

## 춘계학술발표대회 프로그램

### ● 1일차 | 5월 17일(수)

일 정	세 부 내 용
14:00~18:00	▪ 상설·전문위원회 회의 I   가야금A, B, C, D / 향비파 A, B

### ● 2일차 | 5월 18일(목)

일 정	세 부 내 용
09:00~9:30	▪ 등 록   2F 거문고홀 앞 로비
9:30~11:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 춘계학술발표대회 논문발표 I                             <ul style="list-style-type: none"> <li>· [가야금A] : 시공재료 1 (콘크리트)</li> <li>· [가야금B] : 시공재료 2 (시멘트)</li> <li>· [가야금C] : 시공관리 1 (안전, 통합, 공정, 위험관리)</li> <li>· [가야금D] : 시설물유지관리 1 (내구성능진단기법, 화재관리)</li> </ul> </li> <li>▪ 상설·전문위원회 회의 II   향비파 A, B</li> </ul>
11:00~12:00	▪ 춘계학술발표대회 포스터발표   2F 거문고B홀
12:00~13:00	▪ 점 심   1F 서라벌식당
13:00~14:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 특별세션 1   가야금A                             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 첨단건설시공 및 구조물 핵심요소 기술 (한국시설안전공단)</li> </ul> </li> <li>▪ 특별세션 2   가야금B                             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 매스콘크리트 온도균열 제어를 위한 연직파이프쿨링 공법 개발 (현대건설)</li> </ul> </li> <li>▪ 춘계학술발표대회 논문발표 II                             <ul style="list-style-type: none"> <li>· [가야금C] : 시공기술 1 (거푸집, 철골, 금속공사, 시공사례)</li> <li>· [가야금D] : 시공재료 3 (방수, 내화재료)</li> <li>· [향비파A] : 시공재료 4 (콘크리트)</li> <li>· [향비파B] : 시공관리 2 (안전, 위험관리, 소방법, 데이터분석)</li> </ul> </li> </ul>
14:30~15:00	▪ 임시총회   2F 거문고B홀

15:00~16:20	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>초청강연   2F 거문고B홀</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 세상을 바꾼 사과   서울과학기술대학교 김흥겸 교수</li> </ul> </li> </ul>
16:20~16:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>연구윤리교육</b></li> </ul>
16:30~18:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>특별세션 3   가야금A</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 장수명시대의 4차 산업혁명과 건설혁신기술 (건설구조물내구성혁신연구센터)</li> </ul> </li> <li>▪ <b>특별세션 4   가야금B</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 로봇융합기술 기반의 건축물 외부유리창 청소장치 현황 및 발전방향 (한국건설기술연구원 I)</li> </ul> </li> <li>▪ <b>춘계학술발표대회 논문발표 III</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· [가야금C] : 시공재료 5 (금속, 내화, 단열 재료, 외장재)</li> <li>· [가야금D] : 시공재료 6 (콘크리트, 시멘트)</li> <li>· [항비파A] : 시공재료 7 (방수, 내화, 미장 재료)</li> <li>· [항비파B] : 시설물유지관리 2 (관리기법, 누수진단, 화재관리, 하자분쟁)</li> </ul> </li> </ul>
18:00~	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>만찬   2F 거문고B홀</b></li> </ul>

● 3일차 | 5월 19일(금)

일정	세부내용
09:30~10:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>등록   2F 거문고홀 앞 로비</b></li> </ul>
10:00~12:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>특별세션 5   가야금A</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 공동주택 지하구조물 누수 예방을 위한 방수설계 시방기준 정립 (서울과학기술대학교 건설기술연구소)</li> </ul> </li> <li>▪ <b>특별세션 6   가야금B</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 내화구조 시공기술의 현황과 발전방향 (한국건설기술연구원II)</li> </ul> </li> <li>▪ <b>춘계학술발표대회 논문발표 IV</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· [가야금C] : 시공기술 8 (콘크리트)</li> <li>· [가야금D] : 시공재료 9 (시멘트)</li> <li>· [항비파A] : 시공재료 10 (내화재료, 골재, 모르타르, 세라믹패널)</li> <li>· [항비파B] : 시공관리 3 (안전, 원가, 공정 관리, 데이터분석)</li> </ul> </li> </ul>

## ■ 목 차 ■

건축물 내화구조 인정제도 및 시공기술 현황 ..... 3

철골보 내화피복 성능평가단면에 대한 고찰 ..... 15

목조 건축 부재의 내화성능시험 현황 ..... 23

화재시 하중조합에 따른 내화성능 분석 ..... 45



# 건축물 내화구조 인정제도 및 시공기술 현황

---

발표자 : 옥 치 열 연구원(한국건설기술연구원II)

---



# 건축물 내화구조 인정제도 및 시공기술 현황

2017. 03. 30.

한국건설기술연구원  
건설인증센터 옥치열



## 일반적인 내화구조 개념

### • 내화구조

화재시 인명과 국민재산보호를 위한 최소한의 구조요구성능  
건축물의 화재시 건물의 붕괴를 방지하기 위한 구조내력 확보 및  
인명의 보호 등을 위한 방화구획 기능 확보

- ✓ 구조내력 : 화재시 주요구조부의 구조적 안전성 확보
- ✓ 방화구획 : 차열성(열전달 차단)과 차염성(구조부재의 변형, 관통, 붕괴 방지)



## 내화구조의 법적 근거

- 건축법 제 50조(건축물의 내화구조 및 방화벽)

- ① 문화 및 집회시설, 의료시설, 공동주택 등 대통령령으로 정하는 건축물은 국토교통부령으로 정하는 기준에 따라 **주요구조부를 내화(耐火)구조**로 하여야 한다.
- ② 대통령령으로 정하는 용도 및 규모의 건축물은 국토교통부령으로 정하는 기준에 따라 방화벽으로 구획하여야 한다.



- 주요구조부란(건축법 제2조제1항제7호 관련)

7. "주요구조부"란 내력벽(耐力壁), 기둥, 바닥, 보, 지붕틀 및 주계단(主階段)을 말한다. 다만, 사이 기둥, 최하층 바닥, 작은 보, 차양, 옥외 계단, 그 밖에 이와 유사한 것으로 건축물의 구조상 중요하지 아니한 부분은 제외한다.

## 내화구조의 법적 근거

- 건축법 시행령 제 2조 7 (내화구조의 정의)

- : "내화구조(耐火構造)"란 화재에 견딜 수 있는 성능을 가진 구조로서 국토교통부령으로 정하는 기준에 적합한 구조를 말한다.

- 건축법 시행령 제 56조 (건축물의 내화구조)

- ① **법 제50조제1항**에 따라 다음 각 호 (각호 생략)의 어느 하나에 해당하는 건축물(제5호에 해당하는 건축물로서 2층 이하인 건축물은 지하층 부분만 해당한다)의 주요구조부는 내화구조로 하여야 한다. 다만, 연면적이 50제곱미터 이하인 단층의 부속건축물로서 외벽 및 처마 밑면을 방화구조로 한 것과 무대의 바닥은 그러하지 아니하다.

- ② 제1항제1호 및 제2호에 해당하는 용도로 쓰지 아니하는 건축물로서 그 지붕틀을 불연재료로 한 경우에는 그 지붕틀을 내화구조로 아니할 수 있다.



## 내화구조의 법적 근거

- 건축물의 피난 방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제3조(내화구조)

1~7호 : 법정 일반 내화구조

8호 : 인정 내화구조

- 가. 생산공장의 품질 관리 상태를 확인결과가 고시하는 기준에 적합할 것
- 나. 가목에 따라 인정된 제품에 대하여 품질시험을 실시한 결과가 성능기준에 적합할 것

9호 : 내화구조 표준, 내화구조 성능설계

10호 : 신제품에 대한 인정기준에 따른 인정

## 내화구조의 법적 근거

- 건축물의 피난 방화구조 등의 기준에 관한 별표 1(내화구조의 성능기준)

구성부재 구분(0.5 시간 ~ 3 시간)

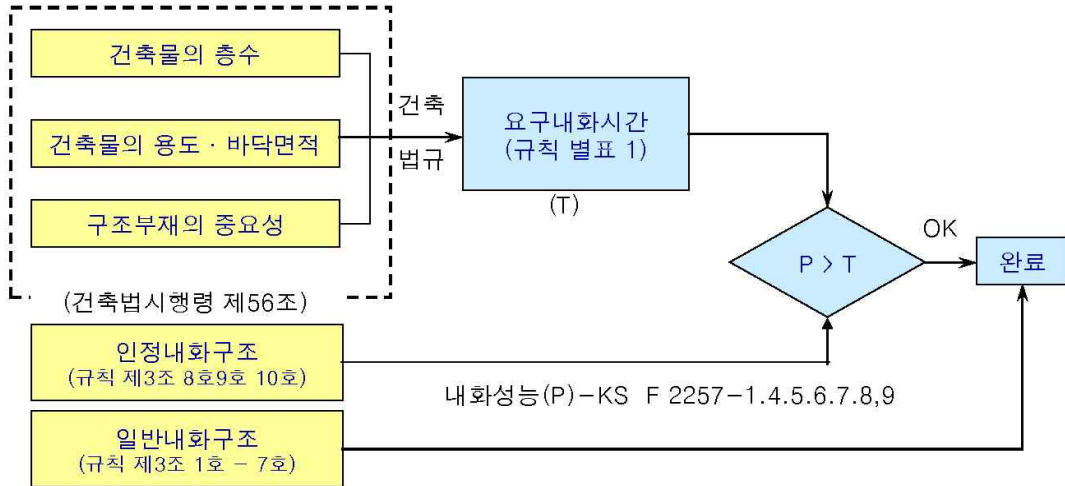
벽				보·기둥	바닥	지붕틀
외벽		내벽				
내력벽	비내력	내력벽	비내력			
	연소유려가 있는부분(가)		연소유려가 없는 부분(나)			

