기준 설계수행

1) 피난동선 검토

- 피난층에서 용이한 옥외 대피 계획, 건물내의 어느 위치에서도 반드시 2방향의 피난동선을 확보할 수 있는 수직피난계획 및 수평피난계획 설정
- 피난동선: 화재실 → 출구 → 복도 → 피난계단 → 피난층 → 출구 → 옥외(지상)

2) 장스팬 내화성능 확보방안 검토

- 골조자중 및 마감하중, 기타 설비하중을 고려한 고정하중 및 활하중 검토
- 장견간보의 내력 및 처짐 검토
- 미국 NIST에서 발간한 “Best Practice Guidelines for Structural Fire Resistance Design of Concrete and Steel Building” 기술보고서의 내화설계방안 검토

3) 화재피난 시뮬레이션을 통한 피난 안전성 평가

- 지하1층은 10,000㎾, 지상 3층은 5,000㎾, 지상 5층은 6,000㎾급 화재강도에 대한 화재안전성을 검토하였음.
- 피난허용시간 및 피난완료시간은 소방시설의 설계방법 기준 별표1의 3분을 적용하여 피난안전성을 확보하였음.

4) 성능위주 설계업무 수행 시 주안점

- 건축주 의도 및 기본설계 추가 수정사항 조정
- 구조, 전기, 설비, 전기, 통신등의 상세설계도면과 크로스체크
- 설계법규 재확인
- 각종 상세도면 작성
- 성능위주 설계적용 분야 컨설턴트와의 조정
- 실시설계 진행 (실시설계도서 작성)
- 시방서 작성
- 공사비 가견적(실시 80%) 및 상세견적(실시완료시)



[그림 2.1.49] 성능설계 수행 분야

라 성능설계 분야별 성능위주 ITEM 대상 설계안 도출

(1) 연구내용 및 결과

(가) 성능위주 화재안전 설계방안 검토

1) 기존 성능위주 사례분석을 통한 설계방향 분석

- 국내외로 수행된 성능위주 설계수행 사례는 각 기관의 노하우가 집약된 기술이므로 매우 제한적으로 공개되어 케이스별 설계수행 방법의 분석에 어려움이 있음.
- 성능위주 화재안전 설계를 수행하기 위한 각국의 성능설계 수행 사례를 분석한 결과, 각 분야별(내화/연소/피난/연기 등) 시스템들이 상호 유기적으로 작용해야 하므로 상호연계가 가능한 화재안전성이 확보되어야 함.

2) 실 건축물 설계사례분석을 통한 설계방향 분석

- 건축물의 각 분야별(피난/연기제어/내화)로 제시하고자 하는 설계기준을 반영하여 설계기준 개발 과정의 적정성을 검증/반영할 수 있는 건축물을 대상으로 직접 사양설계기준의 설계를 수행하고 분석하였음.
- 국내의 경우「국민안전처 고시 제2016-30호」에 의거하여 제시된 화재안전성능을 확보하기 위한 성능위주설계 방법 및 기준에 따라 성능위주 설계가 수행되고 있으나 이는 소방시설의 성능위주 설계수행을 중점적으로 수행됨으로 국내의 성능위주 설계수행 사례는 건축법의 성능위주 설계 기준을 반영하기에 매우 제한적인 사항임.

3) 화재안전 성능위주 설계 가이드라인 분석을 통한 설계방향성 검토

- 기존의 성능설계 사례 및 실구조물 대상 설계수행 사례, 화재안전분야별 성능위주 설계 가이드라인을 종합 분석한 결과, 성능위주 설계는 건축물의 용도에 따른 각각의 구획형상이나 면적, 유효너비 등이 다르게 설정되어야 할 것으로 판단됨.
- 또한 기획설계 및 계획설계 단계에서 고려해야 할 기준, 기본설계에서 고려해야 할 수준, 실시설계 단계에서 고려해야 할 기준들을 각각 설정하여 접근해야 할 것으로 판단됨.

(나) 성능위주 화재안전분야 설계수행 프로세스 도출

1) 건축물 성능위주 화재안전 설계 프로세스 Ⅰ- 설계단계별 프로세스 일반
2) 건축물 성능위주 화재안전 설계 프로세스 Ⅱ- 내화구조 분야

(다) 성능위주 화재안전 설계방안 도출

1) 성능위주 설계요소를 고려한 성능평가 건축물의 설계 모델

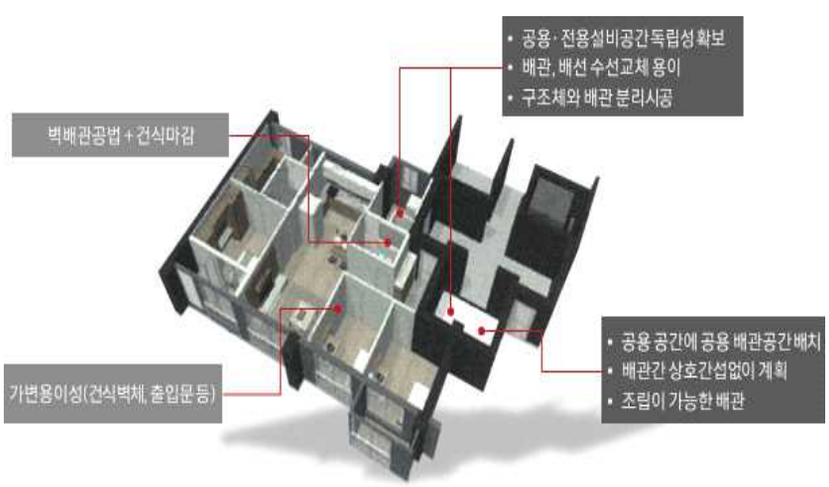
- 실시설계 단계에서는 기본설계 단계에서의 주요인자에 대한 성능평가를 실시하여, 그 안정성을 확보하지 못한다고 판단되는 분야에 대해 수치해석이나 실물실험 등을 통해 제시된 성능평가 기준에 따라 최종적으로 설계를 수정하여 보완하는 방안으로 진행되어야 할 것으로 판단됨.
- 따라서 화재안전 성능위주 분야를 통합적으로 평가하기 위한 표준모델의 도출이 필요할 것으로 판단되며, 무엇보다 추가적으로 요구될 수 있는 성능위주 화재안전 요구조건에 대비한 미래변화 대응 평가장 모델 구성이 필요함.

2) 성능위주 설계요소를 고려한 성능평가 건축물의 설계 모델

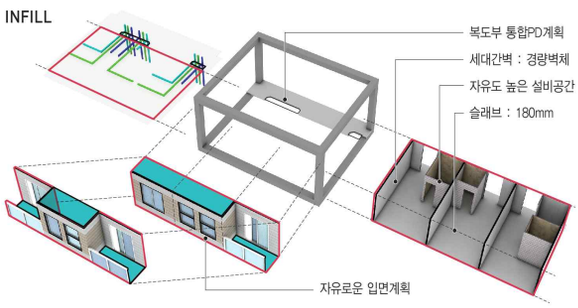
○ 다양한 성능위주 설계요소를 반영한 성능평가 건축물 설계를 위해서는 가벼운 공사로 자유로운 공간계획 및 구획분할이 가능한 공간이 무엇보다 요구되므로 라멘구조와 건식벽체(내화성능 확보)+구획분할이 가능한 공간구성을 기본적으로 고려하여 설계를 수행함.



[그림 2.1.50] 성능설계 적용분야 및 검토사항



[그림 2.1.51] 성능설계 평가장 건축물의 기본 공간구성



[그림 2.1.52] 성능설계 평가장 건축물의 입면구조

마 실건축물 성능위주 설계 적용대상 건축물 성능설계 수행

(1) 연구내용

(가) 성능검증장 성능위주 설계 수행 (Test-Bed 설계)

1) 성능위주 설계 방향

- 성능평가장 성능설계를 수행하기 위해 본 연구에서 제시하는 가이드라인과 도출한 각종 Item들의 적용과 평가·검증을 용이하게 하기 위해 4차년도에 도출한 성능위주 설계수행 모델을 토대로 요구되는 성능과 조건에 대비하여 설계를 진행함.

2) 성능검증장 Test-Bed 건축물 개요



[그림 2.1.53] 성능평가장

[표 2.1.28] 대상 건축물 설계개요

구분		설계내역
건물 개요	명칭	한국기술연구원 건축물안전성능실험센터 증축공사
	지역지구	계획관리지역 (지구단위계획구역)
	대지면적	62,726.00 ㎡
	건축면적	6,244.49 ㎡
	연면적	78,802.08㎡ (지상: 51,357.07㎡ / 지하: 27,451.01㎡)
	건폐율	49.29 %
	용적율	224.96 %
	구조	철근콘크리트조, 일반철골조, 경량철골조, 강파이프구조, 블럭조
	층수	지상4층, 지하1층
	최고높이	36.90 m
외부마감		외단열시스템(드라이 비트), 화강석 마감, 로이복층유리,
주차개요	지상1층	64대
	계	64대 (장애인주차 3대포함)
조경개요		34,507.59 ㎡ (55.01%)

3) 분야별 성능위주 설계 적용

① 건축계획분야

- 연결통로 설치
- 층간소음실험동 기존 내단열에서 외단열로 변경, 드라이비트를 통한 외벽 마감
- 정면부 1m의 화재확산방지 차양 설계, 측면부 3층까지 미네랄울보온판2종으로 단열재 설계, 배면부 층마다 바닥에서 0.4m 부분 미네랄울보온판2종 설계



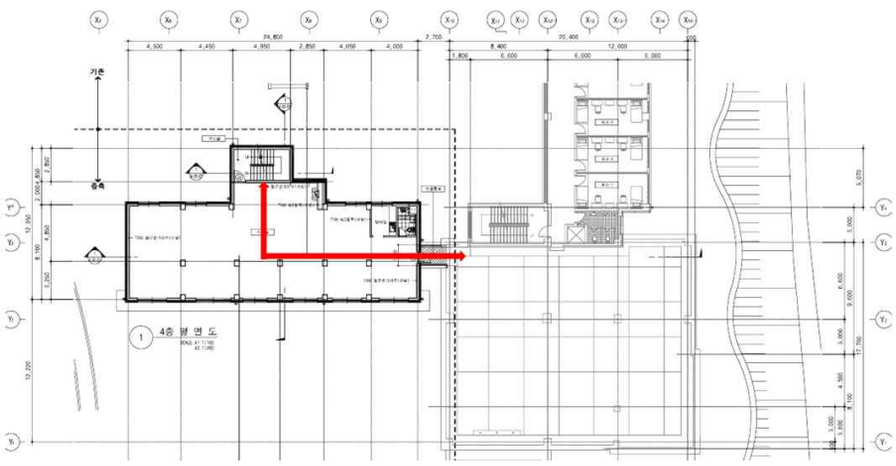
[그림 2.1.54] 성능평가장 건축 외부 마감 계획

② 방화구획분야

- 갑종방화문은 언제나 닫힌 상태 유지하거나, 화재를 가장 신속히 감지하여 자동 폐쇄 구조로 계획

③ 피난계획 분야

- 건물 내 모든 위치 2방향 피난동선 확보가능하도록 계획
- 피난동선은 거실(화재원)→출구→복도→피난계단→피난층→출구→옥외(지상)으로 계획



[그림 2.1.55] 피난동선

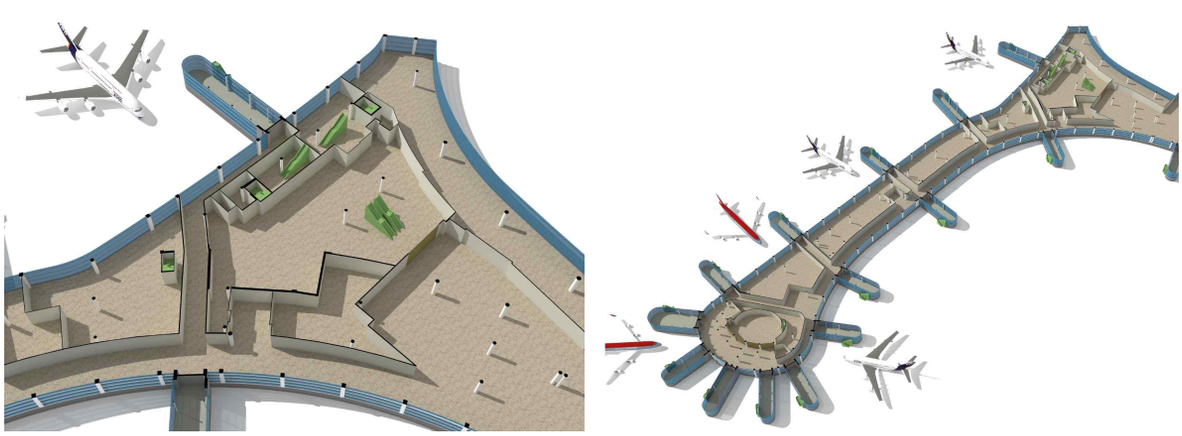
바 성능위주 설계기준을 반영한 현장 시공 적용성 평가

(1) 연구내용

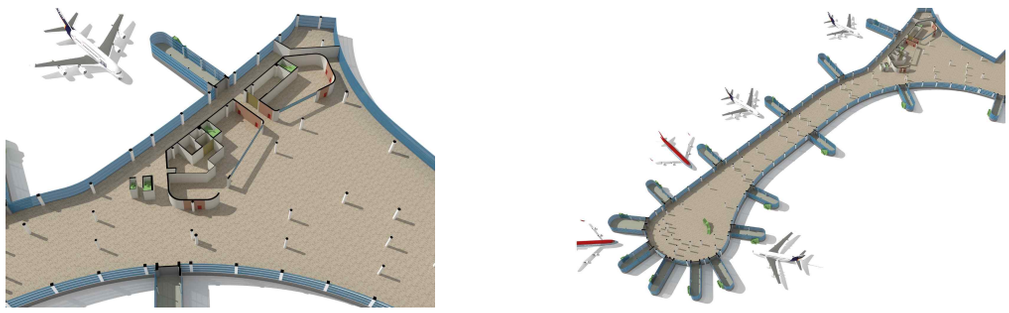
(가) Case-study를 통한 현장 시공 적용성 평가

1) 공항 설계안을 통한 비교 분석

- 사양설계 대비 성능설계 피난분야, 방화구획 등을 공항 설계안을 통한 비교 분석실시
- 조감도를 활용한 차이점 분석



[그림 2.1.56] 사양설계



[그림 2.1.57] 성능설계

2) 실 건축물 성능설계 적용

- 설계 프로젝트 진행 중인 실건축물에 성능 설계 적용 가능한 ITEM 검토 후 성능 설계 적용 실시
- 사양설계 대비 성능설계 비교 분석 실시



[그림 2.1.58] 성능평가장

[표 2.1.29] 대상 건축물 설계개요

구분		설계내역
건물 개요	명칭	고덕 비즈밸리 2-3BL 신축공사
	지역지구	준주거지역, 중점경관관리구역(한강변), 지구단위계획구역
	대지면적	3,917.00 ㎡
	건축면적	2,141.67 ㎡
	연면적	34,339.48㎡ (지상: 15,639.71㎡ / 지하: 18,699.77㎡)
	건폐율	54.68 %
	용적율	399.28 %
	구조	조
	층수	지상16층, 지하6층
	최고높이	81.40 m
주차개요	법정	181.2대
	계획	337대 (법정대비 : 186.02%)

2.1.8 방화구획(방화문, 방화셔터 등) 및 내화구조의 화재안전성능 유지를 위한 현장품질관리 기준 개발

가 현장품질관리 관련 제도 조사

〈그림 2.1.58〉과 같이 우리나라를 비롯한 주요 국가에 대한 현장품질관리 관련 제도를 조사 및 분석함. 우리나라와 일본의 경우 주로 건축법, 고시 등의 관련 법령에 따라 현장품질관리 관련 제도가 운영되고 있으며, 미국 등은 건축물 관련 규정과 코드 및 민간 인정 프로그램에 의하여 현장품질관리 관련 제도가 운영되고 있음.

우리나라	일본	미국
• 건축법, 관련 고시 • 국토교통부고시 제2015-834호 '내화구조의 인정 및 관리 기준' • 국토교통부고시 제2015-474호 '건설공사 품질관리 업무 지침'	• 건축기준법 • '건축재료의 품질 ' 관련 법규정 • '허가 및 인정에 관련된 동의 ' 관련 법규정	• IBC(International Building Code) 2012 • 미국방화협회(NFPA) 코드 : NFPA 5000(Building Construction and Safety Code)의 건축물 시공시 품질 보증 사항
영국	**캐나다**	**호주, 뉴질랜드**
• BR(Building Regulation) • BS Code(BS EN 13501 Fire classification of construction products and building elements, Part 2 : xxx : Classification using data from fire resistance tests 등)	• NBCC(National Building Code of Canada) • Ontario Regulation 350/60 Building Code 등 • SCC(Standard Council of Canada) 인정프로그램	• 호주 : BCA(Building Code of Australia), 지방정부별 품질 관리 • 뉴질랜드 : The Building Act, Building Regulation, The New Zealand Building Code의 Functional Requirement

[그림 2.1.59] 국가별 현장품질관리 관련 제도

나 현장품질관리 대상 분류

현장품질관리 시, 기존 건물 유지관리 시 및 시험기관 성능시험 부적합 사항 검토 및 부적합 사항 검증시험 수행 내용을 종합하여 현장품질관리 대상을 분류함.

다 방화구획(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼) 및 내화구조 현장품질관리 실태 및 절차 조사

(1) 건설사 현장품질관리 시스템 조사

국내 주요 건설사의 현장품질관리 시스템 조사를 통하여 방화구획 설비 및 내화구조의 현장 적용에 대한 품질관리 절차를 확인하고, 이에 대한 문제점을 분석함.

(2) 건설 현장 및 제조업체 방문을 통한 현장품질관리 실태 조사

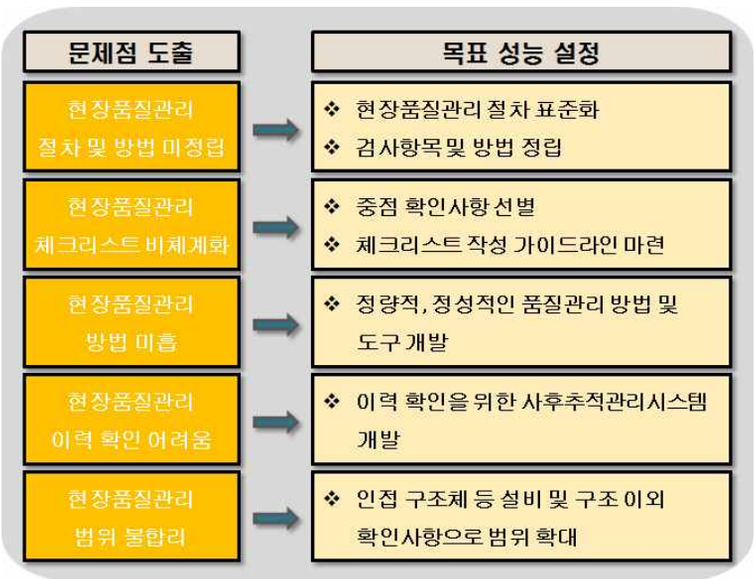
건설 현장을 방문하여 현장에 적용된 방화구획 설비 및 내화구조의 현장품질관리 상태 파악 및 품질관리 담당자와의 인터뷰를 통하여 현장품질관리 문제점을 파악함. 또한, 방화댐퍼 제조업체에 방문하여 방화댐퍼의 현장품질관리 현황을 조사함.

(3) 전문가 자문 등을 통한 조사

해외 전문가 자문을 통하여 북미 지역의 현장품질관리 현황을 조사하고, 국내 전문가 자문을 통하여 현장품질관리 관련 이슈, 현장품질관리 관련 자료, 현행 현장품질관리의 문제점, 현행 현장품질관리 관련 제도 동향 및 현안 문제점 및 개선방향을 조사함.

라 방화구획(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼) 및 내화구조 현장품질관리 문제점 도출 및 목표 성능 설정

〈그림 2.1.59〉와 같이 문제점을 도출하고 목표 성능을 설정함.



[그림 2.1.60] 문제점 도출 및 목표성능 설정

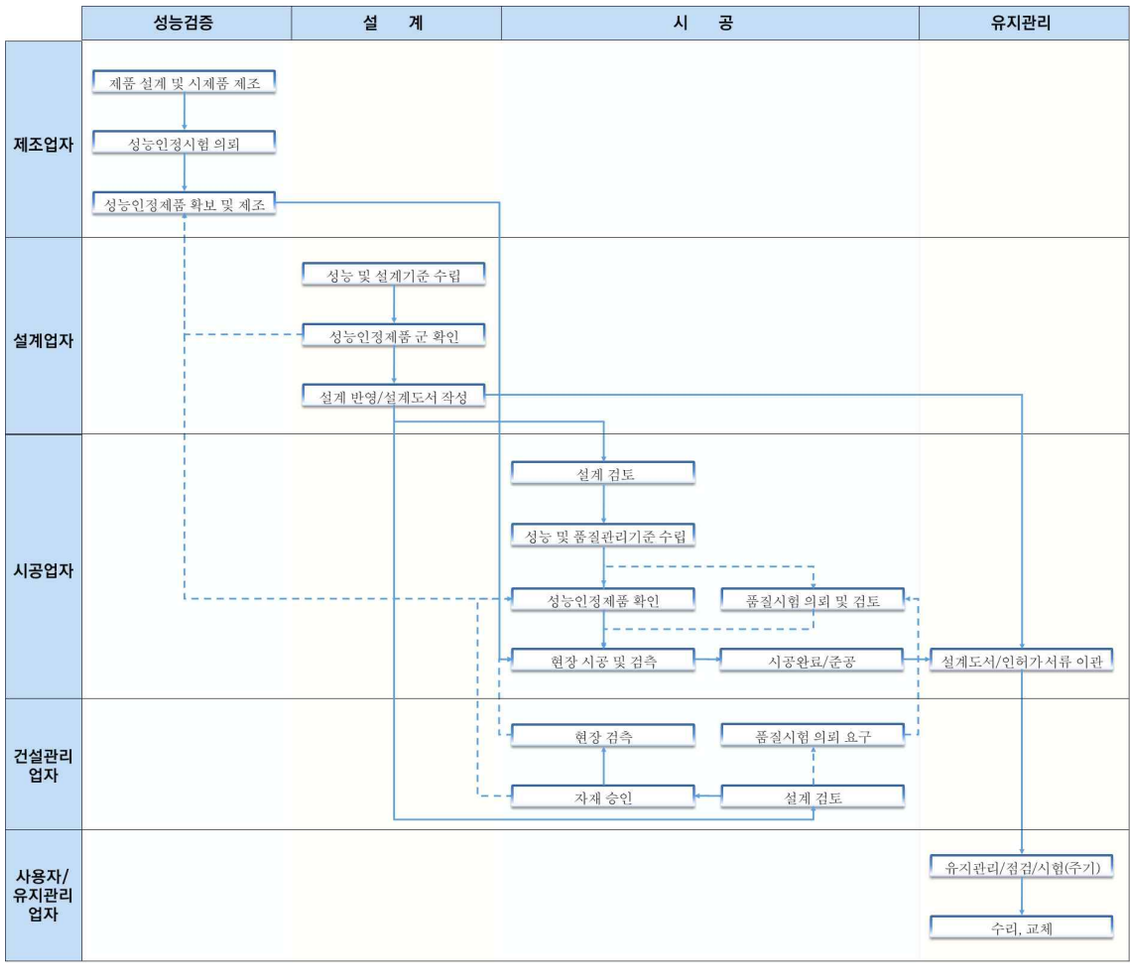
마 관리대상별, 관리단계별 현장품질관리기준 검토

방화구획설비의 세부 대상 분류를 위하여 국내 시험기관의 방화구획설비 성능인정 현황을 분석하고, 내화구조 인정구조의 세부 대상 분류를 위하여 한국건설기술연구원에서 게시한 내화구조인정구조 현황(2016년 9월 기준)을 분석함.

또한, 방화구획설비 및 내화구조인정구조의 성능인정 현황 분석을 통하여 관리대상 및 관리단계에 따라 현장품질관리 사항을 세부 분류함.

한편, 현장품질관리 시, 유지관리 시 확인사항의 검증을 위하여 방화문, 방화셔터, 방화댐퍼, 건축용 철강재 벽판 및 내화충전구조 시험체를 제작하여 관련 시험 표준에 따라 검증시험을 수행함으로써 방화구획설비가 부적합하게 관리될 경우 화재위험성을 확인하여 중점적으로 관리하여야 하는 대상(또는 항목)을 분류함.

그리고, 제조업자, 설계업자, 시공업자, 건설관리업자, 사용자/유지관리업자에 따른 기존 및 추가 조사한 현장품질관리 방법을 바탕으로 전체 관리단계에서 현장품질관리가 합리적인 수준으로 수행될 수 있도록 현장품질관리 절차 및 방법을 표준화하고자 함. 현장품질관리 방법에서의 내용을 바탕으로 관리대상별, 관리단계별 제품의 성능확보를 위하여 주요 확인사항에 대한 세부적인 품질관리 사항 및 방법을 검토하여 현장품질 검사항목을 작성하고, 정량적, 정성적인 현장계측을 통하여 현장 검사를 실시하도록 함.



[그림 2.1.61] 관리대상별, 관리단계별 품질관리 절차

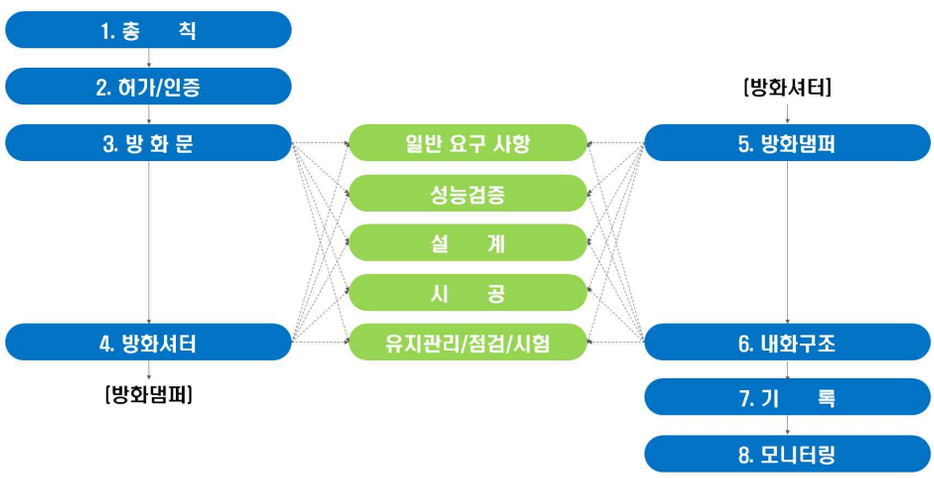
바 현장품질관리 기준(안) 작성

(1) 현장품질관리 기준(안) 초안 작성

현장품질관리 기준(안) 초안의 작성을 위하여 관련 문헌인 NFPA 80(미국), DG 524(영국, BRE) 및 Fire Safety Management Protocol(영국, NHS)를 분석하여 초안 양식을 작성함.

관련 문헌의 분석 및 관리대상별, 관리단계별 현장품질관리 분류에 따라 [그림 2.1.6.4]와 같은 개념도를 바탕으로 하여 세부 목차(안)을 작성함.

초안 양식 및 목차(안)을 반영하여 현장품질관리 기준(안) 초안을 별책으로 작성함.



[그림 2.1.62] 목차 구성 개념도

(2) 현장품질관리 기준 체계 정립

법(시행령, 시행규칙) 하위의 지침은 시행령 및 시행규칙의 조항과 관련하여 세부사항을 정하는 것으로서 법의 개정과 맞물려 제정되어야 하며, 강제성이 크다고 할 수 있음. 반면에 표준시방서 하위에 위치한 하위기술기준에서의 지침은 가이드라인으로서의 성격을 가지며 상대적으로 강제성이 낮다고 볼 수 있음. 이에 현장품질관리 기준은 가이드라인으로서의 성격을 가지며, 관련 고시의 개정과 함께 운용되는 것이 합리적이라고 판단됨.

따라서, 현장품질관리 기준은 '현장품질관리 지침'으로 하여 고시 등의 하위기술기준으로 그 위계를 정하여 작성함.

(3) 유지관리 방법 검토

(가) 사후추적관리시스템 검토

사후추적관리시스템은 제품의 생산에서 수송, 저장, 가공, 유통 및 판매에 이르는 생산망 전부 또는 일부 또는 망 중 어느 한 단계에서 생산품 단위(batch)와 그 이력을 추적하는 시스템을 말하는 것으로서 현장품질관리에서는 방화구획설비 및 내화구조를 제조, 시공, 유지관리 단계의 생애주기 동안 지속적으로 관리함으로써 화재안전 성능을 계속적으로 확보하고자 하는 시스템임.

관련 규정 및 법령 검토에서 국내의 '내화구조의 인정 및 관리기준' 및 'KS 인증 심사기준'을 검토하고,

국외의 미국 NFPA 80 'Standard for Fire Doors and Other Opening Protectives' 및 영국 DG 524 'Fire Doors'를 검토하고, 관련 인증에서 사용되는 인증 라벨에 대하여 검토함.

한편, 사후추적관리시스템 사례의 검토를 위하여 국내의 식품의약청안전청, 농업진흥청(가축식별 시스템, 한국 쇠고기 이력추적시스템, 농산물 이력추적관리 시스템), 전파연구소(방송통신기기추적관리시스템)에 대해서 검토하고, 국외의 EU 농산물안전성 이력추적관리제도, 일본 농산물 이력추적시스템을 검토하고, 건설분야 IT기반 이력데이터 수집기술에 대하여 검토함.

(나) 현장품질관리 방법 제시

1) 현장품질검사 항목 제시

관리대상별(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼, 내화구조), 관리단계별(성능검증, 설계, 시공, 유지관리) 현장품질검사 항목을 제시함.

2) 현장계측 방법 제시

관리대상별 현장품질검사 항목에 대한 현장계측을 위하여 정성적, 정량적 방법으로 현장품질관리를 하고자 다양한 계측 방법을 활용함.

(다) 사후추적관리시스템 제시

'추적관리제도'란 방화구획설비 및 내화구조가 성능검증, 시공, 유지관리 단계에서 지속적으로 화재안전성능을 유지하도록 하고, 부적합 사항이 발생할 경우 해당 설비 및 구조의 재시공, 수선 및 교체 등의 시정조치가 원활히 이루어질 수 있도록 각 관리단계별로 현장품질을 관리하는 것을 말함.

적절한 추적관리시스템 구축을 위해서 [그림 2.1.6.5]의 3가지의 필요한 방안에 대해 기술함. 추적관리를 위해서는 관련 법령을 제정하거나 관련 성능인정 제도에 내용을 추가하여야 할 것이며, 이를 담당할 수 있는 기관(또는 부서)을 두어 별도로 관리하도록 하여야 함. 또한, 추적관리에 필요한 정보를 획득하거나 알려주기 위해 별도의 홈페이지를 구축하고, 정보 DB를 관리할 수 있도록 하여야 함.



[그림 2.1.63] 추적관리 체계 구성도 및 내용

(라) 체크리스트 작성 가이드라인

관리대상별(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼, 내화구조), 관리단계별(성능검증, 설계, 시공, 유지관리)로 관리 주체에 따라 현장품질검사 항목을 이용한 다양한 체크리스트를 작성하여 활용할 수 있도록 〈표 2.1.6.1〉과 같이 체크리스트 작성용 엑셀(EXCEL) 파일을 작성하여 체크리스트 작성을 위한 가이드라인으로 활용하도록 함. 체크리스트 작성 가이드라인은 관리대상(품목, 종류), 관리단계, 현장품질검사 항목, 세부 항목, 사양기준, 이상유무의 열(Column)로 구분되어 작성되며, 관리대상(품목, 종류)을 선택하고, 관리단계를 선택하면 현장품질검사 항목 및 세부 항목이 표시되며, 사용자가 사양기준을 설정하여 이상유무를 확인토록 함.

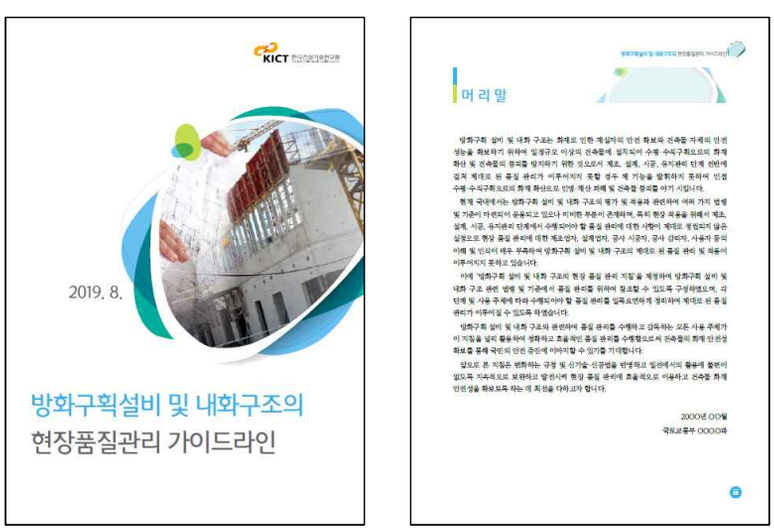
[표 2.1.30] 체크리스트 작성용 엑셀(EXCEL) 파일 구성

품목	종류	관리단계	현장품질검사 항목	세부 항목	사양기준	이상유무
방화문, 방화셔터, 방화댐퍼, 내화구조	세부 종류로 구분	성능검증, 설계 시공(자재선정), 시공(공장검수), 시공(현장시공), 유지관리	본체 확인, 하드웨어, 부속품 확인, 작동 확인, 주위벽체 확인 등	세부 항목으로 구분	기준값 등	이상 유무

(4) 현장품질관리 기준(안) 최종안 작성

현장품질관리 기준(안)은 고시 등의 하위기술기준으로 그 위계를 정하여 '방화구획설비 및 내화구조의 현장품질관리 지침(안)'(가칭)으로 명명하여 최종 작성됨. 이에 현장품질관리 지침은 가이드라인으로서의 성격을 가지며, 관련 고시의 개정과 함께 운용되도록 하고자 함. 관련 문헌의 분석 및 관리대상별, 관리단계별 현장품질관리 분류에 따라 세부 목차 및 내용을 작성함.

현장품질관리 지침(안) 최종안의 세부내용에 대한 보완을 하고, 맞춤법, 표현 방법 등 교정을 실시하여 〈그림 2.1.63〉과 같이 최종본을 출판함. 최종본은 별책으로 제출될 예정임.



(a) 표지 (b) 머리말

[그림 2.1.64] 현장품질관리 지침(안) 출판본

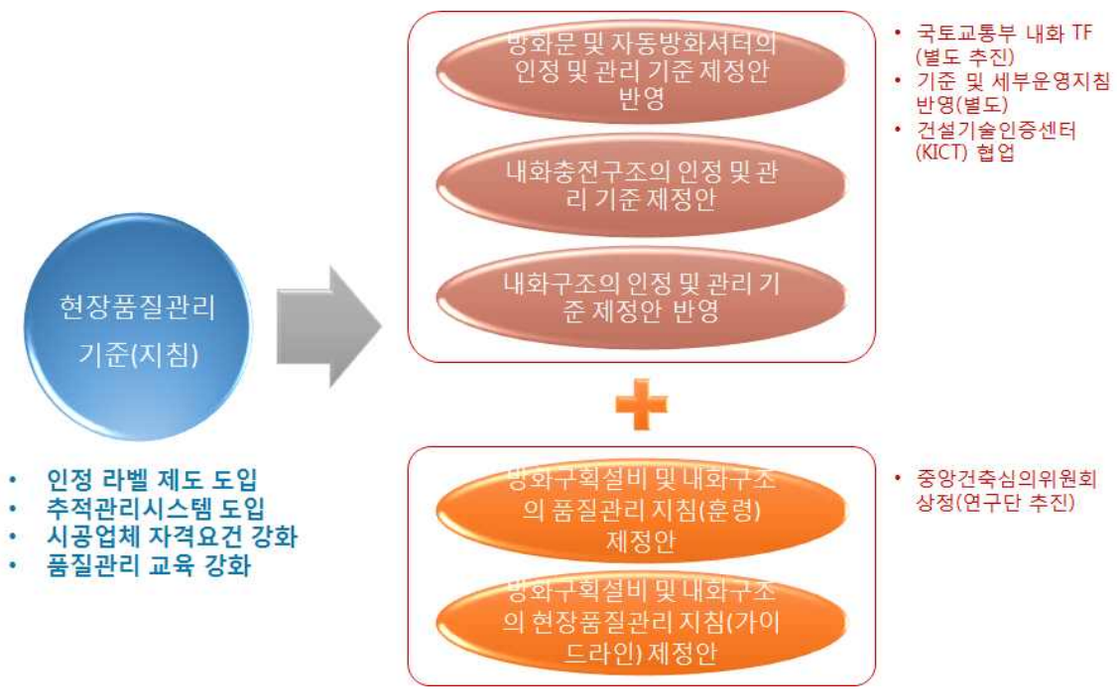
사 관련 법령 제·개정(안) 작성

(1) 현장품질관리 지침의 제도 반영

현장품질관리 지침을 관련 법령 등 제도에 반영하기 위해서 〈그림 2.1.64〉과 같이 지침 중 인정 라벨 제도 도입, 추적관리시스템 도입, 시공업체 자격요건 강화 및 품질관리 교육 강화 등의 내용을 관련 법령에 반영할 수 있도록 작성함.

또한, 현재 관련 기준이 없어 현장에 제대로 성능이 확인된 제품이 사용되지 않고 있는 방화댐퍼에 대해서는 성능인정 관련 기준 제정(안)을 작성하여 국토교통부에 제안하여 관련 규칙(건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙, 2019.08.06.) 및 고시(자동방화셔터, 방화문 및 방화댐퍼의 기준, 2020.01.30.)가 개정됨.

한편, 국토교통부 주관의 화재안전 TF를 통하여 방화문 등의 인정제도 도입과 관련한 관련 법령 개정(안)을 한국건설기술연구원과 공동으로 작성하여 국토교통부에 제안함. 추후에는 내화충전구조에 대해서도 인정제도 도입과 관련한 관련 법령 개정(안)을 한국건설기술연구원과 공동으로 작성하여 국토교통부에 제안할 예정임.



[그림 2.1.65] 현장품질관리 기준의 제도화 방안

(2) 관련 법령 내용 검토 및 제·개정(안) 작성

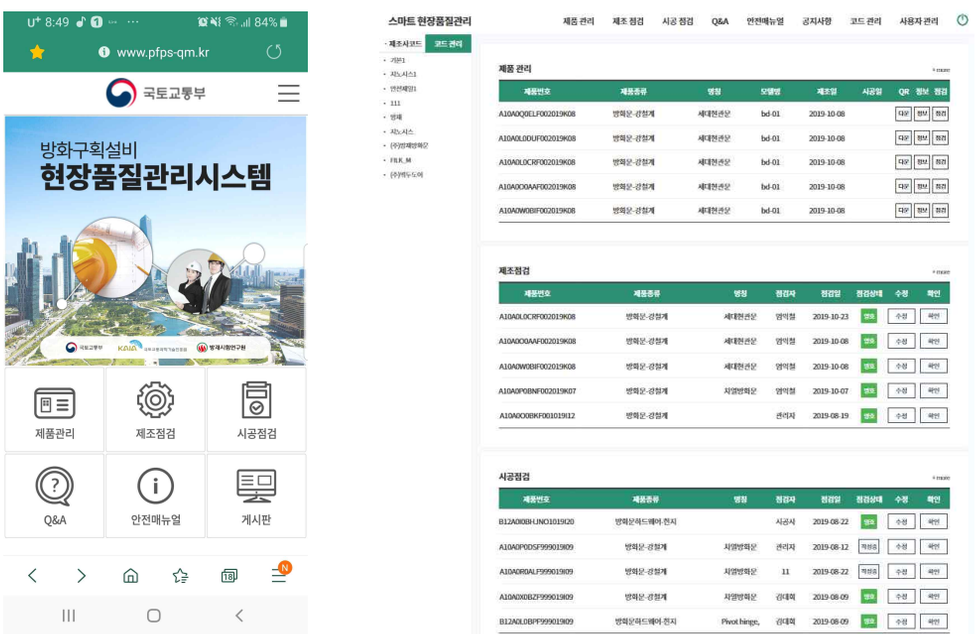
현장품질관리 기준의 법령으로의 반영을 위하여 관련 법령 내용을 검토하고 제·개정(안)을 작성하였음. 현장품질관리 기준(지침)은 주요 사항인 인정 라벨 제도 도입, 추적관리시스템 도입, 시공업체 자격요건 강화 및 품질관리 교육 강화의 내용 등을 국토교통부 주관 TF 및 한국건설기술연구원건설기술인증센터 협업을 통하여 기존 관련 법령 제·개정안에 반영토록 하는 것과 별도 지침(훈련) 및 가이드라인으로 제정하여 중앙건축심의위원회에 상정토록 하는 것의 두 가지 Track으로 제도화하고자 함.

(3) 관련 부처(국토교통부) 협의 및 제안

국토교통부 주관 TF를 통해 지속적으로 현장품질관리 관련 제도 개선안에 대한 제안을 함. 제도 개선안은 '내화구조의 인정 및 관리기준 개정안', '자동방화셔터 및 방화문의 기준 개정안' 및 '방화구획설비 및 내화구조의 품질관리 지침 제정안'으로 국토교통부 담당 사무관에게 직접 제안함.

아 현장품질관리 앱(웹시스템) 개발

방화문, 방화셔터 및 방화댐퍼의 현장품질관리 항목에 대하여 제조 단계 및 시공 단계에서 제품의 품질관리가 제대로 이루어질 수 있도록 체크리스트를 작성하여 전산 관리가 가능토록 현장품질관리 앱(웹시스템)을 개발함.



(a) Mobile 사용자 홈 화면 (b) PC 관리자 홈 화면

[그림 2.1.66] 현장품질관리 앱(웹시스템) 홈 화면 모습

자 성능검증실험장 적용 계획 수립

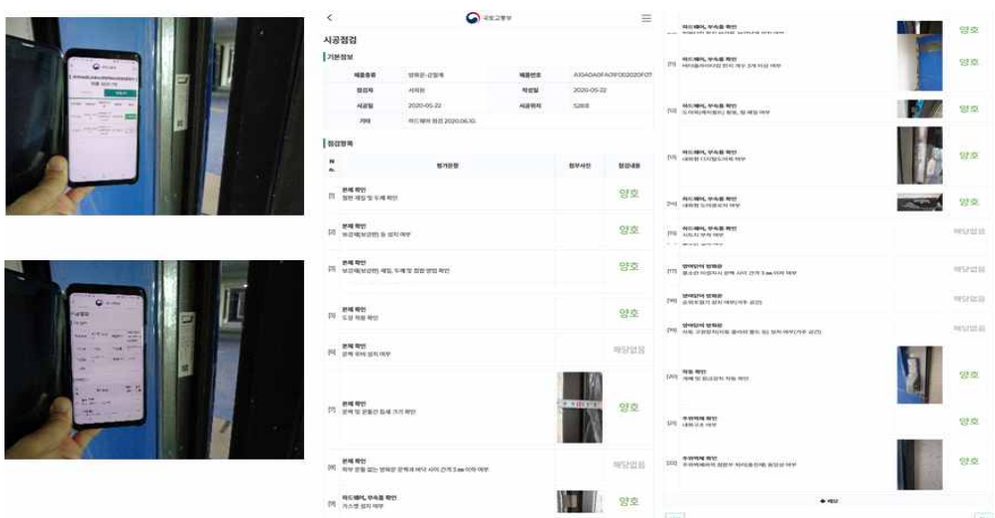
성능검증실험장에 적용될 방화구획설비(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼)에 대해서 현장품질관리 지침에 따라 품질관리를 경험해 볼 수 있도록 체크리스트 등을 비치하고, 5차년도 개발한 '현장품질관리 웹시스템'을 통하여 방화구획설비에 부착된 QR 코드를 통한 품질관리를 실제 체험해 볼 수 있도록 하고자 함.



[그림 2.1.67] 성능검증실험장 현장품질관리 적용 개념도

차 현장품질관리 기준 사례 연구

현장품질관리 기준의 사례 연구와 관련하여 현장품질관리 웹시스템을 활용하여 실제 건설현장에 적용되는 방화문의 품질관리 사례를 연구함으로써, 현장품질관리 웹시스템을 활용한 현장품질관리의 효용성 및 필요성을 제기하고, 제도화하는데 있어 근거 자료를 제시하고자 함.



[그림 2.1.68] QR코드를 활용한 제조 및 시공 점검

2.1.9 건축물 리모델링, 공사중 화재안전 가이드라인 개발

가 공사현장의 화재위험 특성 분석

본 과제는 공사현장 화재안전가이드라인 개발을 위한 기초연구로, 공사현장의 화재위험 특성 분석을 공정별, 작업별, 시기별로 분석하였음.

(1) 공사현장의 화재특성 분석

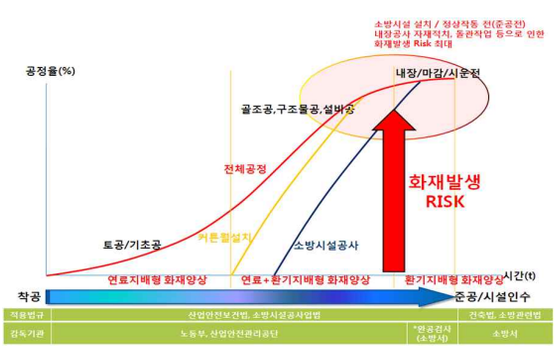
(가) 공사현장 화재사례 분석

- 2013~2015년 3개년간 발생한 공사현장 화재사례 51건을 수집 분석
  - 주 화재원인은 전기적요인, 화기취급불량으로 나타남.
  - 피해확대요인은 조기감지 불능, 소화설비 미비, 가연물 과다집중으로 확인됨.

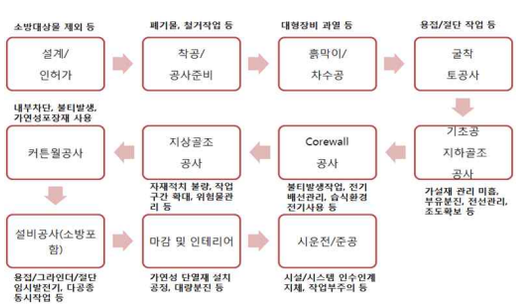
- 대규모 현장보다 상대적으로 소규모현장에서의 화재발생이 더 많음.
  - 관리체계가 미흡한 소규모현장의 위험도가 더 높은 것으로 타나탐.

(나) 공사현장 공정별 화재위험 분석

- 건설공정을 주작업형태 및 화재안전 측면에서 분류하고 각 공정별 위험작업을 분석한 바, 공사초기 공정 위험도는 매우 낮으며, 공사 후반의 마감 및 인테리어 공사시 위험도가 최대로 증가함.
  * 공정 전체로 보면, 공사시작 초기부터 준공단계 이전까지 지속적으로 화재위험도가 증가함.
  * 외벽(커튼월) 설치 전후로 화재양상의 차이(환기지배형/연료지배형)가 발생하게 되며, 이 시점을 계기로 화재위험도 빠르게 증가한다고 볼 수 있음.
  * 공정연결구간, 즉 여러공정이 동시에 진행되는 구간에서의 화재위험도가 증가함.



[그림 2.1.69] 공사현장 공사기간중 화재위험



[그림 2.1.70] 공사현장 공정별 화재위험요인

- 리모델링 공사의 경우, 화재위험도가 낮은 기초공사나 골조공사는 대부분 없으며, 바로 실내에서의 설비 및 내장공정으로 진행되기 때문에 화재위험도가 매우 높음.
  * 따라서 위험공정의 분리, 공정관리, 각 공정별 화재위험관리가 필요함.

(2) 현장실사를 통한 위험요소 분석

- 대형공사현장 실사를 통한 위험요소 조사를 실시한 바, 공사현장 전체 공정과정 및 시기(계절)변화 등에 따른 화재위험을 파악, 분석함.

  * 현장실사 진행 : 2015년 7월 ~2016년 12월 (분기별 실사 총 11회 실시)



[그림 2.1.71] L빌딩 신축공사 현장 실사

- 도출된 공사현장의 화재안전 관련 사항 도출

  * 대분류 (4개 항목) : 일반화재안전 / 가설건축물 및 임시시설 / 현장관리 및 감시 / 소방활동 및 진압
  * 중분류 (12개 항목) : 소화시설 및 기구 / 가연물 관리 / 재실자 피난 / 발화원 관리 / 관리체계 / 방화구획성능 / 임시시설 화재안전 / 감시관제체계 / 소방활동 / 진압활동

(3) 공사현장의 화재위험 관련 항목 도출

- 공사현장 위험분석 및 실사결과를 바탕으로 도출된 위험요소를 분류체계에 따라 분류 정리제시 하였음.

[표 2.1.31] 공사현장 화재위험 관련 요소 분류

대분류	중분류	소분류	
K. 일반소방안전	K-1. 소화시설	K-1-1.	가설소화전 설치상태
		K-1-2.	가설소화전 주변 접근 용이성
		K-1-3.	소화기 배치 상태
		K-1-4.	소화기 주변 접근 용이성
	K-2. 가연물관리	K-2-1.	시공자재 적재 상태
		K-2-2.	폐자재 반출 상태
		K-2-3.	용접작업장 주변의 가연물 격리 상태
	K-3. 재실자피난	K-3-1.	피난경로 및 피난출구 확보상태
		K-3-2.	작업 및 적재물로 인한 피난장애 요인 유무
		K-3-3.	안전감시자의 피난유도
		K-3-4.	피난훈련 상태
	K-4. 발화원관리	K-4-1.	흡연공간 관리 상태
		K-4-2.	가설사무실 에어컨 실외기 관리상태
		K-4-3.	열풍기 사용 및 관리상태
	K-5. 기타	K-5-1.	안전감시자 능력 및 임무 숙달도
		K-5-2.	코어부 구획
		K-5-3.	현장 경계부(경계벽) 구획 상태
		K-5-4.	현장 경계벽 주변 화원관리 및 감시상태
		K-5-5.	화재위치 확인을 위한 구역 지정 유무
		K-5-6.	각종 배관 내압시험 완료 및 Expansion Joint 고정 앵커 시공 및 관리
		K-5-7.	작업발판 내 화재관리
		K-5-8.	야간작업시 안전시설 및 조치상태 여부
		K-5-9.	양중작업과 용접작업 동시 진행 금지 여부
		K-5-10.	고층부 화재진압 및 접근을 위한 구조남 구비 여부
		K-5-11.	작업공간 환기상태 확인
		K-5-12.	배전반 및 전기인입 방호 상태(빗물 등에 의한 합선 위험)
	K-6. 관리체계 및 성능확보	K-6-1.	방화구획, 내화성 확보 등 피난안전구획 성능확보
		K-6-2.	작업자간 통신체계 구축 여부
		K-6-3.	비상상태 대비 시나리오 작성 및 재해저감과 대응방안의 주기적인 교육 훈련
L. 가설건축물 및 임시시설	L-1. 식당 주방 화재안전	L-1-1.	소화설비의 적정성
		L-1-2.	화원 관리 상태
		L-1-3.	덕트 내부 상태

대분류	중분류	소분류	
	L-2. 식당 및 식당 주변 화재안전	L-2-1.	화재감지설비 및 경보설비 상태
		L-2-2.	피난경로 및 피난출구 확보상태
		L-2-3.	식당 주변 혼잡도 여부
		L-2-4.	피난대피도 및 피난통선표시도 비치 유무
		L-2-5.	안전감시자의 피난유도
		L-2-6.	피난훈련 상태
M. 감시관제체계	M-1. 방재센터 기능	M-1-1.	화재감지 및 통보 기능 유무
		M-1-2.	화재상황 파악 및 통제 기능 유무
		M-1-3.	CCTV 모니터링 상태
		M-1-4.	mall 방재센터와의 연계
	M-2. 방재센터 운용	M-2-1.	방재센터 근무인력 적정 여부
		M-2-2.	방재센터 근무자 능력
N. 소방활동 및 진압	N-1. 소방활동	N-1-1.	소방차 접근로 확보 여부
	N-2. 진압활동	N-2-1.	사다리자접안위치 설정
		N-2-2.	소방활동을 위한 외부공간 확보
		N-2-3.	건물 내 소방대 진입로 확보 및 설정 여부
O. 공사현장 주변 관리		O-1.	방화구획 유지상태(방화셔터, 방화문)
		O-2.	공사현장 경계부 관리상태

나 국내외기준 분석

공사현장 화재안전 관련 국내외 기준을 조사, 분석하고, 공통요소 및 개별요소로 정리 분류하였음.

- 주요검토 기준
  - (국제노동기구_ILO)_safety and health in construction
  - (뉴질랜드)Guidelines for the provision of facilities and general safety in the construction industry
  - (싱가폴)Construction_Safety_Handbook
  - (캐나다)2014-Sereca-Comparison-Canadian Construction Site Fire Safety Regulations
  - (캐나다)주택 건설 안전 모범 사례 가이드 "Best Practices Guide"
  - (캐나다)화재안전계획_건축과철거_FCI-09-03
  - (호주)InductionForConstructionWork_2007_PDF
  - (호주)National_Code_Practice_for_the_prevention of falls in housing construction 2010
  - (홍콩)Construction site safety handbook

(1) 국내외 기준 분석

- 주요 국가별 공사현장의 화재안전 관련 기준을 화재안전관리, 작업안전, 안전시설, 가설건축물, 기타 등으로 구분하여 정리하고, 분석하였음.

[표 2.1.32] 국가별 공사현장 화재안전 기준 비교분석

구분	한국	일본	홍콩	영국	미국		캐나다	유럽	호주	뉴질랜드
						NFPA214				
1.화재안전관리	-안전관리계획 수립	-방화관리자 선임의무 -소방계획서 작성	-책임자의 의무 -작업전 안전계획 수립 -위험관리 -현장관리	-화재위험평가 실시 -비상시계획 -화재감시자		-소유주책임 규정 -화재안전프로그램 (감독관 지정 등)	-화재안전책임 부여 -공사현장 관리감독 -화재안전계획 수립 -현장작업인원 파악 -경비원 배치	-화재현장 안전계획 수립 -화재안전책임자 역할 -비상절차 수립 -긴급연락체계	-현장품질훈련체계 수립(화재포함) -안전관리책임 의무	-안전관리계획 -
2.작업안전(작업자)	-작업별 안전관리규정 -화재감시자		-위험물의이격 -화기취급 주의	-점화원 관리 - 장비사용 지침		-공정작업별 안전규정 (화기취급작업 임시난방장치, 흡연 쓰레기처리, 가연성가스, 연소성 액체, 폭발물질 취급 등) – 옥상층 작업안전		-휴대용소화기 휴대 -작업공간 주변 소화기 배치		-공정별 위험요소 파악 -화재감시자 배치
3.안전시설	-소화기비치 -가설소화기구		-고정식화재펌프 (전원공급포함) -소화기설치	-탈출로 및 화재출구 -소방장비 -경보기 -피난거리 규정 -외부탈출용 계단 및 사다리 -탈출로 표지판 -화재감지기		-가설스프링클러 설치 및 수원확보 -가연성재료 적치 제한 -소화기 비치	-소화기설치 -비상탈출로 설치 -소화수 확보 -호스릴 설치 -가연성물질 이격 -보안 경보장치 -출입문 잠금장치 -방화문설치	-피난용계단 -구조강재의 내화성능 확보 -낙뢰방지시설 -스프링클러 -화재감지기 -화재구획		-소화기 비치 -소방장비 위치 기준 및 위치표지판 게시 -탈출구 및 집결지 지정
4.가설건축물				-현장관리의무 -소화기 비치 -흡연제한규정 -난방기기 및 조리장비 사용제한 -전기설비 설치 유지관리 지침 -탈출경로 및 수단확보 -화재경보기			-현장 가설건축치 가연성재료 사용제한	-화재감지기설치 -인접건물과의 이격 -가연성 가구 등의 제한 -피난거리		
5. 기타			-금연조치	-소방서와의 연락체계 구축		-해체시 안전(화재방호,화재차단) -지하작업 안전(화재방호 등) -소방대접근계획	-위험관리 의무 -위험물 보관소 소방서와의 협력 -건설현장 경계부 관리 -화재안전교육	-흡연공간 지정 및 위치기준	-안전교육실시	-소방대접근 및 연락체계

(2) 비교분석 종합

- 공통적으로 공사현장의 화재안전관리에 대한 기준들은 공통적으로 제시되어 있으며, 국내에서도 안전관리계획 수립의 의무는 부여하고 있음. 다만, 해외의 경우 공사현장의 위험성평가를 통해 위험에 부합하는 안전계획 및 조치를 이행토록 하고 있으며(영국), 화재안전에 대한 전담 책임자를 지정토록 하고 있음.(일본, 홍콩, 영국, 캐나다, 유럽 등)
- 공사현장의 작업안전측면에서는 국내에서는 화재감시자 배치와 화기작업에 대한 안전조치 등을 제시하고 있음. 미국의 경우 화재위험이 있는 공정별로 작업안전조치를 제시하고 있으며, 그 이외의 국가들은 작업공간 주변의 안전조치나 점화원 관리 등을 제시하는 수준임.
- 화재안전시설 적용의 경우 영국은 가설 피난시설, 미국의 경우 가설스프링클러 설치 등 소화설비, 캐나다와 유럽의 경우는 가설피난설비와 가설소화설비 적용, 방화구획 적용 등 적극적인 시설 적용을 제시하고 있음 (국내에서는 가설소화기구, 피난유도선 적용 수준임)준용함.
- 공사현장에 설치되는 가설건축물에 대한 화재안전기준을 영국, 캐나다, 유럽 등에서는 세부적으로 제시하고 있음. 그 이외에도 소방서와의 연락체계 구축이나 소방대접근 등 활동에 대한 고려 등도 제시되어 있음. (국내에는 해당관련 기준 없음)

다 가이드라인 구성 및 세부요소 작성

앞서 조사분석을 통해 도출된 공사현장의 위험요인을 종합분류하고, 이를 바탕으로 가이드라인의 체계의 구성 및 세부항목 요소를 작성함.

(1) 가이드라인의 구성

- 공사현장의 화재안전을 위한 요소를 크게 화재안전관리, 공정 및 작업안전, 시설, 소방시설로 구성하였음.

  * 화재안전관리 : 공사주체 또는 사업주의 현장안전관리를 위한 체계 및 관리자로서의 의무사항 부여
  * 공정 및 작업안전 : 공사현장에서 이루어지는 공정의 특성에 따른 화재위험 예방에 필요한 조치사항 및 작업자가 준수해야 하는 화재안전 수칙
  * 시설 : 공사현장 내 공간 및 시설 특성상 안전조치가 필요한 부분에 대한 기준
  * 소방시설 : 공사현장에서 화재안전을 위해 필요한 임시가설설비로, 피난, 소화 등과 관련한 시설적 기준

(2) 가이드라인 세부사항 작성

- 화재안전관리, 공정 및 작업안전, 시설로 대분류체계를 구성하고, 하위에 세부사항들을 다음과 같이 제시하여 작성함. 또한 가이드라인의 일반사항 등에 대한 형식을 위해 총칙을 추가함.

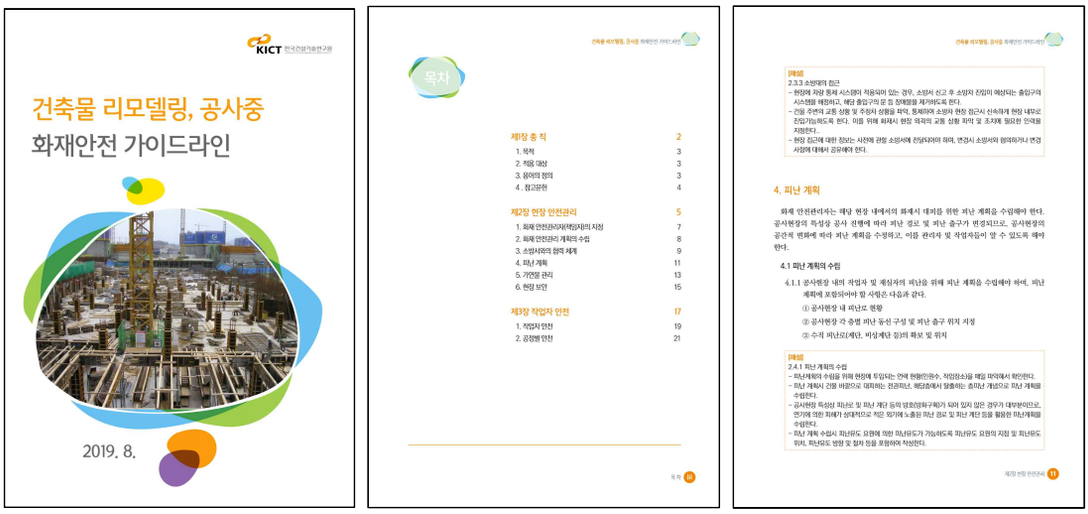
* 1장 총칙
  : 목적 / 적용대상 / 용어의 정의 / 참고문헌
* 2장 현장안전관리
  : 화재안전관리자의 지정 / 화재안전관리계획의 수립 / 소방서와의 협력체계 / 피난계획 / 가연물 관리 / 현장보안
* 3장 작업자 안전
  : 작업자 안전 / 공정별 안전
* 4장 시설
  : 일반사항 / 피난설비 / 방화구획 / 임시사무실 등 가설건축물 / 흡연실
* 5장 소방시설
  : 일반사항 / 소화설비 / 비상경보설비 / 피난유도선 / 자동화재탐지설비

라 가이드라인 작성

작성된 가이드라인 체계 및 세부사항을 바탕으로 가이드라인을 작성하고, 제시된 내용의 적정성을 검토, 수정보완하였음.

(1) 가이드라인 작성

- 전체 5개의 장과 22개의 세부챕터로 구성된 36페이지 분량의 가이드라인을 작성하였음.



[그림 2.1.72] 가이드라인 작성

- 가이드 라인 항목에 해설이 필요한 부분은 해설을 추가하여 해당항목을 이해와 편의성을 제공하였음.
- 가이드 라인을 지침형태로 작성하여 지침화의 가능 항목에 해설이 필요한 부분은 해설을 추가하여 해당항목을 이해와 편의성을 제공하였음.

(2) 가이드라인 현장 적용성 검토 및 보완

- 작성된 가이드라인을 건설현장전문가, 화재안전전문가 등으로 구성된 자문단 검토를 통해 현장 적용성 및 실효성 등에 대한 검토를 진행하여, 제시된 검토의견을 반영하여 수정보완을 진행함. (자문검토 4회 진행)
- 연구단 자체점검에서 점검위원의 의견을 수렴하여 내용수정 보완하였음.

* 주요 반영사항

- 가이드라인의 내용을 보편적이고 포괄적으로 제시할 것
  (세부적인 사항까지 제시하는 경우 현장적용의 어려움이 예상됨)
- 화재안전교육 등에 대한 사항을 반영시킬 것
- 외국인 작업자 등을 고려한 교육 실시 반영
- 소방시설에 대한 내용을 포함시킬 것

마 가이드라인 현장검증 실험장 적용 및 가이드라인 활용방안 제시

가이드라인의 현장검증 실험장 적용 및 case study를 통한 현장적용성 검증 및 향후 가이드라인의 활용방안을 검토하였음.

(1) 현장검증 실험장 적용

- 건설기술연구원 화재실험동에 공사현장의 화재안전가이드라인 중 적용가능한 요소를 도출 적용하여 현장적응성을 검증하였음. (2020. 7~8월)
- 본 가이드라인 특성상 공사현장에 적용되어야 하는 기준으로, 기 시공된 건축물에 가이드라인을 모두 적용하는 것은 한계가 있어, 가이드라인 중 적용가능한 항목을 도출하여 검증함.

* 적용항목 : 가이드라인의 소방시설중 피난유도설비 적용 (공사현장에서의 작업자 피난시 피난유도를 위한 피난유도선 설치)



[피난유도시설]

(2) Case Study를 통한 가이드라인 검토

- 현장검증 실험장이 기 건축된 건축물로, 본 가이드라인의 내용 적용이 제한적인 바, 별도의 case study를 실시하여 그 현장 적용성을 검증하였음.
- 적용검토 대상은 서울소재 “S”병원 리모델링 공사현장으로, 대형공사현장에 해당하며, 2020년 1월부터 리모델링공사가 진행중임.

