16TBIP-C1
11844-01

터널 내
교통사고
폭발화재
보호를
위한 시설물
장시간 화재
보호용
유약기반
돌기형
차화,차열
방화구조체
제조기술
(시작품단계)

최
종
보
고
서

2017

국
토
교
통
과
학
기
술
진
흥
원

국
토
교
통
부

00000 R&D Report

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( )
국토교통기술사업화지원 사업 최종 보고서

R&D /
16TBIP-C111844-01

# 터널 내 교통사고 폭발화재 보호를 위한 시설물 장시간 화재 보호용 유약기반 돌기형 차화,차열 방화구조체 제조기술(시작품단계) 최종보고서

2018 . 02 . 02 .

주관연구기관 / 주식회사 광운기술
위탁연구기관 / 한국건설기술연구원

**국토교통부**

국토교통과학기술진흥원

# 제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'터널 내 교통사고 폭발화재 보호를 위한 시설물 장시간 화재 보호용 유약기반 돌기형 차화,차열 방화구조체 제조기술 (시작품단계)'(연구개발 기간 : 2016. 04. 27 ~ 2017. 12. 26) 과제의 최종보고서 OOO부를 제출합니다.

2018. 02. 02.

주관연구기관명 : 주식회사 광운기술 (대표자) (인)
협동연구기관명 : (대표지) (인)
참여기관명 : 한국건설기술연구원 (대표자) (인)

주관연구기관책임자: 이 재 걸
협동연구기관책임자:
참여기관책임자: 조 남 욱

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

# 보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>16TBIP-C111844-01</td><td>해당 단계<br>연구 기간</td><td>2016.04. 27 -<br>2017.12.26</td><td>단계구분</td><td>(2단계)/<br>(2단계)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">국토교통기술사업화지원 사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">터널 내 교통사고 폭발화재 보호를 위한 시설물 장시간 화재 보호용 유약기반 돌기형 차화,차열 방화구조체 제조기술(시작품단계)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">이재걸</td><td>해당단계<br>참여<br>연구원 수</td><td>총: 명<br>내부: 명<br>외부: 명</td><td>해당단계<br>연구개발비</td><td>정부:357,000천원<br>기업:238,000천원<br>정부 외: 0천원<br>계:595,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간<br>참여<br>연구원 수</td><td>총: 명<br>내부: 명<br>외부: 명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부:714,000천원<br>기업:476,000천원<br>정부 외: 0천원<br>계:1,190,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및<br>소속 부서명</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">참여기업명</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:한국건설기술연구원</td><td colspan="2">연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="4">본 연구개발은 국토부, 산자부 법령 및 화재안전기준을 충족하며, 반영구적인 내구성과 내충격성을 확보하기 위해 화재 공학적으로 설계된 돌기형 화재 분산구조와 보호하려는 설비가 평상 시 열 방출이 필요한 경우 통기성을 겸비한 제품을 구현하고, 화재 시 신속히 통기성 구조를 밀폐시키고 견고히 화재보호막을 유지시켜 시설물을 장시간 화재로부터 소방 제압인력의 도착까지 보호 가능한 “터널 내 교통사고 폭발화재 보호를 위한 시설물 장시간 화재 보호용 유약기반 돌기형 차화,차열 방화구조체 제조기술”을 적용한 제품 개발과 시공방법, 그리고 확고한 성능이 유지되는 양상 방법을 구현하는 것을 목표로 한다.<br><br>또한 화재 시 장시간 화재 보호용 유약기반 돌기형 차화, 차열 방화구조체 제조기술을 적용한 제품과 연동하여 화재 관련 IOT를 개발하고 이를 안전관리자에게 통보하는 시스템에 대한 개발도 부차적으로 수행한다.</td><td colspan="2">보고서 면수 127 페이지</td></tr>
</table>

# 〈 요약문 〉

| | |
|---|---|
| 연구의<br>목적 및 내용 | 국토부, 산자부 법령 및 화재안전기준을 충족하며, 반영구적인 내구성과 내충격성을 확보하기 위해 화재 공학적으로 설계된 돌기형 화재 분산구조와 보호하려는 설비가 평상 시 열 방출이 필요한 경우 통기성을 겸비한 제품을 구현하고, 화재 시 신속히 통기성 구조를 밀폐시키고 견고히 화재보호막을 유지시켜 시설물을 장시간 화재로부터 소방 제압인력의 도착까지 보호 가능한 “터널 내 교통사고 폭발화재 보호를 위한 시설물 장시간 화재 보호용 유약기반 돌기형 차화,차열 방화구조체 제조기술” 을 적용한 제품 개발과 시공방법, 그리고 확고한 성능이 유지되는 양상방법을 구현하는 것이 본 연구개발의 목표이다.<br>또한 화재 시 장시간 화재 보호용 유약기반 돌기형 차화, 차열 방화구조체 제조기술을 적용한 제품과 연동하여 화재 관련 IOT를 개발하고 이를 안전관리자에게 통보하는 시스템에 대한 개발도 부차적으로 수행한다.<br><br>■ 돌기형 구조를 통한 화재분산 및 동일 두께 평명구조에 비해 월등한 화재방어 차열, 차염층 구조적 확대구현<br>- 돌기형 구조를 통한 화재 형상 분산구조<br>- 통기구조와 돌기구조의 방열효과를 이용한 장시간 내열, 내화 특성<br>■ 온도특성별 차등 유약성분 구조보강재를 이용한 장시간 내열, 내화 특성<br>- 친환경적인 도자기 유약기반 난연제를 통한 장시간 차열, 차염 특성 확보<br>■ 유약성분의 바인드 구조를 통한 저독성 난연제와 유기물 결합구조를 통해 유해가스 방출 억제(탄화막 하부층 연쇄적 연소 방지기능)<br>■ 케이블 트레이 화재보호용 차열, 차염 내화 모듈개발(돌기구조 및 비돌기구조 혼용)<br>- 차열 특성이 적용된 케이블 트레이 화재보호용 모듈 개발<br>■ 유연한 구조를 적용하여 다양한 설치장소에 적용 가능한 우수한 시공성<br>- 굴곡성을 확보하여 다양한 형상에 따라 자유로이 설치가 가능 함<br>■ 시설공법 보완을 통한 시공편의성 증대<br>■ IOT 기술을 활용하여 안전관리자에게 화재 알림기능 적용<br>- 장시간 화재 보호용 유약기반 돌기형 차화, 차열 방화구조체가 시설물을 보호하는 동안 안전관리자에게 화재를 통보하고 화면을 통해 실시간으로 화재를 인지하여 신속한 대처가 가능하도록 하는 사물인터넷 시스템 구현<br>■ 현장시범 적용 |

| | |
|---|---|
| 연구개발성과 | ■ 터널 화재로부터 전기시설물(케이블 트레이)을 안전하게 지켜 낼 수 있는 “돌기형 차화, 차열 방화구조체” 개발<br>- 평상 시 방열구조, 화재 시 장시간 차열, 차염 방화구조체<br>■ 설치가 편하고 다양한 용도에 적용 가능한 “돌기형 차화, 차열 방화구조체” 개발<br>- 곡면설치가 가능한 유연한 구조의 제품<br>- 강도보강이 필요한 곳에 설치하기 위한 단단한 구조의 제품<br>■ 터널 화재로 인한 케이블 트레이 화재보호용 차열, 차염 내화 구조 모듈<br>- 블록 형태로 화재 시 케이블 트레이 보호용을 설치하여 차열, 차염 특성을 갖는 내화구조 모듈<br>■ IOT 기술을 활용하여 안전관리자에게 화재 알림기능 적용<br>- 원거리 무선수신이 가능한 사물 IOT적용<br>- 소프트웨어 및 하드웨어 개발<br>- 일정간격의 센서를 인지하여 안전관리자에게 통보<br>- 모니터링이 가능 하도록 함. |
| 연구개발성과의 활용계획 (기대효과) | ■ 전력구용으로 파급된 돌기형 차화, 차열 방화구조체<br>지하 전력구는 케이블 접속점에서 화재가 자주 발생하고 기간산업이므로 사고가 발생하면 경제적, 사회적 파급여파가 크다.<br>한국전력에서는 한국건설기술연구원과 한전, 당사가 3자 MOU를 체결하여 한전이 기술적 애로 분야를 제기하면 당사에서 제품을 구현하고 한국건설기술연구원에서 성능을 테스트하는 방식으로 제품을 구현하고 있다.<br>우선 당사가 터널용으로 개발한 제품을 기계적 강도를 0조금 더 보강하여 전력구 화재분야에 적용하여 중소 협력과제로 진행중이며 일부는 시범사용에 착수 예정중이다.<br>■ 샌드위치패널 접합부 화재확산 방지구조<br>샌드위치 패널은 화재가 발생하면 거의 대부분 전소되며 원인은 겉면의 불연성 철판과 내부의 단열성 난연 심재로 되어 있는데 난연성 심재가 장시간 화재에 버티지 못하기 때문이다.<br>한국건설기술연구원과 이 부분에 대해 당사에서 개발한 제품을 가지고 테스트를 하였고 긍정적인 결과를 도출하였다.<br>이에 한국전력공사의 ESS실 방재용으로 샌드위치패널 접합부에 시범적으로 적용하였다.<br>해당 제품은 터널용과 달리 고경도를 유지하여야 하며 이러한 특성을 유지한체 동일한 구조적 및 난연특성을 유지하면서 해당분야로의 개발이 시급한 현실에서 새로운 대안으로 제시될 것이다. |

| 핵심어 (5개 이내) | 터널 | 난연 | 시공법 | 케이블트레이 | 사물인터넷 |
|---|---|---|---|---|---|

# 〈 SUMMARY 〉


| | |
|---|---|
| Purpose & Contents | Meet Ministry of Land, Infrastructure and Transport and Ministry of Trade, Industry and Energy Statutes and Fire safety standards, protruding type fire Distributed structure is Designed to ensure Semi-permanent durability and Impact resistance and To prepare for the Heat release Normally breathable Implemented.<br>In case of fire, quickly sealing off the air and keep solidly a protective coating to protect the facility, Until firefighters come.<br>This r&d aims at product development, construction method and Mass production method what are applied "For explosive fire in tunnel traffic accident protective fire for a long time glaze base protruding type fireproof construction manufacturing technology"<br>Also, developing in iot conjunction with the protective fire for a long time glaze base protruding type fireproof construction manufacturing technology Applied products and we will develop a system to notify the manager Sequentially.<br><br>■ Fire distribution Through the process structure and fire protection layer implementation Compared to the same thickness plane structure.<br>-Dispersion of fire shape through the process structure.<br>-Heat dissipation effect Of ventilation structure, rosier structure using long time heat resistance and fireproof characteristic.<br>■ Structural reinforcement by temperature using long time heat resistance and fireproof characteristic.<br>-Securing long time heat resistance and fireproof Characteristics through the eco-friendly glaze flame retardant.<br>■ Thorough low toxicity flame retardant by bind the structure of glaze component and combined structure reduce harmful gas emissions.<br>■ Cable Trays fire protective prevention structure module development (Protruding type and Unprotruding)<br>-Development of cable tray fire protection module With a thermal characteristic.<br>■ Thanks to flexible structure Applicable to the various installation location Construction<br>-The installation is freely available according to various forms because secured the flexibility.<br>■ Construction will make it more convenient through improvement of construction |

| | |
|---|---|
| | method.<br>■ Using the IOT technology, Fire alarm function is applied to the safety manager.<br>-Notify the safety manager of the fire by screen and through IOT to quikly Solve the problem.<br>■ Field application. |
| Results | ■ The tunnel from fire That can be safely to "The insulation, fire barbs car structure" Development.<br>-Usually insulated structure, Fire long time heat resistance and fireproof characteristic developed.<br>■ Easy to install and applicable to various applications “Protruding type thermal barrier coating structure “ develop<br>-Flexible construction with curved surfaces<br>-Rigid construction for installation, Where strength reinforcement is required.<br>■ Cable Trays fire protective prevention structure module development (Protruding type and Unprotruding)<br>-Development of cable tray fire protection module With a thermal characteristic.<br>■ Using the IOT technology, Fire alarm function applied to safety manager.<br>-IOT apply long-range wireless reception.<br>-Software and Hardware development.<br>-Notify the safety manager by recognizing the sensor at regular intervals.<br>-Monitoring. |
| Expected Contribution | ■ Protruding type, differential thermal barrier structure.<br>Cable access points at underground power station is Big ripple effects. In the event of fire, Economic and Social.<br>Applies to electric field fire field by reinforcement of development products for tunnels. also, One part trial is scheduled to start.<br>■ Sandwich panel copula fire prevention structure.<br>Sandwich panels are mostly burned out in the event of a fire. Because the flame retardant core can not survive the fire.<br>We have tested positive in Korean construction technology research with our products.<br>Based on this result Applied on a trial basis for disaster prevention in ESS room at KEPCO.<br>The product, it is urgent to develop, as doing High hardness, Structural and Fire retardant characteristics. |

| Keywords | Tunnel | Flame Retardant | Construction Method | Cable Trays | IOT |
|---|---|---|---|---|---|

# 〈 Contents 〉

Chapter 1. Overview of this study ·····1
Chapter 2. Domestic and foreign technology condition ·····9
Chapter 3. Contents and Results of this study ·····11
Chapter 4. Goal attainment and Contribution ·····118
Chapter 5. Future plan of this study ·····124
Chapter 6. International technical information collected in the research process ·····126
Chapter 7. Security level of this study ·····126
Chapter 8. Research facilities·equipments fore this study ·····126
Chapter 9. Performance results of safety measure of this study ·····127
Chapter 10. Typical research results of this study ·····129
Chapter 11. etc ·····129
Chapter 12. Reference ·····130

# 〈 목 차 〉


1. 연구개발과제의 개요 ·····1
2. 국내외 기술 개발 현황 ·····9
3. 연구 수행 내용 및 성과 ·····11
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ·····118
5. 연구개발성과의 활용 계획 ·····124
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ·····126
7. 연구개발성과의 보안등급 ·····126
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황 ·····126
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 ·····127
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적 ·····129
11. 기타 사항 ····· 129
12. 참고 문헌 ·····130

# 〈 표 목 차 〉


표 1.3.1 기술의 우수성 ····· 6
표 1.3.2 연구개발의 성과목표 ····· 7
표 1.3.3 연구개발의 범위 ····· 8
표 3.2.1 성분비에 따른 성능시험 결과 ····· 19
표 3.2.2 1차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과 ····· 20
표 3.2.3 2차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과 ····· 21
표 3.2.4 3차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과 ····· 21
표 3.2.5 4차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과 ····· 22
표 3.2.6 5차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과 ····· 22
표 3.2.7 6차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과 ····· 23
표 3.2.8 7차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과 ····· 23
표 3.2.9 8차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과 ····· 24
표 3.2.10 9차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과 ····· 24
표 3.2.11 10차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과 ····· 25
표 3.2.12 11차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과 ····· 25
표 3.2.13 12차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과 ····· 26
표 3.2.14 13차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과 ····· 26
표 3.2.15 1차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과 ····· 27
표 3.2.16 2차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과 ····· 28
표 3.2.17 3차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과 ····· 28
표 3.2.18 4차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과 ····· 29
표 3.2.19 5차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과 ····· 29
표 3.2.20 6차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과 ····· 30
표 3.2.21 7차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과 ····· 30
표 3.2.33 8차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과 ····· 31
표 3.2.24 9차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과 ····· 31
표 3.2.25 10차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과 ····· 32
표 3.2.26 11차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과 ····· 32
표 3.2.27 12차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과 ····· 33
표 3.2.28 13차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과 ····· 33
표 3.2.29 1차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과 ····· 34
표 3.2.30 2차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과 ····· 35
표 3.2.31 3차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과 ····· 35
표 3.2.32 4차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과 ····· 36
표 3.2.33 5차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과 ····· 36
표 3.2.34 6차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과 ····· 37
표 3.2.35 7차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과 ····· 37

표 3.2.36 8차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과 ····· 38
표 3.2.37 9차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과 ····· 38
표 3.2.38 10차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과 ····· 39
표 3.2.39 11차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과 ····· 39
표 3.2.40 12차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과 ····· 40
표 3.2.41 13차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과 ····· 40
표 3.2.42 1차 개발소재 산소지수 성능실험 결과 ····· 41
표 3.2.43 2차 개발소재 산소지수 성능실험 결과 ····· 42
표 3.2.44 3차 개발소재 산소지수 성능실험 결과 ····· 42
표 3.2.45 4차 개발소재 산소지수 성능실험 결과 ····· 43
표 3.2.46 5차 개발소재 산소지수 성능실험 결과 ····· 43
표 3.2.47 6차 개발소재 산소지수 성능실험 결과 ····· 44
표 3.2.48 7차 개발소재 산소지수 성능실험 결과 ····· 44
표 3.2.49 8차 개발소재 산소지수 성능실험 결과 ····· 45
표 3.2.50 9차 개발소재 산소지수 성능실험 결과 ····· 45
표 3.2.51 10차 개발소재 산소지수 성능실험 결과 ····· 46
표 3.2.52 11차 개발소재 산소지수 성능실험 결과 ····· 46
표 3.2.53 12차 개발소재 산소지수 성능실험 결과 ····· 47
표 3.2.54 13차 개발소재 산소지수 성능실험 결과 ····· 47
표 3.2.55 평판형 구조의 이면온도 측정 실험 결과 ····· 49
표 3.2.56 돌기형 구조의 이면온도 측정 실험 결과 ····· 50
표 3.3.1 경제성 확보를 위핸 개량 이후 성분비에 따른 성능시험 결과 ····· 52
표 3.3.2 1차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과 ····· 53
표 3.3.3 2차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과 ····· 54
표 3.3.4 3차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과 ····· 54
표 3.3.5 4차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과 ····· 55
표 3.3.6 5차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과 ····· 55
표 3.3.7 6차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과 ····· 56
표 3.3.8 7차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과 ····· 56
표 3.3.9 8차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과 ····· 57
표 3.3.10 9차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과 ····· 57
표 3.3.11 10차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과 ····· 58
표 3.3.12 11차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과 ····· 58
표 3.3.13 1차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과 ····· 59
표 3.3.14 2차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과 ····· 60
표 3.3.15 3차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과 ····· 60
표 3.3.16 4차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과 ····· 61
표 3.3.17 5차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과 ····· 61
표 3.3.18 6차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과 ····· 62
표 3.3.19 7차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과 ····· 62
표 3.3.20 8차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과 ····· 63

표 3.3.21 9차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과 63
표 3.3.22 10차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과 64
표 3.3.23 11차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과 64
표 3.3.24 1차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과 65
표 3.3.25 2차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과 66
표 3.3.26 3차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과 66
표 3.3.27 4차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과 67
표 3.3.28 5차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과 67
표 3.3.29 6차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과 68
표 3.3.30 7차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과 68
표 3.3.31 8차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과 69
표 3.3.32 9차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과 69
표 3.3.33 10차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과 70
표 3.3.34 11차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과 70
표 3.3.35 1차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과 71
표 3.3.36 2차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과 72
표 3.3.37 3차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과 72
표 3.3.38 4차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과 73
표 3.3.39 5차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과 73
표 3.3.40 6차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과 74
표 3.3.41 7차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과 74
표 3.3.42 8차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과 75
표 3.3.43 9차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과 75
표 3.3.44 10차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과 76
표 3.3.45 11차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과 76
표 3.3.46 소재 변경에 따른 규격별 단가 절감 비율 79
표 3.6.1 화원의 설정 88
표 3.6.2 화재강도의 추정 88
표 3.6.3 적용화원의 종류 89
표 3.6.4 터널의 설계화재강도 89
표 3.6.5 한전일반구매규격(GS-5935-0051) '차화커버'에서 명시하는 성능시험 94
표 3.6.6 외관검사 결과 95
표 3.6.7 치수검사 결과 96
표 3.6.8 재료 및 구조검사 결과 96
표 3.6.9 수질불꽃시험 결과 97
표 3.6.10 수직불꽃시험 후 절연내력시험 결과 97
표 3.6.11 산소지수시험 결과 98
표 3.6.12 저염소시험 결과 98
표 3.6.13 냉열특성시험 결과 98
표 3.6.14 굴곡특성시험 결과 98
표 3.6.15 발연농도시험 결과 98

표 3.6.16 허용전류 저감률시험 결과 ····· 99
표 3.6.17 내염수성시험 결과 ····· 99
표 3.6.18 내후성시험 결과 ····· 99
표 3.6.19 내유성시험 결과 ····· 99
표 3.6.20 인장강도시험 결과 ····· 100
표 3.6.21 유해성물질시험 결과 ····· 100
표 3.6.22 아크시험 결과 ····· 100
표 3.6.23 IoT 적용 시스템의 구성 장비 및 주요 spec ····· 104
표 3.9.1 접속재 및 연소방지재 성능비교 ····· 112
표 3.9.2 제품비교 ····· 113
표 3.9.3 수직불꽃 시험 관련 사진 ····· 113
표 4.1.1 최초 총괄 성과별 검검기준 (당초 계획) ····· 118
표 4.1.2 최초 1차년도 성과별 검검기준 (당초 계획) ····· 119
표 4.1.3 최초 2차년도 성과별 검검기준 (당초 계획) ····· 119
표 4.1.4 총괄 성과별 달성 실적 ····· 120
표 4.1.5 1차년도 성과별 달성 실적 ····· 121
표 4.1.6 2차년도 성과별 달성 실적 ····· 122

# 〈 그 림 목 차 〉

그림 1.1.1 국내 터널 현황 ····· 1
그림 1.1.2 터널 내 화재 사고 사례 ····· 2
그림 1.1.3 터널 내 화재 사고의 특징 ····· 3
그림 1.2.1 기상악화로 인한 교통사고율 증가 ····· 4
그림 1.2.2 돌기형 차열, 차염 내화구조체 특징 ····· 4
그림 1.2.3 국토부 ,산자부 난연시험 동시 만족 ····· 5
그림 1.2.4 규격 , 표준화된 제품 ····· 5
그림 2.2.1 케이블 보호용 연소방지 도료(난연도료) ····· 9
그림 2.2.2 케이블 보호용 흡열 매트 ····· 10
그림 3.1.1 공정온도 조절장치 및 온조라인 SUS 배관 도입 ····· 11
그림 3.1.2 원료 지속 교반장치 도입 ····· 11
그림 3.1.3 고점도 원액 펌프 도입 ····· 12
그림 3.1.4 3타입 지그장치 도입 ····· 13
그림 3.1.5 온도 컨트롤 장치 도입 ····· 13
그림 3.1.6 브라켓트 시작품 도입 ····· 14
그림 3.2.1 콘칼로리미터 시험장치 ····· 15
그림 3.2.2 가스유해성시험 시험체 규격 ····· 16
그림 3.2.3 가스유해성 시험장치 ····· 16
그림 3.2.4 연기밀도 시험 장비 ····· 17
그림 3.2.5 ASTM E 662 와 ISO 5659 ····· 18
그림 3.2.6 산소 지수 시험 실험 장치 ····· 18
그림 3.2.7 개발 소재의 콘 칼로리미터 시험 결과 추이 ····· 20
그림 3.2.8 개발 소재의 가스유해성 시험 결과 추이 ····· 27
그림 3.2.9 개발 소재의 연기밀도 시험 결과 추이 ····· 34
그림 3.2.10 개발 소재의 산소지수 시험 결과 추이 ····· 41
그림 3.2.11 이면온도 측정 실험 조건 ····· 48
그림 3.2.12 실물화재 실험 조건 ····· 51
그림 3.2.13 실물화재 실험 결과 ····· 51
그림 3.3.1 경제성 확보 과정에서의 콘칼로리미터 시험 결과 추이 ····· 53
그림 3.3.2 경제성 확보 과정에서의 가스유해성 시험 결과 추이 ····· 59
그림 3.3.3 경제성 확보 과정에서의 연기밀도 시험 결과 추이 ····· 65
그림 3.3.4 경제성 확보 과정에서의 산소지수 시험 결과 추이 ····· 71
그림 3.3.5 압출형 양산공정 구축 ····· 77
그림 3.3.6 제작된 타공지그 ····· 78
그림 3.3.7 경제성 확보 전 후의 단가산출 결과 비교 ····· 78
그림 3.4.1 테스트베드 구축 ····· 81
그림 3.5.1 차화커버 설계기준 제안 및 반영 결과 ····· 83

그림 3.6.1 내화 케이블 트레이 모듈 개발 ····· 84
그림 3.6.2 수직불꽃 시험의 구조 ····· 86
그림 3.6.3 수직불꽃 시험 사진 ····· 86
그림 3.6.4 수직불꽃시험 성적서 ····· 87
그림 3.6.5 모의터널을 이용한 실화재 실험의 구성 ····· 90
그림 3.6.6 모의터널을 이용한 실화재 실험 ····· 91
그림 3.6.7 모의터널을 이용한 실화재 실험 후 케이블트레이 비교 ····· 92
그림 3.6.8 차화커버 설치 케이블트레이의 온도변화 ····· 92
그림 3.6.9 차화커버 미설치 케이블트레이의 온도변화 ····· 93
그림 3.6.10 실험 후 모의터널 천장의 폭열 사진 ····· 93
그림 3.6.11 모의터널을 이용한 실화재 실험 공인 성적서 ····· 94
그림 3.6.12 성적 신청 제품 도안 ····· 96
그림 3.6.13 한전 차화커버 규격 실험을 기반으로 한 성적서 발급 ····· 102
그림 3.6.14 IoT 기술의 시스템 구성도 ····· 102
그림 3.6.15 IoT 적용 및 시범 운영 결과 ····· 103
그림 3.6.16 터널 내 IoT 기술 적용 예시도 ····· 105
그림 3.7.1 시공공법 개발 결과 ····· 109
그림 3.8.1 구조검토 결과 ····· 109
그림 3.8.2 시범 시공 결과 ····· 110
그림 3.9.1 차화커버 사업화 추진 결과 ····· 111
그림 3.9.1 국토교통부 산하 5대 국토관리청 시범사용 물품계약서 ····· 114
그림 3.10.1 우수제품 지정 절차 ····· 115
그림 3.10.2 우수제품지정증서 ····· 116
그림 3.11.1 건설신기술 신청보류 사유 ····· 117
그림 9.1.1 안전조치 이행 실적 ····· 127

# 제1장. 연구개발과제의 개요

## 1절. 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 연구개발 목적

본 연구의 목적은 화재 공학적으로 설계된 화재 분산구조인 돌기형 화재 분산구조와 보호하려는 설비가 평상 시 열 방출이 필요한 경우 통기성을 겸비한 제품을 구현하고 화재 시 신속히 통기성 구조를 밀폐시켜 시설물을 화재로부터 보호하고, 이후 장시간 화재 노출 시 시설물에 견고히 화재보호막을 유지시켜 소방 제압인력이 도착하기 까지 장시간 화재에 대한 보호가 가능한 "터널 내 교통사고 폭발화재 보호를 위한 시설물 장시간 화재 보호용 유약기반 돌기형 차화,차열 방화구조체 제조기술"을 적용한 제품과 시공방법, 그리고 확고한 성능이 유지되는 양산방법의 구현에 있다.

또한 화재 시 장시간 화재 보호용 유약기반 돌기형 차화,차열 방화구조체 제조기술을 적용한 제품과 연동하여 화재 관제 IOT를 개발하고, 화재 발생 시 이를 안전관리자에게 통보하는 시스템에 대한 개발도 부차적으로 수행한다.

본 연구의 최종 목표는 다음과 같다.

○ 터널 화재로부터 전선시설물(케이블 트레이)을 안전하게 지켜 낼 수 있는 "장시간 화재 보호용 유약기반 돌기형 차화,차열 방화구조체" 개발

○ 설치가 편하고 다양한 용도에 적용 가능한 "돌기형 차화,차열 방화구조체" 개발

○ 터널 화재로 인한 터널 콘크리트 폭열 방지용 차열,차염 내화 구조 모듈

○ IOT 기술을 활용하여 안전 관리자에게 화재 알림기능 적용

### 2. 연구개발의 필요성

'15년 12월말 기준 전국의 터널 수는 1,944개소로, '04년말 667개소에 불과하던 것과 비교하여 1,277개소(191%)가 증가하였으며, 연장은 432km에서 1,418.7km로 986.7km(228%) 증가하였다. 또한 터널 개소 수 및 연장의 증가에 따라 터널 내 화재 위험성은 갈수록 높아지고 있는 추세에 있다.

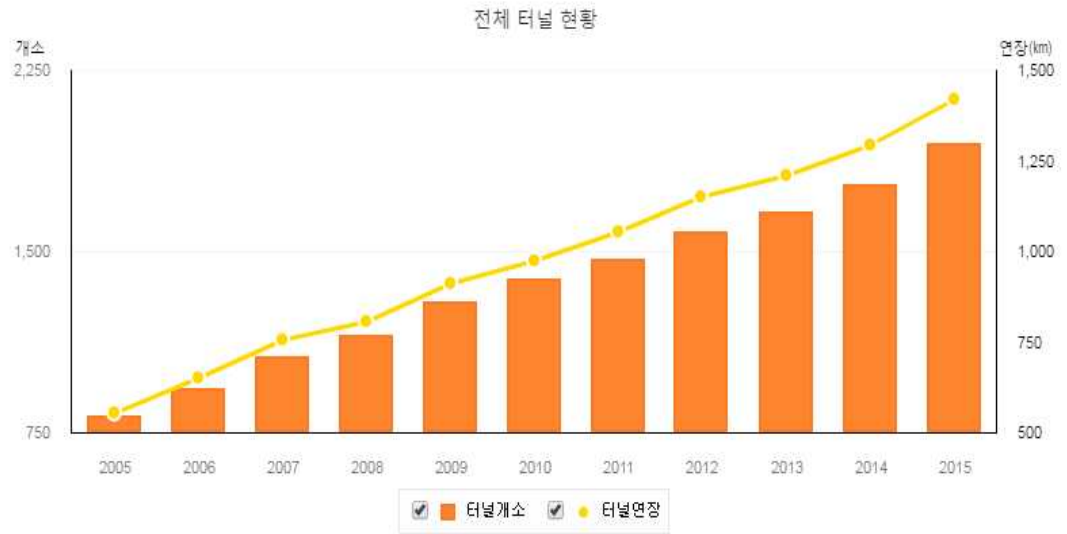



그림 1.1.1 국내 터널 현황

터널 내 화재는 과속, 차선변경, 운전자 부주의 등 약 95%가 인적 요인에 의해 발생하는 것으로 나타나고 있으며, 혹은 차량 결함 등에 의한 교통사고에서 발생하는 것으로 나타나고 있다. 이러한 사고의 인전 요인 중 터널의 특성상 발생하는 원인으로 고속으로 진행하는 차량 진출입에서 운전자 시력저하(명순응, 암순응 – 급격한 명, 암 교차로 시력이 적응하는 시간)로 인한 사고가 발생할 가능성이 높다. 또한 일반 도로에서의 교통사고에 비해 터널 내 교통사고는 차량이 터널 벽면에 충돌하는 경우가 많아 터널 내 교통사고가 대부분 화재로 이어지고 있는 실정이다.




그림 1.1.2 터널 내 화재 사고 사례

이러한 터널 내 화재 피해를 방지하기 위해 현재까지 개발된 기술은 아크로 인한 전기화재, 즉, 순간적인 화재가 발생 시 이를 극복하기 위한 수준으로 개발되었다. 그러나 터널 내 교통사고로 인한 화재는 고속으로 달리던 차량이 충돌로 인해 연료와 적재물 누출로 인해 폭발적인 화재가 진행된다. 또한 터널 화재는 부분개방의 형태인 터널의 특성상 연소상태의 불안전으로 인한 유독가스 발생과 환·기류의 방향변화에 따른 연소생성물의 배출곤란과 피난방향의 혼선을 초래하고, 개소별 연장의 증가 추세에 따른 대피 시간 지연 및 지속적인 차량의 진입으로 대형 인명사고 또는 다수의 인명피해를 초래한다.

터널 내 화재사고의 특징은 다음과 같다.

가. 케이블 손상으로 인한 암전

양측 끝단의 국부 개방 형태로 가시도가 내부 광원(이하 내부 조명)에 의존하는 터널의 특성 상 터널 내 화재발생으로 케이블 손상 시 내부 조명 손실로 암흑화가 발생하며, 이에 따른 요구조자의 대피 속도 감소 및 인명피해 발생확률이 크게 증가한다.

나. 농연과 열기의 충만

터널의 경우 외기의 공급이 한정되어 있기 때문에 시간의 경과에 따라 연소상태가 불안전하여 대량의 연기 및 유독가스를 발생시키며, 이와 같은 농연과 열기류는 급속히 확산되어 터널내부의 요구조자의 피난장애를 발생시킨다.

다. 연소생성물의 배출곤란

화재 발생 시 내부에 축적된 연기 등 다량의 연소생성물을 터널 외부로 신속히 배출시키기가 어려우며, 특히 터널내부의 기류변동이 심하여 연기의 유동이 불안정하고 또한 기압의 변동에 영향을 받고 있는 상태이기 때문에 1종 터널의 경우는 배연설비나 환기설비를 설치하나 급속히 연소되면서 발생되는 다량의 연기 등을 신속히 외부로 배출하는 것은

매우 곤란하다.

라. 소화활동 곤란

터널 내 사고가 발생한 경우, 화재진압 및 구조·구급을 위해 터널 내 소방대원의 진입이 불가피 하나 화재현상과 터널내부의 환경적 영향에 따라 환·기류의 방향변화로 소방대원의 진입방향과 역행하는 결과로 피난자의 혼란과 케이블 본상에 의한 조명 파손 등으로 암흑화가 일어나 화원의 위치를 파악하는데 어려움이 발생할 수 있으며, 터널 외부와의 통신 장애로 효율적인 진압작전 전개가 이루어 질 수 없다.

마. 사고현장의 접근 곤란

화재 발생 시 무엇보다도 사고현장 접근이 용이하여야 함에도 불구하고 대다수의 터널이 접근성이 좋지 못한 외지에 위치하고 있어 현장접근이 신속하지 못하며, 더욱이 고속도로의 경우는 계속되는 차량의 정체로 신고를 받고 출동하는 소방대원이나 경찰 또한 사고현장 도달까지 많은 시간이 지체된다.




그림 1.1.3 터널 내 화재 사고의 특징

앞서 명시된 터널 화재사고의 특징들은 인적·물적 피해의 증가로 직결되며, 개소와 연장의 증가로 터널 화재사고 발생 시 위험성이 증가하고 있는 현 시점에서 이를 해결하기 위한 대책마련이 시급한 실정이다. 따라서 터널 내부의 화재보호 시스템이 작동 되더라도 화재 규모에 따라 소방진압차량이 도착하기까지 장시간 화재로부터 시설물을 보호하고 인명의 대피시간과 대피 조명의 조도확보, 시설물의 원활한 동작을 장시간 확보하여야 한다.

이에 장시간 화재 보호 성능이 있고 충격강도에 내충격성이 확보되어야 하며 유지보수성이 용이하고 또한 국가 예산 절감을 위해 내구성이 반영구적인 제품을 개발하는데 아직까지 미흡하다. 이를 극복하기 위해 기본적인 국토부, 산자부 법령을 모두 충족하는 난연성능과 국가화재안전기준을 모두 충족하고 또한 반영구적인 내구성과 내충격성을 확보하면서 가장중요한 시공성과 기술의 확산성을 확보하기 위한 기존 시설물과의 규격 호환성이 가장 중요하고 이를 양산하기 위한 양산공정 개발이 필수적으로 보완 개발되어야 한다.

# 2절. 기술 개요 및 목표

## 1. 대상 기술 개요

### 1.1 대상 기술 정의

■ 본 기술은 기상악화(결빙, 안개, 폭우, 내설)로 인해 특히 중요 전기, 통신, 소방 메인 설비가 대부분 시작되는  터널 진출입부는 평상시에도 고속으로 진행하는 차량이 시력저

하(명순응. 암순응 – 명, 암 교차로 시력이 적응하는 시간)로 인해 사고가 빈번하고  기상악화로 인해 도로 환경이 악화되면 제동력이 현저히 감소하여 교통사고 시 강한 충돌로 인해 연료누유가 발생하고 폭발로 이어져 큰 화재로 발생하며 이로 인해 짧은 시간에 전기 및 통신을 공급하기 위한 케이블이 소실되고 2차적으로 상호 아크가 발생해 전체 터널 등이 소등되거나 통신설비가 작동불능이 된다.




그림 1.2.1 기상악화로 인한 교통사고율 증가

■ 강력한 화염과 열 기류가 밀폐된 터널 내부 시설로 급속히 확산되어 짧은 시간에 고열의 화염으로 부터 시설물의 훼손을 방지하기 위해 도자기 유약기반 난연재 (장시간 화재보호 특성), 돌기형 구조(동일두께 대비 수배의 차열, 차염 성능),돌기구조 사이의 통기구조 (평상시 시설물 기능저하 방지)의 3대 특성을 이용한  “돌기형 차열, 차염 내화구조체”를 이용한 터널 시설물 화재보강 내화 구조체에 관한 사안이다.

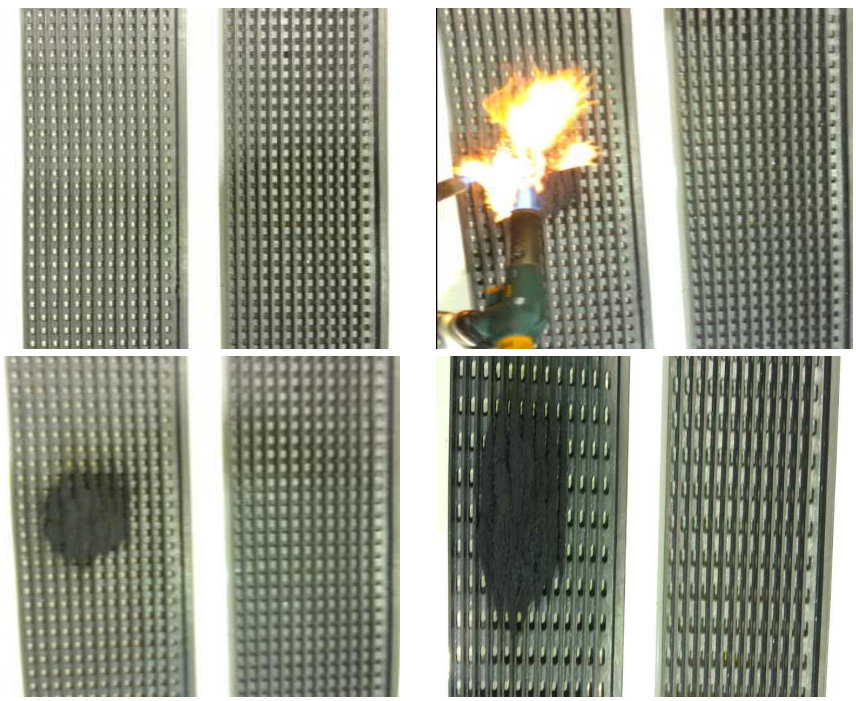


그림 1.2.2 돌기형 차열, 차염 내화구조체 특징

1.2 대상 기술 특징


시 험 성 적 서

한국조선해양기자재연구원

성적서번호 : KOMERI-0402-15T3735

1. 신 청 자
○ 회 사 명 : 주식회사 광운기술
○ 주 소 : 경기도 화성시 남양읍 주석로 276
○ 접수일자 : 2015. 11. 20

2. 시험대상품
○ 시 료 명 : 저독성 자열, 자염 난연 고무
○ 모 델 명 : 저독성 자열, 자염 난연 고무
○ 제품번호 : MFF-1

3. 시험규격 : 국토해양부고시 제2012-624호(시험 결과 요약 참조)
4. 성적서 용도 : 품질확인용
5. 시험기간 : 2015. 11. 26
6. 시험환경 : 온도 (23 ± 1) ℃, 습도 (49 ± 2) % R.H
7. 시험결과 : 국토해양부 고시 제2012-624호 난연재료 적합

| 구분 | 시험항목 | 시험규격 | 결과 |
|---|---|---|---|
| 1 | 열방출률 | 국토해양부 고시 제2012-624호[건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지구조 기준 - KS F ISO 5660-1:2008 연소성능 시험-열방출, 연기발생, 질량감소율-제1부:열방출률(콘칼로리미터법)] | 적합 |
| 2 | 가스 유해성 | 국토해양부 고시 제2012-624호[건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지구조 기준 - KS F 2271:2006 건축물의 내장 재료 및 구조의 난연성 시험 방법/ 6항 가스 유해성 시험] | 적합 |

한국산정기구 안정

(재)한국조선해양기자재연구원장 (인)


시험성적서 2016TS00153 1/11

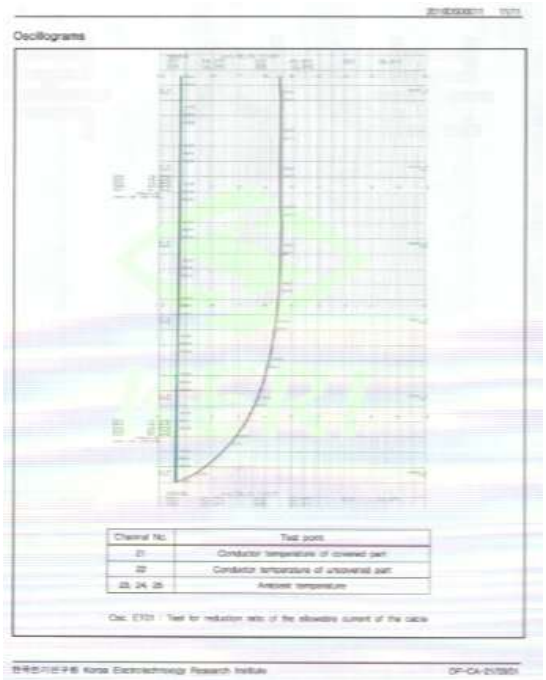
KERI 한국전기연구원

국토부 고시에 의한 난연성 시험 통과

한전연소방지제 형식시험 통과

그림 1.2.3 국토부 ,산자부 난연시험 동시 만족

■ 시제품을 통해 국내에 존재하는 대표적인 난연기준인 국토부 고시에 의한 난연기준과 산자부기준 (한전 준용기준)을 동시에 시험하여 양대 기준을 모두 득하였고 제품의 기능적인 측면과 성능적인 측면을 동시에 만족하는 기술을 구현함으로써 기술의 완성도를 구현하였다.


Oscillograms


Drawings

허용전류저감률시험 기준통과
(시설물기능저하시험)

한국전력공사 공동구,전력구
중소협력과제시험 도면제출

그림 1.2.4 규격 , 표준화된 제품

■ 기술의 완성도를 높이기 위해 표준, 규격화를 시도하여 가장 표준규격이 잘 정비된 한국전력공사의 표준규격시험을 통해 제품도면을 제출하고 이를 통해 중소협력과제 및 인증시험을 하였고 통과 하였다.

■ 현장 작업자가 완성된 시방서와 제품을 통해 별도의 교육과정 없이 보편적으로 시공할 수 있게 하였다.

1.3 대상 기술 우수성

■ 터널 진출입부에 기상악화(폭우,안개,결빙,내설등) 고속으로 진행하는 차량의 충돌로 인해 연료가 누유 되고 이로 인해 2차 폭발이 진행되므로 화재의 강도는 어느 지점보다 강력하고 발생 확률 또한 높다. 또한 현재 개발된 기술 수준은 아크로 인한 전기화재, 즉, 순간적인(ms 단위) 아크가 발생 시 이를 극복하기 위한 수준으로 개발 되었으나, 터널 내 교통사고로 인해 발생하여 소화까지 장시간(min 단위)이 소요되는 화재에는 취약하여 이에 대한 대책이 요구되고 있는 실정이다.

■ 본 기술은 이러한 극도로 위험한 상황에서 화재가 발생 할 경우 시설물의 피해를 방지하기 위한 기술로서 차열성능 , 차염성능(차화성능) 및 장시간 화재보호 특성 ,평상 시 기능저하 방지특성 , 저독성 등 제품이 가져야 하는 문제점을 모두 확보한 기술로서 현장적용성과 유지보수성까지 확보한 기술이다.

표 1.3.1 기술의 우수성

| 구 분 | 우 수 성 |
|---|---|
| 기 술 성 | . 돌기 구조를 통한 우수한 차열,차염성능<br>. 돌기구조의 방열성능과 통기구조의 통기성을 통한 기능저하 방지 성능<br>. 유약 기반 혼합 난연제를 통한 장시간 화재 내구성 |
| 시 공 성 | . 시공 단순화 (공정 최소화를 통한 인건비 절감)<br>. 별도의 교육없이 시방서로만 설치가능<br>. 리프트 장비 이외의 별도 장비.공구 불필요 |
| 경 제 성 | . 장기간 유지보수성 타 제품대비 대폭 우수<br>. 품셈에 의한 인건비 단가 절감<br>. 반영구적인 제품 수명으로 인한 추가 공사비 절감 |
| 유지<br>보 수 성 | . 체결과 개방성능 용이로 인한 유지보수 인건비 절감<br>. 별도의 유지보수 장비 불필요<br>. 반영구적 제품 수명으로 인한 교체비용 절감 |
| 환 경 성 | . 난연제의 독성 검토를 통한 저독성 제품 구현<br>( 국토부 가스유해성 시험 - 쥐를 통한 동물시험 통과)<br>. 작업 부산물 발생을 방지하여 환경 쓰레기 제거 |

1.4 대상 기술 독창성

■ 난연, 내화 케이블도 극한 터널교통사고 상황에서 성능을 발휘하기에 다소 부족한 점이

있어 이를 보완하기 위해 케이블의 난연성 시험보다 기준이 높은 국토부 난연규정과 실물화재시험을 통해 화재 성능을 확인 할 수 있는 제품으로 화재를 보호함으로써 긴박한 상황에서 터널 내 시설물의 정상적인 기능을 유지하기 위해 도자기 유약기반 난연재(장시간 화재보호 특성), 돌기형 구조(동일두께 대비 수배의 차열, 차염 성능), 돌기구조 사이의 통기구조 (평상시 시설물 기능저하 방지)의 3대 특성을 이용한 돌기형 차열, 차염 내화구조체"를 이용한 터널 시설물 화재보강 내화 구조체이다.

■ 또한 해당 기술은 여러 가지 형태로 변형이 가능하여 적합도에 따라 화재 성능이 요구되는 다양한 장소로 기술이 파급 될 수 있는 간편한 구조로서 소비자가 우려하는 화재분야에 적합하도록 크기와 체결방법을 달리하여 여러 분야에 다양하게 적용 할 수 있다.