건축물의 용도 구분(12층/50m기준(초과, 이하) 구분, 4층/20m 이하 구분)

일반시설	업무시설,판매및영업시설, 공공용시설,중군사시설,방송국,발전소,전신전화국,촬영소,기타의와유사한 것,통신용시설,관광휴게시설,운동시설,문화 및 집회시설,제1종 및 제2종근린생활시설,위락시설,묘지관련시설 중 화장장,교육연구 및 복지시설,자동차관련시설(경비공장 제외)
주거시설	단독주택 중 다중주택,다가구주택,공관,공동주택,숙박시설,의료시설
산업시설	공장,창고시설,분뇨 및 쓰레기처리시설,자동차관련시설 중 경비공장, 위험물저장 및 처리시설

## 내화구조의 법적 근거

- 내화구조의 인정 및 관리체계

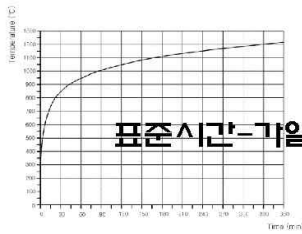


## 국내외 내화시험 방법

국 가	시 험 방 법
한 국	KS F 2257-1,4,5,6,7,8 및 9 (건축구조부재의 내화시험방법)
일 본	JIS A 1304 (건축구조 부분의 내화시험방법)
미 국	ASTM E 119 (Standard method of fire tests of building construction and materials) UL 263 (Fire Tests of Building Construction and Materials) NFPA 251 (Standard Method of Fire Tests of Building Construction and Materials)
독 일	DIN 4102 Part2 (Fire behaviour of building materials and building components : definitions, requirements and tests on building components)
캐나다	CSA / ULC S 101 (Standard Methods of Fire Endurance Test of Building Construction and Materials)
영 국	BS 476 Part 20 (Method for determination of the fire resistance of elements of construction general principles)
호 주	AS 1503 : Part 4 (Fire-Resistance Test of Structures)
스웨덴	EN 4102
핀란드	NT Fire 005
ISO	ISO 834-1,4,5,6,7,8,9 (Fire-Resistance Tests Elements of Building Construction)

## 내화성능 시험

- 내화시험 방법 : KS F 2257- 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9



표준시간-가열온도 곡선



## 내화구조 성능평가 방법

- 수직, 수평부재(벽체, 바닥판, 지붕)
  - 차염성 : 화재이면 화염발생, 균열, 틈 발생 여부
  - 차염성(화재이면온도) : 평균온도=> 초기온도 + 140°C 이하  
최고온도=> 초기온도 + 180°C 이하
  - 허용변형(하중지지력)

- 횡부재(보 및 바닥)
  - 변형량(mm)  $D = L^2 / 400 d$
  - 변형률(mm/min)  $dD/dt = L^2 / 9000 d$

- 축방향 부재(기둥)
  - 수축량(mm)  $C = h / 100$
  - 변형률(mm/min)  $dC/dt = 3h / 1000$



※ L : 시험체의 스패(mm), d : 구조단면의 최대 압축력을 받도록 설계된 위치에서 최대 인장력을 받도록 설계된 위치까지의 거리(mm), h : 시험체의 초기 높이(mm)

## 내화품목별 주요 재료 및 제품

내 화 품 목	주요 재료, 제품
도료피복 철골보 (BP : Beam of Paint system )	도료
뿔칠피복 철골보 (BS : Beam of Spary-on system )	뿔칠제
보드피복 철골보 (BB : Beam of Board system )	강성을 가진 판(석고보드, 시멘트판 등)
구조용 집성목재 보 (BT: Beam of structural glued-laminated Timber)	구조용 집성목재
목재 보 (BL : Beam of Lumber)	목재
섬유블랭킷 피복 철골보 (BF : Beam of Fiber blanket system)	단열재(세라크올, 그라스울, 미네랄울 등)
도료피복 철골기둥 (CP: Column of Paint system )	도료
뿔칠피복 철골기둥 (CS: Column of Spary-on system )	뿔칠제
보드피복 철골기둥 (CB: Column of Board system )	강성을 가진 판 (석고보드, 시멘트판 등)
구조용 집성목재 기둥 (CT: Column of structural glued-laminated Timber)	구조용 집성목재
목재 기둥 (CL : Column of Lumber)	목재
섬유블랭킷 피복 철골기둥 (CF : Column of Fiber blanket system)	단열재(세라크올, 그라스울, 미네랄울 등)
스터드 벽체 (WS: Wall of Stud )	셋기둥 (Stud)에 부착하는 강성을 가진 판(석고보드, 시멘트판 등)
콘크리트패널 벽체 (WC: Wall of Concrete panel )	발포폴리스티렌경량콘크리트복합패널, 압출성형콘크리트패널, 압출성형경량콘크리트패널 등 콘크리트 패널
건축용철강재 벽체 (WP: Wall of steel Panel )	양면에 철강재료를 사용하고 내부에 단열재를 사용한 벽판
건축용보드류벽체 (WB: Wall of Board panel)	양면에 강성을 가진 판을 사용하고 내부에 단열재를 사용한 벽판
유리벽체 (WG: Wall of Glazed elements)	프레임 제조 및 설치기술이 있는 업체의 유리
경골목구조 바닥/천정 (FW : Floor/ceiling assemblies of light-frame Wood structures )	목조프레임에 부착하는 강성을 가진 판(석고보드, 시멘트판 등)
데크 바닥 (SD : Slab of Deck plate system )	데크플레이트
기타 (OS : Other System)	신청구조의 특성을 반영하여 내화성능에 영향을 미치는 재료로 결정



## 내화품목별 품질시험

인정품목	품질시험 항목 및 방법		
	내화시험	부가시험 (내구성 및 안전성)	부가시험 (일반관리)
도료피복 철골 보	KS F 2257-1, KS F 2257-6	부착강도, 가스유해성	제품의 성분분석
뿔칠피복 철골 보	KS F 2257-1, KS F 2257-6	부착강도, 밀도	제품의 성분분석
보드피복 철골 보	KS F 2257-1, KS F 2257-6	보드류의 휨 시험, 가스유해성	
구조용 집성목재 보	KS F 2257-1, KS F 2257-6	KS F 2257-5 중에 재하시험	목재의 수중감정 (육안 및 현미경적 식별방법 외)
목재 보	KS F 2257-1, KS F 2257-6	KS F 2257-5 중에 재하시험, 함수율	목재의 수중감정(육안 및 현미경적 식별방법 외)
섬유블랭킷 피복 철골보	KS F 2257-1, KS F 2257-6	밀도	
도료피복 철골기둥	KS F 2257-1, KS F 2257-7	부착강도, 가스유해성	제품의 성분분석
뿔칠피복 철골기둥	KS F 2257-1, KS F 2257-7	부착강도, 밀도	제품의 성분분석
보드피복 철골기둥	KS F 2257-1, KS F 2257-7	보드류의 휨 시험, 가스유해성	
구조용 집성목재 기둥	KS F 2257-1, KS F 2257-7	KS F 2257-5 중에 재하시험	목재의 수중감정(육안 및 현미경적 식별방법 외)
목재 기둥	KS F 2257-1, KS F 2257-7	KS F 2257-5 중에 재하시험, 함수율	목재의 수중감정 육안 및 현미경적 식별방법 외
섬유블랭킷 피복 철골기둥	KS F 2257-1, KS F 2257-7	밀도	
스터드 벽체	KS F 2257-1, KS F 2257-4 또는 KS F 2257-8	보드류의 휨 파괴하중 또는 휨강도, 가스유해성	
콘크리트패널 벽체	KS F 2257-1, KS F 2257-8	휨강도	
건축용철강재 벽체	KS F 2257-1, KS F 2257-8	벽판의 분포압강도, 가스유해성	단위면적당 중량
건축용보드류 벽체	KS F 2257-1, KS F 2257-8	벽판의 분포압강도, 가스유해성	단위면적당 중량
유리벽체	KS F 2845	가열후 충격시험, 가스유해성	
경골목구조 바닥/천정	KS F 2257-1, KS F 2257-5	KS F 2257-5 중에 재하시험	
데크 바닥	KS F 2257-1, KS F 2257-5	KS F 2257-5 중에 재하시험	

## 내화구조 시공현장 점검

### ● 건축용 철강재 벽체 시공현장 부실 사례 점검

- 공장 방화구획용 벽체(내화구조)



현장 시공 사례

- 강판 두께
- 수직 및 수평 시공여부
- 리벳 종류 및 간격(Sus)
- C-Stud
- 마감캡 종류 및 규격
- 조인트 처리(세라크올 삽입 등)



## 내화구조 시공현장 점검

### ● 건축용 철강재 벽체 시공현장 부실 사례 점검

- 공장 방화구획용 벽체(내화구조)



현장 시공 사례

강판 두께 측정(0.5mm)

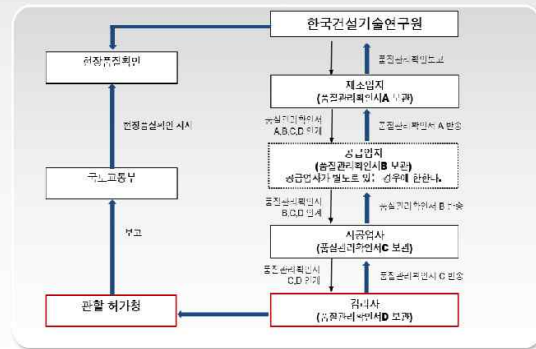


마감캡 고정 간격



## 내화구조 품질관리 체계

- 인정업체 자체 품질관리 실시  
원재료/공정/ 제품/ 제조설비/ 검사설비에 관한 기록관리 의무
- 품질관리확인서 작성 및 해당 관계자 제출
- 시공실적 관리  
분기별 품질관리 확인서 사본 인정기관 제출  
연간 실적 보고  
필요시 인정기관 실적 요구 대응
- 사후관리 대응  
공장 사후관리  
현장 사후관리