  * 건물 전체에 대한 리모델링을 진행중으로, 3개층 단위로 리모델링을 진행하여 향후 5~6년간의 공사가 이루어질 예정임.
- 해당 현장에 본 연구에서 작성된 가이드라인을 적용하여, 화재안전관리를 수행하고, 이를 모니터링 하여, 현장적용성을 검토하였음.

  가이드라인중 당해 현작에 적용가능한 항목을 체크리스트화하여 현장에 적용하고, 이에 대한 적용 및 실행여부를 확인하였음.

	5. 현장 보안		●작업현장은외부인접근또는출입금지원칙(시건조치)	●	○ 작업현장은 외부인의 접근 및 출입을 금지하고 있음.	
Ⅱ 작업자 안전	1. 작업자 안전	1)작업자안전교육	●건설현장내숙노동자작업별안전교육시행(미이행시작업불가) - 화재 예방 및 피난 절차에 대한 교육내용 필히 포함 - 공사진행에 따른 작업 공간 및 피난로의 변경사항시 재교육 실시 ※외국인근로자원내작업금지(COVID-19종료시까지)	●	○신규자채용교육시화기작업기준및화재발생시 절차에 대한 교육을 진해하고 있음. - 현재 외국인 근로자는 없음	
		2)작업자안전장비	●작업투입전개인안전장비착용 - 안전화, 안전모, 마스크 상치착용 - 지하, 탱크, 천정속 등 상시전원이 없는 장소 작업시 손전등, 휴대전화(무전기) 휴대 및 휴대용 소화기 지참 또는 소화기 비치	●	○작업투입전개인안전장비를착용하고있음. - 작업에 맞는 개인보호구 착용 관리 중 - 일일 TBM시 작업 종류에 맞는 개인보호구 구비 및 착용 여부 점검 중	
			●소화설비미설치장소작업시소화기구비치 - 소화기, 방화수, 방화포 등	●	○화기작업구간에 소화기3대와 불티비산방지포 비치 및 화기감시자를 배치 하고 있음. - 소화설비 미설치 구간 없음	
	2. 공정별 안전	1)화기작업	●화기작업안전조치후사전승인 - 화재 감시자를 배치하고 작업 상황 및 화재 감시 수행 - 주변 가연물 10m 이상 이격 또는 난연 성능 방수포로 차단 여부 확인 - 바닥에 불꽃 방지포 포설 및 주변 살수 후 작업 - 주변에 소화기 및 소화수 비치	●	○화기작업시 안전감독자가 상주하여 작업을 진행하고 있음. - 전담 화기감시자를 상주시켜 안전관리 업무 수행 - 화기감시자가 안전배낭을 항시 소지하여 비상 상황에 대비 ※ 방연마스크, 경광봉, 확성기 및 간이소화기를 안전가방에 휴대	

[가이드라인 체크리스트 작성 및 현장 적용 현황]

* 검토결과, 화재안전관리 측면에서의 적용은 충분히 가능하여 운용중이며, 공정 및 작업안전도 해당작업별 사전안전조치 및 작업안전 준수 등은 적용가능한 것으로 판단되었음.
* 소방시설의 적용에 있어서는 해당현장이 리모델링 현장으로, 기존의 소방시설이 설치되어 있기 때문에 해당리모델링현장에서의 적용은 문제가 없으나, 신축공사현장에서는 소방시설의 적용 등이 현장상황에 따라서 어려울 수 있을 것으로 판단되었음.

(3) 가이드라인 활용방안 제시

- 현장검증 실시결과 및 가이드라인 법체계 등의 분석을 통해 가이드라인 활용방안을 다음과 같이 제시함.

  * 현장적용성을 높이기 위해 가이드라인을 앱 또는 어플 형태로 제작하여 스마트기기를 이용한 현장안전관리 모니터링 및 현장 작업 및 공정별 안전수칙 확인이 가능한 시스템 구축
  * 가이드라인의 활용을 의무화하기 위한 방안으로, 지침화 또는 지자체 조례로 지정토록 하여 공사현장의 적용성을 높일 수 있을 것으로 예상됨.
  * 건설협회, 건설안전협회 등 건설관련 단체에서 해당 가이드라인 적용을 권고, 교육하는 방식으로 가이드라인 내용을 민간현장에서 활용할 있도록 하는 방안 가능
  * 공사현장의 화재보험 가입을 의무화하고, 보험사에서 해당 가이드라인 적용시 보험료 할인 등의 혜택을 부여하는 방식 또는 보험사에서 가이드라인의 항목별 적용을 권고하는 방식 가능

2.1.10 실사용자(건축설계자, 재실자, 소방관련 실무자 등)를 위한 화재안전 가이드라인 개발

가 화재통계분석을 통한 건축물 용도별 화재위험도 맵(Map)작성 및 BIM기술 기반 화재안전기술로드맵(Map) 작성

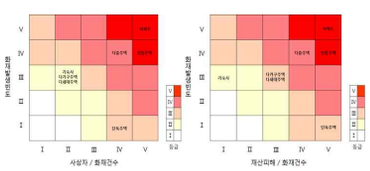
건축물 용도별 화재통계 분석을 통해 화재위험도가 높은 건축물을 분석하여 우선적으로 화재안전 대책이 필요한 건축물을 선정하고자 한다. 또한 국내 건축설계 시 사용되고 있는 BIM과 화재시뮬레이션의 연동을 통해 피난안전성평가 방법의 Tool을 구축하기 위하여 방법론을 조사 분석하여 제시하고자 한다.

(1) 화재통계분석을 통한 건축물 용도별 화재위험도 맵(Map)작성

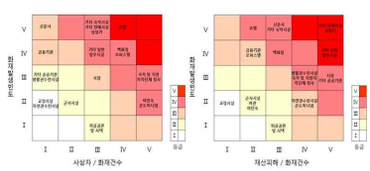
(가) 화재통계 조사를 통한 위험도 분석 방법 및 결과

① IPA기법을 통한 건축물 용도별 위험도 분석
② SFPE의 화재위험도분석방법을 통한 화재발생빈도 분석
③ ArcGIS의 자연적 구분법을 통한 위험도 등급화

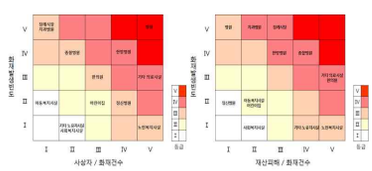
[표 2.1.33] 화재위험도 분석 결과



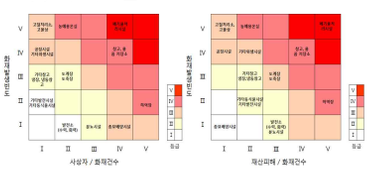
(a) 주거시설



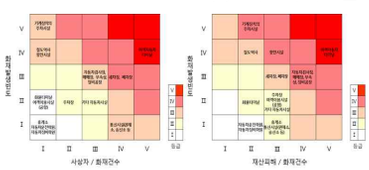
(b) 판매 및 업무시설



(c) 의료복지시설



(d) 산업시설



(e) 운수자동차시설

(2) BIM기술 기반 화재안전기술로드맵(Map) 작성

(가) BIM과 화재시뮬레이션의 연동 방법론 조사 결과

[표 2.1.34] 연동 방법론 조사 결과

구분	REVIT	ArchiCAD	Bentley Architecture
장점	• 사용의 편리함 • 국내의 점유율 높음 • 도면과 모델사이에 양방향 업데이트 가능	• 적은 메모리 부하 • 다수의 프로젝트 관리 • 물량 산출 쉬움 • 2D 도면 추출에 용이	• BIM기술의 완성도 높음 • 높은 호환성 • 쉬운 사용법 • Mac에서 사용가능
단점	• 곡선표면의 설계시 문제 발생 • 각도에 한계발생 • 규모가 큰 프로젝트 실시할 때 느려짐	• 사용이 어려움 • 인지도 부족 • 호환성 부족 • 통합성 부족	• 객체 상호간의 관계를 규칙으로 지정하지 못함 • 객체간의 자동 연산 지원하지 않음 • 파라메트릭 모델링 제약

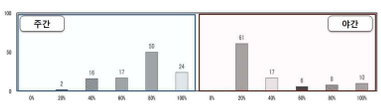
나 건축물 실사용자 사용자경험(UX) DB 구축 및 BIM/ICT기술 연계 모듈 분석

건축물 실사용자의 화재안전의식 중 피난대응 및 안전관리에 대한 사용자 경험 DB 구축을 위하여 1차년도에 화재위험도가 높은 시설 중 노인요양시설을 대상으로 현장조사 및 설문조사를 실시하였다. 또한 BIM과 연동이 가능한 Add-on Program을 개발하기 위해 국내 설계 프로그램 중 사용빈도가 높은 Autodesk 사의 Revit과 FDS의 연동 방안을 검토 및 모듈을 개발하였다.

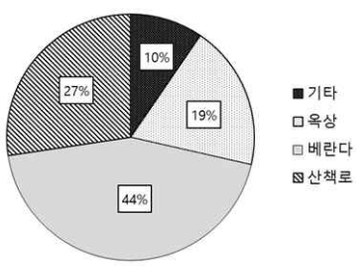
(1) 건축물 실사용자 사용자경험 DB 구축

(가) 노인요양시설 설문조사 결과

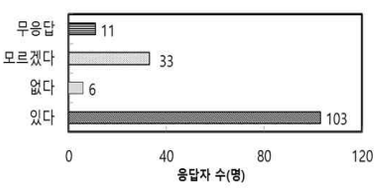
[표 2.1.35] 노인요양시설 설문조사 결과



(a)시설 직원의 주·야간 비율



(b)일시대기장소의 위치

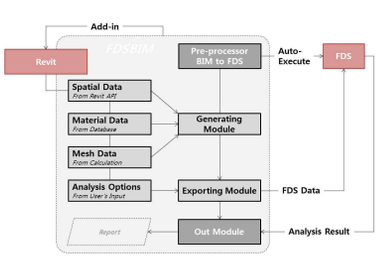


(c)일시대기장소의 유무

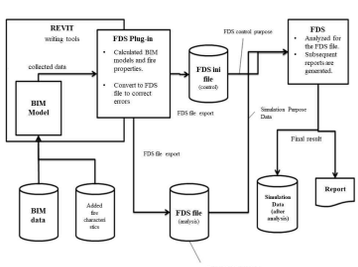
조사 결과 야간의 경우에는 대응할 수 있는 직원이 주간에 비해 감소함에 따라 소수의 직원이 다수의 환자를 피난시켜야 하지만 현실적으로 불가능함에 따라 일시대기장소의 확보가 필요하지만 일시대기장소의 관리 및 의식이 부족한 것으로 나타났다.

(2) BIM/ICT기술 연계모듈 분석 및 개발

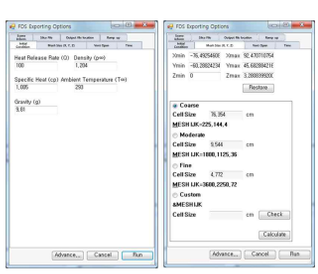
[표 2.1.36] 연계 모듈 분석 및 개발



(a)Add-on Program의 관계도



(b)시스템 구조



(c)데이터를 입력 방식

Analysis Options은 Mesh Data를 포함해 연기거동·온도·연기농도·가시거리 등 시각화가 필요시 되는 부분이 자동 설정되며, 필요시 사용자가 직접 원하는 정보를 얻을 수 있다. 이를 통해 FDSBIM은 Revit에서 화재공간을 제작하고 이를 FDS 파일로 변환시키게 된다.

다 건축물 실사용자의 사용자경험(UX)조사 및 화재안전 설계·유지관리 방법 정립

사용자 경험 조사에 앞서 건축물 용도별 화재 특성을 분석하기 위하여 주야간 시간대에 따른 화재발생, 사상자, 재산피해 빈도를 분석하였으며, 야간의 화재위험성이 높은 시설을 도출 하였다. 또한 각 국가면 피난안전을 위한 Code 규정 및 SFPE 성능설계 케이스스터디 자료를 분석함으로써 건축물의 피난안전 및 대응 계획을 비교 분석 하였다.

(1) 건축물 용도별 화재특성 분석

[표 2.1.37] 건축물 용도별 화재특성 분석 결과

구분		주간			야간		
		화재 발생빈도	사상자 발생빈도	재산피해	화재 발생빈도	사상자 발생빈도	재산피해
취침 용도	단독주택	○	X	X	X	○	○
	공동주택	○	X	○	X	○	X
	기타 주택	△	X	X	△	○	○
	숙박시설	X	X	X	○	○	○
	군사시설	○	X	○	X	○	X
	의료시설	○	X	X	X	○	○
	숙박시설	X	X	X	○	○	○

취침용도와 비 취침용도로 구분하여 분석한 결과 취침용도의 경우 화재건수 당 사상자, 재산피해가 야간의 위험성이 높게 나타났다. 비 취침용도의 경우 주로 이용자가 많은 주간에 화재발생건수, 사상자빈도가 높게 나타났다.

(2) 국외 피난안전 Code 비교 분석

(가) 국외 피난 관련 규정 비교 분석 결과

[표 2.1.38] 국외 피난관련 규정 비교 분석 결과

피난 계획	미국방화협회 인명안전 Code	일본의 노인복지시설 피난계획
시설 이용자	• 정신적 또는 신체적 약자로 시설에 수용되고, 스스로 이동에 지장이 없이 독보가 가능한 경우 • 이용자 중 상당수는 걸을 수 없거나 침대에 누워 있는 것으로 가정 • 재실자 중 스스로 움직이고 판단할 수 있는 장애인의 경우 입소제한 가능 • 경우에 따라서 사람을 감금할 필요가 있음을 인정하며 계속 감시가 이루어져야 함	• 독보: 혼자서 걷는 이동이 가능하지만, 이동속도는 건강한 사람에는 미치지 못한다. 또한 수평이동은 가능하여도 수직이동이 곤란한 자 • 호송: 손을 잡거나 목소리에 의한 이동 등 간호자의 간병을 필요로 하는 자 • 담송 : 휠체어, 스트렛쳐, 들것 등을 이용하여 조력자가 이동시키는 것, 침대 등으로 이용하는 경우에는 가구로 이송시킬 필요가 있음

독보의 경우에도 수직이동은 곤란할 수 있으며 휠체어 등을 이용해 도움피난 하지만 수직이동은 곤란하기 때문에 피난계획 시 수직이동보다는 수평이동으로 계획한다. 또한 재실자의 이동을 고려하면 통행을 위한 통로폭의 확보와 단차의 해소가 필요하며 특히 휠체어와 스트렛쳐는 작은 단차가 있어도 장애물로 작용하기 때문에 단차를 두지 않도록 계획할 필요가 있다.

(나) SFPE심포지엄에서 고령자시설에 관한 각국의 성능설계 비교 케이스스터디 결과

[표 2.1.39] SFPE 케이스 스터디 결과

국 명		미국	일본	프랑스	호주	캐나다
수평 구획	있음 : ○	○	○	○*1	○	○
	분할수	3	3	2	3	2
피난 계단	총수(개소)	2	3	4	3	2
	좌측구획	0	1	2	1	1
	중앙구획	2	1	-	0	-
	우측구획	0	1	2	1	1
엘리 베이터	총수(대수)	6	5	8	2	2
	좌측구획	3	1	4	0	*3
	중앙구획	0	1	-	2	
	우측구획	3	3*2	4	0	

*1 : 고령자주택층은 없음
*2 : 1-6층은 2대, 7층에세 환승
*3 ; EV도어의 위치가 불명확함으로 어느위치에 속하는 가를 판단하기 어려움

대부분의 국가가 수평피난구획을 도입하고 있고 분할 수는 일본, 미국 호주의 3개국은 3분할로 하였고 프랑스와 캐나다는 2분할로 하였다. 분할 수가 다른 것은 후술하는 계단, 엘리베이터등의 피난동선과 밀접한 관계가 있다. 따라서 우리나라의 경우 구획의 분할등은 건축적인 설계를 발판으로 계획되어지는 부분이기 때문에 방화구획 및 방연구획 등 구획의 설치기준과 성능기준에 대한 명확한 정의가 현재로서는 부족한 실정이고 이에 대한 명확한 해결방안이 1차적인 과제로 사료된다.

(3) 건축물 실사용자를 위한 화재안전 가이드라인 목차(1차 안)

[표 2.1.40] 가이드라인 목차(안)

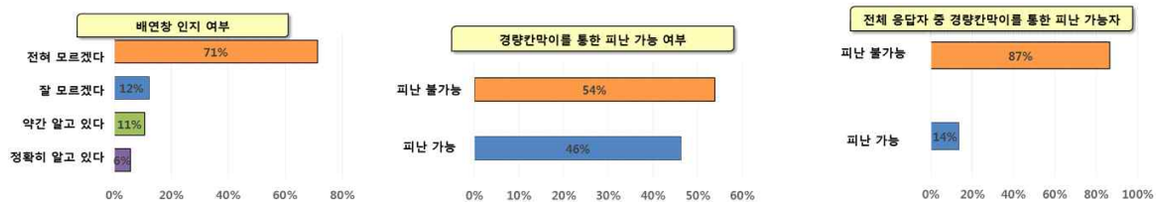
제 1장 본 가이드라인의 내용 및 사용방법	1. 본 가이드라인의 구성과 내용
	2. 본 가이드라인관련 건축물 용도 및 사용법
	3. 본 가이드라인과 관련법령
제 2장 건축물의 화재통계조사를 통한 용도별 리스크분석과 화재취약요소	1. 건축물의 화재통계조사를 통한 용도별 리스크분석
	2. 건축물 용도별 화재취약요소와 관리개선방안
	3. 건축물 용도별 화재취약요소와 교육 및 훈련방안
제 3장 FIG와 연계된 교육훈련가이드라인의 활용법	1. FIG와 연계된 교육훈련 가이드라인
제 4장 건축용도 및 형태별 화재안전가이드라인	4.1 주거시설(아파트) 4.1.1 재살자 및 관리자를 위한 방화 및 피난가이드라인 4.1.2 행동훈련 가이드라인 4.2 판매·업무시설(기타 판매시설 및 기타 일반 업무시설) 4.2.1 재실자 및 관리를 위한 방화 및 피난가이드라인 4.2.2 행동훈련 가이드라인 4.3 산업시설(창고·물품저장소) 4.3.1 재실자 및 관리를 위한 방화 및 피난가이드라인 4.3.2 행동훈련 가이드라인 4.4 운수자동차시설(여객자동차터미널) 4.4.1 재실자 및 관리를 위한 방화 및 피난가이드라인 4.4.2 행동훈련 가이드라인 4.5 의료복지시설(노인복지시설, 노인요양병원) 4.5.1 재실자 및 관리를 위한 방화 및 피난가이드라인 4.5.2 행동훈련 가이드라인
제 5장 각 용도별 케이스 스터디	

라 UX기반 화재안전 가이드라인 분석 및 용도별 건축물 화재안전 가이드라인(안) 구축

주거시설과 판매시설에 대한 사용자경험(UX) DB 구축을 위해 현장 조사 및 설문조사를 실시하였으며, 3차년도에 작성한 화재안전 가이드라인(안)의 내용을 보충하기 위하여 국내외 화재안전 가이드라인 비교 분석을 통해 피난행동, 피난계획 등의 내용을 보충 하였다.

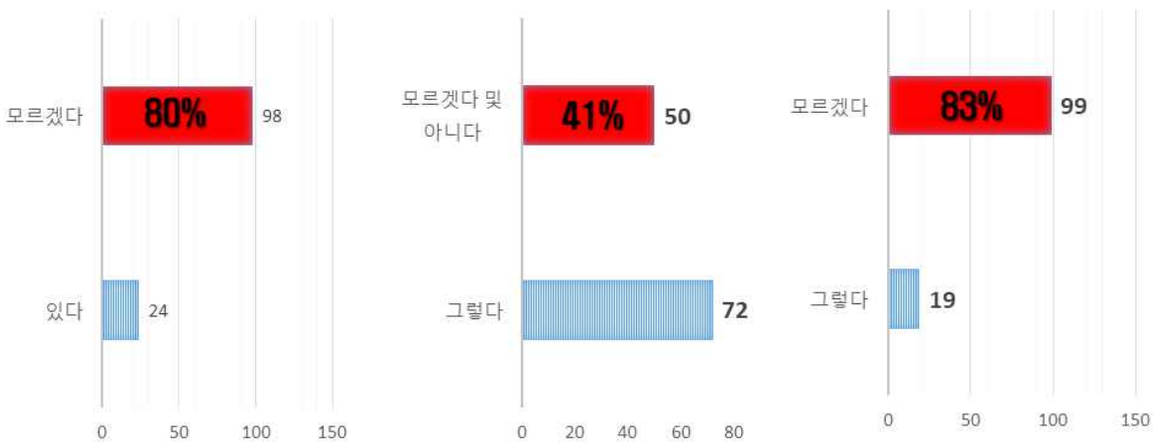
(1) 주거시설·판매시설 사용자경험 설문조사

[표 2.1.41] 주거시설 설문조사 결과



(a)배연창 인지 여부 (b)경량칸막이 피난 가능여부

[표 2.1.42] 판매시설 설문조사 결과



(a)일시대기장소 인지여부 (b)대응계획 및 매뉴얼 수립여부 (c)재난약자 피난조력자 지정여부

조사결과 국토부에서 배포한 아파트 화재안전가이드라인의 내용을 알지 못하고 있으며, 화재경보기의 신뢰도가 낮은 것으로 나타났다. 출입구로의 피난이 불가능할시 경량칸막이를 이용한 피난에 관하여 인지하고 있지만 관리부실로인하여 피난이 불가능할 것으로 판단되며, 발코니 확장으로 구조대가 도착하기 전까지 일시적으로 피난할 수 있는 공간이 부족한 주거시설이 다수 존재하는 것으로 나타났다.

화재발생시 재실자의 안전을 확보할 수 있는 일시대기장소의 목적을 인지하고 있지 못하는 실정이며, 시설의 규모가 큼에 따라 관리자의 대응이 매우 주요한 부분이지만 대응 방법에 관하여 50% 미만의 관리자만이 정확한 대응방법에 관하여 인지하고 있는 수준으로 나타났다.

(2) 국내외 화재안전 가이드라인

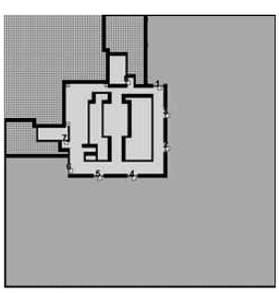
[표 2.1.43] 노인요양시설 설문조사 결과

구분	기존 매뉴얼	국내 매뉴얼 내용	국외 매뉴얼 내용
피난절차일시대기장소	다중이용시설 위기상황 매뉴얼	• 초동 : 대피유도, 상황전파, 고객대피방송, 총력단계진입여부 판단 및 보고 • 총력 : 위기상황지휘본부 총괄 지휘, 대피유도반, 현장대응, 의료지원반 • 어린이, 임산부, 노인, 장애인 및 거동이 어려운 사람 우선대피 조치	• 펜실베니아 대학 안전 가이드라인 1.건물 피난 계획 시 지정된 피난소로 이동 2.피난할 수 없는 사람과 건물에 있는 그 정보를 책임자에게 보고해야 한다. 피난이 불가능한 거주자는 가능한 경우 가장 가까운 피난 계단 및 인증된 피난 장소로 이동해야 한다. 3.창문 또는 문을 닫아 화재를 가둔다. • 일본 고령자시설 피난 매뉴얼 1.초기소화수단별 소화성공률 조사 결과 스프링클러의 소화성공률이 88%로 가장 높음. 이에 따라 소화기를 활용하여 화재전파를 억제하며, 소화는 스프링클러에 의존한다. 2.화재발생시 화재실의 문에서 연기가 복도에 유출되는 경우 또는 화재발생장소가 화연을 가둘 수 없는 장수 일 경우 복도에 있는 배연설비 중 화재발생 장소 인근의 설비를 작동시키고, 창문을 열어 연기의 층만을 늦춘다.
	사회복지시설 안전관리 매뉴얼	• 최초 발견자(근무자, 이용자), 지휘 연락반, 소화진압반, 대피 유도반, 구조 구급반으로 구분하여 최초화재발결시와 초기화재 진화 실패시 대응 방안에 관하여 설명 • 옥내소화전 등을 이용한 소화활동 지속 실시. • 야간화재일때 피난을 우선 실시한다. • 해당 피난계단으로 대피를 유도한다. • 피난자의 엘리베이터 탑승을 차단하고 계단으로 유도한다.	
	소방청 피난 매뉴얼	• 건물 밖으로 대피하지 못한 경우에는 밖으로 통하는 창문이 있는 방으로 들어가서 구조를 기다립시다.	

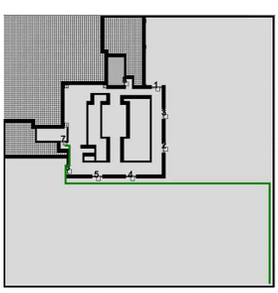
국외의 경우 피난안전구역을 지정하여 피난이후 재실자의 수를 확인하도록 명시하고 있으며, 화재실의 화염과 연기의 확산을 방지하기 위하여 창문 및 문을 닫아 화재를 가두도록 하고 있다. 구획된 공간이 아닌 거실이나 복도에서 화재가 발생했을 때는 화재가 발생한 인접 창문을 열어 연기를 밖으로 배출시켜 실내의 연기 층만을 늦추도록 명시하고 있다.

(3) 실제화재상황을 고려한 피난안전성 평가 Tool 개발

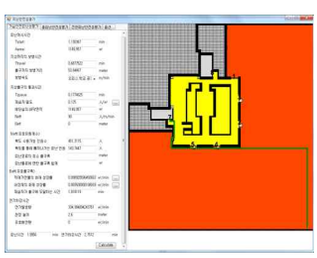
[표 2.1.44] 노인요양시설 설문조사 결과



(a)화재 발생 위치 선정 및 바닥면적 산출



(b)화재 발생 출구 위치 및 최단 거리 산출

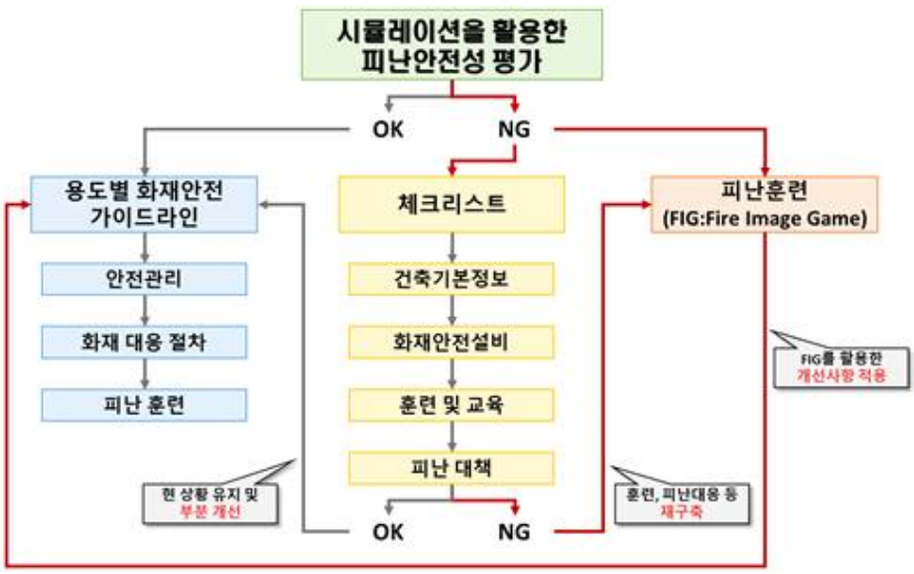


©피난안전성평가 시뮬레이션 결과

피난 개시 위치로부터 출구까지의 최단 피난 경로를 계산하며, 최단 피난 경로에 따라 계산되는 피난 시간과 연기 하강 시간을 모두 고려하여 피난안전성을 도출하게 된다. 최단 피난 경로는 벽체를 따라 이동하는 경로와 대피 공간을 가로질러 이 통하는 경로의 합으로 계산하는 안전성 평가 장치 및 방법이 개시된다.

마 건축물 실사용자를 위한 가이드라인 수정 및 보완

(1) 건축물 실사용자를 위한 화재안전 가이드라인



[그림 2.1.73] 건축물 실사용자를 위한 화재안전 가이드라인의 구성

건축물 실사용자를 위한 화재안전 가이드라인은 〈그림 2.1.72〉과 같이 피난안전성평가 Tool을 활용하여 해당 건축물의 안전성을 평가한 후 불안전성이 확인될 경우 본 가이드라인에서 제안하는 자체평가 체크리스트를 활용하여 시설의 현황을 파악할 수 있도록 제안했다. 피난안전성평가 Tool의 구동이 여의치 않은 경우 해당 단계를 생략하고 체크리스를 활용하여 현황을 파악하는 것도 무방하다.

자체평가 체크리스의 결과에 따라 안전성이 확보되지 못한 것으로 도출 될 경우 피난훈련(FIG)를 활용하여 시설의 공간, 재실자 등을 고려한 피난계획을 수립할 수 있도록 가이드를 제안했다.

(2) 건축물 실사용자를 위한 화재안전 가이드라인 Case Study



(a)노인요양시설 가이드라인 Case Study



(b)가이드라인을 활용한 산후조리원 안전교육

[그림 2.1.74] 화재안전 가이드라인 Case Study 및 교육

2.1.11 노후 건축물 밀집지역 화재 가이드라인 개발 및 노후 신축 시 피난 통로 확보 가이드라인 개발

본 과제는 노후화 된 밀집지역(주거 밀집지역/전통시장)의 화재안전 관리방안을 수립하기 위하여 예방·대응적 차원의 지침과 소방시설의 설치 방안을 모색하고 대상 노후 건축물 밀집지역의 화재안전성 확보를 목표로 가이드라인 개발을 하고자 한다.

가 노후 건축물 밀집지역 가이드라인 적용범위 선정

(1) 노후 건축물 밀집지역(주거 밀집지역, 전통시장) 실태조사

(가) 생성배경 조사 및 문제점 도출

① 주거 밀집지역
- 도시기반시설(도로, 공원, 주차장 등)이 부족한 상태로 주택의 규모, 밀도 지속적 증가
- 열악한 도로와 대지 조건으로 주택 신축 한계
- 주거지가 전체적으로 과밀화노후화 발생

② 전통시장
- 관리주체(미등록시장, 상인회가 조직되지 않은 시장)의 부재로 인한 전통시장 시설현대화사업 제외
- 대부분 전통시장은 1970년대 이전에 개설
- 전통시장 내의 건물 및 시설의 노후화 발생

(나) 노후 건축물 밀집지역 특성 분석

주거 밀집지역과 전통시장의 현장실사, 화재사례 조사를 통해 화재위험성을 파악하고, 화재위험요소를 설비적·구조적·환경적 특성으로 분석

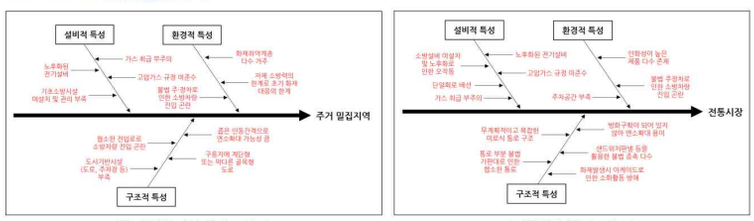
노후 밀집지역 현장실사(8곳)

• 돈의동 주거 밀집지역	• 강동구 천호시장
• 태평동 주거 밀집지역 중앙시장	• 성남 중앙시장
• 한남동 주거 밀집지역	• 대구 서문시장
• 청주 수암골	• 청주 육거리시장

노후 밀집지역 화재사례 조사(8건)

• 강남구 구룡마을 화재	• 대구 서문시장 화재
• 강남구 포이동 화재	• 여수 수산시장 화재
• 광명시 판자촌 화재	• 남대문시장 화재
• 종로구 쪽방촌 화재	• 성남시장 화재

노후 밀집지역 특성요인도 분석



〈주거 밀집지역 특성요인도〉 〈전통시장 특성요인도〉

특성요인도란?
일의 결과(특성)와 그것에 영향을 미치는 원인(요인)을 계통적으로 정리한 그림으로, 특성에 대하여 어떤 요인이 어떤 관계로 영향을 미치고 있는지 명확히 하여 원인규명을 쉽게 할 수 있도록 하는 기법

[그림 2.1.75] 노후 건축물 밀집지역 실태조사

나 노후 건축물 밀집지역 화재위험요소 발췌 및 위험도 평가기준 수립

(1) 노후 건축물 밀집지역의 특성 분석을 통한 화재위험요소 발췌

(가) 주거 밀집지역 화재위험요소

- 노후화로 인한 전기설비 불량
- 기초소방시설 미설치 및 관리 부족
- 협소한 진입로로 소방차량 진입 곤란
- 도시기반시설(도로, 주차장 등) 부족
- 좁은 인동간격으로 연소확대 가능성 큼
- 구릉지에 계단형 또는 막다른 골목형 도로
- 불법 주정차로 인한 소방차량 진입 곤란
- 화재취약계층 다수 거주
- 자체 소방력의 한계로 초기 화재 대응 어려움



[그림 2.1.76] 주거밀집지역의 특성 분석

(나) 전통시장 화재위험요소

- 소방설비 미설치 및 노후화로 인한 오작동
- 대부분 노후화된 전기설비 및 단일회로 배선
- 고압가스 규정 미준수 및 가스 취급 부주의
- 무계획적이고 복잡한 미로식 통로 구조
- 통로 부분 불법 가판대로 인한 협소한 통로
- 방화구획이 되어 있지 않아 연소확대 용이
- 화재발생시 아케이드로 인한 소화활동 방해
- 인화성이 높은 제품이 다수 존재
- 불법 주정차로 인한 소방차량 진입 곤란



[그림 2.1.77] 전통시장의 특성 분석



[그림 2.1.78] 노후 건축물 밀집지역 화재위험요소 발췌

다 노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인(안) 작성

(1) 노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인(안) 개요

(가) 가이드라인 목적

本 가이드라인은 노후화된 주거 밀집지역과 전통시장을 대상으로 노후 건축물 밀집 지역의 화재 안전성 확보에 필요한 사항을 규정하여 인적 피해 및 경제적 피해를 최소화하는 것을 목적으로 한다. 또한 국토교통부의 '도시 재생사업' 진행 시 화재예방 안전대책 및 관리 체계 구축을 위해 해당 가이드라인을 적용한다.

(나) 가이드라인 적용대상

아래 규정에 해당하는 주거 밀집지역, 전통시장을 대상으로 한다.

- 화재경계지구 중 목조 건물이 밀집한 지역
- 화재경계지구 중 시장 지역
- 화재경계지구 중 소방시설·소방용수시설 또는 소방 출동로가 없는 지역
- 화재 경계지구 중 소방본부장 또는 소방서장이 화재가 발생할 우려가 높거나 화재가 발생하는 경우 그로 인하여 피해가 클 것으로 인정하는 지역

(다) 관련 규정

本 가이드라인에 제시된 표준 설계 지침은 건축법, 소방법, 국가화재 안전기준, 전기설비 기술기준&내선규정, 고압가스 안전관리법을 참조한다.



[그림 2.1.79] 노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인(안) 내용

라 노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인 완성

(1) 노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인

(가) 노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인 세부내용

① 주거 밀집지역 소방방재 분야

: 주거 밀집지역의 초기화재대응 및 피난통로 확보를 목적으로 공용 소화기, 소방안전지도, 색채 활용 피난로 등의 화재 안전대책 제시

② 전통시장 소방방재 분야

: 전통시장 내의 효율적인 소방활동 및 유지관리 방안으로 아케이드 지붕 계획, 환기 계획, 도로 계획, 가판대 계획 등의 화재 안전대책 제시

③ 전기 분야, 가스 분야

: 노후 건축물 밀집지역의 공동분야로써 안전점검 차원의 전기분야 및 가스분야의 화재 안전대책을 제시

④ 교육·훈련·홍보

: 노후 밀집지역 거주자 및 시민의 안전의식 제고를 통한 화재 대처능력 향상을 목적으로 교육·훈련·홍보와 관련된 화재 안전대책을 제시

⑤ 화재위험도 체크리스트 평가

: 평가 항목은 노후 건축물 밀집지역의 설비적·구조적·환경적 특성의 화재위험요소를 기준으로 소방방재 분야, 전기 분야, 가스 분야의 체크리스트 평가



[그림 2.1.80] 노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인

마 화재위험도 현장평가를 통한 가이드라인 검증 및 실용화

(1) 화재위험도 체크리스 현장평가

(가) 주거 밀집지역

① 현장평가 장소

- 서울시 성북구 월곡로 16길 일대
- 서울시 동대문구 답십리로 12길 일대
- 서울시 동대문구 마조로 16길 일대
- 강동구 천호3동 일대

② 현장평가 결과 : 대부분 소방방재 분야 미흡사항 다수 존재



[그림 2.1.81] 주거 밀집지역 화재위험도 현장평가

(나) 전통시장

① 현장평가 장소

- 서울시 종로구 광장시장
- 서울시 중구 동대문시장
- 강동구 암사종합시장
- 대구 서문시장

② 현장평가 결과 : 대부분 전기, 가스 분야 미흡사항 다수 존재



[그림 2.1.82] 전통시장 화재위험도 현장평가

바 성능검증장 적용을 통한 운영 및 평가

(1) 성능검증장 아이템 운영 및 평가

(가) 성증검증장 시나리오 개요

성능검증장 내에서 발생한 화재상황에서의 대피를 목적으로 화재 상황전파 경보방송 시스템의 신속한 상황전파와 옥외 피난안내 표지를 활용하여 재실자를 SAFETY ZONE으로 피난 유도

(나) 적용 아이템

① 화재 상황전파 경보방송시스템
: 노후 건축물 밀집지역 내에서 신속한 화재상황 전파를 목적으로 실시간 경보방송

② 옥외 피난안내 표지
: 노후 건축물 밀집지역 내에서 주/야간 피난통로 확보를 목적으로 SAFETY ZONE으로 안내



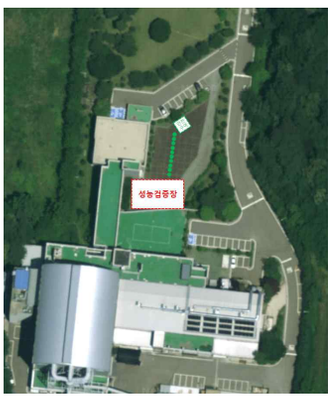
[그림 2.1.83] 화재 상황전파 경보방송시스템



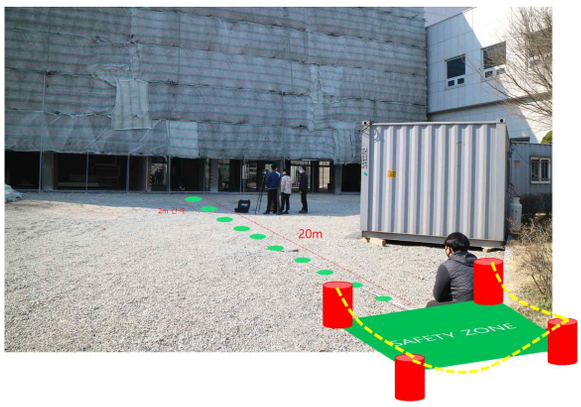
[그림 2.1.84] 옥외 피난안내 표지

(다) 설치 계획

해당 기술은 노후 밀집지역 대상이지만 성능검증장이 대상이라고 판단해서 화재 상황별 상황전파 경보방송 시스템 및 옥외 피난안내 설치 및 시연



[그림 2.1.85] 평면도



[그림 2.1.86] 현장실사

2.1.11 주변 환경을 고려한 자기보상기능 감지기 개발

가 불량 시료의 분석

불량 시료의 조사기간은 2015.10 ~ 2015.12이며, 조사수량은 〈표 2.1.45〉과 같다. 총 1,056개의 시료 중 외관오염(먼지, 누수 등)에 의한 불량이 현저하게 많았으며, 이로 인해 감지기의 오동작이 발생하였음을 확인되었음. 특히 광전식 감지기의 경우 비산먼지가 감지기의 암실에 누적됨에 따라 빛을 산란하여 반사시키는 현상으로 인해 비화재보가 발생하는 경우가 많았으며, 이 이외에도 설치 환경의 온도에 따라 감지량이 변하는 현상이 확인 되었음.

기타의 사항으로는 정밀 검정이 더 필요한 사항이며 내부 인피던스 값의 변화 등의 사유로 오동작이 발생된 것으로 판단 되며, 이는 누수 등의 영향이 있을 것으로 판단됨.

[표 2.1.45] 조사수량

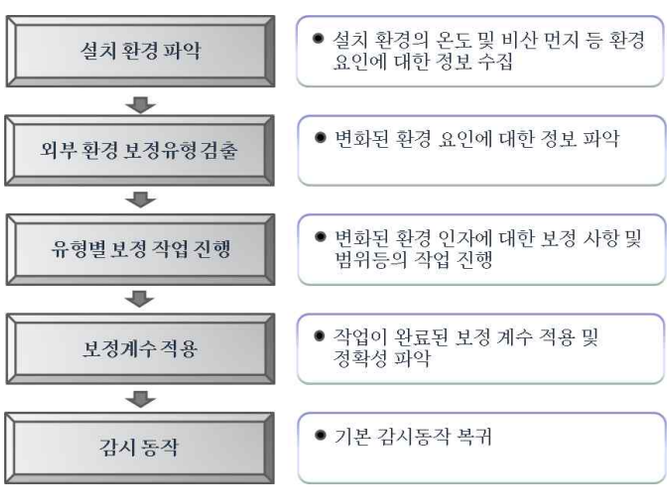
구 분	광전식 스포트형 감지기	정온식 스포트형 감지기	차동식 스포트형 감지기	합 계
수 량	561	65	430	1,056

[표 2.1.46] 감지기별 오동작 사항

구 분	총 불량시료	외관오염	부동작불량	기 타
차동식 스포트형 감지기	430	175	93	162
정온식 스포트형 감지기	65	31	0	34
광전식 스포트형 감지기	561	106	6	455

나 자기보상기능의 개념 정립

자기보상기능의 개념은 〈그림 2.1.86〉과 같다.



[그림 2.1.87] 자기보상기능 개념

2.1.12 배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인 개발

가 배연창, 배연구 성능평가 및 성능기준 개발

(1) 연구개요

- 배연창, 배연구는 화재가 발생했을 때 건축물 내에서의 연기 배출 및 확산방지에 필요한 기본적인 설비이나, 현재 최소한의 규정만 마련되어 있음
- 화재 발생 시 재실자의 안전을 확보하고 건축물의 화재안전성을 향상시키기 위하여 배연창, 배연구에 대한 설치기준 및 성능유지관리 기준을 포함한 가이드라인을 개발함

(2) 연구수행 내용 및 결과

(가) 가이드라인 개발을 위한 기초연구

- 배연창, 배연구에 대한 국내·외 기준 및 현황조사
- 기존 연구자료, 기준 및 현황 분석을 통한 문제점 도출
- 핵심구성요소분석을 통한 항목별 요구사항 작성

[표 2.1.47] 현 문제점 및 개선방향 도출

문제점	구분	내용
배연창 배연구 정의의 모호함	현황	• 건축관계 법령 상 배연설비의 배연창, 배연구에 대한 정의 없이 용어 사용 • 소방관계 법령 상 제연설비의 배연구, 배출구와 의미 중복 • 법규 적용 시 건축법과 소방법이 상충하는 문제 발생 우려
	개선안	• 각 규정에 나와 있는 배연창, 배연구 관련 정의 차용 • [별표2]배연창의 유효면적산정기준 표현을 알기 쉽게 작성
배연창, 배연구의 설치	현황	• 지하가, 대공간, 5층 이하 건물 등에 대한 배연창 적용 규정 없음 • 지하가에서 화재 발생 시 기계배연이 작동하지 않는 경우에 대한 대비 필요 • 설치위치에 관해 수직적 규정은 있으나 수평거리에 대한 내용 없음 • 방화구획마다 1개소 이상의 배연창 설치는 개방공간에 적합한 규정
	개선안	• 고층건축물의 배연창 설치 시 제연설비와의 연계 및 제외사항 고려 • 균등 설치를 전제로 배연창의 유효면적 기준을 고려하여 적정 분배 기준 마련 • 방화구획이 아닌 벽체로 구획된 실에 대한 고려 필요
배연창 유효면적 기준의 적합성	현황	• 건물의 규모 및 구조와 상관없이 배연창 유효면적 1m2이상
	개선안	• 배연창 1개당 유효면적 규정을 하지 않고 바닥면적 당 비율로만 산정 • 해당건물의 규모, 구조, 주변 환경을 적용한 성능검증 추가
제어 관련	현황	• 배연창의 개폐에 관한 사항만 있고 제어에 관한 세부적인 내용 없음
	개선안	• 수동조작부의 설치위치에 대한 명시 필요 • 제어에 대한 가이드라인 필요
배연창의 유지관리	현황	• 건축물 배연창의 재질 등에 대한 규정 없음 • 특별피난계단 및 비상용승강기의 승강장에 설치하는 배연구는 불연재료로 함 • 현 규정에 관리감독 사항 없음 • 제연설비의 경우 1년에 1회 이상의 점검 규정 있음
	개선안	• KS B ISO 21927-2를 참고하여 배연설비 배연창의 사양 기준 마련 • 제연설비 점검(소방점검) 시 배연창과 관련된 항목을 추가

나 배연창, 배연구 가이드라인 개발

(1) 연구개요

- 2차년도에는 가이드라인 개발을 위한 기초연구 수행으로 관련 자료 조사를 바탕으로 가이드라인 목차(안)을 구성함
- 3차년도에는 2차년도의 연구를 바탕으로 가이드라인 내용을 구성하고 각 조항별 내용을 추가하여 가이드라인(안)을 개발함

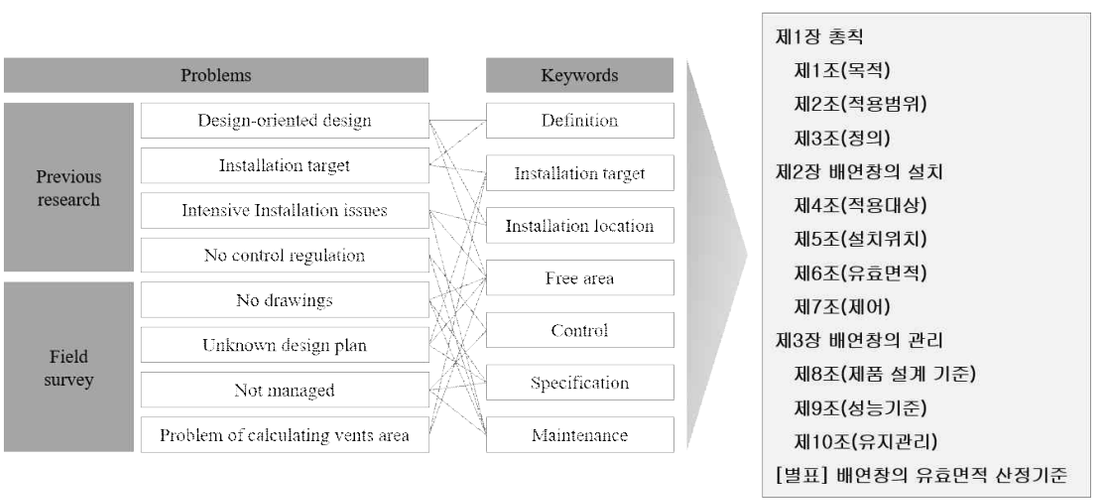
(2) 연구수행 내용 및 결과

(가) 배연창, 배연구 관련 문제점 및 개선방향 도출

- 국내·외 기준, 선행연구, 전문가 자문과 현장조사를 통해 배연창, 배연구 설치의 문제점을 파악하고 해당 기준과 비교하여 키워드(설치대상, 설치위치, 유효면적, 설계규격, 제어, 유지관리 등)를 도출하고 개선방향 결정
- 국외의 유사 가이드라인 목차 구성을 참고하여 목차 구성(안) 작성

(나) 배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인 개발

- 배연창 설치 문제점의 개선방향 점검
- 배연창 가이드라인의 항목별 요구사항 및 개선안 확정
- 전문가 자문을 통한 가이드라인 검토 및 최종안 작성



[그림 2.1.88] 문제점 도출을 통한 가이드라인 작성

2.2 화재위험도 평가 및 보수·보강기술 개발

2.2.1 서론

가 연구 최종 목표

(1) 기존 노후 건축물 화재안전성능평가방법 및 적용기준

(2) 화재응력비를 고려한 구조부재의 내화성능평가기술 선진화

(3) 건축물 마감재료 가스유해성 화재모델 구축 및 연소독성지수 기준 개발

(4) 실대형 화재 시험 방법을 통한 건축물 마감재의 평가기준 개발

(5) 대형 화재구획설비 평가방법

(6) 화재피해 건축물에 대한 진단·평가 절차

(7) 화재피해 건축물 데이터 통합 MDDW 솔루션 및 마이닝 엔진 개발

(8) 화재피해 건축물 구조안전성 평가방법

(9) 화재피해 건축물의 최적 보수재료·보강공법 선정 시스템 및 평가기술 개발

나 연구의 내용 및 방법

(1) 한방유비스 : 재실자 특성별 화재위험도 평가방법 및 적용기준

[표 2.2.1] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	국내외 화재위험도평가방법 조사	• 선행연구 및 국내외 화재위험도평가방법 조사·분석
2차년도	기존 건축물의 재실자 특성별 화재위험요소 도출	• 현장조사를 통한 기존 건축물의 재실자 특성별 화재위험도 분석 • 법적 기준 분석을 통한 기존 건축물의 화재안전성능평가 대상범위(안) 설정
3차년도	기존 건축물의 재실자 특성별 화재안전성능평가 개발	• 기존 화재위험도평가기법 조사 및 분석 • 평가기법 분석을 통한 화재안전성능평가방법 개발
4차년도	기존 건축물의 화재안전성능평가 적용기준 개발	• 선행연구·현장조사 및 전문가 검토 기반 화재안전성능평가 적용기준 도출 • 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 가이드라인(안) 도출
5차년도	기존 건축물의 화재안전성능평가 프로그램 개발	• 현장 실무용 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 모바일 S/W 개발 • '건축물 관리법' 기반 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 절차 및 책임범위(안) 도출
6차년도	기존 건축물 화재안전성능평가 현장 실무 적용	• 모의평가 기반 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 현장 실무 적용 • 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 가이드라인 최종본 도출

(2) 한국건설기술연구원 : 기존건축물 화재위험도 평가를 위한 내화구조.연소가스 유해성 및 마감재료 평가방법 및 기준 개발

[표 2.2.2] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	내화성능 평가방법 기준 분석	• 구조부재 내화설계방법 및 열적 특성 조사
	기존 가스유해성 성능평가방법 및 법규 조사	• 연소생성물의 인체독성평가 조사
	국내외 실대형 시험방법 및 기준 조사	• 선행연구 및 국내외 사례를 통한 시험방법 조사
2차년도	RC구조 내화성능 평가기술 개발	• RC 기둥 및 보 구조특성 및 화재 시 거동특성 분석 • RC 기둥 및 보의 기준단면 설정 및 화재응력비 도출
	건축물 내부 마감재료의 화재모델별 시험결과 DB구축	• 가스유해성시험 등 화재모델 선정 • 건축물 마감재료의 연소발생가스 정성적·정량적 분석 • 급성흡입독성가스에 대한 화재모델 선정
	건축물 내외장재 실대형 시험방법 개발	• 건축물 내외장재 실대형 화재시험 수행
3차년도	강구조 내화성능 평가기술 이론 정립	• 강구조 구조부재 특성을 반영한 내화성능 설계방법 및 실험계획 수립
	건축물 마감재료 연소가스의 생체학적 손상도 분석 및 독성요소에 관한 실험데이터 분석	• KS F 2271 시험기반의 정량적 Method 구축 • 마감재료 소재별 연소가스 생물학적 손상도 분석 • 발생 연소가스 분석 데이터 수치화 및 분석
	건축물 외장재 성능평가 기준(안) 작성 및 보완	• 건축물 외장재 실대형 시험방법 및 성능기준(안) 보완 • 화재확산방지구조 개선 보완
4차년도	강구조(기둥) 내화성능 평가기술	• 강구조 기둥의 구조 특성 및 화재 시 거동특성 분석

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
	개발	• 강구조 기둥의 기준단면 설정 및 화재응력비 도출
	건축물 마감재료 급성흡입독성에 대한 새로운 독설지수 정립	• 가스유해성 시험 기준에 상응하는 독성지수 산정 • 연소가스 기준 도출 및 보완
	건축물 외장재 실대형 시험방법 및 평가기준 제도화	• 건축물 외장재 실대형 화재시험방법 및 평가기준 제도화 • 외장재 법적기준미달 건축법 대상 외장재 안전성 확보방안 제시
5차년도	강구조(보) 내화성능 평가기술 개발	• 강구조 대상 내화해석 수행 • 강구조 내화성능 평가기술 관련 고시 개정(안) 도출
	산출된 새로운 독성지수에 대한 실제 시험 허용기준 평가	• 동물실험을 통한 독성 DB구축 및 추가실험 • 확정된 연소가스 허용기준 평가
	건축물 내장재 실대형 시험방법 및 평가기준 제도화 및 외장재 법적 기준 미달 건축물 대상 외장재 안전성 확보	• 건축물 내장재 실대형 시험방법 및 평가기준 도출을 위한 시험 • 건축물 내외장재 실대형 시험방법 및 평가기준(안)제시
6차년도	내화구조 평가기술 및 제도 선진화의 테스트베드 적용	• 고시 및 지침 제·개정(안) 최종본
	연소가스 기준마련 및 보완(부합화)	• 연소독성 DB 구축 보고서 • 건축물 마감재료 고시 개정(안) 도출
	실대형 시험방법을 통한 내외장재 성능 검증적용 및 화재확산방지구조 개선안 도출	• 실대형 내외장재 성능검증(기존 건축물 보강 방안) 수행 • 화재확산방지구조 개선 최종(안) 도출

(3) 한국건설생활환경시험연구원 : 대형 화재구획설비의 평가방법 및 적용기준 개발

[표 2.2.3] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	대형 화재구획설비 관련 국내외 기준 및 평가방법 조사	• 국내외 대형 화재구획설비 평가방법 자료 조사 및 분석
2차년도	대형 화재구획설비 평가용 시작품 설계 및 일체형 방화셔터 비상문 개폐력 평가	• 대형 화재구획설비 평가용 시작품 설계(안) 도출 • 대형 화재구획설비 개폐력 평가
3차년도	대형 화재구획설비 평가용 시작품 모듈제작(1차)	• 대형 화재구획설비 시작품 모듈 제작(1차) • 대형 화재구획설비 평가기준(안) 도출
4차년도	대형 화재구획설비 평가용 시작품 모듈제작(2차)	• 대형 화재구획설비 시작품 모듈 제작(2차) • 대형 화재구획설비 평가방법 및 적용기준 가이드라인(안) 도출
5차년도	대형 화재구획설비 평가용 시작품 제작(3차) 및 가이드라인(안) 작성	• 대형 화재구획설비 시작품 모듈 제작(3차) • 대형 화재구획설비 평가방법 및 적용기준 가이드라인(안) 도출
6차년도	성능검증장 Item 제작	• 대형 화재구획설비 평가방법 성능검증용 Item 제작

(4) 서울시립대학교 : 화재피해 건축물에 대한 진단·평가 절차 개발 및 화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선 방법 개발

[표 2.2.4] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	현행 화재피해 건축물의 진단·평가 방법론 분석 개선방안 검토 및 대안 제시	• 기존 방법론의 문제점 분석 및 대안 선정 • 퍼지이론을 활용한 화재진단평가 시스템 초안 도출
	화재피해건축물 내/외부 데이터 내용 및 스키마 분석 화재피해건축물 개선모델 구축을 위한 다차원 데이터웨어하우스(MDDW) 아키텍처 설계 통합MDDW 및 화재피해 건축물 개선모델 구축 프로세스 설계	• 화재피해건축물 내/외부 데이터 내용 및 스키마 분석 • 화재피해건축물 개선모델 구축을 위한 다차원 데이터웨어하우스(MDDW) 아키텍처 설계 • 통합MDDW 및 화재피해건축물 개선모델 구축 프로세스 설계
2차년도	콘크리트 표면 색상변화 및 기타 평가방법별 수열온도 및 잔존강도 DB 구축	• 화재피해 건축물에 대한 진단·평가 절차
	화재피해건축물 진단/개선을 위한 통합 MDDW 구축	• 화재피해 건축물의 통합 DB구축 및 개선 방법
3차년도	퍼지이론을 활용한 수열온도 추정방법개발	• 재료성능DB를 입력변수로 적용한 수열온도 추정방법 개발
	화재피해건축물 진단/개선을 위한 OLAP엔진 개발	• OLAP엔진 개발 • OLAP엔진 사용편의성 최적화 및 성능 평가
4차년도	구조재료의 가열실험을 통한 성능분석 및 냉각방법에 따른 강도회복률 분석	• 냉각방법에 따른 강도회복률 DB구축
	통합 MDDW 기반 분석 및 마이닝 시스템 개발	• 마이닝 엔진 개발 • 패턴 정형적 표현 연구
5차년도	퍼지이론을 활용한 화재진단·평가시스템 개발	• 화재피해 건축물의 진단·평가방법 개발
	화재 분석 진화형 마이닝 및 리포팅 엔진 개발	• 마이닝 엔진 개선(진화형) • 패턴 리포팅 엔진 개발
6차년도	성능검증장을 통한 화재진단·평가시스템의 적용성 검증 및 활용방안 구축	• 화재피해 건축물의 진단·평가 가이드라인 최종
	화재피해 분석/마이닝 테스트베드 구축	• 화재 피해 분석 테스트 베드 구축 • 화재 예측 모델 신뢰도 평가

(5) 이화여자대학교 : 화재피해 건축구조물 안전성 평가방법 개발

[표 2.2.5] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	국내외 화재 안전성 연구 동향 분석	• 국내/외 화재 피해 건축물 구조 안전성 평가 사례 분석
2차년도	화재 손상 예측을 위한 일반강도 콘크리트 부재의 구조안전성 평가	• 일반강도 구조 부재에 대한 내화거동 평가
3차년도	화재에 노출된 콘크리트 부재의 열적 특성 파악	• 화재노출 콘크리트 부재의 열적 특성 파악 분석 • 추가 구조 부재 계획
4차년도	화재피해를 입은 구조 부재의 안전성 평가방법 개발	• 구조 부재에 대한 내화거동 평가 보고서 작성 • 화재피해 건축구조물 안전성 평가방법 가이드라인(안) 작성
5차년도	구조물의 안전성 평가 가이드라인 작성	• 구조 부재에 대한 내화거동평가 • 화재피해 건축구조물 안전성 평가방법 가이드라인 도출
6차년도	화재피해구조물의 안전성 평가 기법의 적용성 검증	• 화재피해 건축구조물 안전성 평가 가이드라인 최종본 도출

(6) 대진대학교 : 화재피해 건축물 부재단위의 강도 보수·보강 기술 개발

[표 2.2.6] 연차별 연구목표 및 내용

연차	연차별 연구목표	연구내용 및 방법
1차년도	국내외 구조보수재료·보강 공법 관련 문헌고찰 및 자료수집	• 문헌고찰 건수 • 문헌교찰 및 사례조사 건수
2차년도	내화공법(섬유혼입) 적용 건축물에 대한 화재 후 내구성 평가	• 사례조사/비교분석 보고서 • 장기 폭로에 따른 내구성 평가
3차년도	보수보강 계획 수립 및 범위설정/방법 선정	• 보수보강방법 선정
4차년도	기존 보수재료의 내화성능평가	• 보수재료 전기로 가열실험 평가 및 분석 • 신재료·신공법 조사분석
5차년도	화재피해를 입은 콘크리트 부재 및 구조물의 보수·보강 기술 지침(안) 및 가이드라인 작성	• 화재피해를 입은 콘크티르 부재 및 구조물의 보수·보강 기술 지침(안) 작성 • 내화공법(섬유혼입)이 적용된 고강도 콘크리트의 화재 후 보수재료별 성능평가
6차년도	화재피해를 입은 섬유혼입 고강도 콘크리트의 보수재료·보강공법 기술 개발	• 화재피해를 입은 건축물의 진단, 안전성 평가 및 보수·보강 가이드라인 최종본 (보수·보강 파트)

2.2.2 재실자 특성별 화재위험도 평가방법 및 적용기준

가 국내외 화재위험도평가방법 조사

기존 노후 건축물의 화재안전성능평가방법 및 적용기준 개발을 위하여, 선행연구 및 기존 국내외 화재위험도평가 방법을 조사하였음. 조사된 국내외 화재위험도평가방법을 분석하여 향후 연구개발 방향성을 설정하였음.

(1) 국내 화재위험도평가방법 및 적용기준(종합소방정밀점검)

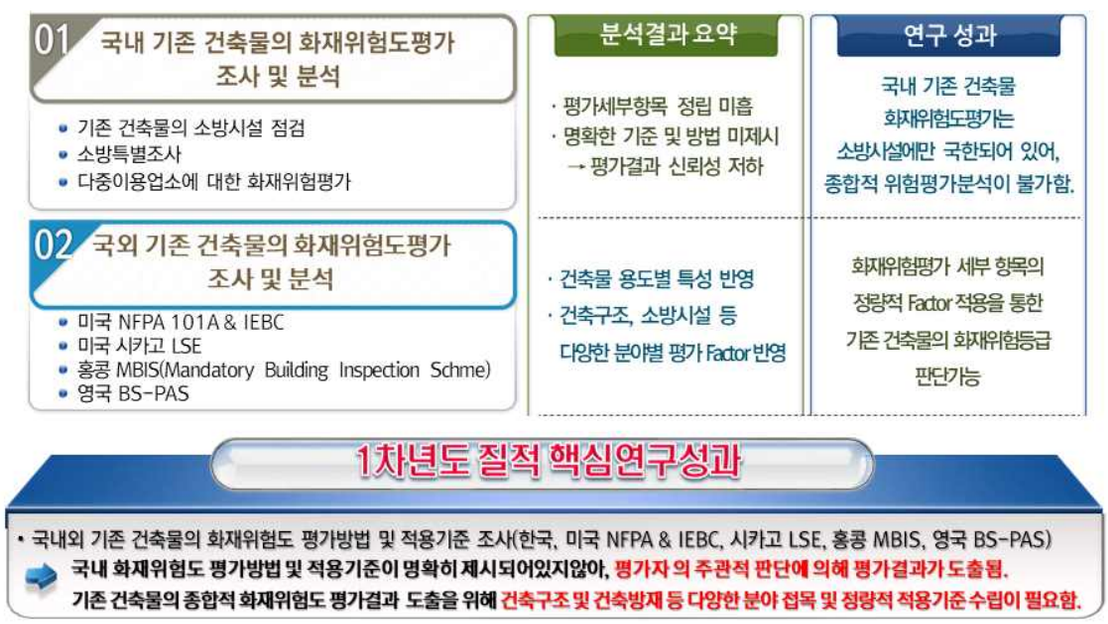
종합소방정밀점검은 화재위험도평가로서 활용할 경우, 상세한 평가항목의 부재 및 소방시설에 국한된 평가 항목으로 구성되어 있음.

따라서 건축물의 종합적인 화재위험도평가를 수행한다는 개념보다는 건축물의 소방설비 점검에 초점을 맞춘 평가이기에, 이를 기존 건축물의 화재위험도평가로서 활용하려면, 많은 작업이 이루어져야할 것으로 사료됨.

(2) 국외 화재위험도평가방법 및 적용기준(International Existing Building Code)

화재위험도평가 적용기준으로 제시된 평가항목들의 점수를 각각 “화재 안전”, “피난로”, “일반 안전”으로 분리하여 총 합계 평가결과 점수를 도출하였을 때, 각 항목별로 법적 합격 점수이상을 획득해야 화재위험도 평가를 합격한 것으로 간주함.

이는 각 세부항목별로 보완계획만 제시하는 국내 화재위험도평가와는 달리 합격/불합격 여부를 통보함으로서 건물주의 화재위험 경각심을 일깨우고, 화재위험도를 감소시키기 위한 행위를 강제시킴으로서 사회 전반적 기존 건축물의 화재위험도를 매우 효과적인 관리가 가능한 것으로 판단됨.



[그림 2.2.1] 국내외 화재위험도평가 조사 및 분석결과 요약표

나 기존 노후 건축물의 재실자 특성별 화재위험요소 도출

기존 노후 건축물 화재안전성능평가의 대상 범위(안)을 설정하고, 재실자 특성별 화재위험요소를 각 용도별 현장방문을 통하여 조사·분석하였음. 해당 연구결과를 기반으로 향후 화재안전성능평가에 적용될 평가기법 및 적용기준 도출에 활용하였음.