## 2. 연구개발 목표 및 범위

### 2.1 연구개발의 성과목표

표 1.3.2 연구개발의 성과목표

| 구분 | 핵심성과 (level1) | | 단위성과 (level2) | | 최종 성과점검기준 | | | | | | 양적 성과목표 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 질적 성과지표 | | 목표치 | 측정 방법 | 검증 방법 | 가중치 | |
| 총괄 | A | 화재성능 기준확보(유약기반 난연원료의 장시간 차열,차염 특성확인 돌기형 구조의 차열, 차염성능 확인) | A-1 | 난연성능 확보 | ① | 콘칼로리미터 | 8MJ 이하 | 시험 의뢰 | 성적서 | 25 | 품질인증 성적서 : 2 건 |
| | | | | | ② | 가스유해성 | 9분 이상 | 시험 의뢰 | 성적서 | 25 | |
| | | | A-2 | 연기밀도 시험 | ① | 연기밀도 | 400 이하 | 시험 의뢰 | 성적서 | 25 | 품질인증 성적서 : 1 건 |
| | | | A-3 | 산소지수 시험 | ① | 산소지수 | 30이상 | 시험 의뢰 | 성적서 | 25 | 품질인증 성적서 : 1 건 |
| | B | 케이블트레이 화재보호용 차열, 차염 내화모듈 개발(돌기구조 및 비돌기구조 혼용) | B-1 | 공인시험 성적서 발급 | ① | 화재성능시험 | 법규 내 명시 기준 | 시험 의뢰 | 성적서 | 20 | 항목별 품질인증 성적서 : 각 1 건 |
| | | | | | ② | 한전차화커버 규격시험 | 규격 내 명시 기준 | | | | |
| | | | B-2 | 내화모듈 개발(케이블 트레이용) | ① | 제품 개발 | 1건 | 특허 출원 | 특허 출원 | 20 | 특허 출원 : 1 건 |
| | | | B-3 | 시공 공법 개발 | ① | 공법 개발 | 1건 | 특허 출원 | 특허 출원 | 20 | 특허 출원 : 1 건 |
| | | | B-4 | 현장 시범적용 | ① | 현장 시범적용 | 1건 | 현장 적용 | 현장적용 보고서 | 15 | 현장적용 보고서 : 1 건 |
| | | | B-5 | 제품인증 | ① | 국내 품질인증 | 1건 | 인증 획득 | 인증서 | 15 | 우수조달 인증 |
| | | | | 신기술 지정 신청 | ① | 신기술 지정 신청 | 1건 | 지정 신청 | 신청서 | 10 | 건설신기술 지정 신청 |

## 2.2 연구개발의 범위

표 1.3.3 연구개발의 범위

| 연차 | 연구목표 | 주요연구내용 |
|---|---|---|
| 1차연도 | ○ 돌기형 구조를 통한 화재 분산 및 동일 두께 평면구조에 비해 월등한 화재방어 차열, 차염 층 구조적 확대 구현 | • 실물화재 실험 실시<br>• 평판구조와 비교 실험 실시 |
| | ○ 온도특성별 차등 유약성분 구조보강재를 이용한 장시간 내열, 내화 특성 | • 원료 분석 및 적용<br>• 콘칼로리미터 시험 및 산소지수 시험 실시<br>• 공인기관에서 성적서 발급 |
| | ○ 유약성분의 바인드 구조를 통한 저독성 난연제와 유기물 결합구조를 통해 유해가스 방출 억제(탄화막 하부층 연쇄적 연소 방지기능) | • 연소독성 및 연기밀도 시험 실시<br>• mouse를 이용한 가스유해성 실시<br>• 공인기관에서 성적서 발급 |
| 2차연도 | ○ 소재의 경제성 확보 | • 1차연도 개발 소재의 경제성 확보를 위한 보완 및 개선<br>• 성능시험 및 문제점 개선을 통한 화재성능 확보 |
| | ○ 화재 보호용 차열, 차염 내화 케이블트레이 모듈 개발 | • 한전 차화커버규격시험 및 성적서 발급<br>• 실규모 화재 실험<br>• IOT 기술을 활용하여 안전관리자에게 화재 알림기능 적용 |
| | ○ 시공공법 보완을 통한 시공 편의성 확보 | • 기존 시공 공법 보완을 통한 시공 편의성 증대<br>• 조립형 차열, 차염 내화 케이블트레이 개발 |
| | ○ 현장 시범 적용 | • 케이블 트레이 무게 변화에 따른 터널 영향도 검토 수행<br>• 현장 시범 설치를 통한 성능 검증 및 현장 적용 |
| | ○ 국내 품질인증 | • 우수조달인증 |
| | ○ 건설신기술 지정 신청 | • 건설신기술 지정 신청 |

# 제2장. 국내외 기술 개발 현황

## 1절. 국내·외 연구동향

화재 시 케이블의 손상을 방지하기 위해 다양한 난연 케이블 및 연소방지도료, 기타 화재피해 저감을 위한 제품들에 대한 연구가 지속적으로 수행되고 있으며, 실제 시공 시에는 주로 연소방지도료를 케이블 및 케이블 트레이에 도포하여 케이블의 손상을 방지하고자 하고 있다. 이러한 방법은 1970년대부터 다양한 형태로 시도되어 왔으며, 화재안전성은 물론 시공상의 문제, 경제성, 환경 유해성 등 요구성능이 많아짐에 따라 현대에 이르러 실제 사용하고 있는 방법은 많지 않다.

이러한 제품들에 대한 성능평가를 위해 다양한 방법의 성능평가가 수행되고 있다. 화재피해 저감을 위한 제품이기에 화재성능시험은 물론이고, 제품성에 대한 평가를 위해 물성시험들을 수행함으로써 설치 후 안정성 및 환경 영향평가 등이 수행된다. 이러한 성능시험은 수요처에 따라 요구하는 성능이 상이하기 때문에 하나의 제품을 통해 모든 성능시험에 대한 적합성을 확보함으로써 범용성을 확대하는 것이 중요하다.

## 2절. 국내·외 관련 기술과 본 연구 개발 제품의 성능 비교

### 1. 연소방지도료

연소방지 도료는 일정 수준 이상의 도료 두께를 확보하기 위해 반복 시공이 요구되며, 시공 시 도료를 분사하여 시공하는 공법의 특성 상 다량의 분진의 발생 및 주변 환경오염이 불가피하다. 또한 케이블의 증설 시 증설 구간 전체에 재 도장이 이루어져야 하며, 시간의 경과에 따라 도료가 경화되어 박리 및 이탈 현상이 발생함에 따라 추가 유지보수 비용이 발생한다.




그림 2.2.1 케이블 보호용 연소방지 도료(난연도료)

- 독일제품

가. 제품시료를 분석한 결과 국토부 난연기준 미달, 산자부 난연성 적합

나. 한전기준 미달 (내수성, 내유성 등 검증 데이터 미확보)

다. 시료 자체 시험 부족

- 국내제품

가. 제품시료를 분석한 결과 국토부 내화기준 미달 (내화기준 이면온도 573℃)

나. 한전 기준 적합 (장시간 내수성 미확보 : 전력구 일정기간 후 유지보수 필요)

**2. 흡열 매트**

흡열 매트는 케이블트레이 전체를 감싸 화염으로부터 보호하는 개념의 제품으로, 해당 제품으로 케이블 트레이를 3중으로 감싸 시공한다. 따라서 단위 구간당 3회의 반복시공이 요구되며, 흡열 매트 자체의 재단을 병행해야 하기 때문에 시공절차가 번거롭고 시공기간이 길어질 수 밖에 없다. 또한 케이블의 발열로 인한 온도 상승 및 그로 인한 영향에 대한 시험(허용전류 저감률 시험)의 부재로 즉각 적용에 어려움이 있으며, 케이블 트레이 내부 발화로 인한 화재 발생 시 케이블 자체 연소 및 확산을 제어하기 어렵다.



그림 2.2.2 케이블 보호용 흡열 매트

# 3절. 국내·외 관련 기술과 본 연구 개발 제품의 시장성 비교

- 본 연구의 결과물은 단순 시공비 산출 결과만으로도 타 제품 대비 우수한 경제성을 확보할 수 있으며, LCC 장기유지보수 공사비 관점에서 또한 월등한 수준이다.
- 작업시간이 타 제품에 비해 1/3 수준으로 시공 시 공기를 획기적으로 감축시킬 수 있기 때문에 이에 따른 2차적 경제성 확보 가능하다.

# 제3장. 연구 수행 내용 및 성과

## 1절. 제조공정 구축

### 1. 공정온도 조절장치 및 온조라인 SUS 배관 도입

공정의 온도는 원료의 경화에 직접적인 영향을 미치는 요소 중 하나이다. 따라서 공정온도를 조절하여 원료의 경화현상을 방지하고, 원료의 성형을 고르게 하기 위해 도입 공정온도 조절장치 및 온조라인에 SUS 배관을 도입하였다.



그림 3.1.1 공정온도 조절장치 및 온조라인 SUS 배관 도입

### 2. 원료 지속 교반장치 도입

제품 개발 후 원료를 테스트에서 벗어나 양산이 가능한지 파악하기 위해 장시간 원료를 교반하여 침강, 부유 상태를 확인하기 위해 원료 지속 교반장치를 도입하였다.



그림 3.1.2 원료 지속 교반장치 도입

### 3. 고점도 원액 펌프 도입

본 연구의 원료의 혼합 원액은 그 특성상 점도가 높기 때문에 이러한 고점도 혼합 원액을 펌핑하여 제품을 성형하기 위해 고점도 원액 펌프를 도입하였다. 또한 정량적인 원료의 토출을 위해 펌프의 토출량을 제어할 수 있는 타입으로 선정하였다.



그림 3.1.3 고점도 원액 펌프 도입

**4. 3타입 지그장치 도입**

현장별 적용하는 산업규격이 상이하기 때문에 단일 규격의 제품 생산 시 2차 또는 3차 공정이 발생한다. 따라서 사용량이 많은 규격을 기반으로 적합한 난연 접속구조체 생산을 돕기 위한 3타입의 새로운 규격 지그장치 도입하였다.





그림 3.1.4 3타입 지그장치 도입

### 5. 온도 컨트롤 장치 도입

합성 폴리머의 경우 환경에 따라 제품의 물성이 상이하게 나타날 수 있다. 따라서 최적의 조건으로 지속적인 주변환경을 유지해주는 것이 중요하다. 이에 다양한 고난연 원료의 특성에 맞는 환경을 찾아 일관성 있는 제품 성형성을 테스트 하고자 도입 온도 컨트롤 장치를 도입하여 적용하였다.



그림 3.1.5 온도 컨트롤 장치 도입

### 6. 브라켓트 시작품 도입

본 연구의 소재는 성형 과정에서 팽창하며 균일한 성형성을 갖는 특성을 가진다. 하지만 그 과정에서 지그장치에 압력이 발생하게 되고 발생하는 압력을 정확히 제어하지 못할 경우, 이로 인해 제품의 불량 또는 지그장치에 악영향을 미칠 수 있다. 따라서 지그장치 시작품 운전 시 원료에서 발생하는 화학반응에 의한 압력으로부터 지그장치의 뒤틀림을 방지하고 안정적인 운전을 위해 브라켓트 시작품을 도입하여 적용하였다.



그림 3.1.6 브라켓트 시작품 도입

## 2절. 소재 개발

본 과제의 개발품은 화재안전을 위한 제품으로, 이전 단계의 연구에서 일부 성능 인증을 확보한 바 있다. 하지만 활용처에 따라 요구되는 제품의 인증 시험이 상이함에 따라, 제품의 시장 확대를 위해서는 다양한 시험에 대한 성능을 모두 충족할 수 있어야 한다. 이에 확고한 성능을 확보한 소재의 개발은 제품 생산 이전의 필수적인 단계이다. 본 연구에서는 기 개발되었던 차화차열 제품에 대해 보다 광범위한 사용을 위해 해당 소재의 활용이 가능한 분야의 성능시험에 대한 확고한 성능 확보를 목표로 소재의 일부 변경을 통한 소재 개발 연구가 수행되었다.

### 1. 소재 성능시험

개발 소재의 활용처는 화재 확산 방지 및 피해저감 분야로, 기본적으로 화재성능시험(콘칼로리미터 시험, 가스유해성 시험, 연기밀도 시험, 산소지수시험)을 통해 화재성능을 확인하였다.

1.1 시험 방법

가. 콘칼로리미터 시험

■ 소재의 화재안전성능은 다양한 시험방법으로 평가될 수 있다. 현행 국토부 고시(2015-744호)에 의한 난연재료등급의 성능시험은 콘칼로리미터법(KS F ISO 5660-1) 및 가스유해성시험(KS F 2271)이며, 두 가지 시험방법은 소규모시험으로 단일 재료에 대한 난연성능 평가에 효과적인 방법이다.

■ 화재 시험은 규모에 따라 다양한 시험방법이 있다. 콘칼로리미터는 점화 장치가 부착된 수평 방향의 콘히터 복사열에 노출된 열방출률(Heat Release Rate)을 측정하는 소규모 시험방법으로 그림 3.1과 같은 구조를 가지고 있다.

■ 열방출률은 화재위험성을 결정하는 가장 중요한 변수 중 하나이다. 시험체의 연소로부터 발생되는 열을 직접 측정하는 것은 어렵지만 연소가스로부터 발생되는 산소농도를 측정하는 것은 비교적 간단하다. 이러한 방식을 이요하여 열방출율을 측정하는 실험기가 콘 칼로리미터이다. 콘 칼로리미터는 시료가 일반 가연물인 경우 공기 흐름으로부터 소비된 산소 1 kg 당 13.1×103 kJ 과 동일한 열을 방출한다는 기본원리를 이용하여 열방출률을 측정한다.

■ 콘 히터를 통해 50 kW/m2의 복사열량을 (100 × 100 × 50) mm 크기의 수평방향 시험체에 노출시키고, 발생되는 화재생성물은 후드 및 덕트를 통하여 포집된다. 덕트에 설치된 열전대, 압력센서, 가스 샘플링장치에 의해 측정된 결과를 기록 및 분석하여 순간 열방출율, 총 열방출량, 관통여부 등 모든 평가 기준을 만족 하는 가열 시간에 따라 난연등급을 정한다.



그림 3.2.1 콘칼로리미터 시험장치

나. 가스유해성 시험

■ 가스유해성은 한국산업규격 KS F 2271 '건축물의 내장 재료 및 구조의 난연성 시험 방법'의 가스유해성시험을 통하여 평가한다. 시험체는 표면시험에 규정한 시험체를 사용하여 그림 3.2와 같이 시험체의 표면에서 뒷면으로 관통하는 지름 25 mm인 구멍을 3개 뚫은 것으로 한다. 시험체의 조성 및 구성을 손상하지 않도록 한다. 시험은 2회 실시하며 시험체 크기는 가로, 세로 각각 220 mm로 한다.

■ 가스 유해성 시험체의 가열은 부열원인 프로판 가스를 3분간 가열한 후, 다시 주열원인 정전압 장치를 통한 복사열로 3분간 가열하여야 한다. 공기는 가열 중에 한하여 공급하며, 그 공급량은 가열로의 1차 공급 장치에 의해 매분 3.0L, 2차 공급장치에 의해 매분 25.0L로 하여야 한다.

■ 피검 상자의 배출장치에 의한 기체는 가열 중에 한하여 배출하며, 그 배출량은 매분 10.0L로 하여야 한다. 배기 온도측정은 규정하는 열전대 및 온도계로 측정하여야 한다.

■ 가열 시험은 시작할 때 피검 상자 내의 온도는 30℃로 하고, 시험용 흰쥐를 1마리씩 넣은 회전 바구니(회전 바구니의 회전 부분은 원칙적으로 알루미늄제로 하되, 무게는 75 g 이하로 하여야 한다.) 8개를 피검 상자 내에 넣어야 한다. 가스 유해성 시험은 가열을 시작해서 시험용 흰쥐가 행동을 정지할 때까지의 시간(이하 행동정지시간이라 한다.) 측정은 자동 기록할 수 있는 장치를 사용하여야 하며, 가열은 시작 후 15분간 개개의 시험용 흰쥐마다 실시하여야 한다. 흰 쥐의 평균행동정지시간을 측정하여 9분 이상을 적합한 것으로 한다.

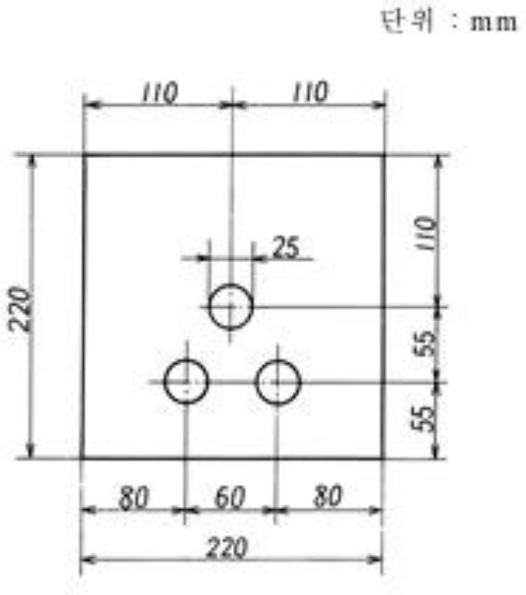



그림 3.2.2 가스유해성시험 시험체 규격

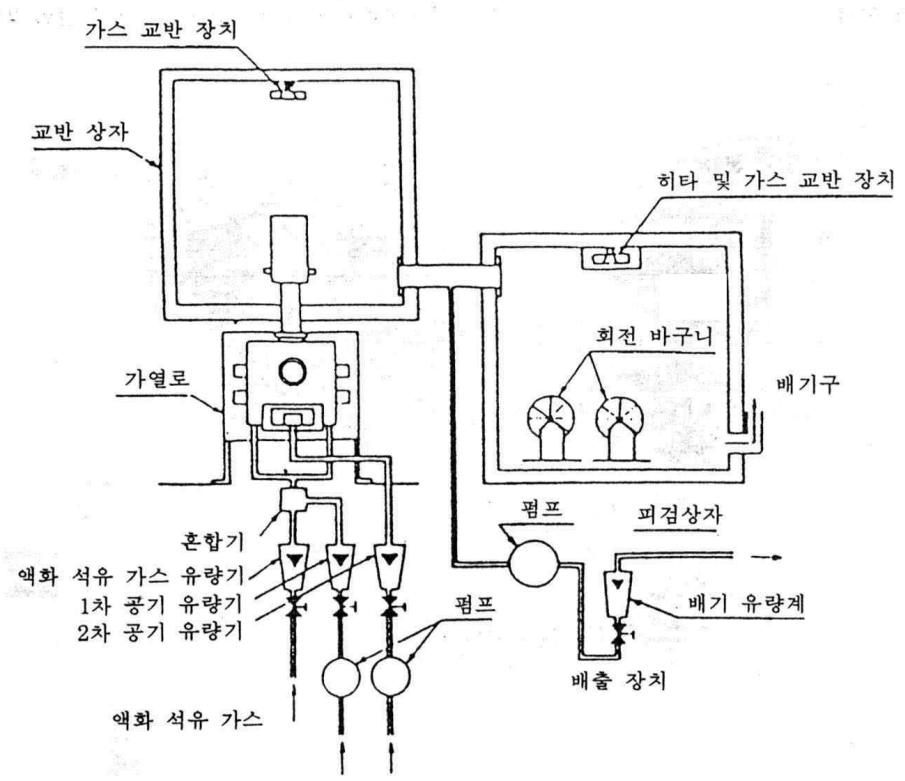



그림 3.2.3 가스유해성 시험장치

다. 연기밀도 시험

■ 연기밀도 시험기를 이용한 시료의 발연성은 비광학밀도 (Opictal smoke density)로 표시된다. 연기밀도(Ds)의 원리는 광원과 광량감지기 사이에 연기가 통과하는 공간을 두어 연기에 의해서 차단되는 광 투과율을 측정하는 것으로서 시간에 따른 시료의 연기발생량을 파악한다. 시험체의 특성에 따라 시험방법을 선택하며, 성능시험방법은 ASTM E 662(열원조건 2.5 W/㎠, 25 kW/㎡: 고체물질에서 발생하는 연기의 비광학밀도를 위한 시험방법)과 KS M ISO 5659-2 (열원조건 10 kW/㎡ ~ 50 kW/㎡ : 플라스틱-연기발생 제2부, 단일연소챔버시험)이 있다.

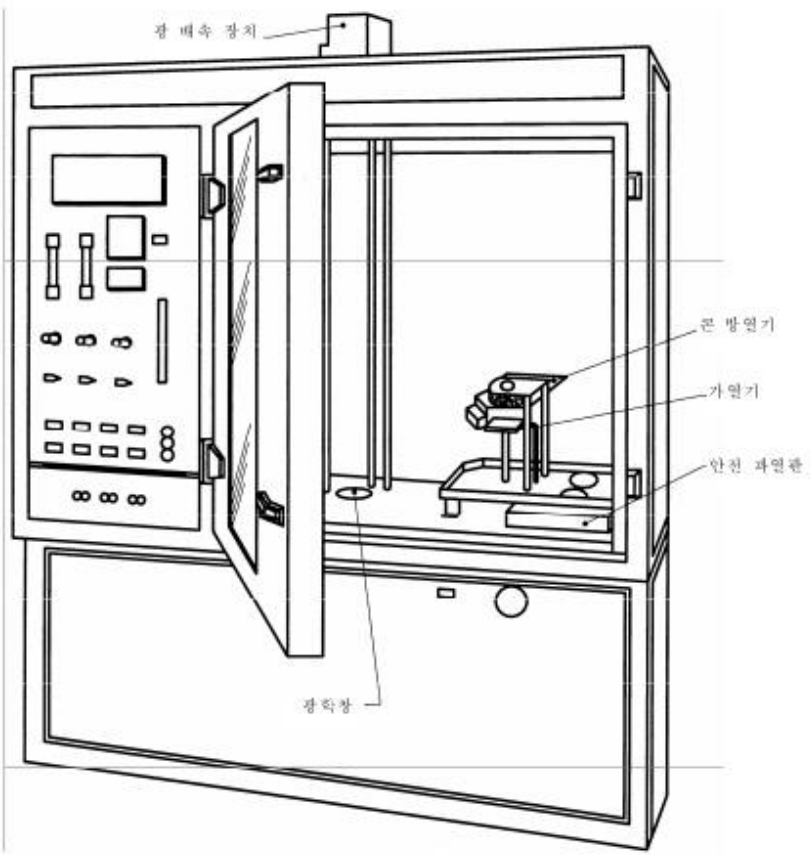



그림 3.2.4 연기밀도 시험 장비

■ ASTM E 662 시험 방법은 고체물질에 주로 적용된다. 열원으로 flame mode와 nonflame mode 두 가지가 가능하며 25 kW/㎡ 의 발열량으로 가열한다. 발열 후 최소 투과량이 도달 후 3분 또는 최초 발열 후 20분까지 측정한다.

■ KS M ISO 5659-2 시험 방법은 모든 플라스틱에 적용될 뿐만 아니라 다른 물질들 (즉, 고무나 직물 피복, 페인트칠된 표면, 나무, 다른 건축 자재 등)의 평가에도 사용될 수 있다. 시험편들을 시험기에 수직으로 쌓아 올린 뒤 최대 50 kW/㎡의 발열량으로 가열 후, 나온 연기를 광도계를 포함한 챔버 내에 수집한다. 투과량은 10분 동안 측정을 수행하고, 필요하다면, 10분의 노출 동안 최소의 광투과도에 도달하지 않을 때, 10분 이상 측정하여도 무방하다. 연기를 통과하는 광 비 전달의 감쇠를 측정하여 연기의 밀도를 간접적으로 알아낸다.



그림 3.2.5 ASTM E 662 와 ISO 5659

라. 산소지수 시험

■ 산소지수란 규정된 시험 조건 하에서 산소와 질소의 혼합기체분위기에서 연소되기 위해 필요한 산소의 농도(23±2℃)로 부피 퍼센트로 나타난다. 가연물의 산소지수가 크다고 하는 것은 가연물 연소에 필요한 산소의 농도가 크다는 것을 의미한다. 따라서 시험체의 산소지수가 클수록 난연성능이 우수하다고 볼 수 있다.

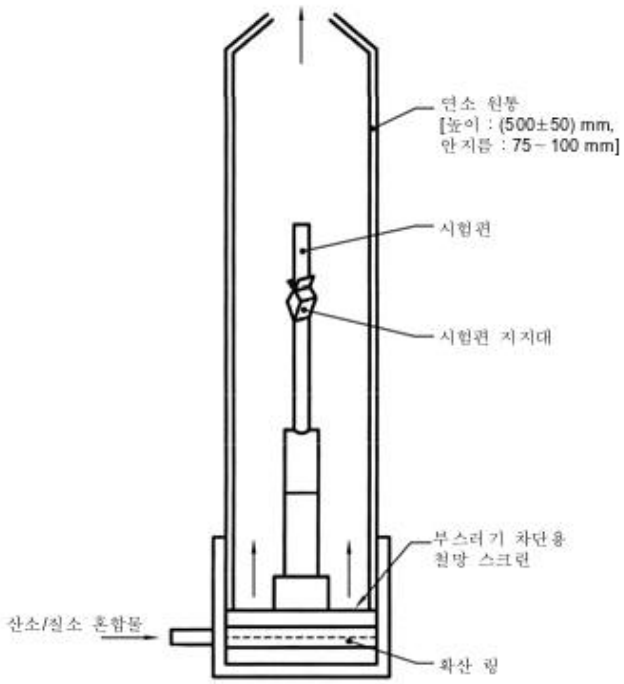



그림 3.2.6 산소 지수 시험 실험 장치

■ 산소 지수 시험방법은 수직 막대 또는 시트 형태로 자체 지지가 가능한 시험편을 투명한 연소 원통을 통하여 흐르는 산소 및 질소의 혼합물 속에서 그림과 같이 수직으로 지지한다. 시험편은 진기 재료용으로 길이 70~150 mm, 폭 6.5±0.5 mm, 두께 3±0.25 mm로 제작한다. 시험편 상부면 점화를 최고 30초 접염하여 점화시킨 후, 연소 평가 여부로 시험체가 발화되어서 3분간 꺼지지 않거나 시험편의 길이가 50 mm 타는데 필요한 산소, 질소 혼합공기 중 필요한 최소 산소의 부피 퍼센트를 한계산소지수라 말한다. 한계산소지수가 높을수록 난연성이 우수하다고 할 수 있다.

1.2 시험결과

초기 성능이 다소 부족한 시험에 대한 보완을 위해 소재 변경을 통한 지속 보완 및 성능 확인 시험을 수행하였으며, 최종적으로 모든 성능 시험에 적합한 소재 개발을 완료하였다.

표 3.2.1 성분비에 따른 성능시험 결과

| 순번 | 구성 재료 중량비 (wt%) | | | | | | | | | | | | | | | | | 성능시험 결과 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 폴리올 | 경화제 | CP1 | CP2 | TCPP | 팽창흑연 | 흑연 | 유약 | $AL_2O_3$ | APP | APP(K) | APP(C) | ADP | 견운모 | 산화지르코늄 | M-100 | D900 | D950 | 콘칼로리미터 ($MJ/m^2$) | 가스유해성 (min/s) | 연기밀도 (-) | 산소지수 (%) |
| 1 | 100 | 20 | | | | 15 | | 20 | 15 | 20 | | | | 10 | 10 | | | | 8.5 | 8:16 | 815.6 | 65.4 |
| 2 | 100 | 15 | | | | 15 | | 20 | 15 | 20 | | | | 10 | 10 | | | | 5.5 | 7:37 | 741.5 | 67.5 |
| 3 | 100 | 10 | | | | 15 | | 20 | 15 | 20 | | | | 10 | 10 | | | | 4.4 | 13:35 | 637.7 | 78.8 |
| 4 | 100 | 20 | | | | 15 | | 20 | 15 | | 20 | | | 10 | | 10 | | | 19.8 | 9:29 | 711.5 | 50.7 |
| 5 | 100 | 15 | | | | 15 | | 20 | 15 | | 20 | | | 10 | | 20 | | | 19.4 | 9:30 | 524.5 | 40.1 |
| 6 | 100 | 20 | | | | 15 | | 20 | 15 | | 20 | | | 10 | | 20 | | | 15.8 | 9:34 | 482.5 | 35.5 |
| 7 | 100 | 25 | | | | 10 | | 20 | 15 | | 20 | | | 10 | | 20 | | | 16.6 | 11:04 | 275.4 | 43.15 |
| 8 | 100 | 25 | | | | 10 | | 20 | 15 | | | 20 | | 10 | | 20 | | | 18.4 | 13:38 | 354.2 | 50.7 |
| 9 | 100 | 20 | | | | 20 | | 15 | 20 | 15 | | | | 10 | | 10 | | | 12.6 | 14:50 | 205.1 | 73.9 |
| 10 | 100 | 20 | | | | 20 | | 15 | 10 | 17 | | | | 13 | | 15 | | | 11 | 13:54 | 240.2 | 80.9 |
| 11 | 100 | 20 | | | | 20 | | 15 | 15 | 20 | | | | 10 | 10 | | | | 5.9 | 11:27 | 202.5 | 71.6 |
| 12 | 95 | 5 | 10 | 15 | 15 | | 15 | 20 | | | | | 15 | | | | 5 | 5 | 2.3 | 13:57 | 204.1 | 74.4 |
| 13 | 95 | 5 | 10 | 15 | 15 | | 15 | 20 | | | | | 15 | | | | 10 | 10 | 3.8 | 13:54 | 190.1 | 75.61 |
| 역할 | 주재 | 경화 | 경화촉매 | 경화촉매 | 난연 | 난연 | 난연 | 난연보강 | 난연 | 난연 | 난연 | 난연 | 난연 | 난연보강 | 난연보강 | 융점강화 | 혼합난연 | 혼합난연 | | | | |

※위 성분 중량비 합은 소재별 비중차이에 의하여 조금씩 상이할 수 있음.

가. 콘칼로리미터 시험

초기 콘칼로리미터 시험에서 기준값인 8MJ/m2 에 비해 다소 높은 성능을 나타냄으로써 부적합으로 확인되었으나, 소재 변경 이후 최종적으로 분의 성능을 나타냄으로써 성능기준에 부합하는 성능을 확보하였다.

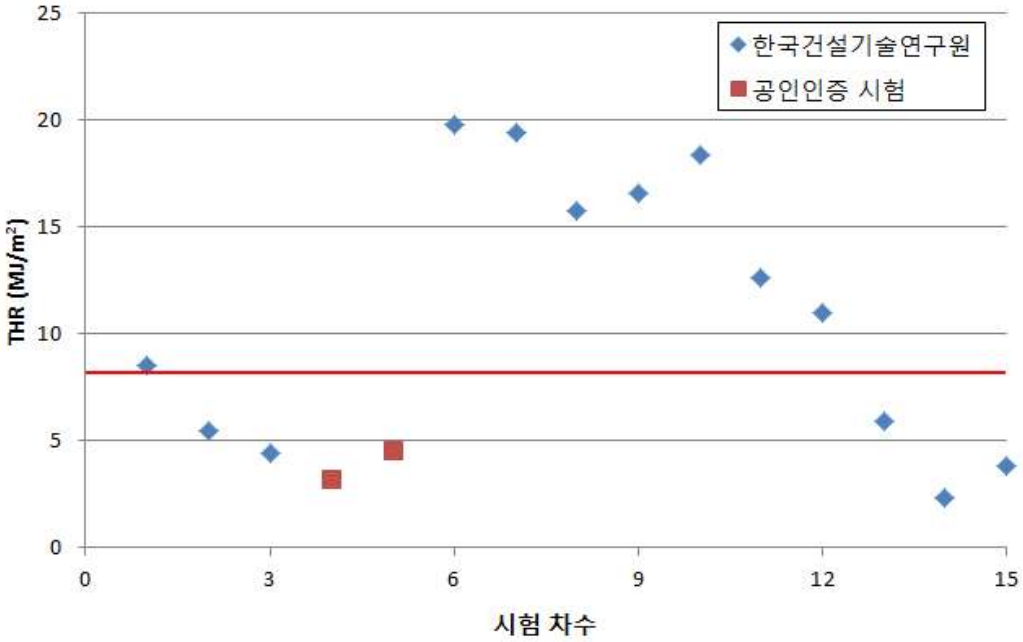
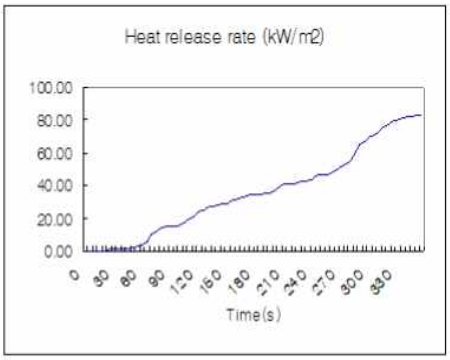



그림 3.2.7 개발 소재의 콘 칼로리미터 시험 결과 추이

표 3.2.2 1차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | 산화지르코늄 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 20 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 |

| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 8.5 | - | 73.2 | 22.3 | - 100초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |



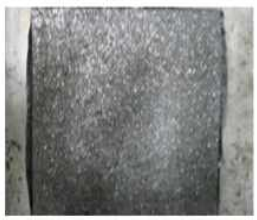
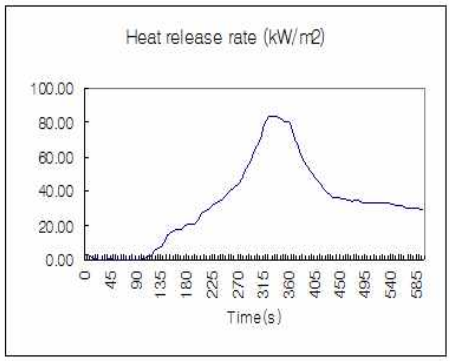
| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.2.3 2차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | 산화지르코늄 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 100 | 15 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 |

| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 5.5 | - | 74.8 | 25.4 | - 50초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |

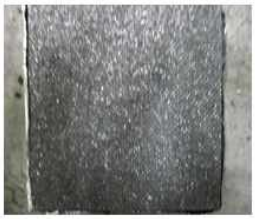
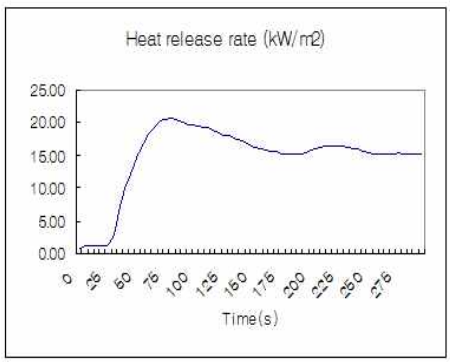
| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.2.4 3차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | 산화지르코늄 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 100 | 10 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 |

| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 4.4 | - | 82.0 | 24.4 | - 60초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |

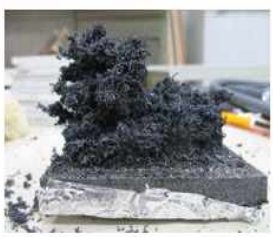
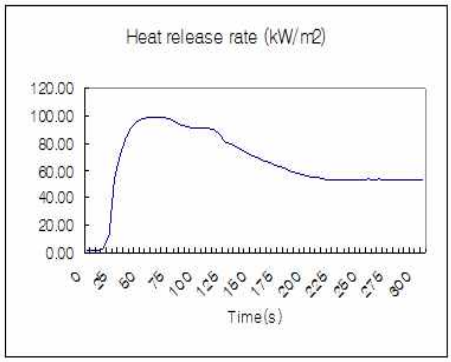
| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.2.5 4차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 100 | 20 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 |

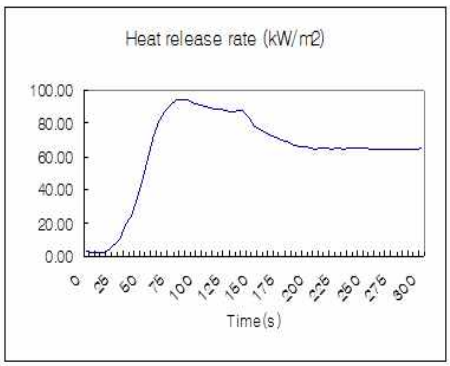
| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 19.8 | - | 46.7 | 15 | - 28초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |



| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.2.6 5차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 100 | 15 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 20 |

| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 19.4 | - | 45.3 | 16.2 | - 60초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |



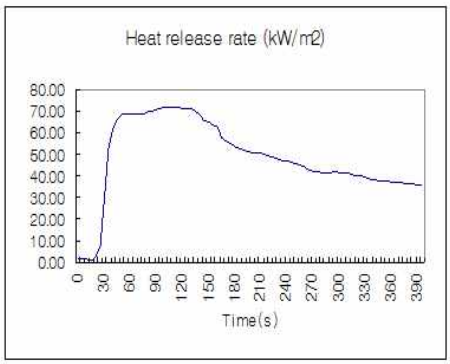
| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.2.7 6차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 100 | 20 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 20 |

| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 15.8 | - | 95.0 | 15.5 | - 50초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |

HRR 그래프




시험체 사진

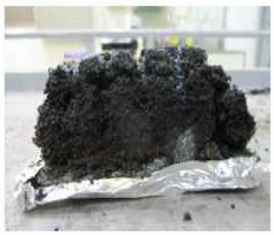
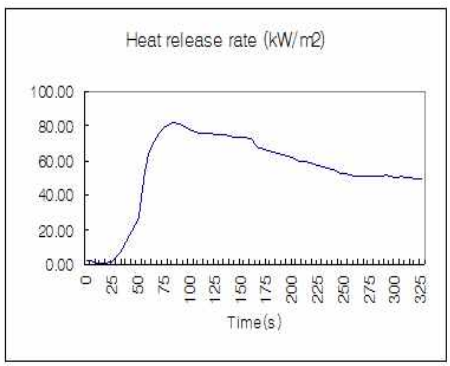
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|---|---|
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.2.8 7차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 100 | 25 | 10 | 20 | 15 | 20 | 10 | 20 |

| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 16.6 | - | 64.8 | 13.6 | - 60초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |

HRR 그래프




시험체 사진

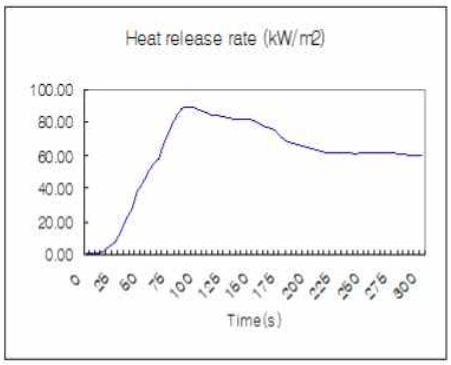
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|---|---|
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.2.9 8차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(C) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 100 | 25 | 10 | 20 | 15 | 20 | 10 | 20 |

| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 18.4 | - | 66.3 | 16.5 | - 80초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |

HRR 그래프




시험체 사진

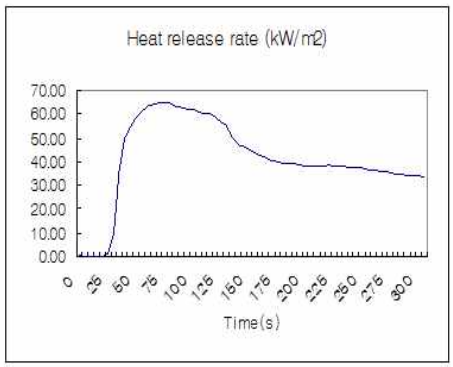
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|---|---|
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.2.10 9차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | 흑연 | AL2O3 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 100 | 20 | 20 | 15 | 15 | 20 | 15 | 10 | 10 |

| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 12.6 | - | 77.7 | 26.4 | - 40초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |

HRR 그래프

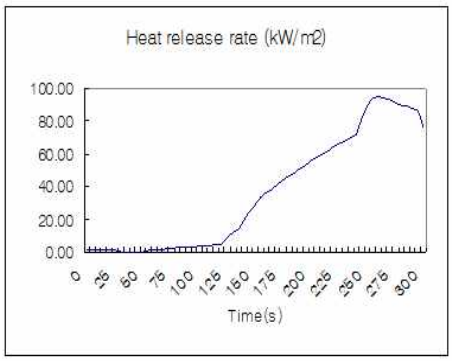



시험체 사진

| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|---|---|
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.2.11 10차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL2O3 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 100 | 20 | 20 | 15 | 10 | 17 | 13 | 15 |

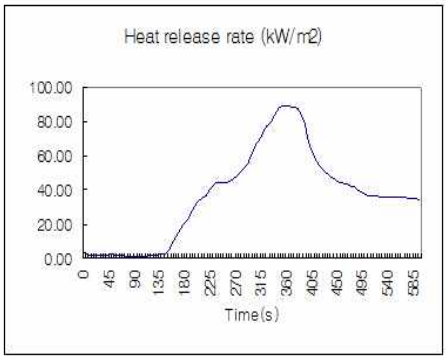
| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 11.0 | - | 61.3 | 17 | - 140초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |



| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.2.12 11차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL2O3 | APP | 견운모 | 산화지르코늄 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 100 | 20 | 20 | 15 | 15 | 20 | 10 | 10 |

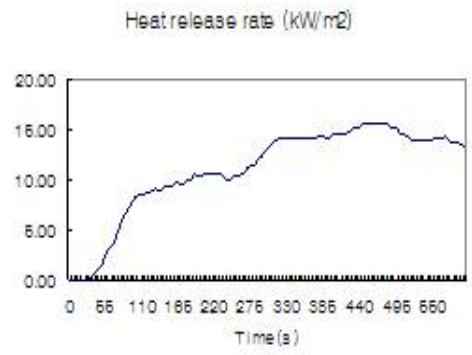
| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 5.9 | - | 63.0 | 32.0 | - 100초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |



| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.2.13 12차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | CP1 | CP2 | TCPP | 흑연 | 유약 | ADP | D900 | D950 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 95 | 5 | 10 | 15 | 15 | 15 | 20 | 15 | 5 | 5 |

| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 27 | - | 88.2 | 22.4 | - 40초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |



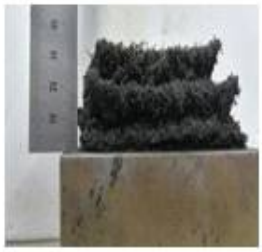
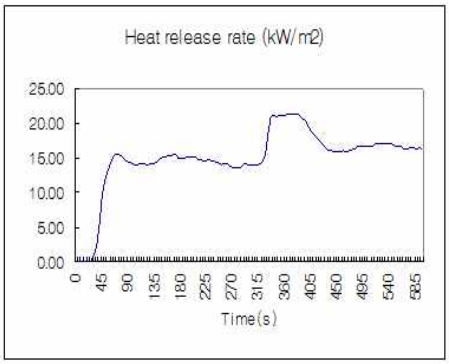
| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  | |

표 3.2.14 13차 개발소재 콘칼로리미터 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | CP1 | CP2 | TCPP | 흑연 | 유약 | ADP | D900 | D950 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | 95 | 5 | 10 | 15 | 15 | 15 | 20 | 15 | 10 | 10 |

| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 3.8 | - | 83.4 | 25.4 | - 60초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |



| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

나. 가스유해성 시험

초기 가스유해성 시험에서 기준값인 9분 이하의 성능을 나타냄으로써 부적합으로 확인되었으나, 소재 변경 이후 최종적으로 분의 성능을 나타냄으로써 성능기준에 부합하는 성능을 확보하였다.