## 내화구조 품질관리 확인서

□ 양식 1 (제조업자, 공급업자, 시공업자 및 감리자에 해당하는 경우)

내화구조 품질확인서(제조업자용 - A표)									
(품질확인서 작성일자)									
품질확인서 번호									
<table border="1"> <tr> <td>제조업자</td> <td>(소 개 지)</td> </tr> <tr> <td>(회 사 명)</td> <td>(전화번호)</td> </tr> <tr> <td>(사업자 등록번호)</td> <td>(주소)</td> </tr> <tr> <td>(호주번호)</td> <td></td> </tr> </table>		제조업자	(소 개 지)	(회 사 명)	(전화번호)	(사업자 등록번호)	(주소)	(호주번호)	
제조업자	(소 개 지)								
(회 사 명)	(전화번호)								
(사업자 등록번호)	(주소)								
(호주번호)									
인정받은 내화구조 주요 재료명 등을 공급업체에게 납품하였음을 확인함.									
소속									
영장									
<table border="1"> <tr> <td>공급업자</td> <td>(소 개 지)</td> </tr> <tr> <td>(회 사 명)</td> <td>(전화번호)</td> </tr> <tr> <td>(사업자 등록번호)</td> <td>(주소)</td> </tr> <tr> <td>(호주번호)</td> <td></td> </tr> </table>		공급업자	(소 개 지)	(회 사 명)	(전화번호)	(사업자 등록번호)	(주소)	(호주번호)	
공급업자	(소 개 지)								
(회 사 명)	(전화번호)								
(사업자 등록번호)	(주소)								
(호주번호)									
인정받은 내화구조 주요 재료지름을 제조업자로부터 인수하였음을 확인함.									
소속									
영장									
<table border="1"> <tr> <td>시공현장</td> <td>(주 소)</td> </tr> <tr> <td>(현 장 명)</td> <td>(감리회사)</td> </tr> <tr> <td>(사업자명)</td> <td></td> </tr> </table>		시공현장	(주 소)	(현 장 명)	(감리회사)	(사업자명)			
시공현장	(주 소)								
(현 장 명)	(감리회사)								
(사업자명)									
인수인계 상황									
규격	수량								
내화구조 인정표시 확인 여부 (확인, 미확인)									
<table border="1"> <tr> <td>내화구조 인정개요</td> <td>(내화시간)</td> </tr> <tr> <td>(인정번호)</td> <td>(구조명)</td> </tr> <tr> <td>(상 표 기)</td> <td></td> </tr> </table>		내화구조 인정개요	(내화시간)	(인정번호)	(구조명)	(상 표 기)			
내화구조 인정개요	(내화시간)								
(인정번호)	(구조명)								
(상 표 기)									
확인사유 내화구조 인정서 사본, 내화구조 인정개요내용, 현장 시공상태, 불크리스트 영장									



인간과 환경을 생각하는 건설기술

한국건설기술연구원은 국민 삶의 질 향상에 기여하는  
인프라 구축 기술 연구와 정부정책 수립을 지원합니다.

감사합니다.

한국건설기술연구원





# 철골보 내화피복 성능평가단면에 대한 고찰

---

발표자 : 전 수 민 연구원(한국건설기술연구원II)

---



# 철골보 내화피복 성능평가단면에 대한 고찰

한국건축시공학회 춘계학술발표  
2017.05.19 KICT 전수민

1

## Contents

1. Introduction
2. Time/temperature curve
3. Heating for beams
4. Thermocouples Positions
5. Current Certificate List
6. Null hypothesis
7. Comparative Temperatures (Paint)
8. Comparative Temperatures (Spray)
9. Paired T-test Result
10. Conclusion

2

## 1. Introduction

- 내화구조 의무사용
- 건축물의 주요구조부와 방화구획
- 사양설계와 성능설계
- 법정내화구조와 인정내화구조
- 도료(뿔칠)피복 철골보 및 기둥

3

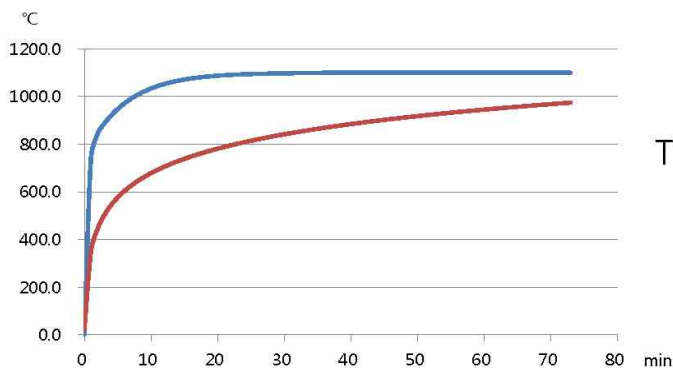
## 2. Time/temperature curve

KS F 2257-1 ( ISO 834-1 ) : General requirements

KS F 2257-6 ( ISO 834-6 ) : Requirements for beams

KS F 2257-7 ( ISO 834-7 ) : Requirements for columns

Average furnace temperature for Standard time/temperature curve



$$T = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20$$

4

### 3. Heating for beams

Heating of columns on all

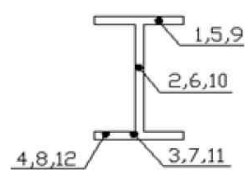
Heating of beams on 3 or 4 sides



5

### 4. Thermocouples Positions

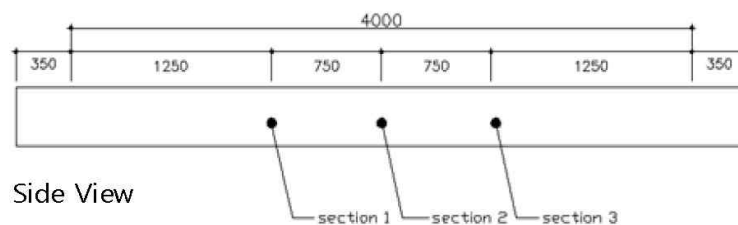
Detail Instructions for Accreditation and Management of Fire Resistant Construction



Cross Section

Standard Specimen for Fire Test

	Beam	Column
Steel Grade	SS400 (KS F 3504)	
Size(mm)	400×200×8×13	300×300×10×15
Length(mm)	4700	3000
Number of Thermocouples	12	12



Side View

Thermocouples Positions for Beam

6

## 5. Current Certificate List

### Current Certificate List of Fire Protection Paint for Steel Beam

Product	Fire Resistant System (19)
MASCOAT-F	MC-B2, B3
FIRECOTE	X-140, FIRE-X 202, FIRE-X 200
FIREMASK	FIREMASK SQ-1350, 2300, 3000
FLAME CHECK	FLAME CHECK EXO-100, 200, SS-110, 120
FIREBLOCKING	FIRE BLOCKING 219S, MEGA POWER-2400
FIRE X	SB-700, 701
FIRE CUTTER	FC-BP#752
INTERCHAR	INTERCHAR212
FIRESHIELD	FIRESHIELD WCT-10202

### Current Certificate List of Fire Protection Spray for Steel Beam

Product	Fire Resistant System (17)
HICOAT-ET-II	ET2-BS1, BS2, BS3, ET2-13-BS1, BS2, BS3
HICOAT-ET-III	ET3-BS1, BS2, BS3
ESSCOTE NF-III	NF3-B1, B2, B3, B33
Monokote MZK-12	MZK-12-1BS, 2BS, 3BS
Monokote Z-156PC	Z-156PC-2BS

7

## 6. Null hypothesis

$H_0$ : 도료(뿔칠)피복철골보의 내화성능시험결과 부재 상부부위 온도는 부재 온도와 차이가 없을 것이다'( $\mu_D=0$ )

$H_1$ : 도료(뿔칠)피복철골보의 내화성능시험결과 부재 상부부위 온도는 부재온도와 차이가 있을 것이다'( $\mu_D \neq 0$ )

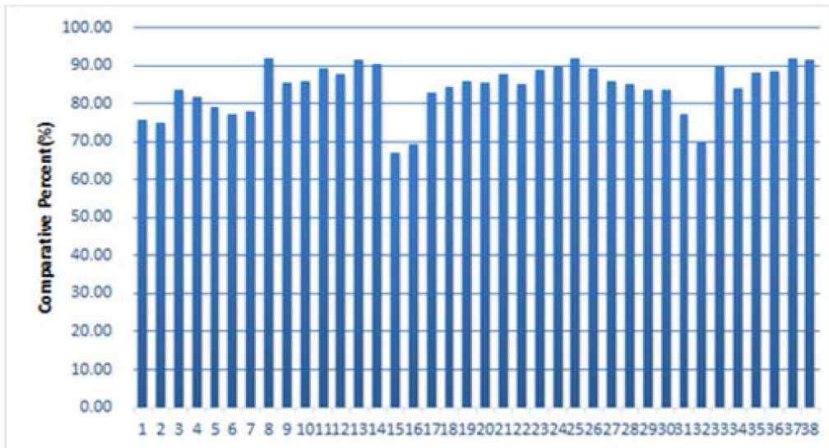
온도차이 : 12개 열전대 측정 평균값 - 상부 3개 열전대 측정 평균값