(1) 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 대상 범위(안) 설정

국내 "도시 및 주거환경정비법"과 전국 시도별 노후·불량 건축물 판단기준 및 기존 건축물의 경년변화를 고려하여 화재위험도평가 수행이 필요한 시점을 사용승인 후 20년 이상 경과된 기존 건축물에 한하여 수행하는 것이 적합한 것으로 판단됨.

국내 소방시설법에서는 일반 용도 건축물의 층고를 고려하여 건축물의 11층 또는 높이 31 m를 기준으로 내화구조 및 스프링클러설비 등의 추가적인 화재방호시스템을 설치하도록 규정함으로서 건축물의 높이 31 m이상 또는 건축물의 층수가 11층 이상인 층에서의 화재위험도가 더욱 상승하는 것으로 판단됨.

2011년~2016년에 이르기까지 발생한 화재사고를 분석하여, 관계법령 및 통계자료 분석을 통한 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 수행 대상 범위(안)은 아래 표와 같이 설정하였음.

(2) 기존 노후 건축물의 재실자 특성별 화재위험요소 도출

기존 건축물의 화재위험요소 조사 및 분석방법은 기존 건축물 4 곳에 대해서 "기존 건축물 현장조사·재실자의 화재위험요소 및 화재피난성능 시뮬레이션"을 활용하여 정량적 데이터로 도출함으로서, 사용승인도서와 실제 거주 환경간의 차이점으로 화재위험요소를 도출하였음.

재실자의 피난안전성평가 및 인명안전설계는 건축심의 및 건축허가단계에서 이루어지며, 해당 건축물에 재실자가 실제 거주하면서 증가되는 화재피난위험성이 고려되지 않음.

이에 따라, 실제 기존 건축물의 재실자 특성 및 실사용 특성이 반영될 수 있도록 피난성능 평가항목을 추가계획하여 재실자의 피난안전성도 평가될 수 있도록 하였음.

[표 2.2.7] 기존 건축물의 화재위험도평가 대상 범위(안)

건축물 노후년별 분류	건축물 규모별 분류	건축물 용도별 분류		
20년 이상	지상11층 이상 또는 건축물의 높이 31 m이상	①	주거시설 형태	단독주택
				공동주택
		②	문화 및 집회시설 형태	공연장
				집회장
				관람장
				전시장
				동·식물원
		③	판매시설 형태	도매시장
				소매시장
				상점
		④	업무시설 형태	공공 및 일반 업무시설

※ 각 분류에 모두 부합되는 건축물에 대하여 기존 건축물의 화재위험도평가 수행

다 기존 노후 건축물의 재실자 특성별 화재안전성능평가 개발

기존 노후 건축물 화재안전성능평가방법 개발을 위하여, 기존 화재안전성능 평가기법에 대한 분석을 진행하였음.

(1) 기존 화재안전성능평가기법 분석

"Risk Matrix 평가기법"은 평가 대상의 특성에 따라 확률과 강도에 대한 축별 값을 평가자 또는 평가 조직 내에서 임의로 설정하여 확률 및 강도의 등급을 구분하기 위한 비율척도의 활용이 필요할 것으로 예측됨. 각 평가 대상 건축물과 용도 특성에 따라 결과의 수준을 축소하거나 확장하여 정할 수 있으며 일괄적으로 적용할 수 있는 절대적인 기준으로 활용은 불가한 평가기법으로 판단됨.

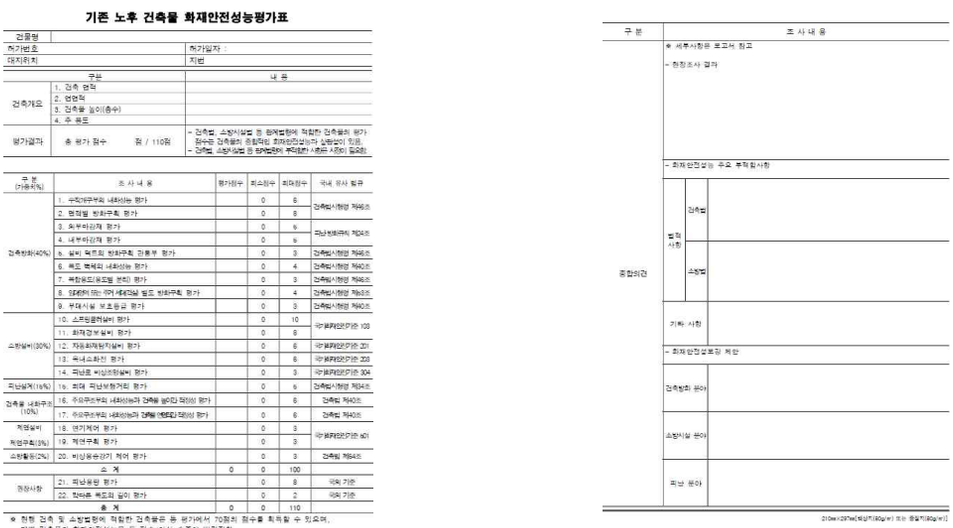
"Checklist 평가기법"은 위험요소를 확인시켜주고 기준 절차가 지켜지는 지를 확인할 수 있음. 또한 상세한 평가가 필요한 상황이나 기본 정보가 부족한 것에 초점을 맞출 수 있음.

"사고빈도분석 평가기법"은 화재위험요소 및 등급을 통계·정량적 Data Base를 통하여 구축하여야 함. 평가 대상 범위를 준공 후 20년이상 경과된 판매시설·업무시설 등으로 설정할 경우, 기존 노후 건축물의 수가 약 600만 동에 달하며, 평가시간 및 평가비용 등 소모비용이 가장 높은 평가기법으로서 본 연구목표를 위한 적합한 평가기법으로 볼 수 없음.

(2) 기존 노후 건축물 화재안전성능평가방법 개발

정성적 평가방법의 평가소요시간의 단축성과 비용소모성, 정량적 평가방법의 절대적 위험도 수치 산출의 정확성을 토대로, 준-정량적 평가방법을 적용하였음.

준-정량적 평가방법은 정성적 평가방법인 Checklist 기법을 적용하여 평가방법의 용이성·효율성을 취하고, 적용기준은 정량적 평가기준을 접목이 가능하여, 정량적 평가결과 도출로 화재안전성능 수준을 쉽게 판별할 수 있음.



기존 노후 건축물 화재안전성능평가표

건물명			
허가번호		허가일자 :	
대지위치		지번	

구분		내 용
건축개요	1. 건축 면적	
	2. 연면적	
	3. 건축물 높이(층수)	
	4. 주 용도	
평가결과	총 평가 점수 점 / 110점	- 건축법, 소방시설법 등 관계법령에 적합한 건축물의 평가 점수만 건축물의 종합적인 화재안전성능가 상회성이 있음. - 건축법, 소방시설법 등 관계법령에 부적합한 사항이 있을 경우, 별도의 화재안전성능 보강 계획 수립 필요

구 분 (가중치%)	조 사 내 용	평가점수	최소점수	최대점수	국내 유사 법규
건축방재(40%)	1. 수직방무부의 내화성능 평가		0	6	건축법시행령 제64조
	2. 면적별 방화구획 평가		0	8	
	3. 외부마감재 평가		0	9	국토부고시에 제64조
	4. 내부마감재 평가		0	9	
	5. 실비 목조의 방화구획 관통부 평가		0	3	건축법시행령 제64조
	6. 특고 목재의 내화성능 평가		0	4	건축법시행령 제62조
	7. 복합재료의 표면 변화 평가		0	3	건축법시행령 제64조
	8. 단열재 또는 이에 준하는 필요 방화구획 평가		0	4	건축법시행령 제64조
	9. 부대시설 보호등급 평가		0	3	건축법시행령 제62조
소방설비(30%)	10. 스프링클러설비 평가		0	10	국내화재안전기준 103
	11. 화재경보설비 평가		0	8	
	12. 자동화재탐지설비 평가		0	6	국내화재안전기준 201
	13. 옥내소화전 평가		0	6	국내화재안전기준 202
	14. 피난로 비상조명설비 평가		0	3	국내화재안전기준 304
피난설계(15%)	15. 피난 피난보행거리 평가		0	6	건축법시행령 제64조
건축물 내화구조 (10%)	16. 주요구조부의 내화성능과 건축물 높이간 적정성 평가		0	6	건축법 제64조
	17. 주요구조부의 내화성능과 건축물 연면적간 적정성 평가		0	6	건축법 제64조
계연설비	18. 연기제어 평가		0	3	국내화재안전기준 501
계연구획(3%)	19. 계연구획 평가		0	3	
소방활동(2%)	20. 비상용승강기 제어 평가		0	3	건축법 제64조
	소 계	0	0	100	
현장사항	21. 피난동선 평가		0	8	국내 기준
	22. 방화문 폐쇄의 질이 평가		0	2	국내 기준
	총 계	0	0	110	

※ 현행 건축 및 소방법령에 적합한 건축물은 본 평가에서 기준의 점수를 획득할 수 있으며, 개별 건축물의 화재안전성능은 본 점수 이상 수준이 바람직함

구 분	조 사 내 용
종합의견	※ 세부사항은 보고서 참고 - 현장조사 결과
	- 화재안전성능 주요 추적점사항
	법적사항 건축법
	법적사항 소방법
	기타 사항
	- 화재안전성보장 계획
	건축방화 분야
	소방시설 분야
	피난 분야

210㎜×297㎜[백상지(80g/㎡) 또는 중질지(80g/㎡)]

[그림 2.2.2] 기존 노후 건축물 화재안전성능평가방법

라 기존 노후 건축물의 화재안전성능평가 적용기준 개발

기존 노후 건축물 화재안전성능평가 수행 시, 평가결과 도출 및 화재안전성능 수준 파악을 위한 각 평가항목별 적용기준을 개발하였음.

(1) 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 적용기준 개발

화재안전성능평가표는 현장조사를 통한 화재안전성능요소 조사 및 전문가 자문을 통하여 총 22개의 항목(건축방화 9개, 소방설비 5개, 피난설계 3개, 내화구조 2개, 제연설비 1개, 소방활동 1개)으로 구성되어 있으며, 총 100점 만점에 기준 점수 70점 이상을 획득해야 평가를 합격할 수 있는 구조로 구성하였음.

최초 도출된 적용기준을 토대로 국내 기존 건축물에 대하여 모의평가를 수행하였으며, 모의평가수행결과를 토대로 불합리하거나 적합하지 않은 평가기준을 보완하였음.

개인정보보안 및 재산권 보호 관계법령에 따라 건축물에 대한 모의평가내용 기재를 생략하였음.

(2) 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 가이드라인(안) 개발

가이드라인(안)을 도출하여 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 수행 시, 평가자가 해당 평가방법을 이해하고 각 평가항목별 평가방법·적용기준·필요 도서 등을 제시하여 용이한 평가수행이 이루어지도록 하였음.

① 수직개구부의 내화성능시간 평가(직통계단실, 승강기, 설비 샤프트 등)

기존 건축물 화재위험도평가 기준		
대 분 류	건축방화	
소 분 류	수직개구부의 내화성능시간 평가	
평가 범위	직통계단실, 승강기, 에스컬레이터 개구부, 샤프트 등 수직 개구부	
※ 성능 등급 표시 세부기준		
평가 목적	수직개구부를 통한 발화층으로부터 기타층으로의 화재확산위험도를 평가	
평가 등급 (최소/최대)	산정식을 통한 정량적 점수 도출(최소 0점/최대 8점)	
관계법령	건축법시행령 제46조/건축물의 피난 · 방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제14조	
평가 등급 기준	1. 수직관통부 방화구획 내화성능(A)	
	요구되는 법적 내화성능시간	산정 계수
	없음 (방화구획되지 않음)	연결된 층 수의 -2배
	1시간 미만 내화성능시간으로 방화구획	연결된 층 수의 -1배
	1시간 이상 2시간 미만 내화성능시간으로 방화구획	연결된 층 수의 1배
	2시간 이상 내화성능시간으로 방화구획	연결된 층 수의 2배
	2. 건축물 용도별 계수(B)	

용도구분(1)	업무시설			주거시설			판매시설		
층수 / 최고높이(m)	4/20 이하	12/50 이하	초과	4/20 이하	12/50 이하	초과	4/20 이하	12/50 이하	초과
적용계수(CF)	2.2	1.5	1.2	3.5	1.5	1.2	3.5	1.5	1.2

3. 수직개구부의 내화성능시간 평가 결과도출
· 수직개구부의 내화성능시간 산정식 = 수직관통부 방화구획 내화성능(A) x 건축물 용도별 계수(B)

※ 평가범위 및 방법		
평가 방법	사전 평가	① 평가 대상 건축물의 필요 도서를 입수 및 수직관통부 방화구획 도서 검토 ② 외벽상세도/기계설비평면도 · 계통도/소방설비평면도 · 계통도를 통한 설비관통부 적합여부 검토
	현장 평가	③ 평가 대상 건축물 현장조사를 통하여 제출 도서와의 일치 여부 확인 ④ 직통계단실 등 방화구획에 설치된 방화문의 자동개폐가능여부 확인
필요 도서		① 건축 평면도 ③기계설비평면도 및 계통도 ② 건축 방화구획도 ④ 소방시설(기계)평면도 및 계통도



기존 노후 건축물
화재위험도평가 가이드라인

2018. 9.

KAIA 국토교통 과학기술진흥원 | 화재안전연구단 FIRE RESEARCH GROUP | 한방유비스(주) KFUBIS

[그림 2.2.3] 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 적용기준 및 가이드라인(안)

마 기존 노후 건축물의 화재안전성능평가 절차(안) 및 프로그램 개발

(1) 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 절차(안)

본 화재안전성능평가의 절차는 국토교통부 소관의 '건축물 관리법'과 연계되어 원활히 수행될 수 있는 방향으로 연구 및 도출하였음.

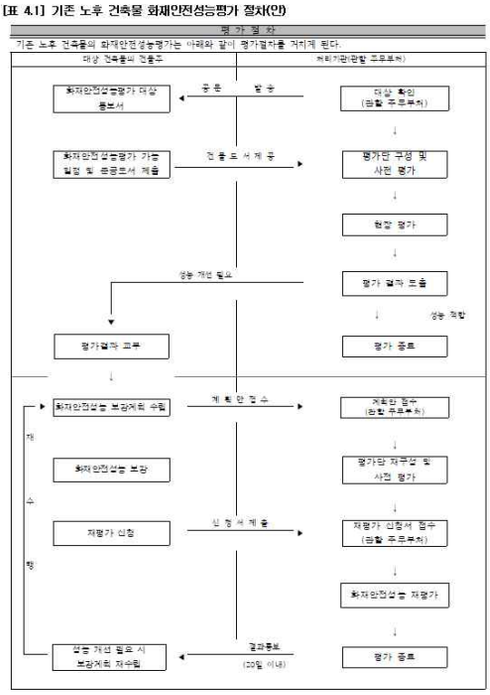
소규모 노후 건축물 등에 수행되는 화재안전점검은 평가자가 정부기관 또는 정부기관의 대리인이며, 정부기관 담당자(건축직 공무원 및 소방직 공무원)와 평가 대상 건물 관리자간의 수행체계 구축을 위주로 화재안전성능평가 절차(안) 수립이 필요하다는 점을 파악하였음.

'제27조(기존 건축물의 화재안전성능보강)'은 건물 관리자는 상시 화재안전성을 확보하기 위하여 노력할 것을 주문하고 있으며, '건축물 관리법'시행 전 건축허가를 득한 건물 중 3층 이상이며 제1~2종 근린생활시설, 의료시설, 교육연구시설, 노유자시설, 수련시설, 숙박시설에 해당되는 건축물은 '제28조(화재안전성능보강의 시행)'에 따라 화재안전성능보강 계획을 수립하여 국가 또는 지방자치단체의 지원으로 성능보강이 이루어질 수 있도록 하였음.

(2) 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 프로그램 개발

'기존 노후 건축물 화재안전성능평가표'를 별도 프로그램의 목적은 현장에서의 편의성 증진과 평가결과 전산화의 용이성을 확보하기 위하여 개발하였다. 이에 따라 평가결과의 DB구축이 용이하고, 현장에서의 편의성을 확보하기에 유용한 플랫폼인 태블릿PC와 모바일을 채택하여 개발 완료하였음.

[표 4.1] 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 절차(안)





[그림 2.2.4] 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 적용기준 및 가이드라인(안)

바 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 현장 실무 적용

(1) 현장 평가 수행

본 연구과제를 통하여 개발한 '기존 노후 건축물 화재안전성능평가방법'·'평가 절차'·'평가 S/W'의 적합성을 검토하기 위하여 준공 후 20년 이상 된 임의 건축물 3개 동을 선정하여 모의 화재안전성능평가 실무를 진행하였음. 평가절차에 따라, 화재안전성능평가 대상 건축물로 선정되고 화재안전성능평가 지정업체로서 본 연구진이 선정된 것으로 가정하여, 건축물 관계인과의 '사전미팅'·'사전평가'·'현장평가' 순으로 진행하였음.

평가를 수행한 'A 건축물'은 서울시 소재의 고층 공동주택 건축물로서 소방설비 및 피난시설 유지관리는 총 47점 중 41점을 획득하여 법적 기준에 적합하도록 유지관리 상태가 양호하였으나, 방화구획 유지관리가 불량하여 건축방화분야에서의 평가점수가 총 40점 중 7점을 획득하였음.

'B 건축물'은 인천시 소재의 고층 업무시설 건축물로서 소방설비 및 피난시설 유지관리는 46점을 획득하여 법적 수준을 상회하는 성능을 확보하였으나, 건축방화분야는 13점만을 획득하여 방화구획 유지관리가 미흡한 것으로 나타났음.

'C 건축물'은 판매시설과 문화 및 집회시설 복합 건축물로서, 소방설비 및 피난시설 유지관리는 25점을 획득하고, 건축방화분야는 12점을 획득하여 전체적인 유지관리가 미흡한 것으로 나타났음.

(2) 평가결과 고찰

임의의 건축물을 대상으로 화재안전성능평가를 수행한 결과, 모두 방화구획 유지관리가 미흡한 공통점이 나타났음. '방화구획 유지관리 미흡'은 화재안전은 소방설비와 직결된 사항으로만 인식하고 있으며, 방화구획 개선방안에 대한 정보를 가지고 있지 않은 현장도 존재하였음. 이에 따라, 방화구획 개선을 위한 방안 및 평시 유지관리 방법에 대한 사항을 화재안전성능평가표 별지에 안내함으로서 건축방화분야의 화재안전성능을 향상시키도록 유도하였음.



분	조 사 내 용
	세부사항은 보고서 참고 - 현장조사 결과 • 본 점검동은 지하2층, 지상33층의 철근콘크리트 구조로서 업무시설 용도로 5개 그룹 사용 승인형 건축물임. • 본동의 1~2층에는 근린생활시설이 입점 되어 있으며, 3층부터는 각 업무시설로, 2개소의 직벌피난계단과 2개의 비상용승강기가 설치되어 있음. • '건축법령'상의에서 수직건구부분, 내화성능, 공간분리 목적의 방화구획 관통부에 대한 성능개선이 최우선적으로 이루어져야함. • 점검의 제목은 건 중에 대하여 일부이상시정과 세부적계념, 책증류리로 마감이 되어 있음.
- 화재안전성능 주요 부적합사항	
법적사항	건축법 - (건축법시행령 제46조) 및 (피난방화구조 등의 기준 제14조) 일부 목이 창호부에 설치된 내화충전자재 마감상태가 불량하여 층간방화구획 미설치 완적된 방화구획 벽체의 누설부위 및 마감불량부위 보수 필요. (건축법 법적 적용을 위해서는 적도에 있는 상당도로와 내화이상부에서 필요) 층수검지장치실 내부 바닥 및 파이프 주위 슬리브는 내화충전재로 밀폐하여 층간방화구획 설치 필요
	소방법 - (소방시설법 제9조) 자동속보설비는 법령한 비화재보 작동으로 출동소방서 연락선을 정하실에도 확인요 - (소방시설법 제10조) 피난계단실 출입문(방화문)에 설치된 도어스토퍼 제거 필요.
기타 사항	- 소방시설 종합정밀점검표에서 요구하고 있는 개선필요정목들에 대하여 보수가 완료되었는지 관리사무소 및 협력업체에 재확인이 필요함.
- 보완대책	<건축방화 분야> • 방화구획 관통부의 내화충전재 미갑여부 재확인 및 미갑밀량 부위 보수(내화충전재 사용) <소방설비 분야> • 자동화재속보설비에 대한 완적성 복무가 필요. <피난 분야> • 상시 개방한 피난계단실 출입문을 닫은 상태로 관리해야 함.

[그림 2.2.5] 화재안전성능평가 당시 방화구획 유지관리 불량부위 및 평가결과의견서

2.2.3 기존 건축물 화재위험도 평가를 위한 내화구조, 연소가스 유해성 및 마감재료 평가방법 및 기준 개발

주요구조부의 내화성능평가 방법 및 적용기준 선진화

가 건축물 구조부재의 열적, 열역학적 특성을 고려한 국내외 내화설계 기준 조사

본 과제는 철근콘크리트 및 강 구조부재의 국내외 내화설계 방법들을 조사하고 철근콘크리트 및 강 구조부재가 갖는 고온 열특성 및 역학특성 분석하였음.

(1) 국내외 내화설계 방법

(가) 구조부재 내화설계 현황/전망

[표 2.2.8] 구조부재 내화설계 현황/전망

현행	전망/과제
• 평가결과와 활용성 관계 미비 • 적용성 한계	• 평가결과의 한계성, 용도확장 • 하중비 적용
• 획일적, 제한적 평가/설계 • 부재조건 미반영	• 공학기반 평가방법/기준 보완 • 부재조건 반영
• 사양설계 • 법정/인정구조	• 사양+성능설계(필요시) • 인정구조/표준구조
• 법적 기준에 의한 제도 운영	• Building Code 운영-전문가 중심

(나) 구조부재의 내화설계방법 및 적용기술 조사

기존의 강구조 내화성능평가는 단면형상 및 부재와 내화피복재료 등의 조건에 관계없이 획일적인 허용 온도 기준만을 제시하고 있으나 강재의 사용부위와 단면형상 등에 따른 합리적인 내화 피복기준의 설정을 통한 합리적이고 경제적인 피복기준의 도입이 필요하므로 적정 내화피복두께의 강구조 부재를 대상으로 한 재하가열 시험시 적정 재하 하중량 산정 필요

(다) 구조부재의 열적 및 열역학적 특성 조사

콘크리트

- 밀도 : 2.30E-09 ~ 2.18E-09 kg/m^3 – 온도 상승에 따라 약간 감소
- 비열 : 골재의 종류와 중량의 영향을 받음
  - 상온~100℃ : 일정 , 100℃~400℃:완만한 증가, 400℃ 이후 : 일정
- 열전도율 : 상온에서 가장 크고, 온도가 상승할수록 감소

항 목	산정방법	범 위
밀도	$\rho = 2,300$	$20 \le T \le 115$
	$\rho = \rho_0 \cdot 1 - 0.02\left(\frac{T-115}{85}\right)$	$115 \le T < 200$
	$\rho = \rho_0 \cdot 0.98 - 0.03\left(\frac{T-200}{200}\right)$	$200 \le T < 400$
	$\rho = \rho_0 \cdot 0.95 - 0.07\left(\frac{T-400}{800}\right)$	$400 < T \le 1200$
비열	$C_C = 900$	$20 \le T \le 100$
	$C_c = 900 + (T-100)$	$100 < T \le 200$
	$C_c = 1000 + \left(\frac{T-200}{2}\right)$	$200 < T \le 400$
	$C_C = 1,100$	$400 < T \le 1200$
열전도율	$k_c = 2 - 0.245\left(\frac{T}{100}\right) + 0.010\left(\frac{T}{100}\right)^2$	$20 \le T \le 1200$

강재

- 밀도 : 7.85E-09 kg/m^3 으로 일정
- 비열 : 600℃~900℃ 구간에서는 비열이 급격한 변화
- 열전도율 : 상온에서 800 ℃까지는 선형적으로 감소, 이후 일정

항 목	산정방법	범 위
밀도	7,850	–
비열	$C_s = 425 + 0.773T_s - 0.00169T_s^2 + 2.22 \times 10^6 T_s^3$	$20 \le T < 600$
	$C_s = 666 - \frac{13002}{T_s - 738}$	$600 \le T < 735$
	$C_s = 545 + \frac{17820}{T_s - 731}$	$735 \le T < 900$
	$C_s = 650$	$900 \le T < 1200$
열전도율	$k_s = 54 - 3.33 \times 10^{-2} T$	$20 \le T < 800$
	$k_s = 27.3$	$800 \le T < 1200$

[그림 2.2.6] 구조부재의 열적 및 열역학적 특성 조사

나 철근콘크리트 구조부재의 화재응력비를 고려한 내화성능 평가방법 제시

본 과제는 철근콘크리트 구조부재의 화재응력비를 고려한 내화성능 평가방법 제시하였으며, 방화구획을 형성하는 내화구조 중 내화충전구조에 대한 관계 지침의 개선안을 제시/반영하였음.

(1) 해석/실험적 방법에 의한 평가

(가) 해석적 방법에 의한 평가

① 구조부재의 열적 및 열역학적 특성

구조재료의 내화성능에 영향을 미치는 구성재(강재, 콘크리트)의 열적, 열역학적 특성은 [1차년도] 연구결과를 바탕으로 국내 강구조 및 철근콘크리트구조의 내화성능 및 화재시 구조거동과 비교적 정확하게 예측되는 Eurocode 규준을 활용하여 내화해석을 수행하였음

② 열전달 해석을 이용한 화재응력비 도출

㉮ EN 1992-1-2의 Annex B에서 제시하는 간편계산법인 500℃ 등온선법은 콘크리트 온도가 500℃ 이하인 경우 상온시의 강도를 그대로 유지하고, 500℃를 초과하면 강도를 100% 상실하는 것으로 가정하여 가열 전후의 단면비율을 통해 잔존강도비를 도출하는 방법을 수행

㉯ 철근콘크리트 구조부재의 합리적인 화재응력비를 예측하기 위하여 해석조건에 따른 내부 열전달 해석은 범용 유한요소 해석프로그램인 ABAQUS를 이용하여 과도상태 열전달 해석을 수행, 가열곡선은 ISO 834-1 표준화재곡선을 적용

㉰ 500℃ 등온선법에 의해 단면에 따른 적정 하중비를 도출하였으며, 그 결과 RC 보부재의 단면의 크기에 따라 0.55~0.75의 화재응력비를 도출

(나) 실험적 방법에 의한 평가

① 내화실험 내용

㉮ 표준단면 제시 : RC 보부재의 다양한 단면형상과 크기 등 화재응력비에 영향을 주는 인자를 고려한 결과, 내화성능 평가를 위한 표준다면은 250X500단면으로 제시함. 200단면의 경우 내화성능이 확보되지 못하는 것으로 나타나 화재응력비를 고려할지라도 작은 단면이 주는 불안전성이 높아 성능평가용 표준단면으로는 적합하지 않으며, 250단면의 폭에 폭두께비 2.0인 250X500 단면 이상부터 화재응력비에 따른 일정한 경향을 보이는 것으로 나타나, 최소 단면이면서 가장 경제적인 단면으로 성능평가용 표준단면에 적합

㉯ 화재응력비 도출 : RC 보부재의 화재응력비는 250단면을 기준으로 그 이하인 경우는 0.4~0.6, 이상은 0.8~0.9의 화재응력비가 적합한 것으로 나타나 그 범위에서 안정적인 하중저항능력을 보이고 있는 것으로 판단됨

(2) 주요구조부의 내화성능평가방법 및 적용기준 선진화

(가) 내화충전구조 세부운영지침 개선안 제시 및 반영

내화충전구조 제외 대상범위 확대, 선형조인트 충전시스템 세분화, 주요 재료, 제품에 대한 구체적인 기준 명시, 현장에서 유효한 시험성적서의 적용 시점을 명확화, 현장 발생 민원에 대한 시험결과 적용 기준을 제시/반영하였음.

다 강(Steel) 구조부재의 화재응력비를 고려한 내화성능 평가방법 제시

본 과제는 강 구조부재를 대상으로 한 국내외 내화성능 평가 기준들을 비교하여 현행 국내 기준의 문제들을 확인하고, 이를 개선하기 위한 목적에서 강 구조부재 내화성능 평가시 중요 적용사항을 확인/정리하였음.

(1) 국내외 강구조 내화성능 평가방법 및 기준 분석

(가) 강구조 내화성능 평가 시 중요 적용사항 확인

① 국내외 내화성능 평가방법 및 기준 비교 검토

국내의 강구조 내화성능평가는 단면형상 및 부재와 내화피복재료 등의 조건에 관계없이 획일적인 허용온도 기준만을 제시하고 있으나, 국외 BS 5950 Part 8 기준등에 따르면 부재의 하중비에 따른 재하량 산정 여부, 단면형상계수에 따른 평가기준 및 내화구조 인정범위 여부 등 여러 변수에 대한 고려를 반영한 합리적인 내화성능 평가가 필요함을 확인하였음.

② 강구조 내화성능 평가 시 중요 적용사항 확인

㉮ 강구조 내화성능 평가를 위한 내화실험 시 구조부재의 합리적인 평가를 위해 여러 변수를 고려해야 함. 하중비에 따른 재하량 산정 여부, 단면형상계수에 따른 평가기준 및 내화구조 인정 범위여부 등 여러 변수가 있으며, 특히 강구조 보부재의 경우에는 재하가열실험시 덮개(Topping)의 유무에 따른 내화성능의 차이가 발생하게 되므로 내화시험방법에 따른 합리적인 내화성능평가를 위해서는 콘크리트 덮개에 의한 합성보의 적정한 휨모멘트를 산정함.



(a) 강구조 내화성능 평가 시 시험체/시험조건의 고려 (b) 강구조 내화성능 평가 시 중요 적용사항

[그림 2.2.7] 강구조 내화성능 평가 시 중요 적용사항

㉯ 내화시험시 재하량(하중비) 산정 여부

강구조 내화성능 평가를 위해서 국내의 경우에는 앞서 표기한 바와 같이 비재하실험을 통한 일률적인 허용온도평가만을 기준으로 하여 구조부재의 내화성능을 평가하여 합리적인 평가기준이 마련되어 있지 않음. 그러므로 구조설계시 산정된 허용내력에 의한 적정 하중량을 재하한 재하가열실험을 위해 이에 대한 고려가 필요함.

㉰ 단면형상계수에 따른 내화성능 변화 고려

강구조의 내화성능을 평가하기 위한 중요사항으로서 부재의 단면형상계수에 따른 내화성능 평가기준의 적용이 고려되어야 함. 구조부재의 설계시 다양한 형상의 부재단면이 적용되지만, 현실적으로 모든 단면에

대한 내화구조 인정이 이루어질 수 없음. 따라서 구조부재의 단면형상계수를 고려한 내화성능평가 시 내화구조 인정범위에 대한 제시를 명확히 할 수 있다고 판단됨. 구조부재에 대한 단면형상계수는 KS F 2848, BS 5950 Part 8 등에서 다음의 식과 같이 정의하고 있으며, 이를 바탕으로 한 내화성능의 변화를 고려해야 함.

라 강 구조부재(기둥)의 화재응력비를 고려한 내화성능 평가방법 및 기준안 제시

강 구조부재(기둥) 내화성능의 공학적이고 합리적인 평가를 위하여 강 구조부재의 기준단면 및 경계조건을 설정하고 내화성능평가를 위한 화재응력비 도출하였으며, 해당 연구의 결과를 바탕으로, 관련성이 높은 현행 제도들의 개선안을 제시 및 일부 반영하는데 그 근거로 활용하였음.

(1) 해석/실험 검증에 의한 내화성능 평가방법 선진화

(가) 해석

국내 강구조의 내화성능 및 화재시 구조거동과 비교적 정확하게 예측되는 Eurocode 규준을 활용하여, 구조부재(기둥)의 합리적인 화재응력비를 예측하기 위하여 해석조건에 따른 내부 열전달 해석을 실시하였음. 단면형상, 부재길이에 따른 변수는 부재의 한계온도에 영향을 미치지 않음. 하중비에 따라 부재의 한계온도가 변화하지만, 부재길이나 단면형상이 변화하더라도 동일 하중비의 경우에 한계온도의 변화가 크지 않음. 하중비 0.5의 경우 부재의 한계온도의 평균은 611.11℃, 0.6은 577.15℃, 0.7은 546.73℃로 나타남. 하중비 변수(0.5, 0.6, 0.7)의 다양화가 필요함.

(나) 실험

인정 내화구조의 확대 적용 타당성 검토를 위한 강구조(기둥) 대상 실험조건(단면크기, 길이 하중비)별 내화실험 수행하였으며, 이에 따라 온도와 변형 거동과 같은 내화성능을 분석하였음.

H-형강 철골기둥의 경우 단면적이 증가함에 따라 내화성능은 증진된다. 이는 열용량의 증가로 인한 내부온도 증가의 지연으로 인한 것으로 판단됨.

하중비가 낮을수록 내화성능이 증진되며,. 하중비가 0.50에서 0.35로 70% 수준으로 감소할 경우 내화성능은 15~35% 가량 증진됨.

하중비의 증가만큼이나 단면적의 증가가 중요한 요소인 것으로 사료됨. 이는 단면적이 작은 경우 세장비가 작아지므로 부재좌굴로 인한 고온 조기 파괴가 유도될 우려가 크기 때문임.

(2) 내화성능 평가기준(제도) 선진화

현행 제도개선을 위해 “건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙” 및 “건축법” 개정(안) 제시하였음.

① 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 : 제14조(방화구획의 설치기준) ①항 4호 (신설) - 필로티 주차장 대상 방화구획 기준 도입 제안

② 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 : 제14조(방화구획의 설치기준) ②항 3호 방화댐퍼 기준

개선 제안

③ 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 : 제26조(방화문의 구조) - 방화문 및 자동방화셔터 인정제도 도입 제안

④ 건축법 : 제50조(건축물의 내화구조와 방화벽) ①항 - 건축물 내화구조 대상에 기존 주요구조부 외에 지붕 추가 제안/반영

⑤ 건축법 : 제51조(방화지구 안의 건축물) ①항 - 방화지구 내 건축물 내화구조 대상에 기존 주요구조부외에 지붕 추가 제안/반영

마 강 구조부재(보)의 화재응력비를 고려한 내화성능 평가방법 및 기준안 제시

강 구조부재의 기준단면 및 경계조건을 설정하고 내화성능평가를 위한 화재응력비 도출하였으며, 관련성이 높은 현행 제도들의 개선안을 제시 및 일부 반영하였음.

(1) 해석/실험 검증에 의한 내화성능 평가방법 선진화

(가) 해석

국내 강구조의 내화성능 및 화재시 구조거동과 비교적 정확하게 예측되는 Eurocode 규준을 활용하여, 구조부재(보)의 합리적인 화재응력비를 예측하기 위하여 해석조건에 따른 내부 열전달 해석을 실시하였음. 강구조 보부재를 대상으로 한 재하가열실험시 ISO 834-6에서 제시하고 있는 덮개를 활용한 내화실험을 수행하여야 하며, 이를 고려한 보부재의 휨모멘트를 산정한 결과, 약 16.1%의 하중량 차이가 발생함. 이에 따라 덮개를 고려한 적정 하중량 산정이 필요함.

(나) 실험

인정 내화구조의 확대 적용 타당성 검토를 위한 강구조(보) 대상 실험조건(Topping 유/무)별 내화실험 수행하였으며, 이에 따라 온도와 변형 거동과 같은 내화성능을 분석하였음.

(2) 내화성능 평가기준(제도) 선진화

(가) 제도 선진화

현행 제도의 개선을 위해 시행령/규칙/고시인 “건축법 시행령”, “건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙”, “고강도 콘크리트 기둥·보 내화성능 관리기준”, “내화구조의 인정 및 관리기준”, “방화문 및 자동방화셔터의 인정 및 관리기준” 과 지침인 “내화구조 인정 및 관리업무 세부운영지침”, “방화문(자동방화셔터) 인정 및 관리업무 세부운영지침”의 개선안을 제시하였으며, 일부 반영하였음. 또한 내화구조 인정결과 활용지침(안) 신설을 제안하였음.

① 건축법 시행령 : 제46조(방화구획 등의 설치) ①항, 제64조(방화문 등의 구조) - 방화문 분류체계 개편(갑/을종 표기 삭제) / 성능기준 피방규칙에 신설 제안

② 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 : 제26조(방화문의 구조) - 방화문 및 자동방화셔터 인정제도 도입 반영

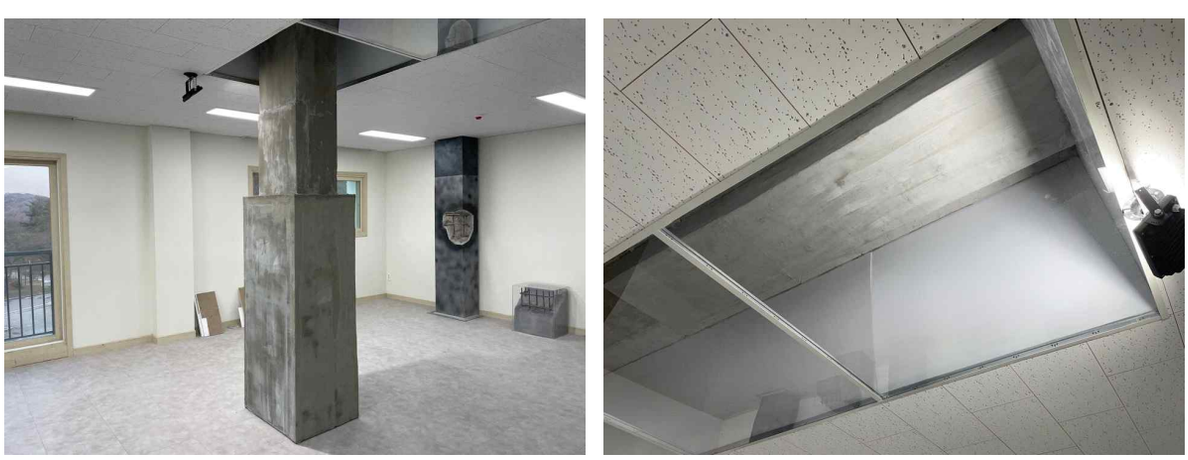
③ 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 : 제14조(방화구획의 설치기준) ②항 3호 - 방화댐퍼 기준 개선 반영
④ 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 : 제14조(방화구획의 설치기준) ①항 4호 (신설) - 필로티 주차장 대상 방화구획 기준 도입 반영
⑤ 고강도 콘크리트 기둥·보 내화성능 관리기준 : 제1조~8조 일부 개정 - 내력벽 추가 및 시험방법 등의 변경 제안
⑥ 내화구조의 인정 및 관리기준 : 제10조(인정결과 등의 통보) ④항 신설 - 성능시험 세부조건 명시화 / 인정결과 활용지침 운영 근거 마련
⑦ 방화문 및 자동방화셔터의 인정 및 관리기준 : 전체 조항 (개정) - 방화문·방화셔터 관리기준의 인정제도화
⑧ 내화구조 인정 및 관리업무 세부운영지침 : 제8조 (인정 등의 통보) ⑧항 신설 - 인정결과 등의 통보에 인정 내용 구체적 명시
⑨ 방화문(자동방화셔터) 인정 및 관리업무 세부운영지침 : 전체 조항 (제정) - 방화문 및 자동방화셔터의 성능확인을 위한 절차와 방법, 기준 등에 대한 세부운영지침 규정
⑩ 내화구조 인정결과 활용지침 : 전체 조항 (제정) - 내화구조 인정결과 활용지침 신설

바 건축물 주요 구조부재의 선진 내화성능 평가기술 및 기준안의 검증/적용

개선된 기술 및 제도의 당위성과 신뢰성을 확보하기 위한 전문기관 검토를 진행하였으며, 개발 기술의 대외 홍보 및 실증을 위한 성능검증장 적용을 실시하였음. 아울러, 전문기관의 검토결과를 수렴한 유관 제도 제·개정(안)의 보완을 완료하였음.

(1) 내화성능 평가기준(안) 및 성능검증장 적용의 전문기관 검토

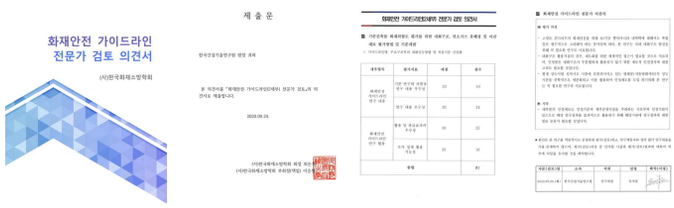
(가) 건축물 주요구조부 인정내화구조의 적용성 확대를 위한 성능검증적용



[그림 2.2.8] 개선 제도 및 기술의 대외 홍보 및 실증을 위한 성능검증장 적용

(2) 제·개정 지침(안) 전문기관 검토

‘건축물 주요구조부재의 내화성능 평가 및 기존 내화구조 인정 방식의 제도적 선진화’ 를 위해 과제의 성과로 제시된 제도(시행령, 규칙, 기준, 지침 등) 제 · 개정(안)을 한국화재소방학회 제위를 대상으로 검토 및 전문가 검토 의견서를 수렴함.



[그림 2.2.9] 제·개정 지침(안) 전문기관 검토의견서

건축물 마감재료의 연소가스 유해성 시험방법 개발 및 독성 DB 구축

가 건축물 마감재료의 기준 마련을 위한 국외 규격 등 문헌조사

건축물 마감재료의 연소가스 유해성 시험방법 및 연소독성 지수 기준을 구축하기 위하여 국내외 건축물 마감재료 화재모델 및 독성지수 산출 규격, 관련 문헌조사를 통해 현행 성능평가의 대체 시험방법을 위한 기초 문헌조사를 수행하였음.

(1) 국내외 건축물 마감재료 문헌조사

(가) 국내 외 화재안전 성능 평가방법 조사

건축물 마감재료의 시험방법 상세 내용은 다음과 같음.

[표 2.2.9] 국내 외 마감재료 화재안전 성능 조사

		시험기준		규격	기준 사용
국내		콘칼로리미터법		KS F ISO 5660-1	**건축물의 피난·방화 등의 기준에 관한 규칙 제24조 규정에 따라 제정된 '건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지구조 기준'(국토해양부 고시 제2015-744호)에서 정함**
		불연성 시험방법		**KS F ISO 1182**	
		가스유해성 시험방법		**KS F 2271**	
국외	미국	NFPA(내벽, 천장, 바닥재) 난연성능규정		NFPA 255(내벽, 천장)	지방 정부별 건축법에서 규제하나, 그 시험 평가 방법 및 등은 민간 기관의 시험/연구결과에 의한 기준 사용하며, 건축물 용도, 구획공간, 스프링클러 설치 유무에 따라 난연성능 차등 적용함
				NFPA 253(바닥재)	
		IBC (건축 내장재) 난연성능규정		ASTME E 84	
	유럽	비 바닥재	불연성시험	ISO 1182	ISO 기준을 차용한 EN ISO기준에 의한 평가 방법 사용하며, 재료의 용도를 바닥재/비 바닥재로 나누어 요구하는 난연성능 수준을 달리 규정함
			발열량시험	ISO 1716	
			소규모 실물화재시험	ISO 3823	
			방염시험	ISO 11925-2	
		바닥재	불연성시험	ISO 1182	
			발열량시험	ISO 1716	
			화염전파시험	ISO 9239-1	
			방염시험	ISO 11925-2	

(나) 연소화재 성능평가 모델조사

연소화재 성능평가를 위한 모델의 상세 내용은 다음과 같음.

[표 2.2.10] 연소화재 성능평가 모델 상세내용

시험모델	장치 및 설명
콘칼로리미터 모델	시험체의 연소로부터 발생되는 열을 연소가스로부터 발생되는 산소농도를 측정하는 방법으로 소비된 산소 1 kg은 13.1×103 kJ과 동일한 열을 방출한다.(KS F ISO 5660-1)
연기밀도 챔버 모델	시험 장치는 공기의 누설이 없는 챔버에 시험편 지지대, 콘 방열기, 광투과율 측정기, 작동조건 보조 장치 및 데이터수집 및 분석 시스템들로 구성된다. (KS M ISO 5659-2, ASTM E 662)
가스유해성 시험 모델	연소가스를 교반상자에서 균일하게 한 후 피검상자로 흘려보내 흰 쥐의 일정시간 이상의 활동 시간으로 가스 유해성을 판단한다. (KS F 2271)

(다) 연소생성물 독성(지수) 및 인체독성 관련 문헌조사

연소생성물 독성 및 관련 문헌조사 list는 다음과 같음.

[표 2.2.11] 연소생성물 독성 및 관련 문헌조사

No	문헌명
1	소규모 연소 독성 평가 - 현 프로토콜의 임계분석
2	폴리머 열화와 안정성 난연제와 나노복합물질로부터 나오는 매연 미립자의 특성 및 그 독성 영향
3	소규모 시험에서 원뿔형 열량계를 이용하여 물질 독성을 시험하기 위한 FED 및 LC50계산
4	목재를 태울 때 발생하는 연소 가스가 생쥐를 무력하게 하는 데 걸리는 시간 및 독성 지수
5	선택된 물질의 연소 특징: 열, 연기 및 화학종의 생성
6	연소 시스템에서의 이산화질소 형성에 관한 실험 연구
7	폴리우레탄 연소에서 사망한 죄수의 혈액에 존재하는 시안화수소와 일산화탄소: 데이터 분석을 위한 제안
8	연소 독물학의 개요
9	천연 및 합성 재료의 연소의 생리학적 측면과 독물학적 측면: 과거, 현재, 그리고 미래
10	칼슘 기반의 유기 화합물이 영향을 주는 경우의 석탄 연소의 특징과 이산화황 및 산화질소의 방출
11	심장 혈관계에서의 내생적 이산화황의 생물학적 영향
12	호흡에서 들이쉰 시안화수소의 워시아웃 운동학
13	인간 폐 세포를 사용하는 폴리머 및 복합 재료의 인비트로 화재 연기 독성 평가에 대한 대체 방법
14	화재 연기의 독성 : 산화질소의 영향
15	인간의 폐 세포를 이용하는 화재 연기 독성 평가를 위한 대체 방법
16	화재 연기의 독성 : 산화질소의 영향

이를 기반으로 연소생성물의 독성 및 관련 기준을 정리하였음.

나 화재모델 조사/선정 및 현행 성능평가 대체 시험방법 기초연구

건축물 마감재료의 대체 시험방법 개발을 위하여 화재모델 조사 및 선정을 하고, 건축물 마감재료에 관한 연소독성 DB구축, 독성지수 산출기법 보완 등 기초연구를 수행하였음.

(1) 화재모델 조사 및 선정

건축물 마감재료의 연소가스 측정에 적합한 화재모델 선정은 다음과 같음.

[표 2.2.12] 화재 모델별 시험조건

명칭	시료 조건	가열 조건	산소 유량	가열시간
ISO 5659 Smoke Density Chamber	75 × 75 × 25 mm(최대)	40MJ/㎥(1150℃±50℃)	STATIC	30분
ISO 5660 Cone Calorimeter	100x100 mm	10~70㎾/㎡	DYNAMIC	15~30분
BS 6853 Smoke Density Chamber	75 × 75 × 25 mm(최대)	40MJ/㎥(1150℃±50℃)	STATIC	30분
NES 713 Smoke Density Chamber	100 g	40MJ/㎥(1150℃±50℃)	STATIC	30분
KS F 2271 가스유해성 모델	220 × 220 mm	LP gas burner + Halogen lamp	DYNAMIC	6분

화재 모델에 따른 연소조건의 변화가 시료의 연소생성물 독성에 영향을 미치며, 따라서 적절한 화재모델을 선택하는 것이 중요함. 본 연구의 목표인 건축물 마감재료 연소가스유해성 시험 방법 및 연소독성지수 기준 구축을 위해서는 현행 법규상의 화재모델인 KS F 2271에 대한 연소생성물 분석이 필요하였고, 이러한 이유로 화재모델로 선정하였음.

(2) 연소가스 정성/정량분석

(가) 정량 method 구축

① 가스별 Library 구축

각 가스 농도별 피크 높이가 다름을 확인한 후, 스펙트럼의 넓이를 계산하여 연소가스의 스펙트럼 넓이와 상대적 비교를 통해 농도를 도출하였음.

② 정량 method 구간 설정

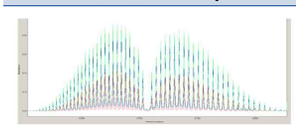
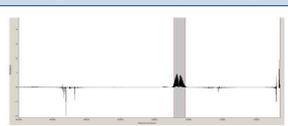
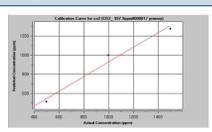
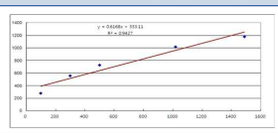
정량을 위해서는 정량 구간을 설정해야 한다. 이는 각 연소 가스에 대한 정확한 계산을 위해 계산 구간을 정하는 것임. 혹 스펙트럼 중간에 수분이나, 기타 unknown 가스로 인하여 간섭이 될 경우 오류가 생길 수 있으므로 간섭된 구간을 제외하고 정량 구간을 설정하였음.

③ 농도 검량선 작성

각 농도에 표준가스에 대한 보정된 값으로 1차함수 그래프를 사용하여 농도를 계산하였음.

④ method 범위 및 R2값

수분이나 기타 Unknown가스로 인하여 간섭되지 않고, 표준적인 method 범위를 설정하였고 가스별로 범위가 하나인 경우도 있지만 스펙트럼의 형태에 따라 여러 개의 범위를 설정하기도 하였음. 그리고 Coefficient of determination으로도 잘 알려져 있는 R-square (R2)는 회귀모델(Regression Model)의 정확도를 평가하는 방법으로, 그 값은 0에서 1사이 이고, 1에 가까운 값을 가질수록 정확한 근사모델임. 엑셀을 이용하여 분석을 하였으며, 분석 결과 R2가 0.94이상의 값이 나타남.

가스별 Library	정량 method 구간 설정	농도 검량선 작성	method 범위 및 R2값
			

[그림 2.2.10] 정량 method 구축 방법

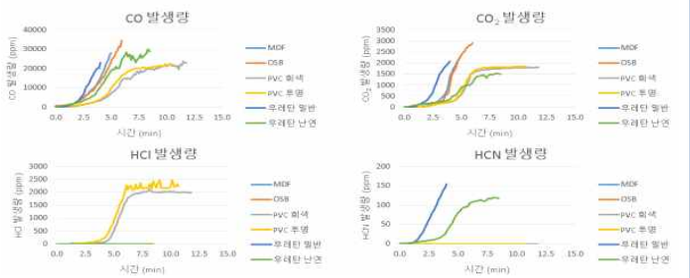
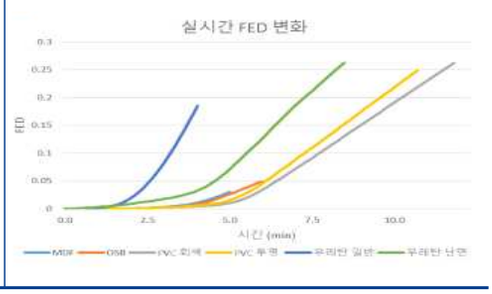
(나) 마감재 별 연소가스 정량/정성분석

① 연소가스 분석

각 시험체별 시료의 연소 후 측정된 연소가스에 대해 분석을 진행하였음. (목제 2종- MDF, OSB / PVC 2종-경질 PVC(회색), 경질 PVC(투명) / 우레탄 2종-일반 우레탄, 난연 우레탄)

② 독성지수 산출

ISO 13344의 식을 이용하여 독성지수를 산출하기 위해서는 LC50을 알아야 하며, 기존 선행연구를 통해 보고된 LC50을 바탕으로 회기분석을 통해 가스별 LC50을 추정할 수 있었음. 이를 바탕으로 FED를 계산을 하였음. FED는 동물이 유독물질에 노출되어 사망하는 흡입농도를 분율로 표현한 값이며, 분율의 값이 1일 경우 해당 농도가 반치사 가스 노출량을 나타냄.

연소가스 분석	독성지수 산출
	

[그림 2.2.11] 마감재 별 연소가스 정량/정성분석

다 건축물 마감재료 연소가스 급성 흡입 독성의 생물학적 손상도 분석

건축물 마감재료의 대체 시험방법 개발을 위하여 KS F 2271 시험기반 method 구축 및 FT-IR을 이용하여 연소가스 측정 및 분석을 수행하였음. 이를 바탕으로 가스상 물질 이외에 다른 상 성분이 있으며, 실험용 마우스 생존시간에 영향을 미칠 수 있다는 판단 및 무게변화량에 대한 마우스 생존시간 등을 분석하였음.

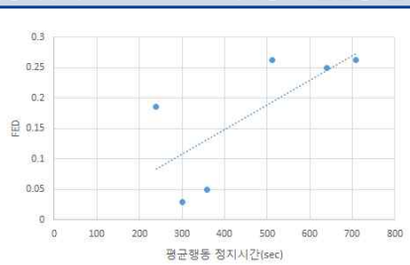
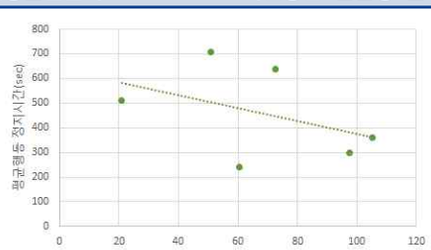
(1) 다양한 지수(FED, 질량손실률)와 KS F 2271 시험방법 연관성 분석

(가) 독성지수와 KS F 2271 시험방법 연관성 분석

독성지수가 증가하면 평균행동정지시간이 감소해야 하나, 반대로 증가하는 모습을 확인함. 이로인하여 다른 상(입자상 물질) 영향을 확인할 필요가 있었음.

(나) 질량손실률과 KS F 2271 시험방법 연관성 분석

독성지수와 다르게 질량손실률이 증가하게 되면 평균행동정지시간이 감소하는 양상의 추세선을 확인할 수 있다. 이는 가스상 물질 이외에 입자상 물질(suit)이 실험용 마우스의 평균행동 정지시간에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있음.

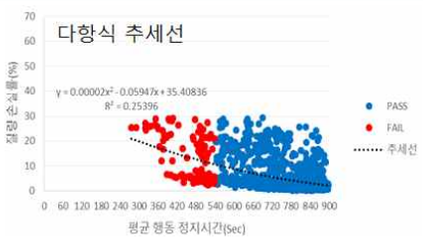
독성지수와 KS F 2271 시험방법 연관성 분석	질량손실률과 KS F 2271 시험방법 연관성 분석
	

[그림 2.2.12] 다양한 지수에 대한 KS F 2271 시험방법 연관성 분석

(2) 독성요소에 관한 데이터 수치화, 분석 및 정리

독성요소에 관한 데이터를 수치화하기 위해 각 소재에 대해 평균행동 정지시간과 질량손실률에 대해 14,096건에 대해 상관관계를 분석하였음.

질량손실률과 평균행동정지시간 비교



목재 수종별 질량손실률과 평균행동정지시간 비교

시료명	시료 무게[전] (g)	시료 무게[후] (g)	시료 감량 (g)	Pass/Fail	질량손실률 (%)	평균행동 정지시간
MDF	262.6	188.1	74.5	F	28.4	395.0
	260.9	162.0	98.9	F	37.9	326.0
OSB	323.1	230.2	92.9	F	28.8	394.0
	341.6	299.8	41.8	P	12.2	885.0
적삼목	301.6	266.8	34.8	P	11.5	890.0
	298.6	249.9	48.7	P	16.3	729.0
낙엽송	368.0	285.3	82.7	F	22.5	396.0
	354.0	274.1	79.9	F	22.6	400.0
후지	280.9	222.5	58.4	P	20.8	646.0
	263.4	211.8	51.6	P	19.6	734.0
라지에타파인	428.2	380.7	47.5	P	11.1	670.0
	416.3	367.0	49.3	P	11.8	629.0
레드파인	367.4	309.5	57.9	P	15.8	597.0
	378.9	308.6	70.3	F	18.6	482.0

[그림 2.2.13] 독성요소에 관한 데이터 수치화 분석 및 정리

목재는 질량손실률에 대해 영향을 많이 주는 소재로써, 특히 MDF, OSB, 낙엽송 등이 질량손실률이 크며, 평균행동정지시간이 짧아서 실험용 마우스에게 영향을 크게 주는 것을 알 수 있음. 목재의 경우 추세선을 그려보면 약 20% 정도에서 평균행동 정지시간에 해당하는 질량손실률을 확인할 수 있음.

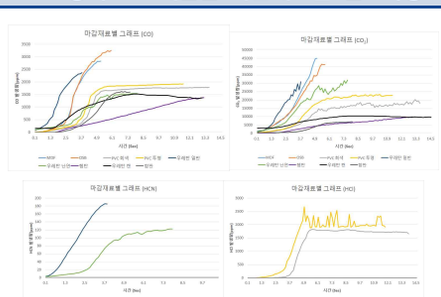
라 가스유해성 시험기준 상응 독성지수 산정

건축물 마감재료의 대체 시험방법 개발을 위하여 연소가스의 마감재료 기준 및 질량손실률 DB를 바탕으로 가스유해성 시험기준 상응 기준을 마련하고, 가이드라인을 작성하였음. 또한 전문가 자문회의를 바탕으로 ISO 13344의 KS 제정의 필요성 또한 확인하였음.

(1) 연소가스 기준 마련 및 보완 DB구축

마감재료의 추가 실험을 통하여 시료별 평균행동정지시간 및 질량손실률 DB를 업데이트 하였으며, 연소가스 분석을 통하여 독성지수 계산을 진행하였다. 독성지수(FED)의 경우 ISO 13344를 바탕으로 계산하였음.

ISO 13344 방식으로 계산한 마감재료별 연소독성 계산DB



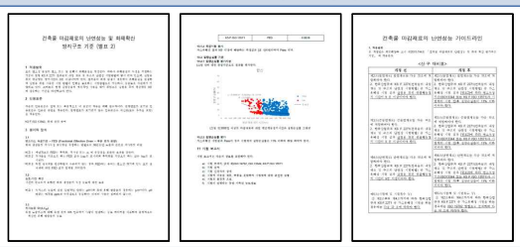
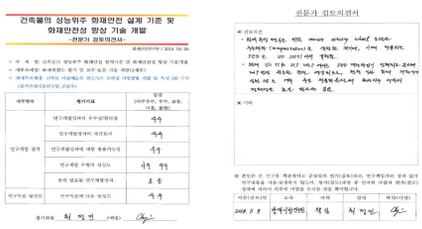
FED 산출식(ISO 13344)에 의거한 결과값

시료명	평균행동정지시간	FED (ISO 13344)	질량감소(g)
MDF	5분	0.50	97.5
OSB	5분 59초	0.57	105.1
일반우레탄	11분 49초	1.54	60.6
난연우레탄	10분 40초	1.01	20.9
PVC 회색	3분 59초	0.78	50.9
PVC 투명	8분 32초	1.01	72.6
우레탄 캔	4분 47초	0.27	31.9
합판	5분 7초	0.28	87.0
펠탄	9분 16초	0.24	31.9

[그림 2.2.14] 연소가스 기준마련 및 보완 DB 구축

(2) 가이드라인 기준 정리 및 전문가 검토

마감재료의 추가 실험 결과를 바탕으로 KS F 2271 대체시험 기준에대한 결과를 도출하였음. 연소독성 시험 화재모델 시 시험체의 질량손실률도 반영하여 두 개를 모두 통과를 하는 것이 가장 안전한 시험체를 결정하는데 도움이 될 것이라 판단됨. 9분에 대한 수치를 통해 너무 벗어나는 목재를 제외하고 계산한 결과 FED(ISO 13344) 값은 0.9857 이하일 경우 합격임. 질량손실률은 약 2,000건의 질량감소율 DB에서 추세선을 바탕으로 9분에 해당하는 질량손실률을 계산한 결과 질량손실률이 약 11.4% 이하인 재료들의 경우 합격임. 이를 바탕으로 가이드라인을 작성 및 전문가 자문을 통하여 다양한 의견을 확인하였음.

건축물 마감재료 기준 가이드라인	전문가 검토의견서
	

[그림 2.2.15] 연소가스 기준마련 및 보완 DB 구축

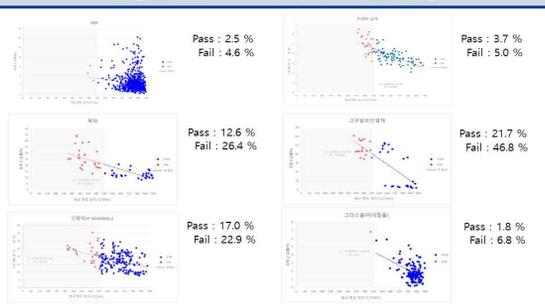
마 추가 시험을 통한 연소가스 허용기준 평가

건축물 마감재료의 대체 시험기준 부합화를 위하여 추가적인 가스유해성 시험을 통하여 연소가스 허용기준을 확인하고, 이를 바탕으로 기준을 재설정하였음. 또한 현재 연구 및 KS 제정안 등에 대해 전문가 자문회의를 바탕으로 추가 연구 수정사항 등에 대한 의견을 청취하였음.

(1) 연소가스 기준 평가 및 보완

가스유해성 시험 및 연소가스 분석을 통한 전년도 평가기준 확인 및 보완을 진행하였음. 전년도에 마감재료 기준 중 질량손실률 기준을 11.6%로 하였으나, 해당 기준으로 진행을 하게 되면 현행 건축물 마감재료 기준에 비해 너무 가혹해 지는 현상이 발생할 여지가 있으므로, 현행 기준의 부합화되는 정도로 하기 위해 최소기준(40.9%)로 진행하도록 하였음. 또한 FED도 추가 Data를 바탕으로 재계산하여 현행기준과 부합되는 정도인 0.9857로 기준을 정하였음.

질량손실률 DB 구축 및 기준 설정	연소독성 기준 설정

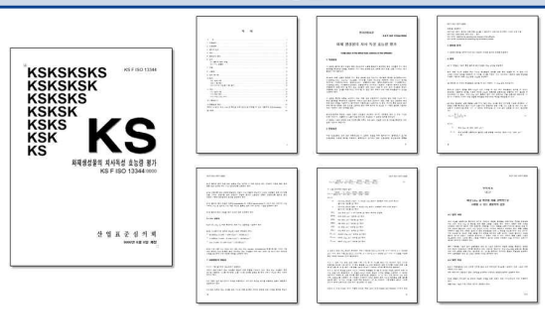
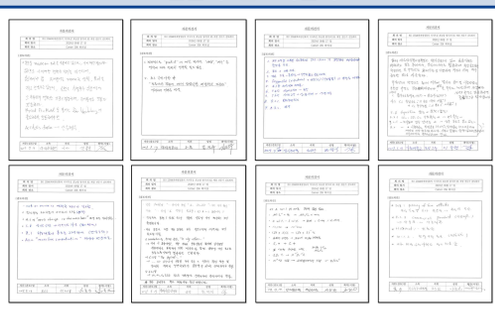


시험항목	시험품목	시험방법	계산항목	합격기준
연소독성시험	건축물마감재료	ISO 13344	FED	0.9857
질량손실률			시료 전후 무게	40.9 % 이하

[그림 2.2.17] 연소가스 기준평가 및 보완

(2) KS 제정안 제출 및 전문가 검토

가스유해성 시험을 대체하기 위하여 사용되는 연소독성 지수(FED)를 이용하기 위하여 ISO 13344 Estimation of the lethal toxic potency of fire effluents (KS 제정명 : 화재생성물의 치사독성 효능량 평가)의 KS 제정이 필요함. 따라서 현재 연구과제 및 KS 제정안의 내용에 대한 검토를 위하여 전문가 자문회의를 진행하였고, 연소독성 FED 계산 및 현행 연구 방법등에 대한 내용을 논의하였음. KS제정은 '19년 6월 24일에 신청하였으며, 자료의 열람 오류로 '19년 8월 07일에 재제출 하였고, '19년 10월 11일에 화재안전 전문위원회 회의를 하여 '19년 10월 24일에 화재안전전문위원회 통과하였음.

KS 제정안	전문가 검토의견서
	

[그림 2.2.18] KS 제정안 제출 및 전문가 검토

바 연소독성 DB 구축 및 마감재료 정량 분석을 위한 정책(안) 검토

현재까지 연구 및 시험을 통해 도출된 DB 및 마감재료 정량분석을 위한 정책(안)(KS 제정)에 대해 전문기관 검토를 8월중에 계획되어 있으며, 개발 기술에 대한 홍보 및 실증을 위한 성능검증장 적용이 8~9월로 계획되어 있음. 또한 KS 제정을 위하여 기술 심의 일정을 기다리고 있으며, 과제 종료시까지 진행할 예정임.