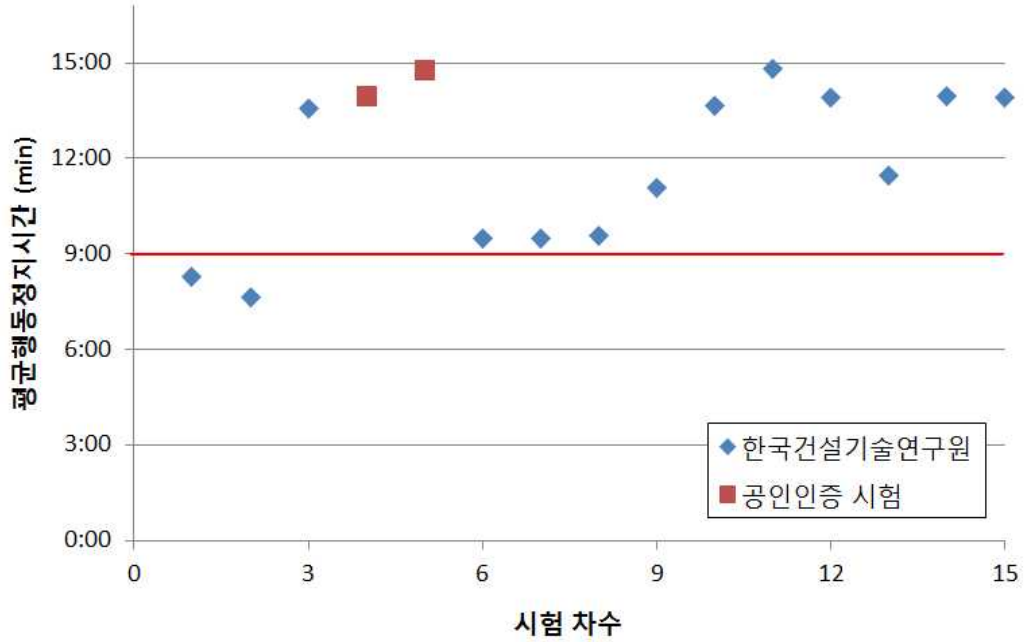



그림 3.2.8 개발 소재의 가스유해성 시험 결과 추이

표 3.2.15 1차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | 산화지르코늄 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 20 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 |

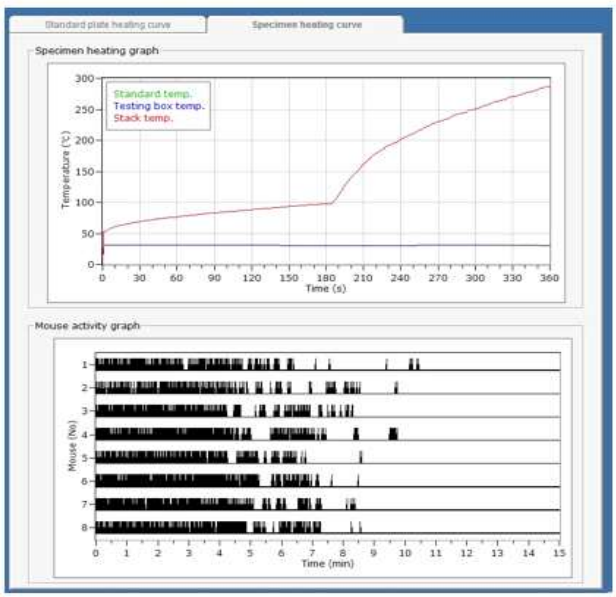
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 1 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 8분 16초 |

표 3.2.16 2차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | 산화지르코늄 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 100 | 15 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 |

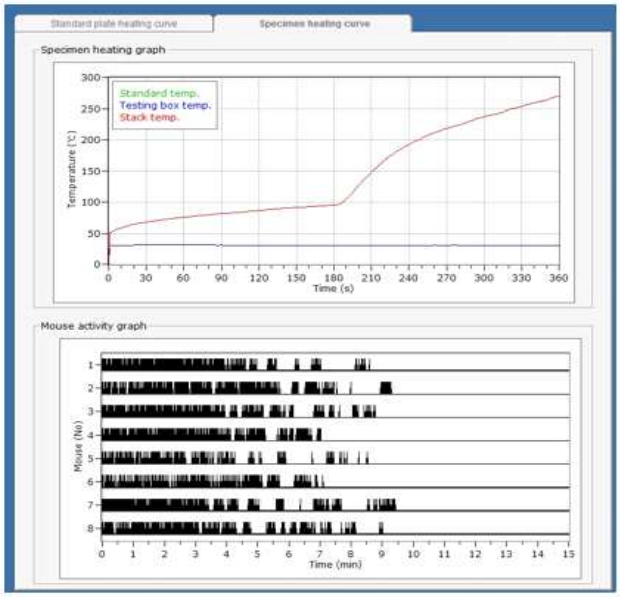
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 2 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 7분 37초 |

표 3.2.17 3차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | 산화지르코늄 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 100 | 10 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 |

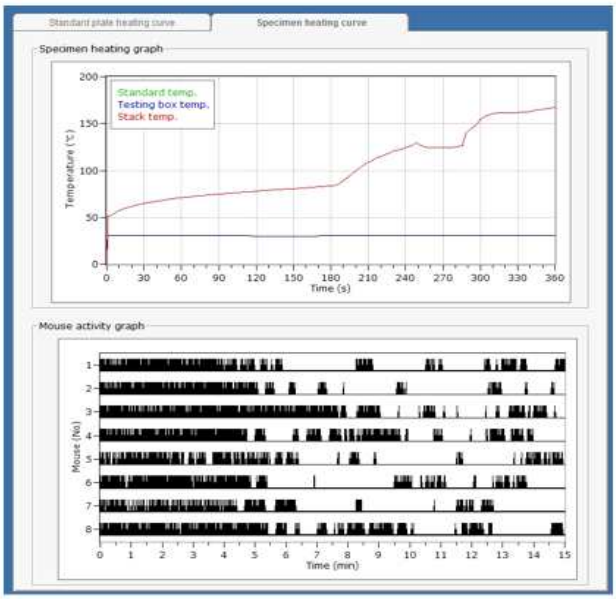
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 3 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 13분 35초 |

표 3.2.18 4차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 100 | 20 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 |

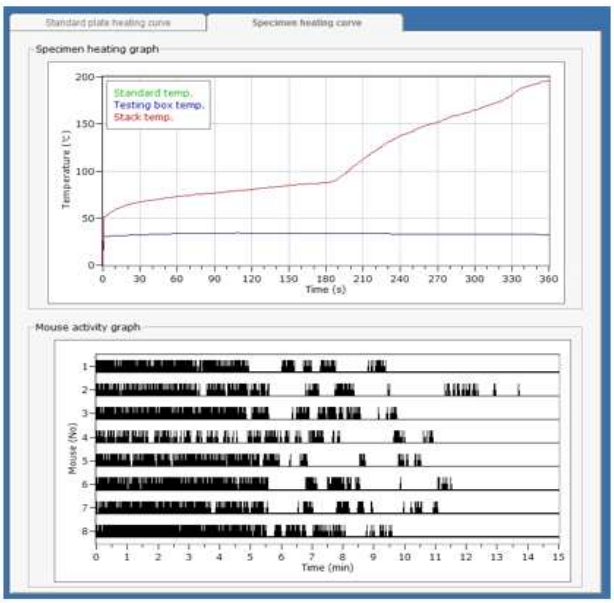
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 4 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 9분 29초 |

표 3.2.19 5차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 100 | 15 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 20 |

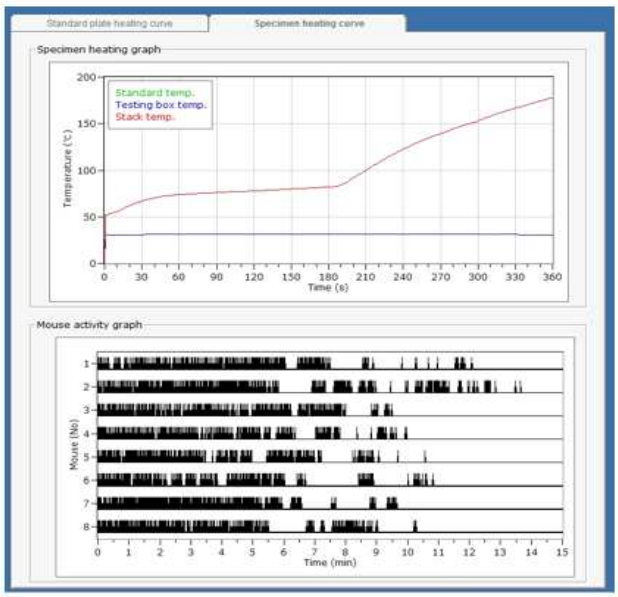
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 5 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 9분 30초 |

표 3.2.20 6차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 100 | 20 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 20 |

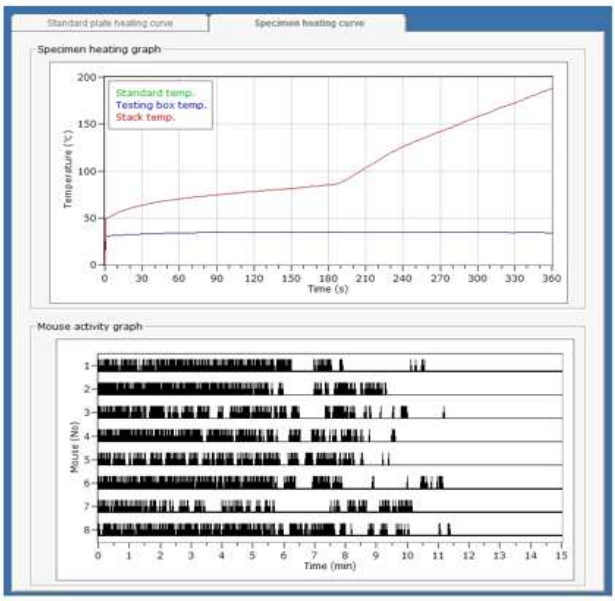
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 6 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 9분 34초 |

표 3.2.21 7차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 100 | 25 | 10 | 20 | 15 | 20 | 10 | 20 |

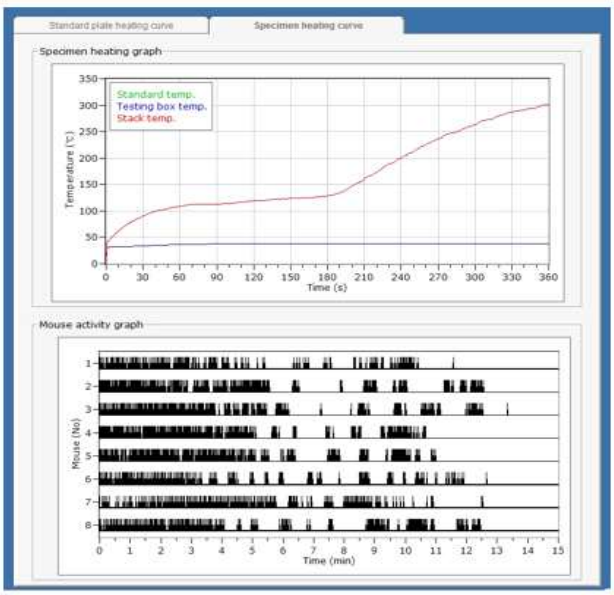
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 7 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 11분 04초 |

표 3.2.33 8차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(C) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 100 | 25 | 10 | 20 | 15 | 20 | 10 | 20 |

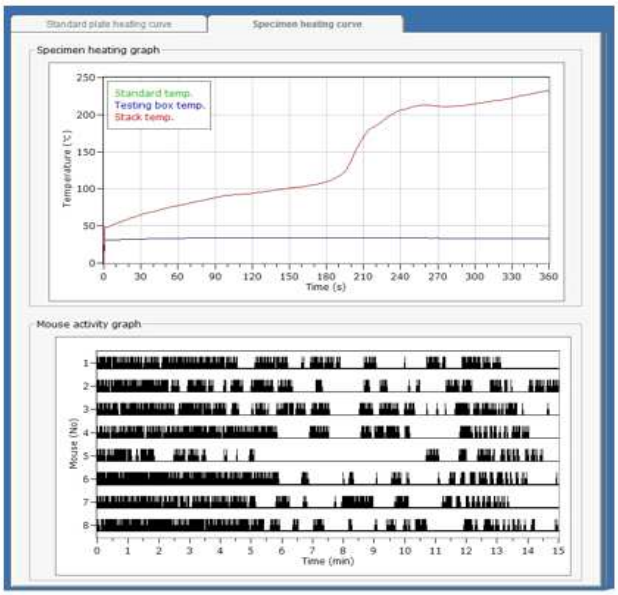
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 8 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 13분 38초 |

표 3.2.24 9차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | 흑연 | AL2O3 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 100 | 20 | 20 | 15 | 15 | 20 | 15 | 10 | 10 |

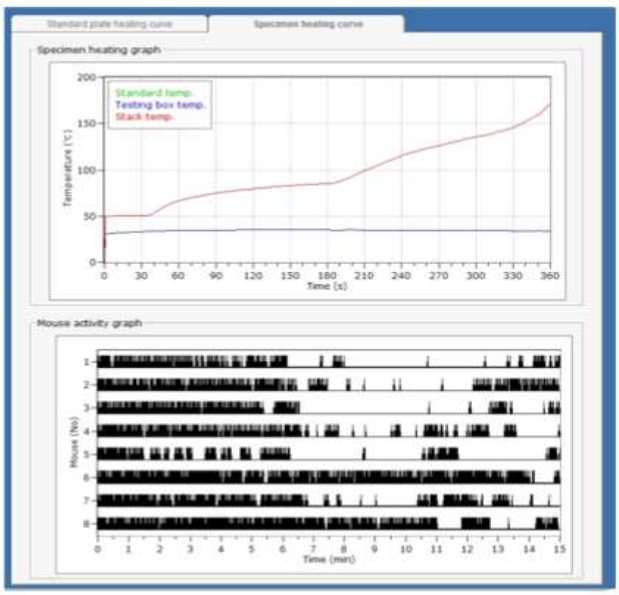
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 9 ( 경화제 30, 유약 15, AL2O3 25, APP(K) 15, M-100 20, X-1 15) |  | |
| | 평균행동정지시간 | 14분 50초 |

표 3.2.25 10차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL2O3 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 100 | 20 | 20 | 15 | 10 | 17 | 13 | 15 |

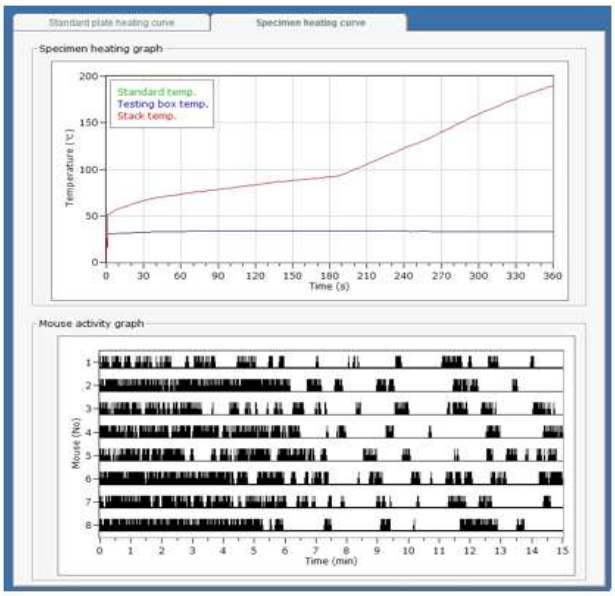
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 10 (팽창흑연 20, 유약 15, AL2O3 10, APP 17, 견운모 13, M-100 15) |  | |
| | 평균행동정지시간 | 13분 54초 |

표 3.2.26 11차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL2O3 | APP | 견운모 | 산화지르코늄 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 100 | 20 | 20 | 15 | 15 | 20 | 10 | 10 |

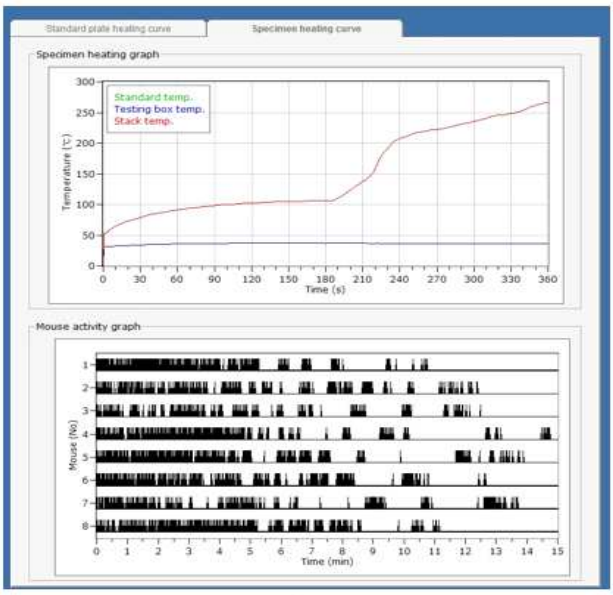
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 11 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 11분 27초 |

표 3.2.27 12차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | CP1 | CP2 | TCPP | 흑연 | 유약 | ADP | D900 | D950 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 95 | 5 | 10 | 15 | 15 | 15 | 20 | 15 | 5 | 5 |

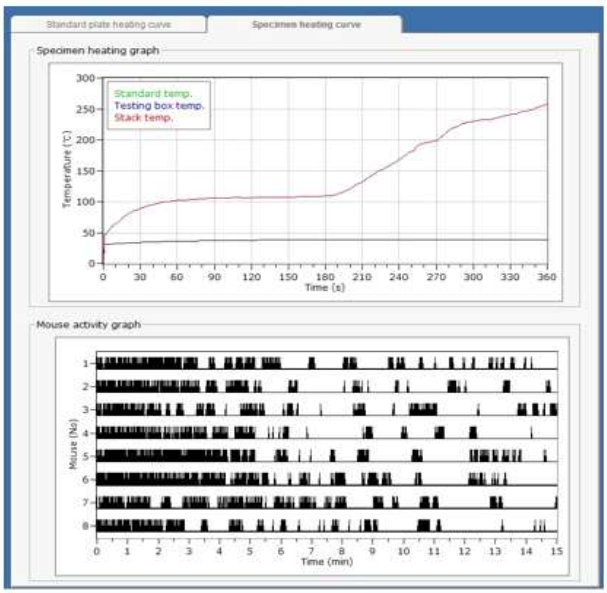
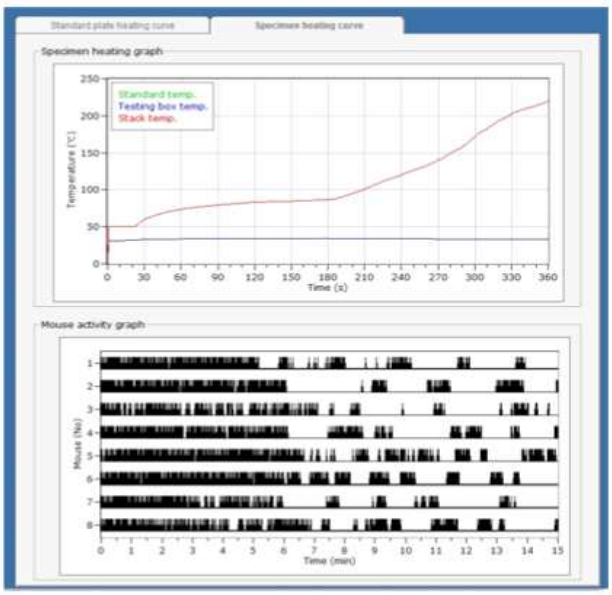
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 12 ( 폴리올 5, 경화제 5, CP1 10, CP2 15, TCPP 15, 흑연 15, 유약 20, ADP 15, D900 5, D950 5) |  | |
| | 평균행동정지시간 | 13분 57초 |

표 3.2.28 13차 개발소재 가스유해성 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | CP1 | CP2 | TCPP | 흑연 | 유약 | ADP | D900 | D950 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | 95 | 5 | 10 | 15 | 15 | 15 | 20 | 15 | 10 | 10 |

| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 13 ( 폴리올 5, 경화제 5, CP1 10, CP2 15, TCPP 15, 흑연 15, 유약 20, ADP 15, D900 10, D950 10) |  | |
| | 평균행동정지시간 | 13분 54초 |

다. 연기밀도 시험

초기 연기밀도 시험에서 기준값인 400 이상의 성능을 나타냄으로써 부적합으로 확인되었으나, 소재 변경 이후 최종적으로 의 성능을 나타냄으로써 성능기준에 부합하는 성능을 확보하였다.

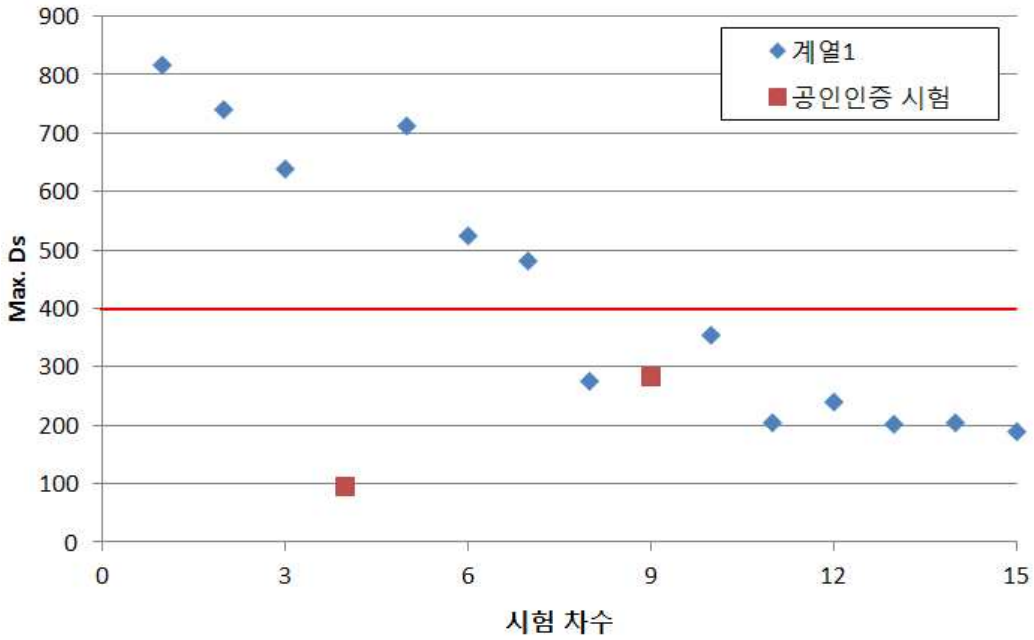



그림 3.2.9 개발 소재의 연기밀도 시험 결과 추이

표 3.2.29 1차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | 산화지르코늄 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 20 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 |

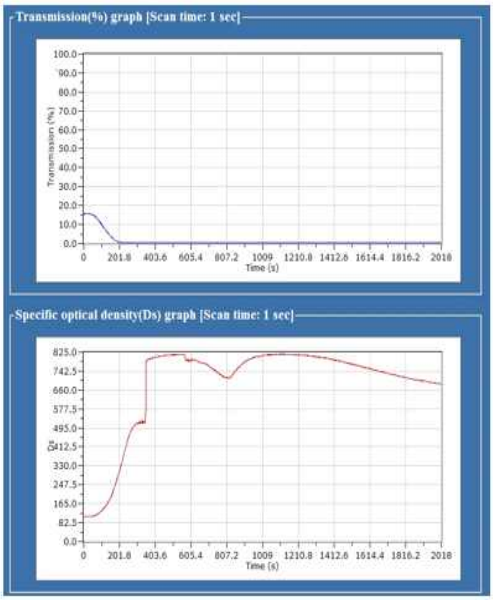
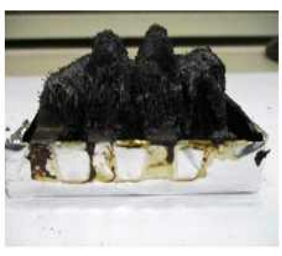
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| ASTM E 662 | | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| 시험체 1 |  |  |  |
| | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 815.6 / Duration (sec) 1118 | | |

표 3.2.30 2차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | 산화지르코늄 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 100 | 15 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 |

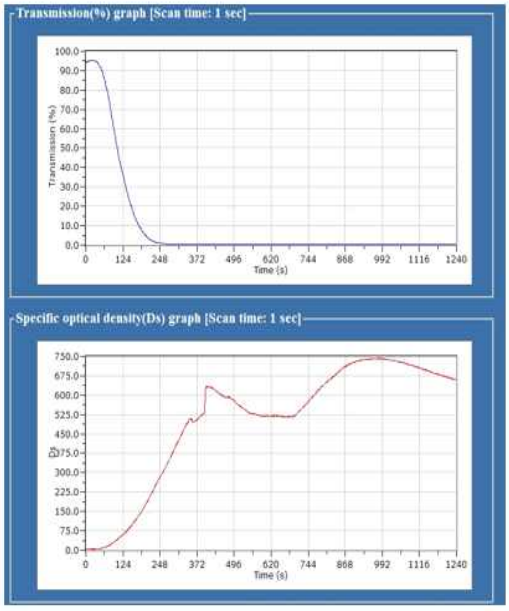
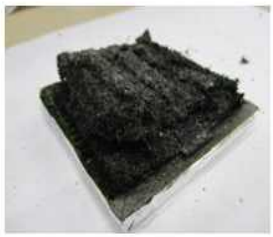
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| | | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| ASTM E 662 |  |  |  |
| 시험체 2 | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 741.5 / Duration (sec) 985 | | |

표 3.2.31 3차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | 산화지르코늄 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 100 | 10 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 |

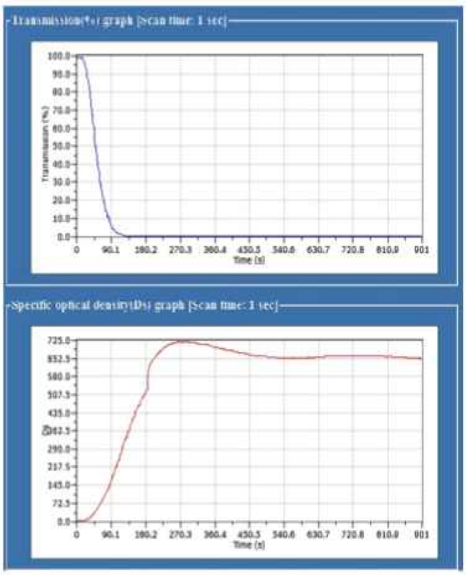
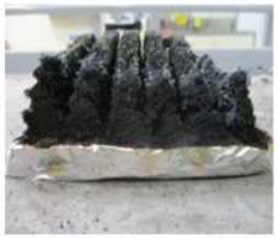
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| | | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| ASTM E 662 |  |  |  |
| 시험체 3 | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 637.7 / Max Time (sec) 1931 | | |

표 3.2.32 4차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 100 | 20 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 |

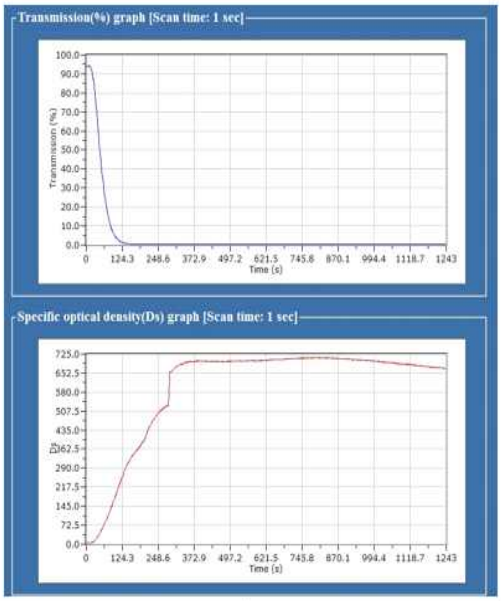
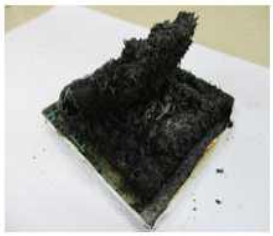
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| | | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| ASTM E 662 |  |  |  |
| 시험체 4 | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 711.5 / Duration (sec) 807 | | |

표 3.2.33 5차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 100 | 15 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 20 |

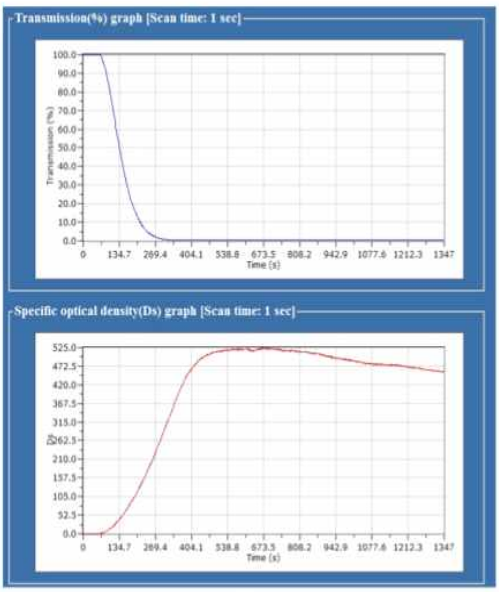
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| | | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| ASTM E 662 |  |  |  |
| 시험체 5 | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 524.5 / Duration (sec) 678 | | |

표 3.2.34 6차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 100 | 20 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 20 |

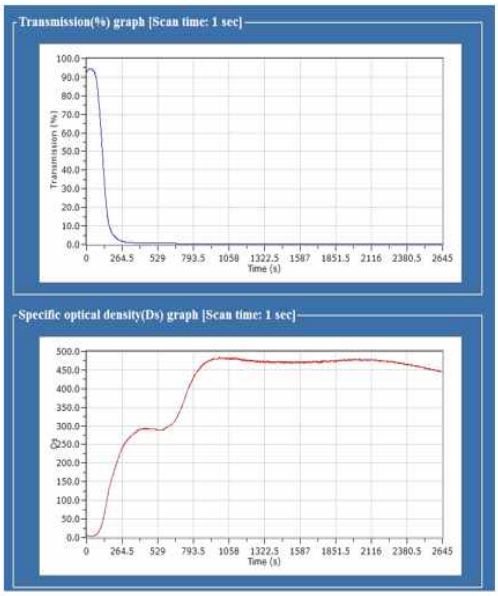
| 시료명 | 결과 | | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|---|
| ASTM E 662 |  | | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| 시험체 6 | | |  |  |
| | | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | | |  |  |
| | Max Ds 482.5 | Duration (sec) 992 | | |

표 3.2.35 7차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 100 | 25 | 10 | 20 | 15 | 20 | 10 | 20 |

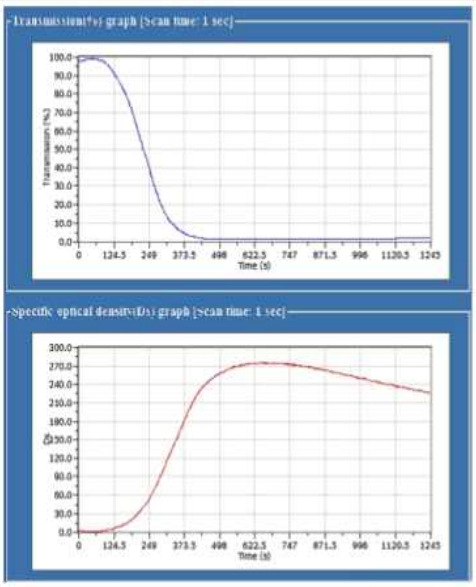
| 시료명 | 결과 | | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|---|
| ASTM E 662 |  | | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| 시험체 7 (경화제 25, 팽창흑연 10, APP(K) 20, 견운모 10, M-100 20) | | |  |  |
| | | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | | |  |  |
| | Max Ds 275.4 | Duration (sec) 664 | | |

표 3.2.36 8차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(C) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 100 | 25 | 10 | 20 | 15 | 20 | 10 | 20 |

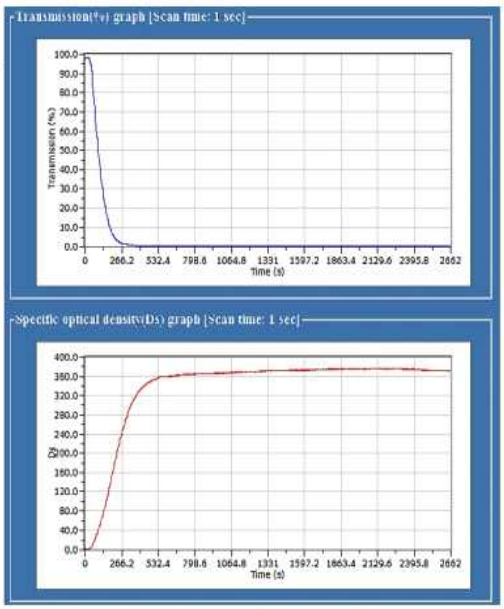
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| ASTM E 662 |  | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| 시험체 8 (경화제 25, 팽창흑연 10, APP(C) 20, M-100 20) | |  |  |
| | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 354.2 / Max Time (sec) 1732 | | |

표 3.2.37 9차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | 흑연 | AL2O3 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 100 | 20 | 20 | 15 | 15 | 20 | 15 | 10 | 10 |

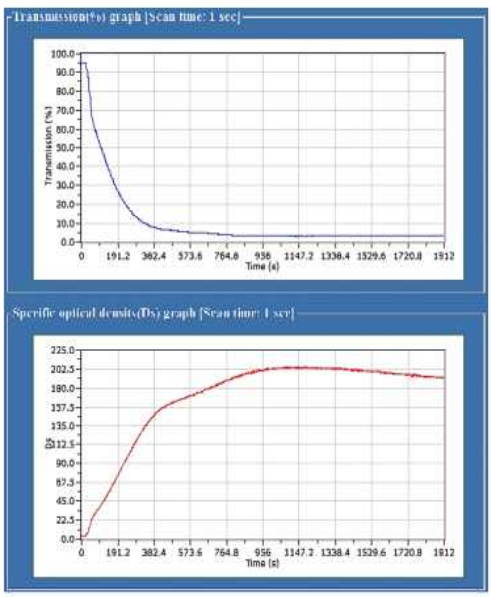
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| ASTM E 662 |  | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| 시험체 9 ( 경화제 30, 유약 15, AL2O3 25, APP(K) 15, M-100 20, X-1 15) | |  |  |
| | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 205.1 / Duration (sec) 1181 | | |

표 3.2.38 10차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL2O3 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 100 | 20 | 20 | 15 | 10 | 17 | 13 | 15 |

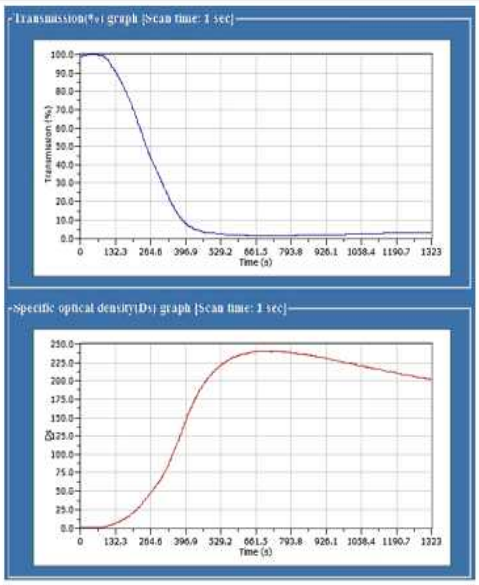
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| ASTM E 662 |  | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| 시험체 10 (팽창흑연 20, 유약 15, AL2O3 10, APP 17, 견운모 13, M-100 15) | |  |  |
| | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 240.2 / Duration (sec) 726 | | |

표 3.2.39 11차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL2O3 | APP | 견운모 | 산화지르코늄 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 100 | 20 | 20 | 15 | 15 | 20 | 10 | 10 |

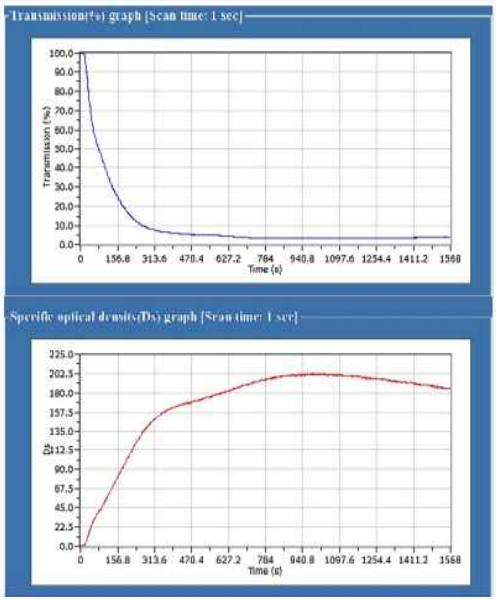
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| ASTM E 662 |  | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| 시험체 11 ( 경화제 20, 팽창흑연 20, 유약 15) | |  |  |
| | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 202.5 / Duration (sec) 988 | | |

표 3.2.40 12차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | CP1 | CP2 | TCPP | 흑연 | 유약 | ADP | D900 | D950 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 95 | 5 | 10 | 15 | 15 | 15 | 20 | 15 | 5 | 5 |

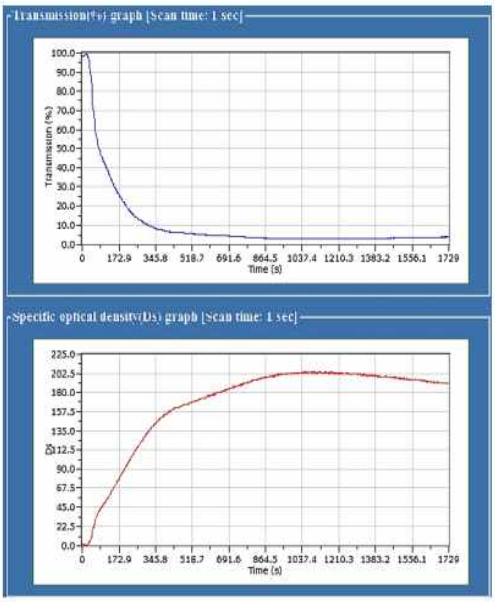
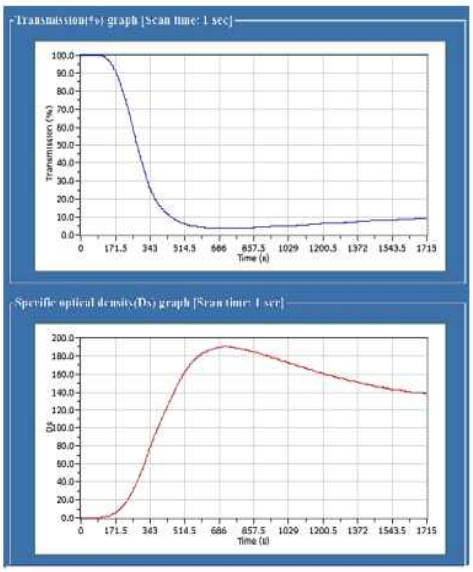
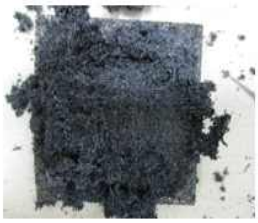
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| ASTM E 662 |  | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| 시험체 12 ( 폴리올 5, 경화제 5, CP1 10, CP2 15, TCPP 15, 흑연 15, 유약 20, ADP 15, D900 5, D950 5) | |  |  |
| | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 204.1 / Duration (sec) 1092 | | |

표 3.2.41 13차 개발소재 연기밀도 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | CP1 | CP2 | TCPP | 흑연 | 유약 | ADP | D900 | D950 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | 95 | 5 | 10 | 15 | 15 | 15 | 20 | 15 | 10 | 10 |

| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| ASTM E 662 |  | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| 시험체 13 ( 폴리올 5, 경화제 5, CP1 10, CP2 15, TCPP 15, 흑연 15, 유약 20, ADP 15, D900 10, D950 10) | |  |  |
| | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 190.1 / Duration (sec) 708 | | |

라. 산소지수 시험

초기 산소지수 시험에서 기준값인 40 이상의 성능을 확보하였으나, 가스유해성 시험 및 연기밀도 시험의 성능 부적합으로 소재의 변경이 이루어졌으며, 소재 변경 이후 최종적으로 분의 성능을 나타냄으로써 성능기준에 부합하는 성능을 확보하였다.

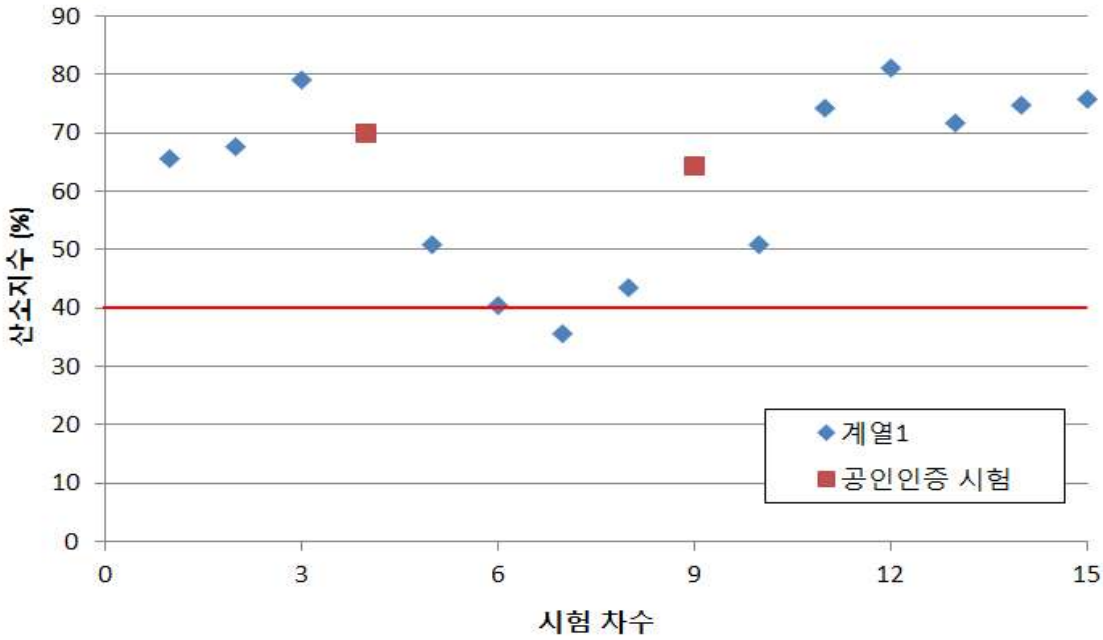



그림 3.2.10 개발 소재의 산소지수 시험 결과 추이

표 3.2.42 1차 개발소재 산소지수 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | 산화지르코늄 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 20 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 |

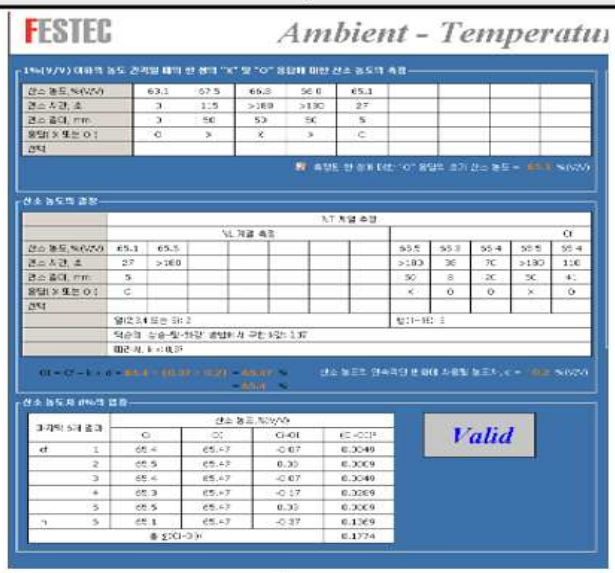
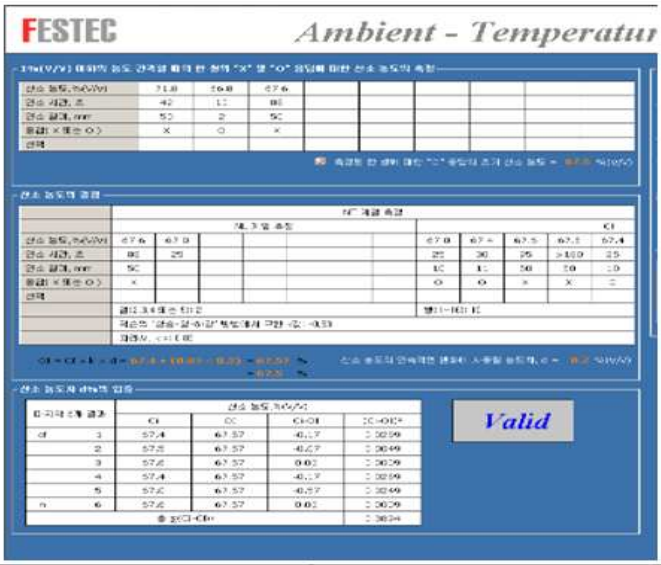
| 시험체 | |
|---|---|
| 시료 1 ( 경화제 20 ) | |
| 결 과 | |
|  | |
| 산소 지수(%) | 65.4 |

표 3.2.43 2차 개발소재 산소지수 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | 산화지르코늄 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 100 | 15 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 |

| 시험체 |
|---|
| 시료 2 ( 경화제 15 ) |
| 결 과 |

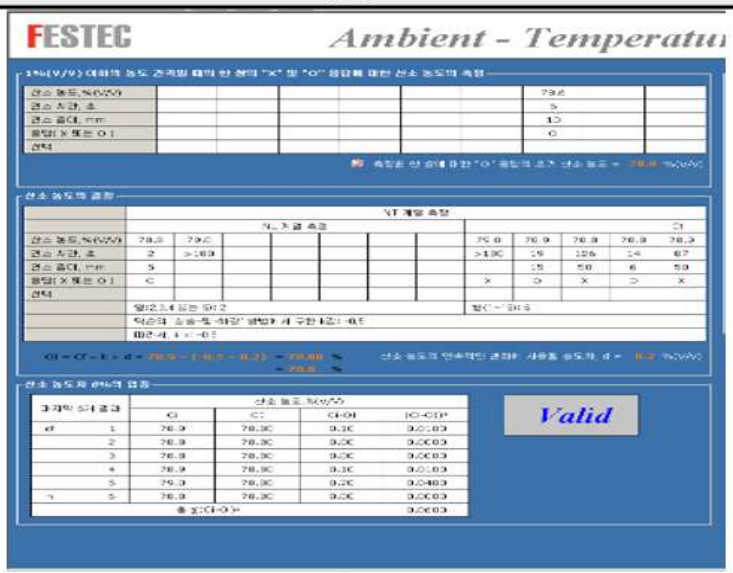



| 산소 지수(%) | 67.5 |
|---|---|

표 3.2.44 3차 개발소재 산소지수 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | 산화지르코늄 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 100 | 10 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 |

| 시험체 |
|---|
| 시료 3 ( 경화제 10 ) |
| 결 과 |




| 산소 지수(%) | 78.8 |
|---|---|

표 3.2.45 4차 개발소재 산소지수 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 100 | 20 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 |

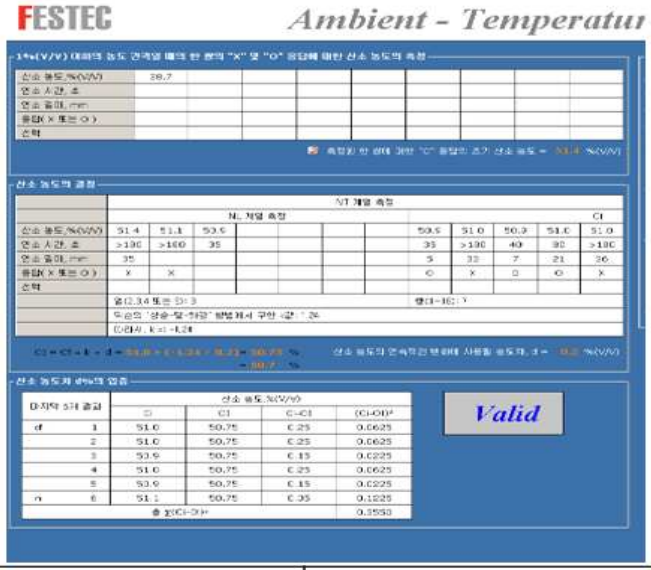
| 시험체 |
|---|
| 시료 4 ( APP(K) 20, M-100 10) |
| 결 과 |
|  |
| 산소 지수(%) 50.7 |



표 3.2.46 5차 개발소재 산소지수 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 100 | 15 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 20 |

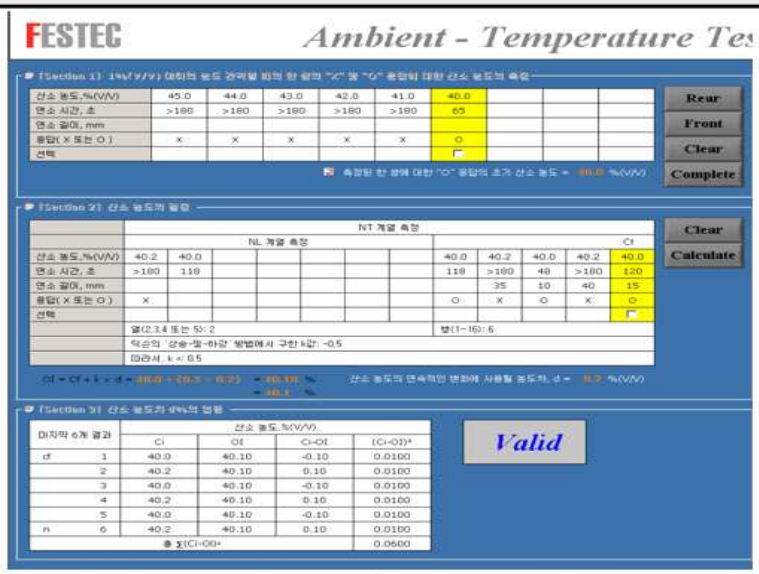
| 시험체 |
|---|
| 시료 5 ( 경화제 15, APP(K) 20, M-100 20) |
| 결 과 |
|  |
| 산소 지수(%) 40.1 |

표 3.2.47 6차 개발소재 산소지수 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 100 | 20 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 20 |

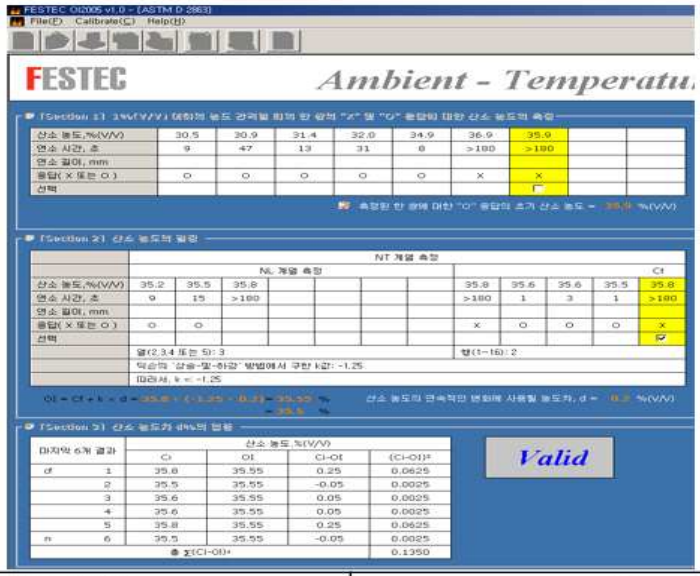
| 시험체 | |
|---|---|
| 시료6 (APP(K) 20, M-100 20) | |
| 결 과 | |
|  | |
| 산소 지수(%) | 35.5 |



표 3.2.48 7차 개발소재 산소지수 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 100 | 25 | 10 | 20 | 15 | 20 | 10 | 20 |

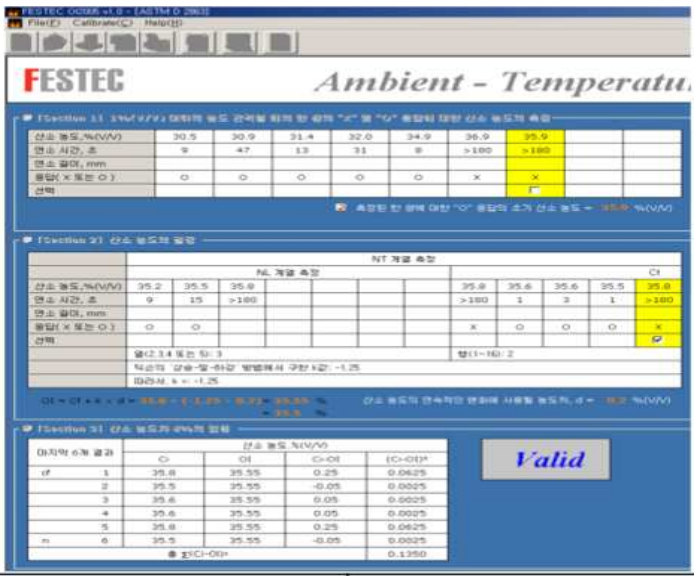
| 시험체 | |
|---|---|
| 시료7 (경화제 25, 팽창흑연 10, APP(K) 20, M-100 20) | |
| 결 과 | |
|  | |
| 산소 지수(%) | 35.5 |