고찰대상 : 도료 19종, 시험결과 38건

뿔칠 17종, 시험결과 34건

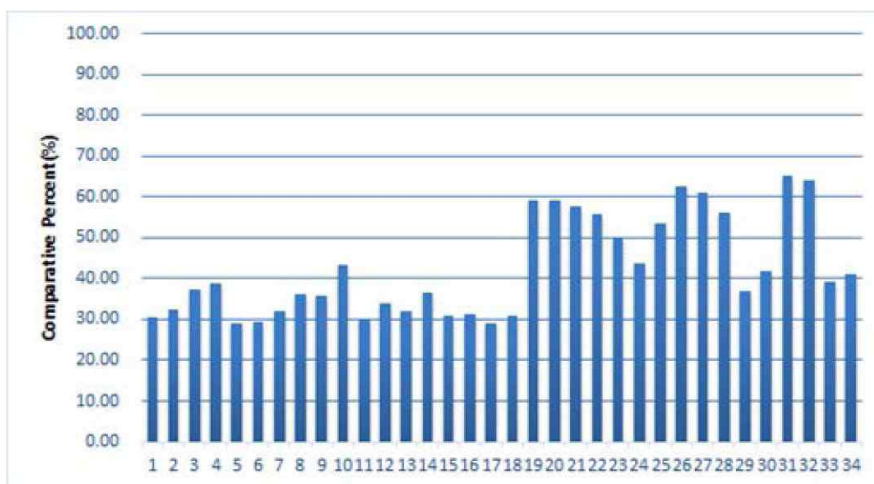
8

## 7. Comparative Temperatures (Paint)



Comparative Temperatures of Unexposed Side of Paint Protection Beam  
84.26% ( Min 67.17%, Max 92.07% )

## 8. Comparative Temperatures (Spray)



Comparative Temperatures of Unexposed Side of Spray Protection Beam  
42.56% ( Min 28.98%, Max 65.12% )

## 9. Paired T-test Result

Paired T-test Result of Paint & Spray Protection Beam

	Paint		Spray	
	Average Temperature	Unexposed Temperature	Average Temperature	Unexposed Temperature
Mean	486.810	411.707	357.993	162.608
Variance	1216.714	2876.512	6543.980	4819.574
Standard Deviation	34.881	53.633	80.895	69.423
Observations	38	38	34	34
Pearson Correlation	0.908		0.764	
Degree of freedom	37		33	
t Stat	17.529		23.569	
P(T<=t) One-tail	8.247 × 10 <sup>-20</sup>		1.603 × 10 <sup>-22</sup>	
t Critical One-tail	1.687		1.692	
P(T<=t) Two-tail	<b>1.650 × 10<sup>-19</sup></b>		<b>3.205 × 10<sup>-22</sup></b>	
t Critical Two-tail	2.026		2.035	

11

## 10. Conclusion

- 유의확률이 유의수준(0.05)보다 작으므로 귀무가설 기각
- 도료(뽀칠)피복철골보 내화시험결과 부재상부온도와 부재온도간 통계적으로 유의한 차이 존재
- 72건 모두 예외없이 상부온도가 낮음
- 결과적으로 허용온도 초과 확률 낮아짐
- 내화구조의 목적 상기
- 실제 사용되는 제품임을 고려
- 안전율 10%
- 열전대 설치위치 검토 필요

12



# 목조 건축 부재의 내화성능시험 현황

---

발표자 : 안 재 홍 연구원(한국건설기술연구원II)

---



# 목조 건축 부재의 내화성능시험 현황

2017. 05. 19

안재홍  
한국건설기술연구원 화재안전연구소



## 목 차






# 1. KICT 화재안전연구소 및 목구조 내화시험 현황

실제화재상황에 대한 실물화재실험, 구조물 실제 화재조건 구현 안전성 평가, 건축자재의 유독가스 발생량 분석 등 종합 화재안전 기술개발 및 시험 수행



# 1. KICT 화재안전연구소 및 목구조 내화시험 현황

사회이슈 국가대형 화재사고 원인분석 및 대응방안마련 실물실험

수행연도	대형화재 실물실험 수행내용(의뢰기관)	
2008	승레문 화재 확산 및 개판 훈소 영향 실물 실험 (SBS)	
2009	문화재 궁궐 화재안전성 실험 (문화재청)	
2010	주택 실물화재실험을 통한 화재확산 평가 (경기소방본부)	

## 1. KICT 화재안전연구소 및 목구조 내화시험 현황

### 송례문 화재 관련 방염도료시험



## 1. KICT 화재안전연구소 및 목구조 내화시험 현황

### 송례문 화재 실화재 시험



# 1. KICT 화재안전연구소 및 목구조 내화시험 현황



## Horizontal Furnace

**Introduction**

- Fire Resistant Performance Test for Horizontal Members
- Beam, Slab, Roof system and others
- Standard and optional Time-temp. Curve
- Multiple point, Uniformly distributed Loading System

**General Performance**

- Heating Capacity: 9,690,000 kcal/h, 30 Burners
- Furnace Size: 10m x 3m x 1.7m (L x W x H)
- Loading Capacity: 100 ton/unit, 3 unit
- Year of Construction: 2009

**Long span Horizontal Furnace**














**Codes & Standards**

- Guidelines and Codes of Ministry of Landscape and Transportation
- KS F 2257-1.5.9, ISO 834-1.5.9
- ASTM E119, UL263, BS476, EN1364, FTP, etc.

**Best of Best**

- The longest span(10.4m) in Korea
- Loading Capacity of 100ton per Loading Unit, 3Units
- Automatic Loading & Transferring Frame (Domestic patent)
- Allowable Partition & Uniform Loading (ig) (Domestic patent)



## Column Furnace


**Introduction**


- Fire Resistant Performance Test for Columns
- Standard and optional Time-temp. Curve
- One Axial Loading System
- Cylinder Type for Equal Distribution of Air Current


**General Performance**


- Heating Capacity: 7,050,000 kcal/h, 30 Burners
- Furnace Size: 5m x 2m (H x D)
- Loading Capacity: 1000ton, 1 unit
- Year of Production: 2009

**1000ton Column Furnace**









**Codes & Standards**

- Guidelines and Codes of Ministry of Landscape and Transportation
- KS F 2257-1.7, ISO 834-1.7
- ASTM E119, UL263, UL1709, BS476 etc.

**Best of Best**

- The highest height (5m) in Korea
- Loading Capacity of 1,000ton
- Optional Piping boundary conditions (Domestic patent)
- Burner Placement for Equal Air Distribution (Domestic patent)

# 1. KICT 화재안전연구소 및 목구조 내화시험 현황



## Vertical Furnace

**Introduction**

- Fire Resistant Performance Test for Vertical Members
- Walls (Load Bearing & Non-load Bearing)
- Fire Doors & Shutters, Fire Stops/Penetration & Linear Joint
- Standard and optional Time-temp. Curve
- Bulkheads for Ship Equipment

**General Performance**

- Heating Capacity: 3,200,000 kcal/h, 16 Burners
- Furnace Size: 3m x 3m x 1m (H x W x D)
- Loading Capacity: 80 ton
- Year of Production: 2012


**Vertical Furnace**













**Fire test Code**

- Guidelines and Codes of Ministry of Landscape and Transportation
- KS F 2257-1.4.8, ISO 834-1.4.8
- ASTM E119, UL263, BS476, EN1364, FTP, etc.

**Best of Best**

- Loading Capacity of 80ton
- Burner Type & Placement for Avoid Direct Flame & Equal Air Distribution (Domestic patent)



## Multi-purpose Furnace

**Introduction**

- Fire Resistant Performance Test for Steel Columns
- Standard and optional Time-temp. Curve
- Fire resistant Safe, Cabinet, etc.
- Valves and Pipes for Plant Equipments.

**General Performance**

- Heating Capacity: 2,400,000 kcal/h, 16 Burners
- Furnace Size: 2.8m x 2.8m x 3m (L x W x H)
- Loading Capacity: 1,000ton
- Year of Production: 2012년

**Multi-purpose Furnace**









**Codes & Standards**

- Guidelines and Codes of Ministry of Landscape and Transportation
- KS F 2257-1.7, ISO 834-1.7
- ASTM E119, UL263, UL1709, BS476 etc.

**Best of Best**

- Specimen Delivery & Storage System (Domestic patent)
- Burner Placement for Avoid Direct Flame (Domestic patent)

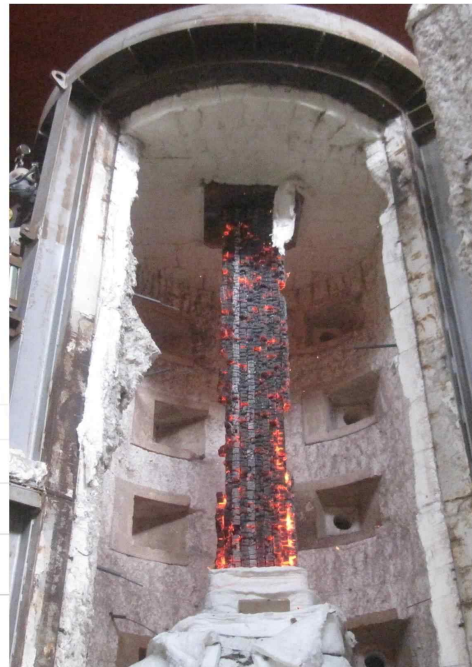
## 1. KICT 화재안전연구소 및 목구조 내화시험 현황

### 목구조 내화시험 수행 현황

- ❖ 건축물 보, 기둥 부재에 대하여 한해 평균 300건 이상의 내화시험을 수행하고 있음
- ❖ 목재(원목, 집성재 등)에 대한 내화시험은 전체 시험건수 대비 매우 미미한 실정임

년 도	시험 수행 건	비 고
2014	7	(보:3건, 기둥:4건)
2015	10	(보:4건, 기둥:6건)
2016	4	(보:2건, 기둥:2건)

## 1. KICT 화재안전연구소 및 목구조 내화시험 현황



## 1. KICT 화재안전연구소 및 목구조 내화시험 현황



## 2. 목재의 내화특성

### 탄화(Charring)와 열분해(Pyrolysis)

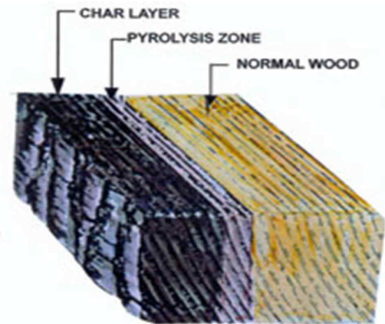
- ❖ 100°C에서 대부분의 수분 증발, 100°C 이상 분자 수준의 분해 발생
- ❖ 100~200°C 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 및 일산화탄소(CO) 발생
- ❖ 120°C 가연성 가스는 휘발, 목재는 서서히 열분해(Pyrolysis) 시작
- ❖ 200°C 이상 열분해 과정이 빨라지게 되며, 260~350°C에서 가속화
- ❖ 일반적으로 260°C를 목재의 화염 방출에 대한 위험온도
- ❖ 300°C 이내 탄화층이 열분해의 중요한 생성물
- ❖ 300°C 이상 휘발성 가스가 열분해의 중요한 생성물, 지속적 증가