(1) 추가 연구를 통한 연소독성 DB 구축

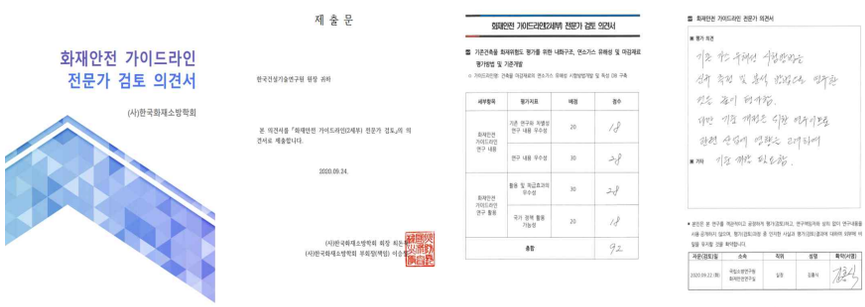
다양한 시험재료에 대한 추가 가스유해성 및 연소독성 DB를 구축하였고, 이를 바탕으로 FED를 계산하였음. 해당 재료들은 현행기준 0.9857로 기준으로 보면 가스유해성 기준에 부합하는 것으로 확인됨.

[표 2.2.13] 시험재료별 가스유해성 및 연소독성 FED 계산 비교

시험재료	발생가스	FED 평균		가스유해성 시험	비고
A	CO, CO2	1회	0.03384	1회: 14분 41초 2회: 14분 06초	Pass
		2회	0.02771		
		평균	0.030775		
B	CO, CO2	1회	0.09489	1회: 14분 08초 2회: 14분 13초	Pass
		2회	0.08295		
		평균	0.08892		
C	CO, CO2, HCN	1회	2.07708	1회: 6분 27초 2회: 7분 09초	Fail
		2회	1.92468		
		평균	2.00088		
D	CO, CO2, SO2	1회	0.44844	1회: 12분 11초 2회: 12분 04초	Pass
		2회	0.47955		
		평균	0.463995		
E	CO, CO2	1회	0.04961	1회: 13분 31초 2회: 13분 54초	Pass
		2회	0.03487		
		평균	0.04224		

(2) 연구성과 전문기관 검토

연구과제를 수행하여 결과로 도출된 연소독성 DB 구축자료 및 건축물 마감재료 고시개정(안) (건축물 마감재료 정량분석 정책(안) 및 KS 제정내용)에 대한 전문기관 검토(화재소방학회)를 진행하였음.



[그림 2.2.19] 연구성과 전문가 검토의견서

(3) 개발 기술에 대한 성능검증장 적용

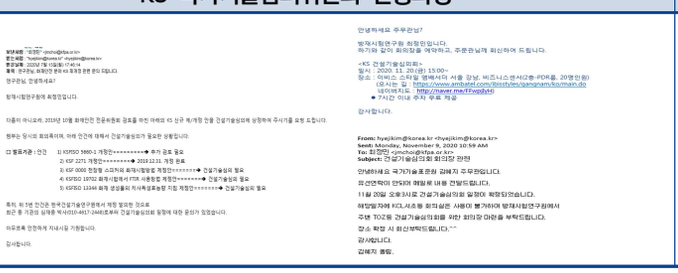
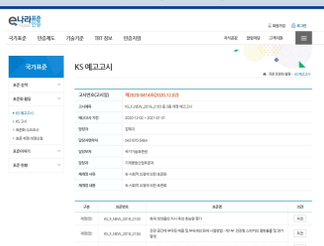
연구과제에서 도출된 개발기술의 홍보 및 실증을 위하여 성능검증장에 적용함. 성능검증장에는 현행 연구방법(가스유해성 시험방법)과 개발되는 연구방법(FT-IR을 이용한 연소가스 정량분석)에 대한 설명 및 차이점 등을 이해하기 위한 모형과 영상을 적용하였음.

개발기술 모형	영상자료
	

[그림 2.2.20] 성능검증장에 적용된 개발기술 모형 및 영상자료

(4) KS 제정

KS 제정은 지난해(19년 10월 24일) 화재안전전문위원회에 통과를 하였으나, 이후 담당 부서의 착오(KS 예고고시 미실시)로 인하여 국가기술심의위원회 개최취소(20년 11월 20일 예정) 후 KS 예고고시를 진행하였음.(20년 12월 02일,KS_F_NEW_2019_2103 화재생성물 치사 독성 효능량 평가) 예고고시 이후 국가기술심의위원회 다시 진행을 할 예정임.

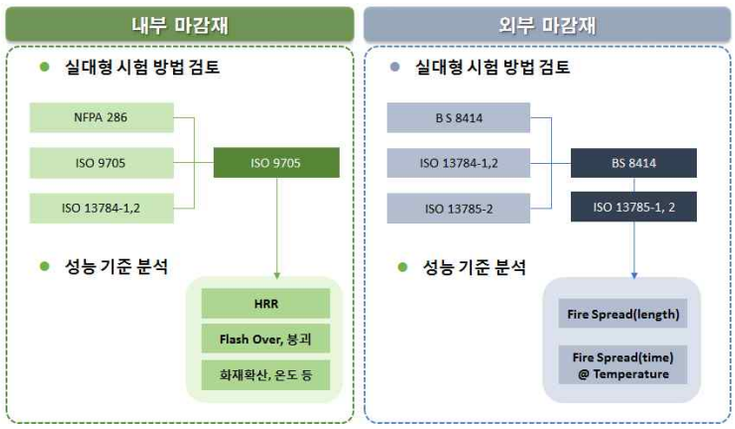
KS 국가기술심의위원회 진행과정	KS 예고고시
	

[그림 2.2.21] KS 제정관련 진행과정

실대형 화재시험을 통한 건축물 마감재(내외장재)의 평가방법 및 기준 개발

가 국내외 실대형 시험방법 및 기준 조사

국외에서 적용되고 있는 내외부 마감재의 실대형 시험 방법에 대해 다음 그림과 같이 검토하였으며, 시험방법과 평가기준 위주로 검토하였고 국내 도입을 위한 가능성을 분석하였음.



[그림 2.2.22] 내외부 마감재료의 실대형 시험 방법 분석

(1) 실대형 내부 마감재료의 시험방법

내부 마감재료의 시험방법은 미국의 NFPA 286, 국제표준인 ISO 9705-1, ISO 13784-1, 2에 대해 분석하였으며 그 상세 내용은 다음과 같음.

[표 2.2.14] 실대형 내부 마감재료 관련 시험 규격 분석

시험기준	내용	비고
NFPA 286	Room Corner Test(ISO 9705-1)과 비슷한 시험방법으로 중규모의 fire growth를 평가하는 시험방법임. 화염확산크기, HRR, Flashover, 연기발생량 등을 측정하고 별도의 성능평가 기준이 있음	중규모 (마감재 대상)
ISO 9705-1	룸(3.6m×2.4m×2.4m)의 표면에 설치된 벽과 천장재료에 대해 직접적으로 노출된 화원으로부터의 반응을 평가하는 시험방법으로 프로판 가스를 이용한 화원으로 연기량, Flashover, HRR 등을 측정하고 별도의 성능평가기준이 없음	중규모 (마감재 대상)
ISO 13784-1	룸(3.6m×2.4m×2.4m)에서 수행하고 샌드위치 패널을 대상으로 함. 일반적인 마감재는 시험대상이 아니며, 샌드위치 패널 내부로 화재 확산을 측정하기 위한 온도를 측정하며 별도의 성능평가 기준은 없음	소규모 (샌드위치 패널 대상)
ISO 13784-2	Large Con-Calorimeter에서 시험을 수행하며 4.8m×4.8m×4.0m 실을 구획하여 시험하며 데이터 측정은 ISO 13784-1과 동일함.	대규모 (샌드위치 패널 대상)

(2) 실대형 외부 마감재료의 시험방법

외부 마감재료의 시험방법은 영국의 BS 8414-1과 2, 국제표준인 ISO 13785-1과 2에 대해 분석하였으며 그 상세 내용은 다음과 같다.

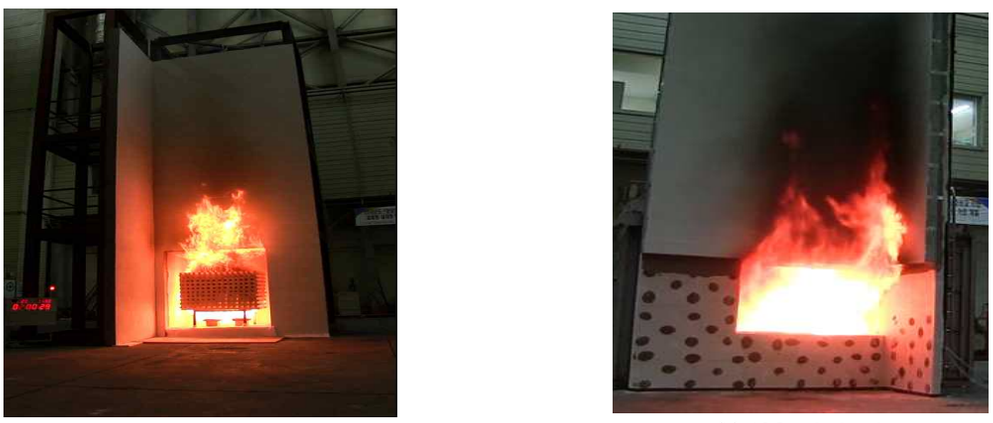
[표 2.2.15] 실대형 외부 마감재료 관련 시험 규격 분석

시험기준	내용	비고
BS 8414-1	바탕체가 조적(혹은 콘크리트와 같은 연속된 표면인 경우)인 경우 적용하는 시험방법이며, 룸내부에서 발생된 화재가 완전 성장하여 플래시오버가 발생하여 개구부 밖으로 출화된 상태를 재현한 시험방법임. 3개층 높이(약 10m) 규모 이며 온도로 화재안전성능을 평가하고 성능평가기준이 있음	BR 135에서 규정한 평가기준이 있음(대규모)
BS 8414-2	BS 8414-1과 동일한 시험방법이나 적용되는 시스템이 철골프레임 구조인 경우임. 시험방법 및 평가기준은 동일함	상동 (대규모)
ISO 13785-1	국제표준의 마감재 중규모 시험에 해당하며, 1.2m×2.4m, 0.6m×2.4m의 시험체에 덧붙임재 혹은 단열재가 포함된 외장재를 부착하여 실시하는 시험임.	평가기준이 없음 (중규모)
ISO 13785-2	BS 8414-1,2와 비슷한 수준의 실규모 시험이며, 약 2층 높이의 시험체가 설치되며, BS 규격과는 화원의 종류 및 크기 등에서 차이가 있음	평가기준이 없음 (대규모)

나 건축물 내외장재 실대형 시험방법 개발

(1) 실대형 시험을 통한 시험방법 검토(외장재)

국외의 다양한 시험방법과 평가기준 분석 결과를 토대로 국제 표준인 ISO 13785-2와 BS 8414-1,2를 실규모 시험을 통해 실험 검증하였으며 시험 결과를 토대로 국내 실정에 맞는 시험 방법을 선정하였다. BS 8414 시험 장치를 구축하고 ISO 13785-2의 시험 장치에 동일 외부마감시스템을 적용하여 시험방법을 비교하였음.



(a) BS 8414-1 (b) ISO 13785-2

[그림 2.2.23] 외부 마감재 실규모 시험방법 비교 시험

ISO 13785-2는 국내 마감재 기준인 불연, 준불연, 난연 등급에서 준불연 이상에 해당하는 Glass Wool을 포함한 마감시스템도 전소가 발생되어 화원의 크기가 적절하지 않은 것으로 분석되었으며, ISO 위원회에서 관련 표준의 개정을 위한 회의가 진행되고 있으나 결론에 도달하지 못하고 중단된 상태로 규격의 신뢰성을 담보할 수 없어 본 과제에서는 BS 8414 규격을 준용하는 것으로 하였음. 또한 시험방법에 따른 평가기준이 ISO 13785-2는 부재한 상태이고 국외 국가 중 이를 채택한 국가가 없는 상황임. 그에 반해 BS 8414는 명확한 평가기준이 있고 국외 다른 나라(중국 등)에서 이를 채택하여 사용하고 있어 신뢰성에 대한 검증을 확인하였음.

(2) 화재확산방지구조 개선(안) 제시

국가별 화재확산방지구조 기준을 분석하였으며 이를 요약하면 다음과 같다. 국가별 화재 확산 방지구조의 기준을 살펴보면 독일, 중국에 비해 우리나라의 기준이 다소 강화된 기준임을 알 수 있다.

[표 2.2.16] 국가별 화재확산방지구조 기준

국가	내용
독일	2개층마다 20cm 화재확산방지 띠 설치
중국	매층마다 30cm 화재확산방지 띠 설치
한국	매층마다 40cm 화재확산방지 띠 설치

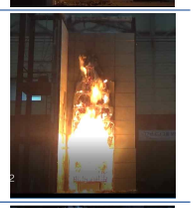
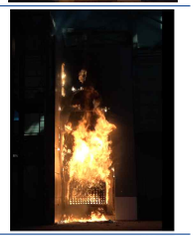
앞서 실험 외장재 시스템에 적용된 단열재의 경우 난연성능이 확보되지 않은 EPS 비드법 2종 단열판 3호로 ISO 13785-2의 시험에서는 시험시간이 종료되기도 이전에 화재 확산이 이루어져 시험을 종료하였으며, BS 8414-1에서는 외부 마감재는 화재확대가 이루어지지 않았으나 내부 심재인 단열재는 대부분이 연소 혹은 녹아내리는 현상을 나타냄. 이후 4차년도 시험결과에서 등급외 단열재를 사용한 화재확산방지구조(국내기준 40cm)가 KS F 8414 시험결과 기준에 만족하는 것으로 확인하여 이를 반영하여 화재확산방지구조 개선(안)을 6차년도에 제시하였음.

다 건축물 외장재 성능평가 기준(안) 작성 및 보완

BS 8414와 ISO 13785-2 비교 시험을 통해 BS 8414 시험방법과 평가기준으로 공법별, 재료별로 10회의 실대형 외부마감시스템의 화재안전성을 평가하여 국내 시험 기준 도입의 가능성을 확인하였으며, 국내 표준에 맞는 시험기준을 작성하였음.

[표 2.2.17] BS 8414 시험방법에 따른 공법별, 재료별 성능 평가

구분	시작온도 (℃)	시작시간 (Level1)	외부화재 확산시간	중공화재 확산시간	내부화재 확산시간	확산 여부	비고	시험사진
Test 1	27.3	3분 25초	6분 20초	-	8분 39초	Fail	시스템 : 외단열시스템 단열재 : 등급외 최종마감 : 불연마감(3.5mm) 무기계	
Test 2	27.8	4분 30초	확산없음	-	확산없음	Pass	시스템 : 외단열시스템 단열재 : 등급외 최종마감 : 불연(8mm) 무기계	

구분	시작온도 (℃)	시작시간 (Level1)	외부화재 확산시간	중공화재 확산시간	내부화재 확산시간	확산 여부	비고	시험사진
Test 3	29.3	4분 15초	3분 10초	-	확인불가 (조기종료)	Fail	시스템 : 외단열 시스템 단열재 : 준불연 최종마감 : 2mm, 유기계	
Test 4	29.5	4분 20초	확산없음	-	확산없음	Pass	시스템 : 외단열 시스템 단열재 : 불연 최종마감 : 2mm, 유기계	
Test 5	24.5	3분 47초	확산없음	-	확산없음	Pass	시스템 : 외단열 시스템 단열재 : 준불연 최종마감 : 2mm, 유기계(Glass Fiber Mesh 함침 무기계)	
Test 6	24.2	-	-	-	-	Pass	시스템 : 알루미늄 복합패널(건식시스템) 단열재 : 준불연 최종마감 : 준불연(알루미늄복합패널) 4mm	
Test 7	21.3	3분 .1ch	확산없음	확산없음	확산없음	Pass	시스템 : 알루미늄 복합패널(건식시스템) 단열재 : 불연 최종마감 : 준불연(알루미늄복합패널) 4mm	
Test 8	14.8	3분 00초	확산없음	-	확산없음	Pass	시스템 : 외단열 시스템 단열재 : 준불연 최종마감 : 불연 2mm	
Test 9	14.7	3분 20초	6분 55초	6분 05초	(측정 위치 오류)	Fail	시스템 : 알루미늄 복합패널(건식시스템) 단열재 : 준불연 최종마감 : 준불연(알루미늄복합패널) 4mm	
Test 10	16.4	3분 10초	7분 26초	6분 42초	7분 33초	Fail	시스템 : 알루미늄 복합패널(건식시스템) 단열재 : 준불연 최종마감 : 준불연(알루미늄복합패널) 4mm	

라 건축물 내외장재 실대형 시험방법 및 평가기준 제도화 및 외장재 법적 기준 미달 건축물 대상 외장재 안전성 확보

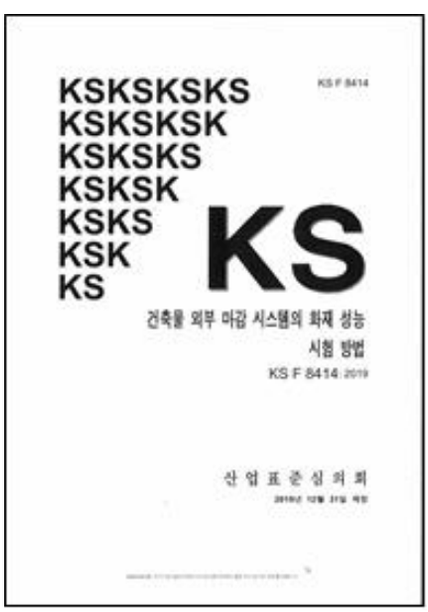
(1) 외장재 실대형 시험방법 및 평가기준 제도화

(가) KS F 8414 한국산업표준 제정

BS 8414 시리즈를 참고하여 KS F 8414 시험 방법을 제정하였으며, 제정 절차 및 이역은 다음 표와 같으며 2019년 12월 31일 최종 표준이 채택되었음.

[표 2.2.18] KS F 8414 표준 채택 절차

No	절차	시기	상세
1	KS 제정(안) 작성 관련 화재안전전문위원 자문회의	2018년 8월 29일	KS F 8414 제정(안)에 대한 전문위원회 의견 청취
2	KS 제정(안) 작성 완료	2018년 10월	2018년 8월 29일 자문 의견에 대한 KS제정(안) 수정 보완
3	KS 제정 신청(온라인)	2018년 10월 25일	국가기술표준원 KS제정 신청(2건) KS F 0000-1 (조적 바탕체) KS F 0000-2 (철골 바탕체)
4	화재안전전문위원회 (1차) 개최	2018년 10월 29일	KS 제정 신청에 대한 1차 화재안전전문위원회 개최
5	KS 제정 신청에 대한 협조 요청 공문 발송	2018년 11월 05일	KICT->국가기술표준원
6	화재안전전문위원회 (2차) 개최	2018년 11월 19일	화재안전전문위원회 1차 수정 사항 조치
7	기술 심의 회의(1차)	2019년 4월 23일	화재안전전문위원회 의견 반영 사항 확인 및 제정 여부 논의(재신청 요청)
8	KS 제정 재신청(온라인)	2019년 5월 15일	2개의 규격을 1개의 규격으로 통합하여 재신청 요청(기술 심의 회의)
9	화재안전전문위원회 (3차) 개최	2019년 5월 24일	기술 심의 위원회 지적사항 재검토
10	기술 심의 회의 (2차)	2019년 10월 10일	1차 지적 사항 수정
11	기술 심의 회의 (3차)	2019년 11월 28일	2차 지적 사항 수정 및 보완
12	제정 완료	2019년 12월 31일	KS F 8414 건축물 외부 마감 시스템의 화재 성능 시험 방법



[그림 2.2.24] KS F 8414 제정(표지)

(나) KS F 8414 평가기준 제안

KS F 8414 시험 방법에 따른 외부 마감 시스템의 화재안전성능을 평가하기 위한 평가기준은 국토교통부 고시 「건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지구조 기준」에서 규정하고 이를 다음과 같이 제시하였음.

[표 2.2.19] KS F 8414 시험 방법에 따른 평가기준

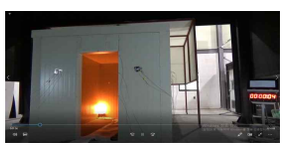
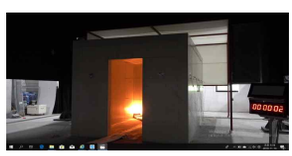
변경전	변경후
제8조(신설)	**제8조(KS F 8414 성능기준)** ① 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」제24조제5항제0호에서 "건축물 외부 마감 시스템의 시험"은 수직 화재확산 방지를 위하여 KS F 8414에 따라 시험하고 성능 기준은 다음과 같다. 1. 외부 마감 시스템은 외부 화재 확산, 내부 화재 확산에 의해 평가된다. 화재 확산은 레벨 1과 레벨 2에 설치된 K 타입 열전대에 의해 측정된다. 시작 시간 'ts'는 레벨 1의 외부 열전대에서 어느 한 지점에서 200 K 이상의 온도가 최소 30초 동안 유지되어 시작된 시간으로 화재 확신이 시작되었다고 한다. 2. 외부 화재 확산으로 인한 실패는 시작 시간을 기준으로 15분 이내에 레벨 2의 외부 열전대 어느 한 지점에서 600 ℃를 초과하여 30초 동안 유지한 경우를 의미한다. 3. 내부 화재 확산으로 인한 실패는 시작 시간을 기준으로 15분 이내에 레벨 2의 내부 열전대 어느 한 지점에서 600 ℃를 초과하여 30초 동안 유지한 경우를 의미한다.

(2) 내장재 실대형 시험방법 및 평가기준 제안

(가) 내부 마감재 실대형 시험 방법 선정을 위한 실대형 시험

건축물 내부 마감재의 화재안전성 평가를 위한 실규모 시험방법 선정 및 평가기준 수립을 위해 1차년도에 수행한 국내외 시험방법 및 평가기준 분석을 통해 KS F ISO 13784-1의 시험방법을 선정하였고 시험방법의 적정성을 검토하기 위해 국내 많이 적용되는 샌드위치 패널 5종을 선정하여 시험하고 다양한 데이터를 취득하여 평가기준을 제안하였음.

[표 2.2.20] KS F ISO 13784-1 시험 결과

시험체	상세설명	심재 및 샌드위치패널 콘칼로리미터 시험결과		flashover 발생 유무	FIGRA (kW/s)	등급	시험 사진
		심재	철판포함				
Test 1	glass wool 샌드위치패널 (180mm)	준불연	준불연	×	0.045	A2	
Test 2	PIR 샌드위치 패널 (150mm)	등급외	준불연	○	0.64	C	
Test 3	PUR 샌드위치 패널 (150mm)	등급외	등급외	○	0.91	C	

시험체	상세설명	심재 및 샌드위치패널 콘칼로리미터 시험결과		flashover 발생 유무	FIGRA (kW/s)	등급	시험 사진
		심재	철판포함				
Test 4	난연 EPS 샌드위치 패널 (180mm)	등급외	등급외	○	1.19	D	
Test 5	EPS 샌드위치 패널 (180mm)	등급외	등급외	○	0.82	C	
* 등급은 유럽 실모형 화재성장지수에 따른 신분류등급으로 산정하였음							

[표 2.2.21] 유럽 실모형 화재성장지수(FIGRA_RC)에 의한 신분류등급

등급	A1	A2	B	C	D	E
FIGRA(kW/s)	-	≤ 0.16	≤0.6	≤ 1.5	≤ 7.5	〉7.5
$FIGRA_{RC}$ 0.6kW/s 이상에서 플래시오버가 일어나는 것으로 확인						

(나) KS F ISO 13784-1 시험방법에 따른 마감재 평가기준 제안

KS F SIO 13784-1 시험 방법에 따른 건축물 내부 마감 재료의 화재안전성능을 평가하기 위한 평가기준은 국토교통부 고시 「건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지구조 기준」에서 규정하고 이를 다음과 같이 제시하였음.

[표 2.2.22] KS F ISO 13784-1 시험 방법에 따른 평가기준

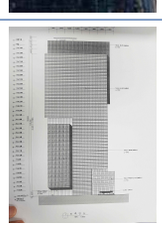
변경전	변경후
제9조(신설)	제9조(KS F ISO 13784-1 성능기준) ① 「건축법 시행령」제61조제1항제4호다목에서 "복합자재"는 KS F ISO 13784-1 시험에 따라 시험하고 성능 기준은 다음과 같다. 1. 시험에 의해 측정된 최대열방출율(kW))을 시간(sec) 나눈 값(버너 출력값 300kW는 제외)이 0.6kW/s 미만이여야 한다.

(3) 외장재 법적 기준 미달 건축물 대상 외장재 안전성 확보

외장재 법적 기준 미달(법 적용 이전 구축) 대상 건축물의 외장재 안전성 확보를 위해 30층 이상 고층 건축물 10개를 선정하여 현장 실사를 통해 현황을 파악하였으며 점검 결과에 따른 대책 방안은 국토부 요청에 따라 사안의 시급성에 의해(제천 화재 이후) 30층 이상 고층 대상이 아닌 필로티 건축물을 대상으로 외부 마감재의 화재 안전성 대책 방안을 수립하였음.

(가) 점검 대상 건축물 현장 점검

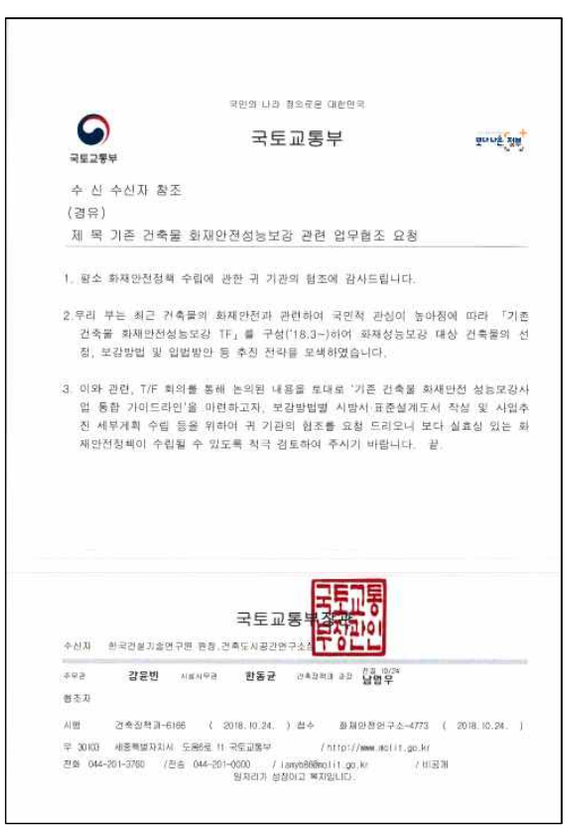
[표 2.2.23] 점검 대상 건축물

No	대상 건축물	지역	사진
1	천호동 ○○○ 건축물 오피스텔과 근린생활시설로 구성된 복합 건축물임 외벽은 화강석 마감과 실리콘 페이트, 칼라복층유리, 지정타일 및 알루미늄시트와 유공판넬로 확인됨 도면 분석으로는 내부 단열재 유무 및 종류 확인은 불가함	서울	
2	대치동 ○○○ 건축물 전면부 카튼월 형태로 복층유리와 복합패널로 구성됨. 복합패널은 그렌펠 화재에 쓰여진 외장재와 비슷한 형태의 복합 패널이며 내부 단열재는 육안 조사를 통해 글라스울로 확인됨	서울	
3	나주 ○○○ 건축물 외벽은 커튼월 형태이며, 알루미늄 복합 패널에 120mm 글라스울로 구성되어 있으며 내부 단열재는 XPS(압출보온판)으로 구성되어 있음	경남	
4	상남 ○○○ 건축물 도면 분석을 통해 6mm 알루미늄 복합패널로 단열재는 40mm 우레탄 단열재가 사용된 것으로 확인함	경남	
5	서초 ○○○ 건축물 도분 분석 결과 주거동과 상가동의 각각 다른 외부 막마재료가 사용되었고, 주거동은 SST Sheet Panel에 50mm 글라스울이 사용되었고, 상가는 알루미늄 복합패널로 구성되고 구성단열재는 50mm 글라스울을 사용하였음	서울	
6	동탄 ○○○ 건축물 현장조사 및 도면 분석을 통해 스틸 패널에 단열재 63mm 글라스울을 사용하였음	경기	
7	송파구 ○○○ 건축물 업무시설과 판매시설로 구성된 복합건축물임 외벽은 커튼월 방식으로 전면유리에 내부는 글라스울로 구성되었고 일부는 석재 마감이 있음.	서울	
8	서초 ○○○ 건축물 업무시설과 관람집회시설 및 근리생활시설 용도임 외벽은 커튼월방식의 칼라복층유리를 사용한 것으로 확인됨	서울	

No	대상 건축물	지역	사진
9	중구 ○○○ 건축물 업무시설, 운동시설 및 판매시설로 구성된 복합 건축물임 외벽은 자기질의 외부 마감재로 구성되어있으며 현장 관리자 인터뷰를 통해 외벽 구성 단열재는 글라스울을 사용한 것으로 확인됨	서울	
10	부산 ○○○ 건축물 업무시설과 판매시설로 구성되어 있는 복합 건축물임 도면 분석을 통해 건물 전체가 커튼월(Low-e 복층유리) 및 알루미늄 쉬트의 외벽 마감으로 구성된 것을 확인하였고 커튼월 구성 단열재는 불연재인 글라스울로 시공된 것으로 확인함	부산	

(나) 화재안전 대책 방안 마련(필로티 건축물 중심으로)

30층 이상 고층 건축물을 대상으로 내외부 마감재료에 대현 현장점검을 완료하여 실태 파악을 하여 마감재료의 화재안전 수준을 파악함. 그러나 국토교통부의 요청에 따라 외장재 안전성 확보 방안에 대해서는 10개 지정 건축물이 아닌 필로티 건축물로 목적물을 변경하여 안전성 확보 방안을 마련하였음. KS F 8414 시험방법과 평가기준을 토대로 시험 검증하여 안전성을 확보하였음.



국민의 나라 정의로운 대한민국

국토교통부

수 신 수신자 참조
(경유)
제 목 기존 건축물 화재안전성능보강 관련 업무협조 요청

1. 광소 화재안전정책 수립에 관한 귀 기관의 협조에 감사드립니다.

2. 우리 부는 최근 건축물의 화재안전과 관련하여 국민적 관심이 높아짐에 따라 「기존 건축물 화재안전성능보강 TF」를 구성('18.3~)하여 화재성능보강 대상 건축물의 선정, 보강방법 및 입법방안 등 추진 전략을 모색하였습니다.

3. 이와 관련, T/F 회의를 통해 논의된 내용을 토대로 '기존 건축물 화재안전 성능보강사업 통합 가이드라인'을 마련하고자, 보강방법별 시방서 표준설계도서 작성 및 사업추진 세부계획 수립 등을 위하여 귀 기관의 협조를 요청 드리오니 보다 실효성 있는 화재안전정책이 수립될 수 있도록 적극 검토하여 주시기 바랍니다. 끝.

국토교통부장관

수신자 한국건설기술연구원 원장, 건축도시공간연구소장

주무관 강문빈 시설서무관 한동균 건축정책과 과장 남병우

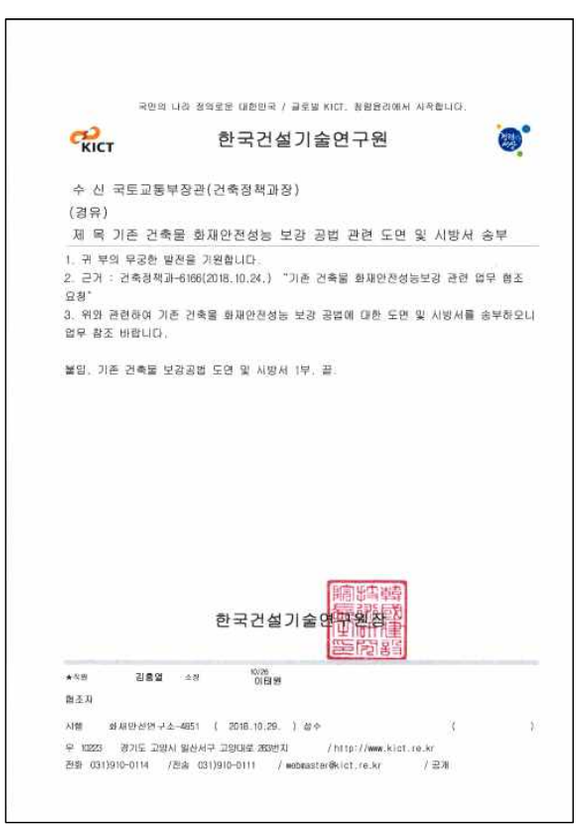
협조자

시행 건축정책과-6166 (2018.10.24.) 접수 화재안전연구소-4773 (2018.10.24.)

우 30103 세종특별자치시 도움6로 11 국토교통부 / http://www.molit.go.kr

전화 044-201-3760 /전송 044-201-0000 / lanyb888@molit.go.kr / 비공개

[그림 2.2.25] 국토교통부 기존 건축물 화재안전성능 보강 관련 협조 공문



국민의 나라 정의로운 대한민국 / 글로벌 KICT, 창원융리에서 시작합니다.

KICT 한국건설기술연구원

수 신 국토교통부장관(건축정책과장)
(경유)
제 목 기존 건축물 화재안전성능 보강 공법 관련 도면 및 시방서 송부

1. 귀 부의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 근거 : 건축정책과-6166(2018.10.24.) "기존 건축물 화재안전성능보강 관련 업무 협조 요청"
3. 위와 관련하여 기존 건축물 화재안전성능 보강 공법에 대한 도면 및 시방서를 송부하오니 업무 참조 바랍니다.

붙임. 기존 건축물 보강공법 도면 및 시방서 1부. 끝.

한국건설기술연구원장

★직원 김홍열 소장 10/26 이팀원

협조자

시행 화재안전연구소-4851 (2018.10.29.) 접수 ( )

우 10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283번지 / http://www.kict.re.kr

전화 031)910-0114 /전송 031)910-0111 / webmaster@kict.re.kr / 공개

[그림 2.2.26] 국토교통부 협조 요청에 따른 화재안전성능 보강 공법 외 자료 송부 공문

마 실대형 시험방법을 통한 내외장재 성능검증 적용 및 화재확산 방지구조 개선안 도출

(1) 실대형 시험방법을 통한 내외장재 성능검증 적용

KS F 8414 시험방법과 평가기준에 따라 기존 건축물의 화재안전성능 보강 공법을 국토교통부에 제시하였고 그중 2가지 공법을 한국건설기술연구원 화재안전연구소내 성능검증장에 적용하여 공법의 실효성을 검증하였음.

(가) 2.5m 불연띠 구조

2.5m 불연띠 구조는 필로티 상부 1개층을 불연재료로 교체하는 공법을 의미하며 성능검증장 적용은 다음과 같음.



(a) 필로티상부 1개층(2.5m) 기존 단열재 철거



(b) 2.5m 불연 단열재(미네랄 울) 설치



(c) Glass fiber mesh 함침



(d) 최종 마감(완료)

[그림 2.2.27] 2.5m 불연띠 설치 성능검증장 적용

(나) 차양(0.8m) 구조

차양 구조는 1층 필로티 상부에 차양의 형태로 설치하는 것으로 차양 길이는 0.8m 이상 설계되어야 하며 성능검증장 적용은 건축물 정면에 설치하였음.



(a) 1층 상부 차양 설치 구간 기존 단열재 철거



(b) 1층 상부 차양 프레임 설치



(c) 1층 상부 차양 프레임 완성



(d) 최종 마감(완료)

[그림 2.2.28] 1층 상부 차양 구조 성능검증장 적용

(2) 화재확산 방지 구조 개선안 도출

화재확산방지구조는 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」제24조 건축물의 마감재료에서 규정하고 있고 국토교통부 고시에 따라 「건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산방지구조 기준」제7조에 대상 건축물과 설치방법에 대해 명시하고 있음. 부산 우신 골든 스위트 화재(2010년 10월) 이후 외부 마감재에 의한 화재 확산에 대한 대책으로 제도화 되었다. 이후 외부 마감재료에 의한 화재 확대가 계속 증가함에 따라 국토교통부에서 화재안전연구단 과제에서 연구수행 내용을 추가적으로 요청(2차년도에 연구내용 추가)하여 개선(안) 도출을 요구하였고, 연구 결과를 토대로 다음과 같이 화재 확산 방지 구조에 대해 건축법 시행령과 피난 규칙 일부 및 마감재료 고시 일부를 개정하였고 추가적으로 화재 확산 방지구조에 대한 추가 개정을 제안하였음.

[표 2.2.24] 화재 확산 방지 구조 관련 개선(안)_일부개정 반영완료

구분	조항	내용	개정시기
건축법 시행령	제61조 (건축물의 마감재료) ②항 2호~4호	대상건축물 확대 및 높이 규정 강화	2019.08.06. 반영
건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙	제24조 (건축물의 마감재료) ⑥항	5층 이하 22m 미만 건축물에 대한 규정 추가	2019.08.06. 반영
건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지구조 기준	제7조(화재 확산 방지구조)	5층 이하 22m 미만인 건축물에 대한 설치 규정 마련	2019.11.07. 반영
		화재 확산 방지구조 최소높이 400mm ->300mm 로 축소	추가 개선(안) 제안사항

2.1.4 대형 화재구획 설비의 평가방법 및 적용 기준 개발

가 대형화재구획설비 관련 국내외 시험방법 및 기준 조사

대형 화재구획설비는 다중이용시설에 주로 사용되어 화재 발생시 대규모의 인명피해가 발생할 수 있음. 건축물의 대형화 추세에 맞추어 개구부 등에 대형 구획설비가 다양하게 사용되고 있으며, 이와 같은 대형 설비는 화재시 소형부재에 비하여 화재에 의한 변형 및 성능저하가 클 것으로 예상되어 이에 대한 평가 및 관리 방법이 요구됨.

건축물의 다양화에 따라 사용되는 화재구획설비의 크기도 대형화하는 추세이나, 이에 대한 한계 SPAN를 규정하지 못하고 있어 대형 화재구획설비에 대한 안전성에 취약성을 보이고 있음.

본 항에서는 국내외 대형화재구획설비 관련 평가방법 및 기준을 조사하여 개발하고자 하는 가이드라인(안)에 참고하고자 함.

(1) 대형화재구획설비 성능기준 비교

구분	벽체 내화 성능	한국	일본	미국		영국	캐나다
				IBC	NFPA 5000		
방화벽 (내화성능 1시간 초과)	240	60 (차염)	60 (차염)	180 (차염/차열)	180 (차염/차열)	60 (차염/차열)	180 (차염/차열)
	180			180 (차염/차열)	180 (차염/차열)		120 (차염/차열)
	120			90 (차염/차열)	90 (차염/차열)		90 (차염/차열)
	90			90 (차염/차열)	-		60 (차염/차열)
방화벽으로 구획된 샤프트, 피난계단,승강기 승강로,피난실, 피난복도,램프	120	60 (차염)	60 (차염)	90 (차염/차열)	90 (차염/차열)	30 (차염/차열)	
	60			60 (차염/차열)	60 (차염/차열)		20 (차염/차열)
방화칸막이벽으로 구획된 복도	120	60 (차염)	60 (차염)	-	20 (차염)	30 (차염/차연)	45 (차염/차열)
	60			20 (차염)	-		
	30			20 (차염)	20 (차염)		
기타 방화칸막이벽	60	60 (차염)	60 (차염)	45 (차염)	-	20 (차염/차연)	45 (차염/차열)
	30			20 (차염)			20 (차염/차열)
외벽	180	60 (차염)	60 (차염)	90 (차염/차열)	-	30 (차연)	-
	120						
	60			45 (차염)			

설치장소	성능 비교
방화구획벽	- 우리나라, 일본은 1시간 차염성능 규정 - 미국, 캐나다는 방화구획벽의 내화성능(90분~4시간)에 따라 90분~3시간 차염 및 차열성능 규정 - 미국, 캐나다는 방화문내 유리창 면적 제한(방화문 요구성능 90분 이내 최대 0.065 m2. 0.065 m2 초과 시 방화문 성능 90분 이하에서 90분 차염 및 차열성능 요구) - 캐나다는 방화문 이면상승온도를 가열후 30~1시간내에서 250oC로 제한 - 영국은 방화구획벽에 준하는 내화성능 요구(최소 1시간의 차염성능, 차열성능)
방화벽으로 구획된 샤프트, 피난계단, 피난복도, 승강기, 승강로, 램프	- 우리나라, 일본은 1시간 차염성능 규정 - 미국, 캐나다는 설치 부위 내화성능(1~2시간)에 따라 1시간~90분 차염 및 차열성능 규정 - 미국은 방화문내 유리창 면적제한(방화문 요구 성능 90분 이내에서 최대 0.065 m2. 0.065 m2 초과 시 방화벽 내화성능에 따라 1시간 및 90분 차염 및 차열성능 요구) - 미국은 방화문 이면상승온도를 가열후 30분 이내까지 250oC로 제한 - 영국은 최소 30분의 차염 및 차열성능 규정
방화칸말이벽으로 구획된 복도	- 우리나라, 일본은 1시간 차염성능 규정 - 미국은 20분 차염성능 규정, 방화문내 유리창은 20분 차염성능 확보 - 영국은 30분 차염성능, 차연성능 규정 - 캐나다는 45분 차염 및 차열성능 규정, 방화문 내 유리창 면적 제한, 0.065 m2
기타 방화칸막이벽	- 우리나라, 일본은 1시간 차염성능 규정 - 미국, 캐나다는 설치부 내화성능(30분~1시간)에 따라 20분~45분 차염성능 규정 - 방화문내 유리창 면적제한(미국은 20분~45분 차염성능 확보, 캐나다는 방화문 요구성능 45분 이내에서 유리창 면적 제한, 0.065 m2) - 영국은 45분의 차염성능, 차연성능 규정
외벽	- 우리나라는 1시간, 일본은 20분 차염성능 규정 - 미국은 설치 부위 내화성능(1~3시간)에 따라 45분~90분의 차염성능 규정 - 미국은 방화문내 유리창 면적제한(방화문 요구 성능 2시간 이상시 최대 0.065 m2. 0.065 m2 초과 시 90분 차염성능 및 차열성능 확보) - 영국은 30분의 차염성능 규정

<table>
<tr><th>규격 / 항목</th><th>한 국
KS F 2268-1</th><th>일 본
JIS A 1311</th><th>미 국
ASTM E 119
NFPA 252</th><th>캐나다
CAN4-S104-M</th><th>영 국
BS 476 Part 22</th><th>호 주
AS 1530</th><th>ISO
3008</th></tr>
<tr><td>평가항목</td><td colspan="2">·차염/차연성능</td><td>·내화성능 (ASTM. 주수 포함)
·방화성능(NFPA, 주수 포함)</td><td>·내화 및 방화성능 (주수 포함)</td><td>·차염/차열/차연 성능
·변형 및 복사열은 참조 사항</td><td>·차염/차열 성능
·복사열 측정</td><td>·차염/차연 성능</td></tr>
<tr><td>차염성능</td><td colspan="2">·이면 화염발생 (10초 이내)
·균열게이지 적용
(6 ㎜, 150 ㎜)</td><td>·ASTM E 119
이면의 화염발생
·NFPA 252
이면 화염발생,
시험체 벌어짐, 균열폭 제한(종류별)
·주수시험시 시험체 관통여부
(ASTM, NFPA 공통)</td><td>·이면 화염발생,
시험체 벌어짐, 균열폭 제한(종류별)
·주수시험시
시험체 관통 여부</td><td>·차열 및 비차열 방화문/방화셔터
·이면 화염 발생
(10초 이내)
·균열게이지 적용
(6 ㎜, 150 ㎜)</td><td>·균열크기 제한
(6 ㎜×150 ㎜ 이내)
·이면 화염발생
(10초 이내)
·겹침 범위 제한
(미닫이문)
35 ~ 75 ㎜
·걸쇠 및 자동 잠금장치 폐쇄</td><td>·면패드 착화 여부
·이면 화염발생
(10초 이내)
·균열게이지 적용
(6 ㎜, 150 ㎜)</td></tr>
<tr><td>차열성능</td><td colspan="2">·이면평균상승온도
(문짝, 셔터 본체, 문내 유리창, 상부/측면 패널)
140 ℃ 이하
·이면최고상승온도
(평균온도 측정부위 및 문틀 포함) 180 ℃ 이하</td><td>·ASTM E 119
이면평균상승온도
141 ℃ 이하
이면최고상승온도
181 ℃ 이하
·NFPA 252
시험후 30분 이내 이면상승온도로 평가. 250 °F (121 ℃), 450 °F (250 ℃), 650 °F(343 ℃) 등급 구분</td><td>·이면평균상승온도
141 ℃ 이하
·이면최고상승온도
181 ℃ 이하</td><td>·차열 방화문/방화셔터
·이면평균상승온도
140 ℃ 이하
·이면최고상승온도
180 ℃ 이하
·주위 지지구조 제외</td><td>·시험후 30분 이내 평가
·방화문 이면 평균상승온도
140 ℃ 이하
·방화문/지지구조 이면최고상승온도
180 ℃ 이하</td><td>·이면평균상승온도
(문짝, 셔터 본체, 문내 유리창, 상부/측면 패널)
140 ℃ 이하
·이면최고상승온도
(평균온도측정부위)
180 ℃ 이하
문틀은 360 ℃ 이하</td></tr>
<tr><td>차연성능</td><td>·25 Pa에서 공기누설량 0.9 ㎥/min·㎡ 이하</td><td>·19.6 Pa에서 공기누설량 0.2 ㎥/min·㎡ 이하</td><td>-</td><td>-</td><td>·BS 476. 31
·25 Pa에서 공기누설량 3 ㎥/min·㎡ 이하</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>복사열</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>·참고 사항</td><td>·10 kW/㎡ 이하</td><td>-</td></tr>
</table>

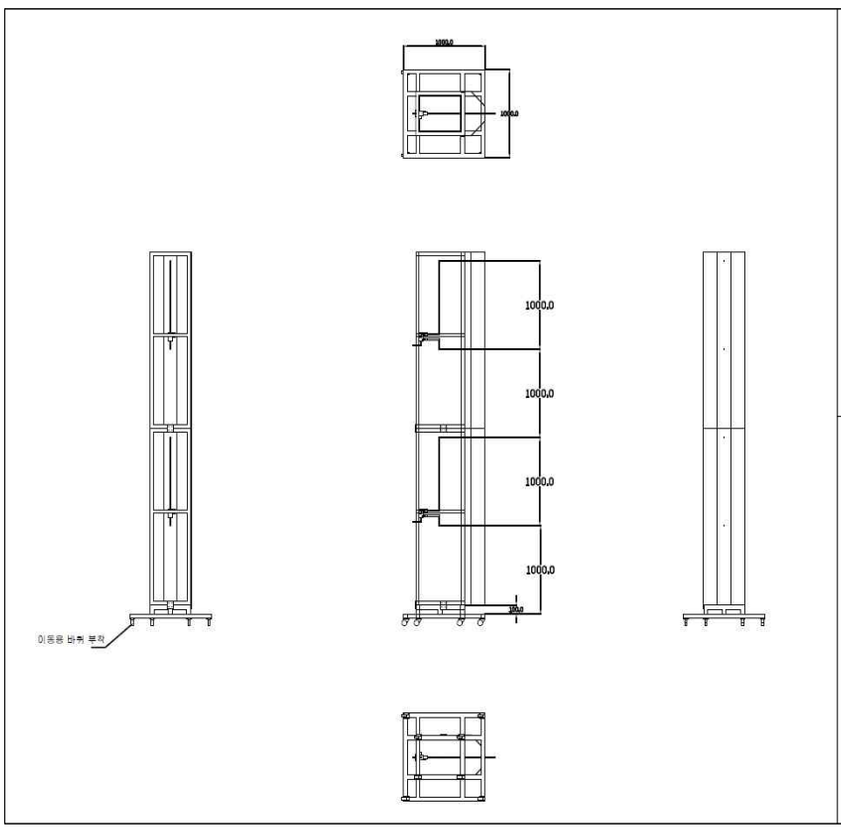
[그림 2.2.29] 국내외 화재구획설비 성능평가방법 개요

나 대형화재구획설비 평가용 시작품 설계 및 비상문 개폐력 평가

(1) 대형화재구획설비 평가용 시작품 설계

시작(제)품명	대형화재구획설비 평가를 위한 시작품 모듈 설계 및 제작
공동활용여부	단독활용
원리 및 특징	대형화재구획설비에 화재하중을 주기 위한 모듈 설계 및 제작
제작 필요성	- 대형화재구획설비는 현재 국내 규정에 최대 크기 및 높이에 대한 Span의 한계를 규정하고 있지 않아 화재안전성에 대한 문제점을 가지고 있음. - 대형 화재구획설비를 평가하는 시험체의 크기가 시험장비의 한계로 최대 3m×3m로 되어 있어 대형 화재구획설비의 실제 화재안전성을 평가하는데 한계가 있음에 따라 대형화재구획설비의 실제 화재에 대한 안전성을 평가하고 이를 규정하기 위한 측정설비가 필요.
주요사양	- 화재하중을 줄 수 있는 원리 및 구조 - 화원의 높이 및 Span 간격 - 삼척실화재시험센터에 위치 - 화재 역류 억제 안전성을 고려한 구조

■ 대형화재구획설비 평가용 시작품 설계 및 제작







(2) 비상문 개폐력 평가

① 개요

일체형 방화셔터는 비상문이 설치되어 있는 방화셔터로 불가피한 경우에 한해 지자체 허가를 받아 설치하도록 건축법에 규정하고 있지만 실제 현장에서는 공간 활용성의 이유로 영화관, 쇼핑몰 등 대형공간의 방화구획에 지나치게 많이 사용하고 있는 추세이임 특히 일체형 방화셔터는 비상문을 포함하고 있어 추가로 방화문을 설치하지 않고 있으며, 국토교통부 고시 제2015-212호 제5조(성능기준)에 비상문의 개폐력이 133N 이하로 규정되어 있음.

그러나 상기의 개폐력은 용도별, 장소별 등 차별적으로 적용되지 않고 모든 경우에 적용되고 있어 실제 화재 발생으로 인한 대피시 문제점을 가지고 있는 실정임.

이에 본고에서는 상대적으로 힘이 약한 초등학교 1학년과 같이 어린 학생의 경우에 화재로 인한 혼돈의 상황에서 충분히 일체형 방화셔터에 장착된 비상문을 열고 탈출이 가능한지에 대한 적정성을 평가하였음.

② 통계학적 분석

전체 자료의 정규성 검정을 위해 QQ-PLOT을 그려본 결과 500개 전체 자료, 남학생 그리고 여학생 모두 직선의 형태로 나타나 초등학교 1학년 학생의 자료는 정규성을 만족한다고 볼 수 있음. 검정결과, 유의수준 0.05 하에서 귀무가설인 “학생들의 개폐력은 133N 이상이다”를 기각할 수 있는 충분한 근거를 얻을 수 있었음. 이에 따라 현재 시행되고 있는 133N은 우리 초등학교 1학년 학생들에게는 높은 수치라고 판단할 수 있으며, 좀 더 다양한 관측을 통해 합리적인 값의 도출이 필요할 것으로 판단됨.

② Range(최대, 최소값)에 따른 분석

Group-1~5 총500명에 대한 개폐력 측정결과를 분석해 보면 남학생(n=265)의 개폐력이 60~186(N), 여학생(n=235)의 경우에는 25~166(N)로 측정되었다. 이는 남학생과 여학생 개폐력 최소값 차가 35(N)이며 최대값 차는 20(N), 평균값으로는 남학생이 99(N), 여학생이 80(N)으로 국토교통부 고시 제2015-212호 제5조(성능기준)의 비상문 개폐력 133(N)에 비해 평균값은 남학생은 약 75% 수준, 여학생은 60% 수준으로 분석되었다. 국토교통부 고시 기준 133(N) 기준 대비 남학생의 최소값은 약 45%, 여학생은 약 19% 수준으로 분석되어 남학생에 비해 여학생의 개폐력 만족 정도가 심각한 수준으로 저하되는 것으로 나타남.

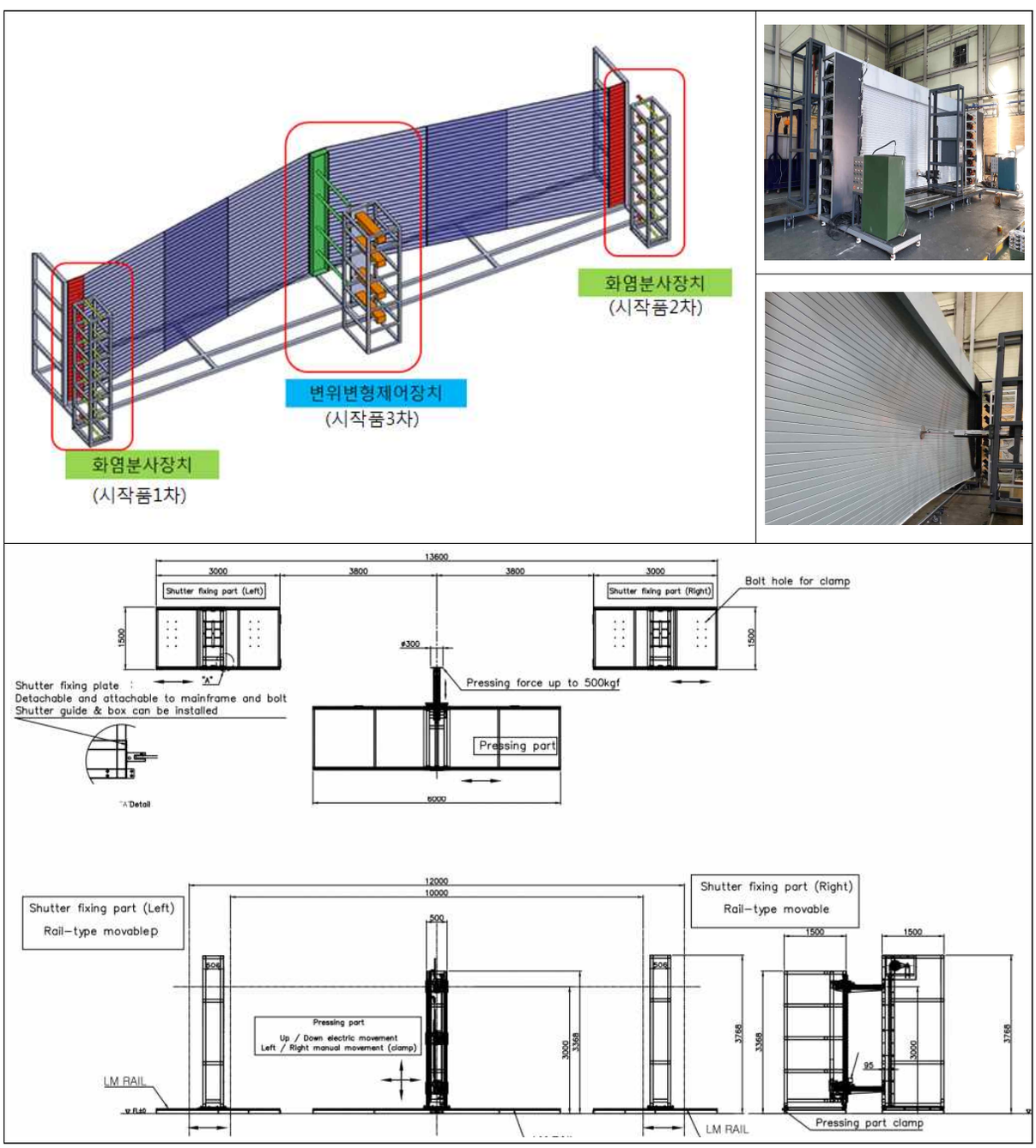
③ 최종결론

본 연구를 위해 측정한 개폐력에 대한 데이터는 QQ-Plot 분석결과 정규성을 보이고 있어 데이터로서의 활용이 가능하며, 분석결과 국토교통부 고시에서 제시하고 있는 133N의 힘은 우리의 사랑스럽고 소중한 초등학교 1학년 학생들에게는 단순 수치상의 계산만으로도 부담이 되는 수준으로 판단됨. 특히 실제 개폐력을 측정하고 이를 반영하여 분석한 결과에서도 힘이 약한 여학생의 경우에 약 5%에 해당하는 12명(총원 235명)이 실제 측정한 일체형 방화셔터의 최소값인 33(N)을 초과하지 못하는 결과를 보이고 있어 이에 대한 조정이 필요할 것으로 판단됨. 국토교통부 고시 제2015-212호 제5조(성능기준)의 비상문 개폐력 133(N)을 모든 경우에 적용하기 보다는 피난약자가 거주하는 그리고 제연설비 등의 적용여부에 따라 세심한 기준값의 적용이 필요한 것으로 사료됨.

다 대형 화재구획설비 평가용 시작품 모듈 제작(3차년도~4차년도)

대형화재구획설비는 현재 국내 규정에 최대 크기 및 높이에 대한 Span의 한계를 규정하고 있지 않아 화재안전성에 대한 문제점을 가지고 있음.

더불어 대형화재구획설비를 평가하는 시험체의 크기가 시험장비의 한계로 최대 3m×3m로 되어 있어 대형화재구획설비의 실제 화재안전성을 평가하는데 한계가 있음에 따라 대형화재구획설비의 실제 화재에 대한 안전성을 평가하고 이를 규정하기 위한 측정설비가 필요함.

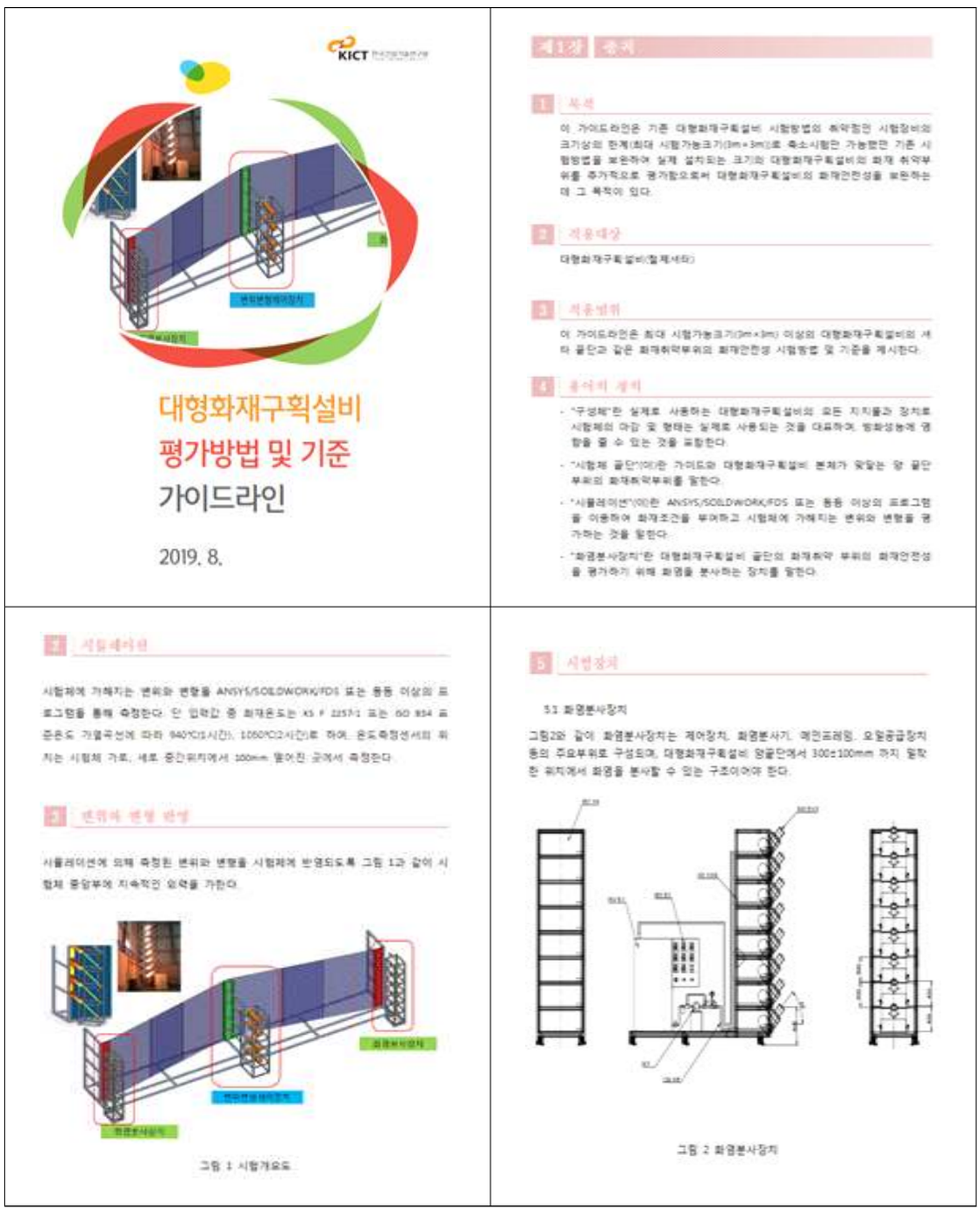


[그림 2.2.30] 대형 화재구획설비 평가용 시작품 모듈 제작 현황 및 설계도

라 대형화재구획설비 평가방법 및 기준 가이드라인 개발

기존기술 은 축소시험체(3m×3m)을 이용하여 대형화재구획설비의 화재안전성을 평가함으로써 실제 8m 이상의 장스팬 대형화재구회설비의 사용에 따른 화재의 위험성 증대를 반영한 평가가 미흡함.

이에 따라, 실제 현장에서 사용하는 8m 이상 장스팬의 대형화재구획설비를 평가하는 방법 및 기준을 제시함으로써 합리적 실질적 평가방법을 제시함.



[그림 2.2.31] 대형 화재구획설비의 평가방법 및 적용기준 가이드라인

마 성능검증장 ITEM 제작

최종 성과물을 종합적으로 전시하는 성능평가장(화성시)에 전시하기 위한 모형을 제작하였음.

- 대형화재구획설비의 평가 장비의 동작을 구현한 축소 모형
- 최대 SPAN 0.5M에 맞게 스케일 축소(전시장 공간 고려)
- 대형화재구획설비에 변형을 줄 수 있는 구조
- 대형화재구획설비 양 끝단에 화염을 모사한 불빛 조사 가능
- 모형을 전시할 수 있는 유리 전시관







〈대형 화재구획설비 화재안전성능 평가설비 축소 모형제작 및 성능검증장 설치〉

2.1.5 화재피해 건축물에 대한 진단·평가 절차 개발 및 화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선 방법 개발

화재피해 건축물에 대한 진단·평가 절차

가 현행 화재피해 건축물의 진단·평가 방법론에 대한 분석, 개선방안 검토 및 대안 제시

(1) 국내·외 화재피해 진단 기술 현황 및 개선방안

아래 표에 나타낸 바와 같이 화재피해를 입은 건축물에 대한 진단·평가 방법은 일본, 미국, 영국 등 여러 국가에서 제시하고 있으나, 평가절차는 대부분 유사한 절차를 갖고 있음.

국내에서는 독자적인 관련 국내 기술이 전무하여 일본건축학회에서 제시하고 있는 방법을 준용하고 있으며, 그 절차는 그림 '2.1.31''에 나타낸 바와 같이 1차조사(육안조사)와 2차조사(상세조사)로 나뉨.

기존의 화재피해 진단·평가 방법은 콘크리트 변색 판별 및 표면결함에 대한 진단 시 평가자의 주관적인 판단이 개입되어 평가결과의 신뢰도가 저하될 수 있으며, 건축물 전체가 아닌 부재 단위의 평가만이 이루어진다는 문제점이 있음.

건축물의 화재는 용도 및 방화구획 설정에 따라 구획화재 형태로 발생하게 되며, 화재피해 구획의 화재손상에 의한 구조적 거동은 화재피해를 입은 단일 부재의 거동과 다르게 나타남.