표 3.2.49 8차 개발소재 산소지수 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(C) | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 100 | 25 | 10 | 20 | 15 | 20 | 10 | 20 |

| 시험체 |
|---|
| 시료8 (경화제 25, 팽창흑연 10, APP(C) 20, M-100 20) |
| 결 과 |

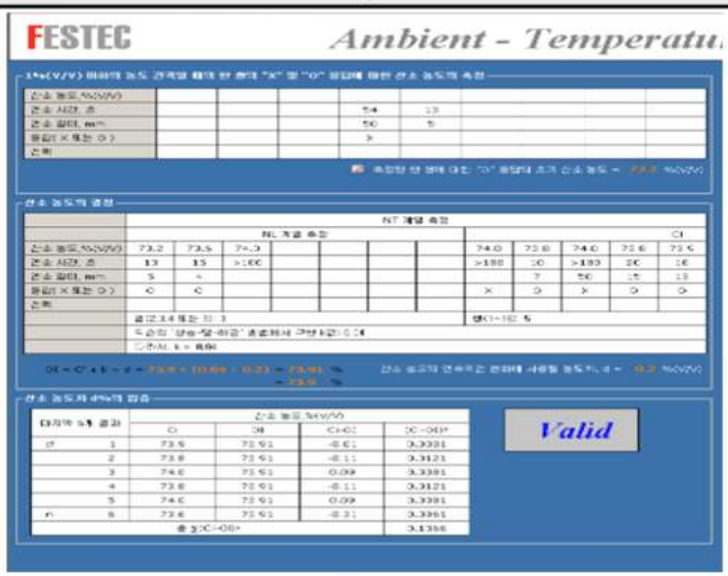



| 산소 지수(%) | 42.7 |
|---|---|

표 3.2.50 9차 개발소재 산소지수 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | 흑연 | AL2O3 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 100 | 20 | 20 | 15 | 15 | 20 | 15 | 10 | 10 |

| 시험체 |
|---|
| 시료 9 (팽창흑연 20, 유약 15, AL2O3 20, APP 15, M-100 10 ) |
| 결 과 |

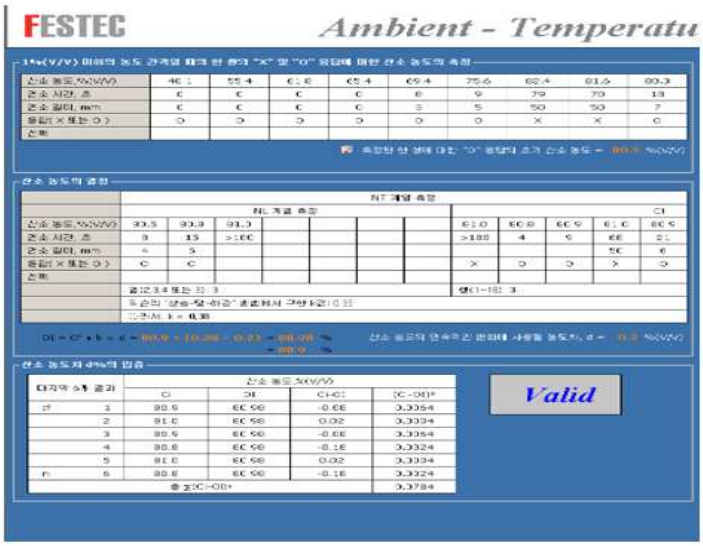



| 산소 지수(%) | 73.9 |
|---|---|

표 3.2.51 10차 개발소재 산소지수 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL2O3 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 100 | 20 | 20 | 15 | 10 | 17 | 13 | 15 |

| 시험체 |
|---|
| 시료 10 (팽창흑연 20, 유약 15, AL2O3 10, APP 17, 견운모 13, M-100 15) |
| 결 과 |

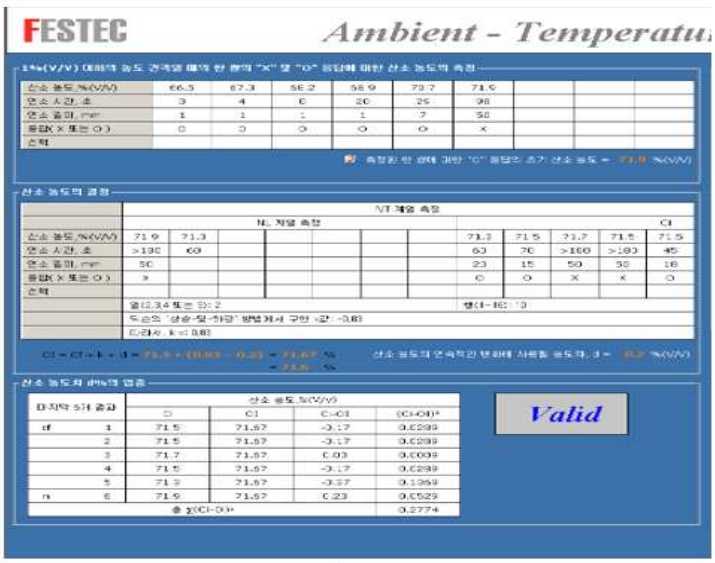



| 산소 지수(%) | 80.9 |
|---|---|

표 3.2.52 11차 개발소재 산소지수 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL2O3 | APP | 견운모 | 산화지르코늄 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 100 | 20 | 20 | 15 | 15 | 20 | 10 | 10 |

| 시험체 |
|---|
| 시료 11 ( 경화제 20, 팽창흑연 20, 유약 15) |
| 결 과 |

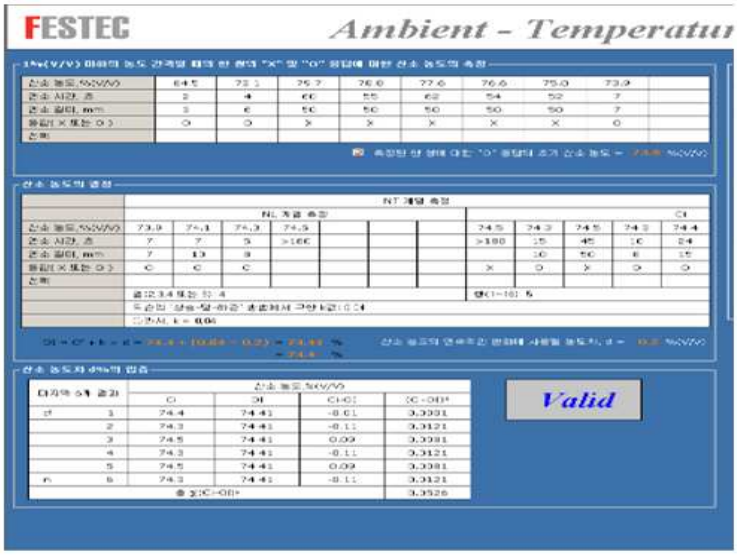



| 산소 지수(%) | 71.6 |
|---|---|

표 3.2.53 12차 개발소재 산소지수 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | CP1 | CP2 | TCPP | 흑연 | 유약 | ADP | D900 | D950 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 95 | 5 | 10 | 15 | 15 | 15 | 20 | 15 | 5 | 5 |

| 시험체 |
|---|
| 시료 12 ( 폴리올 5, 경화제 5, CP1 10, CP2 15, TCPP 15, 흑연 15, 유약 20, ADP 15, D900 5, D950 5) |
| 결 과 |

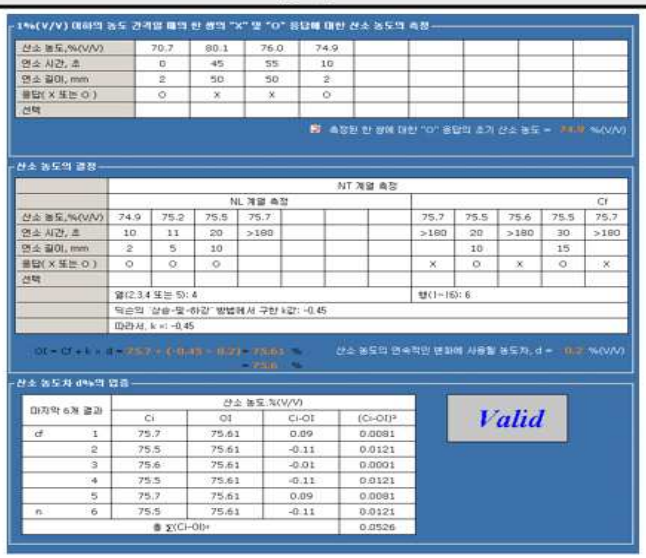



| 산소 지수(%) | 74.4 |
|---|---|

표 3.2.54 13차 개발소재 산소지수 성능실험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | CP1 | CP2 | TCPP | 흑연 | 유약 | ADP | D900 | D950 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | 95 | 5 | 10 | 15 | 15 | 15 | 20 | 15 | 10 | 10 |

| 시험체 |
|---|
| 시료 13 ( 폴리올 5, 경화제 5, CP1 10, CP2 15, TCPP 15, 흑연 15, 유약 20, ADP 15, D900 10, D950 10) |
| 결 과 |




| 산소 지수(%) | 75.6 |
|---|---|

## 2. 돌기형 및 평판형 구조의 성능비교

본 과제에서 제시하는 팽창리브를 갖는 내화구조체와 돌출된 부분 없이 전체가 평면으로 이루어진 종래의 평판형 내화구조체를 동일한 두께를 설치하였을 때, 돌기형 구조를 가지는 내화구조체는 외측으로 돌출된 팽창리브에 화재에 의한 열이 먼저 도달하여 팽창하게 되므로 화재를 피보호물로부터 먼 거리에서부터 차단시키고, 또한 동일한 두께의 내화구조체와 비교하여 팽창리브가 내화커버의 외면에서 먼저 열 팽창하게 되므로 돌출된 부분 없이 전체가 평면으로 이루어진 종래의 평판형 내화구조체 보다 수배 ~ 수십배의 차열 두께를 확보할 수 있는 효과가 있다.

### 2.1 실험방법

돌기형 구조의 효과를 실험적으로 규명하기 위해 콘칼로리미터의 콘히터를 사용한 이면온도 측정 실험을 수행하였다. 이외 실험 조건은 콘칼로리미터의 시험 조건과 동일하게 적용하였으며, 시료 가열부의 이면(반대편)에 열전대를 설치하여 이면온도를 측정하였다. 실험 대상 물질은 동일한 소재를 사용하고 동일 무게로 제작된 돌기형 구조의 시료와 평판형 구조의 시료로 적용하였으며, 실험을 통해 이면온도 증감수준을 측정하고 비교함으로써 돌기형 구조의 차열성능을 분석하였다.

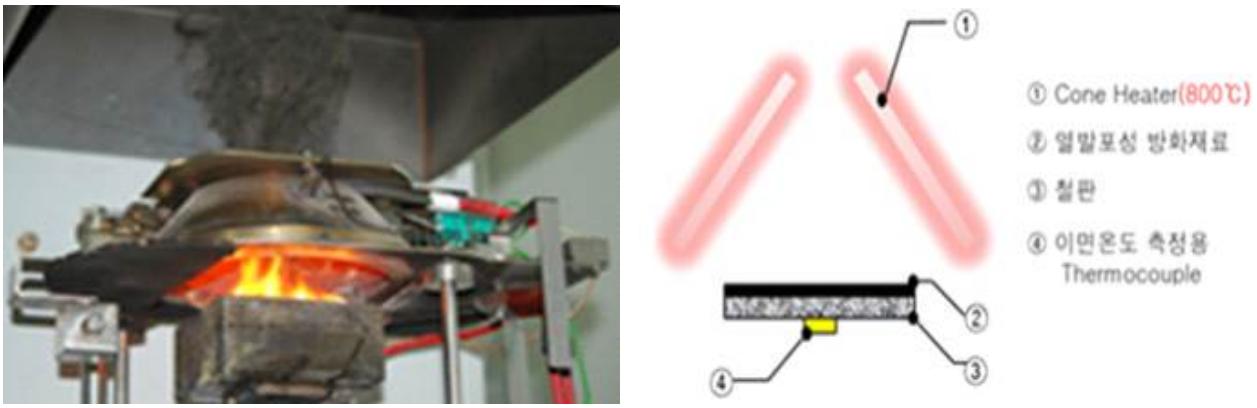
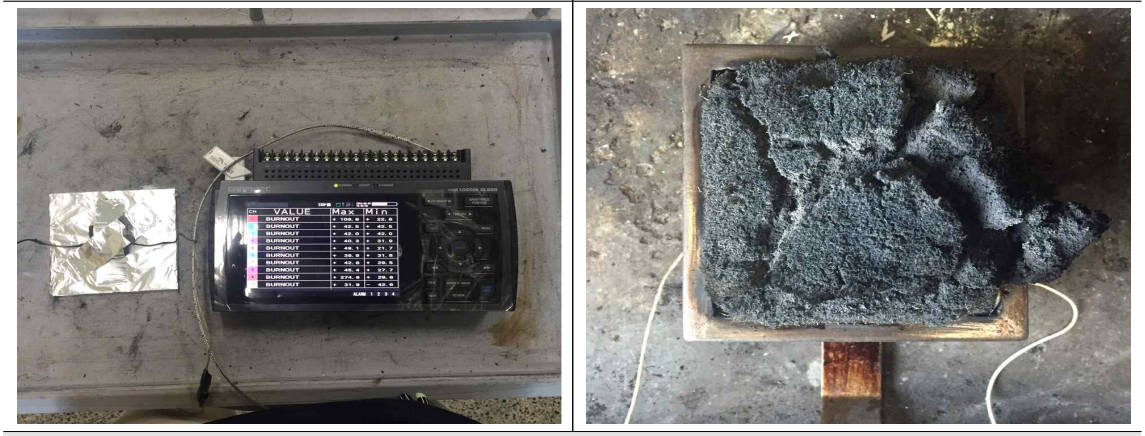



그림 3.2.11 이면온도 측정 실험 조건

### 2.2 실험 결과

평판형 구조의 실험결과, 가열에 따른 소재의 팽창과정에서 표면의 균열이 발생함에 따라 지속적인 내부 소재 노출이 발생하였다. 이로 인해 내부 소재의 팽창이 진행되고 균열이 보다 크게 발생하였으며, 그로 인한 가열면적 증가 및 소재 내부 직접 가열일 발생하여 내부의 열의 축적 및 이면으로의 온도 전이가 발생하여 이면온도의 지속적인 상승이 발생함을 확인하였다.

표 3.2.55 평판형 구조의 이면온도 측정 실험 결과

| 구분 | A |
|---|---|
| |  |
| 온도 데이터 | |
|  | |



돌기형 구조의 실험결과, 가열에 따른 소재의 팽창과정에서 돌기 형태의 특성상 균열이 발생하지 않고 차화 차열 층을 형성함에 따라 이면으로의 열 전달율이 낮아짐에 따라, 평판형 구조의 최고 이면온도 대비 약 175℃ 이상의 차이를 나타냄을 확인함으로써 돌기형 구조의 차화 차열 특성을 확인하였다.

표 3.2.56 돌기형 구조의 이면온도 측정 실험 결과

| 구분 | A |
|---|---|
| |  |
| 온도 데이터 | |
|  | |



## 3. 실물화재 실험

### 3.1 실험방법

개발 소재에 대한 실물화재 실험을 위해 가연물로써 유류 및 목재 크립을 사용한 화재 모사 실험을 수행하였다. 실험은 동일 목적으로 제작된 타사 제품과, 본 연구의 개발 소재를 적용한 난연 및 비난연 케이블을 대상으로 수행하였다.




| No. | 실험체 조건 |
|---|---|
| 1 | 타사 저압 접속점 방수 충진재 |
| 2 | 난연튜브(2선 동시 취부용, t=10mm) + 난연 케이블 400SQ |
| 3 | 난연튜브(3선 동시 취부용, t=5mm) + 비난연 케이블 325SQ |

그림 3.2.12 실물화재 실험 조건

3.2 실험 결과

실험결과, 타사의 제품을 적용한 케이블에서는 충진재 및 케이블 탄화로 내화기능 상실이 발생하였으며, 난연케이블에 개발 소재를 적용한 경우 실험 후에도 케이블의 온본 형상을 유지하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 비난연 케이블에 개발 소재를 적용한 경우에도 케이블을 형상이 유지됨에 따라 본 연구에서 개발한 소재의 차화 차열 성능을 확인하였다.




그림 3.2.13 실물화재 실험 결과

## 3절. 경제성 확보를 위한 소재 개량

선행된 소재개발 연구를 통해 기 확보된 성능을 유지하면서 경제성을 확보하기 위해 소재 성분 및 성분비 일부를 개량하였으며, 개량 후 기 개발된 소재의 가격 대비 약 12.7%의 단가를 절감하였고, 최종적으로 모든 성능 시험에 적합한 소재 개발을 완료하였다.

표 3.3.1 경제성 확보를 위핸 개량 이후 성분비에 따른 성능시험 결과

| 순번 | 구성 재료 중량비 (wt%) | | | | | | | | | | | | 성능시험 결과 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | $AL_2O_3$ | APP | APP(K) | APP(M) | 견운모 | 산화지르코늄 | M-100 | X-1 | 콘칼로리미터 ($MJ/m^2$) | 가스 유해성 (min/s) | 연기 밀도 (-) | 산소 지수 (%) |
| 1 | 100 | 20 | 10 | 20 | 17 | 18 | | | | | 15 | 20 | 23.4 | 8:06 | 659.8 | 34.2 |
| 2 | 100 | 20 | 10 | 20 | 15 | 15 | | | | | 20 | 20 | 27.7 | 9:14 | 636.4 | 28.1 |
| 3 | 100 | 10 | 10 | 20 | 15 | 15 | | | 20 | | 20 | | 21.6 | 13:53 | 717.3 | 38.8 |
| 4 | 100 | 15 | 10 | 20 | 15 | 15 | | | 20 | 20 | | | 19.9 | 9:14 | 502.8 | 34.1 |
| 5 | 100 | 25 | 10 | 20 | 15 | 15 | | | 20 | 20 | | | 12.7 | 11:19 | 441.9 | 66.1 |
| 6 | 100 | 30 | 10 | 20 | 15 | 15 | | | 20 | 20 | | | 16 | 8:37 | 525.6 | 49.67 |
| 7 | 100 | 25 | 8 | 20 | 12 | | 20 | | | | 10 | 20 | 14.9 | 8:32 | 522.5 | 38.5 |
| 8 | 100 | 10 | 20 | 15 | 10 | | | 20 | | | 20 | 15 | 13.7 | 13:59 | 335 | 57.67 |
| 9 | 100 | 30 | 10 | 15 | 25 | | 15 | | | | 20 | 15 | 9.6 | 14:04 | 375.9 | 66.59 |
| 10 | 100 | 25 | 15 | 15 | 20 | | 20 | | | | 15 | 20 | 7.9 | 13:42 | 268.5 | 64.3 |
| 11 | 100 | 20 | 20 | 15 | 15 | | | 30 | | | 15 | 15 | 7.5 | 14:18 | 280.6 | 70.7 |
| 역할 | 주재 | 경화 | 난연 | 난연보강 | 난연 | 난연 | 난연 | 난연 | 난연보강 | 난연보강 | 융점강화 | 혼합난연 | | | | |

## 1. 경제성 확보를 위해 개량된 소재의 성능시험 결과

### 1.1 콘칼로리미터 시험

경제성 확보를 위한 소재 개량 후 초기 콘칼로리 시험에서 기준값인 8MJ/m2을 초과하는 결과을 나타냄으로써 부적합으로 확인되었으나, 지속적인 소재 변경 및 비율 개선을 통해 최종적으로 기준치 이하의 성능을 나타내었으며, 자체 실험을 통해 보다 확고한 성능을 나타냄을 확인함으로써 경제성을 확보하면서 성능기준에 부합하는 소재 개발을 완료하였다.

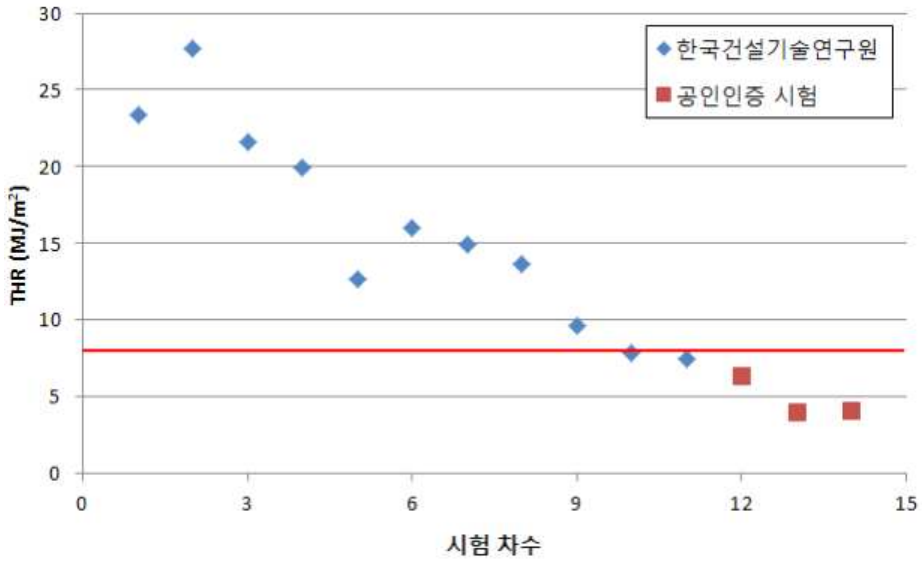
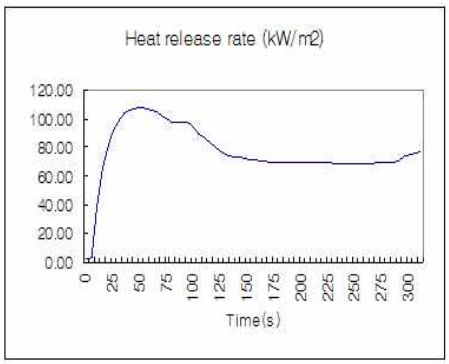



그림 3.3.1 경제성 확보 과정에서의 콘칼로리미터 시험 결과 추이

표 3.3.2 1차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 20 | 10 | 20 | 17 | 18 | 15 | 20 |

| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 23.4 | - | 51.4 | 16.3 | - 10초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |



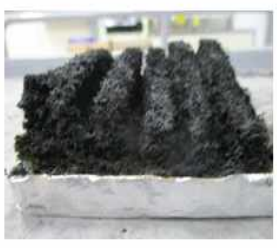
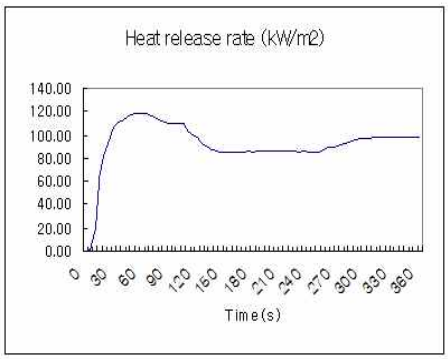
| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.3.3 2차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 100 | 20 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 27.7 | - | 36.0 | 21.5 | - 15초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |

HRR 그래프




시험체 사진

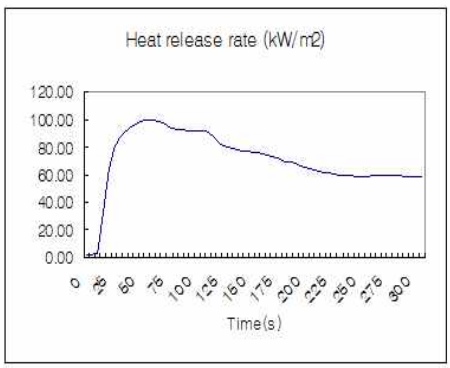
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|---|---|
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.3.4 3차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 100 | 10 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 21.6 | - | 56.3 | 16.3 | - 19초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |

HRR 그래프




시험체 사진

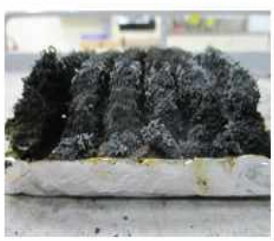
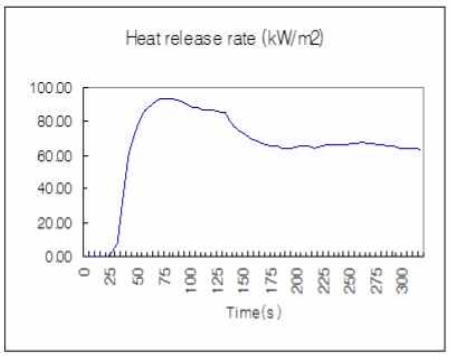
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|---|---|
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.3.5 4차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 100 | 15 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

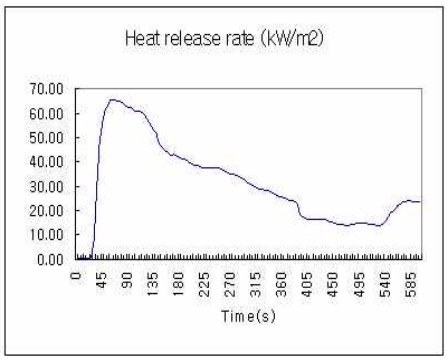
| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 19.9 | - | 64.0 | 15.5 | - 60초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |



| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.3.6 5차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 100 | 25 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

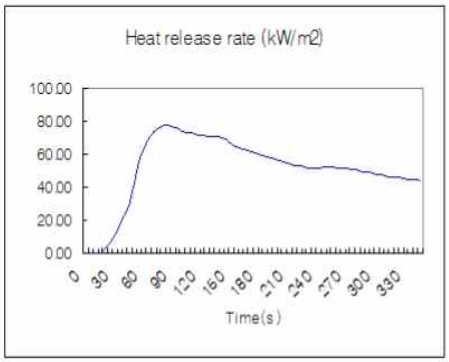
| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 12.7 | - | 80.2 | 28.6 | - 50초 화염 발생<br>- 180초 화염 소멸 |
| HRR 그래프 |  | | | | |



| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.3.7 6차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 100 | 30 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

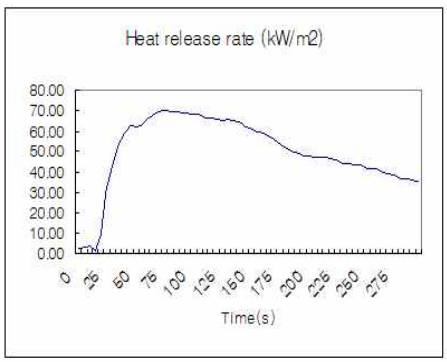
| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 16.0 | - | 74.5 | 14.4 | - 70초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |



| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.3.8 7차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 100 | 25 | 8 | 20 | 12 | 20 | 10 | 20 |

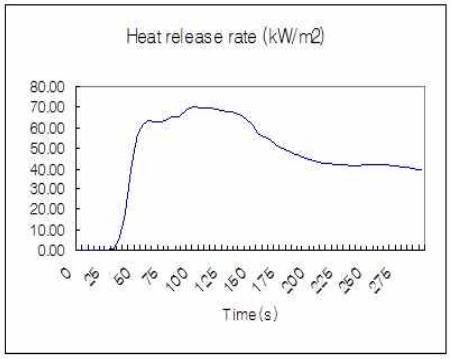
| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 14.9 | - | 97.7 | 13.9 | - 50초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |



| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.3.9 8차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(M) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 100 | 10 | 20 | 15 | 10 | 20 | 20 | 15 |

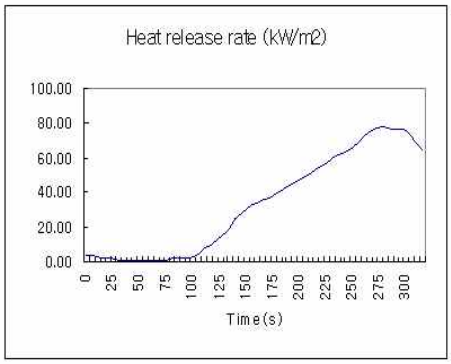
| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 13.7 | - | 101.5 | 13.7 | - 40초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |



| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.3.10 9차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 100 | 30 | 10 | 15 | 25 | 15 | 20 | 15 |

| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 9.6 | - | 61.4 | 16.3 | - 140초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |



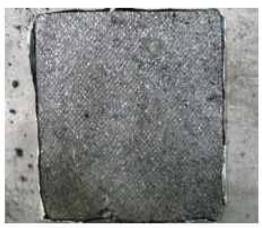
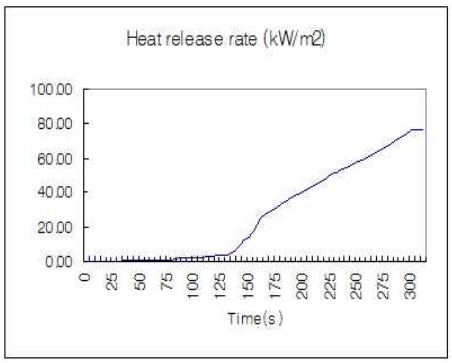
| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.3.11 10차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 100 | 25 | 15 | 15 | 20 | 20 | 15 | 20 |

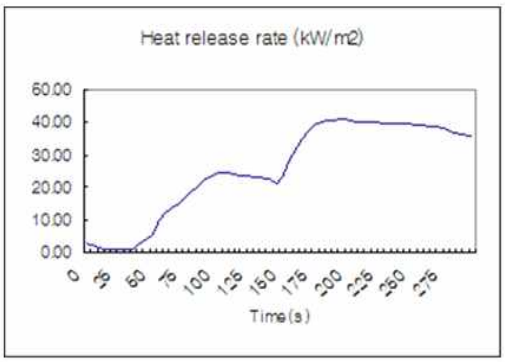
| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 7.9 | - | 65.4 | 17.1 | - 140초 화염 발생<br>- 종료 시 까지 화염 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |



| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

표 3.3.12 11차 경제성 확보를 위한 콘칼로미터 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(M) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 100 | 20 | 20 | 15 | 15 | 30 | 15 | 15 |

| 구분 | THR (MJ/m²) | | 시험 후 무게 (g) | 무게 감량 (g) | 시험 중 관찰사항 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 난연 | 준불연 | | | |
| 시험 결과 | 7.5 | - | 71.8 | 9.3 | - 155초경 화염발생 후 지속 |
| HRR 그래프 |  | | | | |



| 시험체 사진 | |
|---|---|
| 시험 전 | 시험 후 (상단) |
|  |  |
| 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
|  |  |

1.2 가스유해성 시험

경제성 확보를 위한 소재 개량 후 초기 가스유해성 시험에서 기준값인 9분 미만의 결과을 나타냄으로써 부적합으로 확인되었으나, 지속적인 소재 변경 및 비율 개선을 통해 최종적으로 기준치 이하의 성능을 나타냄으로써 경제성을 확보하면서 성능기준에 부합하는 소재 개발을 완료하였다.

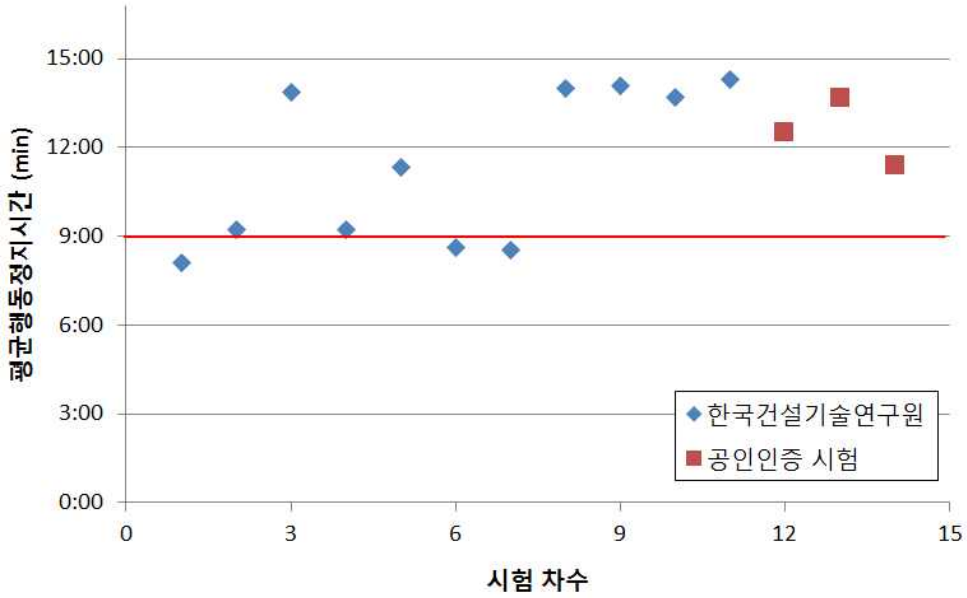



그림 3.3.2 경제성 확보 과정에서의 가스유해성 시험 결과 추이

표 3.3.13 1차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 20 | 10 | 20 | 17 | 18 | 15 | 20 |

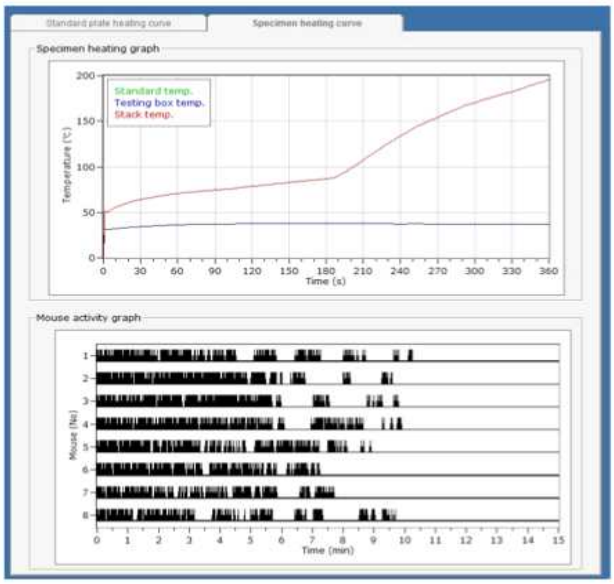
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 1 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 8분 06초 |

표 3.3.14 2차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 100 | 20 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

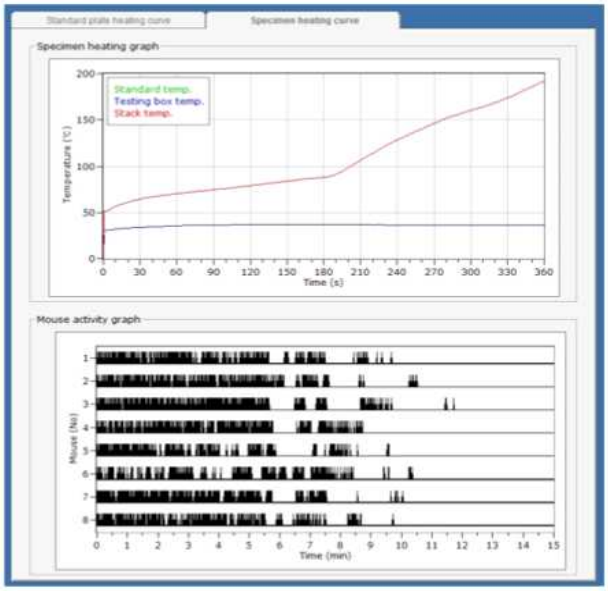
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 2 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 9분 14초 |

표 3.3.15 3차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 100 | 10 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

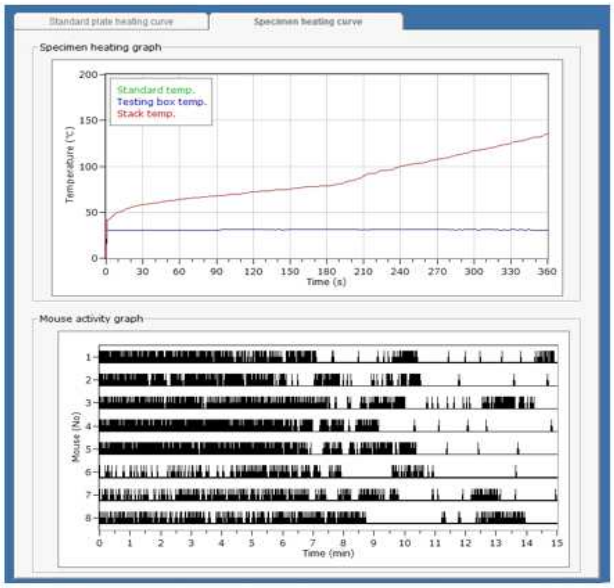
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 3 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 13분 53초 |

표 3.3.16 4차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 100 | 15 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

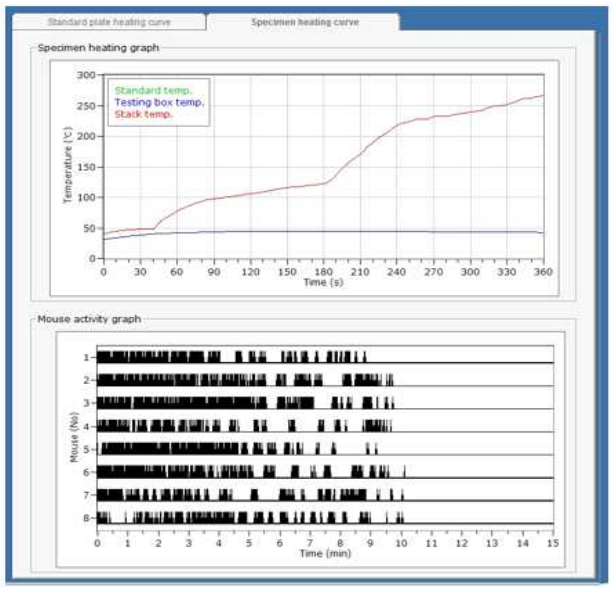
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 4 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 9분 14초 |

표 3.3.17 5차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 100 | 25 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

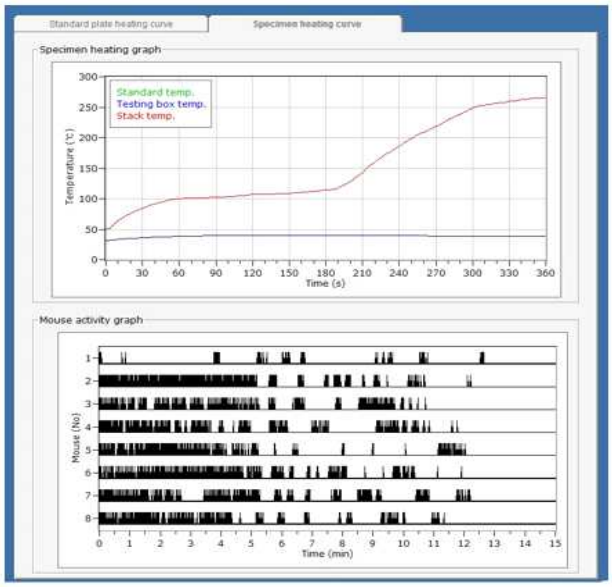
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 5 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 11분 19초 |

표 3.3.18 6차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 100 | 30 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

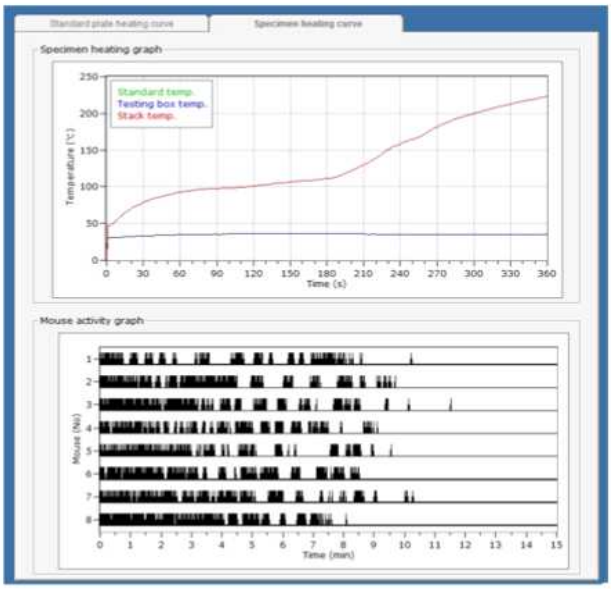
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 6 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 8분 37초 |

표 3.3.19 7차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 100 | 25 | 8 | 20 | 12 | 20 | 10 | 20 |

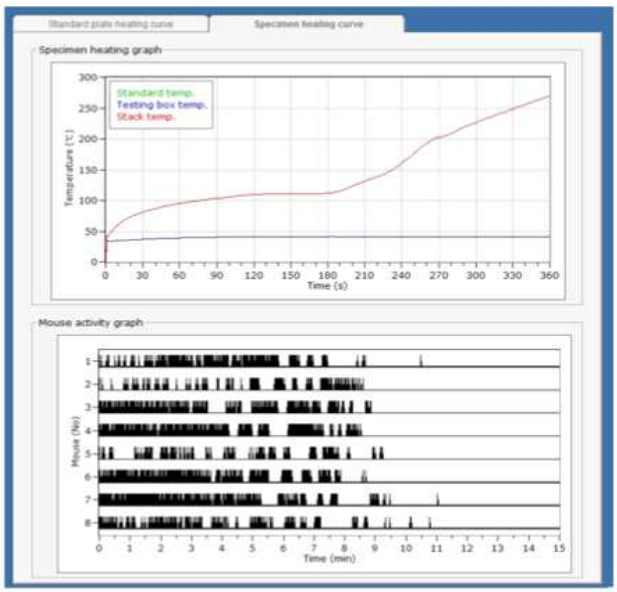
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 7 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 8분 32초 |

표 3.3.20 8차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(M) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 100 | 10 | 20 | 15 | 10 | 20 | 20 | 15 |

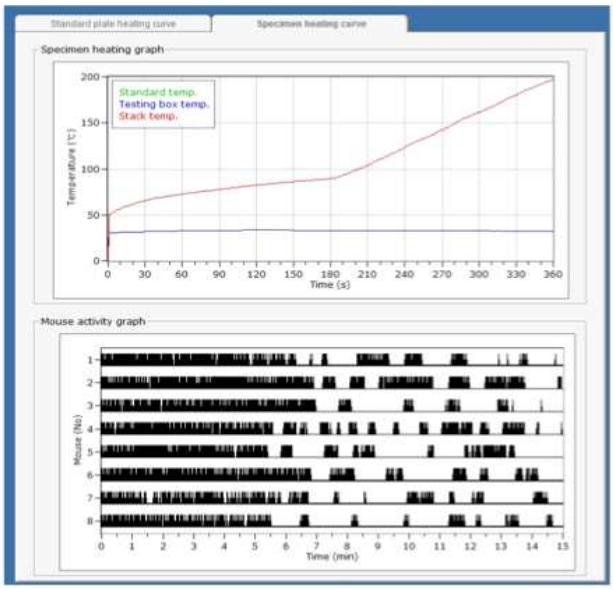
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 8 ( 경화제 10, 팽창흑연 20, 유약 15, AL2O3 10, APP(M) 15, M-100 20, X-1 15) |  | |
| | 평균행동정지시간 | 13분 59초 |

표 3.3.21 9차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 100 | 30 | 10 | 15 | 25 | 15 | 20 | 15 |

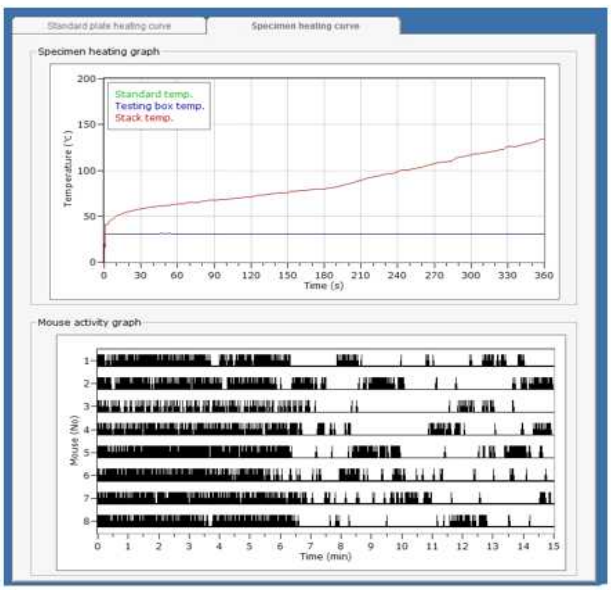
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 9 (팽창흑연 20, 유약 15, AL2O3 20, APP 15, M-100 10 ) |  | |
| | 평균행동정지시간 | 14분 04초 |

표 3.3.22 10차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 100 | 25 | 15 | 15 | 20 | 20 | 15 | 20 |

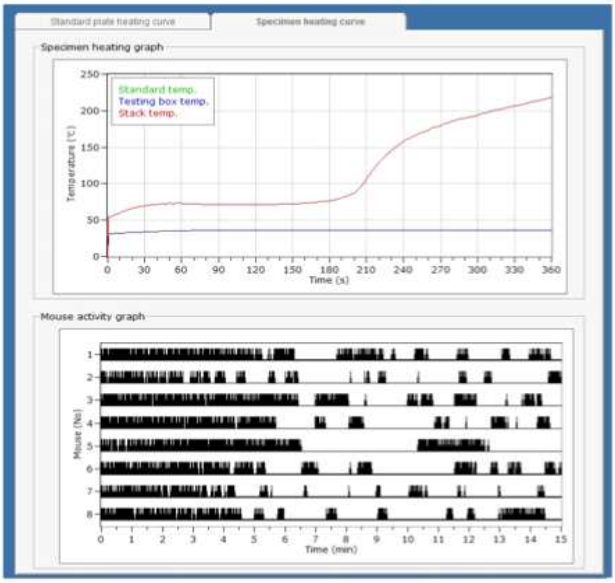
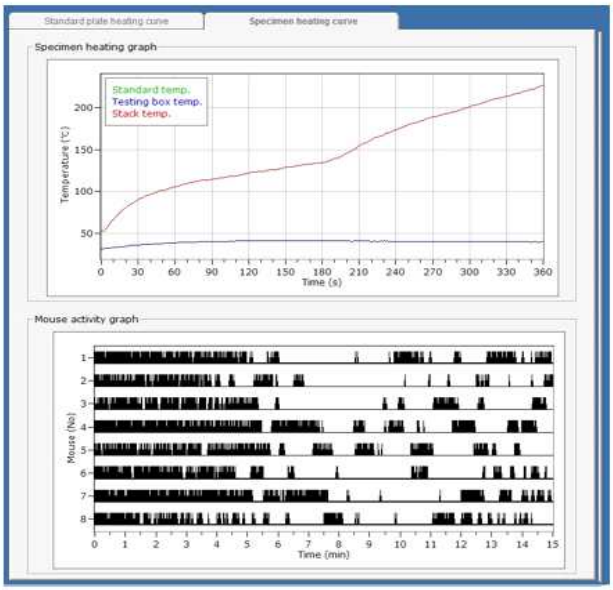
| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| 시험체 10 |  | |
| | 평균행동정지시간 | 13분 42초 |

표 3.3.23 11차 경제성 확보를 위한 가스유해성 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(M) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 100 | 20 | 20 | 15 | 15 | 30 | 15 | 15 |

| 시료명 | 결과 | |
|---|---|---|
| **시험체 11 ( 팽창흑연 20, 유약 15, AL2O3 15, APP(M) 30, X-1 15)** |  | |
| | 평균행동정지시간 | 14분 18초 |

1.3 연기밀도 시험

경제성 확보를 위한 소재 개량 후 초기 연기밀도 시험에서 기준값인 400을 초과하는 결과을 나타냄으로써 부적합으로 확인되었으나, 지속적인 소재 변경 및 비율 개선을 통해 최종적으로 기준치 이하의 성능을 나타내었으며, 자체 실험을 통해 보다 확고한 성능을 나타냄을 확인함으로써 경제성을 확보하면서 성능기준에 부합하는 소재 개발을 완료하였다.