## 2. 목재의 내화특성

### 탄화(Charring)와 열분해(Pyrolysis)

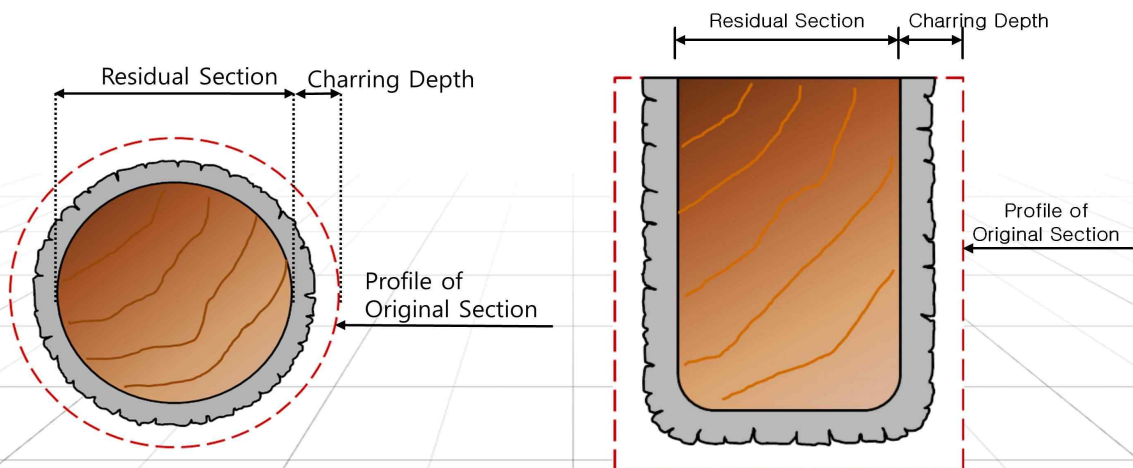
- ❖ 탄화층(Char Layer)은 열분해 과정에서 발생된 탄소(C)가 200°C를 넘으면 탄소층이 상당히 검게 변하면서 형성
- ❖ 탄화층은 시간이 경과함에 따라 두께 증가, 탄화 속도를 감소시키는 경향
- ❖ 탄화층은 목재 내부로 열전달을 탄화두께에 따라 충분히 억제
- ❖ 휘발성 가스를 생성하여 배출할 만큼의 충분한 열이 목재 내부로 전달되지 않게 되면 외부로부터의 열원 공급이 없는 한 연소는 중단
- ❖ 열분해 및 탄화층 생성으로 목재 구조부재는 화재 저항 성능 확보



## 2. 목재의 내화특성

### 탄화두께에 따른 잔존 유효단면

- ❖ 목구조 내화성능은 화재시험 결과 잔존단면 측정을 통해 화재노출시간과 탄화두께로 결정 및 부재 단면설계 적용



## 2. 목재의 내화특성



내화시험 후 목재 잔존 유효단면

## 3. 목구조 내화설계

### 해외 목구조 내화설계 현황

- ❖ 해외의 경우 국내와 같은 정부주도형의 내화구조 인정제도를 갖고 있지 않으며, 일반적으로 권위있는 단체 또는 연방형태의 통합코드에서 제시하는 기준을 설계에 반영함. 일본의 경우는 국내와 유사한 인정제도를 운영
- ❖ 목재의 탄화속도에 대한 사양적 기준 또는 모델식을 통한 예측방법을 사용
- ❖ 산출된 화재 노출 후 유효단면 정보(탄화두께, 속도 등), 목재의 강도, 탄성계수 등의 물리적 특성, 열전달특성, 접합부처리 등 다양한 인자를 포함한 목구조 내화설계

### 3. 목구조 내화설계

#### 해외 목구조 내화설계기준

- ❖ 목구조 화재시 부재가 연소하게 되면, 목재의 단면  $b \times d$ 는 화재에 노출되어 잔존 단면  $b_f \times d_f$ 로 줄어들며 노출면의 탄화깊이는

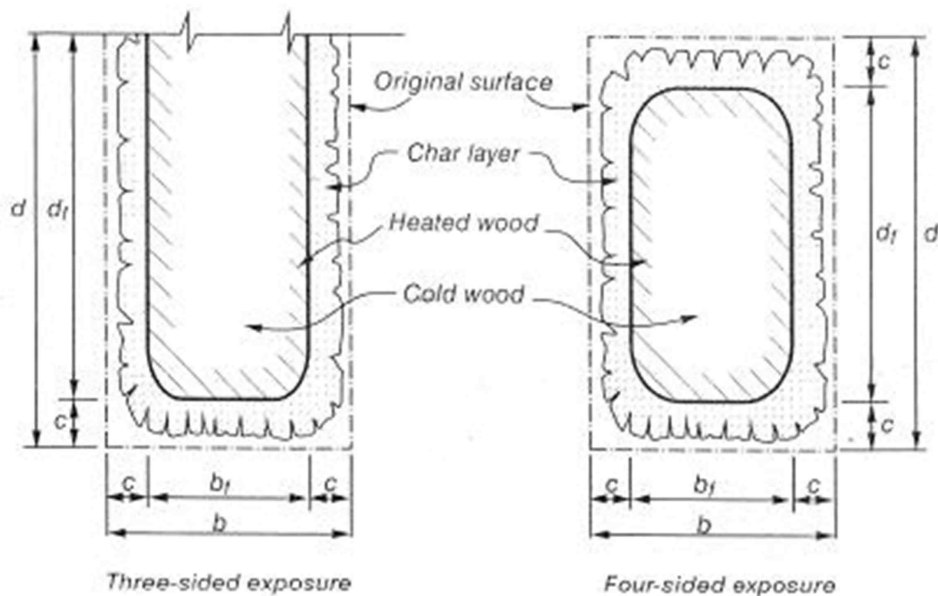
$$c = \beta t$$

$c$  = 탄화깊이(mm),  $\beta$  = 탄화속도(mm/min),  $t$  = 시간(min)

- ❖ 유효잔존단면
  - $b_f = b - 2c$
  - $d_f = d - c$  (3면가열)
  - $d_f = d - 2c$  (4면가열)

### 3. 목구조 내화설계

#### 3면 및 4면 가열 목재 보의 탄화



### 3. 목구조 내화설계

#### 유럽 목구조 설계기준(Eurocode 5)

- ❖ 목재의 탄화깊이 모델은 일반적인 탄화두께 측정식 ( $c = \beta t$ )과 같으며, 탄화속도  $\beta$ 는 탄화깊이와 시간과의 관계에서 산정.
- ❖ 목재 단면 코너부분의 탄화는 일반면보다 약 10%정도 더 발생하기 때문에 목구조 화재설계시에는 이를 고려한 가상의 탄화깊이를 적용

### 3. 목구조 내화설계

#### Eurocode 5(EC5, 1994) -목재 탄화속도 기준값

Material	Minimum density (kg/m <sup>3</sup> )	Char rate	
		$\beta$ (mm/min)	$\beta_1$ (mm/min)
Glue-laminated softwood timber	290	0.64	0.70
Solid or glue-laminated hardwood timber	450	0.50	0.55
Softwood panel products (plywood, particle board) minimum thickness 20mm	450	0.9	

$\beta$  : 측정 탄화깊이에 의한 탄화속도 ,  $\beta_1$  : 가상 탄화속도

### 3. 목구조 내화설계

미국 Wood Handbook

- ❖ Wood Handbook - White의 비선형 모델식을 제시

$$\beta = 2.58\beta_n/t^{0.187} \quad (1)$$

$\beta_n$  = 측정 탄화속도(1시간 가열시 0.635mm/min), t = 시간(min)

- ❖ 시간 t(min)에서의 탄화두께 설계값 c(mm) (2)

$$c = \beta t = 2.58\beta_n t^{0.813}$$

- ❖ 식(1)은 단면 코너의 곡률을 고려한 것으로서 일반면 측정탄화속도의 약 20%정도를 더 가중한 것임.