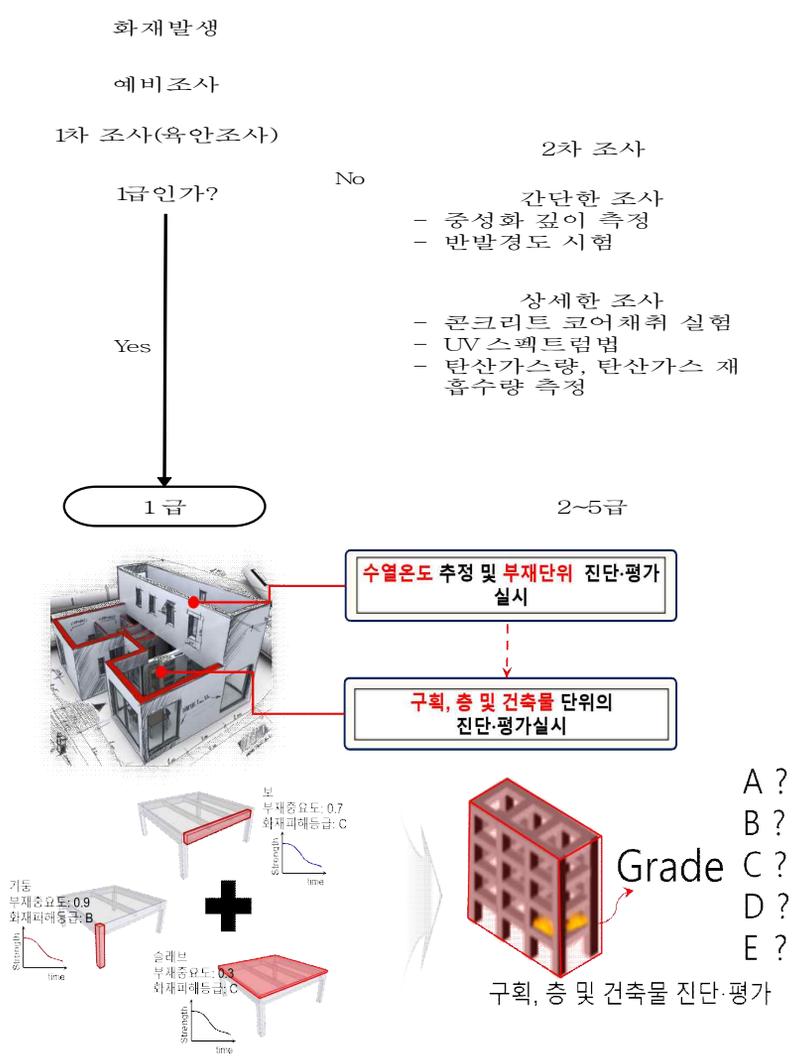
합리적인 건축물의 화재피해 진단·평가를 위해서는 기존 방법론에서 실시하고 있는 단일부재 단위의 진단·평가와 함께 화재구획, 층 및 건축물 단위의 진단·평가를 실시해야함.

기존의 화재피해 진단·평가 방법론이 갖는 다양한 문제점으로 인하여 경제적 손실이 발생하는 과도한 보수·보강 및 무분별한 재건축을 실시할 수 있으며, 건축물의 사용자에게 추가적인 피해를 유발할 수 있는 비합리적인 보수·보강 방안을 도출할 우려가 있음.

따라서 이와 같은 문제점을 극복하기 위해 '그림 2.1.31'에 나타낸 바와 같은 퍼지이론을 활용한 화재피해 건축물의 진단·평가 방법의 개발이 반드시 필요하며, 합리적이면서도 정성적·정량적인 화재피해도 진단·평가 결과를 도출함으로써 신속하고 적절한 보수·보강 방안을 마련하여 국민의 화재피해를 최소화 할 수 있을 것으로 판단됨.

[표 2.2.25] 국내·외 화재피해 건축물의 진단·평가 관련기술 현황

한국	일본(JCI)	미국(ACI)	비고
일본기술 준용 (독자적 방법론 부재)	1. 1차 조사 결과 피해가 있다면 판정된 범위에서 2차 조사를 실시. 2. 1차 조사 결과에 근거하여 좁혀진 조사대상 부위에 대한 간단한 조사방법을 선정하고, 조사를 실시함. - 실시방법: ①간단한 방법 :반발경도 시험, 중성화깊이 측정 ②역학적 시험 방법 :콘크리트 코어채취시험, 철근채취시험, 진동시험, 재하시험 ③수열온도추정방법 :UV스펙트럼법, 과망간산칼륨에의한 산소 소비량 정량분석, 마이크로파 특성치 등.	화해를 입은 콘크리트부재의 진단평가 방법은 아래 ①~⑥에 나열된 다양한 방법을 통하여 실시되며, 이 중 ⑥ 열루미네선스 시험방법을 제외한 시험방법은 BS 6089:1981에 제시되어있음. 또한 비파괴 검사 방법은 BS 6089:1981 및 BS 1881:Part 201에 제시되어 있음. ①코어 채취시험 ②슈미트해머에 의한 반발경도 시험 ③초음파 속도 측정 시험 ④Windsor probe를 이용한 강도시험 ⑤BRE internal fracture시험 ⑥열루미네선스 시험	미국 및 일본 기준은 모두 화재피해 이후 수열온도, 내부 결함, 구조물의 잔존 강도 등을 진단, 평가하기 위한 시험방법을 제시하고 있음. 다만, 각 측정법별로 제한 사항이 있음.



[그림 2.2.32] 기존 화재피해 건축물의 진단·평가 절차 및 퍼지이론을 활용한 화재피해 건축물의 진단·평가방법

나 콘크리트 표면 색상변화 및 기타 평가방법별 수열온도 및 잔존강도 DB 구축

(1) 콘크리트 재료가열실험 및 수열온도 평가개요

이 연구에서는 화재피해 건축물의 합리적인 진단평가를 위한 기초자료로 활용하기 위해 콘크리트재료의 수열온도에 따른 변색상태, 잔존강도 평가를 수행하고 이를 DB로 구축하고자 하였음.

기존에 수행되고 있는 콘크리트의 수열온도 및 잔존강도 추정방법과 신규평가 방법을 사용하여 화재피해를 입은 콘크리트 실험체의 변색상태 분류 및 잔존강도를 평가하였음.

콘크리트 재료가열 실험체의 설계강도는 '표 2.1.20'과 같이 일반강도 및 고강도 콘크리트가 포함된 총 6종류(24, 27, 30, 50, 55, 80 MPa)로 구성함.

다만, 설계강도 80 MPa의 고강도 콘크리트는 실험 중 빈번하게 발생하는 폭렬현상으로 인하여 목표온도 500℃ 까지 실험을 수행하였으며, 그 이상의 목표온도 실험에서는 제외함.

목표노출온도는 상온을 비롯하여 200, 400, 500, 600, 700 및 800℃로 설정함.

[표 2.2.26] 콘크리트 재료가열 실험개요

콘크리트 설계강도 (MPa)	목표노출온도 (℃)	실험체 수량 (EA)
24	25(상온) 200 400 500 600 700 800	1회 실험 시 18 EA 총 126 EA
27		
30		
50		
55		
80		

(2) 콘크리트 재료가열실험 및 수열온도 평가결과

기존 평가방법인 초음파속도 측정법을 통한 콘크리트 잔존강도 평가결과는 실제 잔존강도와 유사한 결과를 나타내는 실험체도 있었으나, 잔존강도를 음수로 평가하는 경향도 함께 나타나고 있어 합리적이지 못한 평가방법으로 판단됨.

CTS(Concrete Tester and Surveyor) 장비를 통한 콘크리트 잔존강도 평가결과에서는 실제 잔존강도와의 편차가 발생하는 것을 확인할 수 있었으나, 초음파속도법과 다르게 잔존강도를 음수로 평가하는 등의 비합리적인 경향은 나타나지 않음.

콘크리트 표면의 변색상태는 고유색상이 갖는 빛 파장에 따라 표면의 빛 반사율을 변화시키며, 화재노출온도에 따라 콘크리트 표면의 빛 반사율이 증가하는 것을 확인할 수 있었음.

콘크리트 설계압축강도와 화재노출온도 변수에 따라 기존평가방법 및 신규평가방법을 통하여 콘크리트 잔존강도 및 색조분석 데이터를 구축하였음.

f_{ck}^{*}: 24 MPa f_{ck}: 27 MPa f_{ck}: 30 MPa

f_{ck}: 50 MPa f_{ck}: 55 MPa

(1) 초음파속도법에 따르는 콘크리트 잔존강도 평가 결과

f_{ck}: 24 MPa f_{ck}: 27 MPa f_{ck}: 30 MPa



f_{ck}: 50 MPa f_{ck}: 55 MPa

(2) CTS장비를 활용한 콘크리트 잔존강도 평가 결과

(3) 색조분석기를 통한 콘크리트표면 빛 반사율

* 콘크리트 설계압축강도

[그림 2.2.33] 콘크리트 재료가열 실험결과

다 퍼지이론을 활용한 수열온도 추정방법 개발

(1) 퍼지이론을 활용한 수열온도 추정

기존의 진단평가 방법론과 동일하게 1차 조사 및 2차 조사 과정으로 진단평가를 수행하도록 계획하였으며, 모든 평가항목은 기존 방법론과 동일하게 적용하였음.

기존의 수열온도 추정방법으로는 육안조사 및 다양한 비파괴 검사방법이 활용되고 있음. 육안조사 방법은 고온에 노출된 콘크리트의 변색특징을 이용한 방법으로써 변색상태에 따라 수열온도를 추정하는 방법임. 그러나 화재에 노출된 콘크리트의 변색상태를 육안을 통하여 특정색상으로 구분하기에는 매우 어려우며, 평가자의 주관적인 견해에 따라 크게 차이가 발생하는 문제점이 있음.

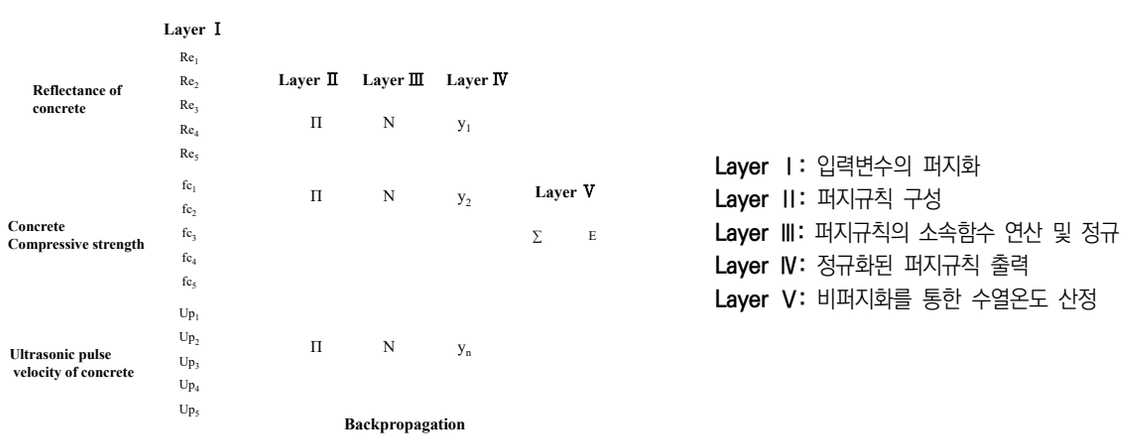
따라서 아래 그림과 같이 콘크리트 재료실험 및 수열온도 평가 DB를 활용하여 화재피해를 입은 콘크리트의 수열온도를 추정할 수 있는 ANFIS 알고리즘을 개발하고자 하였음.

ANFIS에 사용되는 퍼지이론은 인간의 인식, 사고, 판단 및 언어 등에서 볼 수 있는 불확실성을 정량적이며, 합리적으로 처리하는 이론임.

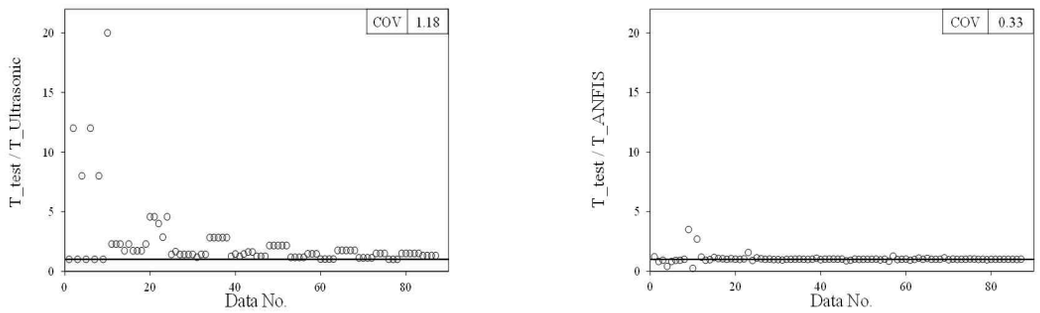
ANFIS는 총 5단계의 구성체계를 갖고 있으며, 입력변수는 콘크리트 잔존압축 강도비, 초음파 속도 측정결과, 콘크리트 설계 압축강도로 구성하였음.

화재피해를 입은 구조부재 및 구조물의 잔존성능은 수열온도에 따라 크게 달라질 수 있음. 따라서 수열온도는 화재피해를 입은 건축물을 진단·평가하는 데에 가장 중요한 척도로 사용되고 있음.

기존의 안전진단에서 일반적으로 사용되고 있는 초음파속도 측정방법을 통하여 산정된 수열온도는 실제 수열온도와 차이가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있음. 반면에 ANFIS 알고리즘을 활용한 수열온도 추정방법은 비교적 정확한 추정결과를 도출하는 것을 확인할 수 있었음.



[그림 2.2.34] 수열온도 추정을 위한 ANFIS 알고리즘



[그림 2.2.35] 초음파속도 측정결과를 통한 수열온도 및 ANFIS
알고리즘을 활용한 수열온도 추정결과 수열온도 추정을 위한 ANFIS 알고리즘

라 구조재료의 가열실험을 통한 성능분석 및 냉각방법에 따른 강도 회복률 분석

화재피해 건축물의 합리적인 진단평가를 위한 기초자료로써 콘크리트의 수열온도와 냉각방법에 따른 잔존강도 평가를 수행하고 이를 DB로 구축하고자 하였음.

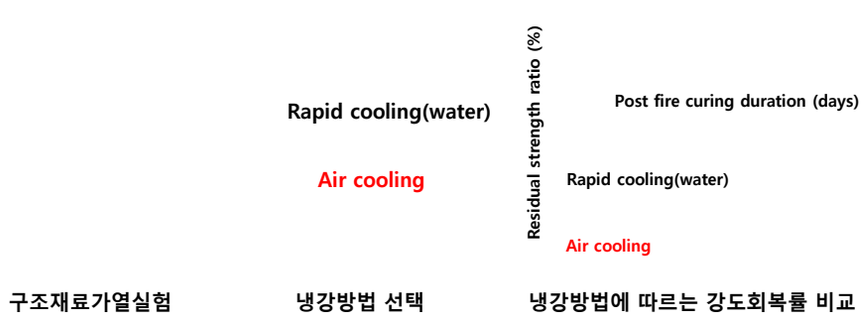
화재피해로 인하여 손상된 콘크리트에 자연냉각과 수중냉각 방법을 각각 적용하여 냉각방법에 따른 재료의 잔존강도를 비교분석하고자 하였음.

화재피해를 입은 콘크리트 재료의 초음파속도측정결과, 초음파속도는 화재노출 온도가 높아짐에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, 수냉 실험체의 초음파속도가 공냉 실험체보다 상대적으로 높게 측정되는 것으로 확인됨.

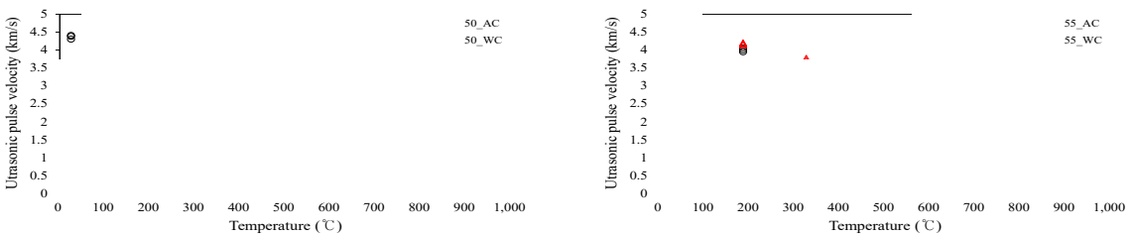
수냉실험체의 초음파속도가 공냉실험체의 초음파속도보다 상대적으로 높게 계측된 이유는 수냉 시간동안 실험체 내부의 탈수반응에 의하여 분해된 내부 구성물질이 재수화 반응을 일으켜 나타나는 현상으로 판단됨.

CTS(Concrete Tester and Surveyor) 장비를 활용한 콘크리트 잔존강도 평가결과는 실제 잔존강도와 매우 유사하였으나, 화재손상을 입지 않은 설계압축강도 24 MPa 실험체에서는 다소 편차가 발생되는 것으로 확인되었음.

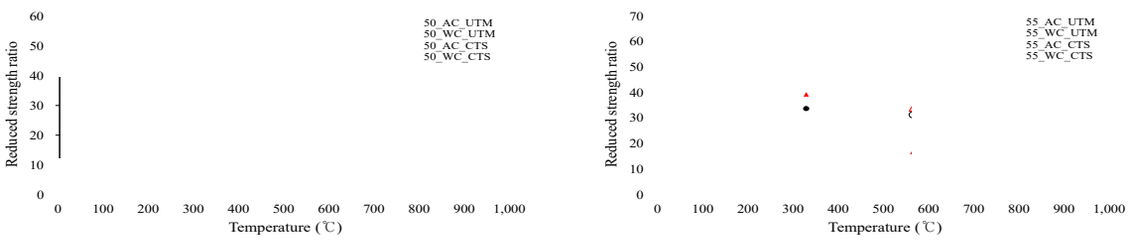
콘크리트 설계압축강도와 화재노출온도 변수 및 냉각방법에 따라 비파괴 및 파괴 시험방법을 통하여 화재피해를 입은 콘크리트의 재료성능 데이터를 추가적으로 구축하였음.



[그림 2.2.36] 냉각방법에 따른 강도회복률



(1) 초음파속도법에 따르는 콘크리트 잔존강도 평가결과



f_{ck}: 50 MPa　　f_{ck}: 55 MPa

(2) CTS장비를 활용한 콘크리트 잔존강도 평가결과

[그림 2.2.37] 콘크리트 재료가열 실험결과

마 퍼지이론을 활용한 화재진단·평가시스템 개발

(1) 퍼지이론을 활용한 화재진단·평가시스템 개발

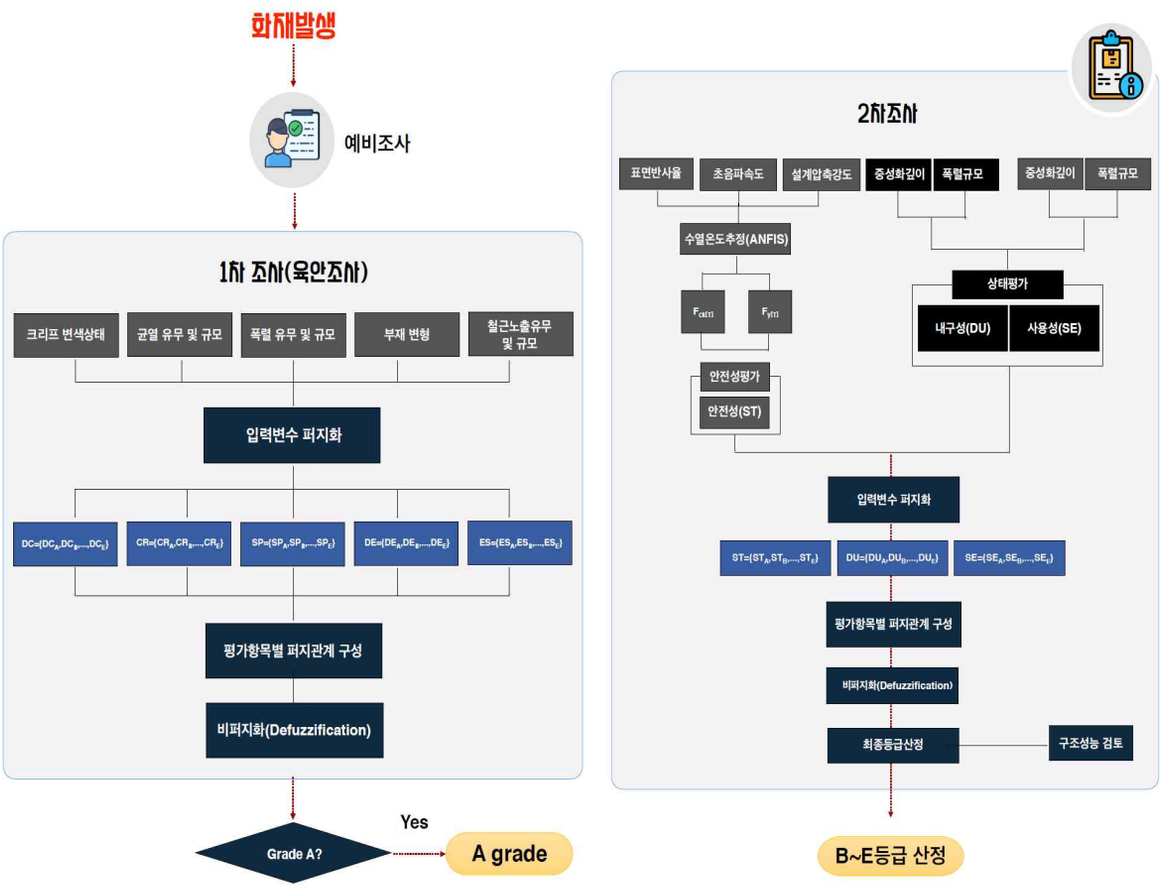
기존의 진단평가 방법론과 동일하게 1차조사 및 2차조사 과정으로 진단평가를 수행하도록 계획하였으며, 모든 평가항목은 기존 방법론과 동일하게 적용하였음.

즉, 1차 조사에서 A등급인 경우에는 A등급으로 판정하여 조사를 종료하고, A등급이 아닌 경우에는 2차 조사에서 더욱 상세한 진단과정을 통하여 진단평가를 실시하도록 하였음.

2차 조사에서는 각 평가항목에 대하여 현장에서 조사 및 계측된 데이터에 근거한 항목별 평가치를 구성한 후, 각 평가항목에 부여된 퍼지관계 행렬과의 연산을 통하여 부재의 피해등급을 산정함.

부재단위 평가에서는 각 평가항목에 대하여 현장에서 계측된 수치들을 근거로 항목별 평가치를 구성함. 항목별 평가치는 기존의 연구결과 및 시설안전공단에서 제시하고 있는 기준에 따라 측정된 상태 및 수치에 근거하여 평가항목의 등급을 산정함.

현장조사에 근거한 항목별 평가치가 구성된 후, 퍼지관계행렬과의 퍼지연산을 통하여 항목별 종합평가등급을 산정할 수 있음. 항목별 종합평가등급은 각 평가대상 부재의 모든 평가항목에 중요도를 고려하여 등급을 산정하는 과정이며, 그림 2.14에 나타낸 바와 같이 비퍼지화를 통하여 부재별 종합평가등급을 산정하면 평가대상 부재의 최종손상등급이 산정됨.



[그림 2.2.38] 1차 조사 및 2차 조사

화재피해 건축물의 진단평가는 단일 구조부재에 대한 진단이 아닌 구획, 층 및 건축물 단위의 진단평가가 반드시 수행되어야 함. 따라서 이 연구에서는 구조신뢰성 이론을 활용하여 화재피해를 입은 구조부재의 잔존강도와 작용하중에 따른 파괴확률을 고려할 수 있도록 부재의 수정 중요도를 산정하였음.

구조신뢰성을 이론을 통하여 수정된 부재의 중요도는 구획, 층 및 건축물 단위의 진단평가에 사용되며, 구획의 진단평가는 퍼지측도와 적분을 사용하여 수행할 수 있음. 퍼지측도 및 적분은 확률에서 기댓값을 산정하는 것과 같은 개념임. 이와 동일한 방법으로 구획 및 층의 중요도를 산정하여 퍼지측도 및 적분을 활용하여 층 및 건축물의 진단평가 결과를 산정할 수 있음.

구분		화재피해부재						
		기둥 1	기둥 2	기둥 3	보 1	보 2	보 3	보 4
1차 조사	변색상태	핑크	핑크	핑크	그을음	핑크	핑크	핑크
	균열 폭 (mm)	0.23	0.25	0.19	0.13	0.29	0.23	0.4
	폭렬 (mm)	7	7	5	0	27.5	0	9
	부재변형	X	X	X	X	X	X	X
	철근노출	폭렬등급과 동일하게 구성						
2차 조사	수열온도 (°C)	492	474	480	418	431	493	442
	잔존압축강도 (%)	91.5	96.9	99.7	75.2	74.1	94.1	87.9
	중성화 깊이 (mm)	18.0	13.5	16.0	18.5	19.0	19.0	16.0

[그림 2.2.39] 현장조사결과

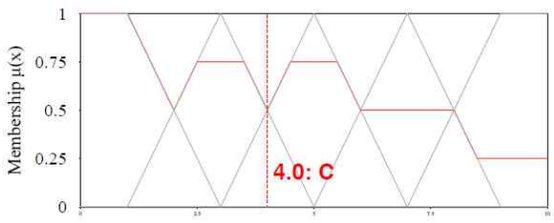
부재명	항목	A	B	C	D	E
기둥1	DC		●			
	CR			●		
	SP		●			
	DE	●				
	EX		●			

DC:변색 CR:균열 SP:폭렬
DE:변형 EX:철근노출

[그림 2.2.40] 항목별 평가치

기둥 1					
N/k	A(1)	B(3)	C(5)	D(7)	E(9)
DC	0.25	0.75	0.5	0	0
CR	0	0.25	0.75	0.5	0.25
SP	0	0.5	0.75	0.25	0
DE	1	0.25	0	0	0
EX	0	0.5	0.75	0.25	0
Max	1	0.75	0.75	0.5	0.25

[그림 2.2.41] 부재의 종합평가등급 산정



[그림 2.2.42] 부재의 최종손상등급 산정(비퍼지화)

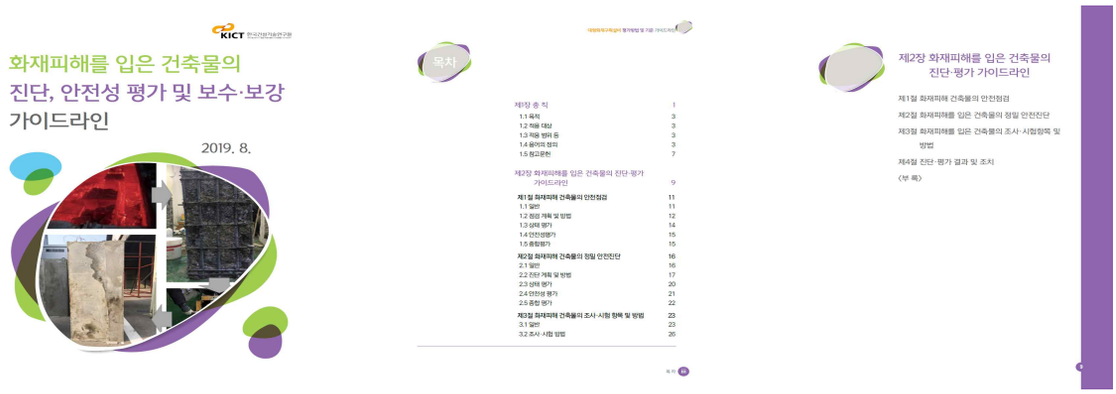
(2) 화재피해 건축물에 대한 진단·평가 가이드라인(안) 및 기존 법령체계 분석을 통한 상위 지침 수정(안) 제시

화재피해 건축물에 대한 진단·평가 가이드라인(안)을 작성하였으며, 화재피해 건축물에 대한 진단·평가 가이드라인(안)에 대한 공청회 및 전문가 자문을 통하여 개발 시스템 및 가이드라인의 적용가능성을 검증하였음.

제안된 화재피해 건축물에 대한 진단·평가 가이드라인(안)의 실제 적용을 위하여 건축물의 진단·평가에 대한 기존의 법령 체계를 조사하였음.

상위법인 '시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침'에 화재피해 건축물에 대한 내용을 추가하는 방법으로 수정하였으며, 수정(안)의 예시를 그림 2.17에 나타내었음.

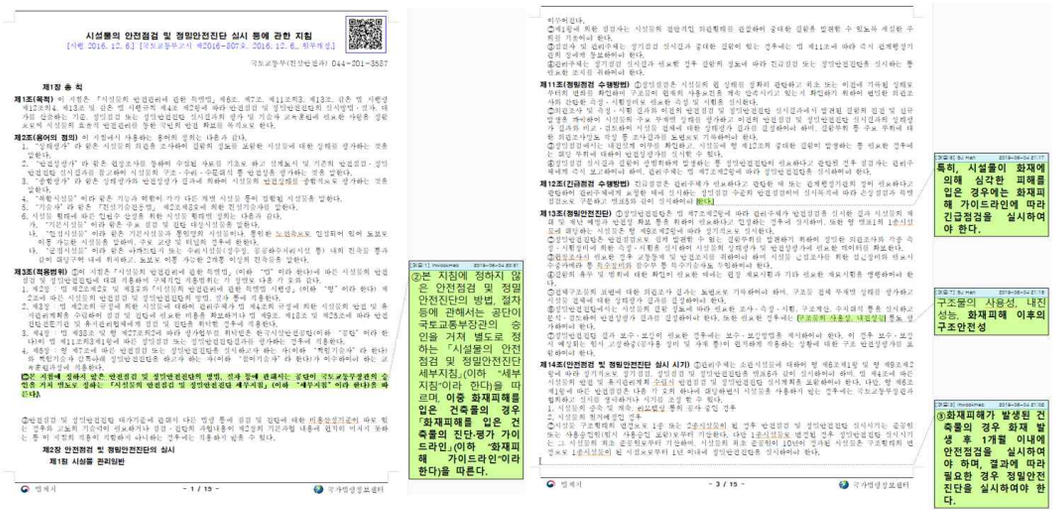
또한 '시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침'에 대한 수정(안)'의 신구대비표를 작성하였음.



[그림 2.2.43] 화재피해 건축물에 대한 가이드라인(안)

구분	시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 (약칭: 시설물안전법)	시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령 (약칭: 시설물안전법 시행령)	시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행규칙 (약칭: 시설물안전법 시행규칙)	시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침	시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침
형식	특별법	시행령	시행규칙	국토교통부 고시 (지침)	세부지침
분량	21 page	21 page	10 page	15 page	1057 page
비고	최상위법			화재피해 관련 사항 삽입	화재피해를 입은 건축물의 안전 진단·평가, 구조안전성 평가, 보수보강 가이드라인과 동등 레벨...

[그림 2.2.44] 건축물의 진단·평가에 대한 기존의 법령체계



[그림 2.2.45] 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침에 대한 수정(안) 예시

바 성능검증장을 통한 화재진단·평가시스템의 적용성 검증 및 활용방안 구축

(1) 성능검증장 적용

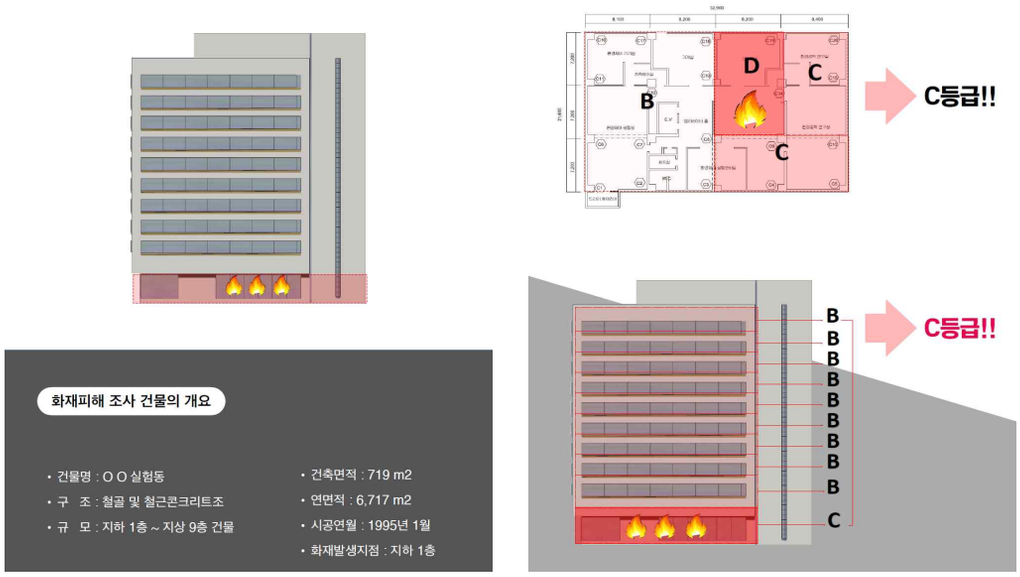
아래 그림과 같이 화재피해를 입은 철근 콘크리트 기둥의 보강전, 보강중 및 보강후의 모습을 모형으로 제작하여 성능검증장에 적용하였음.



[그림 2.2.46] 화재피해를 입은 철근콘크리트 기둥의 보강과정

(2) Case study

화재피해 건물에 대한 Case study를 수행하였으며, Case study 과정을 영상으로 제작하여 성능검증장에 적용하였음.



[그림 2.2.47] 화재피해를 입은 건축물에 대한 Case study

화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선 방법

가 화재피해 다차원 데이터웨어하우스(MDDW) 구축 위한 인프라 조성

화재피해데이터에 대한 개별 건물 단위의 분석 및 마이닝 서비스를 실현하기 위해 MDDW를 구축하기 위한 환경을 조성하였음

(1) 화재피해건축물 내/외부 데이터 내용 및 DB 스키마 분석

화재피해건축물 내·외부 데이터 분석 기반 MDDW 스키마 설계를 위해 건축물 정보, 화재발생 정보, 인구학적 정보, 환경 정보, 교통 정보, 행정구역 정보 등을 포함된 유의미한 컬럼을 선정하였으며, 추가적으로 특징공학 기술을 활용하여 분석 및 예측 서비스에 기여할 수 있는 새로운 유의미한 컬럼을 생성함.

화재 발생, 화재 건물 정보를 사실(fact) 테이블에 할당, 화재와 직접 연관된 인자(화재 시간, 지역, 건물, 장소, 피해정도 등 포함)와 간접적 연관될 수 있는 인자(인구, 기상·환경, 교통, 행정구역 등)는 차원테이블에 할당하여 다차원 스키마를 설계함.

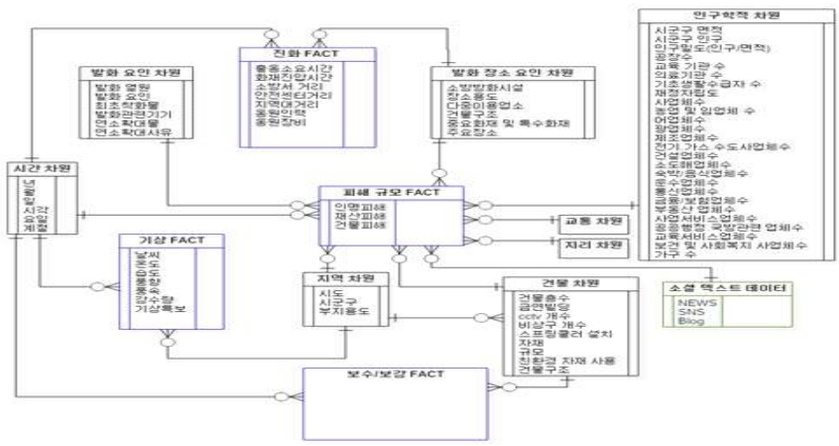
(2) 화재피해건축물 개선모델 구축을 위한 MDDW 아키텍처 설계

다양한 소스 데이터를 융합, 구축한 MDDW에 대하여 제반 기계학습/분석 알고리즘(자동분류, 클러스터링, 연관분석 등)을 적용하여 고품질의 패턴 및 예측모델을 생성할 수 있는 3-tier (Storage 레이어, OLAP 레이어, 마이닝 레이어) 구성을 설계함.

(3) 통합 MDDW 및 화재피해건축물 개선모델 구축 프로세스 설계 및 인프라 조성

화재피해데이터의 융합 분석·마이닝을 위해 MDDW의 구축환경을 조성하였으며, 이는 Hadoop (Cloudera 버전) 분산환경에서 Hive DB 프레임워크를 설치함으로써 실현됨.

MDDW는 Hive DB 프레임워크상에서 구축될 것이기에, 사전에 Hive를 이용한 샘플 데이터베이스 및 데이터 웨어하우스를 구축하여 이에 대한 질의/분석 인터페이스를 테스팅함.



[그림 2.2.48] 화재피해건축물 MDDW 스키마 설계

나 화재피해건축물 진단/개선을 위한 통합 MDDW 구축

개별 건물 단위의 화재피해 분석 및 예측 서비스를 실현하기 위해 화재발생 데이터 및 다양한 영역의 공공데이터를 융합하여 MDDW를 구축하였음.

(1) 화재피해건축물 중심의 통합 MDDW 스키마 완성 및 MDDW 구축

(가) 다차원 분석 스키마 상에서의 화재 관련 직간접 데이터 융합

MDDW 구축 및 이에 기반한 기계학습 분석을 위한 분산 클러스터 환경을 구축함.

개별 건물 단위의 화재피해 분석 및 예측 서비스를 실현하기 위해 화재발생 데이터 및 다양한 영역의 공공데이터를 융합하는 과정에서 MDDW 스키마를 개선하였으며 (그림 〈2.1.47〉 참조), 추가적으로 국내 법정동, 행정동 주소 데이터 융합 수행, 화재 뉴스 기사에 대한 자동 필터링의 결과를 활용하여 MDDW의 사실 테이블 정보를 보강함

(나) 기상 데이터 실시간 수집 모듈의 개발

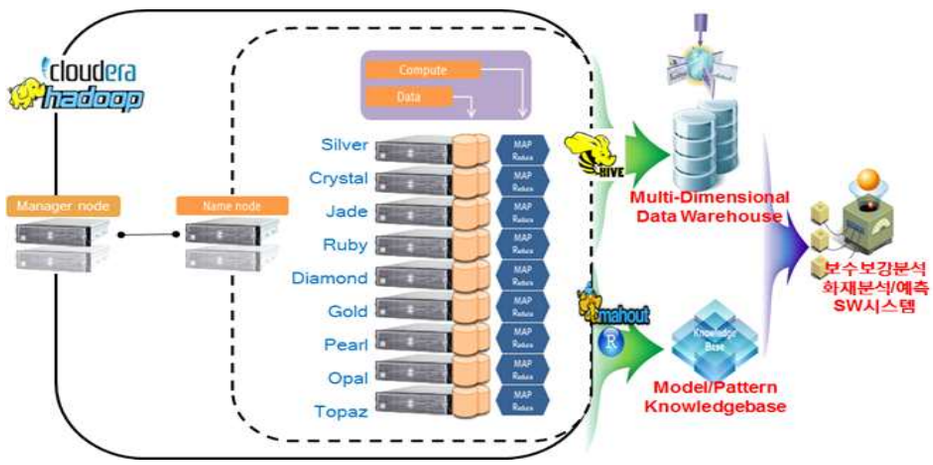
MDDW의 구성 중 기상 관련 팩스 및 차원 테이블 데이터의 수집을 위해서, 읍/면/동 수준의 기상 데이터를 실시간 수집하는 모듈을 개발함.

기상청 사이트에서 3,505개 지역의 지역코드를 통해 기온, 습도, 풍향, 풍속, 강수량 등의 데이터를 실시간 수집할 수 있음.

(다) 화재 관련 뉴스데이터에 대한 키워드 추출 기법 및 모듈의 개발

화재 관련 핵심 키워드를 추출하고, 이에 대한 연관망을 구성하였음.

높은 정확도의 키워드 추출을 위해 클러스터 기반 TextRank 알고리즘을 고안하고 이를 탑재한 키워드 추출 모듈을 구현함.



[그림 2.2.49] 통합 다차원데이터웨어하우스(MDDW) 구축환경 구성

다 화재피해건축물 진단/개선을 위한 OLAP엔진 개발

화재피해 MDDW 기반 온라인 분석 연산을 위한 시나리오 및 사용자 인터페이스를 설계하고, 이를 실현하기 위한 핵심 OLAP 연산 모듈인 기초분석, 공간분석, 라인(위험지수) 분석 등의 모듈을 구현함.

(1) 화재피해 OLAP 연산 모듈 및 OLAP 연산 시나리오 실현

(가) 화재피해 OLAP 분석을 위한 시나리오 및 인터페이스 설계

개별 건물 단위의 화재피해 분석을 수행하기 위해 웹 인터페이스 기반의 화재 데이터 분석 OLAP 시나리오를 설계·구현하였으며, 결과적으로 단순 마우스 조작만으로 분석 의도를 쉽게 반영하여 원하는 시각적 결과를 생성함.

동일한 데이터에 대하여 OLAP 분석과 기계학습 기반 예측분석을 동시에 수행함.

(나) 화재피해 OLAP 시나리오 실현을 위한 모듈 구현

연관분석 모듈: 화재 건물 데이터 및 관련한 간접 데이터를 분석하여 화재 유발 인자를 도출할 수 있도록 사용자를 도와주는 서비스로서, 선택 컬럼에 대한 유의미한 화재 연관 패턴을 도출함

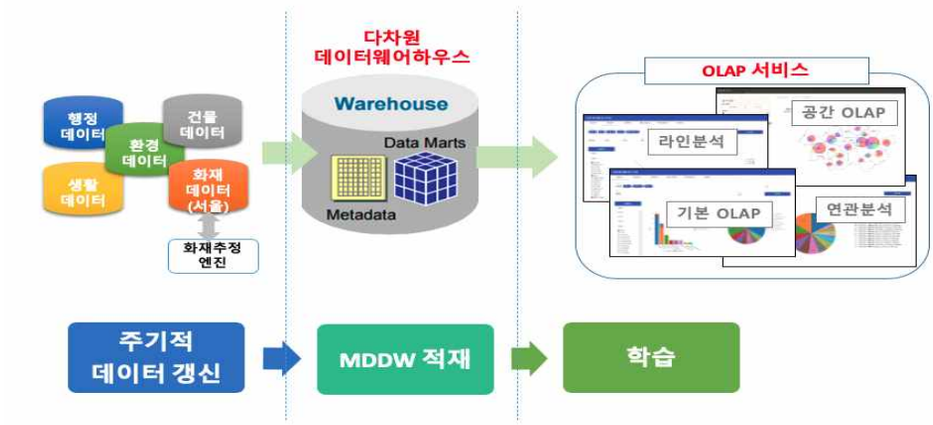
공간분석 모듈: 지리정보상에 지역별로 다양한 화재요인 분석할 수 있는 환경을 지원함.

라인분석 모듈: 개별 타겟 건물과 화재 위험군 건물과의 선택 컬럼에 대한 상대적인 라인(line) 비교를 통해 시각화 및 위험지수를 보여줌

(다) 데이터 증강을 위한 원본 데이터의 추정

MDDW 내부에 화재 관련 사실 및 차원 테이블 데이터를 증강시키기 위해서, 화재 요약 데이터로부터 화재가 발생했을 것으로 추정되는 원천 마이크로 데이터를 추정하는 기술을 개발함.

원천 데이터 추정의 신뢰도를 높이기 위해 딥러닝 알고리즘과 준감독 기계학습 알고리즘을 병합하였으며, 이를 활용하여 화재사건 데이터를 60% 이상의 정확도를 가지고 생성함.



[그림 2.2.50] 화재피해건축물 진단 및 개선을 위한 OLAP 엔진

라 통합 MDDW 기반 분석 및 마이닝 시스템 개발

개별 건물 수준의 화재 피해 예측을 성취하기 위해 비감독형(클러스터링)/감독형 기계학습 알고리즘을 활용하여 해당 서비스 모듈을 구현함.

(1) MDDW 기반 마이닝 모듈 개발 및 화재분석 예측모델 생성

(가) 감독형 기계학습 기반 화재예측 서비스 구현

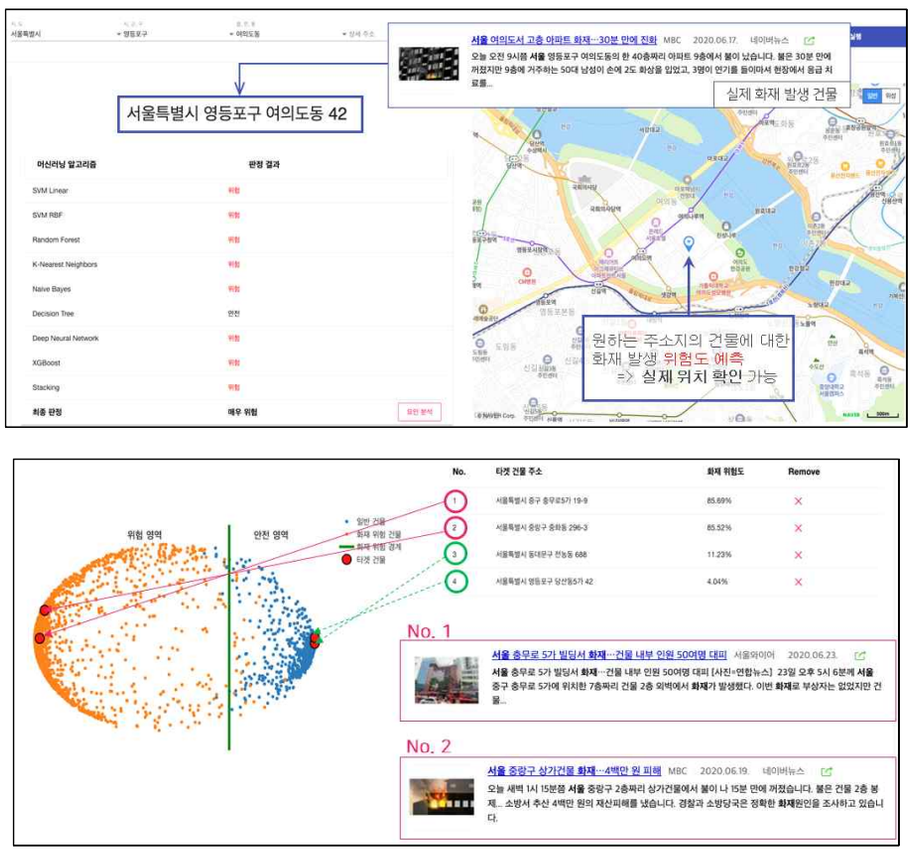
8개 감독형 기계학습 기반의 개별적인 예측모델 및 이를 통합한 앙상블 예측모델을 구축, 이를 시각적으로 보여주는 인터페이스를 구현함

'화재 위험'으로 판정되는 경우, 해당 건물 데이터를 SHAP알고리즘에 적용하여 '화재 위험'으로 판정된 요인을 출력하는 모듈을 개발함

(나) 클러스터링 기반 화재예측 서비스 구현

화재/비화재 건물 데이터가 매핑된 매니폴드 공간상에서 클러스터링 결과를 기반으로 타겟 건물에 대한 화재 위험 정도를 시각적 위치, 정량적 수치를 출력하기 위한 모듈을 개발하였음.

가중치가 있는 유클리디언 거리함수를 학습하여 화재위험지수를 출력하는 모듈을 개발하였음.



[그림 2.2.51] 감독형 기계학습 기반 화재예측 UI 및 클러스터 기반 화재예측 UI

마 화재피해 분석 진화형 마이닝 및 리포팅 엔진 개발

본 과제의 5차년도 수행결과로서, 전년도에 개발한 화재예측모델의 성능개선을 위해 최신 딥러닝, 앙상블 기술을 활용하여 화재예측 정확도를 70% 이상 성취하였으며, 자동시각화 기능과 더불어 화재피해 패턴을 보여주는 웹을 통한 리포팅 인터페이스를 전면 개선하였음.

(1) 진화형 Wrapper 모듈 개발

(가) 화재 사건 탐지를 위한 오토인코더 기반 단일 클래스 분류 기술 개발

화재 데이터 분류를 위해 오토인코더를 이용하여 새로운 변수를 생성, 이를 가지고 레이블 없는 데이터를 포함하는 PU학습을 수행하여 화재 데이터를 탐지하는 기술을 개발하였음.

(나) 적대적 오토인코더 기반 화재 위험 건물 검출 기술 개발

적대적 오토인코더에 Latent GAN을 추가하여, 이상치 데이터의 복원 오류를 증가시켜 이상치 검출 성능을 개선하고, 이 특성을 활용하여 화재위험건물의 탐지율을 개선함.

(다) 화재 예측모델 개선을 위한 멀티스태킹(앙상블) 기술 개발

화재 예측모델의 앙상블 메커니즘의 성능 개선을 위해서 예측모델의 출력값에 대한 메타 모델들의 레이어를 다수 개 구성하는 멀티스태킹 기술을 개발함

(2) 화재피해 패턴 리포팅 도구 개선

(가) OLAP 분석 및 머신러닝 패턴 리포팅을 위한 웹서비스 개발

화재피해 패턴을 보여주는 라인분석, 공간분석, 연관분석, 클러스터링 분석, 감독형 머신러닝 분석 등의 웹 인터페이스를 전면 개선함.

(나) MDDW 기반 자동 시각화 서비스 개발

화재 원인 분석을 위해 화재가 발생한 개별 건축물에 대한 자동 시각화 서비스를 개발 변수 선택을 자동화하기 위해 메타특징공학 및 기계학습 기술을 활용하여, 화재 발생 건수 및 피해 정보에 대한 요인분석을 지원하는 시각화 결과를 자동으로 추천함 .

(다) 화재 예측 서비스의 예측 결과에 대한 요인분석 모델 구축

개별 건물의 화재 위험 요인을 시각화하는 모듈을 개발함.

바 화재피해 분석/마이닝 테스트베드 구축

본 개발 시스템의 공정한 성능 평가를 수행하고, 본 시스템을 임의 사용자가 테스팅하기 위한 테스트베드 환경을 구축하였음.

(1) 분석예측시스템 평가방안 수립

화재 신규 데이터를 활용한 화재예측모델 신뢰도 평가를 위해, 서울안전누리(https://safecity.seoul.go.kr)에서 사고속보의 화재 사고 사이트를 참조하여 실시간으로 화재 건물에 대한 데이터를 수집함으로써, 본 개발 시스템의 평가를 위한 학습데이터 및 테스트 데이터를 확보함.

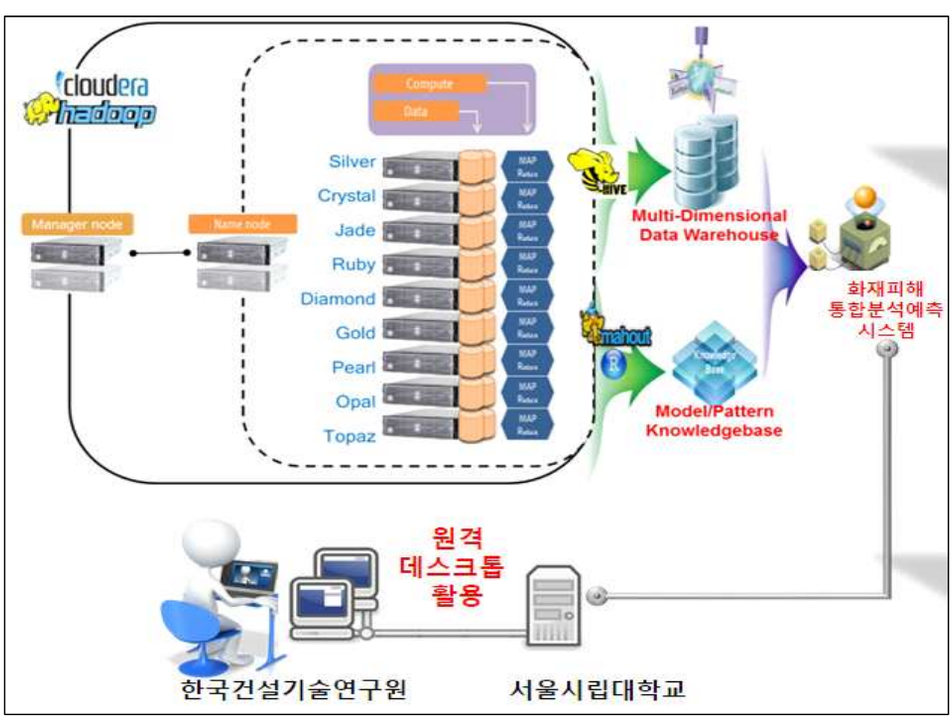
한국정보과학회가 추천한 화재 전문가(교수)가 본 개발 시스템의 정성적/정량적 평가를 수행함.

(2) 통합 MDDW 기반 분석과 마이닝 시스템 테스팅을 위한 테스트베드 구축

본 개발 시스템의 테스트베드 환경 구축을 위해 그림 〈2.1.50〉과 같이 원격접속 네트워크 환경 및 사용자 클라이언트 시스템을 구성함.

본 시스템을 테스트하기 위한 OLAP 분석 시연 시나리오, 화재예측 서비스 시연 시나리오를 설계·작성함.

테스트베드에 최종적으로 활용되는 MDDW에 신규 데이터를 적재, 화재예측모델을 갱신하였으며, 2020년 8월 현재 화재예측모델의 F1값 76.6%, 재현율(recall) 86.8%를 달성하였음.



[그림 2.2.52] 통합 MDDW 및 마이닝 시스템 테스트 베드

2.1.6 화재피해 건축구조물 안전성 평가방법 개발

가 국내·외 화재 안전성 연구동향에 관한 보고서

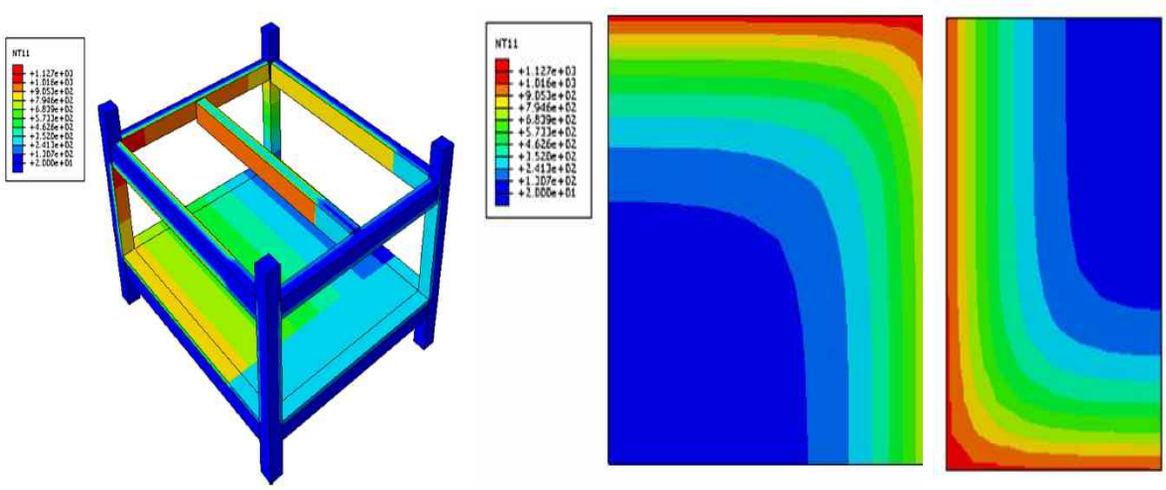
(1) 부재별 온도분포

(가) 해석을 통한 화재의 온도분포

화재 시뮬레이션을 통해 얻은 온도 분포를 이용하여 고열을 받는 구조부재의 열해석을 수행하기 위해서는 화재 시뮬레이션에서 선정된 모델과 동일한 건축물을 사용하여 열해석을 수행함. 따라서 동일한 건축물의 구조도면을 참고하여 기둥 4개, 보 2개, 슬래브로 이루어진 실 하나를 모델링하였음.

인화물의 면적이 16㎡일 때의 화재 발생시간에 따른 실 및 부재 내부의 온도이다. 공통적으로 인화물이 한 쪽으로 치우쳐진 상태이기 때문에 부재별로 인화물에서부터 떨어진 거리에 따라 화해를 입는 정도가 다름. EUROCODE 2(2008)에 따르면 부재 내부 온도가 500℃이상이 되면 구조부재가 기존의 구조적 성능을 50% 가량 잃는 것으로 알려져 있는데, 수행한 열해석 결과 복도에 위치한 기둥 2개와 보의 경우 구조성능에 크게 영향을 끼치지 않는 정도인 300℃까지 온도가 증가하는 것을 확인할 수 있음.

화해 정도를 부재별로 살펴봤을 때는 두 면, 또는 세 면만 화재에 면하기 때문에 그림 1의 (b), (c)와 같이 비대칭하게 화재의 영향을 받게 되는 것을 확인 할 수 있음. 이는 구조 부재 단면 감소로 편심이 발생할 수 있어 더 심각한 위험을 초래할 수 있음.



(a) 열해석 결과(16m^2) (b) 기둥 부재의 온도 분포 (c) 보 부재의 온도분포

[그림 2.2.53] Real fire를 사용한 열해석 결과 및 부재의 온도 분포

나 화재 손상 예측을 위한 일반강도 콘크리트 부재의 구조안전성 평가

(1) 실험체 계획

본 연구에서는 화재 피해를 입은 일반강도 철근 콘크리트 보 부재의 화재 후 거동 평가를 위한 실험을 수행하였음. 철근콘크리트 보는 단면치수 250x400mm, 철근량은 최대 철근비(ρmax=0.714ρb=0.1857)를 기준으로 주근 3-D22, 길이 5m, 순지간거리 5m인 장방형 복근보로 제작하였으며, 전단파괴를 방지하기 위하여 D10 철근을 150mm 간격으로 배근하였음. 실험체는 먼저 철근을 조립하고 열전대를 부착한 후 거푸집 내에 설치하고 콘크리트를 타설하였음.

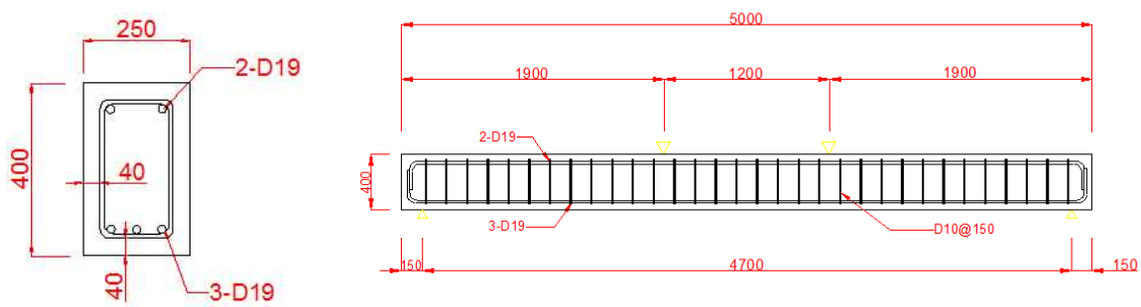
(2) 화재에 따른 구조 부재의 안전성 평가

수증기 영향을 고려하여 본 가열시험 전 콘크리트 부재에 영향일 미치지 않는 온도에서 2시간 pre-heated 가열실험을 진행하였다. 실험체의 주요 변수는 화재노출시간, 재하조건(하중비), 화재성상(가열속도)로 하였다. 실험체 상세, 실험체 이름은 아래와 같음.

① 화재성상 : 표준화재곡선 ISO-834, 실제화재곡선
② 하중비 : 0.4Mn, 0.6Mn, 0.8Mn
③ 가열 지속시간 : 60분, 90분, 120분

(3) 실험결과 및 분석

가열한 실험체는 먼저 온도 하중에 의한 파괴가 발생한 실험체를 기준으로 각 실험체에 60분, 90분, 120분을 가열하였으며, 이를 통해 온도-시간 곡선과 처짐-온도 곡선를 분석하였음. 실험체는 초기하중이 높을수록 처짐이 증가하였으며, 화재성상에 따른 처짐이 다른 것을 확인하였음.



[그림 2.2.54] 실험체 계획

다 화재에 노출된 콘크리트 부재의 열적 특성 파악

(1) 화재피해를 입은 일반강도 구조 실험 결과 및 분석

(가) 공시체의 압축강도 강도 및 인장

고온을 받은 콘크리트 공시체의 압축강도 및 인장강도의 변화는 다음 표 7과 같다. 실제화재곡선으로 가열된 공시체가 표준화재곡선으로 가열된 공시체에 비해 압축강도와 인장강도가 낮은 것으로 나타남.

(나) 온도-시간 곡선에 관한 분석

온도-시간 곡선은 먼저 온도 화재 하중에서 실험체는 60분, 90분, 120분을 가열하였음. 실험체의 온도는 30분까지 온도가 급격히 증가하고 30분 이후부터도 초기 증가 속도에는 못 미치지만 계속 증가하고 있음. 2면에서 가열을 받는 CON1의 온도가 가장 높은 것을 확인할 수 있으며, 중심부인 CON5에서 온도가 가장 낮았음..

가열 실험에서 온도는 둘다 내부온도가 100℃정도 되는 곳에서 증가세를 멈추는데 이는 콘크리트 내부에 있는 물이 수증기로 변하고 있는 구간이라고 판단됨.

특히, Con5를 보면 100℃에서 온도가 오랫동안 정체 되어 있는 것을 확인 할 수 있는데 이는 실험체에 내부에 있는 부분이기 때문에 pre-heated로 수분을 모두 증발 시키지 못한 것으로 판단됨.

하중비에 따른 온도를 살펴보면 하중이 클수록 온도가 대체로 높은 것을 알 수 있음. 이는 초기 하중이 많이 재하 될 경우 균열이 많이 발생하게 되고, 균열 사이로 열전달이 보다 잘 이루어지기 때문인 것으로 판단됨.

또한, 화재성상에 따라 비교해 본 결과, 표준화재곡선에 비해 실제화재곡선으로 가열한 실험체의 온도 분포가 높은 것으로 판단된다. ISOP1-120과 RF1P1-60을 비교 해보면 약 100℃정도 높은 것을 확인하였음.

이는 초기 가열 하중이 높을수록 실험체 온도가 높은 것으로 판단되며, 실제 구조물에 발생하는 실제화재 온도를 적용한 구조물의 화재 거동을 고찰할 필요하다는 것을 파악하였음.

[표 2.2.27] 콘크리트 강도

구분	가열시간	화재성상	압축강도 (MPa)	인장강도 (MPa)
1	-	-	24.16	2.98
2	60	표준화재곡선	5.19	0.74
3	120	표준화재곡선	0.62	0.40
4	60	실제화재곡선	4.22	0.58

라 화재피해를 입은 구조 부재의 안전성 평가방법 개발

(1) 실험체 계획

본 연구에서는 화재 피해를 입은 고강도 철근 콘크리트 기둥 부재의 화재 후 거동 평가를 위한 실험을 수행하였음. 철근 콘크리트 기둥는 단면치수 350x350mm, 주근 4-D22, 길이 1.5m로 제작하였으며, 전단파괴를 방지하기 위하여 D10 철근을 200mm 간격으로 배근하였으며, 화재 실험 시 실제 고온을 받는 부분은 1m이며, 단부는 단열재로 감싸 고온에 노출 되는 것을 차단하였음.

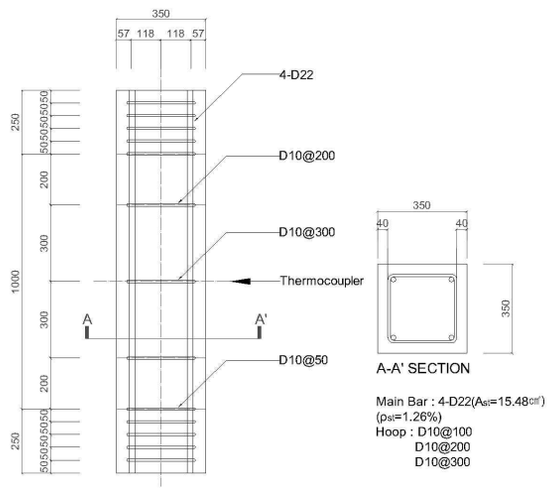
또한, 화재실험 후 가장자리를 파괴를 방기하기 위해 탄소섬유시트로 단부를 보강하고 가력실험을 진행하여 실험체는 먼저 철근을 조립하고 열전대를 부착한 후 거푸집 내에 설치하고 콘크리트를 타설하였음.

(2) 화재에 따른 구조 부재의 안전성 평가

수증기 영향을 고려하여 본 가열시험 전 콘크리트 부재에 영향일 미치지 않는 온도에서 2시간 pre-heated 가열실험을 진행하였으며, 실험체의 주요 변수는 화재에 노출되는 가열면으로 하였음.

(3) 실험 결과 및 분석

가열한 실험체는 모든 실험체에서 폭열이 발생하였으며, 가열면이 적은 실험체일수록 폭열이 작게 발생하였음. 이를 통해 온도-시간 곡선를 분석한 결과, 폭렬로 인해 내부온도는 열용량과 관계없는 온도분포를 나타냄. 또한, 폭렬로 인한 단면 손실로 인해 잔존강도는 가열면이 가장 작은 S1 실험체가 가장 낮게 나온 것을 확인하였음.