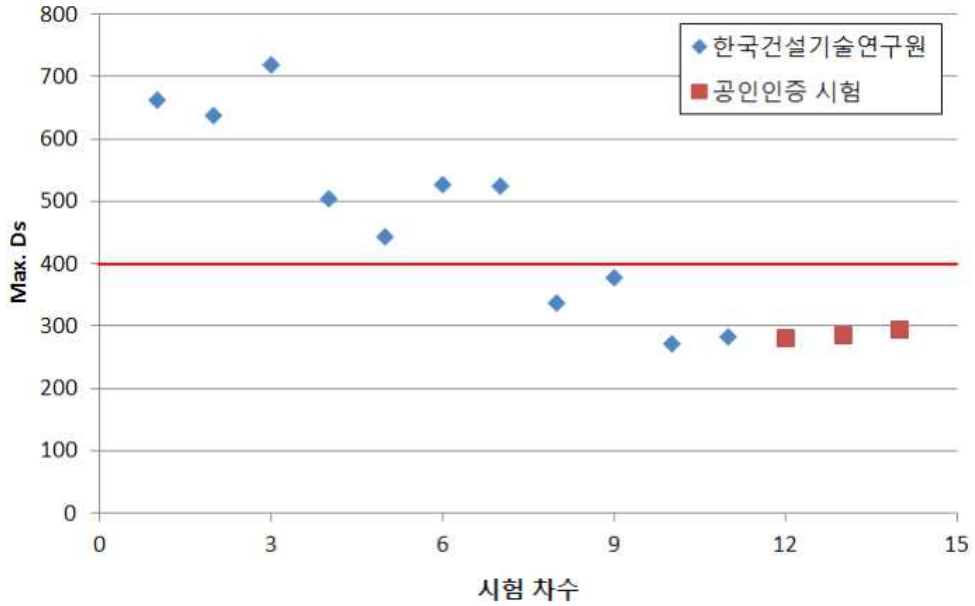



그림 3.3.3 경제성 확보 과정에서의 연기밀도 시험 결과 추이

표 3.3.24 1차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 20 | 10 | 20 | 17 | 18 | 15 | 20 |

| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| ASTM E 662 | Transmission(%) graph [Scan time: 1 sec] / Specific optical density(Ds) graph [Scan time: 1 sec] | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| 시험체 1 | Max Ds 659.8 / Duration (sec) 420 | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |

표 3.3.25 2차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 100 | 20 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

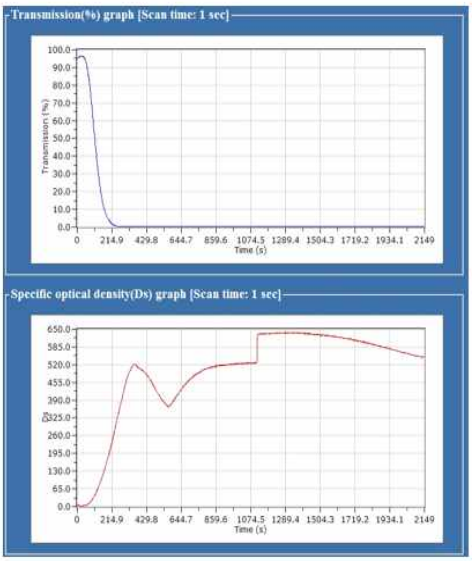
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| | | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| ASTM E 662 |  |  |  |
| 시험체 2 | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 636.4 / Duration (sec) 1322 | | |

표 3.3.26 3차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 100 | 10 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

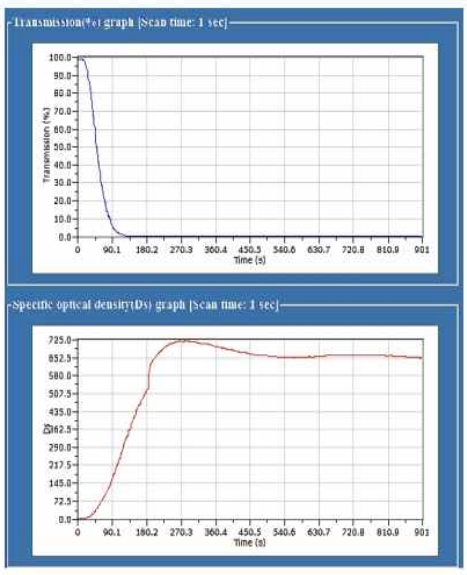
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| | | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| ASTM E 662 |  |  |  |
| **시험체 3** | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 717.3 / Max Time (sec) 283 | | |

표 3.3.27 4차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 100 | 15 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

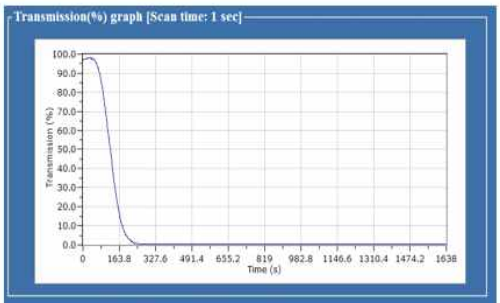
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| | | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| ASTM E 662 |  |  |  |
| 시험체 4 |  | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 502.8 / Duration (sec) 813 | | |

표 3.3.28 5차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 100 | 25 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

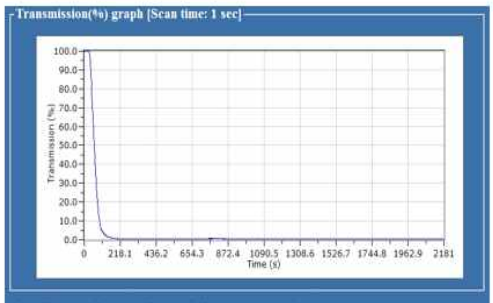
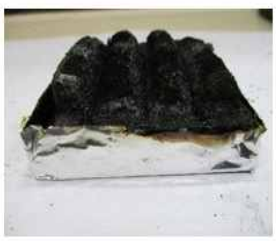
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| | | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| ASTM E 662 |  |  |  |
| 시험체 5 |  | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 441.9 / Duration (sec) 1526 | | |

표 3.3.29 6차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 100 | 30 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

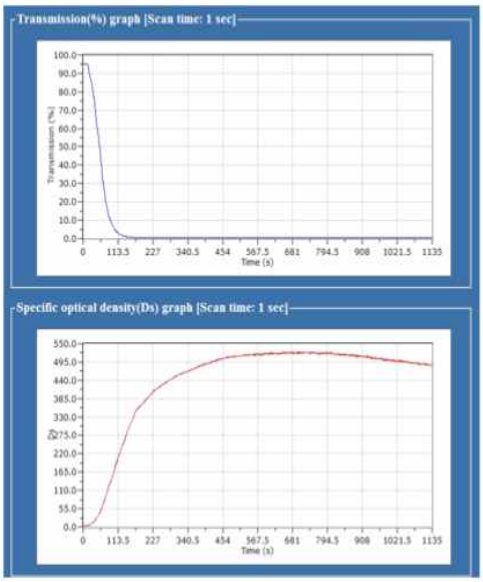
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| | | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| ASTM E 662 |  |  |  |
| 시험체 6 | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 525.6 / Duration (sec) 718 | | |

표 3.3.30 7차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 100 | 25 | 8 | 20 | 12 | 20 | 10 | 20 |

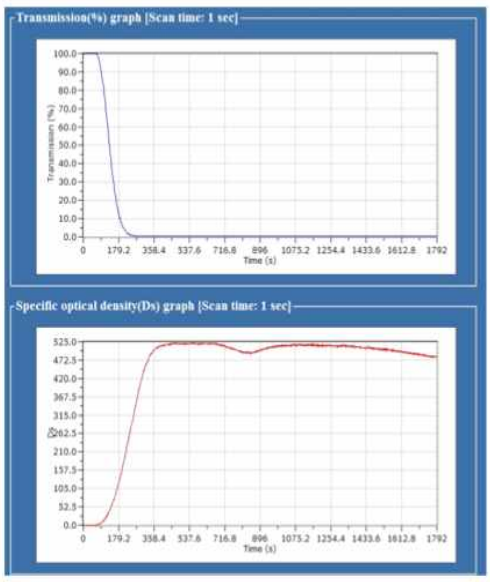
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| | | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| ASTM E 662 |  |  |  |
| 시험체 7 | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 522.5 / Duration (sec) 545 | | |

표 3.3.31 8차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(M) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 100 | 10 | 20 | 15 | 10 | 20 | 20 | 15 |

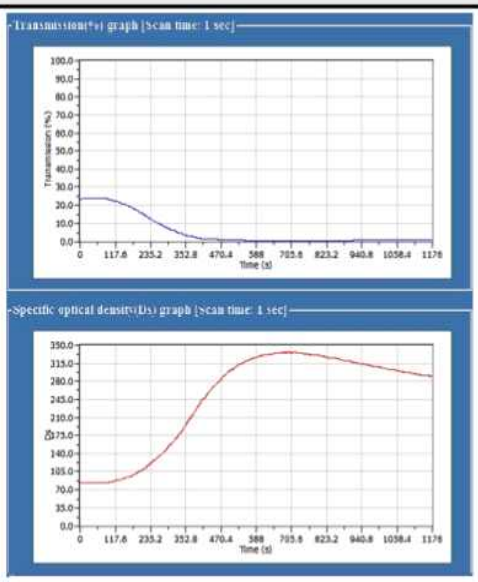
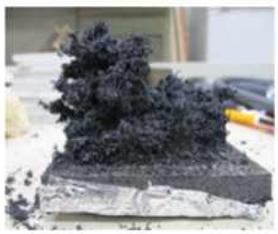
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| ASTM E 662 |  | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| 시험체 8 ( 경화제 10, 팽창흑연 20, 유약 15, AL2O3 10, APP(M) 15, M-100 20, X-1 15) | |  |  |
| | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 335.0 / Duration (sec) 698 | | |

표 3.3.32 9차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 100 | 30 | 10 | 15 | 25 | 15 | 20 | 15 |

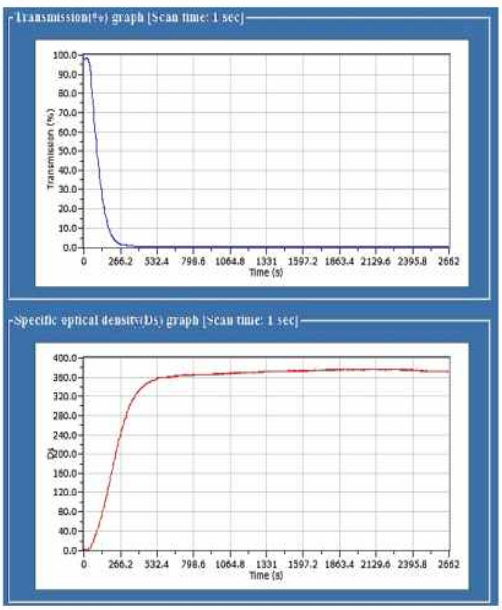
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| ASTM E 662 |  | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| 시험체 9 (팽창흑연 20, 유약 15, AL2O3 20, APP 15, M-100 10 ) | |  |  |
| | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  | |
| | Max Ds 375.9 / Max Time (sec) 1816 | | |

표 3.3.33 10차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 100 | 25 | 15 | 15 | 20 | 20 | 15 | 20 |

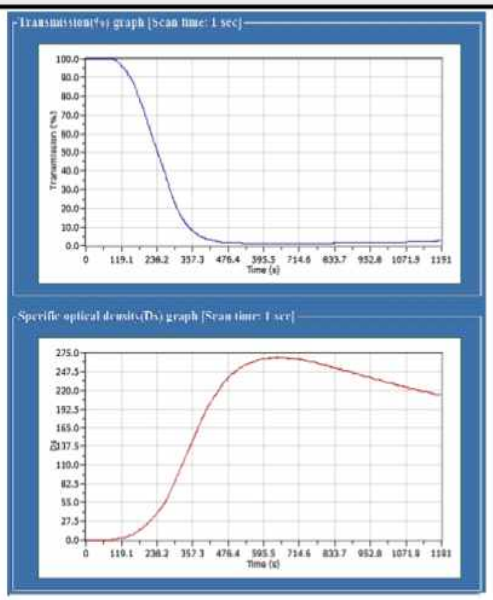
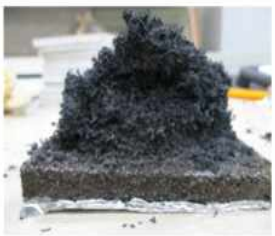
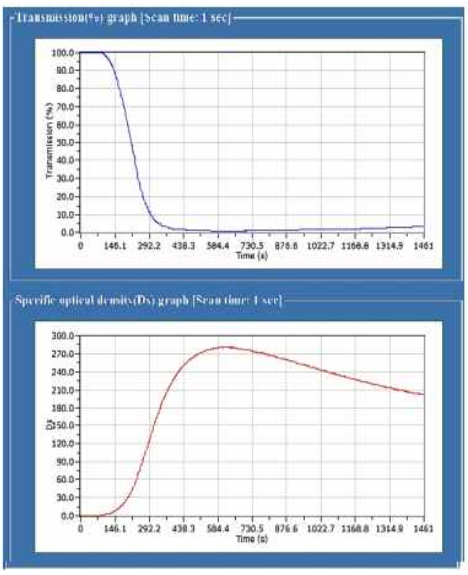
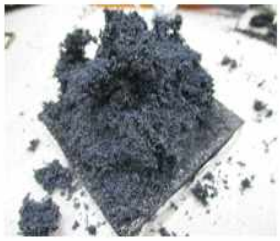
| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| ASTM E 662 |  | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| 시험체 10 (경화제 25, 팽창흑연 15, 유약 15, AL2O3 20, APP(K) 20, M-100 15, X-1 20) | |  |  |
| | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 268.5 / Duration (sec) 641 | | |

표 3.3.34 11차 경제성 확보를 위한 연기밀도 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(M) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 100 | 20 | 20 | 15 | 15 | 30 | 15 | 15 |

| 시료명 | 결과 | 시험체 사진 | |
|---|---|---|---|
| ASTM E 662 |  | 시험 전 | 시험 후 (상단) |
| 시험체 11 ( 팽창흑연 20, 유약 15, AL2O3 15, APP(M) 30, X-1 15) | |  |  |
| | | 시험 후 (측면) | 시험 후 (측면) |
| | |  |  |
| | Max Ds 280.6 / Duration (sec) 615 | | |

1.4 산소지수 시험

경제성 확보를 위한 소재 개량 후 초기 산소지수 시험에서 기준값인 40% 미만의 결과을 나타냄으로써 부적합으로 확인되었으나, 지속적인 소재 변경 및 비율 개선을 통해 최종적으로 기준치 이하의 성능을 나타냄으로써 경제성을 확보하면서 성능기준에 부합하는 소재 개발을 완료하였다.

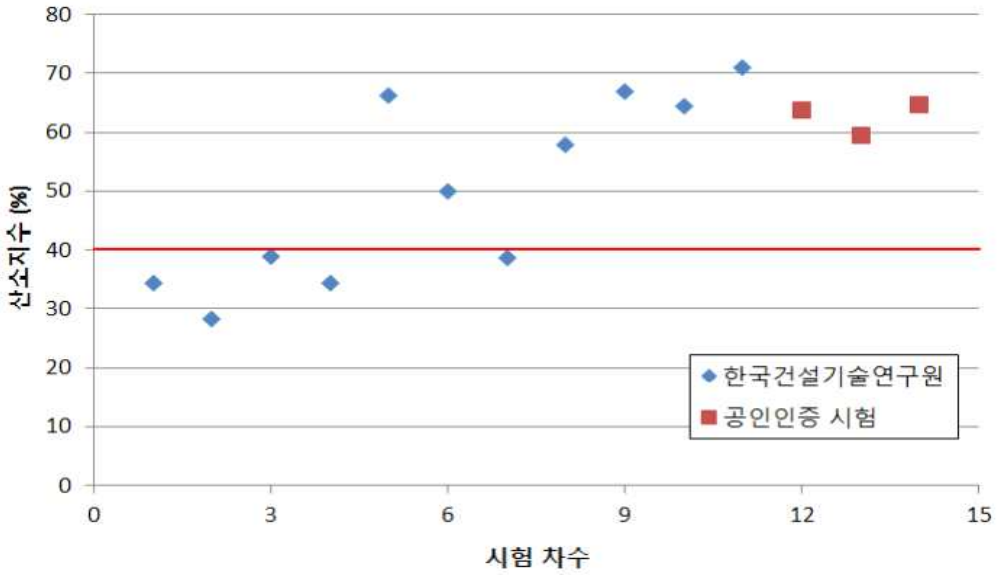
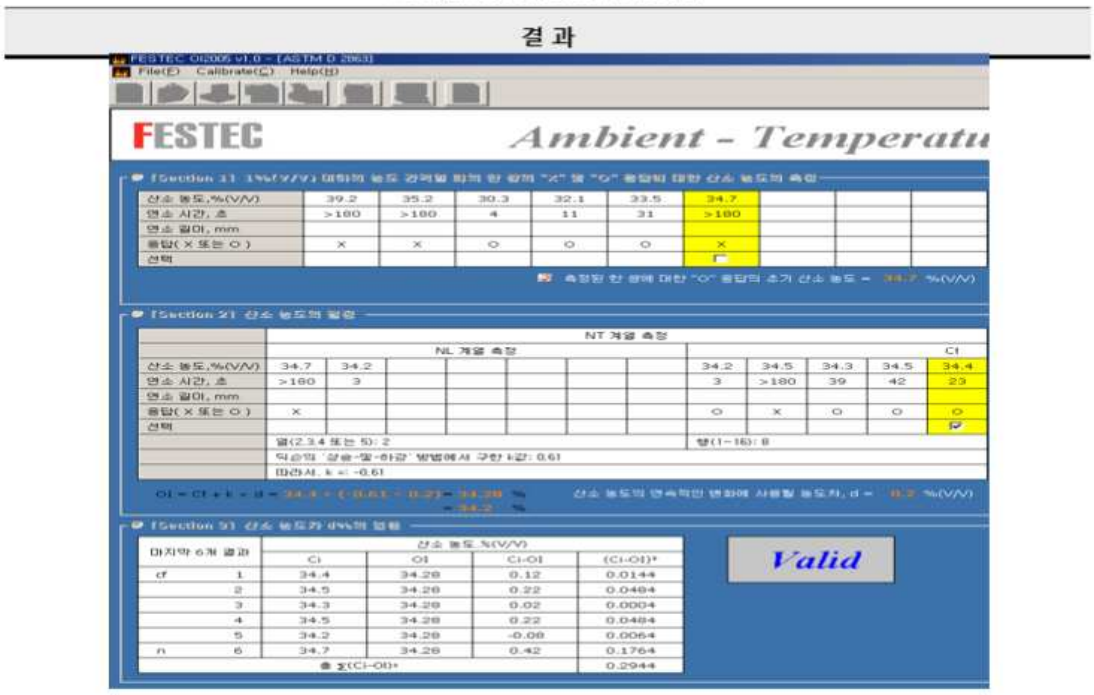



그림 3.3.4 경제성 확보 과정에서의 산소지수 시험 결과 추이

표 3.3.35 1차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 20 | 10 | 20 | 17 | 18 | 15 | 20 |




| 산소 지수(%) | 34.2 |
|---|---|

표 3.3.36 2차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 100 | 20 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

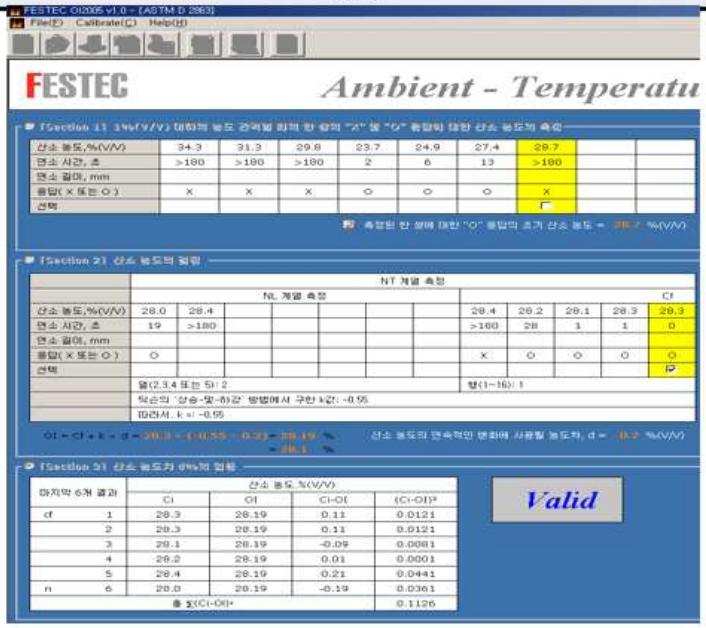
| 결 과 | |
|---|---|
|  | |
| 산소 지수(%) | 28.1 |

표 3.3.37 3차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 100 | 10 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

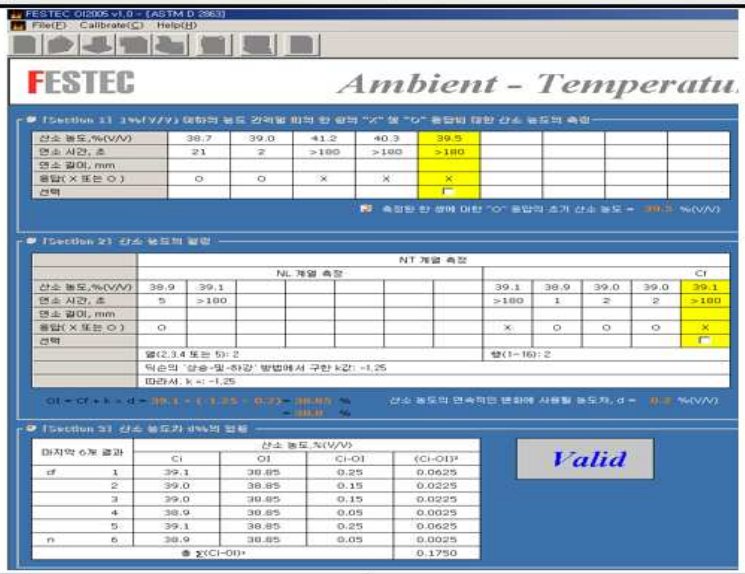
| 시험체 | |
|---|---|
| 시료3 (AL2O3 15, APP 15, 견운모 20, M-100 20) | |
| 결 과 | |
|  | |
| 산소 지수(%) | 38.8 |

표 3.3.38 4차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 100 | 15 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

| 시험체 |
|---|
| 시료4 (경화제 15, AL2O3 15, APP 15, 견운모 20, 산화지르코늄 20) |
| 결 과 |

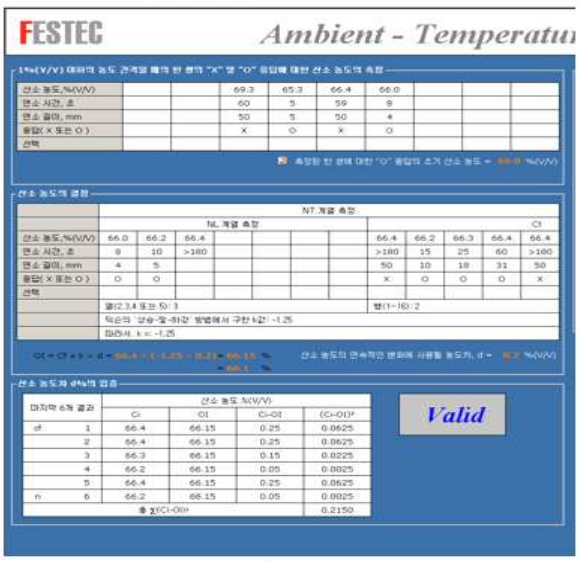



| 산소 지수(%) | 34.1 |
|---|---|

표 3.3.39 5차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 100 | 25 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

| 시험체 |
|---|
| 시료 5 ( 경화제 25, AL2O3 15, APP 15, 견운모 20, 산화지르코늄 20) |
| 결 과 |




| 산소 지수(%) | 66.1 |
|---|---|

표 3.3.40 6차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP | 견운모 | M-100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 100 | 30 | 10 | 20 | 15 | 15 | 20 | 20 |

| 시험체 |
|---|
| 시료 6 ( 경화제 30, AL2O3 15, APP 15, 견운모 20, 산화지르코늄 20) |
| 결 과 |
|  |
| 산소 지수(%) \| 49.6 |



표 3.3.41 7차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 100 | 25 | 8 | 20 | 12 | 20 | 10 | 20 |

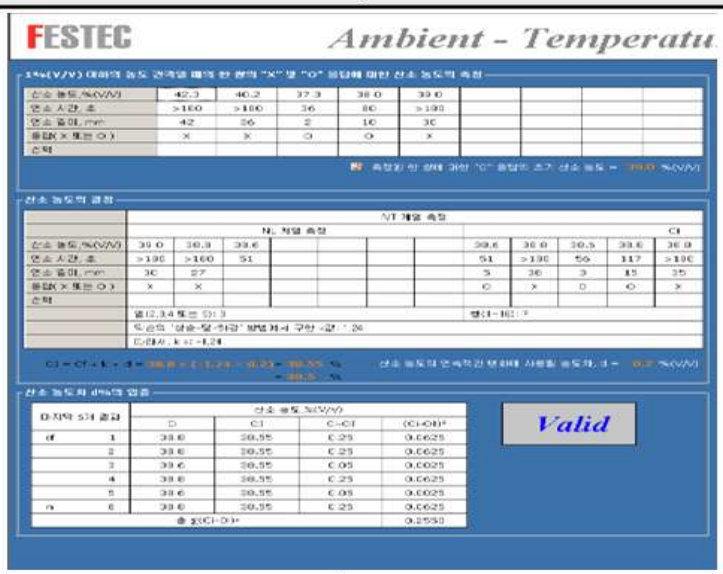
| 시험체 |
|---|
| 시료 7 ( 경화제 25, 팽창흑연 8, AL2O3 12, APP(K) 20, M-100 10) |
| 결 과 |
|  |
| 산소 지수(%) \| 38.5 |

표 3.3.42 8차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(M) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 100 | 10 | 20 | 15 | 10 | 20 | 20 | 15 |

**시험체**

시료 8 ( 경화제 10, 팽창흑연 20, 유약 15, AL2O3 10, APP(M) 20, M-100 20, X-1 15)

**결 과**




| 산소 지수(%) | 57.6 |
|---|---|

표 3.3.43 9차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 100 | 30 | 10 | 15 | 25 | 15 | 20 | 15 |

**시험체**

시료 9 ( 경화제 30, 유약 15, AL2O3 25, APP(K) 15, M-100 20, X-1 15)

**결 과**




| 산소 지수(%) | 66.5 |
|---|---|

표 3.3.44 10차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(K) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 100 | 25 | 15 | 15 | 20 | 20 | 15 | 20 |

| 시험체 |
|---|
| 시료 10 (경화제 25, 팽창흑연 15, 유약 15, AL2O3 20, APP(K) 20) |
| 결 과 |

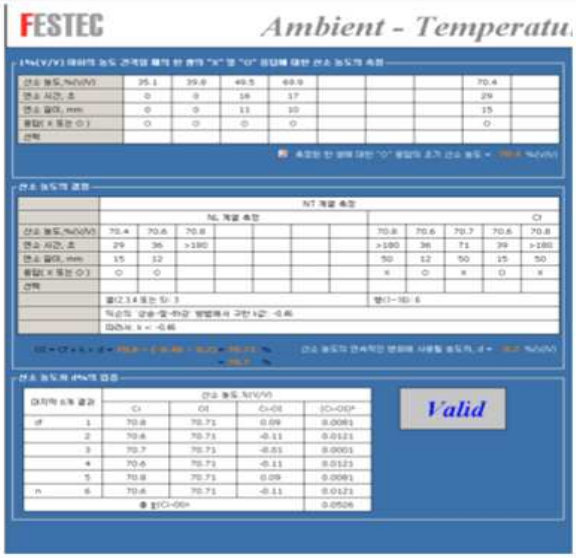



| 산소 지수(%) | 64.3 |
|---|---|

표 3.3.45 11차 경제성 확보를 위한 산소지수 시험 결과

| 순 번 | 폴리올 | 경화제 | 팽창흑연 | 유약 | AL203 | APP(M) | M-100 | X-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 100 | 20 | 20 | 15 | 15 | 30 | 15 | 15 |

| 시험체 |
|---|
| 시료 11 ( 팽창흑연 20, 유약 15, AL2O3 15, APP(M) 30, X-1 15) |
| 결 과 |




| 산소 지수(%) | 70.7 |
|---|---|

## 2. 양상공정 개선을 통한 경제성 확보

소재 성분 및 비율의 변경을 통해 경제성을 확보하고자 하였으나, 연구 결과 성능시험 기준에 준하는 성능 발현을 위해서는 필수적으로 들어가야 하는 성분 및 비율이 존재하고, 이로 인해 소재를 통한 단가의 절감은 한계가 있음을 확인하였다. 따라서 양산공정을 개선하여 생산성 증가 및 인건비 절감을 도모함으로써 경제성을 확보를 구현하고자 하였다.

기존의 제품 생산 공정은 지그 시작품에서 제품을 사출하여 제작하는 방식으로, 생산 시간이 길고 인력 투입율이 높아 경제성 확보에 어려움이 있다. 따라서 압출법을 사용한 제품 생산을 시도함으로써 이를 개선하고자 연구를 수행하였다.



그림 3.3.5 압출형 양산공정 구축

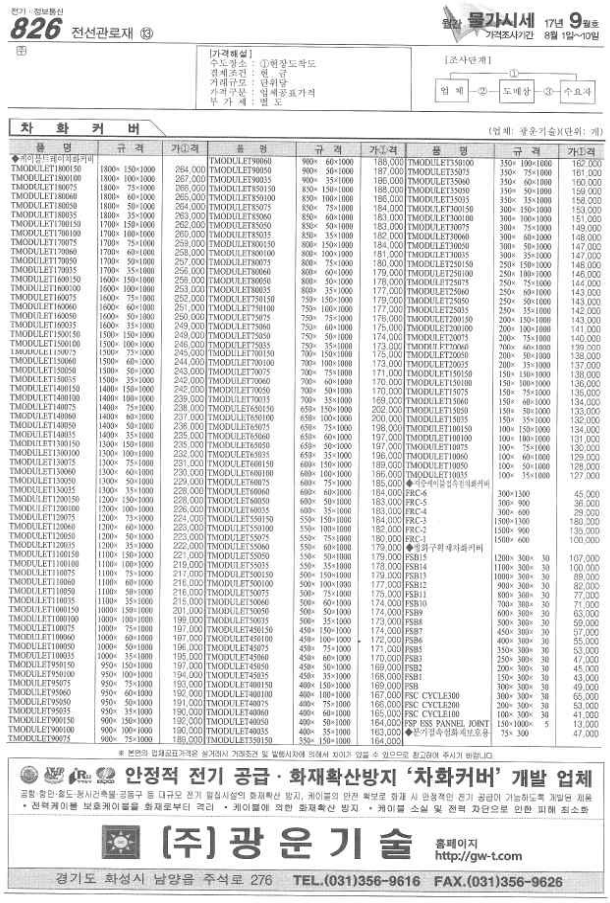
압출형 양산공정 구축 얇은 평판 형태의 제품에 대한 연속적 생산이 가능해짐에 따라 편판형 구조의 적용 시 경제성 확보의 가능성을 확인하였다. 하지만 본 연구의 돌기형 구조 적용에 있어 2차 가공이 요구된다는 점에서 일부 공정 형태의 개선이 요구되며, 이러한 공정 개선이 이루어질 경우 보다 높은 수준의 단가 절감이 가능할 것으로 판단된다.

그림 3.24는 통기구 형성을 자동화하기 위해 제작한 타공지그를 나타낸다. 현재 생산공정에서 인력 투입의 비율이 높은 타공 공정을 타공지그와 프레스로 대체하여 생산력을 높임으로써 경제성 확보를 도모하였다.



그림 3.3.6 제작된 타공지그

## 3. 경제성 확보 결과



826 전선관로재 ⑬

월간 물가시세 17년 9월호 가격조사기간 8월 1일~10일

차 화 커 버

| 품 명 | 규 격 | 가(고)격 |
|---|---|---|
| ◆주)광운기술(차화커버 | | |
| TMODULET1800150 | 1800× 150×1000 | 264,000 |
| TMODULET1800100 | 1800× 100×1000 | 267,000 |
| TMODULET180075 | 1800× 75×1000 | 265,000 |
| TMODULET180060 | 1800× 60×1000 | 265,000 |
| TMODULET180050 | 1800× 50×1000 | 264,000 |
| TMODULET180035 | 1800× 35×1000 | 263,000 |
| TMODULET1700150 | 1700× 150×1000 | 252,000 |
| TMODULET1700100 | 1700× 100×1000 | 260,000 |
| TMODULET170075 | 1700× 75×1000 | 259,000 |
| TMODULET170060 | 1700× 60×1000 | 258,000 |
| TMODULET170050 | 1700× 50×1000 | 257,000 |
| TMODULET170035 | 1700× 35×1000 | 256,000 |
| TMODULET1600150 | 1600× 150×1000 | 259,000 |
| TMODULET1600100 | 1600× 100×1000 | 253,000 |
| TMODULET160075 | 1600× 75×1000 | 252,000 |
| TMODULET160060 | 1600× 60×1000 | 251,000 |
| TMODULET160050 | 1600× 50×1000 | 250,000 |
| TMODULET160035 | 1600× 35×1000 | 249,000 |
| TMODULET1500150 | 1500× 150×1000 | 249,000 |
| TMODULET1500100 | 1500× 100×1000 | 246,000 |
| TMODULET150075 | 1500× 75×1000 | 245,000 |
| TMODULET150060 | 1500× 60×1000 | 244,000 |
| TMODULET150050 | 1500× 50×1000 | 243,000 |
| TMODULET150035 | 1500× 35×1000 | 242,000 |
| TMODULET1400150 | 1400× 150×1000 | 242,000 |
| TMODULET1400100 | 1400× 100×1000 | 239,000 |
| TMODULET140075 | 1400× 75×1000 | 238,000 |
| TMODULET140060 | 1400× 60×1000 | 237,000 |
| TMODULET140050 | 1400× 50×1000 | 236,000 |
| TMODULET140035 | 1400× 35×1000 | 235,000 |
| TMODULET1300150 | 1300× 150×1000 | 235,000 |
| TMODULET1300100 | 1300× 100×1000 | 232,000 |
| TMODULET130075 | 1300× 75×1000 | 231,000 |
| TMODULET130060 | 1300× 60×1000 | 230,000 |
| TMODULET130050 | 1300× 50×1000 | 229,000 |
| TMODULET130035 | 1300× 35×1000 | 228,000 |
| TMODULET1200150 | 1200× 150×1000 | 228,000 |
| TMODULET1200100 | 1200× 100×1000 | 226,000 |
| TMODULET120075 | 1200× 75×1000 | 224,000 |
| TMODULET120060 | 1200× 60×1000 | 223,000 |
| TMODULET120050 | 1200× 50×1000 | 223,000 |
| TMODULET120035 | 1200× 35×1000 | 222,000 |
| TMODULET1100150 | 1100× 150×1000 | 221,000 |
| TMODULET1100100 | 1100× 100×1000 | 219,000 |
| TMODULET110075 | 1100× 75×1000 | 217,000 |
| TMODULET110060 | 1100× 60×1000 | 216,000 |
| TMODULET110050 | 1100× 50×1000 | 216,000 |
| TMODULET110035 | 1100× 35×1000 | 215,000 |
| TMODULET1000150 | 1000× 150×1000 | 201,000 |
| TMODULET1000100 | 1000× 100×1000 | 199,000 |
| TMODULET100075 | 1000× 75×1000 | 197,000 |
| TMODULET100060 | 1000× 60×1000 | 197,000 |
| TMODULET100050 | 1000× 50×1000 | 196,000 |
| TMODULET100035 | 1000× 35×1000 | 195,000 |
| TMODULET950150 | 950× 150×1000 | 197,000 |
| TMODULET950100 | 950× 100×1000 | 194,000 |
| TMODULET95075 | 950× 75×1000 | 193,000 |
| TMODULET95060 | 950× 60×1000 | 192,000 |
| TMODULET95050 | 950× 50×1000 | 191,000 |
| TMODULET95035 | 950× 35×1000 | 190,000 |
| TMODULET900150 | 900× 150×1000 | 192,000 |
| TMODULET900100 | 900× 100×1000 | 190,000 |
| TMODULET90075 | 900× 75×1000 | 189,000 |
| TMODULET90060 | 900× 60×1000 | 188,000 |
| TMODULET90050 | 900× 50×1000 | 188,000 |
| TMODULET90035 | 900× 35×1000 | 186,000 |
| TMODULET850150 | 850× 150×1000 | 188,000 |
| TMODULET850100 | 850× 100×1000 | 186,000 |
| TMODULET85075 | 850× 75×1000 | 184,000 |
| TMODULET85060 | 850× 60×1000 | 183,000 |
| TMODULET85050 | 850× 50×1000 | 183,000 |
| TMODULET85035 | 850× 35×1000 | 182,000 |
| TMODULET800150 | 800× 150×1000 | 184,000 |
| TMODULET800100 | 800× 100×1000 | 181,000 |
| TMODULET80075 | 800× 75×1000 | 180,000 |
| TMODULET80060 | 800× 60×1000 | 179,000 |
| TMODULET80050 | 800× 50×1000 | 178,000 |
| TMODULET80035 | 800× 35×1000 | 177,000 |
| TMODULET750150 | 750× 150×1000 | 179,000 |
| TMODULET750100 | 750× 100×1000 | 177,000 |
| TMODULET75075 | 750× 75×1000 | 176,000 |
| TMODULET75060 | 750× 60×1000 | 175,000 |
| TMODULET75050 | 750× 50×1000 | 174,000 |
| TMODULET75035 | 750× 35×1000 | 173,000 |
| TMODULET700150 | 700× 150×1000 | 175,000 |
| TMODULET700100 | 700× 100×1000 | 173,000 |
| TMODULET70075 | 700× 75×1000 | 171,000 |
| TMODULET70060 | 700× 60×1000 | 170,000 |
| TMODULET70050 | 700× 50×1000 | 170,000 |
| TMODULET70035 | 700× 35×1000 | 169,000 |
| TMODULET650150 | 650× 150×1000 | 202,000 |
| TMODULET650100 | 650× 100×1000 | 200,000 |
| TMODULET65075 | 650× 75×1000 | 198,000 |
| TMODULET65060 | 650× 60×1000 | 197,000 |
| TMODULET65050 | 650× 50×1000 | 197,000 |
| TMODULET65035 | 650× 35×1000 | 196,000 |
| TMODULET600150 | 600× 150×1000 | 189,000 |
| TMODULET600100 | 600× 100×1000 | 186,000 |
| TMODULET60075 | 600× 75×1000 | 185,000 |
| TMODULET60060 | 600× 60×1000 | 184,000 |
| TMODULET60050 | 600× 50×1000 | 183,000 |
| TMODULET60035 | 600× 35×1000 | 183,000 |
| TMODULET550150 | 550× 150×1000 | 184,000 |
| TMODULET550100 | 550× 100×1000 | 182,000 |
| TMODULET55075 | 550× 75×1000 | 180,000 |
| TMODULET55060 | 550× 60×1000 | 179,000 |
| TMODULET55050 | 550× 50×1000 | 179,000 |
| TMODULET55035 | 550× 35×1000 | 178,000 |
| TMODULET500150 | 500× 150×1000 | 179,000 |
| TMODULET500100 | 500× 100×1000 | 177,000 |
| TMODULET50075 | 500× 75×1000 | 175,000 |
| TMODULET50060 | 500× 60×1000 | 174,000 |
| TMODULET50050 | 500× 50×1000 | 174,000 |
| TMODULET50035 | 500× 35×1000 | 173,000 |
| TMODULET450150 | 450× 150×1000 | 174,000 |
| TMODULET450100 | 450× 100×1000 | 172,000 |
| TMODULET45075 | 450× 75×1000 | 171,000 |
| TMODULET45060 | 450× 60×1000 | 170,000 |
| TMODULET45050 | 450× 50×1000 | 169,000 |
| TMODULET45035 | 450× 35×1000 | 168,000 |
| TMODULET400150 | 400× 150×1000 | 169,000 |
| TMODULET400100 | 400× 100×1000 | 167,000 |
| TMODULET40075 | 400× 75×1000 | 166,000 |
| TMODULET40060 | 400× 60×1000 | 165,000 |
| TMODULET40050 | 400× 50×1000 | 164,000 |
| TMODULET40035 | 400× 35×1000 | 163,000 |
| TMODULET350150 | 350× 150×1000 | 164,000 |
| TMODULET350100 | 350× 100×1000 | 162,000 |
| TMODULET35075 | 350× 75×1000 | 161,000 |
| TMODULET35060 | 350× 60×1000 | 160,000 |
| TMODULET35050 | 350× 50×1000 | 159,000 |
| TMODULET35035 | 350× 35×1000 | 158,000 |
| TMODULET300150 | 300× 150×1000 | 153,000 |
| TMODULET300100 | 300× 100×1000 | 151,000 |
| TMODULET30075 | 300× 75×1000 | 149,000 |
| TMODULET30060 | 300× 60×1000 | 148,000 |
| TMODULET30050 | 300× 50×1000 | 147,000 |
| TMODULET30035 | 300× 35×1000 | 147,000 |
| TMODULET250150 | 250× 150×1000 | 146,000 |
| TMODULET250100 | 250× 100×1000 | 145,000 |
| TMODULET25075 | 250× 75×1000 | 144,000 |
| TMODULET25060 | 250× 60×1000 | 143,000 |
| TMODULET25050 | 250× 50×1000 | 143,000 |
| TMODULET25035 | 250× 35×1000 | 142,000 |
| TMODULET200150 | 200× 150×1000 | 143,000 |
| TMODULET200100 | 200× 100×1000 | 141,000 |
| TMODULET20075 | 200× 75×1000 | 140,000 |
| TMODULET700x60 | 700× 60×1000 | 139,000 |
| TMODULET20050 | 200× 50×1000 | 138,000 |
| TMODULET20035 | 200× 35×1000 | 137,000 |
| TMODULET150150 | 150× 150×1000 | 138,000 |
| TMODULET150100 | 150× 100×1000 | 136,000 |
| TMODULET15075 | 150× 75×1000 | 135,000 |
| TMODULET15060 | 150× 60×1000 | 134,000 |
| TMODULET15050 | 150× 50×1000 | 133,000 |
| TMODULET15035 | 150× 35×1000 | 132,000 |
| TMODULET100150 | 100× 150×1000 | 134,000 |
| TMODULET100100 | 100× 100×1000 | 131,000 |
| TMODULET10075 | 100× 75×1000 | 130,000 |
| TMODULET10060 | 100× 60×1000 | 129,000 |
| TMODULET10050 | 100× 50×1000 | 128,000 |
| TMODULET10035 | 100× 35×1000 | 127,000 |
| ◆지주세비감성주식회사(화커버 | | |
| FRC-6 | 300×1200 | 45,000 |
| FRC-5 | 300× 900 | 38,000 |
| FRC-4 | 300× 600 | 29,000 |
| FRC-3 | 1500×1000 | 180,000 |
| FRC-2 | 1500× 900 | 139,000 |
| FRC-1 | 1500× 600 | 100,000 |
| ◆동광구취재차화커버 | | |
| FSB15 | 1200× 300× 30 | 107,000 |
| FSB14 | 1100× 300× 30 | 100,000 |
| FSB13 | 1000× 300× 30 | 89,000 |
| FSB12 | 900× 300× 30 | 82,000 |
| FSB11 | 800× 300× 30 | 77,000 |
| FSB10 | 700× 300× 30 | 71,000 |
| FSB9 | 600× 300× 30 | 63,000 |
| FSB8 | 500× 300× 30 | 59,000 |
| FSB7 | 450× 300× 30 | 57,000 |
| FSB6 | 400× 300× 30 | 55,000 |
| FSB5 | 350× 300× 30 | 53,000 |
| FSB3 | 250× 300× 30 | 47,000 |
| FSB2 | 200× 300× 30 | 45,000 |
| FSB1 | 150× 300× 30 | 43,000 |
| FSB | 300× 300× 30 | 49,000 |
| FSC CYCLE300 | 300× 300× 38 | 65,000 |
| FSC CYCLE200 | 200× 300× 30 | 53,000 |
| FSC CYCLE100 | 100× 300× 30 | 41,000 |
| FSP SSS PANNEL JOINT | 150×1000× 5 | 13,000 |
| ◆본가업부성화재보호유 | 75× 300 | 47,000 |

(업체: 광운기술)(단위: 개)

[가격해설]
수도청소 : ①현장도착도
설계조건 : 현 공
거래규모 : 단위당
가격구분 : 업체공표가격
부 가 세 : 별 도

[조사단계] ① 업 체 ②→ 도매상 ③→ 수요자

* 본란의 업체공표가격은 실거래시 거래조건 및 업체사정에 의해서 지이가 있을 수 있으므로 참고하여 주시기 바랍니다.