### 4. 목조건축물 원목 구조재 내화성능 연구(KICT)

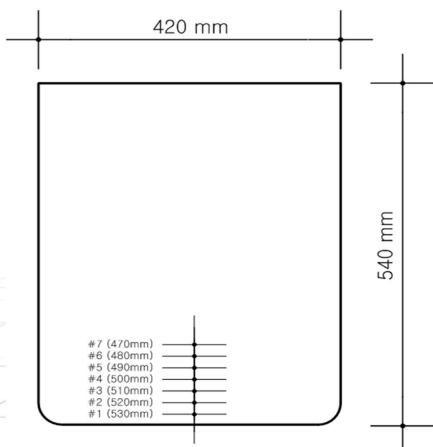
목조건축물 원목구조부재 내화성능 연구(KICT)

- ❖ 원목 구조부재의 내화성능에 대하여 화재특성(탄화)등을 내화시험을 통하여 고찰
- ❖ 원목 보 및 기둥의 내화시간에 따른 탄화층 및 온도변화 측정과 수종별 탄화두께를 측정
- ❖ 내화시험결과 수분의 영향에 따른 온도상승 지연구간의 발생 및 거동 분석

### 4. 목조건축물 원목 구조재 내화성능 연구(KICT)

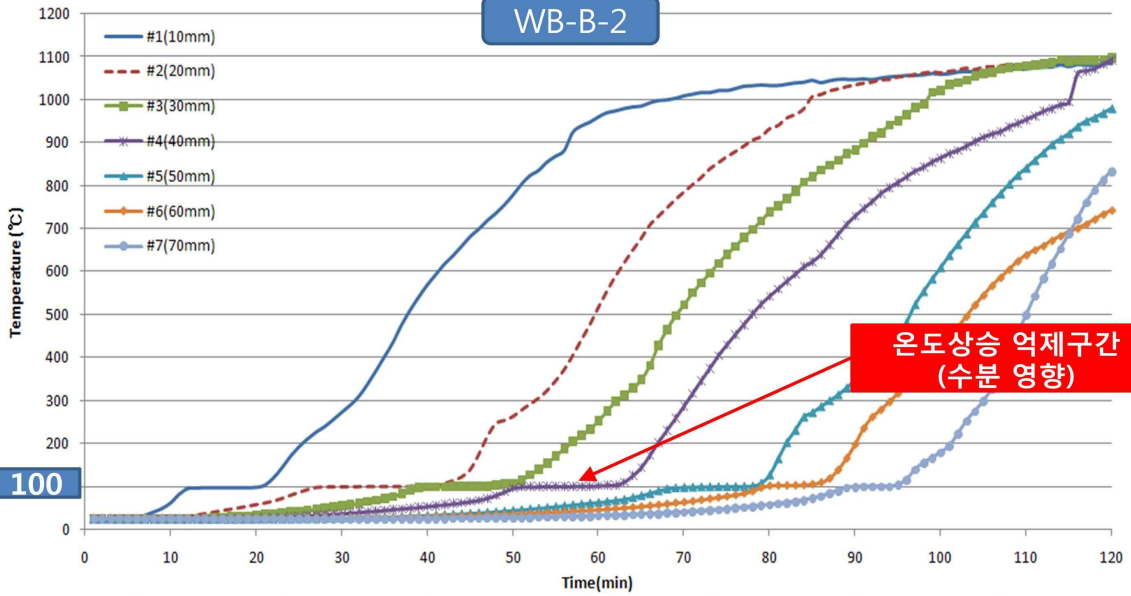
수 종	시험체명	시험체 크기(mm) (길이 X 나비 X 깊이)	내화성능 (Hour)	시험하중 (ton))	건조시간 (Hour)
북미산 미송 (Douglas fir)	WB-B-2	4600 X 420 X 540	2	21.8	-
	WB-NB-1	4600 X 420 X 540	1	-	-
	WC-B-1	3000 X 337(중앙부지름)	1	7.0	-
	W1D-NB-2	600 X 420 X 540	2	-	24
	W2D-NB-2	600 X 420 X 540	2	-	48
	W3D-NB-2	600 X 420 X 540	2	-	72

### 4. 목조건축물 원목 구조재 내화성능 연구(KICT)



## 4. 목조건축물 원목 구조재 내화성능 연구(KICT)

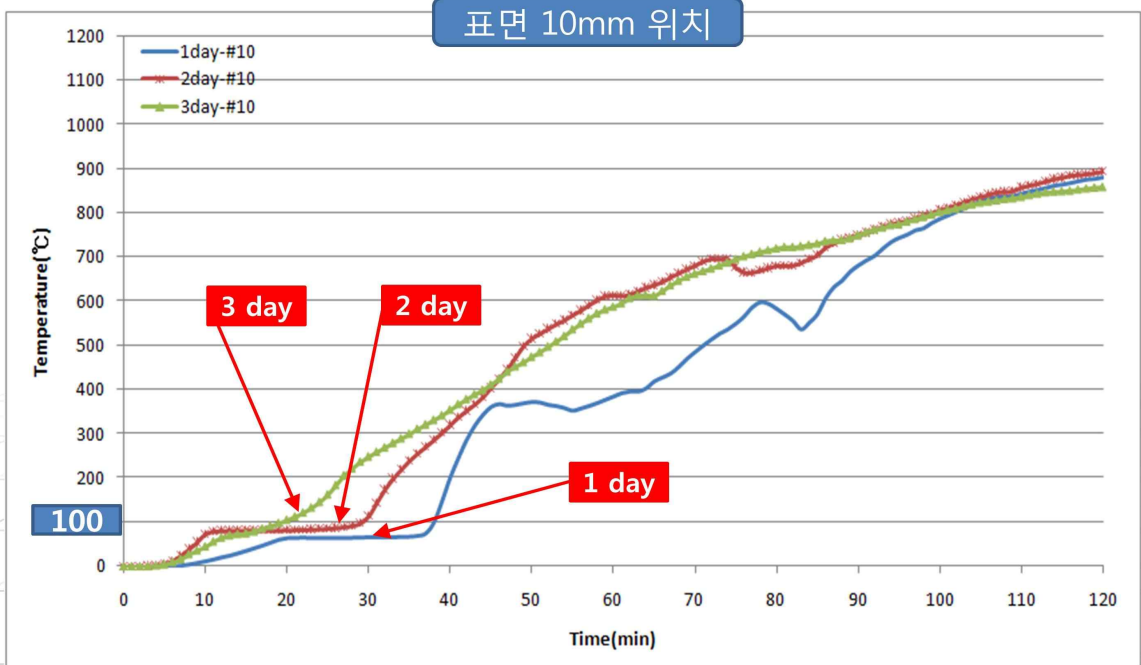
### 목조건축물 원목구조부재 내화성능 연구(KICT)



## 4. 목조건축물 원목 구조재 내화성능 연구(KICT)



### 4. 목조건축물 원목 구조재 내화성능 연구(KICT)

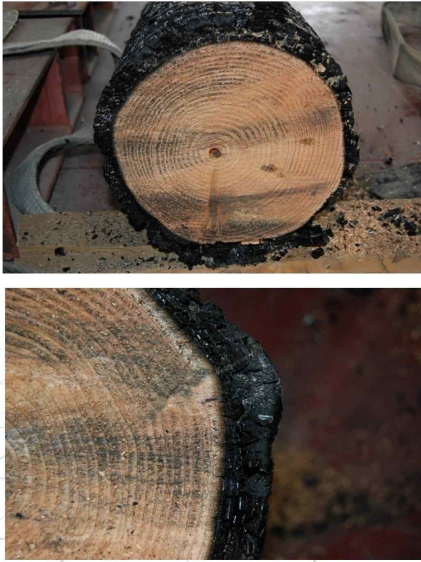


### 4. 목조건축물 원목 구조재 내화성능 연구(KICT)

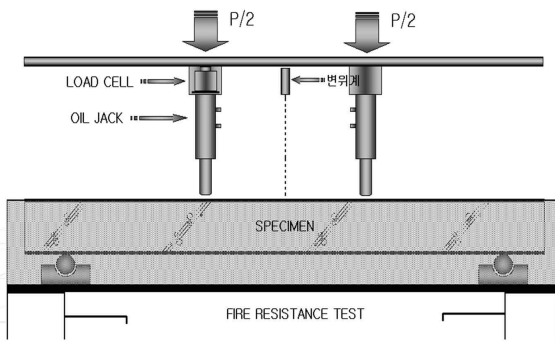




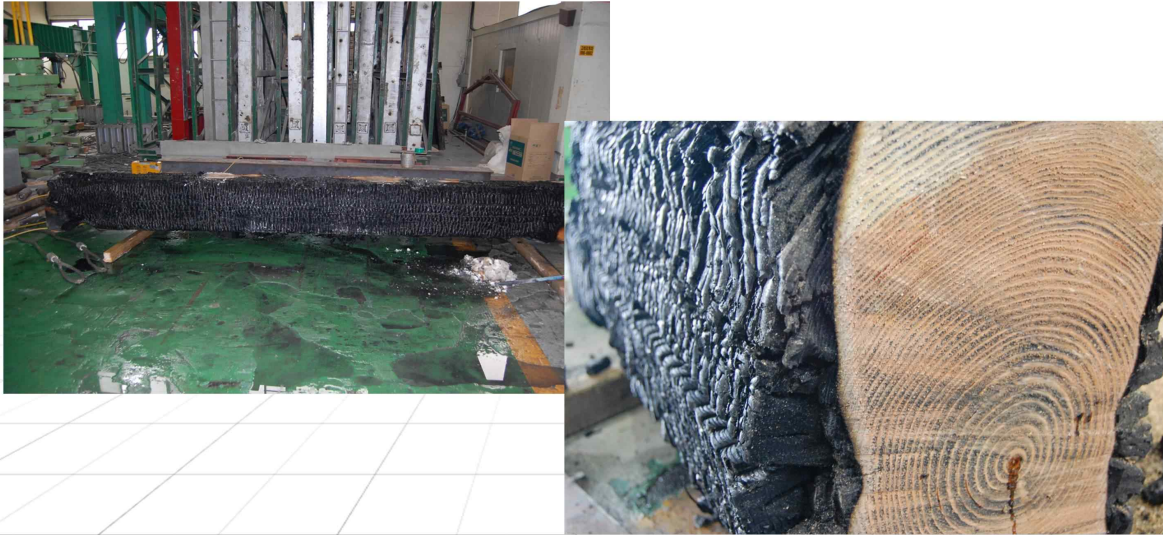
## 4. 목조건축물 원목 구조재 내화성능 연구(KICT)



## 4. 목조건축물 원목 구조재 내화성능 연구(KICT)



## 4. 목조건축물 원목 구조재 내화성능 연구(KICT)



## 4. 목조건축물 원목 구조재 내화성능 연구(KICT)

### 내화시험결과와 White 예측식 비교

시험체명	측정 위치	시험시간 (min)	탄화두께 (mm)	탄화속도 (mm/min)	White-탄화두께 (mm)
WB-B-2	나비(W)	120	<b>73.5</b>	0.61	<b>71.3</b>
	깊이(D)	120	<b>80.0</b>	0.67	
WB-NB-1	나비(W)	60	<b>29.0</b>	0.48	<b>35.6</b>
	깊이(D)	60	<b>32.0</b>	0.53	
WC-B-1	중앙	66	<b>41.0</b>	0.62	<b>39.2</b>
	하부	66	<b>40.0</b>	0.61	