[그림 2.2.55] 화재시험용 구조 실험체 Section

마 구조물의 안전성 평가 가이드라인 작성

(1) 화재 피해를 입은 건축물의 안전성 평가 가이드라인 개발

(가) 진단 및 평가의 내용

체계적인 진단 및 평가의 내용은 화재의 영향을 받은 구조물의 안전성 평가는 물론 적절한 보수·보강 정도 및 공법의 선택에도 중요함. 다양한 진단방법을 통하여 화재피해를 입은 구조물의 손상정도를 파악하여 이를 바탕으로 진단 및 평가 결과를 제시하여야 구조물 안전성의 정확한 평가가 가능하므로 정확한 진단 내용의 제시가 안전성 평가에 매우 중요함.

이를 위해 화재에 의한 구조물의 손상 평가를 위한 진단은 다양한 진단 방법, 화재적 요인, 구조물의 종류 및 특성을 고려하여야 함.

(나) 진단 및 평가 결과의 적용

구조물의 안전성 평가는 진단 및 평가의 내용에 따라 변경됨.

즉, 진단의 내용이 구조물의 화재 영향에 대해 수열온도, 피해깊이 및 범위, 강도 변화 등 자세한 내용이 제시되면 이에 근거하여 비교적 정확한 구조안전성 상태의 파악이 가능함.

하지만 진단의 내용이 화재 피해에 대하여 정확한 내용이 제시되지 않으면 상대적으로 구조물의 상태를 보수적으로 평가되므로, 진단 및 평가 결과를 이용하여 구조안전성 검토에 적용하는 방법을 간략하게 설명하면 아래와 같음.

① 화재피해 부위의 수열온도가 제시된 경우

㉮ 부재의 수열온도에 따른 재료의 특성 변화 파악

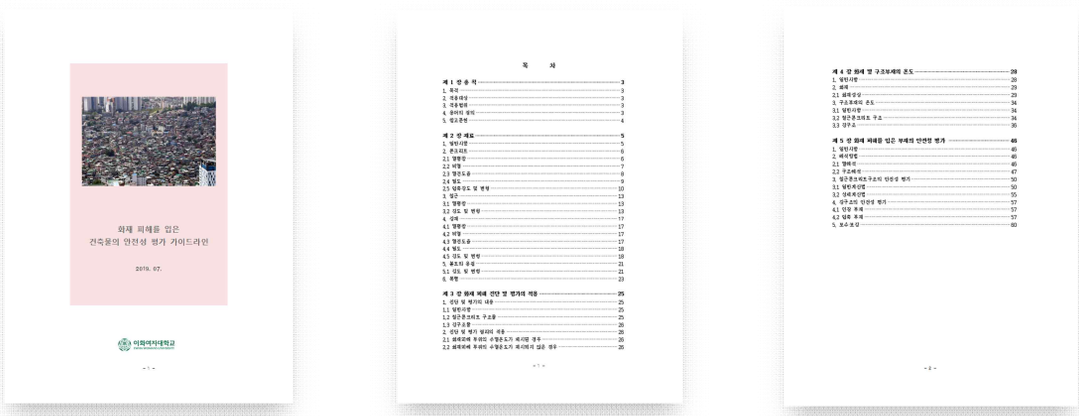
㉯ 재료의 특성 변화를 고려한 구조 부재의 약산식에 의한 안전성 평가

㉰ 수열온도에 따른 구조재료의 특성변화를 고려한 구조물의 비선형 해석을 통한 안전성 평가

② 화재피해 부위의 수열온도가 제시되지 않은 경우

㉮ 피해 부위를 고려한 적절한 유효단면을 설정하여 구조안전성 평가

㉯ 연소물의 특성을 파악한 실제화재에 따른 수열온도의 계산을 통한 안전성 평가



[그림 2.2.56] 화재피해를 입은 건축구조물 안전성평가 가이드라인

바 화재피해구조물의 안전성 평가 기법의 적용성 검증

(1) 화재 피해를 입은 건축물의 안전성 평가 가이드라인 수정 및 최종

(가) 열해석 파트

유한요소해석(Finite element analysis, FEA)이란 공학분석에 사용되는 컴퓨터 시뮬레이션기술로 유한요소법(Finite element methode, FEM)라고 불리는 수치적 기법을 사용하여 구조물의 열적 거동 및 구조적 거동을 파악하는 데에 주로 사용됨.

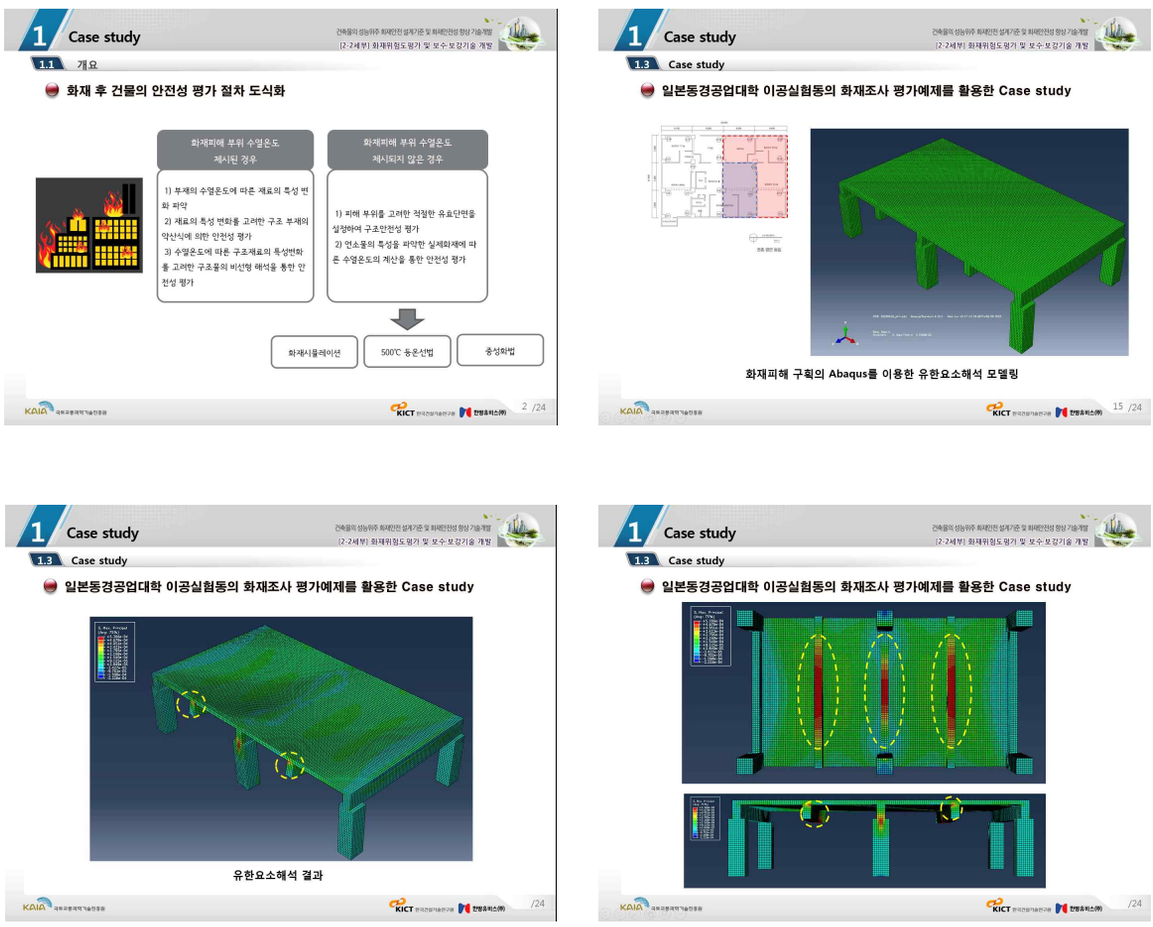
유한요소해석의 단계는 크게 3가지로 구성됨.

① Pre-processing: 온도분포 파악이 필요한 구조물의 유한요소 모델링을 하는 단계로 mesh, node, element를 통해 구조물을 모델링

② Analysis solver: 입력된 구조물의 모델링 데이터를 통한 해석이 이루어지는 단계

③ Post-processing: 해석이 끝난 구조물이 시각화되어 부재의 온도분포 결과를 확인

(2) Case Study



[그림 2.2.57] Case Study 수행 프로세스

2.1.7 화재피해 건축물 부재단위의 강도 보수·보강 기술 개발

가 국내외 구조 보수재료·보강공법 조사

(1) 국내외 보수·보강 관련 기준

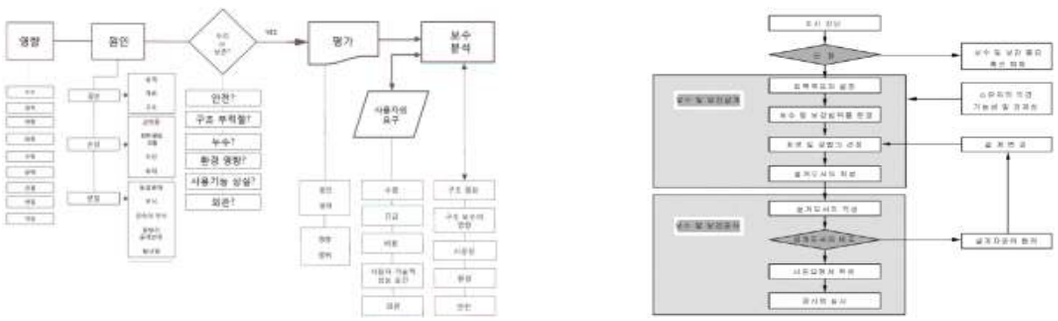
국내의 경우 보수·보강에 대한 체계적인 지침이 없어 일본의 방법을 준용하고 있는 실정임. 특히 미국 일본의 경우 화재피해를 받은 건축물에 대한 체계적인 지침을 가지고 있음. 또한 국내외 보수·보강 관련 기준은 아래 표와 같다.

(2) 국내 보수재료·보강공법 현황

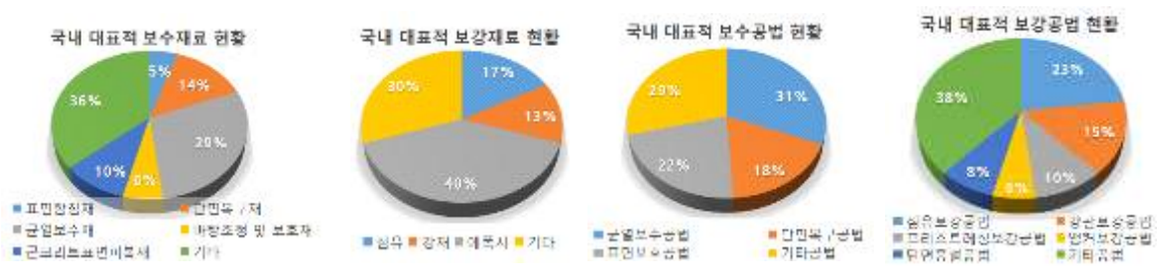
보수재료의 경우 균열보수재 및 단면복구재가 많은 비율을 점유하고 있으며, 그 중 균열주입재, 폴리머 모르타르가 가장 많이 사용되고 있음. 보강재료의 경우 에폭시 계열의 재료가 가장 큰 비율을 점유하고 있으며, 보강공법의 경우 섬유보강공법 및 강판 보강 공법이 가장 많이 사용됨.

[표 2.2.28] 국내외 보수보강 기준 비교표

구분	국내	유럽	미국	일본
가이드라인	- 구조물 보수·보강 편람 - 시설물 보수·보강 설계지침	EN1504	Concrete Repair Manual (ACI 546R-96)	- 표면보호공법설계 시공지침(안) - 건물의 화해진단 및 보수보강 방법 지침(안)
보수·보강 공법 개요	체계적인 지침이 없어 일본의 방법 준용	코팅, 모르타르등을 포함하는 보수재료의 재료특성과 시방서를 위한 시험방법 포함	- 콘크리트 보수에 대한 광범위한 정보 제공 - 콘크리트와 관련한 기관에서 발간한 다양한 정보 포함	- 콘크리트의 보수·보강 공법 기술 - 화재피해 건축물에 대한 진단 절차 및 보수·보강 절차 제공



[그림 2.2.58] 미국(ACI 546R-96) 및 일본건축학회 [건물의 화해진단 및 보수·보강 방법 지침(안)]



[그림 2.2.59] 국내 대표적 보수재료·보강공법 현황

나 내화공법(섬유혼입) 적용 건축물에 대한 화재 후 내구성 평가

강도별(24, 40, 60, 80MPa) 철근 콘크리트 단주시험체(600×600×1,500mm)를 대상으로 화재 후 손상을 입은 콘크리트의 보수·보강 공법을 적용하기 위해 ISO 834 표준화재가열곡선에 의한 3시간 내화시험을 통해 내화성능 평가를 실시하였음.

(1) 콘크리트 배합

설계강도는 24, 40, 60, 80MPa로 설정하였으며, 60MPa와 80MPa 시험체의 경우 고강도 콘크리트로써 폭렬현상을 저감하기 위하여 섬유를 혼입하여 실험을 진행하였음.

[표 2.2.29] 콘크리트 배합

Specimens	W/B (%)	S/a	Unit Weight (kg/m3)							
			W	C	BS	FA	G	S1	S2	PP
24	55.3	53.9	177	180	96	44	845	395	592	
40	37.8	53.8	170	351	45	54	810	377	565	
60	29.7	43.5	172.5	406	174	-	926	285	426	1.0
80	22.9	43.2	165	504	216	-	870	264	396	1.5

(2) 실험 결과

(가) ISO 834 표준화재-가열곡선에 따른 3시간 내화시험

주철근 온도이력을 확인한 결과, 80MPa를 제외한 모든 시험체는 온도판정조건(평균 538℃, 최대 649℃)을 만족하였다. 80MPa의 경우 급격한 온도상승은 발생하지 않았으나 내화시험 종료 시까지 온도가 완만하게 증가하여 최종적으로 최대온도가 649℃를 상회하는 결과를 나타내 온도판정기준을 만족하지 못하였음.

(나) 중성화 깊이 측정

중성화 깊이 측정 결과, 모든 시험체에서 압축강도와 상관없이 38~40mm로 유사하게 나타남.

[표 2.2.30] 중성화 깊이 측정

Series	24	40	60	80
Carbonation depth	 39mm	 38mm	 40mm	 40mm

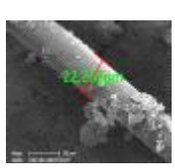
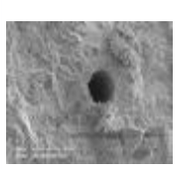
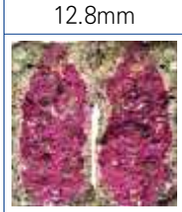
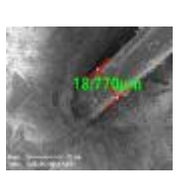
다 보수·보강 계획 수립 및 범위 설정/방법 선정

내화공법(섬유혼입)이 적용된 고강도 콘크리트의 화재 후 중성화 평가 및 화재피해를 입은 철근 콘크리트 단주시험체의 기존 보수재료·보강공법을 적용하여 보수·보강을 실시하였음.

(1) 섬유혼입 고강도 콘크리트의 화재 후 중성화 평가

내화공법(섬유혼입)이 적용된 고강도 콘크리트의 화재피해 후 PP섬유의 용융에 따른 미세공극 생성이 고강도 콘크리트의 장기내구성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 PP섬유의 용융점 전후의 온도(200, 300℃)에서 전기로 가열실험을 진행한 후 촉진 중성화시험 및 미세구조분석(SEM)을 실시하여 중성화 깊이에 미치는 영향을 정량적으로 검토하였음.

[표 2.2.31] 섬유혼입 고강도 콘크리트의 화재 후 중성화 평가

	Control (상온)		200℃		300℃	
	중성화 깊이	SEM 촬영	중성화 깊이	SEM 촬영	중성화 깊이	SEM 촬영
60MPa	 4.5mm		 12.8mm		 50.0mm	
80MPa	 5.9mm		 15.1mm		 50.0mm	

(2) 화재피해를 입은 철근 콘크리트 단주시험체 보수·보강

화재피해를 입은 철근 콘크리트 단주시험체를 대상으로 기존 시판중인 다수의 보수재료를 적용하여 본래의 피복 콘크리트와 내화성능을 비교·평가하고자 하였음. 단면보수 과정은 아래 그림과 같음.

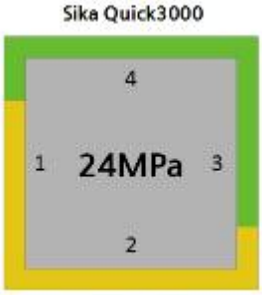
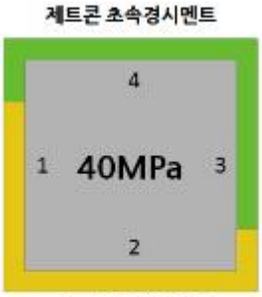
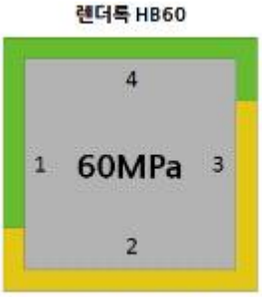
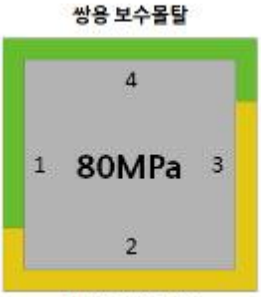


[그림 2.2.60] 단면보수 과정

[표 2.2.32] 보수 후 단주시험체

24MPa				40MPa			
1번면	2번면	3번면	4번면	1번면	2번면	3번면	4번면
							
60MPa				80M{Pa			
1번면	2번면	3번면	4번면	1번면	2번면	3번면	4번면
							

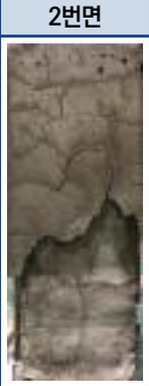
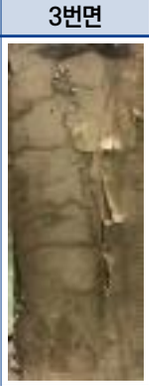
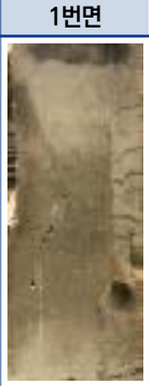
[표 2.2.33] 단주시험체별 적용 보수재료

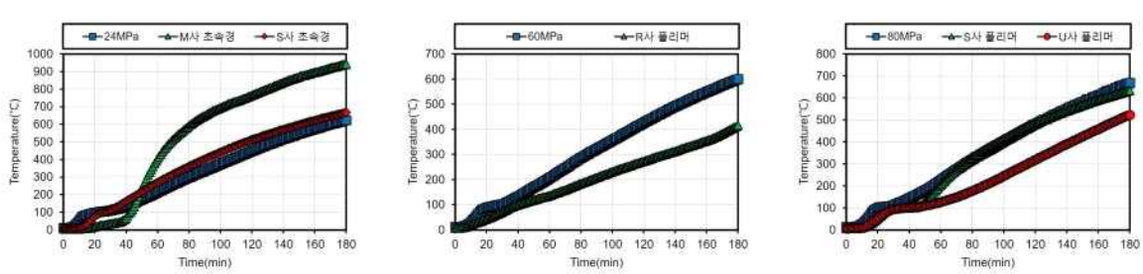
24MPa	40MPa	60MPa	80MPa
Sika Quick3000	제트콘 초속경시멘트	랜더록 HB60	쌍용 보수몰탈
			
Mapei CD1	제트콘 폴리머몰탈	Mapegrout 22K	유니온 보수몰탈

(3) 화재피해를 입은 철근 콘크리트 단주시험체 보수·보강

기존 시판중인 다수의 보수재료를 적용하여 보수를 실시한 단주시험체(3차년도 보수 실시)를 대상으로 3년간 장기폭로 후 ISO 834에 의한 3시간 내화시험(6차년도 수평가열로 실험 실시)을 실시하여 본래의 피복 콘크리트와 내화성능을 비교·평가하였음.

[표 2.2.34] 내화시험 후 단주시험체 성상

24MPa				40MPa			
1번면	2번면	3번면	4번면	1번면	2번면	3번면	4번면
							
60MPa				**80M{Pa**			
1번면	2번면	3번면	4번면	1번면	2번면	3번면	4번면
							



[그림 2.2.61] 주철근 온도이력(24, 60, 80MPa)

라 기존 보수재료의 내화성능 평가

(1) 재유화형 폴리머를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 내화 성능 평가

폴리머 혼입율(0, 2, 6, 10%)에 따른 폴리머 시멘트 모르타르의 내화성능 평가를 위해 온도(200, 400, 600, 800℃)에 따른 전기로 가열실험을 실시하여 잔존부착강도, 잔존 압축강도 및 잔존 휨강도 등 고온시 역학적 특성 평가를 실시하였음.

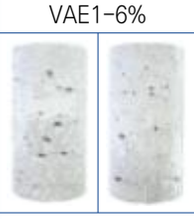
[표 2.2.35] 폴리머 시멘트 모르타르 배합

배합명	Unit Weight(kg/m^3)				
	W/C	W	C	S	Polymer
Plain	0.5	256.47	512.94	1538.83	-
VAE-2%					10.26
VA1-6%					30.78
VAE-10%					51.29
M(기성제품)	0.15L/kg		-		
H(기성제품)	0.15L/kg		-		

(가) 육안관찰

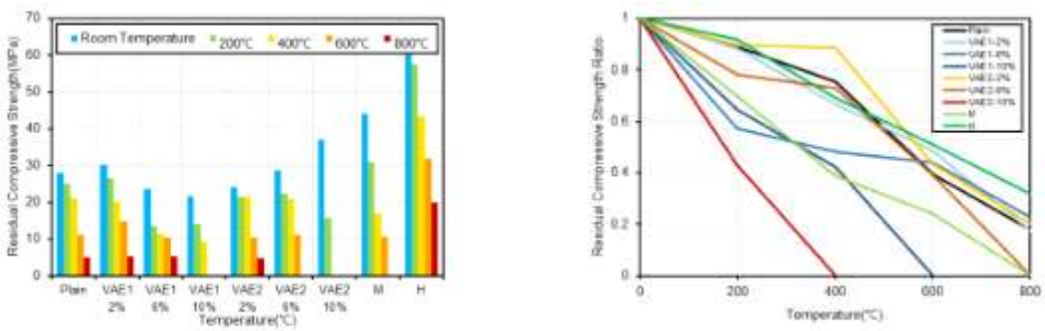
육안관찰 결과, 폴리머 종류에 상관 없이 폴리머 혼입율이 증가할수록 폭렬발생 빈도가 증가하는 것으로 나타남.

[표 2.2.36] 폴리머 시멘트 모르타르 배합

600℃			800℃		
Plain	M	H	Plain	M	H
					
VAE1-2%	VAE1-6%	VAE1-10%	VAE1-2%	VAE1-6%	VAE1-10%
					
VAE2-2%	VAE2-6%	VAE2-10%	VAE2-2%	VAE2-6%	VAE2-10%
					

(나) 잔존 압축강도

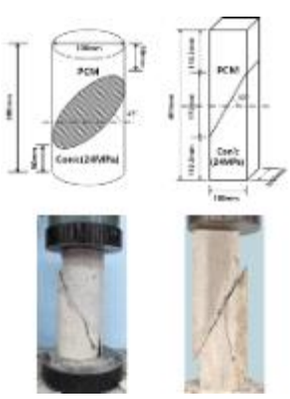
잔존 압축강도 측정 결과, 폴리머 혼입율 2%의 경우 전 가열온도 영역에서 Plain 대비 잔존 압축강도가 비슷하거나 높은 것으로 나타났으나 전체적으로 폴리머 혼입율이 증가할수록 Plain 대비 잔존 압축강도는 감소하는 경향을 나타냄.



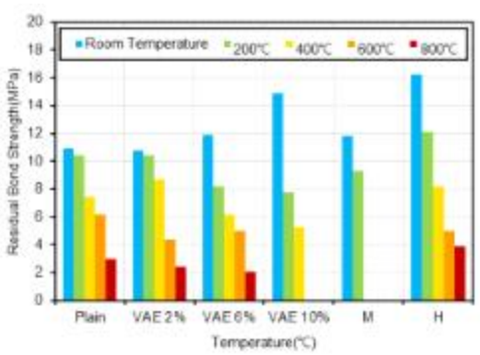
[그림 2.2.62] 잔존 압축강도 및 잔존 압축강도 비

(다) 잔존 부착강도

가열실험 후 경사전단 부착강도 측정 시험을 통한 고온 시 폴리머 시멘트 모르타르의 부착강도를 측정한 결과, 가열온도가 증가함에 따라 폴리머 시멘트 모르타르의 부착강도가 현저히 저하하는 것으로 나타남. 특히 800℃ 이상에서는 폴리머 시멘트 모르타르의 폭렬현상으로 인하여 부착강도가 측정 불가능한 경우도 확인할 수 있었음.



[그림 2.2.63] 잔존부착강도 측정방법



[그림 2.2.64] 잔존 부착강도

마 폭렬방지 폴리머 시멘트 모르타르 개발

폴리머 시멘트 모르타르의 폭렬현상을 저감하기 위하여 배합시 섬유길이 6mm, 12mm, 6+12mm의 폴리프로필렌 섬유를 0.05Vol%, 0.1Vol% 혼입한 후 전기로 가열실험(600℃, 800℃)을 진행하여 폭렬현상을 확인한 결과 폴리머 혼입율 4% 이하, 섬유길이 12mm 0.1Vol% 이상 혼입하여 배합하는 것이 적당하다고 판단됨.

[표 2.2.37] 섬유혼입 폴리머 시멘트 모르타르 배합

Specimens	Unit Weight(kg/m^3)					Remarks
	W/C	W	C	S	Polymer	
VAE 2%	0.5	256.4	512.9	1538.8	10.26	• Length of PP Fiber(mm) - 6, 12, 6+12 • Addition ration of PP Fiber(Vol%) - 0.05, 0.1
VAE 4%					20.52	
VAE 6%					30.78	

[표 2.2.38] 섬유혼입 폴리머 시멘트 모르타르 배합

	6mm 0.05Vol%		6mm 0.1Vol%		12mm 0.05Vol%		12mm 0.1Vol%		6+12mm 0.05Vol%		6+45mm 0.1Vol%	
VAE 2%												
VAE 4%												
VAE 6%												

바 내화공법(섬유혼입)이 적용된 고강도 콘크리트의 화재 후 보수재료별 성능평가

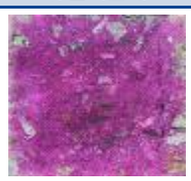
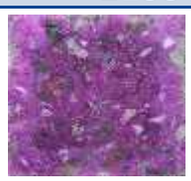
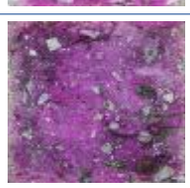
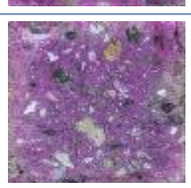
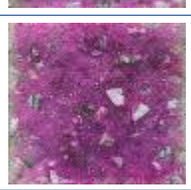
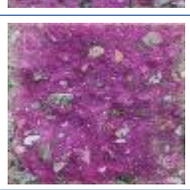
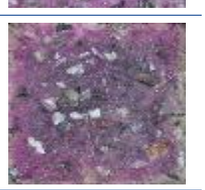
(1) 보수재료별 성능평가

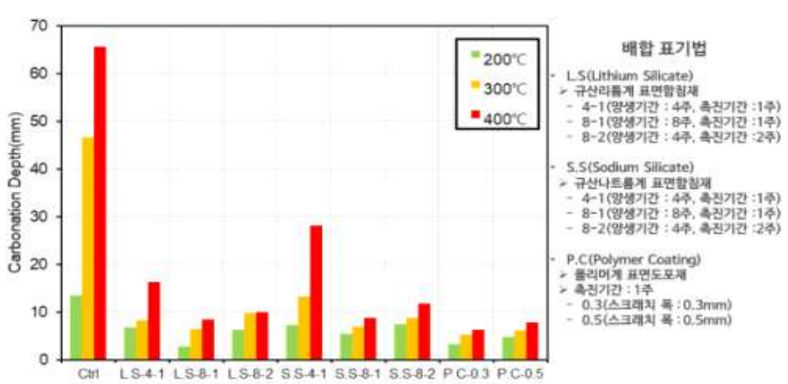
본 연구에서는 화재피해를 입은 섬유혼입 고강도 콘크리트의 PP섬유의 용융에 따른 장기내구성 저하를 방지하고자 규산염계 표면함침제와 폴리머계 표면도포제를 적용한 뒤 촉진탄산화에 의한 중성화 깊이를 평가하여 표면보수재료의 종류에 따른 중성화 저항성을 비교·평가하였음.

[표 2.2.39] 실험인자 및 수준

실험인자	수준	비고
전기가열로 실험	• 온도수준 : 200, 300, 400℃	
표면보수재료	• 규산리튬계 표면함침제 • 규산나트륨계 표면함침제 • 폴리머계 표면도포제	• 규산염계 표면함침제 양생기간 : 4, 8주 • 폴리머계 표면도포제 스크래치 폭 : 0.3, 0.5mm

[표 2.2.40] 중성화 깊이 측정 결과

	Control	표면함침제		표면도포제	
		규산리튬계	규산나트륨계	0.3mm 균열상정	0.5mm 균열상정
					
300℃					
400℃					



[그림 2.2.65] 중성화 깊이 측정 결과 비교·평가

(2) 화재피해를 입은 건축물의 보수·보강 가이드라인

화재피해를 입은 건축물의 보수·보강에 있어서 고려해야할 사항 및 표준적인 방법을 나타내는 것과 화재피해를 입은 건물의 보수·보강방법을 결정할 때의 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 하였음.

[표 2.2.41] 화재피해등급에 따른 보수·보강의 종류

화재피해등급	보수·보강의 종류	적용공법	열화현상	오염	표면취약	폭렬	균열	들뜸·박락	철근좌굴	휨변형
B급	표면처리·오염제거·탈취		고압세정·워터젯	○	○					
			샌드블라스트	○	○					
			드라이블라스트 (드라이아이스)	○	○					
B급	표층부 콘크리트	표면피복공법	표면피복공법				○			
		균열주입공법	균열주입공법				○			
			균열충진공법				○			
C·D급	피복콘크리트	표면도포공법	폴리머 시멘트 모르타르 도포법	○	○	○		○		
			모르타르 뿜칠법			○		○		
		단면수복공법	모르타르 그라우트법		○	○		○		
			콘크리트 대체타설법					○		
D·E급	부재표면강화에 의한 보강		부재라이닝(감싸붙임)법					○		
			강판접착법·증타설법					○	○	○
E급	신부재의 증설에 의한 보강 부재의 재시공		신부재 증설법						○	○
			부재의 재시공			○		○	○	○

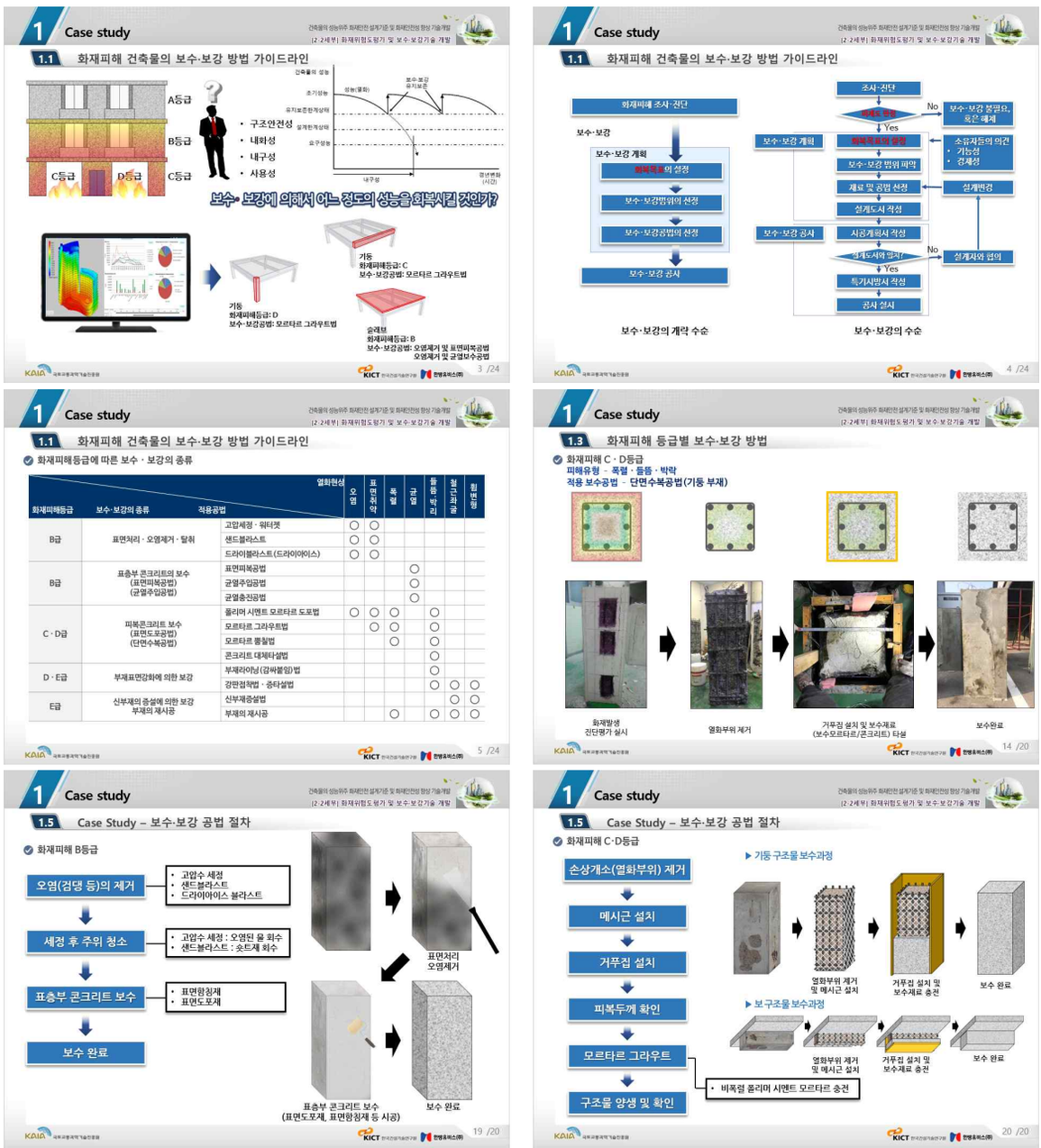
[표 2.2.42] 보수공법에 따른 보수재료의 분류

화재피해등급	보수 공법	보수재료 구분	분류	
B급	표면피복공법	표면피복재료	규산염계 표면함침재	
			표면도포재	
	균열주입공법	균열주입재료	유기계 주입재	에폭시수지 주입재
				아크릴수지 주입재
			무기계 주입재	폴리머 시멘트 슬러리
				초미립자 시멘트 슬러리
				초미립자 고로슬래그 슬러리
	균열충진공법	U커트 충진재료	가요성 에폭시수지 충진재	
			실링재(우레탄수지·실리콘수지)	
			폴리머 시멘트 모르타르	
C급	표면도포공법	표면도포재료	폴리머 시멘트 페이스트	
			폴리머 시멘트 모르타르	
			에멀전계 바탕조정도재	
			도막방수재	
			에폭시수지 씰(seal)재	
			건축용 마감도재	
			침투성 흡수방지재	
			무기계 침투방지재	
C·D급	단면수복공법	단면수복재료	보수용 콘크리트	
			보수용 모르타르	모르타르
				폴리머 시멘트 모르타르
				에폭시수지 모르타르

사 화재피해 건축물 부재단위의 보수·보강 기법 적용성 검증

(1) Case Study

화재피해 건축물을 대상으로 보수·보강 Case study를 수행하였으며, Case study 과정을 영상으로 제작하여 성능검증장에 적용하였음.



[그림 2.2.66] 화재피해건축물 보수·보강 공법 절차(Case Study)

03

목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3.1 최종 성과

세부과제명 (수행기관)	핵심성과	성과유형	최종 달성 성과
건축물의 성능위주 설계기준 및 통합가이드라인 개발	건축물 용도별 재실자 밀도 기준 및 피난안전기준 -건설연(황은경)	정책·제도	공간용도별 재실자밀도 기준 마련 및 조사방법론 구축 (성능위주 피난안전설계 기준)
	성능위주 연기제어 설계기준(안) 및 세부지침 -건설연(김정엽)		건축물의 성능위주 연기제어 설계 가이드라인 정립
			건축물의 성능위주 화재안전 설계평가 가이드라인
	성능위주 설계 기술의 평가절차 및 기준 -건설연(김흥열)		SCI(E)급논문 1건 등재논문(국내) 14건 등재논문(국외) 3건 학술발표(국내) 16건 학술발표(국외) 1건 정책제안 31건 정책반영 17건 특허출원 2건 특허등록 2건 세미나개최 1건 토론회 1건
	성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발 (한남대)	S/W	건축물의 성능위주 내화설계 평가 프로그램
			SCI(E)급논문 1건 등재논문(국내) 5건 학술발표(국내) 3건 S/W등록 1건 인력양성(박사) 1건
	성능위주 피난안전설계 가이드라인 (제주대)	정책 · 제도	건축물의 피난안전 설계를 위한 피난성능 요구기준(안) (성능위주 피난안전설계 가이드라인)
			SCI(E)급논문 0.5건 등재논문(국내) 3건 등재논문(국외) 4건 학술발표(국내) 8건 정책제안 3건 정책반영 1건
	피난분석의 주요요소 실험 및 신뢰성 검토 표준 개발 (경민대)	정책·제도	피난실험 데이터 확보 기술표준 및 지침, 피난예측분석도구 검증 및 확인 기술표준 및 지침

03 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

세부과제명 (수행기관)	핵심성과	성과유형	최종 달성 성과
			등재논문(국내) 2건
	성능위주 내화설계기준 개발 (강원대)	가이드라인 개발	건축물의 성능기반 내화설계 가이드라인(안) 개발
			등재논문(국내) 3건 등재논문(국외) 2건 학술발표(국내) 12건 학술발표(국외) 4건
	성능위주 설계 기준 현장 평가 (목양종합)	기타	성능설계 수행
	현장품질관리 기준 (방재연)	정책·제도	기준(지침)안 및 관련 법령 제·개정안 작성
			등재논문(국내) 6건 학술발표(국내) 21건 학술발표(국외) 6건 정책제안 4건 정책반영 4건 언론홍보 1건 인력양성(박사) 1건
	현장품질관리 앱(웹시스템) (방재연)	소프트웨어	현장품질관리 웹시스템 개발
			S/W등록 2건
	화재안전가이드라인 (시립대)	정책·제도	기준(지침)안 및 관련 법령 제·개정안 작성
			등재논문(국내) 3건 학술발표(국내) 3건 정책제안 7건 언론홍보 2건
	화재안전가이드라인 (호서대)	가이드라인	화재안전가이드라인 개발
			등재논문(국내) 8건 학술발표(국내) 55건 학술발표(국외) 10건 정책반영 2건 특허출원 1건 특허등록 1건 인력양성(석사) 6명 세미나개최 8건 저술 2건
	노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인 기준 및 지침 (가천대)	정책·제도	노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인 개발
			등재논문(국내) 6건 학술발표(국내) 14건 정책제안 1건 특허출원 1건 인력양성(석사) 8건 인력양성(학부) 4건
	배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인 (기설연)	가이드라인	배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인 개발
			등재논문(국내) 2건 학술발표(국내) 1건 학술발표(국외) 1건 특허출원 1건
	GFS	1차년도 조기종료	

세부과제명 (수행기관)	핵심성과	성과유형	최종 달성 성과
화재위험도 평가 및 보수·보강 기술 개발	기존 노후 건축물 화재안전성능 평가방법 및 적용기준 (한방유비스(주))	정책·제도	기존 노후 건축물의 화재안전성능평가방법 및 적용기준 (건축방재/소방시설/피난) 등재논문 2건 학술발표 3건 특허출원 4건 특허등록 4건 S/W등록 1건 가이드라인 1건 인력양성 2명 (석사1, 박사1)
	화재응력비를 고려한 구조부재의 내화성능 평가기술 선진화 (KICT)	정책·제도	주요구조부의 내화성능평가방법 및 적용기준 선진화 정책제안 14건 정책반영 5건 등재논문(국내) 4건 학술발표(국내) 7건
	건축물 마감재료 가스유해성 화재모델 구축 및 연소독성지수 기준 개발 (KICT)	정책·제도	건축물 마감재료의 연소가스 유해성 시험방법 개발 및 독성DB 구축 정책제안 2건 정책반영 3건 표준신청 1건 등재논문(국내) 3건 학술발표(국내) 8건
	실대형 화재 시험방법을 통한 건축물 마감재의 평가기준 개발 (KICT)	정책·제도	실대형 화재 시험방법을 통한 건축물 마감재의 평가기준 개발 KS F 8414 표준 제정 (신청 3건, 완료 1건) 외부 마감재료 관련 기준 정책제안 5건 정책반영 2건 (건축법 시행령, 피난규칙) 언론 홍보 2건 등재논문(국내) 5건 학술발표(국내) 5건
	대형 화재구획설비의 평가방법 및 적용기준 개발 (KCL)	정책·제도	대형 화재구획설비의 평가방법 및 적용기준 개발 등재논문 2건 학술발표 2건 시작품제작 3건 가이드라인 1건 지침(안) 1건
	화재피해 건축물에 대한 진단·평가 절차개발 (서울시립대학교)	정책·제도	화재피해 건축물에 대한 진단·평가 절차 SCI(E) 6건 등재논문 5건 학술발표 12건 특허출원 1건

03 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

세부과제명 (수행기관)	핵심성과	성과유형	최종 달성 성과
			특허등록 1건 인력양성 6명 (석사 5, 박사1) 가이드라인 1건
	화재피해 건축물 데이터 통합 MDDW 솔루션 및 개선모델 마이닝 엔진 개발 (서울시립대학교)	소프트웨어	화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선방법
			SCI(E) 1.5건 등재논문 6.5건 학술발표 12.5건 특허출원 4건 특허등록 2건 S/W등록 5건 인력양성 1건 (석사)
	화재피해 건축물 구조안전성 평가방법 (이화여자대학교)	정책·제도	화재피해 건축구조물 안전성 평가방법
			SCI(E) 2건 등재논문 2건 학술발표 9건 인력양성 5건 (석사3, 박사2) 가이드라인 1건
	화재피해 건축물의 최적 보수재료·보강공법 선정 시스템 및 평가기술 개발 (대진대학교)	공법·기법	화재피해 건축물 부재단위의 강도 보수·보강 기술
			SCI(E) 1건 등재논문 7건 학술발표 7건 인력양성 4건 (학사1, 석사3) 가이드라인 1건

3.2 연차별 목표달성도

3.2.1 건축물의 성능위주 설계기준 및 통합 가이드라인 개발

가 1차년도

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능목표	성과점검기준					양적성과		예산 (백만원)	해당 기관
						성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
								목표치	달성치					
1 세부	A	성능위주 화재안전설계를 위한 재실자밀도기준, 연기제어기준 개발 및 평가절차·기준 등급화 연구	A-1	공간용도에 따른 재실자밀도 기준 정립	재실자밀도 조사방법 및 기준개발	①	재실자밀도 조사방법론	1건	1건	건수 확인	국내논문 1건	국내논문 1건 국내발표2건 국외발표1건	15,000	KICT
						②	자료조사 및 중점요소 선정	1건	1건	건수 확인				
			A-2	건축물의 성능위주 연기제어 설계기준 정립	성능위주 연기제어 설계 가이드라인 개발	①	성능위주 연기제어 설계의 총괄 구조 정립	1	1	총괄구조의 타당성 평가 의견서	학술발표 (국내) 1 건	학술발표 (국내) 1 건	35	
			A-3	성능위주 내화설계 평가절차 개발	성능위주 내화설계 평가절차 가이드라인 개발	①	조사내용 타당성	4건	4건	보고서검토	-	학술발표 (국내) 1건	66	
	B	피난분석의 주요요소 실험 및 신뢰성 검토 표준 개발	B-1	피난요소실험표준개발	건축피난 주요 요소 실험표준 개발	①	피난분석모델 수집 및 분석	5건	5건	검토모델 수 확인	-	-	16	경민대
						①	실험표준개발	5건	5건	개발표준항목 수 확인				
	C	건축물의 성능위주 피난안전 설계 기준 개발	C-1	성능설계 법규 및 성능설계 요소 비교 검토	성능위주 피난안전 설계 가이드라인	①	국외 성능설계 기준 검토 건수 확인	3	3	보고서 검토	0	일반게재논문 1건 국내학술발표 1건	25	제주 대학교
	D	건축물의 성능위주 내화설계기준 개발	D-1	성능기반 내화설계 현황정립	성능기반 국내외 법규정 기반 정립	①	국내외 성능기반 법규정 조사	법규정 조사	법규정 조사	보고서	논문1편	논문1편 발표 1편	25	강원대
	E	사용자 및 평가자 중심의 성능설계 현장적용	E-1	국내외 건축물 성능위주 설계사례분석 및 기준분석	국내외 건축물 성능위주 설계사례분석 및 기준분석	①	사양설계대비 성능향상 설계 기술적용	1	5	조사건수 확인	-	-	43	목양
	F	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	F-1	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	①	국내외 기준분석	3	3	보고서 검토	-	학술발표(국내) 1건	10	한남대

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능목표	성과점검기준					양적성과		예산 (백만원)	해당 기관
						성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
								목표치	달성치					
	G	방화구획(방화문, 방화셔터 등) 및 내화구조의 화재안전성능 유지를 위한 현장품질관리 기준개발	G-1	현장품질관리 기준(안) 초안	현장품질관리 관련 제도 조사자료 작성	①	현장품질관리 관련 제도 조사	1	1	건수	-	학술발표(국내) 4건	45	방재연
	H	건축물 리모델링, 공사중 화재안전 가이드라인 개발	H-1	공사현장의 화재위험특성 분석	공사현장의 공간특성 및 공정별 특성 분석을 통한 화재위험요소 도출	①	위험특성 분석 및 화재위험요소 조사분석	1	1	건수	-	학술발표(국내) 1건	25	서울시립대
	I	실사용자(건축설계자, 재실자, 소방관련 실무자 등)를 위한 화재안전 가이드라인 개발	I-1	화재통계분석을 통한 건축물 용도별 화재위험도 맵(Map)작성	건축물 용도별 위험도 분석	①	화재위험도 맵(Map)작성	1	1	화재위험도 맵 (Map) 작성	일반게재논문 1건	학술발표(국내) 2건	15	호서대
			I-2	BIM기술기반 화재안전 기술로드맵(Map) 작성	기술로드맵 구축	②	기술로드맵(Map)작성	1	1	기술로드맵 (Map) 작성				
	J	노후 건축물 밀집지역 화재 가이드라인 개발 및 노후 신축 시 피난 통로 확보 가이드라인 개발	J-1	노후 건축물 밀집지역 실태조사 및 가이드라인 적용대상 선정	노후 건축물 밀집지역 실태조사 및 화재사례 조사를 통한 가이드라인 적용대상 선정	①	노후 건축물 밀집지역 실태조사 및 화재사례 조사	-	1	보고서 제출	-	학술발표(국내) 3건, 인력양성 1건	25	가천대
	L	주변 환경을 고려한 자기 보상기능을 가진 감지기 개발	L-1	설치환경에 따른 비화재보 자료 수집 분석 및 기술 플로우차트 작성	감지기 개발	①	설치 환경에 따른 비화재보 자료수집 및 분석	100건	1056건	보고서 제출	-	-	43	GFS
						②	주변환경 보상 기능 기술 플로우차트 작성	1	1	보고서 제출				

나 2차년도

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능목표	성과점검기준				양적성과		예산 (백만원)	해당 기관
						성과지표	목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
							목표치	달성치					
1 세부	A	성능위주 화재안전설계를 위한 재실자밀도기준, 연기제어기준 개발 및 평가절차기준 등급화 연구	A-1	공간용도에 따른 재실자밀도 기준 정립	재실자밀도 조사방법 및 기준 개발	① 건축물 공간용도별 재실자밀도 조사분석 및 기준(안) 개발	1건	1건	재실자밀도 분석방법	국내논문1건	국내논문1건 국내발표 1건 세미나개최 1건	68,000	KICT
			A-2	건축물의 성능위주 연기제어 설계기준 정립	성능위주 연기제어 설계 가이드라인 개발	① 연기제어 설계의 세부 성능위주 기법 정립	1	1	세부 성능위주 설계 기법의 적정성 평가 의견서	국내(비SCI) 논문 1건	국내(비SCI)논문 1 건 학술발표(국내) 2건	92.5	
			A-3	성능위주 내화설계 평가절차 개발	성능위주 내화설계 평가절차 가이드라인 개발	① FEB(Fire Engineering Brief) 절차서 개발	1	1	보고서검토	국내논문 1건	국외논문 1건 국내논문 2건 학술발표(국내) 6건	226	
						② FEB(Fire Engineering Brief) 세부 항목 설정	1	1					
	B	피난분석의 주요요소 실험 및 신뢰성 검토 표준 개발	B-1	건축 피난 요소 별 성능 설계 데이터 확보 실험 수행	건축피난 주요 요소 실험표준 개발	② 이동 및 특성 실험수행	4회	4회	실험수행 수 확인	논문게재 1건	논문게재 1건	83.5	경민대
	C	건축물의 성능위주 피난안전 설계 기준 개발	C-1	성능위주 피난안전기준 개발	성능위주 피난안전 설계 가이드라인	① 피난성능 요구사항 및 성능 기준의 수준 정립	1	1	보고서 검토	0	일반게재논문 2건 국내학술발표 2건	82.5	제주 대학교
	D	건축물의 성능위주 내화설계기준 개발	D-1	건축물 조건에 따른 내화등급 세분화 연구	성능위주 내화설계기준 개발	① 내화등급 세분화에 따른 주요 구조부의 시간적 내화성능 부여 기본연구 수행	구축 여부	구축	기둥 및 보부재의 표준크기에 대한 해석적 내화성능 데이터베이스 구축	논문 1편	논문 1편 발표 1편	82.5	강원대
	E	사용자 및 평가자 중심의 성능설계 현장적용	E-1	실건축물 사양설계 수행	사용자 및 평가자 중심의 성능위주 설계 기준 현장 적용성 평가	① 실건축물 사양설계 기준 설계 수행	1	100	사양설계 수행건수 확인	-	-	401	목양

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능목표	성과점검기준					양적성과		예산 (백만원)	해당 기관
						성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
								목표치	달성치					
	F	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	F-1	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	①	강구조에 대한 내화설계 평가 방법 절차	1	1	보고서 검토	국내논문 1건	국내논문 1건	60	한남대
	G	방화구획(방화문, 방화셔터 등) 및 내화구조의 화재안전성능 유지를 위한 현장품질관리 기준개발	G-1	현장품질관리 기준(안) 초안	현장품질관리 기준(안) 초안 작성	①	관리대상별/ 관리단계별 기준(안) 초안 작성	1	1	건수	국내(비SCI) 논문 1건	국내(비SCI)논문 1건, 학술발표(국외) 1건, 학술발표(국내) 3건	125	방재연
	H	건축물 리모델링, 공사중 화재안전 가이드라인 개발	H-1	가이드라인 개발을 위한 조사분석	국내외 관련 기준 분석 및 현장위험도 조사 분석	①	분석보고서 작성	1	1	작성여부 확인	일반게재논문1편	학술발표(국내) 1건	78	서울시립대
	I	실사용자(건축설계자, 재실자, 소방관련 실무자 등)를 위한 화재안전 가이드라인 개발	I-1	건축물 실사용자의 사용경험(UX) DB구축	DB 구축	①	사용자경험(UX) DB구축	1	1	DB구축	일반게재논문 1건	국내(비SCI)논문 2건, 특허출원 1건, 학술발표(국내) 10건, 세미나개최 5건, 책자발간 1건	68	호서대
			I-2	건축물 용도별 유지관리를 위한 BIM/ICT기술 연계모듈 분석	기술로드맵 구축	②	BIM기술 연계 모듈	1	1	연계모듈 프로세스				
	J	노후 건축물 밀집지역 화재 가이드라인 개발 및 노후 신축 시 피난 통로 확보 가이드라인 개발	J-1	노후 건축물 밀집지역 화재위험도 평가기준 수립	노후 건축물 밀집지역 화재위험요소 발췌 및 위험도 평가기준 수립	①	밀집지역 화재위험도 평가기준 수립 보고서 작성	1	1	보고서 제출	일반게재논문1건	국내(비SCI)논문 2건, 학술발표(국내) 1건	82	가천대
	K	배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인 개발	K-1	배연창, 배연구 성능평가 및 성능기준 개발	성능평가 및 성능기준 개발	①	성능평가 및 성능기준 개발	1	1	보고서 제출	논문 1건	국내(비SCI)논문 1건, 학술발표(국외) 1건, 학술발표(국내) 1건	50	기설연

다 3차년도

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능목표	성과점검기준					양적성과		예산(백만원)	해당기관
						성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
								목표치	달성치					
1세부	A	성능위주 화재안전설계를 위한 재실자밀도기준, 연기제어기준 개발 및 평가절차기준 등급화 연구	A-1	공간용도에 따른 재실자밀도 기준 정립	재실자밀도 조사방법 및 기준 개발	①	건축물 공간용도별 재실자밀도 조사분석 및 기준(안) 개발	1건	1건	재실자밀도 조사보고서	국내논문 1건	국내논문 1건 국내발표 1건 정책제안 2건	43,000	KICT
			A-2	건축물의 성능위주 연기제어 설계기준 정립	성능위주 연기제어 설계 가이드라인 개발	①	성능위주 연기제어 설계의 평가방안	1	1	평가방안에 대한 타당성 평가의견서	국내(비SCI) 논문 1건	국내(비SCI) 논문 1건 정책제안 3건	53	
			A-3	성능위주 내화설계 평가절차 개발	성능위주 내화설계 평가절차 가이드라인 개발	①	FEB(Fire Engineering Brief) 세부 항목 설정	1	1	보고서 검토	국내논문 1건	국내논문 1건 정책제안 3건	175	
						②	QDR(Qualitative Design Review) 절차서 개발	1	1					
	B	피난분석의 주요요소 실험 및 신뢰성 검토 표준 개발	B-1	피난분석의 주요요소 실험 및 신뢰성 검토 표준 개발	피난 예측분석도구 검증 및 확인절차 개발	①	절차표준(안) 개발	1	1	표준(안) 수	논문게재 1건	논문게재 1건	44	경민대
							비상 시 Counter-flow/확인 절차소요 실험수행	1	1	실험수행 수				
	C	건축물의 성능위주 피난안전 설계 기준 개발	C-1	건축물을 위한 피난시나리오 개발	성능위주 피난안전 설계 가이드라인	①	피난시나리오 입력변수 정의	1	1	보고서 검토	일반게재논문 1건	국내학술발표 3건 정책제안 2건	43	제주대학교
	D	건축물의 성능위주 내화설계기준 개발	D-1	내화등급 세분화 및 성능위주 내화설계기술 개발	성능위주 내화설계 기준개발	①	내화등급 세분화에 따른 주요 구조부의 내화성능평가 연구수행	개발 여부	개발	내화등급에 따른 화재안전성 평가방법 개발	논문 1편	논문 1편 발표 1편	43	강원대
	E	사용자 및 평가자 중심의 성능설계 현장적용	E-1	성능설계 분야별(내화/연소/피난/연기) 성능위주 설계기준에 따른 설계수행 및 설계절차 분석	사용자 및 평가자 중심의 성능위주 설계 기준 현장 적용성 평가	①	성능설계 분야별 성능위주 ITEM 설계 수행	1	100	성능설계 ITEM 설계수행 건수	일반게재 논문 1건	설계반영 1건 설계절차서 1건	203	목양
						②	성능위주 설계 수행 체계분석	1	100	성능위주 설계수행절차				

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능목표	성과점검기준					양적성과		예산(백만원)	해당기관
						성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
								목표치	달성치					
	F	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	F-1	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	①	철근콘크리트 구조에 대한 내화설계 평가 방법 절차 보고서 작성	1	1	보고서 검토	논문 1편	논문 1편	33	한남대
	G	방화구획(방화문, 방화셔터 등) 및 내화구조의 화재안전성능 유지를 위한 현장품질관리 기준개발	G-1	현장품질관리 기준(안) 초안 보완안	현장품질관리 기준(안) 초안 보완안 작성	①	현장품질관리 기준(안) 초안 보완(안) 작성	1	1	건수	국내(비SCI) 논문 1건	국내(비SCI)논문 1건, 학술발표(국외) 1건, 학술발표(국내) 5건, 언론보도 1건	63	방재연
			G-2	현장품질관리 방법 검토	현장품질관리 방법 검토 내용 작성	②	현장품질관리 관련 방법 검토	2	2	건수				
	H	건축물 리모델링, 공사중 화재안전 가이드라인 개발	H-1	가이드라인 구성 및 세부요소 작성	가이드라인 항목 및 기술요소 검토	①	가이드라인 체계 및 구성 작성	1	1	건수	일반게재논문1편	-	53	서울시립대
			H-2			②	가이드라인 항목 및 기술요소 검토	1	1	건수				
	I	실사용자(건축설계자, 재실자, 소방관련 실무자 등)를 위한 화재안전 가이드라인 개발	I-1	건축물 실사용자의 사용자경험(UX)조사 및 화재안전 설계/유지관리 방법 정립	사용자경험(UX) DB구축 및 화재안전 유지관리법 분석	①	건축물 용도별 실사용자의 사용자경험(UX) DB구축	1	1	DB구축	일반게재논문 1건	국내(비SCI)논문 1건, 학술발표(국내) 19건, 세미나개최 4건,	43	호서대
			I-2			②	화재안전설계/유지관리 방법 정립	1	1					
	J	노후 건축물 밀집지역 화재 가이드라인 개발 및 노후 신축 시 피난 통로 확보 가이드라인 개발	J-1	화재 및 피난 가이드라인(안) 작성 및 화재 위험도 평가표(안) 작성	노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인(안) 작성	①	밀집지역 화재위험도 평가 현장실사 검증	1	1	보고서 제출	일반게재논문 1건	국내(비SCI)논문 2건, 학술발표(국내) 4건, 정책제안 1건, 인력양성 1건	53	가천대
	K	배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인 개발	K-1	배연창, 배연구 가이드라인 개발	배연창, 배연구 가이드라인 작성	①	가이드라인	1	1	가이드라인	특허출원 1건	국내(비SCI)논문 1건, 특허출원 1건	45	기설연

라 4차년도

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능목표	성과점검기준					양적성과		예산(백만원)	해당기관
						성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
								목표치	달성치					
1세부	A	성능위주 화재안전설계를 위한 재실자밀도기준, 연기제어기준 개발 및 평가절차기준 등급화 연구	A-1	공간용도에 따른 재실자밀도 기준 정립	재실자밀도 조사방법 및 기준 개발	①	건축물 공간용도별 재실자밀도 기준(안)	1건	1건	기준 지침(안)	국내논문1건	국내논문 1건 국내발표 1건 정책제안 6건	70,000	KICT
			A-2	건축물의 성능위주 연기제어 설계기준 정립	성능위주 연기제어 설계 가이드라인 개발	①	성능위주 연기제어 설계의 신뢰성 확보	1	1	신뢰성 분석절차 평가의견서	특허 : 출원 1 건	특허 : 출원 1 건 학술발표(국내) 1 건	80	
			A-3	성능위주 내화설계 평가절차 개발	성능위주 내화설계 평가절차 가이드라인 개발	①	QDR(Qualitative Design Review) 가이드라인	1	1	통합 가이드라인 검토	국내논문 1건	국내논문 1건 학술발표(국내) 2건 특허출원 1건 정책제안 6건	158	
	B	피난분석의 주요요소 실험 및 신뢰성 검토 표준 개발	B-1	피난분석의 주요요소 실험 및 신뢰성 검토 표준 개발	경로 요소별 특성 실험 표준 및 피난 예측 분석 도구의 검증 및 확인 표준의 적용 사례 구축	①	적용사례 구축	3	3	적용사례 수	논문게재 1건	논문게재 1건	65	경민대
	C	건축물의 성능위주 피난안전 설계 기준 개발	C-1	성능위주 피난안전 설계 가이드라인 수정안 작성	성능위주 피난안전 설계 가이드라인	①	가이드라인 수정안	1	1	통합 가이드라인 검토	일반게재논문 1건	일반게재논문 2건 국내학술발표 1건 정책제안 1건 정책반영 1건	70	제주대학교
	D	건축물의 성능위주 내화설계기준 개발	D-1	내화설계기준안 작성	고온성능평가 DB구축	①	내화설계기준안 작성, 고온성능평가 DB구축	DB구축	구축	DB구축보고서	논문1편	- 발표 2편	70	강원대
	E	사용자 및 평가자 중심의 성능설계 현장적용	E-1	성능설계 분야별 성능위주 ITEM 대상 설계안 도출	사용자 및 평가자 중심의 성능위주 설계 기준 현장 적용성 평가	①	성능위주 설계 ITEM에 대한 성능설계 보고서	ITEM 2건 이상 반영	100	설계도면	-	-	295	목양
						②	분야별 성능설계 가이드라인에 대한 성능설계 수행 절차 작성	2개 분야 반영	100	성능설계수행 절차 보고서				

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능목표	성과점검기준					양적성과		예산 (백만원)	해당 기관
						성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
								목표치	달성치					
	F	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	F-1	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	① 강구조에 대한 내화설계 평가 절차 개발 (기둥부재)		1	1	평가 절차를 통한 CASE STUDY	논문 1건	게재논문 1건 국내학술 2건 인력양성 1건 (박사 1)	40	한남대
						② 콘크리트 구조에 대한 내화설계 평가 절차 개발		1	1	평가 절차를 통한 CASE STUDY				
	G	방화구획(방화문, 방화셔터 등) 및 내화구조의 화재안전성능 유지를 위한 현장품질관리 기준개발	G-1	현장품질관리 기준(안)	현장품질관리 기준(안) 작성	① 현장품질관리 지침(안) 작성		1	1	건수	국내(비SCI) 논문 1건	국내(비SCI)논문 1건, 학술발표(국외) 2건, 학술발표(국내) 2건, 정책제안 1건, 정책반영 2건	91	방재연
			G-2	관련 법령 제·개정(안)	관련 법령 제·개정(안) 초안 작성	① 현장품질관리 관련 방법 제시		1	1	법령 제·개정(안) 내용				
						② 관련 법령 제·개정(안) 초안		1	2	법령 제·개정(안) 내용				
	H	건축물 리모델링, 공사중 화재안전 가이드라인 개발	H-1	화재안전가이드라인 세부항목 구성 및 가이드라인 작성	가이드라인 초안 작성	① 화재안전 관리요소 및 작업자 안전요소 도출		1	1	작성여부	일반게재논문1편	국내(비SCI)논문 1건, 정책제안 6건	75	서울시립대
			H-2			② 화재안전 가이드라인 세부항목 구성		1	1	작성여부				
			H-3			③ 화재안전가이드라인 (초안) 작성		1	1	작성여부				
	I	실사용자(건축설계자, 재실자, 소방관련 실무자 등)를 위한 화재안전 가이드라인 개발	I-1	용도별 건축물의 화재안전 가이드라인(안)의 개발	실사용자 화재안전 가이드라인(안)	① 용도별 화재안전 가이드라인 작성		1	1	가이드라인(안) 내용	일반게재논문 1건, 인력양성 3건	학술발표(국내) 17건, 특허등록 1건 세미나 1건 인력양성 3건(석사)	55	호서대
			I-2	현행법령 및 기준등과 UX기반 화재가이드라인 분석	UX기반 화재가이드라인 분석	② 현행법령 및 기준등과 UX기반 화재가이드라인 분석		1	1	분석 내용				
	J	노후 건축물 밀집지역 화재 가이드라인 개발 및 노후 신축 시 피난 통로 확보	J-1	대상 노후 건축물 밀집지역 화재위험도 현장평가 실시	노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인 완성	① 노후 건축물 밀집지역(주거 밀집지역) 화재 및		1	1	화재안전 및 피난 가이드라인(안)	일반게재논문 1건	국내(비SCI)논문 1건, 학술발표(국내) 4건, 인력양성 4건	65	가천대