안정적 전기 공급 · 화재확산방지 '차화커버' 개발 업체

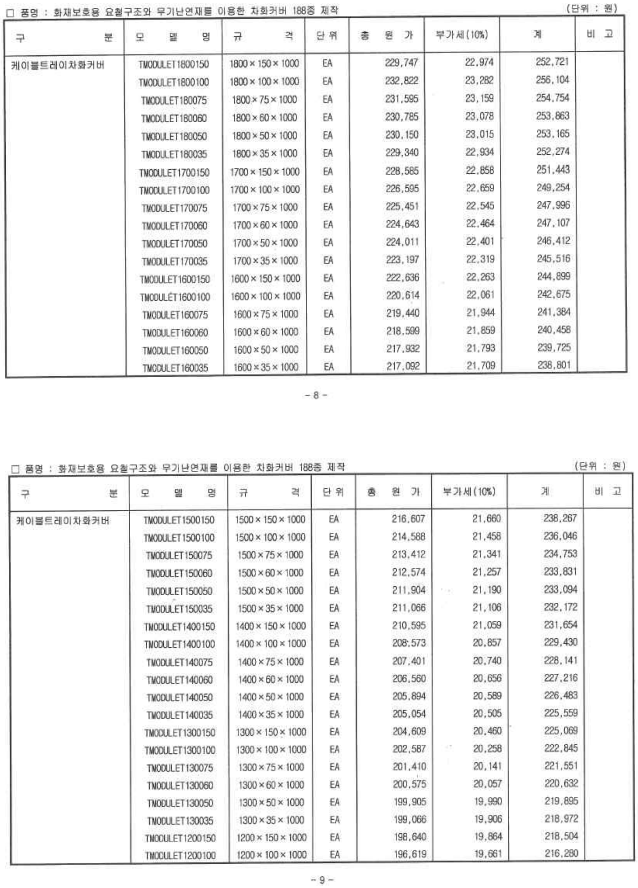
공동 함안·창도·청사건축물 공동구 등 대규모 전기 밀집시설의 화재확산 방지, 케이블의 안전 확보로 향개 시 완벽한 전기 공급이 가능하도록 개발된 제품

• 전력케이블 보호케이블을 화재로부터 격리 • 케이블에 의한 화재확산 방지 • 케이블 소실 및 전력 차단으로 인한 피해 최소화

[주] 광 운 기 술 홈페이지 http://gw-t.com

경기도 화성시 남양읍 주석로 276 TEL.(031)356-9616 FAX.(031)356-9626

(a) 월간 물가시세



□ 품명 : 화재보호용 요철구조와 무기난연재를 이용한 차화커버 188종 제작 (단위 : 원)

| 구 분 | 모 델 명 | 규 격 | 단 위 | 총 원 가 | 부가세(10%) | 계 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 케이블트레이차화커버 | TMODULET1800150 | 1800 × 150 × 1000 | EA | 229,747 | 22,974 | 252,721 | |
| | TMODULET1800100 | 1800 × 100 × 1000 | EA | 232,822 | 23,282 | 256,104 | |
| | TMODULET180075 | 1800 × 75 × 1000 | EA | 231,595 | 23,159 | 254,754 | |
| | TMODULET180060 | 1800 × 60 × 1000 | EA | 230,785 | 23,078 | 253,863 | |
| | TMODULET180050 | 1800 × 50 × 1000 | EA | 230,150 | 23,015 | 253,165 | |
| | TMODULET180035 | 1800 × 35 × 1000 | EA | 229,340 | 22,934 | 252,274 | |
| | TMODULET1700150 | 1700 × 150 × 1000 | EA | 228,585 | 22,858 | 251,443 | |
| | TMODULET1700100 | 1700 × 100 × 1000 | EA | 226,595 | 22,659 | 249,254 | |
| | TMODULET170075 | 1700 × 75 × 1000 | EA | 225,451 | 22,545 | 247,996 | |
| | TMODULET170060 | 1700 × 60 × 1000 | EA | 224,643 | 22,464 | 247,107 | |
| | TMODULET170050 | 1700 × 50 × 1000 | EA | 224,011 | 22,401 | 246,412 | |
| | TMODULET170035 | 1700 × 35 × 1000 | EA | 223,197 | 22,319 | 245,516 | |
| | TMODULET1600150 | 1600 × 150 × 1000 | EA | 222,636 | 22,263 | 244,899 | |
| | TMODULET1600100 | 1600 × 100 × 1000 | EA | 220,614 | 22,061 | 242,675 | |
| | TMODULET160075 | 1600 × 75 × 1000 | EA | 219,440 | 21,944 | 241,384 | |
| | TMODULET160060 | 1600 × 60 × 1000 | EA | 218,509 | 21,859 | 240,458 | |
| | TMODULET160050 | 1600 × 50 × 1000 | EA | 217,932 | 21,793 | 239,725 | |
| | TMODULET160035 | 1600 × 35 × 1000 | EA | 217,092 | 21,709 | 238,801 | |

- 8 -

□ 품명 : 화재보호용 요철구조와 무기난연재를 이용한 차화커버 188종 제작 (단위 : 원)

| 구 분 | 모 델 명 | 규 격 | 단 위 | 총 원 가 | 부가세(10%) | 계 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 케이블트레이차화커버 | TMODULET1500150 | 1500 × 150 × 1000 | EA | 216,607 | 21,660 | 238,267 | |
| | TMODULET1500100 | 1500 × 100 × 1000 | EA | 214,588 | 21,458 | 236,046 | |
| | TMODULET150075 | 1500 × 75 × 1000 | EA | 213,412 | 21,341 | 234,753 | |
| | TMODULET150060 | 1500 × 60 × 1000 | EA | 212,574 | 21,257 | 233,831 | |
| | TMODULET150050 | 1500 × 50 × 1000 | EA | 211,904 | 21,190 | 233,094 | |
| | TMODULET150035 | 1500 × 35 × 1000 | EA | 211,066 | 21,106 | 232,172 | |
| | TMODULET1400150 | 1400 × 150 × 1000 | EA | 210,595 | 21,059 | 231,654 | |
| | TMODULET1400100 | 1400 × 100 × 1000 | EA | 208,573 | 20,857 | 229,430 | |
| | TMODULET140075 | 1400 × 75 × 1000 | EA | 207,401 | 20,740 | 228,141 | |
| | TMODULET140060 | 1400 × 60 × 1000 | EA | 206,560 | 20,656 | 227,216 | |
| | TMODULET140050 | 1400 × 50 × 1000 | EA | 205,894 | 20,589 | 226,483 | |
| | TMODULET140035 | 1400 × 35 × 1000 | EA | 205,054 | 20,505 | 225,559 | |
| | TMODULET1300150 | 1300 × 150 × 1000 | EA | 204,609 | 20,460 | 225,069 | |
| | TMODULET1300100 | 1300 × 100 × 1000 | EA | 202,587 | 20,258 | 222,845 | |
| | TMODULET130075 | 1300 × 75 × 1000 | EA | 201,410 | 20,141 | 221,551 | |
| | TMODULET130060 | 1300 × 60 × 1000 | EA | 200,575 | 20,057 | 220,632 | |
| | TMODULET130050 | 1300 × 50 × 1000 | EA | 199,905 | 19,990 | 219,895 | |
| | TMODULET130035 | 1300 × 35 × 1000 | EA | 199,066 | 19,906 | 218,972 | |
| | TMODULET1200150 | 1200 × 150 × 1000 | EA | 198,640 | 19,864 | 218,504 | |
| | TMODULET1200100 | 1200 × 100 × 1000 | EA | 196,619 | 19,661 | 216,280 | |

- 9 -

(b) 원가조사연구보고서

그림 3.3.7 경제성 확보 전 후의 단가산출 결과 비교

월간 물가시세(2017.9, 통권 547)는 소재의 경제성 확보 이전의 소재 구성성분 및 비율을 근거로 산출된 단가이며, 우수조달인증 확보를 위해 새롭게 산출된 원가조사보고서의 단가는 경제성 확보 이후의 단가를 나타낸다.

경제성 확보를 위해 성분 변경을 수행하여 최종 시험인증 적합을 확보한 성분 구성 및 비율을 기반으로 단가 산출을 수행한 결과, 경제성 확보 전 단계에 비해 평균 12.730%의 단가가 절감되었음을 확인하였다.

표 3.3.46 소재 변경에 따른 규격별 단가 절감 비율

| 품명 | 단가 | | 절감 비율 | 품명 | 단가 | | 절감 비율 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 경제성 확보 전 | 경제성 확보 후 | | | 경제성 확보 전 | 경제성 확보 후 | |
| TMODULET1800150 | 290,400 | 252,721 | 12.975 | TMODULET65050 | 216,700 | 188,668 | 12.936 |
| TMODULET1800100 | 293,700 | 256,104 | 12.801 | TMODULET65035 | 215,600 | 187,770 | 12.908 |
| TMODULET180075 | 292,600 | 254,754 | 12.934 | TMODULET600150 | 207,900 | 181,038 | 12.921 |
| TMODULET180060 | 291,500 | 253,863 | 12.911 | TMODULET600100 | 204,600 | 178,840 | 12.59 |
| TMODULET180050 | 290,400 | 253,165 | 12.822 | TMODULET60075 | 203,500 | 177,567 | 12.743 |
| TMODULET180035 | 289,300 | 252,274 | 12.798 | TMODULET60060 | 202,400 | 176,671 | 12.712 |
| TMODULET1700150 | 288,200 | 251,443 | 12.754 | TMODULET60050 | 201,300 | 175,961 | 12.588 |
| TMODULET1700100 | 286,000 | 249,254 | 12.848 | TMODULET60035 | 201,300 | 175,062 | 13.034 |
| TMODULET170075 | 284,900 | 247,996 | 12.953 | TMODULET550150 | 202,400 | 176,460 | 12.816 |
| TMODULET170060 | 283,800 | 247,107 | 12.929 | TMODULET550100 | 200,200 | 174,242 | 12.966 |
| TMODULET170050 | 282,700 | 246,412 | 12.836 | TMODULET55075 | 198,000 | 172,949 | 12.652 |
| TMODULET170035 | 281,600 | 245,516 | 12.814 | TMODULET55060 | 196,900 | 172,030 | 12.631 |
| TMODULET1600150 | 281,600 | 244,899 | 13.033 | TMODULET55050 | 196,900 | 171,293 | 13.005 |
| TMODULET1600100 | 278,300 | 242,675 | 12.801 | TMODULET55035 | 195,800 | 170,372 | 12.987 |
| TMODULET160075 | 277,200 | 241,384 | 12.921 | TMODULET500150 | 196,900 | 171,793 | 12.751 |
| TMODULET160060 | 276,100 | 240,458 | 12.909 | TMODULET500100 | 194,700 | 169,573 | 12.905 |
| TMODULET160050 | 275,000 | 239,725 | 12.827 | TMODULET50075 | 192,500 | 168,276 | 12.584 |
| TMODULET160035 | 273,900 | 238,801 | 12.815 | TMODULET50060 | 191,400 | 167,361 | 12.56 |
| TMODULET1500150 | 273,900 | 238,267 | 13.009 | TMODULET50050 | 191,400 | 166,625 | 12.944 |
| TMODULET1500100 | 270,600 | 236,046 | 12.769 | TMODULET50035 | 190,300 | 165,699 | 12.927 |
| TMODULET150075 | 269,500 | 234,753 | 12.893 | TMODULET450150 | 191,400 | 167,139 | 12.676 |
| TMODULET150060 | 268,400 | 233,831 | 12.88 | TMODULET450100 | 189,200 | 164,919 | 12.834 |
| TMODULET150050 | 267,300 | 233,094 | 12.797 | TMODULET45075 | 188,100 | 163,625 | 13.012 |
| TMODULET150035 | 266,200 | 232,172 | 12.783 | TMODULET45060 | 187,000 | 162,708 | 12.99 |
| TMODULET1400150 | 266,200 | 231,654 | 12.977 | TMODULET45050 | 185,900 | 161,972 | 12.871 |
| TMODULET1400100 | 262,900 | 229,430 | 12.731 | TMODULET45035 | 184,800 | 161,053 | 12.85 |
| TMODULET140075 | 261,800 | 228,141 | 12.857 | TMODULET400150 | 185,900 | 162,466 | 12.606 |
| TMODULET140060 | 260,700 | 227,216 | 12.844 | TMODULET400100 | 183,700 | 160,251 | 12.765 |
| TMODULET140050 | 259,600 | 226,483 | 12.757 | TMODULET40075 | 182,600 | 158,956 | 12.949 |
| TMODULET140035 | 258,500 | 225,559 | 12.743 | TMODULET40060 | 181,500 | 158,037 | 12.927 |
| TMODULET1300150 | 258,500 | 225,069 | 12.933 | TMODULET40050 | 180,400 | 157,302 | 12.804 |
| TMODULET1300100 | 255,200 | 222,845 | 12.678 | TMODULET40035 | 179,300 | 156,382 | 12.782 |

| 품명 | 단가 | | 절감 비율 | 품명 | 단가 | | 절감 비율 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 경제성 확보 전 | 경제성 확보 후 | | | 경제성 확보 전 | 경제성 확보 후 | |
| TMODULET130075 | 254,100 | 221,551 | 12.81 | TMODULET350150 | 180,400 | 157,813 | 12.521 |
| TMODULET130060 | 253,000 | 220,632 | 12.794 | TMODULET350100 | 178,200 | 155,593 | 12.686 |
| TMODULET130050 | 251,900 | 219,895 | 12.705 | TMODULET35075 | 177,100 | 154,298 | 12.875 |
| TMODULET130035 | 250,800 | 218,972 | 12.691 | TMODULET35060 | 176,000 | 153,384 | 12.85 |
| TMODULET1200150 | 250,800 | 218,504 | 12.877 | TMODULET35050 | 174,900 | 152,647 | 12.723 |
| TMODULET1200100 | 248,600 | 216,280 | 13.001 | TMODULET35035 | 173,800 | 151,728 | 12.7 |
| TMODULET120075 | 246,400 | 214,991 | 12.747 | TMODULET300150 | 168,300 | 146,713 | 12.827 |
| TMODULET120060 | 245,300 | 214,067 | 12.733 | TMODULET300100 | 166,100 | 144,490 | 13.01 |
| TMODULET120050 | 245,300 | 213,332 | 13.032 | TMODULET30075 | 163,900 | 143,199 | 12.63 |
| TMODULET120035 | 244,200 | 212,407 | 13.019 | TMODULET30050 | 162,800 | 142,277 | 12.606 |
| TMODULET1100150 | 243,100 | 211,956 | 12.811 | TMODULET30035 | 161,700 | 141,541 | 12.467 |
| TMODULET1100100 | 240,900 | 209,734 | 12.937 | TMODULET250150 | 161,700 | 140,624 | 13.034 |
| TMODULET110075 | 238,700 | 208,439 | 12.677 | TMODULET250100 | 162,800 | 142,090 | 12.721 |
| TMODULET110060 | 237,600 | 207,522 | 12.659 | TMODULET25075 | 160,600 | 139,871 | 12.907 |
| TMODULET110050 | 237,600 | 206,786 | 12.969 | TMODULET25060 | 158,400 | 138,581 | 12.512 |
| TMODULET110035 | 236,500 | 205,862 | 12.955 | TMODULET25050 | 157,300 | 137,657 | 12.488 |
| TMODULET1000150 | 221,100 | 192,885 | 12.761 | TMODULET25035 | 157,300 | 136,924 | 12.954 |
| TMODULET1000100 | 218,900 | 190,658 | 12.902 | TMODULET200150 | 156,200 | 135,998 | 12.933 |
| TMODULET100075 | 216,700 | 189,367 | 12.613 | TMODULET200100 | 157,300 | 137,468 | 12.608 |
| TMODULET100060 | 216,700 | 188,449 | 13.037 | TMODULET20075 | 155,100 | 135,243 | 12.803 |
| TMODULET100050 | 215,600 | 187,713 | 12.935 | TMODULET20060 | 154,000 | 133,949 | 13.02 |
| TMODULET100035 | 214,500 | 186,788 | 12.919 | TMODULET20050 | 152,900 | 133,032 | 12.994 |
| TMODULET950150 | 216,700 | 188,705 | 12.919 | TMODULET20035 | 151,800 | 132,300 | 12.846 |
| TMODULET950100 | 213,400 | 186,480 | 12.615 | TMODULET150150 | 150,700 | 131,371 | 12.826 |
| TMODULET95075 | 212,300 | 185,189 | 12.77 | TMODULET150100 | 151,800 | 132,842 | 12.489 |
| TMODULET95060 | 211,200 | 184,266 | 12.753 | TMODULET15075 | 149,600 | 130,615 | 12.691 |
| TMODULET95050 | 210,100 | 183,533 | 12.645 | TMODULET15060 | 148,500 | 129,327 | 12.911 |
| TMODULET95035 | 209,000 | 182,604 | 12.63 | TMODULET15050 | 147,400 | 128,406 | 12.886 |
| TMODULET900150 | 211,200 | 184,527 | 12.629 | TMODULET15035 | 146,300 | 127,672 | 12.733 |
| TMODULET900100 | 209,000 | 182,301 | 12.775 | TMODULET10150 | 145,200 | 126,747 | 12.709 |
| TMODULET90075 | 207,900 | 181,008 | 12.935 | TMODULET10100 | 147,400 | 128,216 | 13.015 |
| TMODULET90060 | 206,800 | 180,087 | 12.917 | TMODULET10075 | 144,100 | 125,991 | 12.567 |
| TMODULET90050 | 205,700 | 179,351 | 12.809 | TMODULET10060 | 143,000 | 124,703 | 12.795 |
| TMODULET90035 | 204,600 | 178,428 | 12.792 | TMODULET10050 | 141,900 | 123,777 | 12.772 |
| TMODULET850150 | 206,800 | 180,338 | 12.796 | TMODULET10035 | 140,800 | 123,049 | 12.607 |
| TMODULET850100 | 204,600 | 178,115 | 12.945 | TMODULET30060 | 139,700 | 122,122 | 12.583 |
| TMODULET85075 | 202,400 | 176,823 | 12.637 | FRC-6 | 49,500 | 43,291 | 12.543 |
| TMODULET85060 | 201,300 | 175,899 | 12.618 | FRC-5 | 39,600 | 34,514 | 12.843 |
| TMODULET85050 | 201,300 | 175,167 | 12.982 | FRC-4 | 31,900 | 27,772 | 12.94 |
| TMODULET85035 | 200,200 | 174,243 | 12.966 | FRC-3 | 198,000 | 173,021 | 12.616 |
| TMODULET800150 | 202,400 | 176,170 | 12.959 | FRC-2 | 148,500 | 129,247 | 12.965 |

| 품명 | 단가 | | 절감 비율 | 품명 | 단가 | | 절감 비율 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 경제성 확보 전 | 경제성 확보 후 | | | 경제성 확보 전 | 경제성 확보 후 | |
| TMODULET800100 | 199,100 | 173,950 | 12.632 | FRC-1 | 110,000 | 95,669 | 13.028 |
| TMODULET80075 | 198,000 | 172,656 | 12.8 | FSB15 | 117,700 | 102,479 | 12.932 |
| TMODULET80060 | 196,900 | 171,734 | 12.781 | FSB14 | 110,000 | 95,912 | 12.807 |
| TMODULET80050 | 195,800 | 170,997 | 12.668 | FSB13 | 97,900 | 85,555 | 12.61 |
| TMODULET80035 | 194,700 | 170,076 | 12.647 | FSB12 | 90,200 | 79,096 | 12.31 |
| TMODULET750150 | 196,900 | 171,992 | 12.65 | FSB11 | 84,700 | 73,847 | 12.813 |
| TMODULET750100 | 194,700 | 169,768 | 12.805 | FSB10 | 78,100 | 68,607 | 12.155 |
| TMODULET75075 | 193,600 | 168,474 | 12.978 | FSB9 | 69,300 | 60,958 | 12.038 |
| TMODULET75060 | 192,500 | 167,553 | 12.959 | FSB8 | 64,900 | 57,146 | 11.948 |
| TMODULET75050 | 191,400 | 166,818 | 12.843 | FSB7 | 62,700 | 55,249 | 11.884 |
| TMODULET75035 | 190,300 | 165,893 | 12.826 | FSB6 | 60,500 | 53,332 | 11.848 |
| TMODULET700150 | 192,500 | 167,819 | 12.821 | FSB5 | 58,300 | 51,430 | 11.784 |
| TMODULET700100 | 190,300 | 165,595 | 12.982 | FSB3 | 51,700 | 45,674 | 11.656 |
| TMODULET70075 | 188,100 | 164,300 | 12.653 | FSB2 | 49,500 | 43,785 | 11.545 |
| TMODULET70060 | 187,000 | 163,379 | 12.632 | FSB1 | 47,300 | 41,895 | 11.427 |
| TMODULET70050 | 187,000 | 162,644 | 13.025 | FSB | 53,900 | 47,576 | 11.733 |
| TMODULET70035 | 185,900 | 162,136 | 12.783 | FSC CYCLE300 | 71,500 | 62,595 | 12.455 |
| TMODULET650150 | 222,200 | 193,717 | 12.819 | FSC CYCLE200 | 58,300 | 51,354 | 11.914 |
| TMODULET650100 | 220,000 | 191,540 | 12.936 | FSC CYCLE100 | 45,100 | 40,113 | 11.058 |
| TMODULET65075 | 217,800 | 190,272 | 12.639 | FSP ESS PANNEL JOINT | 14,300 | 12,673 | 11.378 |
| TMODULET65060 | 216,700 | 189,374 | 12.61 | FBNO J103 | 51,700 | 45,024 | 12.913 |
| 평균 단가 절감 비율 | | | | | 12.730 | | |

## 4절. 테스트베드 구축

현재 사용되고 있는 케이블트레이의 산업규격은 매우 다양하여 현장에 따라 적용 규격이 상이한 경우가 발생한다. 이러한 다양한 규격에 적합한 제품 생상을 위해 모든 규격에 대응하는 지그장치를 제작하는 것은 경제성 및 공간의 한계를 가지며, 한 가지 규격으로 제품을 생산할 경우 적용성이 낮아지고 다양한 규격에 대응하기 위해 2차 공정이 이루어져야 하므로 생산성 및 경제성이 저하될 수밖에 없다. 따라서 본 연구에서는 조립식 지그모듈 제작을 통해 이에 대한 개선을 시도하였다.

조립식 지그모듈의 구조는 외부 지그 판에 지그 모듈을 배치하고 고정하여 대상 규격제품을 생산 가능하도록 고안되었으며, 지그 모듈 또한 다양한 형태로 제작함으로써 현장 여건에 따라 최적의 제품을 납품할 수 있도록 제작되었다. 또한 조립과 분해가 자유롭기 때문에 현장의 트레이 규격에 구애받지 않고, 효율적인 제품 생산이 가능하다.




(a) 외부 지그 판




(b) 지그 모듈




(c) 형태가 상이한 지그모듈

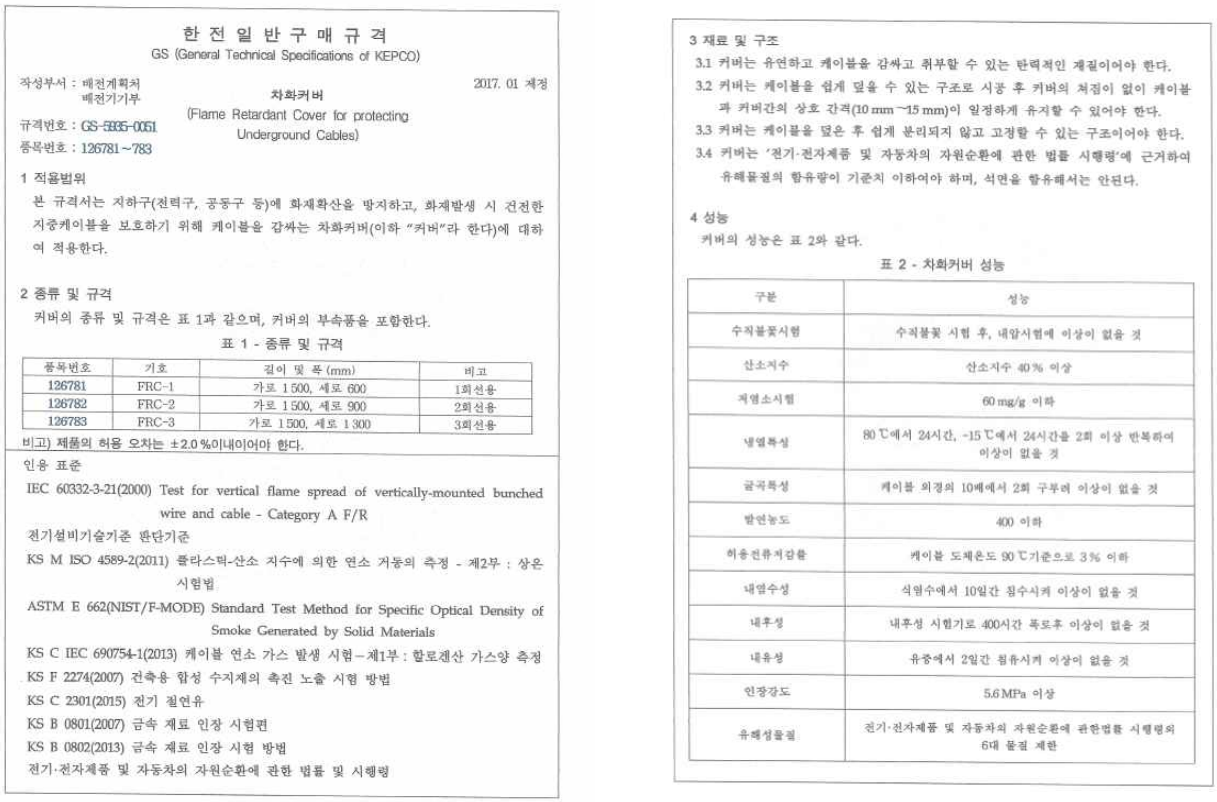



(d) 지그 모듈의 조립

그림 3.4.1 테스트베드 구축

# 5절. 차화커버 설계기준 제안 및 반영

연구 진행 과정에서 본 연구 결과물의 주요 수요처인 한전에 '차화커버' 설계기준 적용안을 제안하였으며, 해당 제안이 수용되어 한전일반구매규격(GS-5935-0051) '차화커버'가 2017년 1월 제정되었다.



한 전 일 반 구 매 규 격
GS (General Technical Specifications of KEPCO)

작성부서 : 배전계획처 배전기기부 | 2017. 01 제정

차화커버
(Flame Retardant Cover for protecting Underground Cables)

규격번호 : GS-5935-0051
품목번호 : 126781~783

1 적용범위

본 규격서는 지하구(전력구, 공동구 등)에 화재확산을 방지하고, 화재발생 시 건전한 지중케이블을 보호하기 위해 케이블을 감싸는 차화커버(이하 "커버"라 한다)에 대하여 적용한다.

2 종류 및 규격

커버의 종류 및 규격은 표 1과 같으며, 커버의 부속품을 포함한다.

표 1 - 종류 및 규격

| 품목번호 | 기호 | 길이 및 폭 (mm) | 비고 |
|---|---|---|---|
| 126781 | FRC-1 | 가로 1 500, 세로 600 | 1회선용 |
| 126782 | FRC-2 | 가로 1 500, 세로 900 | 2회선용 |
| 126783 | FRC-3 | 가로 1 500, 세로 1 300 | 3회선용 |

비고) 제품의 허용 오차는 ±2.0 %이내이어야 한다.

인용 표준

IEC 60332-3-21(2000) Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wire and cable - Category A F/R
전기설비기술기준 판단기준
KS M ISO 4589-2(2011) 플라스틱-산소 지수에 의한 연소 거동의 측정 - 제2부 : 상온 시험법
ASTM E 662(NIST/F-MODE) Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials
KS C IEC 690754-1(2013) 케이블 연소 가스 발생 시험－제1부 : 할로겐산 가스양 측정
KS F 2274(2007) 건축용 합성 수지재의 측진 노출 시험 방법
KS C 2301(2015) 전기 절연유
KS B 0801(2007) 금속 재료 인장 시험편
KS B 0802(2013) 금속 재료 인장 시험 방법
전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률 및 시행령

3 재료 및 구조

3.1 커버는 유연하고 케이블을 감싸고 취부할 수 있는 탄력적인 재질이어야 한다.
3.2 커버는 케이블을 쉽게 덮을 수 있는 구조로 시공 후 커버의 처짐이 없이 케이블과 커버간의 상호 간격(10 mm ~15 mm)이 일정하게 유지할 수 있어야 한다.
3.3 커버는 케이블을 덮은 후 쉽게 분리되지 않고 고정할 수 있는 구조이어야 한다.
3.4 커버는 '전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률 시행령'에 근거하여 유해물질의 함유량이 기준치 이하여야 하며, 석면을 함유해서는 안된다.

4 성능

커버의 성능은 표 2와 같다.

표 2 - 차화커버 성능

| 구분 | 성능 |
|---|---|
| 수직불꽃시험 | 수직불꽃 시험 후, 내압시험에 이상이 없을 것 |
| 산소지수 | 산소지수 40 % 이상 |
| 적열소시험 | 60 mg/g 이하 |
| 내열특성 | 80 ℃에서 24시간, -15 ℃에서 24시간을 2회 이상 반복하여 이상이 없을 것 |
| 굴곡특성 | 케이블 외경의 10배에서 2회 구부려 이상이 없을 것 |
| 발연농도 | 400 이하 |
| 허용전류저감률 | 케이블 도체온도 90 ℃기준으로 3% 이하 |
| 내염수성 | 식염수에서 10일간 침수시켜 이상이 없을 것 |
| 내후성 | 내후성 시험기로 400시간 폭로후 이상이 없을 것 |
| 내유성 | 유중에서 2일간 침유시켜 이상이 없을 것 |
| 인장강도 | 5.6 MPa 이상 |
| 유해성물질 | 전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한법률 시행령의 6대 물질 제한 |

그림 3.5.1 차화커버 설계기준 제안 및 반영 결과

# 6절. 차열·차염 내화 케이블트레이 모듈 개발

## 1. 내화 케이블 트레이 모듈 개발

본 연구에서는 케이블 트레이에 적용하는 차화 차열 부재를 적용하여 내화성을 확보함과 동시에 점검 및 유지보수가 용이한 케이블트레이 모듈 개발을 수행하였다.

(a)에는 개별 차열 차염 부재가 케이블 트레이의 외부에 장착되는 경우를 도시하고 있다. (c)에는 개별 차열 차염 부재가 케이블 트레이의 내면에 장착되는 경우를 도시하고 있다. (e)에는 개별 차열 차염 부재 중 상면부는 케이블 트레이의 외부에 장착되고, 나머지는 케이블 트레이의 내면에 장착되는 경우를 도시하고 있는데, 상면부는 케이블 트레이와의 결합의 용이성을 위하여 돌출된 돌기를 가지도록 설계하였다. 이러한 돌기는 케이블 트레이의 상부 꺽임부 내부에 결합되도록 형성될 수도 있고((e) 참조), 케이블 트레이의 외부를 덮을 수 있도록 형성될 수도 있다((f) 참조).

차열 차염 부재의 일부가 채널 형태를 가지는 경우, (b)차열 차염 부재는 케이블 트레이의 상면부, 좌측면부 및 우측면부(3면부)를 커버하는 상부 채널 부재와, 케이블 트레이의 하면부를 커버하는 하면부 부재로 이루어지거나, 또는 (d)하면부, 좌측면부 및 우측면부(3면부)를 커버하는 하부 채널 부재와, 상면부를 커버하는 상면부 부재로 이루어질 수 있다.

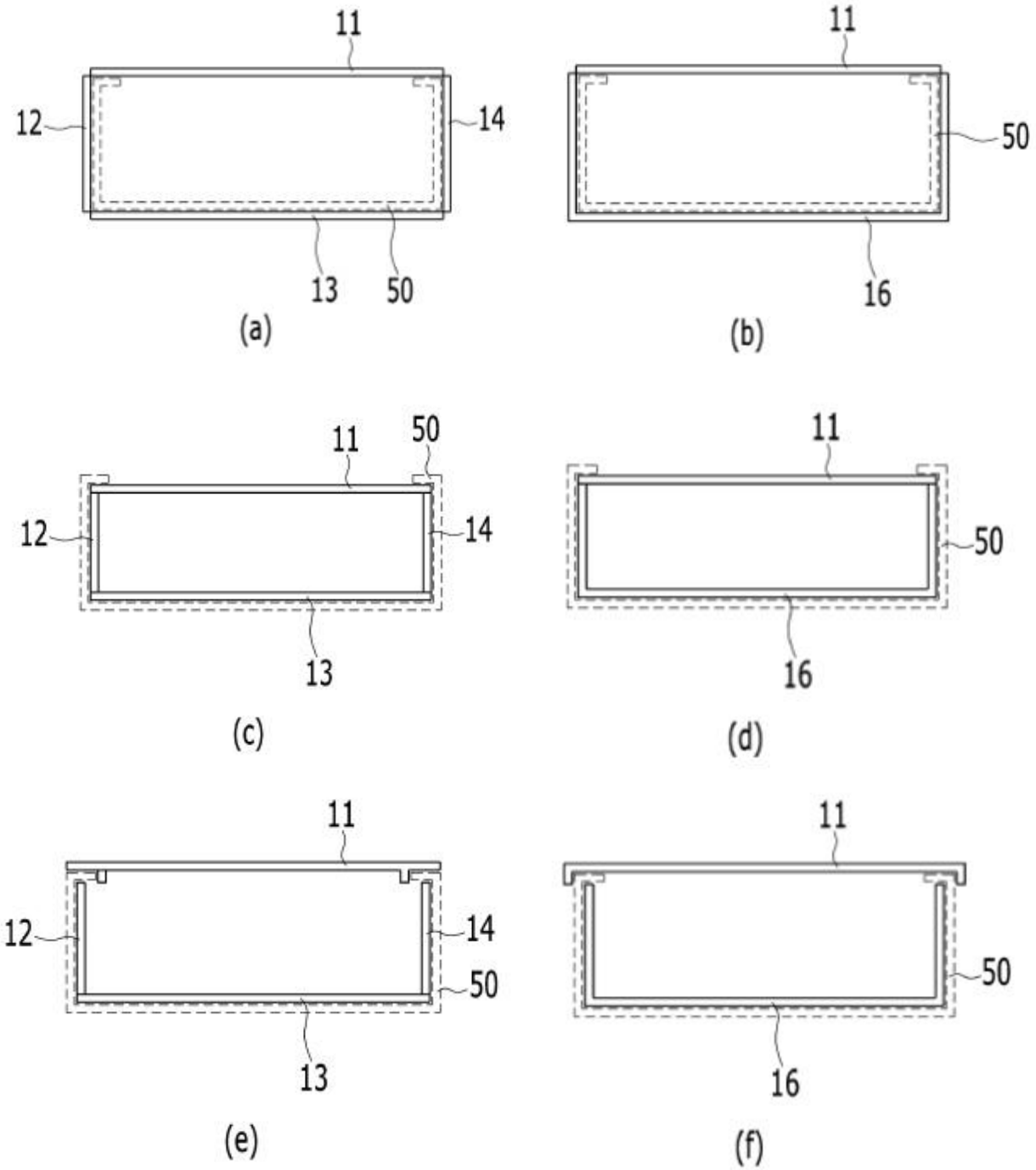



그림 3.6.1 내화 케이블 트레이 모듈 개발

케이블 트레이의 경우 그 특성상 시간이 경과함에 따라 케이블이나 전선 배관 등에 있어서 열화가 발생하여 그 기능을 충실히 수행할 수 없을 수도 있기 때문에 케이블 트레이에 포설된 케이블이나 전선 배관에 대하여는 정기적으로 점검을 할 필요가 있다. 즉 케이블이나 전선 배관의 연결부나 이음매 부분에 열화가 발생하여 기능이 저하될 우려가 있는지를 점검할 필요가 있다. 또한, 케이블이나 전선 배관 등에 고장이 발생한 경우에는 해당 부분을 해체하거나 새로운 케이블이나 전선 배관으로 교체할 필요가 있다. 이와 같은 점검이나 교체 시, 케이블 트레이를 차열 차염 부재로 완전히 감싸고 있는 경우에는 이들을 해체한 후에 점검을 해야 하는

어려움이 있고, 또한 교체를 하는 경우에는 이들을 모두 해체해야 한다는 어려움이 있다. 특히 이러한 점검 및 교체 작업이 지면에서 상당히 높은 고공 장소에서 이루어지기 때문에 더욱 불편하고 위험할 수 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여, 본 연구의 내화 케이블 트레이 모듈에는 점검구를 형성하였다. 점검구를 통하여 케이블이나 전선 배관의 상태를 점검할 수 있고, 점검 결과 케이블이나 전선 배관의 상태가 심히 불량하여 교체를 하는 경우에도 점검구를 통하여 교체를 할 수 있는 구조를 가진다. 또한 케이블 트레이의 관통공 및 이에 대응되는 케이블 트레이용 차열 차염 부재의 통기공을 동시에 관통하여 체결하는 체결 부재를 통하여 케이블 트레이와 차열 차염 부재를 고정하도록 설계되어 보다 시공의 용이성을 향상시켰다.

## 2. 실규모 화재 실험

본 연구에서는 실규모 화재에 대한 재품 성능 시험을 위해 수직불꽃 시험과 모의 터널을 이용한 실규모 화재 시험을 수행하였다.

### 2.1 수직불꽃 시험 및 성적서 발급

가. 시험 방법

수직 불꽃시험은 공장이나 건물 내에 케이블이 설치되는 경우 어느 정도 화재에 버틸 수 있는가의 기준을 세우기 위한 시험이다. 기본적으로 KSC IEC 60332의 방법을 따라 수행하며 시험의 정도에 따라 다음과 같이 두 방법으로 구분한다.

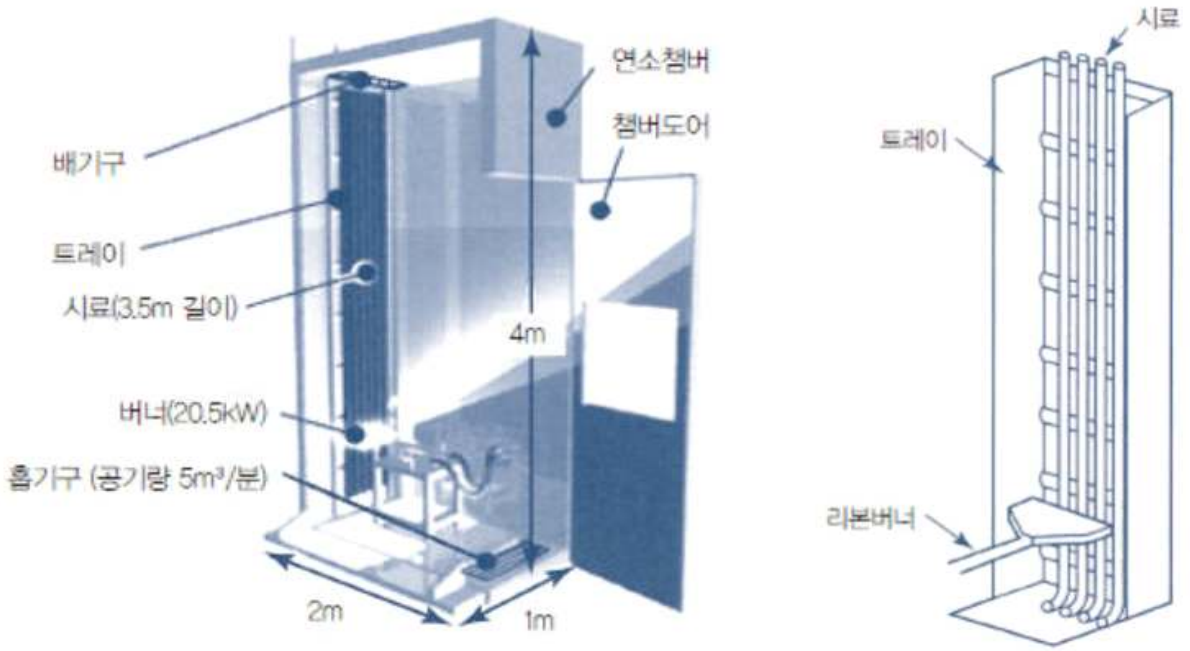
- Category A (IEC 60332-3-22) : 40분 시험
- Category C (IEC 60332-3-24) : 20분 시험

점화원은 1-2개의 리본형 프로판 가스 버너로서 1.32D 242개 구멍이 있는 257x4.5mm 크기를 갖는다. 시험조의 바닥으로부터 600mm 높이에 위치토록 하고 시료 케이블 표면으로부터 75mm에서 점화시킨다. 화염이 닿는 위치는 사다리의 2개의 계단 사이에 위치해야 하고 케이블 시료의 맨 밑단에서 500mm 이상의 높이에 있도록 하여야 한다. 1bar 20℃ 기준으로 공기는 77.7±4.8L/min, 프로판은 13.5±0.5L/min로 공급한다.

케이블의 시편은 바닥으로부터 100mm 떨어지게 설치한다. 화염을 인가하기 직전에 집진장치를 가동시킨다.

시험용 화염을 Category A의 경우 40분, Category C의 경우 20분간 적용한 후 제거한다. 이때 챔버 내의 공기의 흐름은 케이블의 연소가 중지될 때까지 또는 1시간 동안 계속되어야 한다. 1시간 후에는 케이블이 계속 연소되고 있어도 중지하여야 한다.

남은 케이블은 세척을 하고 날카로운 도구로 케이블 표면을 눌렀을 때 표면이 부서지기 시작하는 부분이 탄화가 시작되는 지점으로 본다. 케이블이 탄화된 지점이 버너 바닥 면의 위치로부터 2.5m를 초과하지 않아야 한다. 만약 분쟁이 생긴다면 2번의 추가 시험을 행할 수 있으며 모두 만족한다면 통과된 것으로 본다.




(a) 시험 장비의 구조 (b) 시험 시료의 배치

그림 3.6.2 수직불꽃 시험의 구조

나. 시험 결과

- 1회차 : 탄화길이 0.65m로 적합한 것으로 확인되었다.
- 2회차 : 탄화길이 0.65m로 적합한 것으로 확인되었다.



그림 3.6.3 수직불꽃 시험 사진



KERI

시험성적서

2017TS00762 1/6

| | |
|---|---|
| 시험종류 | 참고시험 |
| 제 품 명 | 차화커버 |
| 형 식 명 | - |
| | - |
| 접수번호 | TRD16S03621 |
| 신 청 자 | 주식회사 광문기술<br>경기도 화성시 남양읍 주석로 276 |
| 제 작 자 | 주식회사 광문기술<br>경기도 화성시 남양읍 주석로 276 |
| 시험일자 | 2016-11-01 ~ 2017-03-09 |
| 발행일자 | 2017-03-13 |

본 참고시험은 신청자의 요구에 따라 수행되었음.

본 참고시험성적서는 KERI에 의해 발행되었음.

시험결과는 시험품의 성능과 시험 중 관찰된 내용을 시험기록으로 나타내었음.

KERI의 서면승인 없이 시험성적서의 일부를 복사하여 사용할 수 없음.
PDF파일 또는 전자사본은 기술정보일 뿐이며, 검인된 성적서만 그 효력이 있음.

본 성적서는 참고시험의 용도이외의 과대홍보, 오용, 소송 등으로 사용할 수 없음.

시험성적서 총 페이지(6) : 성적서 (5), 사진 (1), 회로도 (0), 도면 (0), 첨부 (0), 오실로그램 (0)

승 인 (기술책임자) 원 호 성

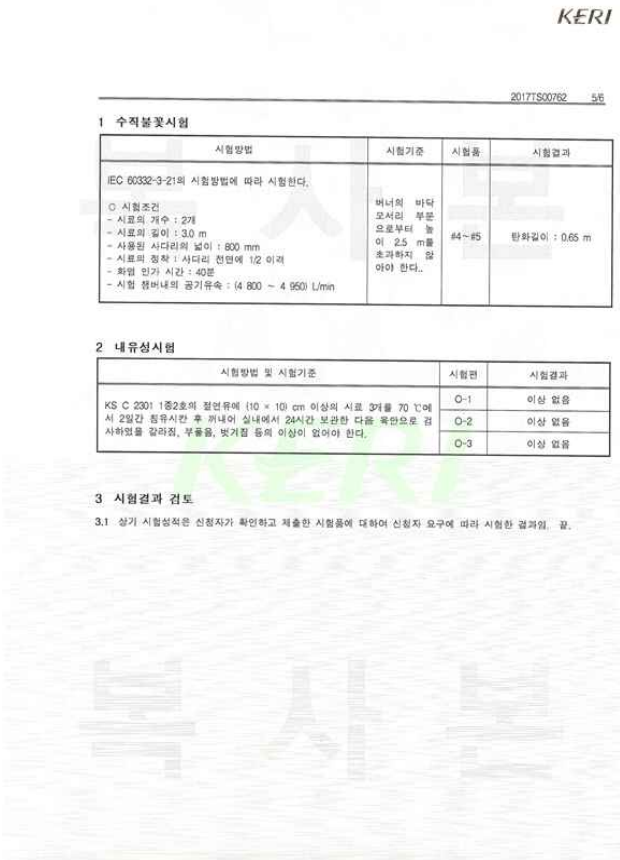
작 성 소 진 중

한 국 전 기 연 구 원 장

한국전기연구원 창원본원 경상남도 창원시 성산구 불모산로 10번길 12(성주동) Tel : 055 280 1114, Fax : 055 280 1512
안산분원 경기도 안산시 상록구 한가울로 111(사동) Tel : 031 8040 4404, Fax : 031 8040 4499

※ 검증번호 : WCKL-8450 (http://trca.keri.re.kr)

DF-CA-21/22/12



KERI

2017TS00762 5/6

1 수직불꽃시험

| 시험방법 | 시험기준 | 시험품 | 시험결과 |
|---|---|---|---|
| IEC 60332-3-21의 시험방법에 따라 시험한다.<br><br>○ 시험조건<br>- 시료의 개수 : 2개<br>- 시료의 길이 : 3.0 m<br>- 사용된 사다리의 넓이 : 800 mm<br>- 시료의 장착 : 사다리 전면에 1/2 이격<br>- 화염 인가 시간 : 40분<br>- 시험 챔버내의 공기유속 : (4 800 ~ 4 950) L/min | 버너의 바닥 모서리 부분으로부터 높이 2.5 m를 초과하지 않아야 한다.. | #4~#5 | 탄화길이 : 0.65 m |

2 내유성시험

| 시험방법 및 시험기준 | 시험편 | 시험결과 |
|---|---|---|
| KS C 2301 1종2호의 절연유에 (10 × 10) cm 이상의 시료 3개를 70 ℃에서 2일간 침유시킨 후 꺼내어 실내에서 24시간 보관한 다음 육안으로 검사하였을 경우에, 부풀음, 벗겨짐 등의 이상이 없어야 한다. | O-1 | 이상 없음 |
| | O-2 | 이상 없음 |
| | O-3 | 이상 없음 |

3 시험결과 검토

3.1 상기 시험성적은 신청자가 확인하고 제출한 시험품에 대하여 신청자 요구에 따라 시험한 결과임. 끝.

(a) 1회차 공인 성적서



KERI

시험성적서

2017TS01097 1/7

| | |
|---|---|
| 시험종류 | 참고시험 |
| 제 품 명 | 케이블트레이 방화구획재 |
| 형 식 명 | - |
| | - |
| 접수번호 | TRD17S01108 |
| 신 청 자 | 주식회사 광문기술<br>경기도 화성시 남양읍 주석로 276 |
| 제 작 자 | 주식회사 광문기술<br>경기도 화성시 남양읍 주석로 276 |
| 시험일자 | 2017-04-13 |
| 발행일자 | 2017-04-18 |

본 참고시험은 신청자의 요구에 따라 수행되었음.

본 참고시험성적서는 KERI에 의해 발행되었음.

시험결과는 시험품의 성능과 시험 중 관찰된 내용을 시험기록으로 나타내었음.

KERI의 서면승인 없이 시험성적서의 일부를 복사하여 사용할 수 없음.
PDF파일 또는 전자사본은 기술정보일 뿐이며, 검인된 성적서만 그 효력이 있음.

본 성적서는 참고시험의 용도이외의 과대홍보, 오용, 소송 등으로 사용할 수 없음.

시험성적서 총 페이지(7) : 성적서 (5), 사진 (2), 회로도 (0), 도면 (0), 첨부 (0), 오실로그램 (0)

승 인 (기술책임자) 원 호 성

작 성 소 진 중

한 국 전 기 연 구 원 장

한국전기연구원 창원본원 경상남도 창원시 성산구 불모산로 10번길 12(성주동) Tel : 055 280 1114, Fax : 055 280 1512
안산분원 경기도 안산시 상록구 한가울로 111(사동) Tel : 031 8040 4404, Fax : 031 8040 4499

※ 검증번호 : WICL-8569 (http://trca.keri.re.kr)

DF-CA-21/22/12



KERI

2017TS01097 5/7

1 수직불꽃시험

| 시험방법 및 시험기준 | 시험결과 |
|---|---|
| KS C IEC 60332-3-24:2013화재조건에서의 전기 케이블 난연성 시험]에 따르며, 아래의 그림과 같이 사다리형 케이블트레이 하단으로 부터 1.2 m까지 비 난연 케이블을 노출된 상태로 배치하고 상부는 주입형 방화구획재 및 차화커버를 2.7 m지점까지 수직으로 설치한다.<br>아래의 시험조건에 따라 비난연 케이블에 불꽃을 인가하여 비난연 케이블을 충분히 연소시킨다.<br><br>○ 시험조건<br>- 시험지속시간 : 20분<br>- 사다리형 케이블트레이 크기 : 폭(0.3 m) × 높이(0.1 m) × 길이(3 m)<br>- 케이블의 종류 및 수량<br>케이블 종류 / 규격 / 길이 / 수량 / 비고<br>TR CNCV / 325 mm² / 3 m / 1 / 전력용<br>CV / 250 mm² / 3 m / 3 / 전력용<br>CV / 100 mm² / 3 m / 2 / 전력용<br>CV / 60 mm² / 3 m / 12 / 전력용<br>CV / 38 mm² / 3 m / 9 / 전력용<br>UTP / 25P / 3 m / 19 / 통신용<br>AWG / 25P / 3 m / 4 / 통신용<br>- 주입형 방화구획재 수량 : 하단기준 1.2 m 지점 1개 , 2.7 m 지점 1개<br>- 주입형 방화구획재 크기 : 폭(0.3 m) × 높이(0.1 m) × 길이(0.1 m)<br>- 차화커버 수량 : 2개(양면, 빗면)<br>- 차화커버 크기 : 폭(0.6 m) × 높이(0.013 m) × 길이(1.5 m)<br><br>○ 평가방법<br>- 방화구획재, 차화커버 및 케이블의 발화가 끝나거나 꺼진 후 세척을 한다.<br>- 세척 후 표면의 표면에 손상이 없다면 그을음은 무시할 수 있다.<br>- 차화커버를 벗겨내어 주입형 방화구획재의 탄화 상태를 확인한다. | 하단기준 1.2 m 지점<br>○ 방화구획재 하부<br>- 약 0.02 m 탄화됨<br>- 케이블 전소됨<br>○ 방화구획재 상부<br>- 탄화된 흔적이 없음<br><br>하단기준 2.7 m 지점<br>○ 방화구획재 하부<br>- 탄화된 흔적이 없음<br>○ 방화구획재 상부<br>- 케이블 0.25 m 탄화됨<br><br>○ 방화구획재의 화염 침투<br>- 침투흔적이 없음 |

2 시험결과 검토

2.1 상기 시험성적은 신청자가 확인하고 제출한 시험품에 대하여 신청자 요구에 따라 시험한 결과임. 끝.