#### 4. 목조건축물 원목 구조재 내화성능 연구(KICT)



#### 4. 목조건축물 원목 구조재 내화성능 연구(KICT)

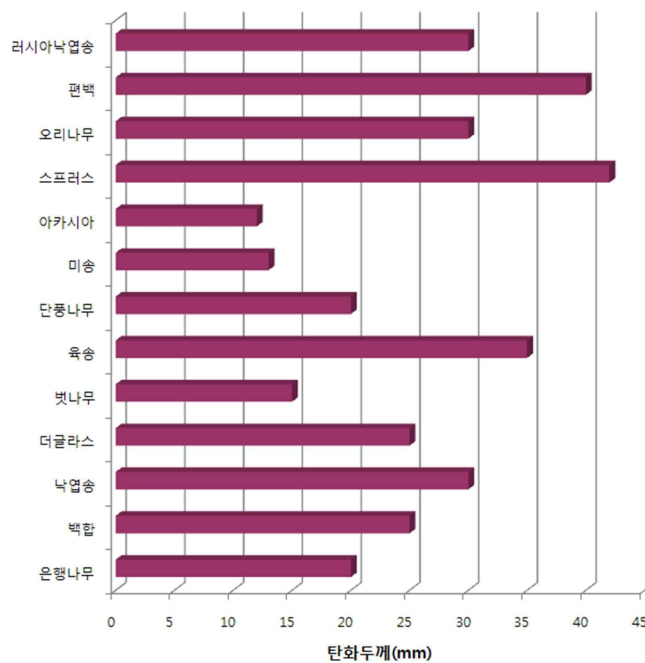


### 4. 목조건축물 원목 구조재 내화성능 연구(KICT)

No	목재의 수종	탄화두께(mm)(1시간내화)	탄화속도(mm/min)
1	은행나무	20	0.33
2	백합나무	25	0.42
3	낙엽송	30	0.50
4	더글라스	25	0.42
5	벗나무	15	0.25
6	육송	35	0.58
7	단풍나무	20	0.33
8	미송	13	0.22
9	아카시아	12	0.20
10	스프러스	42	0.70
11	오리나무	30	0.50
12	편백나무	40	0.67
13	러시아 낙엽송	30	0.50

35

### 4. 목조건축물 원목 구조재 내화성능 연구(KICT)



36

## 5. 향후 과제

### 목구 내화구조 발전방향

- ❖ 화재안전과 관련하여 목조건축물에 대한 국내의 기술기준은 아직 초보적인 단계이나, 최근 저에너지형 친환경건축으로서 목조건축의 활성화 방안이 활발하게 논의됨.
- ❖ 목조건축의 규모가 커지고 집단적 형태의 공급이 늘어난다고 했을 때 그 기술적 토대에 있어 화재안전기술은 중요한 위치에 있으므로,
- ❖ 목구조 내화설계를 비롯한 목조 화재안전설계에 있어 다양한 표준의 정립과 성능적기법의 조화를 달성하기 위한 다각적 차원의 연구와 제도적 보완이 필요함.



Thank You!

Q&A



# 화재시 하중조합에 따른 내화성능 분석

---

발표자 : 민 정 기 연구원(한국건설기술연구원II)

---





2017년도 한국건축시공학회 학술발표대회

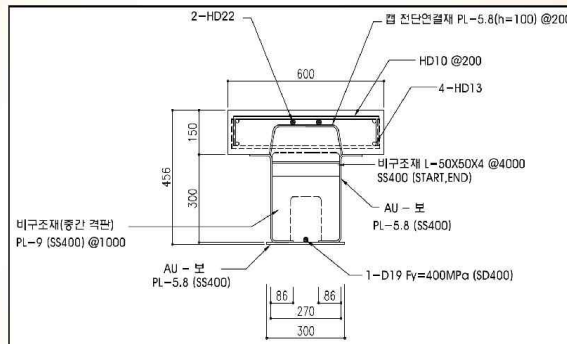
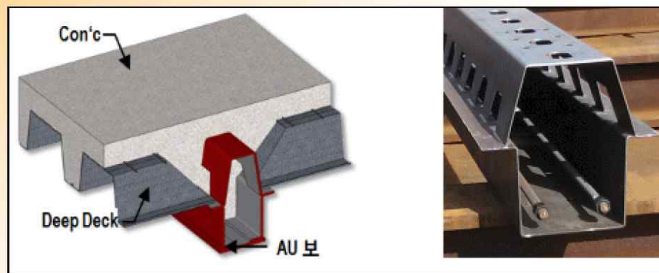
# 화재시 하중조합에 따른 내화성능 분석

2017. 05. 19.

민정기

한국건설생활환경시험연구원

## SILM AU 충전 합성보 형상 및 단면



## 내화시험체 제작



(a) 강재부분 제작



(b) 철근배근 및 거푸집 설치



(c) 콘크리트 타설

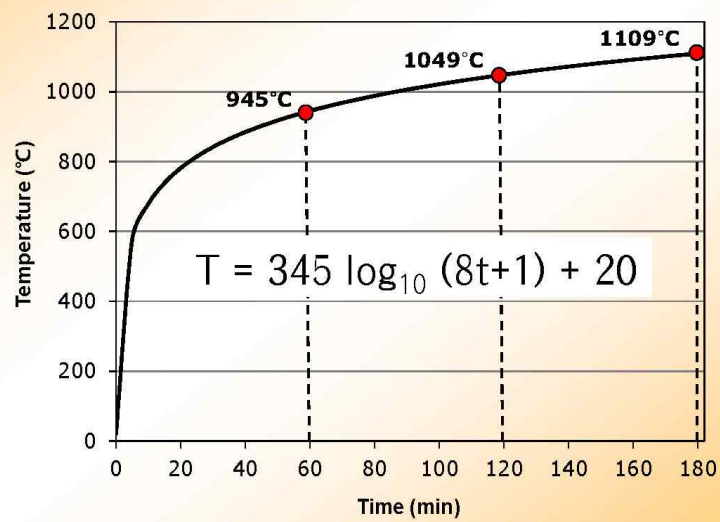


(d) 시험체 완성

3

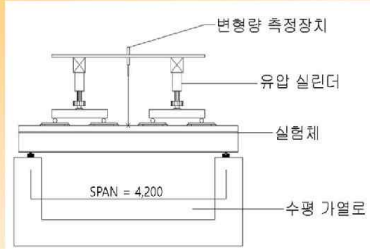
## 화재 곡선

● 표준화재 곡선

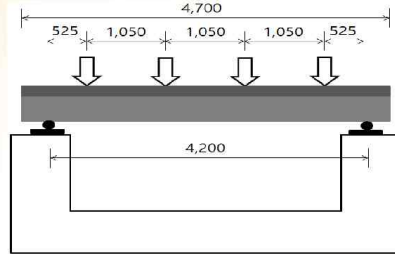


4

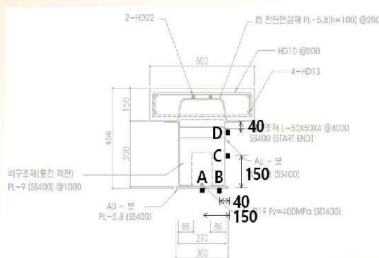
## 가력 계획, 온도 및 변형 측정 계획



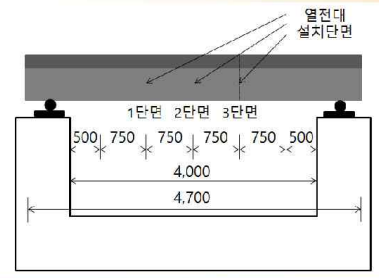
시험체 가력방법



시험체 가력위치



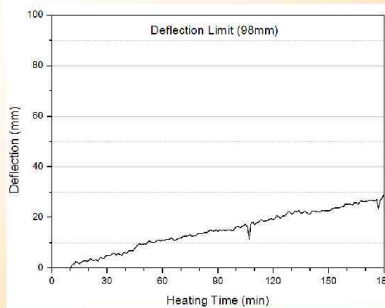
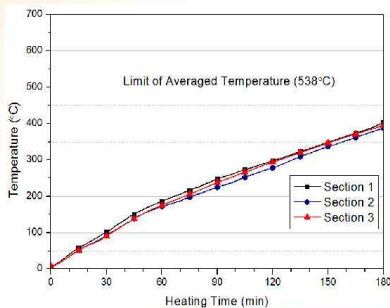
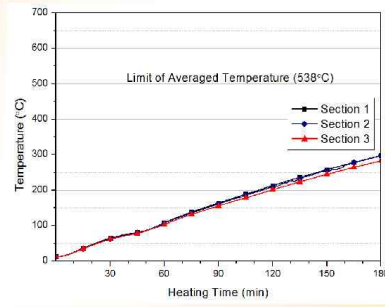
열전대 설치위치