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능목표	성과점검기준					양적성과		예산 (백만원)	해당 기관
						성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
								목표치	달성치					
		가이드라인 개발					피난 가이드라인(안) 개발			내용				
						②	노후 건축물 밀집지역(전통시장) 화재 및 피난 가이드라인(안) 개발	1	1	화재안전 및 피난 가이드라인(안) 내용				
						③	노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인(안) 개발	1	1	화재안전 및 피난 가이드라인(안) 내용				
	K	배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인 개발	K-1			①								기설연
	L	주변 환경을 고려한 자기 보상기능을 가진 감지기 개발	L-1			①								GFS

마 5차년도

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능목표	성과점검기준					양적성과		예산(백만원)	해당기관
							성과지표	목표수준 목표치	목표수준 달성치	측정방법	목표건수	달성건수		
1세부	A	성능위주 화재안전설계를 위한 재실자밀도기준, 연기제어기준 개발 및 평가절차기준 등급화 연구	A-1	공간용도에 따른 재실자밀도 기준 정립	재실자밀도 조사방법 및 기준 개발	①	재실자밀조 종합(안)	1건	1건	가이드라인 및 고시안	국내논문 1건	국내논문1건 국내발표2건 세미나개최1건 정책반영1건	58,000	KICT
			A-2	건축물의 성능위주 연기제어 설계기준 정립	성능위주 연기제어 설계 가이드라인 개발	①	건축물 규모·용도에 따른 연기제어 성능설계 기준	1	1	성능위주 연기제어 설계 가이드라인 확립	국내(비SCI) 논문 1 건 특허 : 등록 1건	국내(비SCI)논문 1 건 특허 : 등록 1 건	115	
			A-3	성능위주 내화설계 평가절차 개발	성능위주 내화설계 평가절차 가이드라인 개발	①	성능위주 화재안전 설계의 평가절차, 평가기준(안)	1	1	전문가검토	특허등록 1건	학술발표 (국내) 1건 특허등록 1건 정책제안 11건 정책반영 6건	353	
	C	건축물의 성능위주 피난안전 설계 기준 개발	C-1	성능위주 피난안전 설계 지침 및 가이드라인 완성	성능위주 피난안전 설계 가이드라인	①	가이드라인 최종(안)	1	1	통합 가이드라인 검토	일반게재논문 1건 정책제안 1건	국외SCI논문 1건 국내학술발표 1건	98	제주대학교
	D	건축물의 성능위주 내화설계기준 개발	D-1	성능위주 내화설계기준 개발	성능위주 내화설계기준 개발	①	내화설계기준안 개발 및 보완	기준안 개발	기준안 개발	기준안	논문 1편	논문 1편 발표 9편	126	강원대
	E	사용자 및 평가자 중심의 성능설계 현장적용	E-1	실건축물 성능위주 설계 적용대상 건축물 선정 및 설계 수행 [Test-bed 건물 설계] 실건축물 성능위주 설계적용 대상 현장시공시 관리 방안 분석 사양설계 및 성능설계 현장적용 결과 비교 분석	사용자 및 평가자 중심의 성능위주 설계 기준 현장 적용성 평가	①	성능설계 평가현장 건축물 대상 성능설계 수행	1	100	전문가 검토의견서	-	-	462	목양
						②	성능위주 평가현장 건축물 대상 성능설계 체크리스트 작성	1	100	보고서				
	F	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	F-1	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	①	성능위주 내화설계 평가 프로그램 제작	1	1	프로그램 제작 유/무	S/W 1건	S/W 1건	110	한남대

구분	세세부과제명	성과목표		최종성능목표	성과점검기준					양적성과		예산 (백만원)	해당기관
					성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
							목표치	달성치					
	G 방화구획(방화문, 방화셔터 등) 및 내화구조의 화재안전성능 유지를 위한 현장품질관리 기준개발	G-1	관련 법령 제·개정(안)	관련 법령 제·개정(안) 작성	①	관련 법령 제·개정(안) 작성	1	3	전문가평가 보고서	S/W 1건	SW 1건, 학술발표(국외) 2건, 학술발표(국내) 6건, 정책제안 3건, 정책반영 1건	151	방재연
		G-2	성능검증실험장 적용, 관련 법령 제.개정(안) 제안	성능검증실험장 적용, 관련 법령 제.개정(안) 제안	①	성능검증실험장 적용 계획 작성	1	1	보고서				
					②	관련 법령 제.개정(안) 제안	1	3	법령 제·개정(안)				
		G-3	현장품질관리 앱(웹시스템)	현장품질관리 앱 개발	①	현장품질관리 앱 개발	1	1	현장품질관리 앱 구현				
	H 건축물 리모델링, 공사중 화재안전 가이드라인 개발	H-1	가이드라인 작성 및 검토	가이드라인 작성	①	가이드라인작성	1	1	작성여부	일반게재논문 1건	국내(비SCI)논문 1건, 학술발표(국내) 1건, 정책제안 1건	75	서울시립대
		H-2			②	가이드라인 보완검토	1	1	작성여부				서울시립대
	I 실사용자(건축설계자, 재실자, 소방관련 실무자 등)를 위한 화재안전 가이드라인 개발	I-1	건축물 실사용자를 위한 가이드라인 수정 및 보완	가이드라인 작성 및 수정·보완	①	UX기반 화재상황별 정량적 위험도 및 피난효율평가의 가이드라인	1	1	보고서	인력양성 1건	국내(비SCI)논문 1건, 학술발표(국내) 15건, 인력양성 1건(석사), 세미나개최 2건, 책자발간 1건 언론홍보 6건	69	호서대
		I-2			②	가이드라인 수정 및 보완	1	1					
	J 노후 건축물 밀집지역 화재 가이드라인 개발 및 노후 신축 시 피난통로 확보 가이드라인 개발	J-1	노후 건축물 밀집지역 가이드라인 검증 및 실용화	화재위험도 현장평가를 통한 가이드라인 검증 및 실용화	①	신뢰성 검증 및 실용화 방법	1	1	현장평가	일반게재논문 1건	국내(비SCI)논문 1건, 학술발표(국내) 2건, 특허출원 1건, 인력양성 3건	115	가천대
	K 배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인 개발	K-1			①								기설연
	L 주변 환경을 고려한 자기 보상기능을 가진 감지기 개발	L-1			①								GFS

바 6차년도

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능목표	성과점검기준					양적성과		예산 (백만원)	해당 기관
						성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
								목표치	달성치					
1 세부	A	성능위주 화재안전설계를 위한 재실자밀도기준, 연기제어기준 개발 및 평가절차·기준 등급화 연구	A-1	공간용도에 따른 재실자밀도 기준 정립	재실자밀도 조사방법 및 기준 개발	①	건축물의 성능위주 피난안전설계 가이드라인 최종본	1건	1건	재실자밀도기준 및 피난기술 성능검증	국내논문1건		46,000	KICT
			A-2	건축물의 성능위주 연기제어 설계기준 정립	성능위주 연기제어 설계 가이드라인 개발	①	건축물의 성능위주 연기제어 설계 가이드라인 최종본	1	1	성능위주 연기제어 설계기준 성능검증	국내(비SCI) 논문 1 건	SCI 논문 1 건	91	
			A-3	성능위주 내화설계 평가절차 개발	성능위주 내화설계 평가절차 가이드라인 개발	①	성능위주 내화설계 평가기준 적용	1	1	기준 및 성능검증장 검증	-	국내논문 2건 정책반영 9건	470	
	C	건축물의 성능위주 피난안전 설계 기준 개발	C-1	성능위주 피난안전 설계기준 개선안 도출	성능위주 피난안전 설계 가이드라인	①	개선안 도출	1	1	통합 가이드라인 검토	국외SCI논문 1건	일반게재논문 1건	79	제주 대학교
	D	건축물의 성능위주 내화설계기준 개발	D-1	성능기반 내화설계기준안 보완 및 경제성 분석	내화설계기준안 보완 및 내화설계 경제성 분석	①	기준안 보완 및 경제성 비교	기준안 보완 및 경제성 비교	보완 및 비교	보고서 검토	-	논문 1편 발표 3편	78	강원대
	E	사용자 및 평가자 중심의 성능설계 현장적용	E-1	성능위주 설계기준을 반영한 현장 시공 적용성 평가	성능위주 설계 기준을 반영한 현장시공 적용성 평가	①	성능위주 설계 시공분야 적용 보고서	1	1	성능위주설계 시공분야 적용방안 도출	-	-	382	목양
						②	성능위주 설계 현장시공 적용성 평가보고서	1	1	성능위주 설계 현장 시공적용성 평가				
	F	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	F-1	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	①	실건축물 대상 CASE STUDY 보고서	2		실건축물 대상 CASE STUDY	논문 1건	논문 1건	70	한남대
						②	성능위주 내화설계 평가 프로그램 사용 매뉴얼	2		매뉴얼에 따른 프로그램 시연				
	G	방화구획(방화문, 방화셔터 등) 및	G-1	성능검증 적용, 관련 법령 제·개정(안)	성능검증 적용	①	방화구획 설비 및 내화구조의	1	1	성능검증 계획 수립 및 적용 평가	국내(비SCI) 논문 1건	국내(비SCI)논문 3건	100	방재연

구분	세세부과제명	성과목표		최종성능목표	성과점검기준					양적성과		예산 (백만원)	해당 기관
						성과지표	목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
							목표치	달성치					
	내화구조의 화재안전성능 유지를 위한 현장품질관리 기준개발		제안			현장품질관리 지침 최종본					학술발표(국내) 1건 SW 1건 정책반영 1건, 인력양성 1건(박사)		
		G-2			①	현장품질관리 앱 개발	1	1(예정)	개발앱 프로그램 등록 여부				
H	건축물 리모델링, 공사중 화재안전 가이드라인 개발	H-1	성능검증 실험장 적용 및 가이드라인 활용방안 제시	성능검증 실험장 적용 검증	①	성능검증 실험장 적용 평가	1	1	보고서 작성	일반게재논문1건	국내(비SCI)논문 1건	64	서울시립대
		H-2			②	가이드라인 활용방안	1	1	보고서 작성				
I	실사용자(건축설계자, 재실자, 소방관련 실무자 등)를 위한 화재안전 가이드라인 개발	I-1	건축물 실사용자를 위한 가이드라인 작성 및 보완	가이드라인 작성 및 수정·보완	①	화재안전가이드라인 현장 적용 및 실사용자 평가 실시	1	1	현장적용 및 가이드라인 점검	일반게제논문 2건, 인력양성 2건	국내(비SCI)논문 4건 학술발표(국내) 3건 정책반영 2건, 인력양성 2건(석사)	50	호서대
		I-2			②	화재안전 홍보자료 작성	1	1	홍보자료 제작				
J	노후 건축물 밀집지역 화재 가이드라인 개발 및 노후 신축 시 피난 통로 확보 가이드라인 개발	J-1	화재 및 피난 가이드 성능 검증장 적용	성능검증장 운영 및 평가	①	성능검증장 적용 계획 및 아이템 선정	2	2	보고서	인력양성 3명	인력양성 3건	69	가천대
					②	성능검증장 시나리오 선정	1	1	보고서				
					③	선정 아이템 현장설치	1	1	보고서				
					④	성능검증장 운영 및 평가	1	1	보고서				
K	배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인 개발	K-1			①								기설연
L	주변 환경을 고려한 자기 보상기능을 가진 감지기 개발	L-1			①								GFS

3.2.2 화재위험도 평가 및 보수·보강 기술 개발

가 1차년도

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능목표	성과점검기준					양적 성과		예산	해당기관
						성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
								목표치	달성치					
2세부	M	재실자 특성별 화재위험도 평가방법 및 적용기준	M-1	국내외 화재위험도평가방법 조사	기존 노후 건축물의 화재안전성능평가방법(건축방재/소방시설/피난) 및 적용기준	①	화재위험도평가방법 조사 및 분석	3	3	보고서 제출	학술발표(국내) 1건	학술발표(국내) 1건	63백만원	한방유비스(주)
	N	기존건축물 화재위험도 평가를 위한 내화구조.연소가스 유해성 및 마감재료 평가방법 및 기준 개발	N-1	내화성능 평가방법 기준 분석	주요구조부의 내화성능평가방법 및 적용기준 선진화	①	구조부재 내화설계방법 및 열적특성 조사	1	1	보고서 제출	학술발표(국내) 1건	학술발표(국내) 3건	45백만원	KICT
			N-2	기존성능평가방법 및 관련법규 조사	건축물 마감재료의 연소가스유해성 시험방법 개발 및 독성 DB 구축	①	연소생성물의 인체독성평가 조사	5	5	보고서 제출				
			N-3	국내외 실대형 시험방법 및 기준 조사	실대형 화재시험을 통한 건축물 마감재(내외장재)의 평가방법 및 기준 개발	①	시험방법 조사 대상수	2	4	보고서 제출				
	O	대형 화재구획설비의 평가방법 및 적용기준 개발	O-1	대형 화재구획설비 관련 국내외 기준 및 평가방법 조사	대형 화재구획 설비의 평가방법 및 적용기준 개발	①	국내외 현황조사자료	1	1	보고서 제출	학술발표(국내) 1건	학술발표(국내) 1건	15백만원	KCL
	P	화재피해 건축물에 대한 진단·평가 절차 개발 및 화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선 방법 개발	P-1	현행 화재피해 건축물의 진단·평가 방법론 분석 개선방안 검토 및 대안 제시	화재 피해 건축물에 대한 진단·평가 절차	①	기존 방법론의 문제점 분석 및 대안 선정 퍼지이론을 활용한 화재진단평가 시스템 초안 도출	1	1	보고서 제출	학술발표(국내) 1건	학술발표(국내) 3건	80백만원	서울시립대학교
			P-2	화재피해건축물 내/외부 데이터 내용 및 스키마	화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선 방법	①	화재피해건축물 내/외부 데이터 내용 및 스키마 분석	1	1	보고서 제출				

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능목표	성과점검기준				양적 성과		예산	해당기관
						성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
								목표치	달성치					
				분석 화재피해건축물 개선모델 구축을 위한 다차원 데이터 웨어하우스(MDDW) 아키텍처 설계 통합 MDDW 및 화재피해 건축물 개선 모델 구축 프로세스 설계		②	화재피해건축물 개선모델 구축을 위한 다차원 데이터웨어하우스 (MDDW) 아키텍처 설계	1	1	보고서 제출				
						③	통합MDDW 및 화재피해건축물 개선모델 구축 프로세스 설계	1	1	보고서 제출				
	Q	화재피해 건축구조물 안전성 평가방법 개발	Q-1	국내외 화재 안전성 연구 동향 분석	화재 피해 건축구조물 안전성 평가방법	①	국내/외 화재 피해 건축물 구조 안전성 평가 사례 분석	1	1	보고서 제출	학술발표(국내) 1건	학술발표(국내) 1건	35백만원	이화여자 대학교
	R	화재피해 건축물 부재단위의 강도 보수·보강 기술 개발	R-1	국내외 구조보수재료·보강공법 관련 문헌고찰 및 자료수집	화재피해 건축물 부재단위의 보수보강 기술	①	문헌고찰 건수	10	10	보고서 제출	학술발표(국내) 1건	학술발표(국내) 1건	15백만원	대진 대학교
						②	사례조사 건수	5	5	보고서 제출				
계												학술발표(국내) 10건	253 백만원	

나 2차년도

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능목표	당해연도 성과목표					양적 성과		예산	해당기관
						성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
								목표치	달성치					
2세부	M	재실자 특성별 화재위험도 평가방법 및 적용기준	M-1	기존 건축물의 재실자 특성별 화재위험요소 도출	기존 노후 건축물의 화재안전성능평가방법(건축방재/소방시설/피난) 및 적용기준	① 기존 건축물의 재실자 특성별 화재위험도 분석		4	4	보고서 제출	등재논문(국내) 1건	등재논문(국내) 1건	334 백만원	한방 유비스(주)
						② 기존 건축물의 화재안전 성능평가 대상범위(안) 표		1	1	보고서 제출				
	N	기존건축물 화재위험도 평가를 위한 내화구조.연소가스 유해성 및 마감재료 평가방법 및 기준 개발	N-1	RC구조 내화성능 평가기술 개발	주요구조부의 내화성능평가방법 및 적용기준 선진화	① RC 기둥 및 보의 구조특성과 화재시 거동특성 분석		1	1	보고서 제출	등재논문(국내) 3건	등재논문(국내) 2건 학술발표(국내) 4건 정책제안 1건 정책반영 1건	209백 만원	KICT
						② RC 기둥 및 보의 구성인자와 내화성능간 분석		2	10	시험 수 확인				
						③ RC 기둥 및 보의 기준단면 설정 및 화재응력비 도출		1	1	개발 유무 확인				
			N-2	건축물 내부 마감재료의 화재모델별 시험결과 DB 구축	건축물 마감재료의 연소가스유해성 시험방법 개발 및 독성 DB 구축	① 가스유해성시험 등 화재모델 선정		1	1	건수				
						② ISO 19702 시험을 위한 정량 method 구축		1	1	건수				
						③ 건축물 마감재료의 연소 발생가스 정성/정량 분석		1	6	건수				
						④ 연소 발생가스의 정성/정량분석 결과에 대한 데이터 수치화, 분석 및 정리		10	24	건수				
						⑤ BS6853 및 ISO 13344에서 규정하는 독성지수 산정		산정유무	산정	산정유무				
						⑥ 급성흡입독성가스에 대한 화재모델 선정		산정유무	산정	산정유무				

구분	세세부과제명	성과목표		최종성능목표	당해연도 성과목표					양적 성과		예산	해당기관
					성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
							목표치	달성치					
		N-3	건축물 내외장재 실대형 시험방법 개발	실대형 화재시험을 통한 건축물 마감재(내외장재)의 평가방법 및 기준 개발	①	건축물 내외장재 실대형 화재 시험	2	2	시험건수 확인				
O	대형 화재구획설비의 평가방법 및 적용기준 개발	O-1	대형 화재구획설비 평가용 시작품 설계 및 일체형 방화셔터 비상문 개폐력 평가	대형 화재구획 설비의 평가방법 및 적용기준 개발	①	시작품 설계	1	1	보고서 제출	등재논문(국내) 1건	등재논문(국내) 1건	70 백만원	KCL
					②	개폐력 평가	1	1	학술발표				
P	화재피해 건축물에 대한 진단·평가 절차 개발 및 화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선 방법 개발	P-1	콘크리트 표면 색상변화 및 기타 평가방법별 수열온도 및 잔존강도 DB 구축	화재 피해 건축물에 대한 진단·평가 절차	①	재료성능실험을 통한 화재노출온도에 따른 재료특성 DB구축	DB 신뢰도 90%	DB 신뢰도 100%	DB 구축 여부	등재논문(국내) 1건 특허출원 1건 SW등록 1건	등재논문(국외) 1.5건 학술발표(국내) 3건 학술발표(국외) 2건 특허 : 출원 1건 SW등록 2건 인력양성 : 석사 2건	205 백만원	서울 시립 대학교
		P-2	화재피해건축물 진단/개선을 위한 통합 MDDW 구축	화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선 방법	①	데이터 융합속도 (Gbyte당 시간측정)	10 분/Gbytes	8.23 분/Gbytes (목표 달성)	MDDW에 대한 SQL 질의				
Q	화재피해 건축구조물 안전성 평가방법 개발	Q-1	화재 손상 예측을 위한 일반강도 콘크리트 부재의 구조안전성 평가	화재 피해 건축구조물 안전성 평가방법	①	일반강도 구조 부재에 대한 내화거동 평가	1	1	보고서 제출	등재논문(국내) 1건	SCI(E) 논문 0.5건 학술발표(국내) 2건	90 백만원	이화여자 대학교
R	화재피해 건축물 부재단위의 강도 보수·보강 기술 개발	R-1	내화공법(섬유혼입) 적용 건축물에 대한 화재 후 내구성 평가	화재피해 건축물 부재단위의 보수보강 기술	①	사례조사/비교분석 보고서	1	1	보고서 제출	등재논문(국내) 1건	인력양성 : 학사 1건	78 백만원	대진 대학교
					②	전기로 가열실(재료특성평가)	1	1					
					③	내화성능 시험수행	1	1					
					④	장기폭로에 따른 내구성평가	1	1					

다 3차년도

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능목표	당해연도 성과목표					양적 성과		예산	해당 기관
						성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
								목표치	달성치					
2세부	M	재실자 특성별 화재위험도 평가방법 및 적용기준	M-1	기존 건축물의 재실자 특성별 화재안전성능평가 개발	기존 노후 건축물의 화재안전성능평가방법(건축방재/소방시설/피난) 및 적용기준	① 기존 화재위험도 평가기법 분석		3	3	보고서 제출	등재논문(국내) 1건	-	163 백만원	한방 유비스(주)
						② 화재안전성능 평가방법 개발		1	1	보고서 제출				
	N	기존건축물 화재위험도 평가를 위한 내화구조.연소가스 유해성 및 마감재료 평가방법 및 기준 개발	N-1	강구조 내화성능 평가기술 이론 정립	주요구조부의 내화성능평가방법 및 적용기준 선진화	① 강구조 구조부재의 특성을 반영한 내화성능 설계방법 및 실험계획 수립		1	1	보고서 제출	등재논문(국내) 1건	등재논문(국내) 1건 학술발표(국내) 5건 학술발표(국외) 1건 정책제안 3건 언론보도 2건	110 백만원	KICT
			N-2	건축물 마감재료 연소가스의 생체학적 손상도 분석 및 독성요소에 관한 실험 데이터 분석	건축물 마감재료의 연소가스유해성 시험방법 개발 및 독성 DB 구축	① KSF2271시험기반의 정량method구축		1	1	method구축				
						② 마감재료소재별 연소가스 생물학적 손상도 분석		1	1	생물학적 손상도분석				
						③ 발생 연소가스 분석 데이터 수치화, 분석 및 프로세스		3	3	연소가스 분석 데이터 수치화				
			N-3	건축물 외장재 성능평가 기준(안) 작성 및 보완	실대형 화재시험을 통한 건축물 마감재(내외장재)의 평가방법 및 기준 개발	① 건축물 외장재 실대형 시험방법 및 성능기준(안) 보완		1	1	보고서 제출				
						② 화재확산방지구조 개선 보완		1	1	보고서 제출				
	O	대형 화재구획설비의 평가방법 및 적용기준 개발	O-1	대형 화재구획설비 평가용 시작품 모듈 제작(1차)	대형 화재구획 설비의 평가방법 및 적용기준 개발	① 시작품 모듈 제작(1차)		1	1	보고서 제출	시제품제작 1건	시작품제작 1건	38 백만원	KCL
						② 평가기준(안) 도출		1	1	보고서 제출				
	P	화재피해 건축물에 대한 진단평가 절차 개발 및 화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선 방법	P-1	퍼지이론을 활용한 수열온도 추정방법개발	화재 피해 건축물에 대한 진단·평가 절차	① 재료성능DB를 입력변수로 적용한 수열온도 추정방법 개발		1	1	보고서 제출	SCI(E)급논문 1건 등재논문(국내) 1건	SCI(E) 논문 2건 등재논문(국내) 1건 등재논문(국외) 1건 학술발표(국내) 5건 학술발표(국외) 1건	126 백만원	서울시립 대학교
			P-2	화재피해건축물 진단/개선을 위한	화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선 방법	① OLAP엔진 개발		1	1	MDDW에 대한 SQL				

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능목표	당해연도 성과목표					양적 성과		예산	해당 기관
						성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
								목표치	달성치					
		개발		OLAP엔진 개발						질의		특허 : 출원 1건 인력양성 : 석사 2건		
						②	사용편의성 최적화	1	1	사용자 시연				
						③	성능 평가	1	1	MDDW에 대한 SQL 질의				
	Q	화재피해 건축구조물 안전성 평가방법 개발	Q-1	화재에 노출된 콘크리트 부재의 열적 특성 파악	화재 피해 건축구조물 안전성 평가방법	①	추가 구조 부재 계획	1	1	보고서 제출	등재논문(국내) 1건	학술발표(국내) 2건	63 백만원	이화여자 대학교
						②	구조부재 화재실험 및 분석	1	1					
						③	화재노출 콘크리트 부재의 열적 특성 파악 분석	1	1					
	R	화재피해 건축물 부재단위의 강도 보수·보강 기술 개발	R-1	보수보강 계획 수립 및 범위설정/방법 선정	화재피해 건축물 부재단위의 보수보강 기술	①	보수보강방법 선정	1	1	보고서 제출	등재논문(국내) 1건	등재논문(국내) 1건 학술발표(국내) 1건 인력양성 : 석사 1건	43 백만원	대진 대학교

라 4차년도

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능폭표	당해연도 성과목표					양적 성과달성건수		예산	해당기관
						성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
								목표치	달성치					
2세부	M	재실자 특성별 화재위험도 평가방법 및 적용기준	M-1	기존 건축물의 화재안전성능평가 적용기준 개발	기존 노후 건축물의 화재안전성능평가방법(건축방재/소방시설/피난) 및 적용기준	① 화재안전성능평가 적용기준 도출		1	1	보고서 제출	특허출원 1건 학술발표(국내) 1건	특허 : 출원 2건 학술발표(국내) 1건 가이드라인(안) 1건	223 백만원	한방 유비스(주)
						② 가이드라인(안) 도출		1	1	가이드라인(안) 제출				
	N	기존건축물 화재위험도 평가를 위한 내화구조.연소가스 유해성 및 마감재료 평가방법 및 기준 개발	N-1	강구조(기둥) 내화성능 평가기술 개발 - 내화해석 수행 - 재하가열실험 수행	주요구조부의 내화성능평가방법 및 적용기준 선진화	① 강구조 기둥의 구조특성과 화재시 거동특성 분석		1	1	보고서제출	등재논문(국내) 3건	등재논문(국내) 2건 학술발표(국내) 4건 정책제안 7건 정책반영 1건 표준신청 2건	160 백만원	KICT
						② 강구조 기둥의 구성인자와 내화성능간 상관성 분석		10	10					
						③ 강구조 기둥의 기준단면 설정 및 화재응력비 도출		1	1					
			N-2	건축물 마감재료 급성흡입독성에 대한 새로운 독성지수 산출 및 정립	건축물 마감재료의 연소가스유해성 시험방법 개발 및 독성 DB 구축	① 가스유해성 시험 기준에 상응하는 독성지수 산정		독성지수 산정	독성지수 산정	보고서 내용				
						② 화재실험을 통한 연소가스 DB 구축 및 추가실험		DB 구축	DB 구축	DB구축 여부				
						③ 연소가스 기준마련 및 보완		연소가스 기준설정	연소가스 기준설정	가이드라인(안) 제출				
			N-3	건축물 외장재 실대형 시험방법 및 평가기준 제도화 및 외장재 법적 기준미달 건축물 대상 외장재 안전성	실대형 화재시험을 통한 건축물 마감재(내외장재)의 평가방법 및 기준 개발	① 건축물 외장재 실대형 화재시험방법 및 평가기준 제도화		KS 제정 신청 1건	2건 신청	신청건수				
						② 외장재 법적기준미달 건축법(법 적용 이전 구축) 대상 외장재 안전성 확보		안전성 확보 방안	안전성 확보 방안 수립(1	보고서 제출				

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능폭표	당해연도 성과목표					양적 성과달성건수		예산	해당기관
						성과지표		목표수준		측정방법	목표건수	달성건수		
								목표치	달성치					
				확보					00%)					
	O	대형 화재구획설비의 평가방법 및 적용기준 개발	O-1	대형 화재구획설비 평가용 시작품 모듈제작(2차)	대형 화재구획 설비의 평가방법 및 적용기준 개발	①	시작품 모듈제작(2차)	1	1	보고서 제출	시제품제작 1건	시작품제작 1건 학술발표(국내) 1건 가이드라인(안) 1건	52백만원	KCL
						②	가이드라인(안) 도출	1	1	가이드라인(안) 제출				
	P	화재피해 건축물에 대한 진단·평가 절차 개발 및 화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선 방법 개발	P-1	구조재료의 가열실험을 통한 성능분석 및 냉각방법에 따른 강도회복률 분석	화재 피해 건축물에 대한 진단·평가 절차	①	냉각방법에 따른 강도회복률 DB구축	1	1	보고서 제출	등재논문(국내) 3건 인력양성(석사) 1명 인력양성(박사) 1명 특허출원 3건 특허등록 1건 SW등록 1건	SCI(E) 논문 1.5건 등재논문(국내) 2.5건 등재논문(국외) 0.5건 학술발표(국내) 2건 학술발표(국외) 1.5건 특허 : 출원 1건 특허 : 등록 1건 인력양성 : 석사 1건 인력양성 : 박사 1건 SW등록 2건	170백만원	서울시립대학교
			P-2	통합 MDDW 기반 분석 및 마이닝 시스템 개발	화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선 방법	①	패턴 정형적 표현 연구	예측 정확도 60%	예측 정확도 85%	보고서 제출				
						②	마이닝 엔진 개발	예측 정확도 60%	예측 정확도 85%					
	Q	화재피해 건축구조물 안전성 평가방법 개발	Q-1	화재피해를 입은 구조 부재의 안전성 평가방법 개발	화재 피해 건축구조물 안전성 평가방법	①	구조 부재에 대한 내화거동 평가 보고서 작성	1	1	보고서 제출	등재논문(국내) 1건	학술발표(국내) 3건	66백만원	이화여자대학교
						②	가이드라인(안) 작성	1	1	가이드라인(안) 제출				
	R	화재피해 건축물 부재단위의 강도 보수·보강 기술 개발	R-1	기존 보수재료의 내화성능평가	화재피해 건축물 부재단위의 보수보강 기술	①	보수재료 전기로 가열실험 평가 및 분석	1	1	보고서 제출	등재논문(국내) 1건 인력양성(석사) 1명	등재논문 1건 학술발표(국내) 3건 인력양성 : 석사 2건	57백만원	대진대학교
						②	신재료·신공법 조사분석	1	1	보고서 제출				

마 5차년도

구분		세세부과제명	성과목표		최종성능폭표	당해연도 성과목표				양적 성과달성건수		예산	해당 기관
						성과지표		목표치	달성치	검증방법	목표건수	달성건수		
2세부	M	재실자 특성별 화재위험도 평가방법 및 적용기준	M-1	기존 건축물의 화재안전성능평가 프로그램 개발	기존 노후 건축물의 화재안전성능평가방법(건축방재/소방시설/피난) 및 적용기준	① 화재안전성능평가 프로그램 개발		1	1	프로그램 등록증	특허출원 1건 특허등록 1건	학술발표(국내) 1건 SW등록 1건 특허 : 출원 2건 특허 : 등록 4건 가이드라인 1건	403 백만원	한방 유비스 (주)
						② 화재안전성능평가 절차 및 책임범위(안) 도출		1	1	가이드라인 제출				
	N	기존건축물 화재위험도 평가를 위한 내화구조.연소가스 유해성 및 마감재료 평가방법 및 기준 개발	N-1	강구조(보) 내화성능 평가기술개발 - 내화해석 수행 - 재하가열실험 수행	주요구조부의 내화성능평가방법 및 적용기준 선진화	① 강구조 대상으로 한 내화해석 수행		1	1	보고서 제출	등재논문(국내) 3건	등재논문(국내) 3건 학술발표(국내) 3건 정책제안 8건 정책반영 8건 표준신청 2건 표준반영 1건	227 백만원	KICT
						② 강구조(기둥/보)의 구조적 특성을 반영한 화재응력비 검증 내화실험		10	10	시험 건수				
						③ 국내외 내화성능 평가방법 및 기준 분석		1	1	보고서 제출				
						④ 강구조 관련 고시 개정(안) 도출		1	1	개정(안) 제시				
			N-2	산출된 새로운 독성지수에 대한 실제 시험 허용기준 평가	건축물 마감재료의 연소가스유해성 시험방법 개발 및 독성 DB 구축	① 동물실험을 통한 독성 DB구축 및 추가실험		1	1	보고서 제출				
						② 확정된 연소가스 허용기준평가		1	1					
			N-3	건축물 내장재 실대형 시험방법 및 평가기준 제도화 및 외장재 법적기준 미달 건축물 대상 외장재 안전성 확보	실대형 화재시험을 통한 건축물 마감재(내외장재)의 평가방법 및 기준 개발	① 건축물 내장재 실대형 시험방법 및 평가기준 도출을 위한 시험		3	5	시험건수				
						② 건축물 내외장재 실대형 시험방법 및 평가기준(안) 제시		정책(안) 제시	정책(안) 2건 제시	정책(안) 제시				
	O	대형 화재구획설비의 평가방법 및 적용기준 개발	O-1	대형 화재구획설비 평가용 시작품 제작(3차) 및 가이드라인(안) 작성	대형 화재구획 설비의 평가방법 및 적용기준 개발	① 시작품 제작(3차)		1	1	보고서 제출	시제품제 1건	시작품제작 1건 가이드라인 1건 지침(안) 1건	76 백만원	KCL
						② 가이드라인		1	1	가이드라인 제출				
						③ 지침(안)		0	1	지침(안) 제출				

구분	세세부과제명	성과목표		최종성능폭표	당해연도 성과목표				양적 성과달성건수		예산	해당 기관
					성과지표		목표치	달성치	검증방법	목표건수	달성건수		
P	화재피해 건축물에 대한 진단·평가 절차 개발 및 화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선 방법 개발	P-1	퍼지이론을 활용한 화재진단·평가시스템 개발	화재 피해 건축물에 대한 진단·평가 절차	① 화재피해 건축물의 진단·평가방법 개발		1	1	가이드라인 제출	인력양성(석사) 1명 특허등록 1건 SW등록 2건	SCI(E) 논문 1건 등재논문(국내) 2.5건 학술발표(국내) 5건 학술발표(국외) 1건 특허 : 출원 2건 특허 : 등록 1건 SW등록 1건 가이드라인 1건	250 백만원	서울 시립 대학교
		P-2	화재 분석 진화형 마이닝 및 리포팅 엔진 개발	화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선 방법	① 마이닝 엔진 개선(진화형)		개발완성도 100%	개발완성도 100%	보고서 제출				
					② 패턴리포팅 엔진		개발완성도 100%	개발완성도 100%					
					③ 성능평가		예측정확도 70%	예측정확도 85%					
Q	화재피해 건축구조물 안전성 평가방법 개발	Q-1	구조물의 안전성 평가 가이드라인 작성	화재 피해 건축구조물 안전성 평가방법	① 가이드라인 도출		1	1	가이드라인 제출	SCI(E)급논문 1건	SCI(E) 논문 0.5건 학술발표(국내) 1건 인력양성 : 석사 2건 가이드라인 1건	99 백만원	이화여자 대학교
					② 구조부재에대한 내화거동평가		1	1	보고서 제출				
R	화재피해 건축물 부재단위의 강도 보수·보강 기술 개발	R-1	화재피해를 입은 콘크리트 부재 및 구조물의 보수·보강 기술 지침(안) 및 가이드라인 작성	화재피해 건축물 부재단위의 보수보강 기술	① 화재피해를입은콘크티르부재및구조물의보수·보강기술지침(안)작성		1	1	가이드라인 제출	SCI(E)급논문 1건	등재논문(국내) 2건 가이드라인 1건	104 백만원	대진 대학교
					② 폭렬방지폴리머시멘트모르타르개발		1	1	보고서 제출				
					③ 내화공법(섬유혼입)이 적용된 고강도 콘크리트의 화재 후 보수재료별 성능평가		1	1	보고서 제출				

바 6차년도

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능폭표	당해연도 성과목표					양적 성과달성건수		예산	해당 기관
						성과지표		목표치	달성치	측정방법	목표건수	달성건수		
2세부	M	재실자 특성별 화재위험도 평가방법 및 적용기준	M-1	기존 건축물 화재안전성능평가 현장 실무 적용	기존 노후 건축물의 화재안전성능평가방법 (건축방재/소방시설/피난) 및 적용기준	① 기존 건축물 화재안전성능평가 가이드라인 최종본		1	1	기존 건축물 화재안전성능평가 현장 실무 시범적용 수행 수	등재논문(국내) 1건	등재논문(국내) 1건 인력양성 : 석사 1건 인력양성 : 박사 1건	452 백만원	한방 유비스 (주)
	N	기존건축물 화재위험도 평가를 위한 내화구조.연소가스 유해성 및 마감재료 평가방법 및 기준 개발	N-1	내화구조 평가 기술 및 제도 선진화의 테스트베드 적용	주요구조부의 내화성능평가방법 및 적용기준 선진화	① 고시 및 지침 제·개정(안) 최종본		1	1	제·개정 지침(안)과 내화성능 실험결과의 연계성 분석 건축물 주요구조부 인정내화구조의 적용성 확대를 위한 성능검증적용	등재논문(국내) 1건 정책제안 1건 정책반영 2건	등재논문(국내) 3건 정책제안 2건 정책반영 1건	148 백만원	KICT
			N-2	연소가스 기준마련 및 보완(부합화)	건축물 마감재료의 연소가스유해성 시험방법 개발 및 독성 DB 구축	① 연소독성 DB 구축 보고서		1	·	시험건수				
						② 건축물 마감재료 고시 개정(안)		1	·	정책(안) 제안				
			N-3	실대형 시험방법을 통한 내외장재 성능 검증적용 및 화재확산방지구조 개선안 도출	실대형 화재시험을 통한 건축물 마감재(내외장재)의 평가방법 및 기준 개발	① 실대형 내외장재 성능검증 (기존건축물보강방안)		1	·	성능검증 적용				
						② 화재확산방지구조 개선 최종(안)		1	·	화재확산방지구조 개선 최종(안) 작성				
	O	대형 화재구획설비의 평가방법 및 적용기준 개발	O-1	성능검증장 Item 제작	대형 화재구획 설비의 평가방법 및 적용기준 개발	① 성능검증장 Item 제작		1	1	보고서 제출	등재논문(국내) 1건	등재논문(국내) 1건	49 백만원	KCL

구분	세세부과제명		성과목표		최종성능폭표	당해연도 성과목표				양적 성과달성건수		예산	해당 기관
						성과지표		목표치	달성치	측정방법	목표건수	달성건수		
	P	화재피해 건축물에 대한 진단·평가 절차 개발 및 화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선 방법 개발	P-1	성능검증장을 통한 화재진단·평가시스템의 적용성 검증 및 활용방안 구축	화재 피해 건축물에 대한 진단·평가 절차	① 화재피해 건축물의 진단·평가 가이드라인 최종		1	1	가이드라인 제출	SCI(E)급논문 1건 등재논문(국내) 2건 특허출원 2건 특허등록 1건 인력양성(석사) 1명	SCI(E)논문 3건 등재논문(국내) 2.5건 학술발표(국내) 1건 특허 : 등록 1건 인력양성 : 석사 1건	172 백만원	서울시립 대학교
			P-2	화재피해 분석/마이닝 테스트베드 구축	화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선 방법	① 화재피해분석 테스트베드 구축		1	1	보고서 제출				
						② 화재 예측 모델 신뢰도 평가		1	1	보고서 제출				
	Q	화재피해 건축구조물 안전성 평가방법 개발	Q-1	화재피해구조물의 안전성 평가 기법의 적용성 검	화재 피해 건축구조물 안전성 평가방법	① 화재피해 건축구조물 안전성 평가 가이드라인 최종		1	1	가이드라인 제출	SCI(E)급논문 1.5건 등재논문(국내) 1건	SCI(E) 논문 1건 등재논문(국내) 2건 인력양성 : 석사 1건 인력양성 : 박사 2건	69 백만원	이화여자 대학교
	R	화재피해 건축물 부재단위의 강도 보수·보강 기술 개발	R-1	화재피해를 입은 섬유혼입 고강도 콘크리트의 보수재료·보강공법 기술 개발	화재피해 건축물 부재단위의 보수보강 기술	① 화재피해를 입은 건축물의 진단, 안전성 평가 및 보수·보강 가이드라인 최종본(보수·보강 파트)		1	1	화재피해 건축구조물 보수·보강 방안 성능검증	SCI(E)급논문 2건 등재논문(국내) 2건	SCI(E)논문 1건 등재논문(국내) 3건 학술발표(국내) 2건	57 백만원	대진 대학교

3.3 후속연구의 필요성

세부	과제명	후속연구의 필요성
1	건축물 공간용도별 재실자밀도 기준 개발	• 새롭게 적용되는 건축물의 공간용도는 계속적으로 이루어지고, 사회의 변화 등으로 인해 재실인원의 변화는 앞으로도 나타날 것으로 사료됨. 미국의 IBC, NFPA와 더불어 영국 BS기준 등 많은 국가에서 3~5년 단위로 재실자밀도 기준을 개선하고 있고, 새로운 용도의 출현이나 주요 공간용도에 대한 부분은 향후에도 후속연구가 필요할 것으로 생각됨. 전반적인 용도에 대하여 확인하는 절차보다는 주요 공간용도에 대한 이슈를 확인하고 해당 용도에 대한 개선을 요구하는 것이 필요함.
	건축물의 성능위주 내화설계 기술 개발	• 각 구조종별 내화설계 peer reviewer 매뉴얼 개발
	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발	• 본 과제의 경우 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램을 개발하는 것으로 목표로 하였으며 이에 따라 콘크리트 구조 및 강구조 건축물 중 보, 기둥 부재에 대한 내화설계 평가 절차 및 프로그램을 개발하였음. 성능위주 내화설계 법제화에 맞춰 합성구조 목구조 등 기타 부재에 대한 평가 기준 정립이 되어 있지 않고 이를 평가 할 수 있는 평가 프로그램 또한 존재하지 않아 이에 대한 후속연구가 필요할 것으로 보임. • 또한 보, 기둥 외 내화구조에 해당되는 벽체, 슬라브, 천장부재에 대한 후속연구도 반드시 필요함
	방화구획(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼 등) 및 내화구조의 화재안전성능 유지를 위한 현장품질관리	• 방화구획(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼 등) 및 내화구조의 준공 후 생애주기 동안 제대로 된 유지관리를 하여 화재안전성능이 유지될 수 있도록 관련 제도 개선을 위한 연구 진행이 필요함.
	성능위주 평가절차·기준 등급화 연구개발	• 재해약자(노인요양시설 등)를 위한 대피공간(위치, 크기, 구성 설비 등) 기준 마련 연구
2	재실자 특성별 화재위험도평가방법 및 적용기준	• 노후건축물은 일반적으로 사용승인 후 30년 이상 지난 건축물을 의미하며, 노후건축물 비율은 2017년 36.5%, 2018년 37.1%, 2019년 37.8%로 상승하는 추세이며, 노후화된 건축물은 지속적으로 강화되고 있는 현행법상 화재안전에 미달하여 화재안전 사고의 사각지대에 놓여있는 실정임. • 국토교통부에서는 건축정책을 건축물의 생산단계(설계~시공) 위주에서 건축물의 유지·관리(준공~멸실)위주로 정책 패러다임을 전환하기 위해 “건축물관리법”을 제정하였으며, 국토교통부가 마련하고 있는 “건축물관리법” 하위법령에서도 동 문제점을 해결하기 위한 제도를 구축하고 있으며, 최첨단 평가기술 개발 등을 통해 제도를 적극 지원하여야 하는 상황임. 본 연구성과물은 잠재적 화재위험도가 높은 고층 노후 건축물에 대한 화재안전성능평가로서 평가에 필요한 기술력 및 평가인력이 건축물 규모를 고려하여 높게 설정되어있음. • 본 평가기술을 모든 건축물에 일률적으로 확대 적용할 경우, 공공기관과 민간부담이 과도하게 증가될 가능성이 있으므로 건축물의 노후도와 규모에 따라 차등적 성능평가 방법 적용으로 평가부담을 경감시킬 필요성이 있음. 따라서 본 핵심성과를 토대로 화재안전성능평가 최적화·고도화 후속연구를 진행하여 “건축물 관리법” 및 국토교통부 정책친화형 신속 평가기술 개발로 성능평가비용절감이 필요함. 또한 후속연구를 통하여 기술적·정책적 기능이 강화된 화재안전성능평가기술로 대다수 국민들이 거주하고 있는 노후 건축물의 화재안전성능을 개선시킬 수 있음. • 보험 및 산업, 공공기관간의 종합적(기술적, 제도적)연계방안을 도출하고 적극적인 보완체계수립이 가능하도록 향후에도 지속적인 후속연구가 필요함
	화재피해 건축물에 대한 진단·평가 절차 개발	• 재료별, 공법별 또는 구조 형식별로 데이터의 개수 차이 등이 존재하므로 이에 대한 지속적인 보완 필요성이 있음. 또한, 가이드라인에 포함되지 않은 목조, 조적조 및 신공법 등을 반영하기 위해서는 향후에도 지속적인 후속 연구가 필요함.
	화재피해 건축물의 통합 DB 구축 및 개선 방법 개발	• 실시간 화재 발생 정보 사이트 (소방청 국가화재정보센터, 서울시 서울안전누리 등)에서 화재 발생 장소, 시간, 건물유형 등의 주요 정보를 자동 크롤링(crawling)할 수 있는 모듈 개발을 위한 후속 연구 등이 필요할 것으로 판단됨.

04

연구개발성과의 활용 계획

4 연구개발성과의 활용 계획

4.1 건축물의 성능위주 설계기준 및 통합 가이드라인 개발

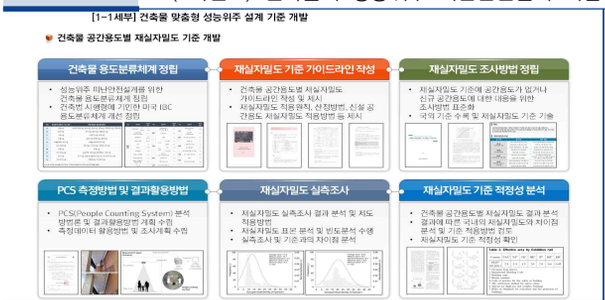
1 건축물 공간용도별 재실자밀도 기준 개발

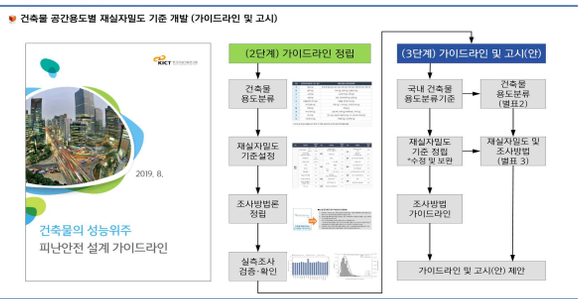
1세부-주관
한국건설기술연구원

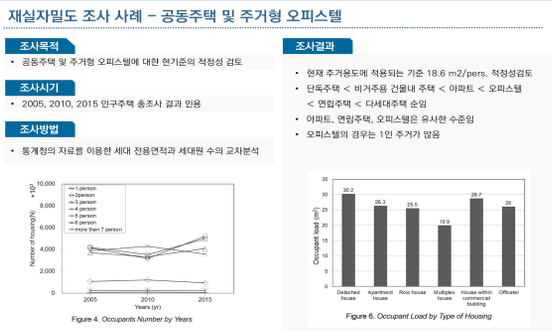
연구목표

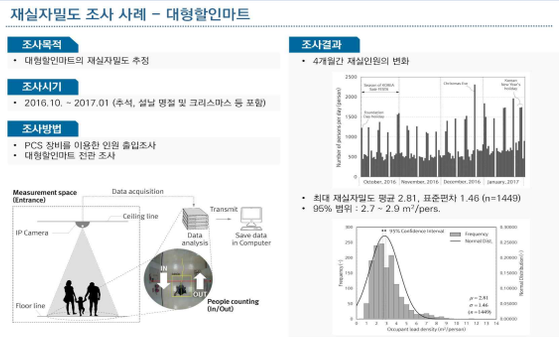
연구성과

- (1차년도) 재실자밀도 조사방법론 및 중점요소 선정
- (2차년도) 건축물 공간용도별 재실자밀도 조사분석(판매) 및 기준(안) 개발
- (3차년도) 건축물 공간용도별 재실자밀도 조사분석(주거 · 업무) 및 기준(안) 개발
- (4차년도) 건축물 공간용도별 재실자밀도 기준(안) : 산업전시장
- (5차년도) 재실자밀도 종합(안) 도출 및 역사 · 버스터미널 조사분석
- (6차년도) 건축물의 성능위주 피난안전설계 지침 및 성능검증장 기술구현









- 질적성과 : 재실자밀도 조사방법론, 건축물 공간용도별 재실자밀도 기준, 건축물 용도분류체계 정립, 주요 용도 재실자밀도 조사 및 분석(판매, 교육, 주거, 업무, 산업전시장, 역사 · 버스터미널 및 주차장용도), 성능위주 피난안전설계 가이드라인 및 고시(안)
- 양적성과 : 국내논문 5건, 학술발표(국내) 7건, 학술발표(국외) 1건, 세미나개최 2건, 정책제안 8건, 정책반영 4건

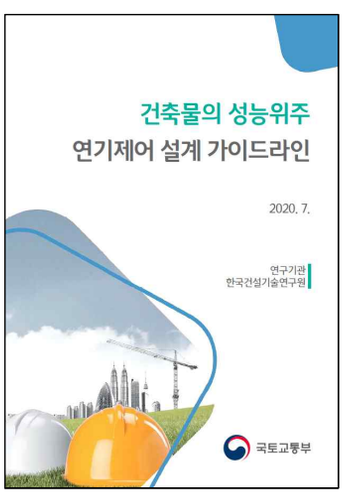
활용방안

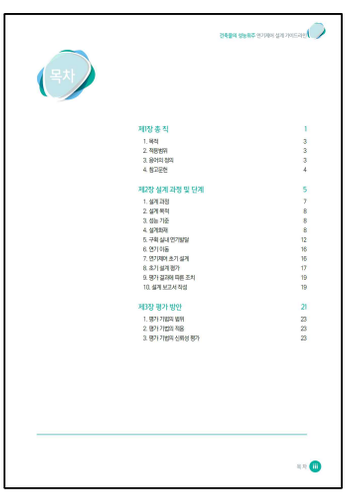
성과명	기술 수요처	활용계획
건축물 공간용도별 재실자밀도 기준	국토교통부, 피난안전설계 업체	• 건축법 등 국토교통부 관계법령 개선 • 성능위주 피난안전설계 시 재실자밀도 활용
재실자밀도 조사방법론	피난안전설계 업체	• 신규 공간용도에 대한 표준화된 조사방법론 제공으로 조사신뢰성 확보
성능위주 피난안전설계 가이드라인 및 고시(안)	국토교통부, 피난안전설계 업체	• 피난안전설계에 활용될 수 있는 기본 가이드 제공 • 신뢰성 기반의 화재안전설계 활용

2 건축물의 성능위주 연기제어 설계기준 정립

1세부-주관
한국건설기술연구원

연구목표	성능위주 연기제어 설계 가이드라인 확립
연구성과	• 성능위주 연기제어 설계의 총괄구조 정립 • 성능위주 연기제어 설계 기법 확립 • 성능위주 연기제어 설계의 평가방안 제시 • 성능위주 연기제어 설계의 신뢰성 확보방안 제시 • 성능위주 연기제어 설계 기준 확립 • 건축물의 성능위주 연기제어 설계 가이드라인 최종안 정립





- 질적성과
  - 공학적 기반의 성능위주 연기제어 설계를 수행하기 위한 설계 가이드라인 제시
  - 성능기준 설정, 연기발달과 이동 분석, 초기설계 작성, 초기설계의 정량적 평가 등을 포함하는 성능위주 설계기법 확립
- 양적성과
  - SCI 논문 : 1건, 등재논문 : 3 건, 학술발표논문 : 5건, 특허출원 : 1건, 특허등록 : 1건
    정책제안 : 3건, 설계가이드라인 : 1건

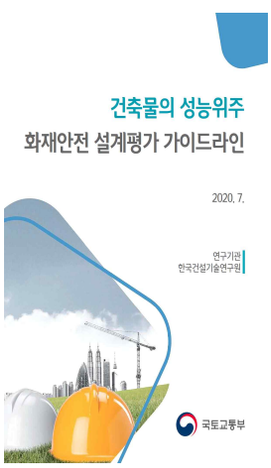
활용방안

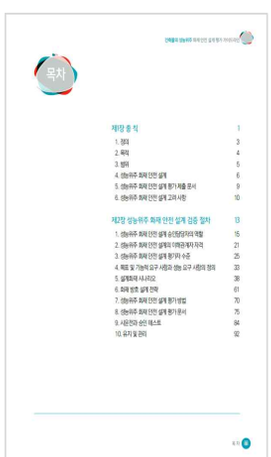
성과명	기술 수요처	활용계획
성능위주 연기제어 설계 가이드라인 정립	• 방재 엔지니어링 업계 • 정부 안전관련 주요 부처	• 화재안전 분야 방재 엔지니어링 업계에서 연기안전 설계에 사용하는 설계 가이드라인으로 활용 • 국토교통부, 소방청, 행정안전부 등 정부 관련 부처의 재난재해 분야 대응 지침으로 활용 • 국토부와의 협의를 통해 지침이나 가이드라인으로 계획될 경우 국가건설기준센터에서 통합 관리가 이루어지도록 지원

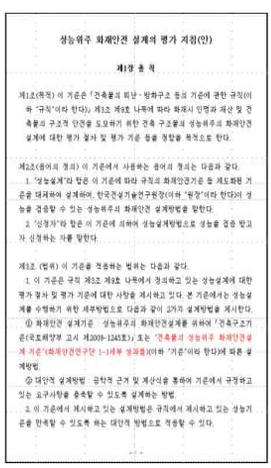
3 건축물의 성능위주 화재안전 설계 평가 가이드라인

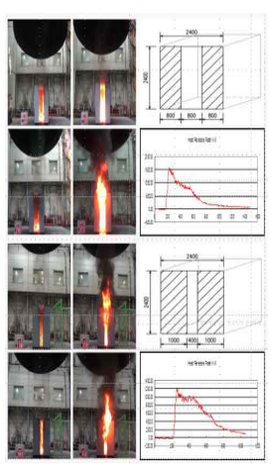
1세부-주관
한국건설기술연구원

연구목표	건축물 성능위주 화재안전 설계 평가 가이드라인
연구성과	• 1차년도: 성능위주 화재안전 설계 국내외 기준 분석 • 2차년도: 성능위주 화재안전 설계 평가 절차서 • 3차년도: 성능위주 화재안전 설계 평가 세부 기준 • 4차년도: 성능위주 화재안전 설계 평가 기준 및 지침(안) • 5차년도: 성능위주 화재안전 설계 평가기준(안) • 6차년도: 성능위주 화재안전 설계 기준 및 성능검증장 검증









- 질적성과 : 건축물의 성능위주 화재안전 설계 평가 가이드라인
- 양적성과 : 정책제안 20건, 반연 15건, 논문게재 7건, 특허 1건

활용방안

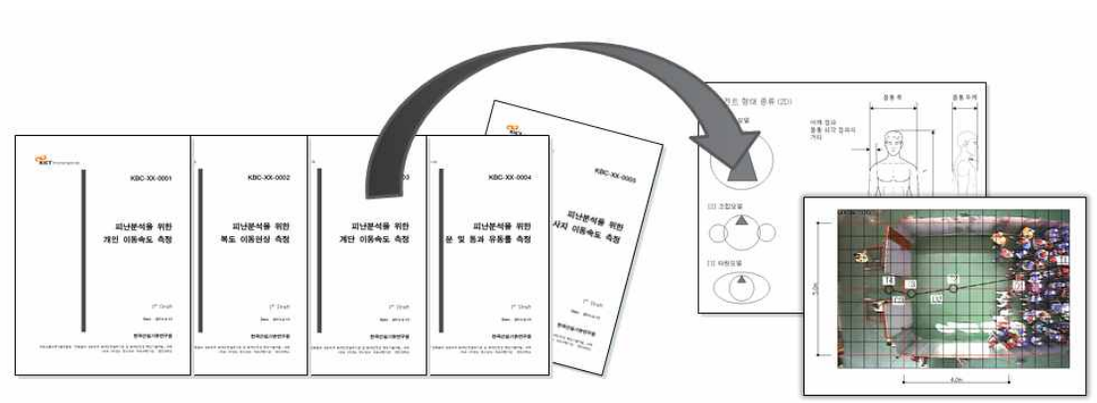
- 성능위주 설계의 국내 미도입(국외 14개국 도입)으로 인한 제도의 한계점 극복
- 기존의 제도 중심의 설계의 한계를 벗어나 다양한 설계 및 시공성의 확보를 통한 건축 기술 시장의 활성화

성과명	기술 수요처	활용계획
건축물 성능위주 화재안전 설계 평가 가이드라인	국토교통부 건축안전과	• '20년 국토교통부 건축정책국 건축안전과 업무추진 계획 '성능설계기준 마련' 및 21년 '기준 도입' 지원 • 국토부와의 협의를 통해 지침이나 가이드라인으로 계획될 경우 국가건설기준센터에서 통합 관리가 이루어지도록 지원

4 피난실험 데이터 확보 기술표준 및 지침

1세부-공동
경민대

연구목표	**예측방법의 사용 및 신뢰성의 확인을 신속하게 수행하도록 하여 그 사용을 용이하게 수행하면서도 설계검토결과에 대한 신뢰성을 확보할 수 있는 기술 표준을 제공**
연구성과	• 1차년도 : 설계를 위한 피난분석 수계산 모델 수집 및 분석 설계 시 피난경로 주요 요소 및 밀도별 이동속도 변화측정 실험 표준 개발 • 2차년도 : 건축 피난 요소 별 성능설계 데이터 확보 실험 수행



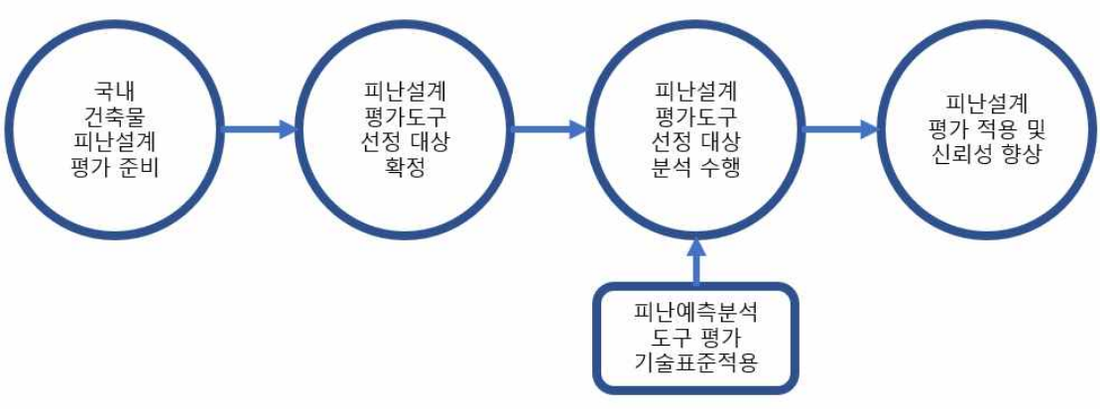
- 질적성과 : 피난분석모델 수집 및 분석, 실험표준개발, 건축 피난 요소 별 성능 설계 데이터 확보 실험 수행
- 양적성과 : 국내(비SCI)논문 1건

활용방안

성과명	기술 수요처	활용계획
피난실험 데이터 확보 기술표준 및 지침		데이터 확보를 위한 실험표준으로 KBC 포함을 추진

5 피난예측분석도구 검증 및 확인 기술표준 및 지침 | 1세부-공동 경민대

연구목표	**예측방법에 대한 신뢰성을 검토하기 위한 검증 및 확인절차(Verification and Validation)의 표준 개발**
연구성과	• 3차년도 : 피난분석도구 검증 및 확인 방안연구 소방구조대 및 응급요원 진입에 따른 Counter flow 실험 데이터 확보 • 4차년도 : 분석도구 검증 및 확인 절차 적용 분석실험 수행



• 질적성과 : 소방구조대 및 응급요원 진입에 따른 Counter flow 실험, 절차표준(안) 개발
분석도구 검증 및 확인 절차 적용 분석실험 수행

• 양적성과 : 국내(비SCI)논문 2건

활용방안

성과명	기술 수요처	활용계획
피난예측분석도구 검증 및 확인 기술표준 및 지침		데이터 확보를 위한 실험표준으로 KBC 포함을 추진

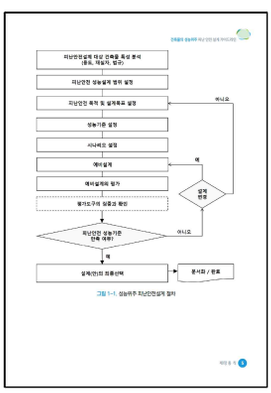
6 성능위주 피난안전설계 가이드라인

1세부-공동
제주대학교

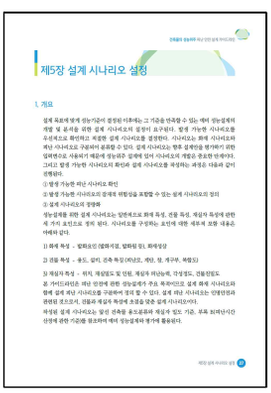
연구목표	**신규 건축물의 계획 및 설계에서 활용가능한 인명안전을 목적으로 하는 설계절차, 목표, 성능기준, 시나리오, 평가방법으로 구성된 설계 지침 및 가이드라인의 개발**
연구성과	• 국내외 성능설계 기준, 절차, 방법 비교 검토 • 성능위주 피난안전설계 프로세스 개선 • 피난로 설계기준에 관한 등급화 • 성능위주 설계기준 및 입력변수 개선 및 개발 • 성능설계 화재피난시나리오 개선 및 개발 • 성능위주 피난안전 설계 지침 및 가이드라인 • 사례적용 및 해외전문가 검토를 통한 성능위주 피난안전 설계 제도화 방안



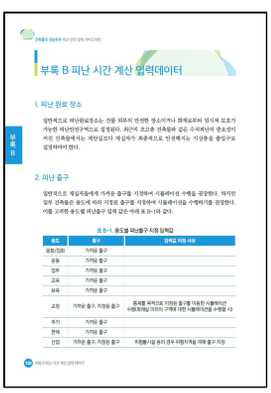
〈가이드라인〉



〈절차〉



〈피난시나리오〉



〈입력변수〉

- 질적성과 : 성능위주 피난안전 설계 지침 및 가이드라인
- 양적성과 : SCI(E) 논문 1건, 국내일반게재논문 6건, 국내외학술발표논문 8건, 정책제안 3건, 정책반영 1건

활용방안

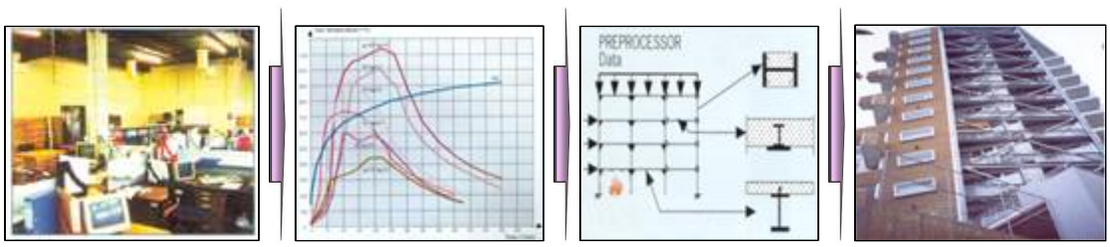
- 성능위주 피난안전 설계 지침 및 가이드라인은 건축물의 설계 시 활용될 수 있으며, 인명안전을 목적으로 하는 설계 방법을 제시하고 있기에 화재 시 사람들의 안전에 기여할 것으로 판단됨

성과명	기술 수요처	활용계획
성능위주 피난안전설계 가이드라인	• 성능위주설계를 적용하고자 하는 신축 건축물 • 성능위주설계를 활용하는 건축설계, 소방설계, 건물엔지니어링 업체	• 성능검증장 적용(20년7월, 경기도 화성시 한국건설기술연구원 화재안전연구센터 • 국토부와의 협의를 통해 지침이나 가이드라인으로 계획될 경우 국가건설기준센터에서 통합 관리가 이루어지도록 지원

7 성능위주 내화설계 기준개발

1세부-공동
강원대학교

연구목표	**건축물의 성능기반 내화구조설계 가이드라인(안) 개발**
연구성과	• 성능기반 내화구조설계 가이드라인(안) 개발 • 저변확대를 위한 학술활동



- 질적성과 : 국내외 성능기반 법규정 조사, 내화등급 세분화에 따른 주요구조부의 시간적 내화성능 부여 기본연구 수행, 내화등급 세분화에 따른 주요구조부의 내화성능평가 연구수행, 내화설계기준안 작성 및 고온성능평가 DB구축,내화설계기준안 개발 및 보완,내화설계기준안 보완 및 경제성 분석
- 양적성과 : 국내 등재 3편, 국외 scopus 2편 및 국내외 발표 17건

활용방안

성과명	기술 수요처	활용계획
성능위주 구조내화설계 기술	신규 건축물 및 기존 건축물	• 건축물 설계 시 내화성능 평가 • 건축 설계 종료후 구조설계 수행 및 병행 • 내화설계의 법제화 이후 적극적 활용 가능 • 국토부와의 협의를 통해 지침이나 가이드라인으로 계획될 경우 국가건설기준센터에서 통합 관리가 이루어지도록 지원

8 사용자 및 평가자 중심의 성능설계 현장적용

1세부-공동
목양종합건축사사무소

연구목표	성능위주 설계의 현장 적용성 평가
연구성과	• 1차년도 : 사양설계 대비 성능향상 설계 기술 적용 • 2차년도 : 실건축물 사양설계 기준 설계 수행 • 3차년도 : 성능설계 분야별 성능위주 ITEM 설계 수행 • 4차년도 : 성능위주 설계 ITEM에 대한 성능설계안 도출 및 분야별 가이드라인에 대한 성능설계수행 절차 도출 • 5차년도 : 성능설계 평가현장 건축물 대상 성능설계 수행 • 6차년도 : 성능위주 설계 현장시공 적용성 평가





- 질적성과 :
  - 1차년도 : 국내외 건축물 성능위주 설계사례분석 및 기준분석 5건 조사
  - 2차년도 : 실건축물 사양설계 기준 설계 수행 1건
  - 3차년도 : 성능설계 화재 및 피난분야 ITEM 성능설계 검토 및 분석, 성능위주 설계 수행프로세스 도출
  - 4차년도 : 성능설계 ITEM에 대한 설계안 작성, 분야별 가이드라인 분석 및 검토를 통한 성능설계 프로세스 도출
  - 5차년도 : 성능평가장 성능설계 수행 1건, 성능설계 분야별 보고서 작성 1건
  - 6차년도 : 대공간 건축물 사양설계, 성능설계 비교분석을 위한 조감도 작성 1건(6컷), 실건축물 성능설계적용시 사양설계 대비 비교 분석 1건

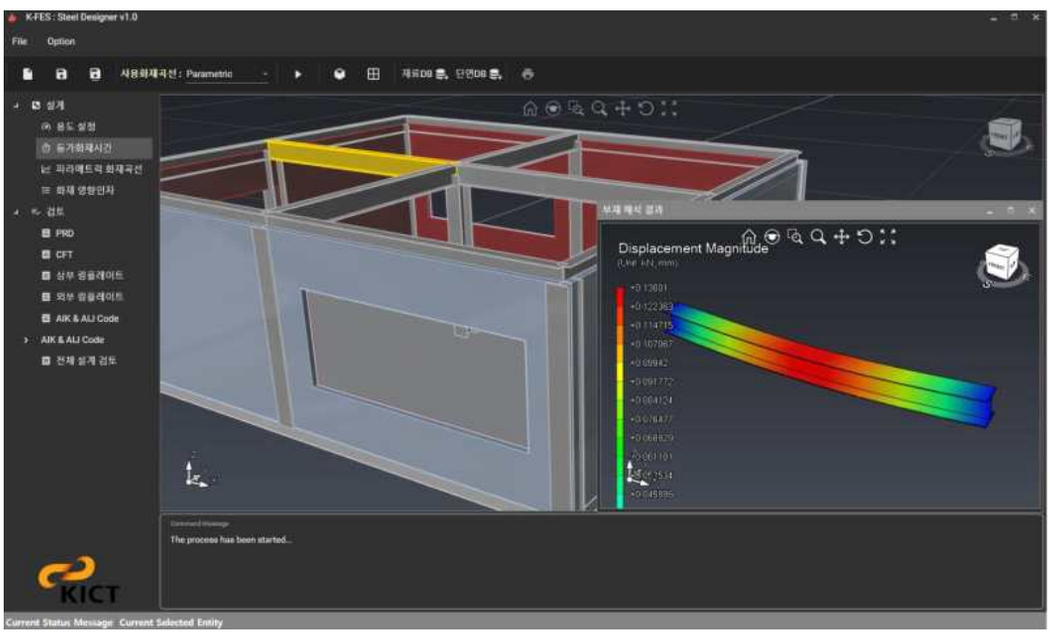
활용방안

성과명	기술 수요처	활용계획
사용자 및 평가자 중심의 성능설계 현장적용	공공 및 민간 발주처, 설계사, 시공사, CM 등 건설 설계 관련 기업	성능설계를 통한 건축물 요구 성능 충족으로 인해 공사비 절감, 구조적 안정성 상승 등으로 건설시장의 경쟁력 및 기술력 확보

9 건축물의 성능위주 내화설계 평가 프로그램 개발

1세부-위탁
한남대학교

연구목표	건축물의 성능위주 내화설계 평가 절차 및 프로그램 개발
연구성과	• [1차년도] 국내외 성능위주 내화설계 절차 및 기준 분석 • [2차년도] 강구조 건축물의 성능위주 내화설계 절차 도출 • [3차년도] 콘크리트구조 건축물의 성능위주 내화설계 절차 도출 • [4차년도] 성능위주 내화설계 도출 • [5차년도] 성능위주 내화설계 평가 프로그램 개발(강구조) • [6차년도] 성능위주 내화설계 평가 프로그램 개발(콘크리트구조)



성능위주 내화설계 평가 프로그램

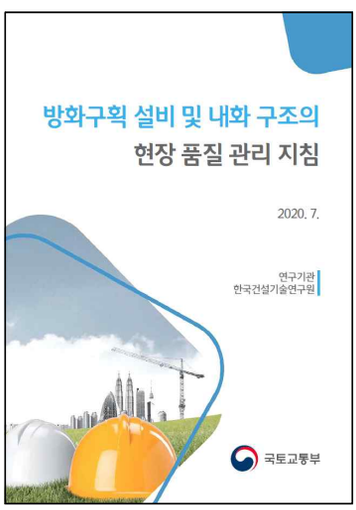
- 질적성과 : 강구조 및 콘크리트 구조 성능위주 내화설계 평가 절차, CASE STUDY를 통한 정합성 검증
- 양적성과 : 일반게재논문 4건, S/W 등록 1건

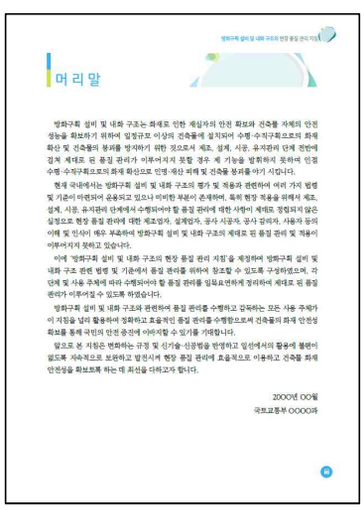
활용방안

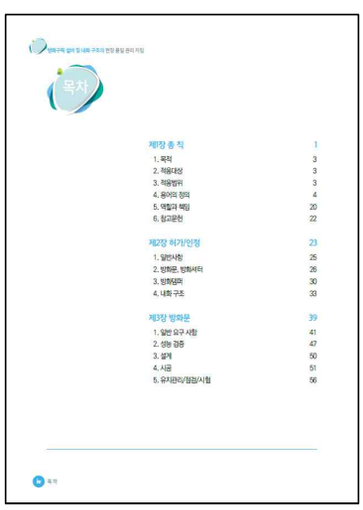
성과명	기술 수요처	활용계획
평가자용 성능위주 내화설계 평가 프로그램	성능위주 인증기관 및 허가권자	성능위주 내화설계 전문가가 아닌 이상 성능위주 내화설계에 대한 검증에 한계성이 존재함으로 우선적으로 평가자 혹은 비전문가가 내화설계에 대한 평가를 수행할 수 있도록 제작된 프로그램으로써 인증기관 및 허가권자에 해당 프로그램을 배포하고자 함. 또한 국내 건축법 제개정에 맞춰 프로그램을 수정 보완하고자 함.