한국전기연구원 Korea Electrotechnology Research Institute

DF-CA-21/33/01

(b) 2회차 공인 성적서

그림 3.6.4 수직불꽃시험 성적서

2.2 모의 터널을 이용한 실규모 화재 실험

가. 실험 방법

1) 화원의 설정

- 모의 터널 실험 조건에서의 HRR(순간 열 방출률)의 최대치는 약 1.43 MW 수준이 될 것으로 추정된다.

표 3.6.1 화원의 설정

| 구 분 | A급 화재 | B급 화재 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 1단위 실험 시 최대열방출율 (kW) | - 약 1250 | - 약 300 | |
| 1단위 실험 시 적용 수량 | - 목재크립 90개 + 1.5L 유류 | - 유류 0.2$m^2$ 6L | |
| 모의 터널 실험 시 적용 수량 | - 1set<br>- 목재크립 90개 + 1.5L 유류 | - 유류 0.01$m^2$×12개=0.12$m^2$<br>- 1시간 지속 연소를 위해 연료 두께를 5배로 증가<br>: (0.12/0.2) × (0.15/0.03) × 6L = 18L | - 유류화재의 경우 연소면적은 화재 강도를, 연료 두께는 연소시간을 결정하는 인자로 작용함 |
| 모의 터널 실험 시 Peak HRR (kW) | - 약 1250 | - 300 × (0.12/0.2) = 약 180 | <소계><br>1250 + 180 = 1430 |

2) 화재 강도의 추정

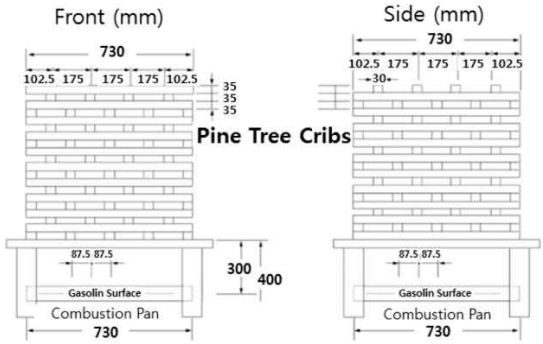
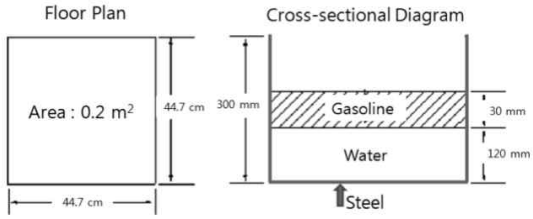
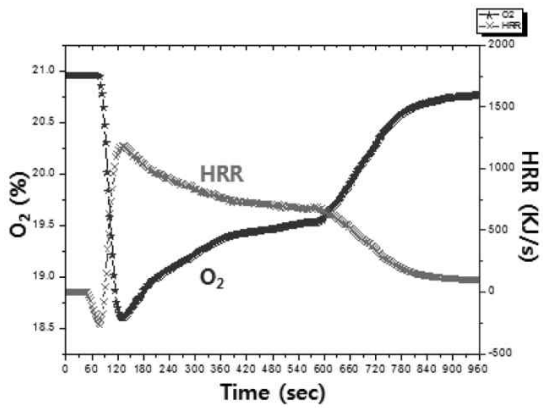
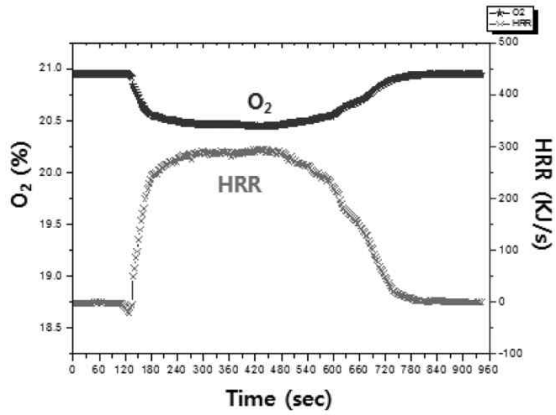
- 모의 터널 실험에서의 화재강도는 실제 터널에서 약 트럭 1대, 또는 버스 1대와 승용차 2대가 동시 연소하는 수준으로 매우 가혹한 조건이며, 유류화원의 위치 또한 케이블트레이와 근접해 있기 때문에 보다 높은 수준의 화재강도를 적용하였다 할 수 있다.

표 3.6.2 화재강도의 추정

| 구분 | 실제 터널 | 모의 터널 |
|---|---|---|
| 단면적($m^2$) | 약 80 | 약 4 |
| 설계 화재강도(MW) | 20 | 1.43 |
| 단면적 대비 화재강도(MW/$m^2$) | 0.25 | 0.36 |

3) 적용 화원의 종류

표 3.6.3 적용화원의 종류

| 구분 | A급 화재 | B급 화재 |
|---|---|---|
| 가연물 설정 | 수분 함유율이(10~15)% 이하인 소나무(Pine Tree)나 오리나무(Alder Tree)로 하며 규격은(30±3) mm × (35±3) mm × (730±3) mm이다. 연소대에는 1.5 L의 휘발유를 넣어 불을 붙인다. | 유류는 Gasoline으로 하며 그림과 같이 연소면적 0.2 $m^2$로 하며 120 mm의 물위에 30 mm의 Gasoline을 넣는다. 즉, Water의 양은 24 L, Gasoline의 양은 6L이다. |
| Modeling |  |  |
| 산소농도 및 HRR 곡선 |  |  |

4) 설계화재강도<도로터널 방재시설 설치 관리지침 中>

- 본 지침에서는 설계화재강도를 20MW 이상으로 하며, 이때의 연기발생량은 80m3/s로 할 것을 권장한다.

표 3.6.4 터널의 설계화재강도

| 적용 차종 | 승용차 | 버스 | 트럭 | 탱크롤리 |
|---|---|---|---|---|
| 화재강도(MW) | 5이하 | 20 | 30 | 100 |
| 연기발생량($m^3$/s) | 20 | 60~80 | 80 | 200 |

5) 화원의 구성

- A급 목재 : 1 set
- B급 유류 : 10×10 cm × 12 개

6) 실험의 구성

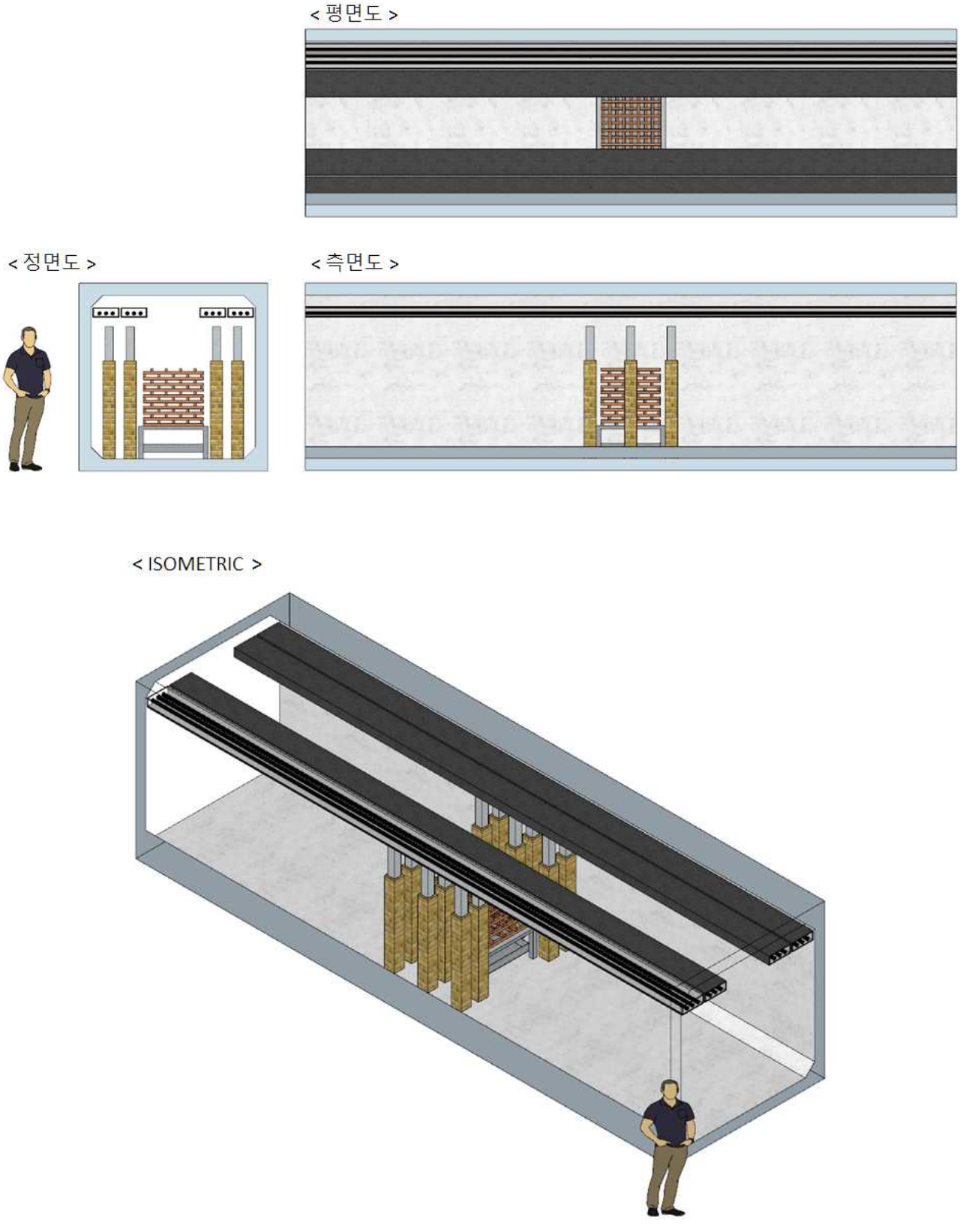



그림 3.6.5 모의터널을 이용한 실화재 실험의 구성

7) 시험 방법 및 시험기준

- 모의 터널의 크기 : 높이(2m) × 길이(8m) ×폭(2m)
- 트레이 및 케이블 길이 및 수량 :
  트레이 8m (케이블 TFR CV 70SQ ×5가닥, 7m) -차화커버 설치
  트레이 8m (케이블 TFR CV 70SQ ×5가닥, 7m) -차화커버 미설치
- 차화커버 설치 트레이 방화구획제 및 차화커버로 마감
- 점화원 : n-Heptane(18L) (B급 유류화재)
- 목재 크리트 : 가로(3.5cm) × 세로(3cm) × 길이(73cm), 90개
- 시험지속시간 : 60분



그림 3.6.6 모의터널을 이용한 실화재 실험

- 열전대 부착위치 :

• 트레이 끝을 기준으로 (1)번 4.5m(외부), (2)번 5.0m(내부), (3)번 4.0m(내부), (4)번 3.0m (내부), (5)번 3.5m(외부)

• 트레이 끝을 기준으로 (1)번 4.5m(외부), (2)번 5.0m(내부), (3)번 4.0m(내부), (4)번 3.0m (내부), (5)번 3.5m(외부)

8) 평가 방법

- 모든 케이블 및 케이블 트레이의 연소나 발화가 끝나거나 꺼진 후, 케이블을 세척한다.
- 세척 후 원래의 표면에 손상이 없다면 그을음은 무시할 수 있다.
- 탄화거리를 미터단위로 측정한다.
- 탄화 시작점은 칼날같이 날카로운 객체로 케이블 표면을 눌러 탄력이 있는 표면에서 깨지기(부스러지기) 쉬운 표면으로 변하는 부분으로 한다.
- K타입 열전대를 통한 케이블트레이 내·외부 온도를 측정한다.

나. 실험 결과

1) 케이블 탄화길이

- 차화커버 설치 : 3.4m
- 카화커버 미설치 : 7.0m



그림 3.6.7 모의터널을 이용한 실화재 실험 후 케이블트레이 비교

2) 케이블 최고 온도

- 차화커버 설치 : 내부 215℃, 외부 872℃
- 차화커버 미설치 : 내부 685℃, 외부 790℃

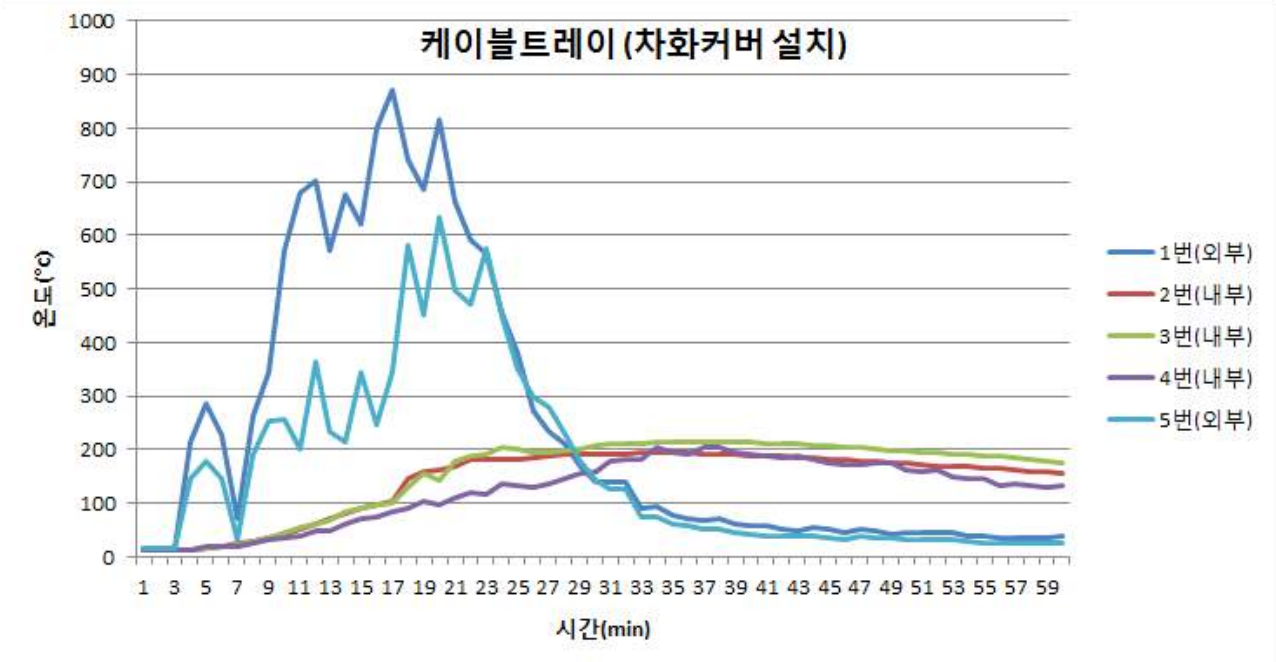



그림 3.6.8 차화커버 설치 케이블트레이의 온도변화

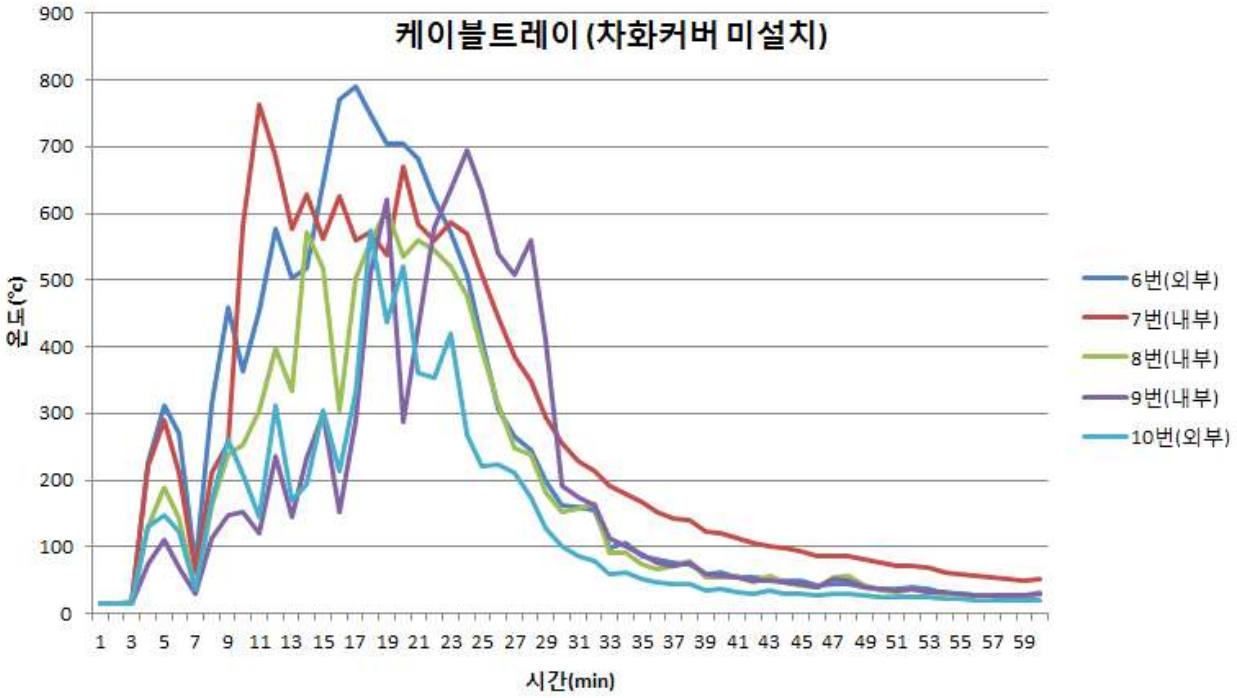



그림 3.6.9 차화커버 미설치 케이블트레이의 온도변화

3) 실험 후 모의터널 상태

- 폭열로 인한 콘트리트 부재 표면이 폭음과 함께 박리 및 탈락하는 현상이 발생하여 차화커버에 콘트리트 부재 낙하가 발생



그림 3.6.10 실험 후 모의터널 천장의 폭열 사진

4) 공인 성적서 발급

- 본 실험기법을 활용하여 2회 실험을 수행하였으며, 제 3기관인 한국 전기연구원 및 한국화학융합시험연구원에 의뢰를 통한 공인 실험을 수행하였다.



시험성적서

KERI

2017TS00935 1/12

| | |
|---|---|
| 시험종류 | 참고시험 |
| 제 품 명 | 차화커버 |
| 형 식 명 | - / - |
| 접수번호 | TRD17S00710 |
| 신 청 자 | 주식회사 광운기술<br>경기도 화성시 남양읍 주석로 276 |
| 제 작 자 | 주식회사 광운기술<br>경기도 화성시 남양읍 주석로 276 |
| 시험일자 | 2017-03-29 ~ 2017-03-30 |
| 발행일자 | 2017-03-30 |

본 참고시험은 신청자의 요구에 따라 수행되었음.

본 참고시험성적서는 KERI에 의해 발행되었음.

시험결과는 시험품의 성능과 시험 중 관찰된 내용을 시험기록으로 나타내며, 관련 오실로그램을 첨부하였음.

KERI의 서면승인 없이 시험성적서의 일부를 복사하여 사용할 수 없음.
PDF파일 또는 전자서본은 기술정보일 뿐이며, 검인된 성적서만 그 효력이 있음.

본 성적서는 참고시험의 용도이외의 광대홍보, 오용, 소송 등으로 사용할 수 없음.

시험성적서 총 페이지(12) : 성적서 (8), 사진 (2), 회로도 (0), 도면 (0), 첨부 (0), 오실로그램 (2)

승인
(기술책임자) 인 호 성

작 성 소 진 중

한국전기연구원장

한국전기연구원 창원본원 경상남도 창원시 성산구 불모산로 10번길 12(성주동) TEL : 055 280 1114, FAX : 055 280 1512
안산분원 경기도 안산시 상록구 한가울로 111(사동) TEL : 031 8040 4404, FAX : 031 8040 4499

※ 검증번호 : EKMT-2748 (http://trca.keri.re.kr) DF-CA-21/22/12



BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

TEST REPORT

우 15073 경기도 시흥시 산기대학로 237 (정왕동) TEL (031)434-8137 FAX (031)434-8138
한국산업기술대학교 시화복합비즈니스센터 1층

성적서번호 : TBA-000048 접 수 일 자 : 2017년 03월 15일
대 표 자 : 이재업 시험완료일자 : 2017년 08월 11일
업 체 명 : (주)광운기술
주 소 : 경기도 화성시 남양읍 주석로 276

시 료 명 : 모의터널 내 케이블 트레이 실화재실험

시 험 결 과

| 시험항목 | 단위 | 시료구분 | 결과치 | 시험방법 |
|---|---|---|---|---|
| 모의터널 내 케이블 트레이 실화재 실험 | - | - | 보고서 | 보고서 참조(*) |

* 시험방법 : 의뢰자 제시
* 시험장소 : 경기도 화성시 남양읍 주석로 276 (주)광운기술

* 용 도 : 품질관리용

비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용할 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 원본(종본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/재발본은 결과치 참고용입니다.

작성자 : 심지훈
E-mail: jhshim@ktr.or.kr

기술책임자 : 강영관
Tel : 1577-0091(ARS ①-④)

2017년 08월 11일

KTR 한국화학융합시험연구원장

위변조 확인용 QR code

Page : 1 of 1

전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다. 전자문서본(Electronic Copy)

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE KTR-QP-T09-F01-02(07) A4(210 X 297)

1회차 공인 성적서 2회차 공인 성적서

그림 3.6.11 모의터널을 이용한 실화재 실험 공인 성적서

### 3. 한전 차화커버 규격시험 및 성적서 발급

- 한국전력공사에서는 지하구(전력구, 공동구 등)에 화재확산을 방지하고, 화재발생 시 건전한 지중케이블을 보호하기 위해 케이블을 감싸는 차화커버에 대하여 적용하기위해 한전일반구매규격(GS-5935-0051) '차화커버'를 명시하고 있다. 본 연구의 개발품인 차화커버는 이에 대응하는 제품으로, 해당 규격에 명시된 시험들에 대한 성능확인을 수행하였다.

표 3.6.5 한전일반구매규격(GS-5935-0051) '차화커버'에서 명시하는 성능시험

| 항 목 | 성 능 | 적용대상 |
|---|---|---|
| 외관검사 | 육안이나 손으로 만져 흠이나 결점 등이 없어야 함 | 차화커버 |
| 구조검사 | 2항(종류 및 규격)의 표 1 및 3항(재료 및 구조)을 만족해야 함 | 차화커버 |
| 수직불꽃 시험 | IEC 60332-21 시험 후 전기설비기술기준 판단기준 제 13조(전로의 절연저항 및 절연내력)에 의거하여 절연내력 시험을 시행하여 이상이 없어야 함 | 차화커버 |
| 산소지수 시험 | KS M ISO 4589-2에 의하여 시행하며, 40% 이상이어야 함 | 차화커버 |
| 저염소 시험 | IEC 60754-1에 의하여 시행하며, 60mg/g 이하이어야 함 | 차화커버 |

| 항 목 | 성 능 | 적용대상 |
|---|---|---|
| 냉열특성 시험 | -15℃ 이하의 저온용기에서 24시간 경과 후 다시 80℃로 가온시켜 24시간 경과시키는 열사이클을 2회 반복한 다음 육안으로 검사 시 이상이 없어야 함 | 차화커버 |
| 발연농도 시험 | ASTM E 662(NIST/F-MODE)에 의하여 시행하며, 3회를 시행하여 평균을 구하며, 400 이하이어야 함 | 차화커버 |
| 허용전류저감률 시험 | 케이블 2m는 실사용 상태인 커버로 설치하고, 2m는 커버를 없이 설치한 후 케이블 도체 온도를 90℃까지 상승시킨 후, 케이블의 도체온도를 비교하여 3% 이내이어야 함 | 차화커버 |
| 내염수성 시험 | 3Wt% 식염수에 (10×10)cm 이상의 시료 3개를 40℃에서 10일간 침수시킨 후 꺼내어 실내에서 24시간 보관한 다음 육안으로 검사 시 이상이 없어야 함 | 차화커버 |
| 내후성 시험 | KS F 2274(제논아크 시험)에 의하여 시행하며, (10×10)cm 이상의 시료 3개를400시간 폭로한 후 육안으로 검사 시 이상이 없어야 함 | 차화커버 |
| 내유성 시험 | KS C 2301의 1종 2호의 절연유에 (10×10)cm 이상의 시료 3개를 70℃에서 2일간 침유시킨 후 꺼내어 실내에서 24시간 보관한 다음 육안으로 검사 시 이상이 없어야 함 | 차화커버 |
| 인장강도 시험 | KS B 0802에 의하여 시행하며, 3개 시료의 평균값은 5.6MPa 이상이어야 함(단, 시편은 KS B 0801의 5호 시험편을 사용하며, 인장속도는 (50±5)mm/min으로 함) | 차화커버 |
| 유해성물질 시험 | 전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률 제 9조 및 동법 시행령 9조의 별표 1의 2에 해당하는 6대 유해물질의 함유기준에 만족하여야 함 | 차화커버 |
| 아크 시험 | 규격에 명시된 방법으로 케이블, 자기수축형 접속재 및 커버를 설치 후 자기수축형 접속재가 연결된 케이블에만 3상 전압을 규격에 명시된 바와 같이 시행 후 타 케이블을 전기설비기술기준 판단기준 제 13조에 의거하여 절연내력 시험을 시행하여 이상이 없어야 함. | 차화커버 |

### 3.1 한전 차화커버 규격 시험 결과

가. 외관검사

표 3.6.6 외관검사 결과

| 시험기준 | 시험결과 | | |
|---|---|---|---|
| | #1 | #2 | #3 |
| 외관검사는 모양과 형상에 대하여 육안이나 손으로 만져, 흠이나 결점 등이 없어야 한다. | 이상 없음 | 이상 없음 | 이상 없음 |

나. 구조검사

1) 치수검사

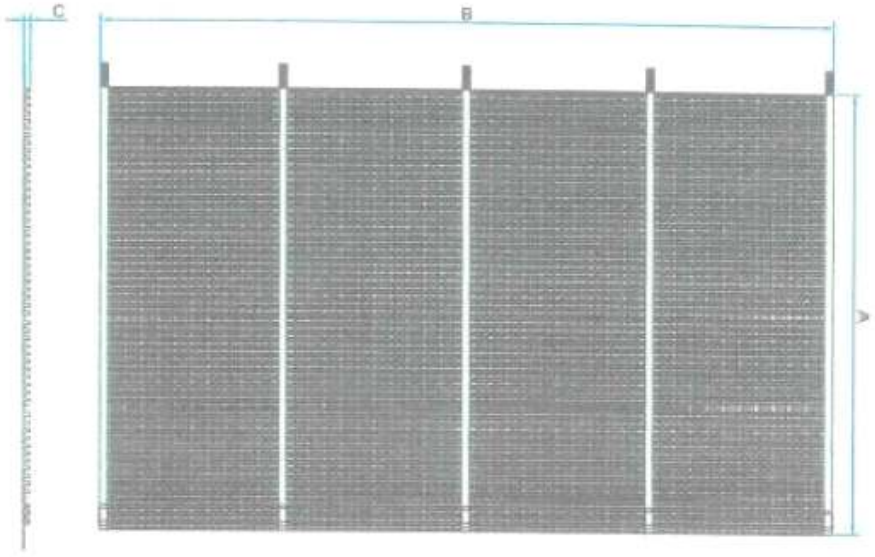



그림 3.36 성적 신청 제품 도안

표 3.6.7 치수검사 결과

| 측정 부위 | 시험기준 mm | 시험결과 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | #1 | #2 | #3 |
| A | 600 ± 2 % | 600.5 | 600.4 | 600.4 |
| B | 1500 ± 2 % | 1501 | 1501 | 1501 |
| C | 13 ± 2 | 14.5 | 14.4 | 14.4 |

2) 재료 및 구조검사

표 3.6.8 재료 및 구조검사 결과

| 시험기준 | 시험결과 | | |
|---|---|---|---|
| | #1 | #2 | #3 |
| 커버는 유연하고 케이블을 감싸고 취부할 수 있는 탄력적인 재질어야 한다. | 이상 없음 | 이상 없음 | 이상 없음 |
| 커버는 케이블을 쉽게 덮을 수 있는 구조로 시공 후 커버의 처짐이 없이 케이블과 커버 간의 상호 간격(10 mm~15 mm)이 일정하게 유지할 수 있어야 한다. | 이상 없음 (12.5 mm) | 이상 없음 (12.5 mm) | 이상 없음 (12.5 mm) |
| 커버 케이블을 덮은 후 쉽게 분리되지 않고 고정할 수 있는 구조이어야 한다. | 이상 없음 | 이상 없음 | 이상 없음 |
| 커버는 '전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률 시행령'에 근거하여 유해물질의 함유량이 기준치 이하여야 하며, 석면을 함유해서는 안 된다. | 이상 없음 | 이상 없음 | 이상 없음 |

## 다. 수직불꽃시험

표 3.6.9 수질불꽃시험 결과

<table>
<tr><th>시험방법</th><th>시험기준</th><th>시험품</th><th>시험결과</th></tr>
<tr><td>IEC 60332-3-21의 시험방법에 따라 시험한다.<br><br>○시험조건<br>-시료의 개수 : FR CNCO-W 325 mm$^2$ 2가닥을 1.5m 차화커버 2개로 연속하여 묶은 1다발<br>- 시료의 길이 : 3.0 m<br>- 사용된 사다리의 넓이 : 800 mm<br>- Burner의 수 : 1개<br>- 화염 적용 시간 : 40분<br>- 시험용 케이블 : 3가닥(FR CNCO-W 325 mm$^2$)<br>- 시험 챔버내의 공기 유속 : (4800~4950)L/min</td><td>버너의 바닥 모서리 부분으로부터 높이 2.5 m를 초과하지 않아야 한다.</td><td>#4~#5</td><td>탄화길이 : 0.66 m</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td>시험 전</td><td>시험 중</td><td colspan="2">시험 후</td></tr>
</table>

## 라. 수직불꽃시험 후 절연내력시험

표 3.6.10 수직불꽃시험 후 절연내력시험 결과

| 시험방법 및 시험기준 | 케이블 | 시험결과 |
|---|---|---|
| 수직불꽃시험을 실시한 시료에서 차화커버를 벗겨낸 케이블에 23 kV를 10분간 가하여 절연내력을 시험하였을 대, 이에 견디어야 한다. | C-1 | 이상 없음 |
| | C-2 | 이상 없음 |
| | C-3 | 이상 없음 |

마. 산소지수시험

표 3.6.11 산소지수시험 결과

| 시험방법 및 시험기준 | 시험품 | 시험결과 |
|---|---|---|
| KS M ISO 4589-2의 산소지수측정방법 A(상부면 점화)에 따라 시험하였을 때 산소지수가 40% 이상이어야 한다. | #6 | 50.0% |

바. 저염소시험

표 3.6.12 저염소시험 결과

| 시험방법 및 시험기준 | 시험품 | 시험결과 |
|---|---|---|
| KS C IEC 60754-1에 의하여 시행하며, 60 mg/g 이하이어야 한다. | #7 | 7.3 mg/g |

사. 냉열특성시험

표 3.6.13 냉열특성시험 결과

| 시험방법 및 시험기준 | 시험품 | 시험결과 |
|---|---|---|
| -15℃ 이하의 저온 용기에서 24시간 경과 후 다시 80℃로 가온시켜 24시간 경과시키는 열 사이클을 2회 반복한 다음 육안으로 검사하였을 때 갈리짐, 부풀음, 벗겨짐 등의 이상이 없어야 한다. | #8 | 이상 없음 |

아. 굴곡특성시험

표 3.6.14 굴곡특성시험 결과

| 시험방법 및 시험기준 | 시험품 | 시험결과 |
|---|---|---|
| 케이블 외경의 10배를 갖는 원통에 시료를 감아 180°로 구부렸다가 다시 반대로 180°로 구부림을 1회 반복한 다음 육안으로 검사하였을 때 갈라짐, 부풀음, 벗겨짐 등의 이상이 없어야 한다. | #9 | 이상 없음 |

자. 발연농도시험

표 3.6.15 발연농도시험 결과

| 시험방법 및 시험기준 | 시험품 | 시험결과 | |
|---|---|---|---|
| ASTM E 662(NIST/F-Mode법)에 의하여 시행하며, 3회를 시행하여 평균을 구하며, 400 이하이어야 한다.<br><br>○시료두께 : 14.5 mm | D-1 | 205.0 | 평균 : 208.3 |
| | D-2 | 216.0 | |
| | D-3 | 203.8 | |

차. 허용전류 저감률시험

표 3.6.16 허용전류 저감률시험 결과

| 시험방법 및 시험기준 | 시험결과 | | |
|---|---|---|---|
| | 시험품을 설치하지 않은 부분의 도체 온도 | 시험품을 설치한 부분의 도체 온도 | 온도 변화율 |
| 시험용 케이블에 AC 60Hz 전류를 통전시켜 시험품을 설치한 부분과 설치하지 않은 부분의 도체온도를 비교하였을 때 차이가 3% 이하일 것 | 90.4℃ | 92.5℃ | + 2.3% |
| *시험용 케이블 : 22.9 kV-y FR CNCO-W 325/108 GAON 2017 01 (약 2m)<br>*시험전류 : 980 A, 주위온도 : 20.3 ℃ | | | |

카. 내염수성시험

표 3.6.17 내염수성시험 결과

| 시험방법 및 시험기준 | 시험품 | 시험결과 |
|---|---|---|
| 3wt% 식염수에 (10×10) cm 이상의 시료 3개를 40℃에서 10일간 침수시킨 후 꺼내어 실내에서 24시간 보관한 다음 육안으로 검사하였을 때 갈라짐, 부풀음, 벗겨짐 등의 이상이 없어야 한다. | S-1 | 이상 없음 |
| | S-2 | 이상 없음 |
| | S-3 | 이상 없음 |

타. 내후성시험

표 3.6.18 내후성시험 결과

| 시험방법 및 시험기준 | 시험품 | 시험결과 |
|---|---|---|
| KS F 2274에서 의하여 시행하며, (10×10) cm 이상의 시료 3개를 400시간 폭로한 후 육안으로 검사하였을 때 갈라짐, 부풀음, 벗겨짐 등의 이상이 없어야 한다. | W-1 | 이상 없음 |
| | W-2 | 이상 없음 |
| | W-3 | 이상 없음 |

파. 내유성시험

표 3.6.19 내유성시험 결과

| 시험방법 및 시험기준 | 시험품 | 시험결과 |
|---|---|---|
| KS C 2301 1종2호의 절연유에 (10×10) cm 이상의 시료 3개를 70℃에서 2일간 침유시킨 후 꺼내어 실내에서 24시간 보관한 다음 육안으로 검사하였을 때 갈라짐, 부풀음, 벗겨짐 등의 이상이 없어야 한다. | O-1 | 이상 없음 |
| | O-2 | 이상 없음 |
| | O-3 | 이상 없음 |

하. 인장강도시험

표 3.6.20 인장강도시험 결과

| 시험방법 및 시험기준 | 시험품 | 시험결과 | |
|---|---|---|---|
| KS B 0802에 의하여 시행하며, 3개 시료의 평균값은 5.6 MPa 이상이어야 한다.<br><br>○시험조건<br>- 시편의 형상 : KS B 0801의 5호 시험편<br>- 인장속도 : (50 ± 5) mm/min | T-1 | 7.55 | 평균 : 8.02 |
| | T-2 | 8.29 | |
| | T-3 | 8.22 | |

갸. 유해성물질시험

표 3.6.21 유해성물질시험 결과

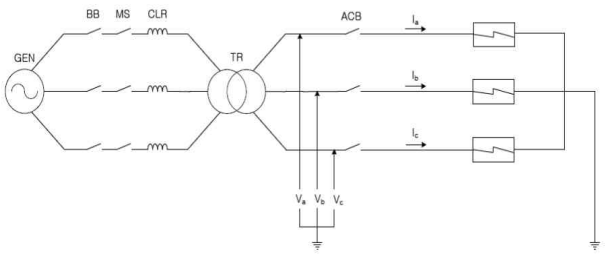
| 시험방법 | 종류 | 시험기준 | 시험결과 | |
|---|---|---|---|---|
| 전기·전자제품 및 자동차의 자원 순환에 관한 법률 시행령 | Pb | 동일물질 내 중량기준(Wt)으로 0.1% 미만 | N.D | MDL : 0.5 mg/kg |
| | Cd | | N.D | MDL : 0.5 mg/kg |
| | Hg | | N.D | MDL : 1.0 mg/kg |
| | PBBs | | N.D | MDL : 20.0 mg/kg |
| | PBDEs | | N.D | MDL : 20.0 mg/kg |
| | $Cr^{6+}$ | 동일물질 내 중량기준(Wt)으로 0.01% 미만 | N.D | MDL : 0.2 mg/kg |
| * MDL : Method Detection Limit<br>* N.D : Not Detected | | | | |

냐. 아크시험

표 3.6.22 아크시험 결과

| 시험조건 | |
|---|---|
| 시험전압 | 11.7 kV |
| 시험전류 | 12.5 kA |
| 시험시퀀스 | 3 cycles (전류통전) - 0.5 s - 30 cycles (전류통전) - 15 s - 30 cycles (전류통전) |
| 시험주파수 | 60 Hz |
| 시험 전 케이블 상태 | 신품 |

| 시험번호 | 시험전압 kV | 시험전류 kA | 통전시간 Cycle | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| HPC<br>17-104-005 | 11.8<br>11.9<br>11.9 | 12.5<br>12.5<br>12.6 | 5 | |
| | 11.8<br>11.9<br>11.9 | 12.5<br>12.6<br>12.6 | 31 | |
| | 11.8<br>11.9<br>11.9 | 12.6<br>12.5<br>12.5 | 31 | |
| 시험 중 또는<br>시험 후 상태 | 상하좌우 4개 건전상 케이블은 외관상 이상 없음<br>시험 후 4개의 건전상 케이블 절연내역 시험(23 kV, 10분)을 실시하여 양호 함 | | | |




아크시험 회로도



아크시험 설치



아크시험 후



아크시험 후 절연내력시험

3.2 한전 차화커버 성적서 발급

- 한전 차화커버 규격에 명시된 14종의 시험 결과 모든 시험에서 적합함을 확인하였으며, 이를 기반으로 한전 규격시험성적서를 득하였다.



시험성적서

2017TS01523 1/22

| | |
|---|---|
| 시험종류 | 형식시험 |
| 제 품 명 | 차화커버 |
| 형 식 명 | FRC-1-29127745 |
| | FRC-1, 1회선용, 가로 1 500 mm, 세로 600 mm |
| 접수번호 | TRD17S00589 |
| 신 청 자 | 주식회사 광운기술<br>경기도 화성시 남양읍 주석로 276 |
| 제 작 자 | 주식회사 광운기술<br>경기도 화성시 남양읍 주석로 276 |
| 시험일자 | 2017-05-08 ~ 2017-06-19 |
| 발행일자 | 2017-06-07 |

본 형식시험성적서는 시험품의 핵심 도면과 기술 명세를 포함하며, 아래 공인규격에 따라 일련의 입증시험을 수행하였음.

08-5935-0061:2017-01

본 형식시험성적서는 KERI에 의해 발행되었음.

첨부된 입증시험 기록은 시험결과를 나타내며, 시험품은 위 공인규격의 요구사항을 만족하고, 신청자가 제시한 3 페이지의 정격사항을 적합함.

본 형식시험성적서는 시험품에만 적용되며, 동일한 형식의 제품 동일성 책임은 신청자에게 있음.

KERI의 서면승인 없이 시험성적서의 일부를 복사하여 사용할 수 없음.
PDF파일 또는 전자사본은 기술정보일 뿐이며, 검인된 성적서만 그 효력이 있음.

시험성적서 총 페이지 (22) : 성적서 (9), 사진 (5), 회로도 (1), 도면 (2), 첨부 (1), 오실로그램 (4)

KERI 한국전기연구원 KOREA ELECTROTECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE

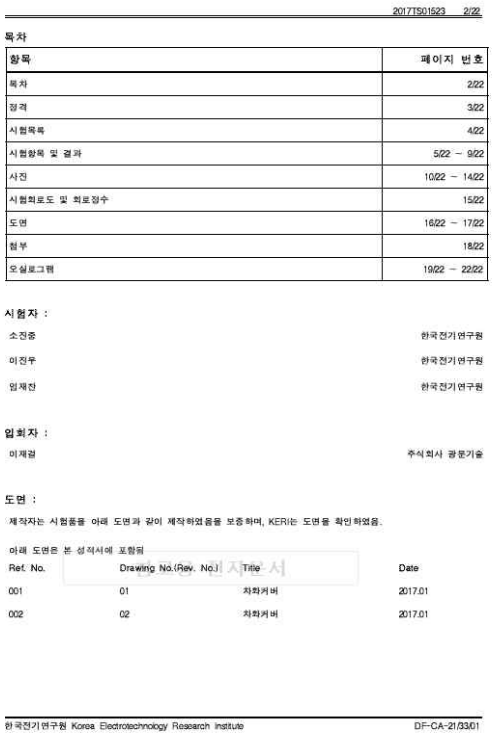
승인 (기술책임자) 원 호 성

작 성 소 진 중

한 국 전 기 연 구 원 장

한국전기연구원 창원본원 경상남도 창원시 성산구 불모산로 10번길 12(성주동) Tel : 055 280 1114, Fax : 055 280 1512
안산분원 경기도 안산시 상록구 한가울로 111(사동) Tel : 031 8040 4404, Fax : 031 8040 4499

※ 검증번호 : JCWB-8960 (http://tros.keri.re.kr) DF-CA-21/02/13



2017TS01523 2/22

목차

| 항목 | 페이지 번호 |
|---|---|
| 목차 | 2/22 |
| 정격 | 3/22 |
| 시험목록 | 4/22 |
| 시험항목 및 결과 | 5/22 ~ 9/22 |
| 사진 | 10/22 ~ 14/22 |
| 시험회로도 및 회로정수 | 15/22 |
| 도면 | 16/22 ~ 17/22 |
| 첨부 | 18/22 |
| 오실로그램 | 19/22 ~ 22/22 |

시험자 :

| | |
|---|---|
| 소진중 | 한국전기연구원 |
| 이진우 | 한국전기연구원 |
| 임재찬 | 한국전기연구원 |

입회자 :

| | |
|---|---|
| 이재경 | 주식회사 광운기술 |

도면 :

제작자는 시험품을 아래 도면과 같이 제작하였음을 보증하며, KERI는 도면을 확인하였음.

아래 도면은 본 성적서에 포함됨

| Ref. No. | Drawing No.(Rev. No.) | Title | Date |
|---|---|---|---|
| 001 | 01 | 차화커버 | 2017.01 |
| 002 | 02 | 차화커버 | 2017.01 |

한국전기연구원 Korea Electrotechnology Research Institute DF-CA-21/03/01

그림 3.6.12 한전 차화커버 규격 실험을 기반으로 한 성적서 발급

## 4. IOT 기술 적용

사물인터넷(Internet of Things, IoT)은 각종 사물에 센서와 통신 기능을 내장하여 인터넷에 연결하는 기술을 의미한다. 인터넷으로 연결된 사물들이 데이터를 주고받아 스스로 분석하고 학습한 정보를 사용자에게 제공하거나 사용자가 이를 원격 조정할 수 있는 인공지능 기술이다.

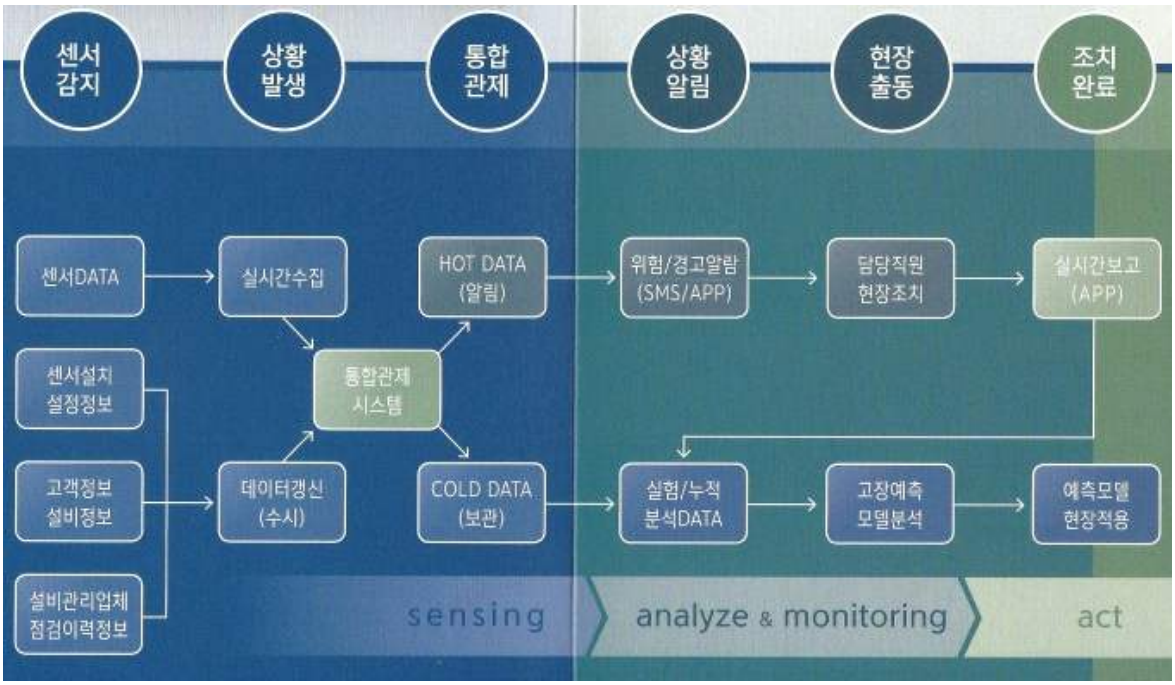



그림 3.6.13 IoT 기술의 시스템 구성도

본 연구에서는 이러한 IoT 기술을 케이블 트레이에 적용하여, 케이블 트레이 내의 이상 징후 실시간 포착 및 관리자에게 자동 상황알림 시스템을 구현하였다. 해당 시스템은 열화상 센서를 이용한 온도측정 및 기준온도(70℃) 초과 또는 3상간 온도차 범위(10℃)초과 시 관리자에게 문자메세지 전송을 통한 자동 알림 시스템이다. 본 연구의 열화상 센서는 터널 화재 분야에 IoT 기술의 적용 가능성 확인을 위해 유선모델을 활용하였다.