열전대 설치단면

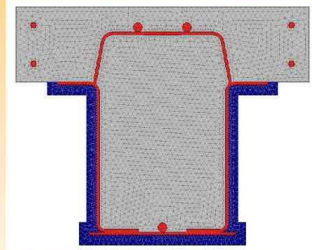
5

## 내화시험 결과

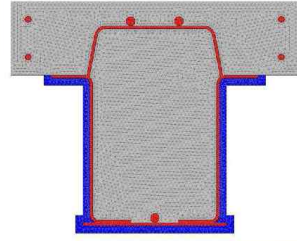


6

## 내화해석 모델



비재하시험체 단면



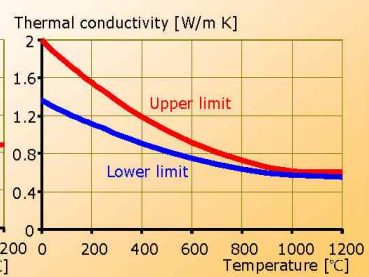
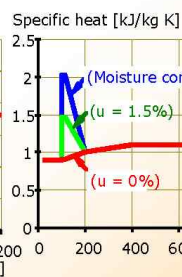
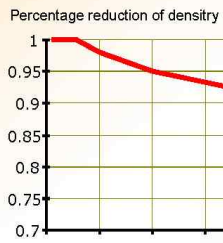
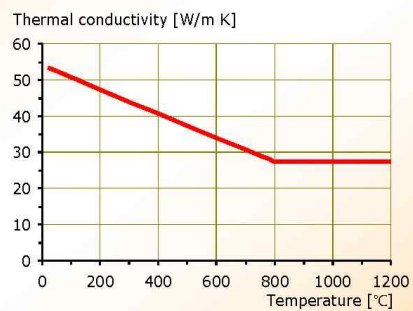
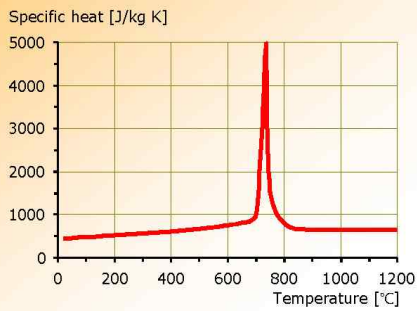
재하시험체 단면

해석 모델 일람표

모델명	단면크기(mm)	피복두께(mm)	해석 결과
AU-450-20	450 × 300	20	비재하 온도분포
AU-450-15	450 × 300	15	온도분포 및 구조성능

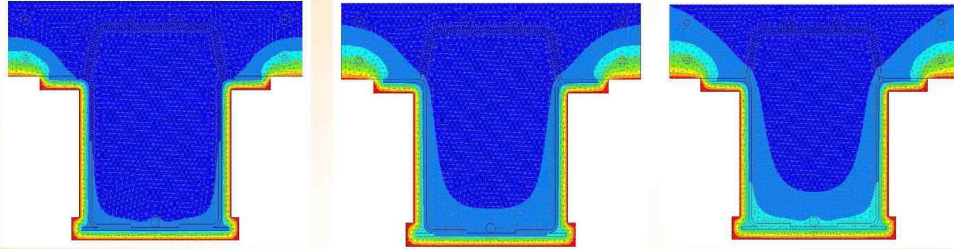
7

## 고온 특성(유로코드)

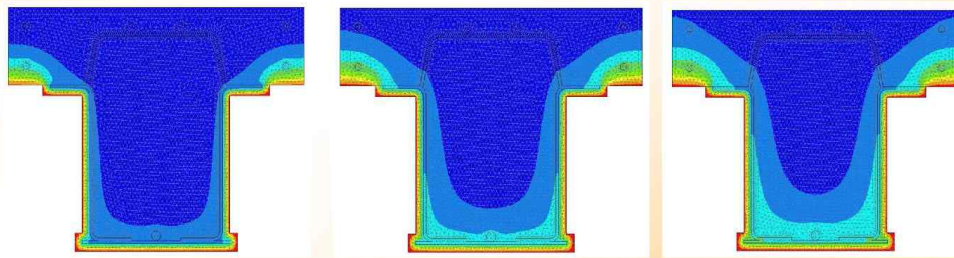


8

## 온도 분포 결과



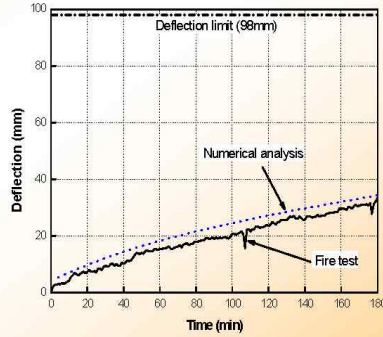
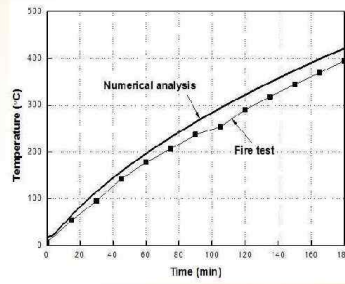
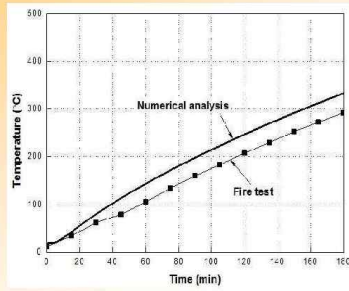
비재하시험체



재하시험체

9

## 해석 결과



10

## KBC 2016 (돌발하중에 대한 하중조합)

(1) 건축구조물은 화재, 폭발, 차량충돌 등에 의한 돌발하중에 저항하여 비례붕괴를 방지하도록 강도와 안정성을 확보하기 위해서는 다음의 하중조합을 사용하여 검토한다.

$$(0.9 \text{ 또는 } 1.2)D + A_k + 0.5L + 0.2S$$

여기서,  $A_k$  = 돌발사고 A에 의한 하중

(2) 돌발하중에 의하여 손상을 입은 구조물의 잔존저항능력은, 책임구조기술자가 식별하여 선정된 구조요소를 가상적으로 제거하고, 다음의 하중조합으로 평가한다.

$$(0.9 \text{ 또는 } 1.2)D + 0.5L + 0.2(L, \text{ 또는 } S \text{ 또는 } R)$$

11

## 하중조합 관련 비교

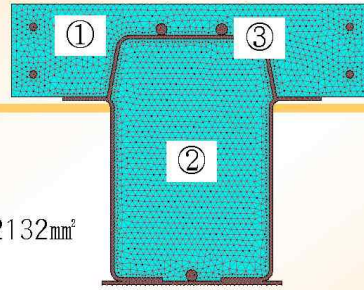
	Dead load	Permanent live load	Other live load
New Zealand (SNZ, 1992)	G	0.6Q	0.4Q
Eurocode (EC1, 1994)	G	0.9Q	0.5Q
USA (ASCE, 1995)	1.2G	0.5Q	0.5Q
Ellingwood and Corotis (1991)	G	0.5Q	0.5Q
Korean Building Code (2016)	(0.9 or 1.2) G	0.5Q	0.5Q

※ **Permanent live load** : 저장시설 (storage occupancy)

**Other live load** : 저장시설 외 모든 활하중

12

## 고정하중 계산



① 순수 상부 콘크리트 면적

$$63800.1992\text{mm}^2 - 1007.986\text{mm}^2 (\text{철근}) = 62792.2132\text{mm}^2$$

② 순수 하부 콘크리트 면적

$$100256.1086\text{mm}^2 - 238.5287\text{mm}^2 (\text{철근}) = 100017.5799\text{mm}^2$$

③ 강재 및 철근 면적

$$9481.7152\text{mm}^2 + 1007.9886\text{mm}^2 (\text{상부 철근}) + 238.5287\text{mm}^2 (\text{하부 철근}) \\ = 10728.2325\text{mm}^2$$

---

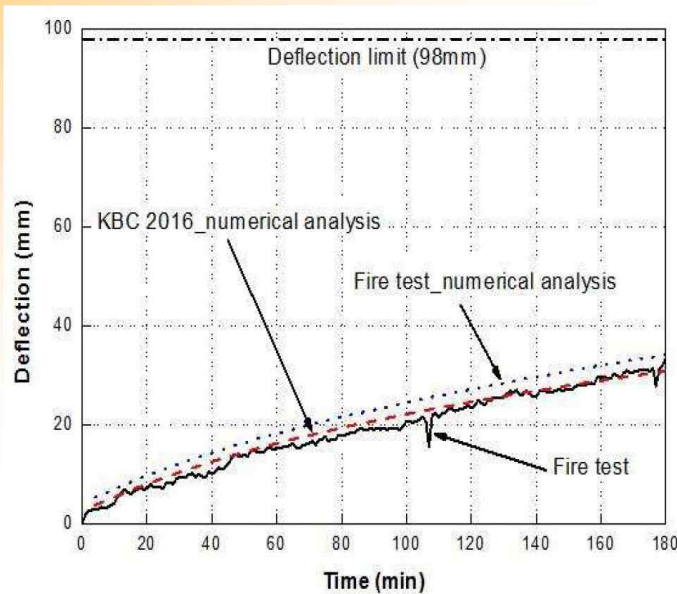

$$\text{강재 및 철근 자중 계산 : } (0.0094817152\text{m}^2 + 0.0012465173\text{m}^2) * 7850\text{kg/m}^3 \\ = 84.2166212 \text{ kg/m} = 842.166 \text{ N/m}$$

$$\text{콘크리트 자중 계산 : } (0.1000175799\text{m}^2 + 0.0627922132\text{m}^2) * 2300\text{kg/m}^3 \\ = 374.4625216 \text{ kg/m} = 3744.625216 \text{ N/m}$$

$$\text{총 자중 계산 : } 842.166 \text{ N/m} + 3744.625216 \text{ N/m} = 4586.791216 \text{ N/m} \\ = \underline{4586.8\text{N/m}}$$

13

## 하중조합 비교



14

## 결론

- 내화 열해석에서 재하시험체와 비재하시험체의 해석모델을 개발하여 시간에 따른 단면의 온도분포를 살펴보고 내화시험을 통해 얻은 결과와 평균온도의 차이를 분석함.
- 피복 두께가 15mm인 경우에는 내화시험 평균온도가 395.1℃, 내화 열해석 평균온도가 421.5℃로 6.7% 차이를 나타내었고, 피복 두께가 20mm인 경우에는 내화시험 평균온도가 292.6℃, 내화 열해석 평균온도가 333.4℃로 13.9% 차이를 나타냄.
- 내화 구조해석에서 재하 시험체에 대해 내화성능을 비교하였으며, 3시간 후에 내화시험의 변형은 29.2mm로 내화 구조해석의 변형 30.88mm과 5.7% 차이를 나타내었으며, KBC 2016 돌발하중조합의 적용은 큰 차이를 나타내지 않음.

15

**감사합니다.**

16