10 방화구획설비 및 내화구조의 현장품질관리 가이드라인 | 1세부-공동 방재시험연구원

연구목표	**방화구획설비(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼) 및 내화구조의 현장 적용과 관련하여 제조, 설계, 시공, 건설관리, 유지관리 전 단계에서 제대로 된 현장품질관리가 가능토록 가이드라인을 제시**
연구성과	• 1차년도 : 현장품질관리 관련 제도 조사 • 2차년도 : 관리대상별/관리단계별 기준(안) 초안 작성 • 3차년도 : 현장품질관리 기준(안) 초안 보완(안) 작성, 현장품질관리 관련 방법 검토 • 4차년도 : 현장품질관리 지침(안) 작성, 현장품질관리 관련 방법 제시, 관련 법령 제·개정(안) 초안 • 5차년도 : 관련 법령 제·개정(안) 작성, 성능검증실험장 적용 계획 작성, 관련 법령 제·개정(안) 제안, 현장품질관리 앱(웹시스템) 개발 • 6차년도 : 방화구획 설비 및 내화구조의 현장품질관리 지침 최종본, 현장품질관리 앱(웹시스템) 개발







- 질적성과 : 현장품질관리 관련 제도 조사, 관리대상별/관리단계별 기준(안) 초안 작성, 현장품질관리 기준(안) 초안 보완(안) 작성, 현장품질관리 관련 방법 검토, 현장품질관리 지침(안) 작성, 현장품질관리 관련 방법 제시, 관련 법령 제·개정(안) 초안, 관련 법령 제·개정(안) 작성, 성능검증실험장 적용 계획 작성, 관련 법령 제·개정(안) 제안, 현장품질관리 앱 개발, 방화구획 및 내화구조의 현장품질관리 지침 최종본
- 양적성과 : 국내(비SCI)논문 6건, 학술발표(국외) 6건, 학술발표(국내) 21건, SW 2건, 정책제안 4건, 정책반영 4건, 언론보도 1건, 인력양성 1건

활용방안

- 국토교통부 중앙건축심의위원회에 가이드라인(지침)을 상정하여 검토 및 보완 후 관련 제도의 제·개정을 통하여 적용할 수 있도록 함.

성과명	기술 수요처	활용계획
방화구획설비 및 내화구조의 현장품질관리 지침(가이드라인)	일반 건축 현장, 관련 제조·설계·시공·건설관리·유지관리 업체	방화구획설비 및 내화구조에 대하여 제대로 된 품질관리가 이루어질 수 있도록 각 주체가 가이드라인을 활용하여 품질관리를 하도록 함.

11 방화구획설비 및 내화구조의 품질관리 지침(훈령)

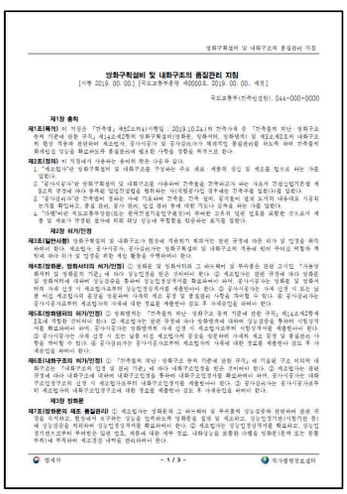
1세부-공동
방재시험연구원

연구목표

방화구획설비(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼) 및 내화구조의 현장 적용과 관련하여 제조업자, 공사시공자 및 공사감리자가 체계적인 품질관리를 하도록 하여 건축물의 화재안전성능을 확보하도록 품질관리에 필요한 사항을 정하는 국토교통부 훈령 제정

연구성과

- 1차년도 : 현장품질관리 관련 제도 조사
- 2차년도 : 관리대상별/관리단계별 기준(안) 초안 작성
- 3차년도 : 현장품질관리 기준(안) 초안 보완(안) 작성, 현장품질관리 관련 방법 검토
- 4차년도 : 현장품질관리 지침(안) 작성, 현장품질관리 관련 방법 제시, 관련 법령 제·개정(안) 초안
- 5차년도 : 관련 법령 제·개정(안) 작성, 성능검증실험장 적용 계획 작성, 관련 법령 제·개정(안) 제안, 현장품질관리 앱(웹시스템) 개발
- 6차년도 : 방화구획 설비 및 내화구조의 현장품질관리 지침 최종본, 현장품질관리 앱(웹시스템) 개발



방화구획설비 및 내화구조의 품질관리 지침

[시행 2019. 00. 00.] [국토교통부훈령 제0000호, 2019. 00. 00., 제정]

국토교통부(건축안전과), 044-000-0000

제1장 총칙

제1조(목적) 이 지침은 「건축법」 제52조의4(시행일 : 2019.10.24.)의 건축자재 중 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제3조제2항에 방화구획설비(방화문, 방화셔터, 방화댐퍼) 및 제3조제3호의 내화구조의 범위 개정에 따라에서 제조업자, 공사시공자 및 공사감리자가 제대적인 품질관리를 실시하여 화재에 안전한 건축물이 되도록 하여 건축물의 화재안전성능을 확보하도록 품질관리에 필요한 사항을 정함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 지침에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. "제조업자"란 방화구획설비 및 내화구조를 구입하여 수리 개조, 제품의 생산 및 제조를 업으로 하는 자를 말한다.
2. "공사시공자"란 방화구획설비 및 내화구조를 사용하여 건축물을 건축하고자 하는 자로서 건설산업기본법 제2조 제7호에 따른 건설업의 등록을 한 자로서 건축주로부터 건축공사를 도급받은 자를 말한다.
3. "공사감리자"란 건축법 제2조 제9호에 따른 건축주, 건축 관계자, 공사관계자 또는 관계 다른 법률에 따라 감리자로 지정된 자를 말한다. 다만, 건축 법령 개정 이전 지정된 감리자를 포함한다.
4. "건설기술인 국토교통부장관이 정하는 분야별 건설기술인에 관한 고유의 업무 범위를 포함한 것으로서 제품 및 제품의 품질에 관한 업무를 말한다.

제2장 피난안전

제3조(일반사항) 방화구획설비 및 내화구조가 항상에 적용되기 위해서는 관련 규정에 따른 허가 및 인정을 취득하여야 한다. 제조업자, 공사시공자, 공사감리자는 방화구획설비 및 내화구조의 적용에 있어 주어진 역할과 책임에 따라 허가 및 인정을 위한 제도 절차를 수행하여야 한다.

제4조(방화문, 방화셔터의 허가(인정)) ① 방화문 및 방화셔터의 그 세부에서 및 부속품은 관련 고시인 「가용성 등에 관한 및 성능검사 기준」에 따라 성능인정을 받은 것이어야 한다. ② 제조업자는 관련 규정에 따라 방화문 및 방화셔터에 대하여 성능검증을 통하여 성능인정을 받아야 한다. 공사시공자는 방화문 및 방화셔터의 시공 및 구조가 적합한 지 확인하여야 하며, 적합이 아닌 경우 시정을 요구하여 조치하도록 하여야 한다. ③ 제조업자는 방화문 및 방화셔터에 대한 성능인정을 받은 경우에 제조 공정 및 품질관리 사항을 3년 간 보관하여야 한다. ④ 공사시공자는 방화문 및 방화셔터에 대한 성능인정을 받은 것을 확인하여야 한다.

제5조(방화댐퍼의 허가(인정)) ① 방화댐퍼는 「건축법 시행 령」 방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제3조제2항에 따른 성능인정을 받아야 한다. ② 제조업자는 관련 규정에 따라 방화댐퍼에 대하여 성능검증을 통하여 성능인정을 받아야 한다. 공사시공자는 방화댐퍼의 시공 및 구조가 적합한 지 확인하여야 하며, 적합이 아닌 경우 시정을 요구하여 조치하도록 하여야 한다. ③ 제조업자는 관련 규정에 따라 방화댐퍼에 대한 성능인정을 받은 경우에 제조 공정 및 품질관리 사항을 3년 간 보관하여야 한다. ④ 공사시공자는 방화댐퍼에 대한 성능인정을 받은 것을 확인하여야 한다.

제6조(내화구조의 허가(인정)) ① 「건축법」 제2조 제1항 제7호에 따른 내화구조 중 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제3조제3항에 따른 내화구조로 인정을 받고자 하는 자는 「건축법」 제2조 제1항 제7호

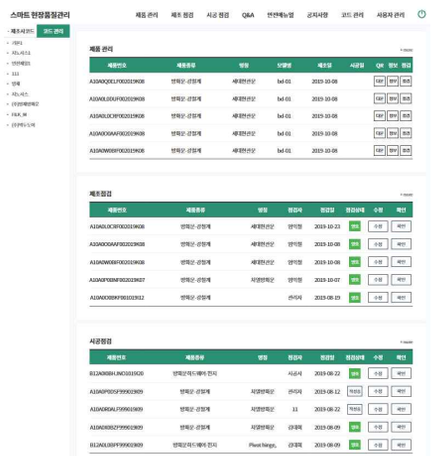
12 QR코드를 활용한 현장품질관리 웹시스템

1세부-공동
방재시험연구원

연구목표	**웹 기반의 제조 및 시공점검을 QR코드(라벨)를 통하여 효율적인 현장품질관리가 가능토록 하는 웹시스템으로 제조 및 시공 시의 점검사항을 체크리스트화하여 점검하도록 함으로써 해당 제품 및 구조의 건축물에서의 생애 주기 이력관리가 가능토록 제작**
연구성과	• 1차년도 : 현장품질관리 관련 제도 조사 • 2차년도 : 관리대상별/관리단계별 기준(안) 초안 작성 • 3차년도 : 현장품질관리 기준(안) 초안 보완(안) 작성, 현장품질관리 관련 방법 검토 • 4차년도 : 현장품질관리 지침(안) 작성, 현장품질관리 관련 방법 제시, 관련 법령 제·개정(안) 초안 • 5차년도 : 관련 법령 제·개정(안) 작성, 성능검증실험장 적용 계획 작성, 관련 법령 제·개정(안) 제안, 현장품질관리 앱(웹시스템) 개발 • 6차년도 : 방화구획 설비 및 내화구조의 현장품질관리 지침 최종본, 현장품질관리 앱(웹시스템) 개발



(a) Mobile 사용자 홈 화면



(b) PC 관리자 홈 화면

현장품질관리 앱(웹시스템) 홈 화면 모습

- 질적성과 : 현장품질관리 관련 제도 조사, 관리대상별/관리단계별 기준(안) 초안 작성, 현장품질관리 기준(안) 초안 보완(안) 작성, 현장품질관리 관련 방법 검토, 현장품질관리 지침(안) 작성, 현장품질관리 관련 방법 제시, 관련 법령 제·개정(안) 초안, 관련 법령 제·개정(안) 작성, 성능검증실험장 적용 계획 작성, 관련 법령 제·개정(안) 제안, 현장품질관리 앱 개발, 방화구획 및 내화구조의 현장품질관리 지침 최종본
- 양적성과 : 양적성과 : 국내(비SCI)논문 6건, 학술발표(국외) 6건, 학술발표(국내) 21건, SW 2건, 정책제안 4건, 정책반영 4건, 언론보도 1건, 인력양성 1건

활용방안

- 관련 제품 및 구조의 인정제도 도입에 따른 관련 기준 제·개정 시 라벨의 사용을 의무화하고, 여기에 QR코드를 사용토록 함으로써 간단히는 제품 및 구조의 제품고유번호를 확인 가능토록 하고, 더 나아가 점검사항까지 이력관리가 이루어지도록 활용할 예정임.

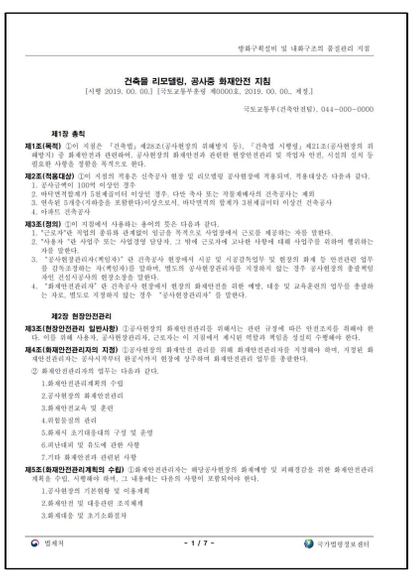
성과명	기술 수요처	활용계획
QR코드를 활용한 현장품질관리 웹시스템	일반 건축 현장, 관련 제조·시공 업체	QR코드를 포함한 라벨을 방화구획설비에 부착하여 제조점검 및 시공점검을 실시하여 이력관리를 함.

13 건축물 리모델링, 공사중 화재안전가이드라인 개발

1세부-공동
서울시립대학교

연구목표	**공사현장의 화재안전을 위한 체계적, 종합적인 가이드라인 작성**
연구성과	• 공사현장 위험특성 분석 및 화재위험요소 조사 분석 • 국내외 공사현장 화재안전 관련 기준분석 및 공사현장 위험도 조사분석 • 공사현장의 위험요소 도출 • 공사현장 화재안전 가이드라인 작성 • 가이드라인 검증 및 활용방안 제시





건축물 리모델링, 공사중 화재안전 지침

[시행 2019. 00. 00.] [국토교통부훈령 제0000호, 2019. 00. 00., 제정.]

국토교통부(건축안전팀), 044-000-0000

제1장 총칙

제1조(목적) ① 이 지침은 「건축법」 제28조(공사현장의 화재방지 등), 「건축법 시행령」 제21조(공사현장의 피해방지) 중 화재안전과 관련하여, 공사현장의 화재안전과 관련한 현장안전관리 및 국립과 반전, 사업의 설치 등 필요한 사항을 정함을 목적으로 한다.

제2조(적용대상) ① 이 지침의 적용은 건축공사 현장 및 리모델링 공사현장에 적용되며, 적용대상은 다음과 같다.
1. 공사금액이 100억 이상인 경우
2. 바닥면적합계가 3천제곱미터 이상인 경우. 다만 축사 또는 작물재배사의 건축공사는 제외
3. 연속된 5개층(지하층을 포함한다)이상으로서, 바닥면적의 합계가 3천제곱미터 이상인 건축공사
4. 마천루 건축공사

제3조(정의) ① 이 지침에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.
1. "근로자"란 직업의 종류와 관계없이 임금을 목적으로 사업장에서 근로를 제공하는 자를 말한다.
2. "사용자"란 사업주 또는 사업경영 담당자, 그 밖에 근로자에 교나한 사항에 대해 사업주를 위하여 행위하는 자를 말한다.
3. "공사현장관리자(책임자)"란 건축공사 현장에서 시공 및 지공관리업무 및 현장의 화재 및 안전관련 업무를 감독조정하는 자(계약자)를 말하며, 별도의 공사현장관리자를 지정하지 않는 경우 공사현장의 총괄책임자인 건설시공사의 현장소장을 말한다.
4. "화재안전관리자"란 건축공사 현장에서 현장의 화재안전을 위한 예방, 대응 및 교육훈련의 업무를 총괄하는 자로, 별도로 지정하지 않는 경우 "공사현장관리자"를 말한다.

제2장 현장안전관리

제3조(현장안전관리 일반사항) ①공사현장의 화재안전관리를 위해서는 관련 규정에 따른 안전조치를 위해야 한다. 이는 크게 사용자, 공사현장관리자, 근로자는 이 지침에서 제시된 책임과 책임을 성실히 수행해야 한다.

제4조(화재안전관리자의 지정) ①공사현장의 화재안전 관리를 위해 화재안전관리자를 지정해야 하며, 지정된 화재안전관리자는 공사시작부터 완공시까지 현장에 상주하며 화재안전관리 업무를 총괄한다.

② 화재안전관리자의 업무는 다음과 같다.
1.화재안전관리계획의 수립
2.공사현장의 화재안전관리
3.화재안전교육 및 훈련
4.위험물질의 관리
5.화재시 초기대응체제의 구성 및 운영
6.피난대피 및 유도에 관한 사항
7.기타 화재안전과 관련된 사항

제5조(화재안전관리계획의 수립) ①화재안전관리자는 해당공사현장의 화재예방 및 피해경감을 위한 화재안전관리계획을 수립, 시행해야 하며, 그 내용에는 다음의 사항이 포함되어야 한다.
1.공사현장의 기본현황 및 이용계획
2.화재안전 및 대응관련 조직체계
3.화재대응 및 초기소화설차

법제처 - 1 / 7 - 국가법령정보센터

- 질적성과 : 공사현장의 화재위험 분석 및 위험요소 도출, 가이드라인 작성, 화재안전 지침(안) 작성
- 양적성과 : 국내학술발표 3건, 국내학술논문 3건, 정책제안 6건

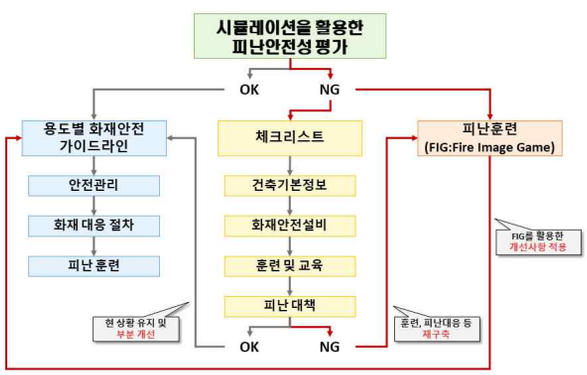
활용방안

성과명	기술 수요처	활용계획
공사현장 화재안전가이드라인	국토부	지침 또는 건축code로 지정(예정)

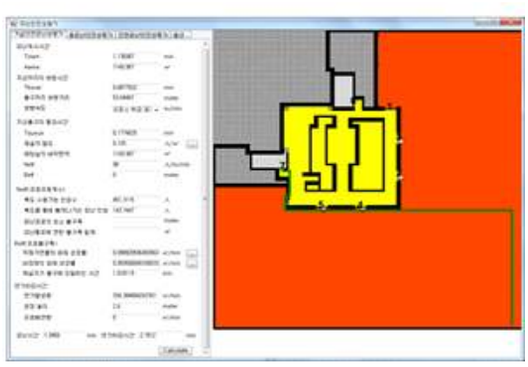
14 화재안전가이드라인

1세부-공동
호서대학교

연구목표	건축물 용도 특성을 반영할 수 있는 피난대응 및 훈련 가이드라인 구축
연구성과	• 1차년도 : 화재통계분석을 통한 건축물 용도별 화재위험도 분석 및 화재위험성 평가 기술 로드맵 작성 • 2차년도 : 건축물 실사용자 사용자경험(UX) DB 구축 및 BIM/ICT 기술 연계 모듈 분석 • 3차년도 : 건축물 실사용자 사용자경험(UX) DB 구축 및 화재 안전 설계/유지관리 방법 정립 • 4차년도 : 용도별 건축물 화재안전 가이드라인(안) 개발 및 현행법령 및 기준과 UX기반 화재안전 가이드라인 분석 • 5차년도 : 가이드라인(안) 구축 및 시설현장조사를 통한 가이드라인 적용성 계획수립 • 6차년도 : 성능검증장 적용을 통한 평가 실시, 시설 현장조사 및 가이드라인 적용성 검증, 건축물 실사용자를 위한 가이드라인 수정 및 보완



화재안전 가이드라인 플로우



피난안전 평가 Tool

- 질적성과 : 건축물 용도별 화재 및 피난안전 가이드라인 개발
- 양적성과 : 국내(비SCI)논문8건, 학술발표(국내) 65건, 정책제안 2건, 특허 출원 1건, 특허 등록 1건, 세미나개최 8건, 책자발간 2건, 인력양성 6건

활용방안

성과명	기술 수요처	활용계획
건축물 용도별 화재 및 피난안전 가이드라인	아파트, 재난약자시설(노인요양시설, 산후조리원), 판매시설, 자동차터미널, 물류창고시설에서의 안전관리자	실사용자를 위한 화재안전 가이드라인은 아파트, 재난약자시설(노인요양시설, 산후조리원), 판매시설, 자동차터미널, 물류창고시설에서의 안전관리자의 화재안전 역량, 피난대응, 피난전략의 강화를 위해 활용

15 노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인 기준 및 지침 |

1세부-공동
가천대학교

연구목표	**노후화된 주거 밀집지역과 전통시장을 대상으로 노후 건축물밀집지역의 화재 안전성 확보에 필요한 사항을 규정하여 가이드라인 개발**
연구성과	• 연차별 연구성과노후 건축물 밀집지역 실태조사 및 가이드라인 적용대상 선정 • 노후 건축물 밀집지역 화재 위험도 평가기준 수립 • 화재 및 피난 가이드라인(안) 작성 및 화재 위험도 평가표(안) 작성 • 대상 노후 건축물 밀집지역 화재위험도 현장평가 실시 • 노후 건축물 밀집지역 가이드라인 검증 및 실용화 • 화재 및 피난 가이드 성능검증장 적용



- 질적성과
  - 1차년도 : 노후 건축물 밀집지역 실태조사 및 가이드라인 적용대상 선정
  - 2차년도 : 노후 건축물 밀집지역 화재 위험도 평가기준 수립
  - 3차년도 : 화재 및 피난 가이드라인(안) 작성 및 화재 위험도 평가표(안) 작성
  - 4차년도 : 대상 노후 건축물 밀집지역 화재위험도 현장평가 실시
  - 5차년도 : 노후 건축물 밀집지역 가이드라인 검증 및 실용화
  - 6차년도 : 화재 및 피난 가이드 성능검증장 적용
- 양적성과 : 특허 출원 1, 국내 학술지 게재논문 6, 국내 학술회의 발표 14, 인력양성 12, 정책제안 1

활용방안

- 개발된 가이드라인으로 노후 밀집지역의 도시재생사업이나 전통시장 시설현대화사업에 구체적이고 정량적인 가이드 방향 제시
- 성능검증장 적용 : 화재 상황전파 경보방송시스템(노후 밀집지역 내에서 신속한 화재상황 전파를 목적으로 실시간 경보방송), 옥외 피난안내 표지(주야간 피난통로 확보를 목적으로 SAFETY ZONE으로 피난유도)

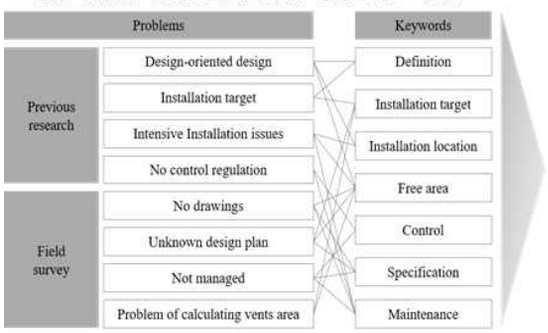
성과명	기술 수요처	활용계획
노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인	국토교통부	노후 건축물 밀집지역의 도시재생사업이나 전통시장 시설현대화사업에 구체적이고 정량적인 가이드 제시
노후 건축물 밀집지역 화재 및 피난 가이드라인에 관한 지침(안)	국토교통부	노후 건축물 밀집지역의 도시재생사업이나 전통시장 시설현대화사업에 구체적이고 정량적인 가이드 제시

16 배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인 개발 | 1세부-공동 대한기계설비산업연구원

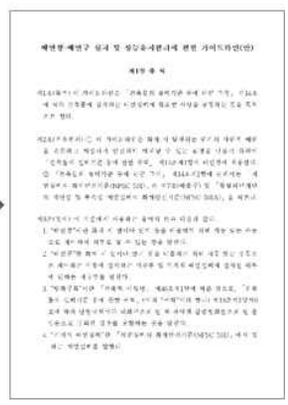
연구목표	배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인 개발
연구성과	• 2차년도: 배연창, 배연구 성능평가 및 성능기준 개발을 위한 보고서 작성 • 3차년도: 배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인 작성

배연창, 배연구 설치 및 성능유지관리 가이드라인

[문제점 및 개선안 도출을 통한 가이드라인 작성]




제1장 총칙
제1조(목적)
제2조(적용범위)
제3조(정의)
제2장 배연창의 설치
제4조(적용대상)
제5조(설치위치)
제6조(유효면적)
제7조(제어)
제3장 배연창의 관리
제8조(제품 설계 기준)
제9조(성능기준)
제10조(유지관리)
[별표] 배연창의 유효면적 산정기준



- 질적성과 : 보고서, 가이드라인 작성
- 양적성과 : 논문 2건, 학술발표 2건, 특허출원 1건

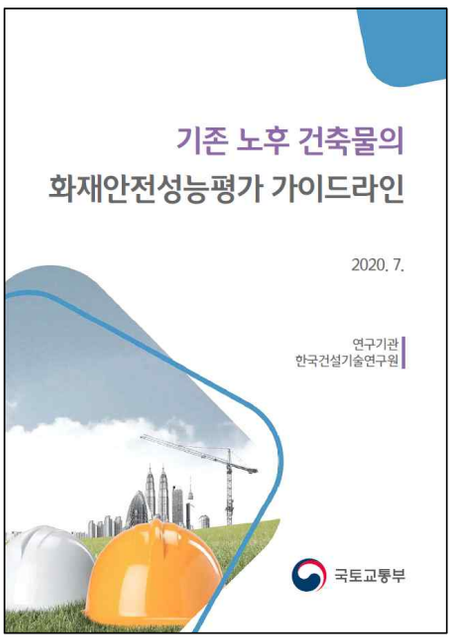
활용방안

성과명	기술 수요처	활용계획
배연창, 배연구 설치 및 관리 가이드라인	배연창, 배연구 설치와 관련한 규칙의 소관부처	배연설비 소관부처에 배연창, 배연구의 기술기준 및 관리기준 개선 건의

4.2 화재위험도 평가 및 보수·보강 기술 개발

1 기존 노후 건축물 화재안전성능 평가방법 및 적용기준 | 2세부-협동 한방유비스(주)

연구목표	**국내 법규 기반 기존 노후 건축물의 화재안전성능(건축방재/소방시설/피난시설) 평가방법 개발**
연구성과	• 국내외 화재위험도평가방법 조사 및 분석 • 기존 노후 건축물의 재실자 특성별 화재위험요소 도출 • 기존 노후 건축물의 화재안전성능평가방법 개발 • 기존 노후 건축물의 화재안전성능평가 적용기준 개발 • 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 프로그램 개발 • 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 가이드라인 개발



기존 노후 건축물 화재안전성능평가표

건물명			
허가번호		허가일자 :	
대지위치		지번	
구분		내 용	
건축개요	1. 건축 면적 2. 연면적 3. 건축물 높이(층수) 4. 주 용도		
평가결과	총 평가 점수 점 / 110점	- 건축법, 소방시설법 등 관계법령에 적합한 건축물의 평가 점수는 건축물의 종합적인 화재안전성능과 상관없이 없음. - 건축법, 소방시설법 등 관계법령에 부적합한 시설은 시정이 필요함	

구 분 (가중치%)	조 사 내 용	평가점수	최소점수	최대점수	국내 유사 법규
건축방화(40%)	1. 수직관부의 내화성능 평가		0	6	건축법시행령 제46조
	2. 면적별 방화구획 평가		0	8	
	3. 외부마감재 평가		0	5	피난방화규칙 제24조
	4. 내부마감재 평가		0	5	
	5. 설비 덕트의 방화구획 관통부 평가		0	3	건축법시행령 제46조
	6. 복도 벽체의 내화성능 평가		0	4	건축법시행령 제40조
	7. 복합용도(용도별 분리) 평가		0	3	건축법시행령 제46조
	8. 입체화 또는 주거세대별 별도 방화구획 평가		0	4	건축법시행령 제53조
	9. 무대시설 보호등급 평가		0	3	건축법시행령 제40조
소방설비(30%)	10. 스프링클러설비 평가		0	10	국가 화재안전기준 103
	11. 화재경보설비 평가		0	8	
	12. 자동화재탐지설비 평가		0	6	국가 화재안전기준 201
	13. 옥내소화전 평가		0	6	국가 화재안전기준 203
	14. 피난로 비상조명설비 평가		0	3	국가화재안전기준 304
피난설계(15%)	15. 최대 피난보행거리 평가		0	5	건축법시행령 제34조
건축물 내화구조 (10%)	16. 주요구조부의 내화성능과 건축물 높이간 적정성 평가		0	6	건축법 제40조
	17. 주요구조부의 내화성능과 건축물 연면적간 적정성 평가		0	6	건축법 제40조
제연설비	18. 연기제어 평가		0	3	국가 화재안전기준 501
제연구획(3%)	19. 제연구획 평가		0	3	
소방활동(2%)	20. 비상용승강기 제어 평가		0	3	건축법 제64조
소 계		0	0	100	
권장사항	21. 피난용량 평가		0	8	국외 기준
	22. 막다른 복도의 길이 평가		0	2	국외 기준
총 계		0	0	110	

※ 현행 건축 및 소방법령에 적합한 건축물은 동 평가에서 70점의 점수를 획득할 수 있으며, 개별 건축물의 화재안전성능은 동 점수 이상 수준이 바람직함

- 질적성과
  - 국내외 화재위험도평가방법 조사 및 분석 3건 달성
  - 기존 건축물 재실자 특성별 화재위험도 분석 4건 및 평가대상범위(안) 도출
  - 국내외 화재위험도평가 기법 3건 조사 및 화재안전성능평가방법 개발
  - 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 적용기준 및 가이드라인(안) 개발
  - 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 프로그램 개발 (현장 실무 적용성 향상)
  - 기존 노후 건축물 화재안전성능평가 현장 실무 3건 적용(Case Study) 및 가이드라인 최종본 개발
- 양적성과
  - 특허출원 4건/특허등록 4건/일반게재논문 2건/학술발표 3건/SW등록 1건/인력양성 2건/가이드라인 1건

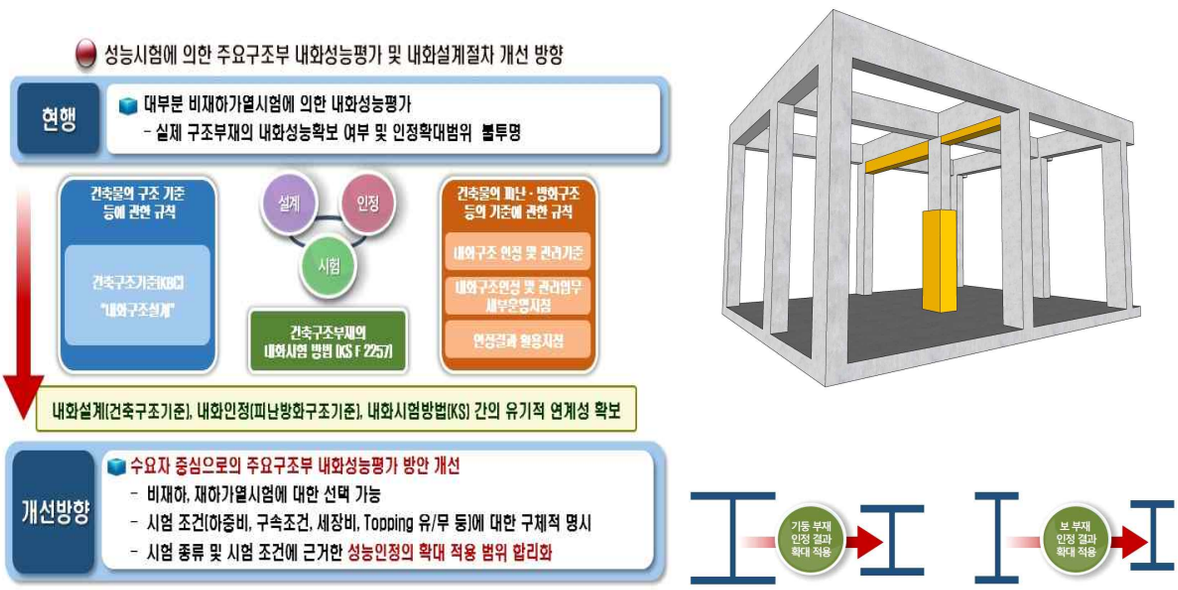
활용방안

성과명	기술 수요처	활용계획
기존 노후 건축물 화재안전성능평가표	국토교통부 및 소방청 등 공공기관 안전부처	「건축물 관리법」 시행에 따른 노후 건축물 등의 화재안전성능평가 수행 시 활용
	화재안전성능평가 업종 종사자	

2 화재응력비를 고려한 구조부재의 내화성능 평가기술 선진화 |

2세부-공동
한국건설기술연구원

연구목표	**주요구조부재의 내화성능 평가 및 기존 내화구조 인정 방식의 기술/제도적 개선**
연구성과	• 내화성능 평가방법 기준 분석 • RC구조 내화성능 평가기술 개발 • 강구조 내화성능 평가기술 이론 정립 • 강구조(기둥) 내화성능 평가기술 개발 • 강구조(보) 내화성능 평가기술 개발 • 내화구조 평가 기술 및 제도 선진화의 테스트베드 적용



- 질적성과
  - RC 기둥 및 보 구성인자와 내화성능 상관성 분석 10건
  - RC 기둥 및 보의 기준단면 설정 및 화재응력비 도출
  - 강구조 구조부재 특성반영 내화성능 설계방법 수립
  - 강구조 기둥 구성인자와 내화성능 상관성 분석 10건
  - 강구조 기둥의 기준단면 설정 및 화재응력비 도출
  - 강구조 고시 개정(안) 도출
- 양적성과
  - 일반게재논문 4건/학술발표 7건/정책제안 14건/정책반영 5건

활용방안

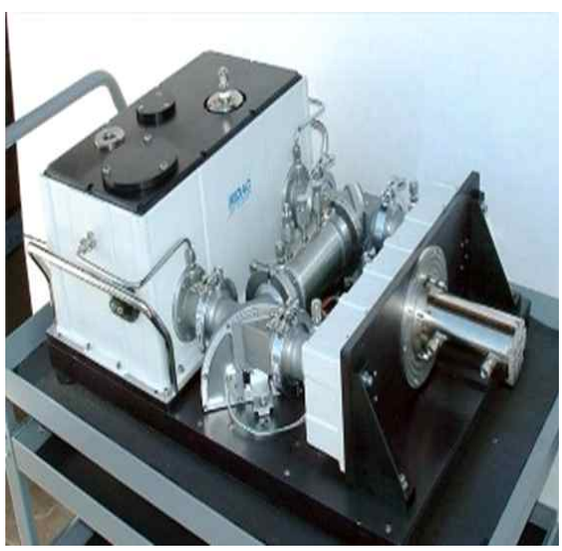
성과명	기술 수요처	활용계획
화재응력비를 고려한 RC 및 강구조의 내화성능 평가기술	공공기관	내화구조 인정 제도 부문 개선에 활용
	내화설계 관련 제조/생산 및 시공 기업	
	내화전문시험기관 (KICT, KCL, KTR 등)	

3 건축물 마감재료의 연소독성지수 기준

2세부-공동
한국건설기술연구원

연구목표	**건축물 마감재료 가스유해성 화재모델 구축 및 연소독성지수 기준 개발**
연구성과	• 기존성능평가방법 및 관련법규 조사 • 건축물 내부 마감재료의 화재모델별 시험결과 DB 구축 • 건축물 마감재료 연소가스의 생체학적 손상도 분석 및 독성요소에 관한 실험 데이터 분석 • 건축물 마감재료 급성흡입독성에 대한 새로운 독성지수 산출 및 정립 • 산출된 새로운 독성지수에 대한 실제 시험 허용기준 평가 • 연소가스 기준마련 및 보완(부합화)





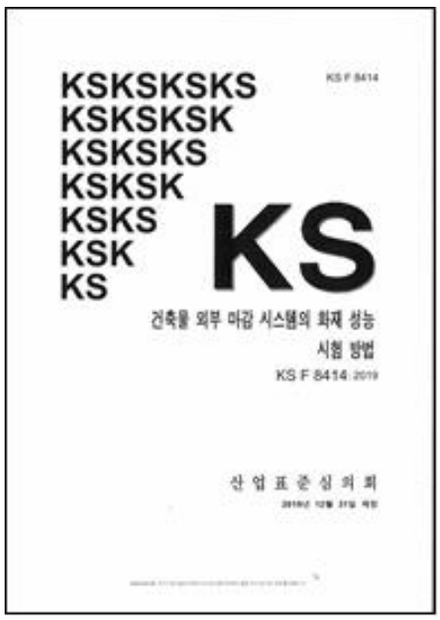
- 질적성과
  - 연소생성물의 인체독성평가조사 및 가스유해성 화재모델 선정
  - ISO 19702 시험을 통한 정량 method 구축
  - 건축물 마감재료 연소발생가스 정량/정성분석 및 데이터 수치화 24건
  - 독성지수 산정 및 급성 흡입 독성가스에 대한 화재모델 선정
  - 연소가스 분석 데이터 수치화 및 DB 구축 및 허용기준 정립
  - 건축물 마감재료 정량분석 평가 기술 테스트베드 적용 및 건축물 마감재료 고시 개정(안) 도출
- 양적성과
  - 일반게재논문 3건/학술발표 8건/정책제안 2건/정책반영 3건/표준신청 1건

활용방안

성과명	기술 수요처	활용계획
건축물 마감재료 연소독성지수 기준개발	공공기관	건축물 마감재료 가스유해성 평가 부문 개선에 활용
	건축물 마감재료 제조·생산기업	건축물 마감재료의 연소독성 지수 기준 개발을 통해 정량적으로 건축물 마감재료를 평가하고, 실험용 동물을 사용하지 않으므로 선진화된 시험기법을 국내에 도입 및 관련 시장확대 및 활성화
	건축물 마감재료 전문시험기관 (KICT, KCL, KTR 등)	

4 실대형 화재시험을 통한 건축물 마감재(내외장재)의 평가방법 및 기준 | 2세부-공동 한국건설기술연구원

연구목표	**실대형 내외부 마감시스템 평가를 위한 시험방법 및 평가기준 개발**
연구성과	• 실규모 내외장재 시험방법 및 기준개발을 위한 국내외 기준 조사 및 검토 • KS F 8414 시험방법 제정을 위한 시험장치 제작 및 BRE 교차시험 • KS F 8414 시험방법 표준 제정을 위한 실규모 시험 검증 • KS F 8414 시험방법 표준 신청 및 표준 채택 • 내부마감재료 실규모 시험방법 및 평가 기준 개발을 위한 실규모 시험 수행(KS F ISO 13784-1) • KS F 8414 시험방법으로 검증된 기존건축물보강공법 성능검증장 적용 • 화재확산방지구조 기준 개정(안) 도출(국토부 요청 추가 연구)





- 질적성과
  - 건축물 내외장재 실대형 화재시험 및 분석 2건
  - 건축물 외장재 실대형 시험방법·성능기준 도출
  - 건축물 내장재 실대형 시험방법·성능기준 도출
  - 화재확산방지구조 기준 개정 완료(건축법 시행령, 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙)
  - KS F B414 표준 제정 완료
- 양적성과
  - 일반게재논문 5건/학술발표 5건/정책제안 5건/정책반영 4건/표준신청 3건/표준반영 1건/언론홍보 2건

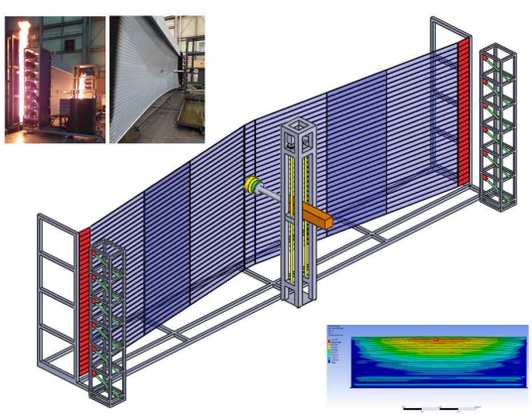
활용방안

성과명	기술 수요처	활용계획
실대형 내외부 마감시스템 시험방법 및 평가기준	공공기관	건축물 내·외장재 화재안전성능 평가 부문 개선에 활용
KS F 8414 표준	시험기관, 마감재료 관련 기업	KS F 8414 시험방법으로 화재에 안전한 건축자재 및 공법 개발 가능함
KS F 8414 평가기준(고시)	시험기관, 마감재료 관련 기업	

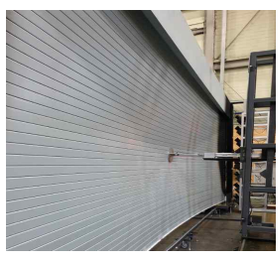
5 대형화재구획설비 평가방법

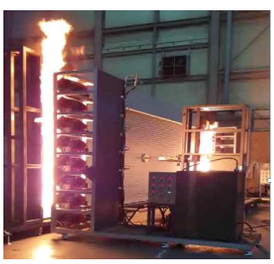
2세부-공동
한국건설생활환경시험연구원

연구목표	**길이 8m 이상 장스팬의 대형화재구획설비평가방법 및 적용기준 개발**
연구성과	• 대형화재구획설비 관련 국내외 시험방법 및 기준 조사 • 대형화재구획설비 평가용 시작품 설계 및 비상문 개폐력 평가 • 시작품 모듈 제작(1차~3차) 및 대형화재구획설비의 평가방법 및 기준 가이드라인 도출 • 대형화재구획설비 화재안전성능 평가방법에 관한 지침(안) 도출











- 질적성과 : 대형화재구획설비 평가방법 및 기준 가이드라인 개발
  - 대형 화재구획설비 국내외 평가방법 조사
  - 대형화재구획설비 평가용 시작품 설계 및 제작(1차~3차)
  - 일체형 방화셔터 비상문 개폐력 평가
  - 대형 화재구획설비 평가방법 및 가이드라인 도출
- 양적성과
  - 일반게재논문 2건/학술발표2건/시제품제작 3건/가이드라인 1건/지침(안) 1건

활용방안

성과명	기술 수요처	활용계획
대형 화재구획설비 평가방법	공공기관	대형 화재구획설비 화재안전성능 평가 제도에 활용
	시험기관	대형 화재구획설비 화재안전성능 인증
	화재구획설비 제조업체	대형 화재구획설비 신뢰성 확보 및 제품 제조

6 화재피해건축물에 대한 진단·평가 절차개발

2세부-공동
서울시립대학교 산학협력단

연구목표	화재피해 건축물의 진단·평가방법 및 가이드라인 제시
연구성과	• 현행 화재피해 건축물의 진단·평가 방법론 분석 개선방안 검토를 위한 국내외 기준 조사 • 콘크리트 표면 색상변화 및 기타 평가방법별 수열온도 및 잔존강도 DB의 구축 여부 • 퍼지이론을 활용한 수열온도 추정방법에 대한 전문가 검토 • 구조재료의 가열실험을 통한 성능분석 및 냉각방법에 따른 강도회복률 분석에 대한 전문가 검토 • 퍼지이론을 활용한 화재진단·평가시스템 개발에 대한 전문가 검토 • 성능검증장을 통한 화재진단·평가시스템의 적용성 검증 및 가이드라인에 대한 전문가 검토





[화재피해를 입은 건축물의 진단 가이드라인]

- 질적성과
  - 현행 화재피해 건축물의 진단·평가 방법론 분석 개선방안 검토 및 대안 제시
  - 콘크리트 표면 색상변화 및 기타 평가방법별 수열온도 및 잔존강도 DB 구축
  - 퍼지이론을 활용한 수열온도 추정방법개발
  - 구조재료의 가열실험을 통한 성능분석 및 냉각방법에 따른 강도회복률 분석
  - 퍼지이론을 활용한 화재진단·평가시스템 개발
  - 성능검증장을 통한 화재진단·평가시스템의 적용성 검증 및 활용방안 구축
- 양적성과
  - SCI(E)논문 6건/등재논문 5건/학술발표 12건/특허출원 1건/특허등록 1건/인력양성 6명/ 가이드라인 1건

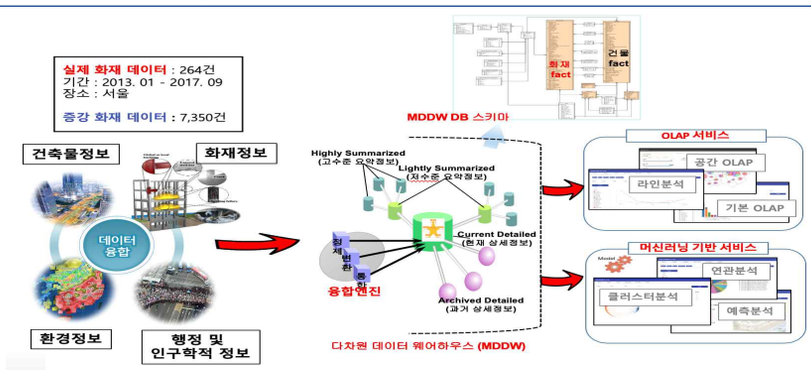
활용방안

성과명	기술 수요처	활용계획
화재피해 건축물에 대한 진단·평가 기술	구조기술사사무소 및 안전진단 업체	• 화재피해를 입은 건축물의 신속한 피해복구를 위한 전문 매뉴얼, 신뢰도 있는 화재손상지수 제시를 통한 구조기술자 및 화재피해조사자 등의 실사용자의 적극적 활용 도모

7 화재피해건축물 데이터 통합 MDDW 솔루션 및 예측/개선 모델 마이닝 엔진

2세부-공동
서울시립대학교 산학협력단

연구목표	**화재피해 건축물 통합 데이터베이스 구성을 위한 다차원 데이터웨어하우징(MDDW)기술 및 기계학습 기반 화재피해 건축물 예측/개선모델 추출 및 진화기술 개발**
연구성과	• 화재피해건축물 내/외부 데이터 내용 및 스키마 분석 • 화재피해건축물 개선모델 구축을 위한 다차원 데이터웨어하우스(MDDW) 아키텍처 설계 • 통합MDDW 및 화재피해건축물 개선모델 구축 프로세스 설계 • 화재피해 건축물의 통합 DB구축 및 개선 방법 • OLAP엔진 개발 • OLAP엔진 사용편의성 최적화 및 성능 평가 • 마이닝 엔진 개발 • 패턴 정형적 표현 연구 • 마이닝 엔진 개선(진화형) • 패턴 리포팅 엔진 개발 • 화재 피해 분석 테스트 베드 구축 • 화재 예측 모델 신뢰도 평가



- 질적성과
  - 화재피해건축물 MDDW 스키마, MDDW 시스템 구조도 및 요구사항 분석서 설계
  - 시스템 개발 아키텍처 설계
  - 화재피해건축물 내/외부 데이터 수집 및 융합시스템 개발
  - 화재피해건축물 통합 MDDW 구축
  - 화재피해 OLAP 연산 모듈 및 시나리오 구현
  - MDDW 기반 마이닝 모듈 개발
  - 화재분석 예측모델 생성
  - 화재피해 분석/마이닝 테스트베드 구축
- 양적성과
  - SCI(E)논문 1.5건/등재논문 6.5건/학술발표 12.5건/특허출원 4건/특허등록 2건/SW등록 5건/인력양성 1명

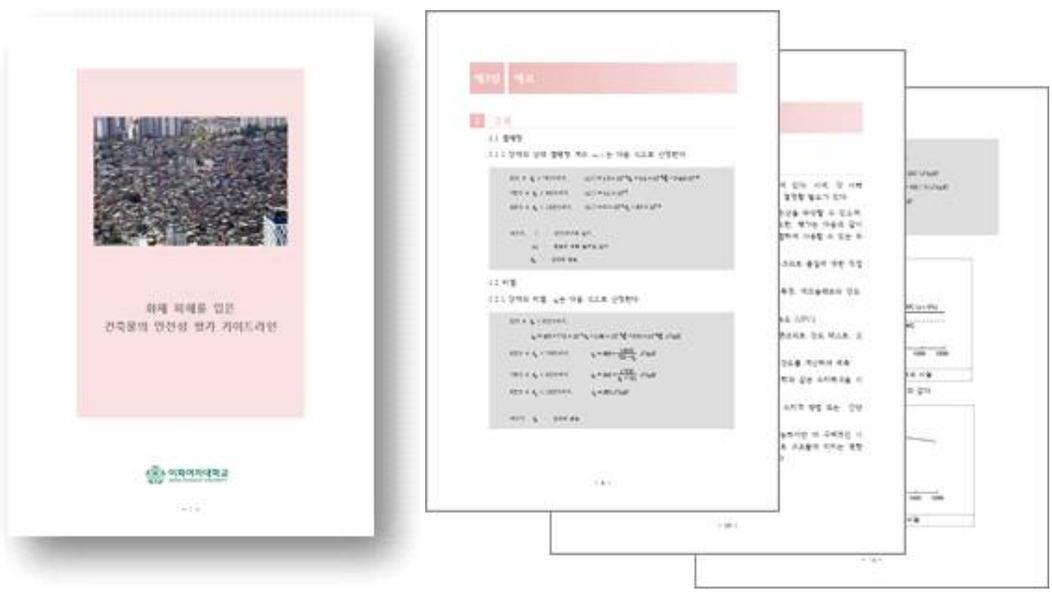
활용방안

성과명	기술 수요처	활용계획
다차원 데이터웨어하우스 기반 온라인 화재 분석(OLAP) 기술	화재예방/소방안전 관련 국가 공공기관 및 화재안전 관계 업종	• 화재위험 모니터링을 통한 지능형 안전체계 구축으로 화재예방을 통한 화재 사전 방지 • 빌딩 자동화(Building Automation) 시스템 접목을 통한 건설시장의 확장 기대
개별 건물 단위의 화재피해 예측 마이닝 기술		• 국가공공기관의 화재예방/소방안전을 위해 개별건물 단위의 화재정책 수립에 적용 • 화재안전검사 등의 업무를 수행하는 기업의 건물 맞춤형 화재안전검사 수행

8 화재피해 건축물 구조안전성 평가방법

2세부-공동
이화여자대학교

연구목표	**화재피해 건축구조물 안전성 평가 가이드라인 개발**
연구성과	• 구조 부재에 대한 내화거동 평가를 통한 화재 손상 예측을 위한 일반강도 콘크리트 부재의 구조안전성 평가 • 구조부재 화재 실험 및 분석을 통한 화재에 노출된 콘크리트 부재의 열적 특성 파악 • 화재피해 건축구조물 안전성 평가방법 개발 • 가이드라인 도출 및 구조부재 내화거동 평가를 통한 화재피해 건축구조물 안전성 평가방법 개발 • 성능검증장을 통한 화재피해 건축구조물 안전성 평가 가이드라인의 적용 및 최종안 도출



- 질적성과
  - 국내외 화재 피해 건축물 구조 안전성 평가 사례분석 보고서
  - 일반강도 구조 부재에 대한 내화거동 평가 보고서
  - 구조 부재 화재실험 및 분석 보고서
  - 화재 노출 콘크리트 부재의 열적 특성 파악 분석 보고서
  - 구조 부재에 대한 내화거동 평가 보고서
  - 화재피해 건축구조물 안전성 평가 가이드라인(안) 작성
  - 구조 부재에 대한 내화거동 평가 보고서
  - 화재피해 건축구조물 안전성 평가 가이드라인 도출
  - 성능검증장을 통한 화재피해 건축구조물 안전성 평가 가이드라인의 적용 및 최종
- 양적성과
  - SCI(E)논문 2.5건/등재논문 2건/학술발표 9건/인력양성 5명/ 가이드라인 1건

활용방안

성과명	기술 수요처	활용계획
화재피해 건축구조물 안전성 평가 가이드라인	구조기술자 및 화재피해 조사자	• 화재피해 건축구조물 안전성 평가 가이드라인의 화재 시 구조기술자 및 화재피해 조사자들이 화재 피해 평가와 보수보강에 대한 기초자료로 활용 가능

9 화재피해 건축물의 최적 보수재료·보강공법 선정 시스템 및 평가기술 개발 | 2세부 대진대학교

연구목표	화재피해 건축물의 피해유형 및 화재피해등급에 따른 최적의 보수재료·보강공법 선정기술 개발
연구성과	• 국내외 구조보수재료·보강공법 관련 문헌고찰 및 자료수집 • 내화공법(섬유혼입) 적용 건축물에 대한 화재 후 내구성 평가 • 보수보강 계획 수립 및 범위설정/방법 선정 • 기존 보수재료의 내화성능 평가 • 화재피해를 입은 콘크리트 부재 및 구조물의 보수·보강 기술 지침(안) 및 가이드라인 작성 • 기존보수재료·보강공법 적용 기둥시험체의 3시간 내화시험 실시 및 국내외 보수재료의 내화성능평가



- 질적성과
  - 국내외 구조보수재료·보강공법 조사
  - 강도별(24, 40, 60, 80MPa)별 단주시험체 제작 및 ISO 834에 의한 3시간 내화시험 수행
  - 화재피해를 입은 단주시험체의 보수·보강 실시 및 장기폭로(3년) 후 재내화시험 수행
  - 폴리머 시멘트 모르타르의 내화성능 평가 및 열간 부착강도 평가
  - 폭렬방지 폴리머 시멘트 모르타르 개발
  - 내화공법(섬유혼입) 적용 고강도 콘크리트의 화재피해 후 표층부 콘크리트 보수방법 개발
  - 화재피해를 입은 건축물의 진단, 안전성 평가 및 보수·보강 가이드라인(보수·보강 파트)
- 양적성과
  - SCI(E)논문 1건/등재논문 7건/학술발표 7건/인력양성 4명/ 가이드라인 1건

활용방안

성과명	기술 수요처	활용계획
내화공법(섬유혼입) 적용 고강도 콘크리트의 화재 후 표층 콘크리트 보수 공법	건축물 보수·보강 전문 건설업체 및 건축물 안전진단 조사기관	• 화재피해 건축물의 보수·보강 시 활용 가능 • 화재피해 건축물의 보수·보강 전문 건설업체 등에서 활용 가능 • 화재피해유형 및 화재피해등급에 따른 최적의 보수 재료·보강공법 선정 가능 • 화재피해를 입은 섬유혼입 고강도 콘크리트의 보수·보강 공법 제시 • 폭렬가능성이 높은 폴리머 시멘트 모르타르의 폭렬 저감 방법 제시
폭렬방지 폴리머 시멘트 모르타르 개발		
화재피해를 입은 건축물의 진단, 안전성 평가 및 보수·보강 가이드라인 (보수·보강 파트)		

붙임. 참고문헌

1. 국토교통부, 2019, 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙, 국토교통부.
2. 국토교통부, 2019, 건축법 시행령, 국토교통부.
3. 국토교통부, 2019, 건축법, 국토교통부.
4. 권대연, 2016, HAZOP 및 ETA기법을 이용한 불산 Mixing공정의 위험성 저감을 위한 공정개선에 관한 연구.
5. 김용달, 2010, 건물의 화재위험도 평가 모형개발과 적용기법에 관한 연구.
6. 나욱정, 2006, 지하공간 비상유도등의 성능평가 및 피난유도 향상에 관한 연구.
7. 민성은, 2016, 질적 자료 분석 방법으로서 매트릭스 분석의 이해, 한국질적탐구학회.
8. 박무일, 2012, 위험성 평가(2), 안전강좌 칼럼.
9. 부산소방재난본부, 2018, 소방시설등의 성능위주설계 평가 가이드라인, 부산소방재난본부.
10. 서울소방재난본부, 2018, 서울특별시 성능위주설계 심의 가이드라인, 서울소방재난본부.
11. 서지현, 2015, 초고층빌딩시공기술개발 연구단 최종보고서, 한국건설기술연구원.
12. 소방청, 2019, 2014년도 ~ 2018년도 화재통계, 국가화재정보센터.
13. 소방청, 2019, 2018년 화재통계연감, 소방청.
14. 소방청, 2019, 국가화재안전기준, 소방청.
15. 윤재성, 2010, 화재시뮬레이션 프로그램을 이용한 고층아파트의 화재해석.
16. 이강현, 2017, 터널 시공 중 안전관리를 위한 리스크 관리 체계 구축 연구.
17. 이수경, 1996, 건물의 화재 위험성 평가를 위한 Software(KFSA I) 개발, 한국소방안전협회.
18. 장승식, 2002, 화학공정의 화재폭발지수와 환경영향평가지수와의 비교 연구.
19. 정의수, 2008, 건축물의 화재 위험도 수준평가를 위한 지수 개발에 관한 연구.
20. 조흥기, 2013, 확률 기반의 위험등급 평가 객관화 방안.
21. 한국건설기술연구원, 2009, 표준화재모델에 따른 화재확대방지 및 피난안전 설계 기술 개발, 한국건설기술연구원.
22. 한국산업안전보건공단, 2008, 리스크 분석방법에 관한 지침, 한국산업안전보건공단.
23. 한국화재보험협회, 2019, 2018년 특수건물 화재통계·안전점검 결과분석, 한국화재보험협회.
24. David Yung, 2008, Principles of Fire Risk Assessment in Buildings, Wiley, Toronto.
25. ICC, 2018, International Existing Building Code, ICC.
26. ICC, 2018, International Building Code, ICC.
27. NFPA, 2018, NFPA 72, NFPA, Batterymarch Park.
28. NFPA, 2018, NFPA 101a, NFPA, Batterymarch Park.
29. NFPA, 2018, NFPA 551, NFPA, Batterymarch Park.
30. SFPE, 2002, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, SFPE, Westford.

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 도시건축연구사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 도시건축연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

05540
9 791187 770923
ISBN 979-11-8777-092-3