그림 3.6.14 IoT 적용 및 시범 운영 결과

본 연구의 구현 시스템에 활용되는 장비 및 해당 장비의 주요 spec은 다음과 같다.

표 3.6.23 IoT 적용 시스템의 구성 장비 및 주요 spec

| 구분 | 주요 spec |
|---|---|
| 열화상센서장비 | - 무선송수신장치 포함<br>- 32X32Pixel IR센서<br>- 측정거리 25m |
| 데이터수집전송장비(G/W) | - Dual 무선송수신장치<br>- LTE/CDMA모뎀<br>- 데이터수집 및 전송 |
| 터널화재감시시스템 | - Rack 서버(1U)<br>- Web/WAS, DB서버(오픈소스)<br>- 터널화재감시시스템/대시보드<br>- SMS알람 |

열화상센서장비에 대한 실제 터널 적용 시에는 최적 효율을 위해 센서와 중계기 간의 거리가 증가하게 되고 이를 유성으로 연결할 경우 안정성 부분에서 문제가 발생할 가능성이 있다. 이에 무선 시스템을 적용하는 것이 이를 보완할 수 있는 제안이 될 수 있을 것으로 판단된다. 무선 시스템을 통해 데이터를 수집하기 위해서는 데이터 수집용 중계기를 설치해야 하며, 이는 일상적 센서 데이터 수집을 위한 채널과 화재 발생 등 비상 이벤트를 발송하기 위한 채널로 나누어 두 개의 무선 모듈을 보유한다. 또한 중계기로부터 수집된 정보를 관리하고 필요한 경우 관리자에게 알람을 보내는 서버 시스템이 요구된다. 다음은 이러한 시스템 특성들을 고려하여 터널 내 IoT 기술 적용 예시도를 나타낸다.

본 연구의 결과를 기반으로 IoT 기술을 터널에 적용할 경우, 보다 높은 수준의 화재 안전성 확보가 가능할 것으로 판단된다.

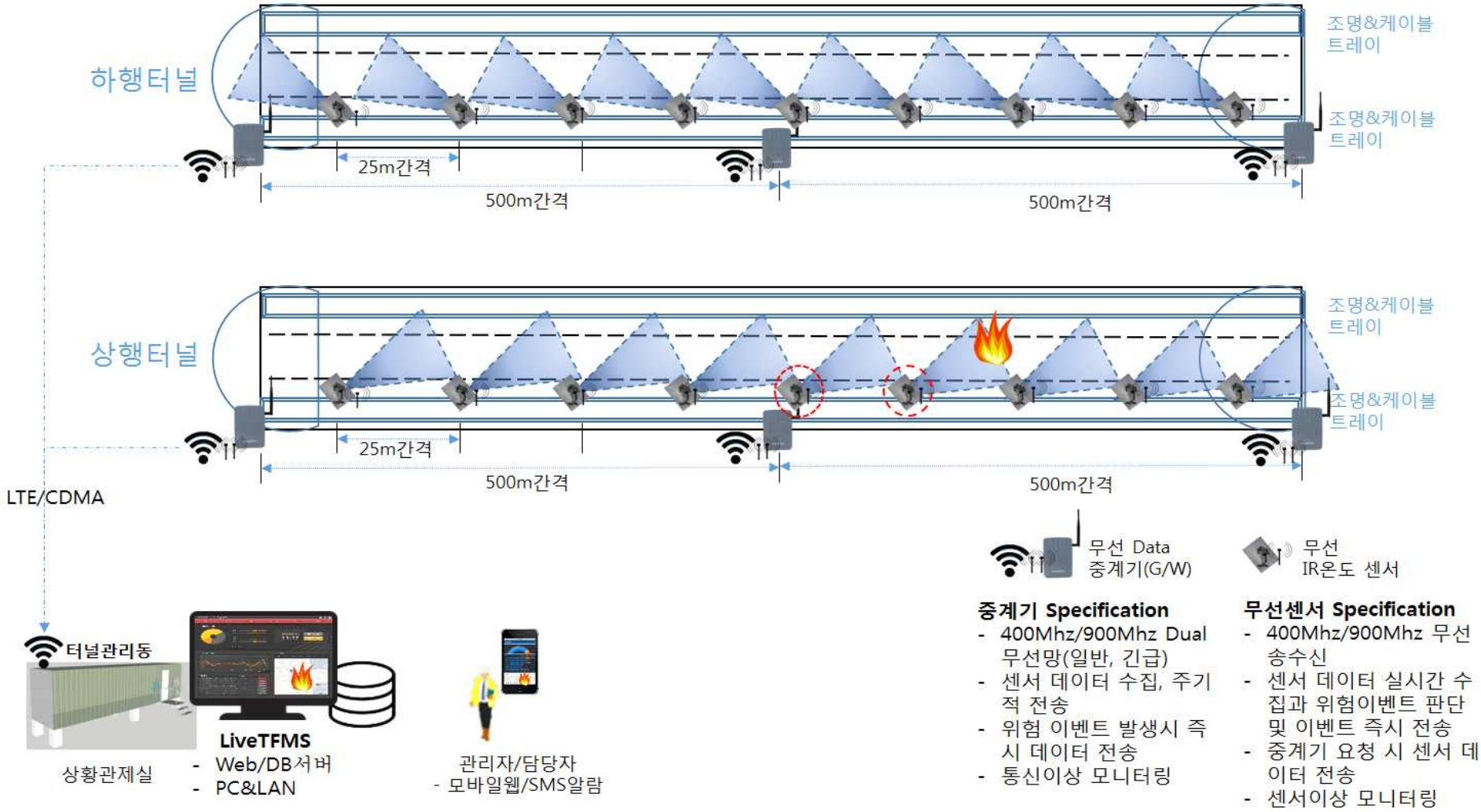
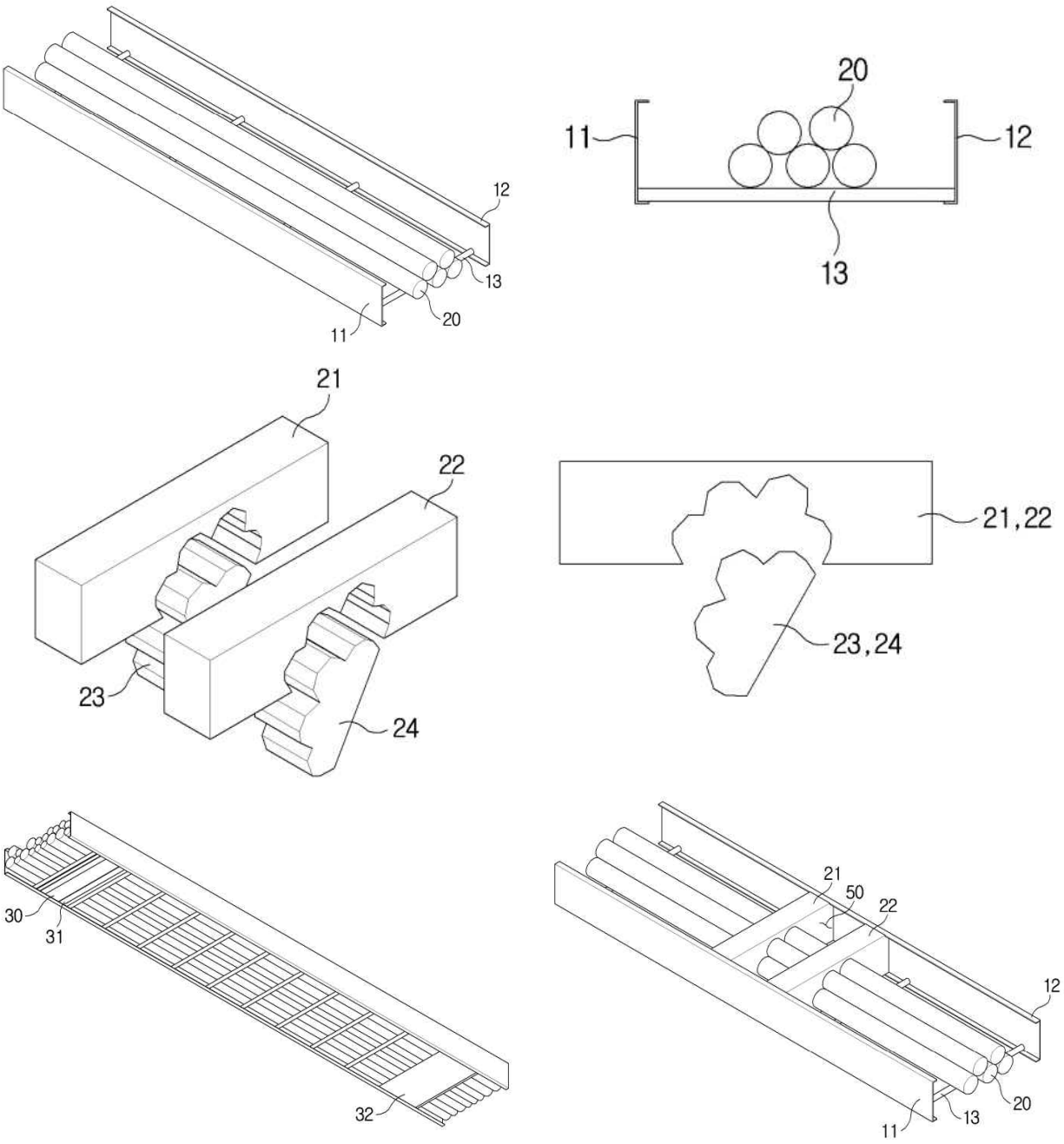


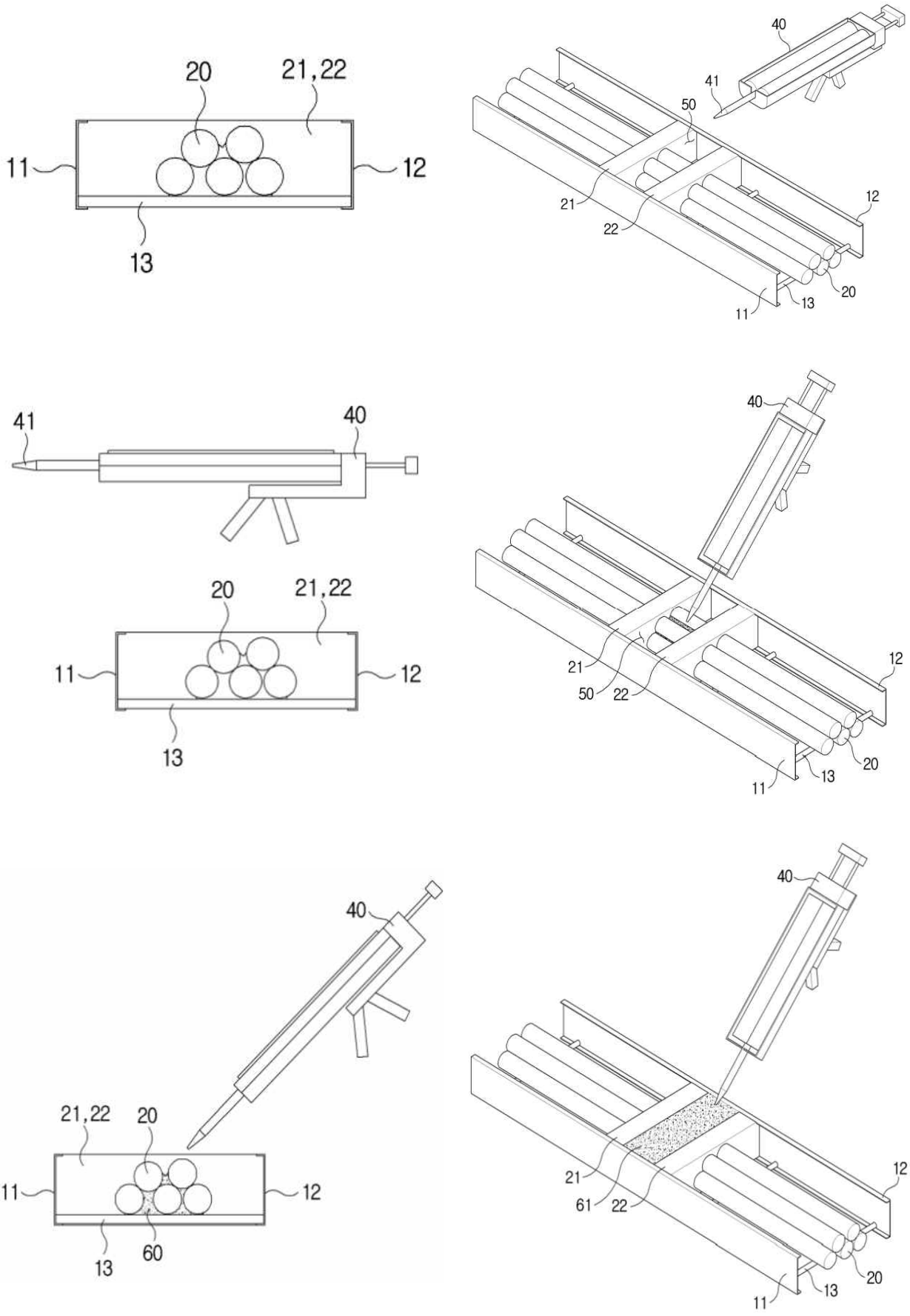

그림 3.6.15 터널 내 IoT 기술 적용 예시도

## 7절 시공 공법보완을 통한 시공 편의성 확보

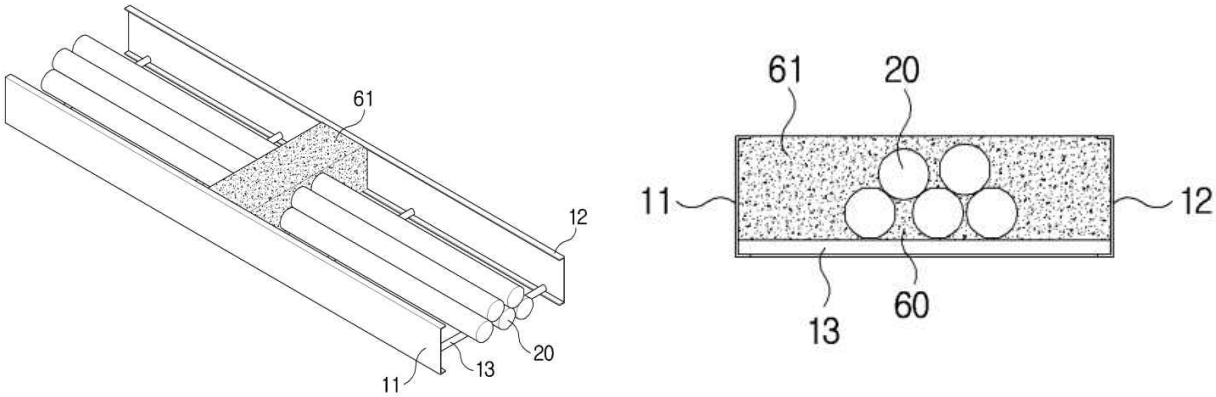
본 연구에서는 시공의 편의성 확보 및 효율증가를 위해 시공공법 보완을 수행하였다. 해당 공법은 (a) 케이블이 포설된 케이블 트레이 내부에 난연 구획재를 형성하는 단계 및 (b) 케이블 트레이 및 난연 구획재를 감싸는 난연 커버를 장착하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다. 여기서 (a) 단계는, i) 케이블이 포설된 케이블 트레이의 하면에 하부 패드를 형성하는 단계, ii) 케이블 트레이 내부에 제1 격벽 및 제2 격벽을 이격하여 형성하는 단계, iii) 하부 패드, 제1 격벽 및 제2 격벽으로 형성된 구획 공간에 난연액을 주입하는 단계, iv) 난연액이 주입된 제1 공간의 위에 상부 패드를 배치하고 압력을 가하는 단계 및 v) 난연액을 경화시켜 난연 구획재를 형성하는 단계를 포함한다.



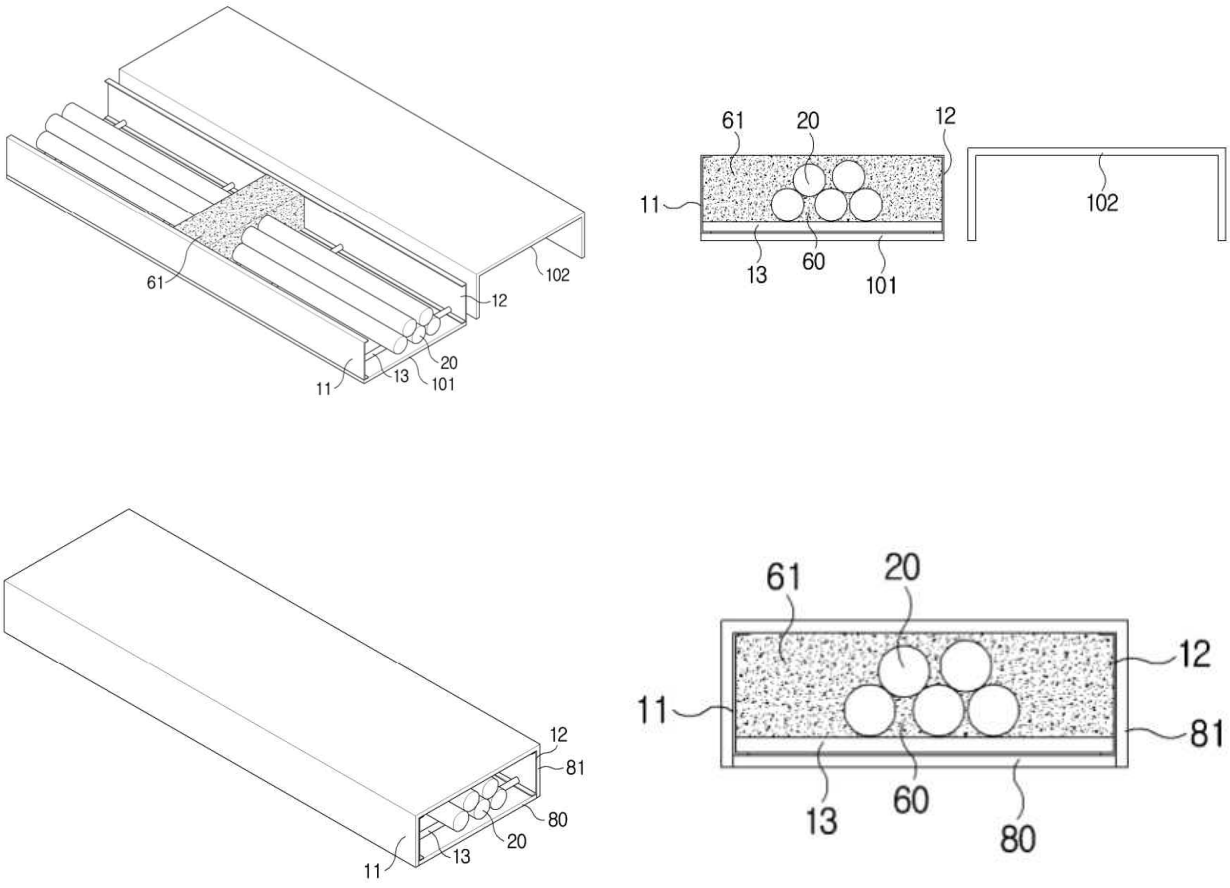

(a) - i) 하부 패드 및 격벽을 이용한 구획



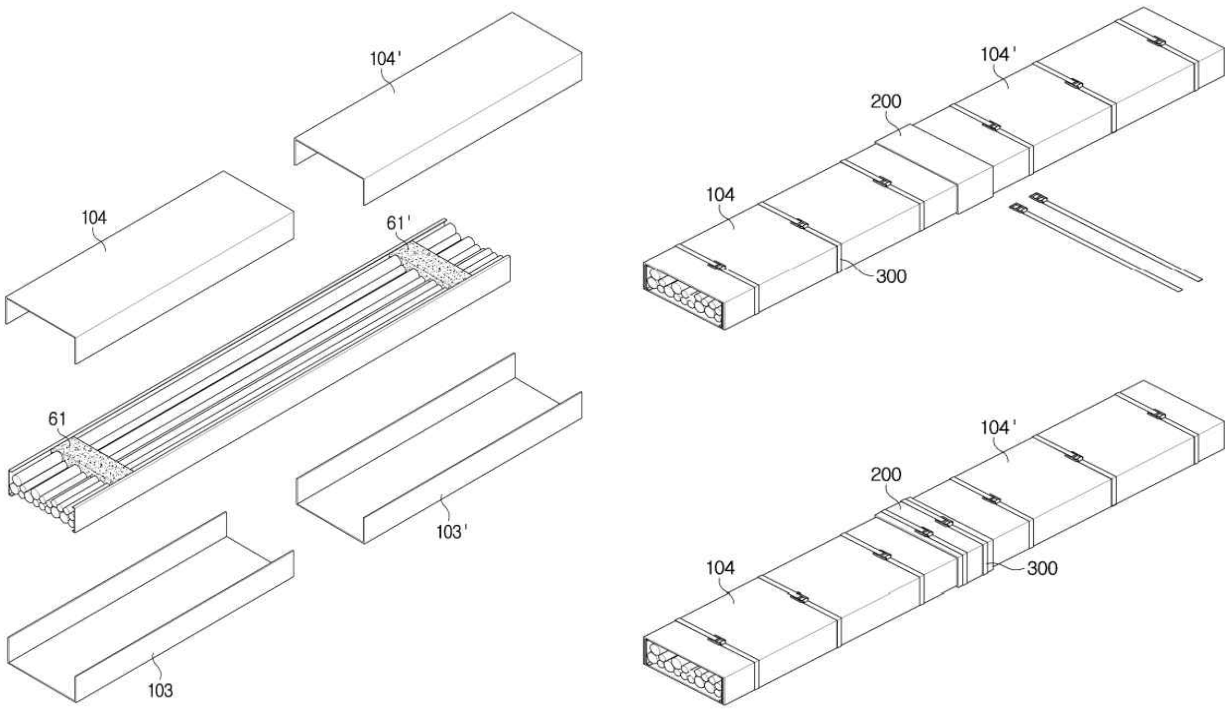

(a) - ii) ~ iii) 구획 공간에 난연액 주입




(a) - iv) ~ v) 난연액 경화 및 격벽 제거




(b) -1 차화커버 설치




(b) -2 고정 밴드 설치

그림 3.7.1 시공공법 개발 결과

# 8절 현장 시범적용

## 1. 케이블 트레이 무게 변화에 따른 터널 영향도 검토 수행

**지지구조계산서 검토의견**

**1. 크레이 종류별 규격**

자중/1.5m

| 구 분 | 트레이 자중(kg) | 케이블 보호 내화구조체 자중(kg) |
|---|---|---|
| 200 | 3.3 | 3.8 |
| 300 | 4.71 | 5.7 |
| 400 | 6.12 | 7.6 |
| 500 | 7.53 | 9.5 |
| 600 | 9.42 | 11.4 |

**2. 검토의견**

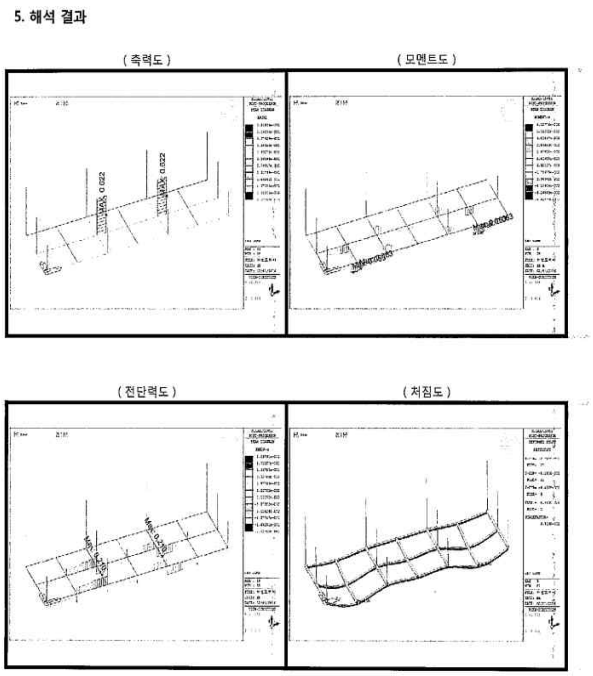
상기 트레이 종류별 규격을 고려하고, 트레이 자중과 케이블 화재 보호용 내화 구조체의 자중을 고려하여 검토하였으며, 특히 가장불리한 경우인 "트레이 600"를 적용하여 검토한 결과 셋앙카, ROD, 강재의 각 응력은 허용범위 이내이므로 지지 구조체는 충분히 안전하다고 판단됩니다.

**▣별첨**

1. 화재보호용 내화구조체 지지(트레이) 구조계산서 1 식.

검토자 : 토목구조기술사 (자격증번호: 00162020021H) 홍의표

(a) 제3기관 구조검토 의견서



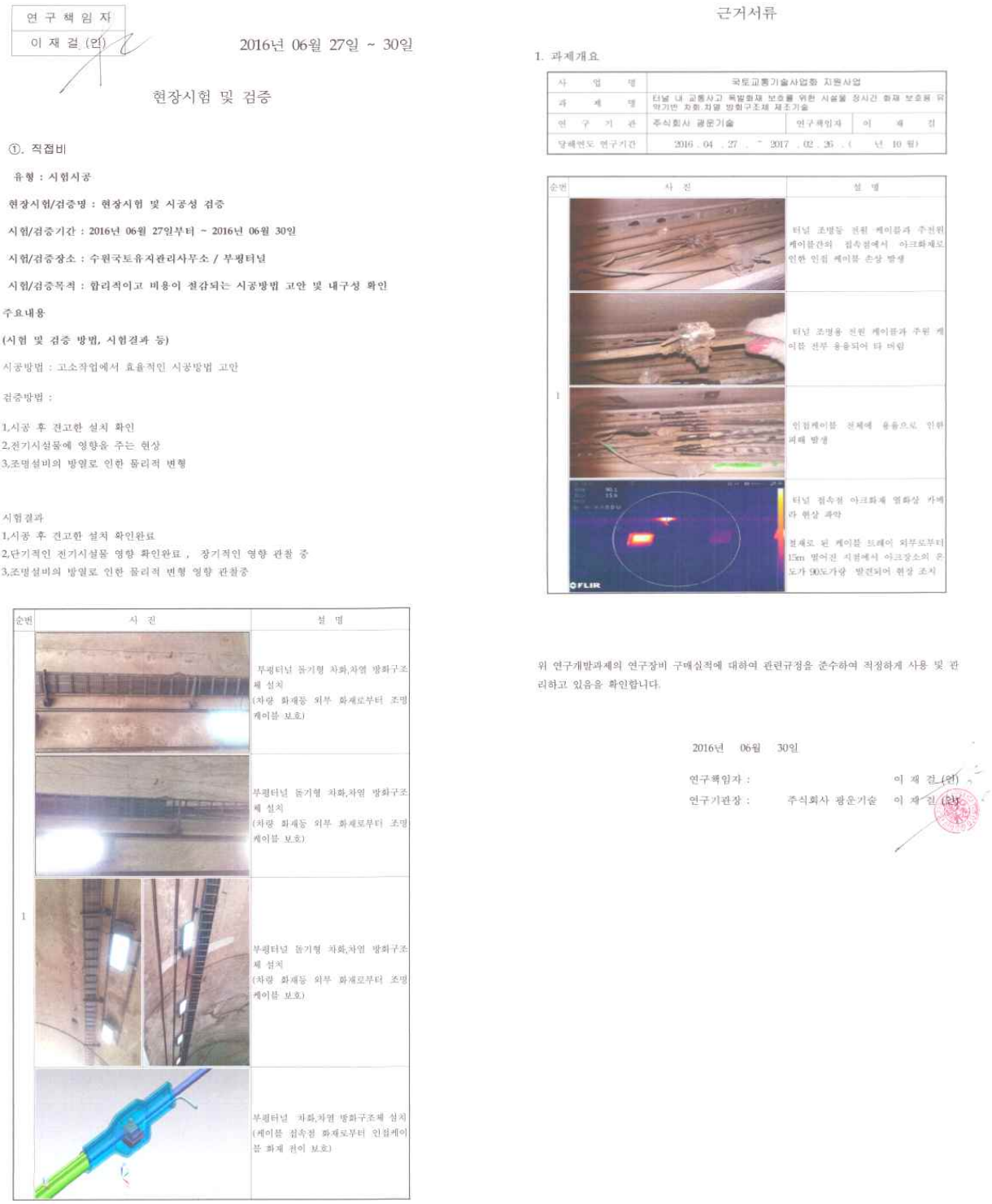

(b) 해석 결과

그림 3.8.1 구조검토 결과

본 연구의 결과물인 차화커버를 적용할 경우 기존 케이블 트레이의 무게에 차화커버 무게만큼 하중이 증가함에 따라 터널에 미치는 영향도 분석의 필요성이 있다. 따라서 본 연구에서는 이에 대한 구조검토를 수행하였으며, 구조검토 결과 셋앙카, ROD, 강재의 각 응력은 허용범위 이내이므로 지지 구조체는 충분히 안전하다는 결과를 도출하였다.

## 2. 현장 시범 설치를 통한 성능 검증 및 현장 적용

본 연구의 결과물을 부평터널 현장에 시범 적용함으로써 성능 검증을 수행하였다.



연 구 책 임 자
이 재 걸 (인)

2016년 06월 27일 ~ 30일

현장시험 및 검증

①. 직접비

유형 : 시험시공

현장시험/검증명 : 현장시험 및 시공성 검증

시험/검증기간 : 2016년 06월 27일부터 ~ 2016년 06월 30일

시험/검증장소 : 수원국토유지관리사무소 / 부평터널

시험/검증목적 : 합리적이고 비용이 절감되는 시공방법 고안 및 내구성 확인

주요내용

(시험 및 검증 방법, 시험결과 등)

시공방법 : 고소작업에서 효율적인 시공방법 고안

검증방법 :

1,시공 후 견고한 설치 확인
2,전기시설물에 영향을 주는 현상
3,조명설비의 방열로 인한 물리적 변형

시험결과
1,시공 후 견고한 설치 확인완료
2,단기적인 전기시설물 영향 확인완료 , 장기적인 영향 관찰 중
3,조명설비의 방열로 인한 물리적 변형 영향 관찰중

| 순번 | 사 진 | 설 명 |
|---|---|---|
| 1 | | 부평터널 돌기형 차화,차열 방화구조체 설치 (차량 화재등 외부 화재로부터 조명 케이블 보호) |
| | | 부평터널 돌기형 차화,차열 방화구조체 설치 (차량 화재등 외부 화재로부터 조명 케이블 보호) |
| | | 부평터널 돌기형 차화,차열 방화구조체 설치 (차량 화재등 외부 화재로부터 조명 케이블 보호) |
| | | 부평터널 차화,차열 방화구조체 설치 (케이블 접속점 화재로부터 인접케이블 화재 전이 보호) |

근거서류

1. 과제개요

| | |
|---|---|
| 사 업 명 | 국토교통기술사업화 지원사업 |
| 과 제 명 | 터널 내 교통사고 폭발화재 보호를 위한 시설물 정시간 화재 보호용 뒤 막기반 차화,차열 방화구조체 제조기술 |
| 연 구 기 관 | 주식회사 광운기술 / 연구책임자 / 이 재 걸 |
| 당해연도 연구기간 | 2016 . 04 . 27 . ~ 2017 . 02 . 25 . ( 년 10 월) |

| 순번 | 사 진 | 설 명 |
|---|---|---|
| 1 | | 터널 조명등 전원 케이블과 주전원 케이블간의 접촉점에서 아크화재로 인한 인접 케이블 손상 발생 |
| | | 터널 조명용 전원 케이블과 주전 케이블 전부 용융되어 타 버림 |
| | | 인접케이블 전체에 용융으로 인한 피해 발생 |
| | | 터널 접속점 아크화재 열화상 카메라 현상 파악 |

분재로 된 케이블 트레이 외부로부터 15m 떨어진 지점에서 아크중소의 온도가 90도가량 발견되어 현장 조치

위 연구개발과제의 연구장비 구매실적에 대하여 관련규정을 준수하여 적정하게 사용 및 관리하고 있음을 확인합니다.

2016년 06월 30일

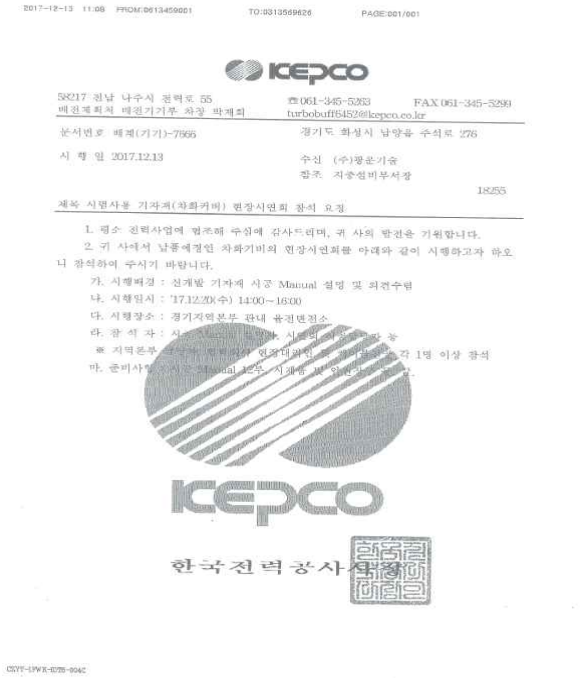
연구책임자 : 이 재 걸 (인)
연구기관장 : 주식회사 광운기술 이 재 걸 (직인)

그림 3.8.2 시범 시공 결과

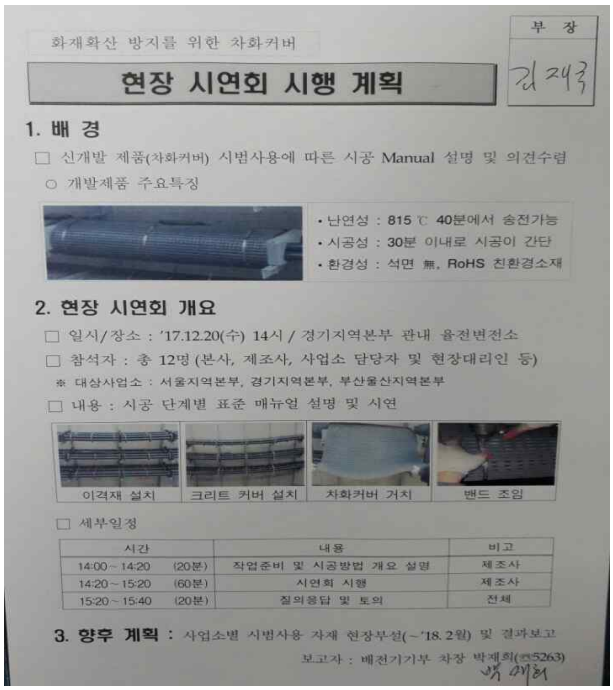
# 9절. 사업화 추진

## 1. 한국전력공사

한국전력공사 한전일반구매규격(GS-5935-0051) '차화커버' 제정 및 해당 규격에서 명시하는 성능시험 진행 후 한전을 대상으로 사업화를 추진함으로써 과제 진행 중 매출 실적으로 달성하였다. 또한, 한전에서 차화커버 비교 검토서를 통하여 현시장에 사용중인 난연테이프, 난연도료와 제품비교를 통하여 성능 및 경제성에 차별화를 확인할 수 있다. 특히 경제성 부분에선 FRC-3(3회선용) 기준으로 난연도료, 난연테이프에 비해 약 30%로 절감 효과를 나타내는 것을 확인할 수 있다.



(a) 차화커버 현장시연회 참석 요청 공문




(b) 현장 시연회 시행 계획



(c) 차화커버 계약서

| 구분 | 기존제품 (비난연케이블 적용) | 개발제품 (전체 지중케이블 적용) |
|---|---|---|
| 제품종류 | 난연도료, 난연테이프 | 차화커버 |
| 난연성 (수직불꽃시험) | 816℃에서 20분간 점화<br>- 자기소화 및 3.5m 이내 연소<br>※ 케이블 소손 가능성 내재 | 816℃에서 40분간 점화<br>- 자기소화 및 케이블 미연소<br>※ 건전케이블 소손 예방 |
| 시공성 | ▪ 도료: 4회 시공, 27일 건조<br>▪ 테이프: 신규, 최외측에 한정 | 케이블 완전히 감싸는 구조(시트) |
| 경제성 (재료비+시공비) | ▪ 도료: 142,010원<br>▪ 테이프: 157,464원 | 110,000 원 |
| 적용개소 | ▪ 도료 및 테이프: 케이블 접속개소 주위 20 m | 케이블 접속개소 상하좌우<br>※녹산전력구 화재 결과 반영 |
| 환경성 | ▪ 석면 無 | 석면 無, 친환경제품 |

(d) 한전현장보고서 제품비교표

그림 3.9.1 차화커버 사업화 추진 결과

### 1.1 연소방지재 문제점

표 3.9.1 접속재 및 연소방지재 성능비교

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 접속재 | 접지선 인출부 화재에 취약 | 자기수축형 난연성 있음 |
| 난연도료 | **효과 미흡** | **시공방법에 따라 차이 발생** |
| 난연테이프 | 난연성은 있으나, **시공 어려움** | 내측개소 작업공간 확보곤란 |
| **차화커버** | **난연성 가장 우수, 시공 간편** | **구매규격 없음** |

☞ **연소방지재 시공성 및 효과 미흡**

- 난연테이프 : 접속구간 중심으로 상별로 설치하여야 하므로 신규설치 또는 최외측 선로 접속개소에 한하여 제한적 시공 ☞ 시공성 저하
- 난연도료 : 3회 시공, 3일 건조 시 완전연소 ☞ 난연효과 미흡

※ 근거 : 녹산전력구 화재발생 후 한국전력에서 안전성 향상을 위한 전력구 운영 기준 개선 시 전력연구원에서 난연성능 시험 시행

○ **기 타 : 현행 난연 케이블의 난연등급으로는 완전연소 억제 곤란**

한국전력 : [배운(지)85101-704(전력구 방재·보호체계 구축관련 협조요청 '14.5.8)]

### 1.2. 개발제품 개요 및 비교

○ **주요 특징**

- **(난연성)** (816±10) ℃에서 **40분간 가열** 후 **자연소화** 및 피시험체(케이블 시스)의 **탄화(연소) 미발생** ☞ **케이블을 보호 가능**

  ※ 관련시험 : KS C IEC 60332-3-21 시험기준 적용
- **(시공성)** 전력구내 케이블을 완전히 감싸는 구조로 3~5분 이내 작업가능하며, 케이블 교체 등으로 인한 철거/재사용 시 작업성 편리
- **(경제성)** 기존제품 대비 사용연한이 좋아짐, 철거 후에도 재사용 가능

  생산 과정에서 생성되는 미성형 원료들을 파우더 형식으로 미분화, 재사용하여 원료 투입량을 대폭 낮춰 경제성 확보에 용이
- **(환경성)** 환경에 유해성 물질 미사용으로 환경친화형 제품 적용

  ※ "전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률 시행령"에서 납, 수은, 육가크롬, 폴리브롬화비페닐, 폴리브롬화디페닐에테르, 카드뮴 사용 금지

### 1.2.1 제품비교 (난연재 및 차화커버)

표 3.9.2 제품비교 표

| 구분 | 기존제품<br>(비난연케이블 적용) | 개발제품<br>(전체 지중케이블 적용) |
|---|---|---|
| 제품종류 | 난연도료, 난연테이프 | 차화커버 |
| 난연성<br>(수직불꽃시험) | 816℃에서 20분간 점화<br>- 자기소화 및 3.5m 이내 연소<br>※ 케이블 소손 가능성 내제 | 816℃에서 **40분간 점화**<br>- 자기소화 및 **케이블 미연소**<br>**※ 건전케이블 소손 예방** |
| 시공성 | ▪ 도료 : 4회 시공, 27일 건조<br>▪ 테이프 : 신규, 최외측에 한정 | 케이블 완전히 감싸는 구조(커버) |
| 경제성[1)]<br>(재료비+<br>시공비) | ▪ 도료 : 142,010원<br>▪ 테이프 : 157,464원 | 110,000 원 |
| 적용개소 | ▪ 도료 및 테이프 : 케이블 접속개소 주위 20 m | 케이블 **접속개소 상하좌우**<br>※녹산전력구 화재 결과 반영 |
| 환경성 | ▪ 석면 無 | 석면 無, 친환경제품 |

※ 경제성[1)] : 전력구내 3D/L 동시 시공시 재료비에 한함

표 3.9.3 수직불꽃 시험 관련 사진 표





○ 사다리위에 설치된 케이블(3.5 m)에 화염을 20분간 지속후 화염을 제거, 연소후 시료를 세척하여 탄화길이를 측정

## 2. 국토교통부

국토교통부 산하 5대 국토관리청을 대상으로 시범시공 사업화를 추진함으로써 과제 진행 중 매출 실적을 달성하였다.

표 3.9.4 국토교통부 산하 5대 국토관리청 설계반영 및 시공 수행

| 날짜 | 사업화형태 | 사업화내용 | 업체명 | 매출액 (백만원) | 매출액/ 총연구비(%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2017.06 | 일반경쟁 | 시범시공 | 수원국토관리사무소 | 216 | 36 |
| 2017.08 | 수의계약 | 시범시공 | 의정부국토관리사무소 | 80 | 13 |
| 2017.08 | 수의계약 | 시범시공 | 의정부국토관리사무소 | 68 | 11 |
| 2017.10 | 수의계약 | 시범시공 | 부산지방국토관리청 | 28 | 4 |
| 2017.11 | 수의계약 | 시범시공 | 원주지방국토관리청 정선국토사무소 | 87 | 15 |

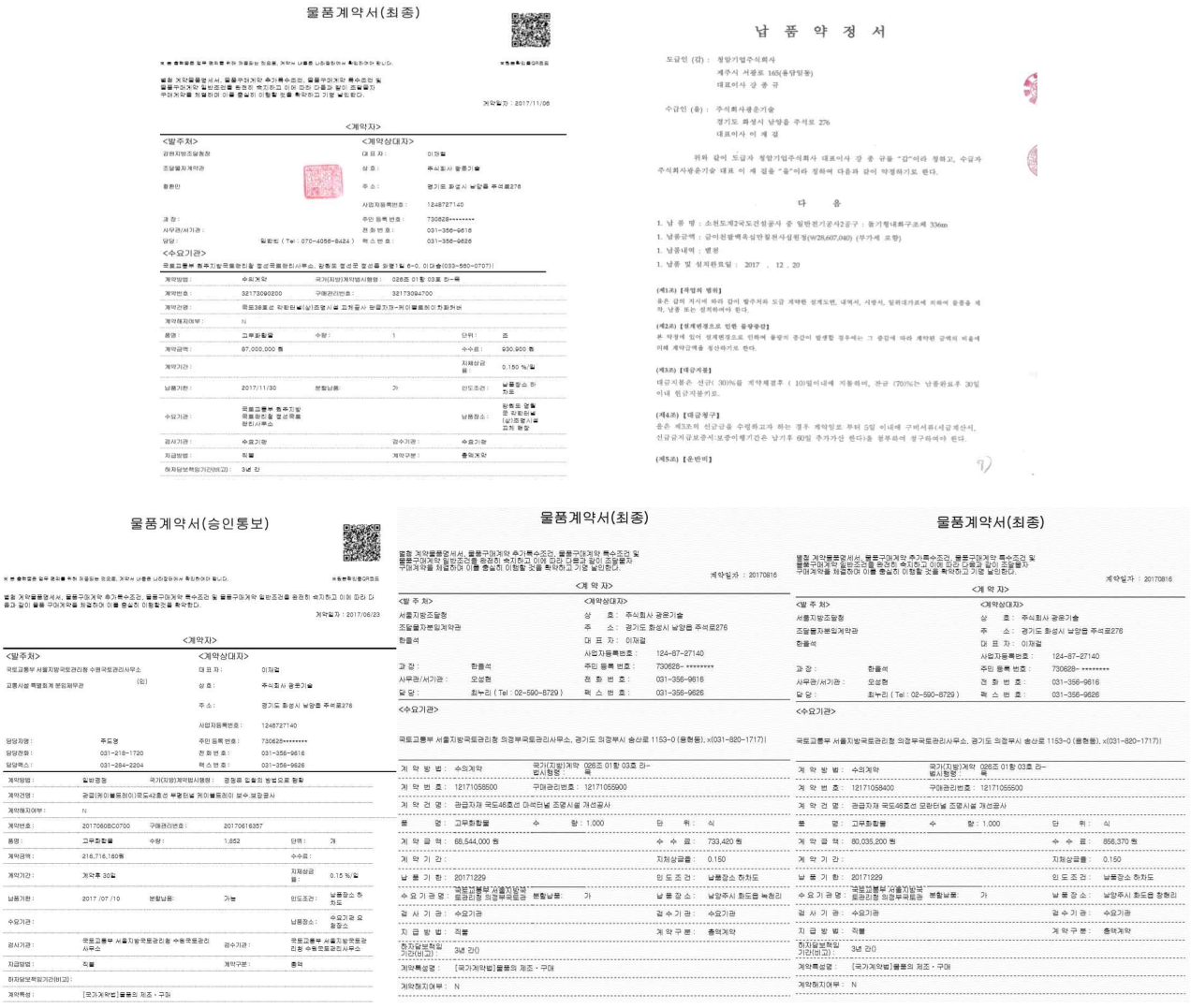



그림 3.9.2 국토교통부 산하 5대 국토관리청 시범사용 물품계약서

# 10절. 국내 품질인증(우수조달인증)

‘우수제품 지정제도’란 조달물자의 품질 향상과 중소·벤처·초기 중견기업의 판로를 위해 성능·기술 또는 품질이 뛰어난 물품을「우수조달물품」으로 지정하는 제도이다.




그림 3.10.1 우수제품 지정 절차

우수제품 지정제도는 다음 시행 근거에 준하여 지정한다.

-「조달사업에 관한 법률」제9조의2 및 동법 시행령 제18조(우수제품의 지정)
-「우수조달물품 지정관리 규정」(조달청 고시 제2017-26호, 2017.10.26.)

또한 우수제품 지정 시 다음의 판로 지원을 득할 수 있다.

- 중소기업 기술개발제품 우선구매 제도
-「판로지원법령」상의 기술개발제품으로 우선 구매 수의계약으로 각급 공공기관에 공급
- 제3자 단가계약을 체결하여 나라장터 종합쇼핑몰에 등재
- 구매책임자의 구매 손실에 대한 면책 적용
- 건설공사 소요 관급자재 우수제품 우선공급
- 우수제품 홍보

본 연구에서는 성과목표에 따라 연구의 결과물을 기반으로 하여 '화재보호용 요철구조와 무기난연제를 이용한 차화커버'(지정번호 : 2017227)로 우수제품 인증을 득하였다.



우수제품지정증서

지정번호 2017227

제 품 명 : 화재보호용 요철구조와 무기난연제를 이용한 차화커버
업 체 명 : (주)평운기술
대표자명 : 이 재 걸
지정기간 : 2017. 12. 28 ~ 2020. 12. 27
지정범위 : 뒷면참조

위 제품을 조달사업에관한법률
제9조의2 및 동법시행령 제18조에 따라
위와 같이 우수제품으로 지정합니다

2017년 12월 28일

조 달 청



우수제품 지정내용

제 2017227 호

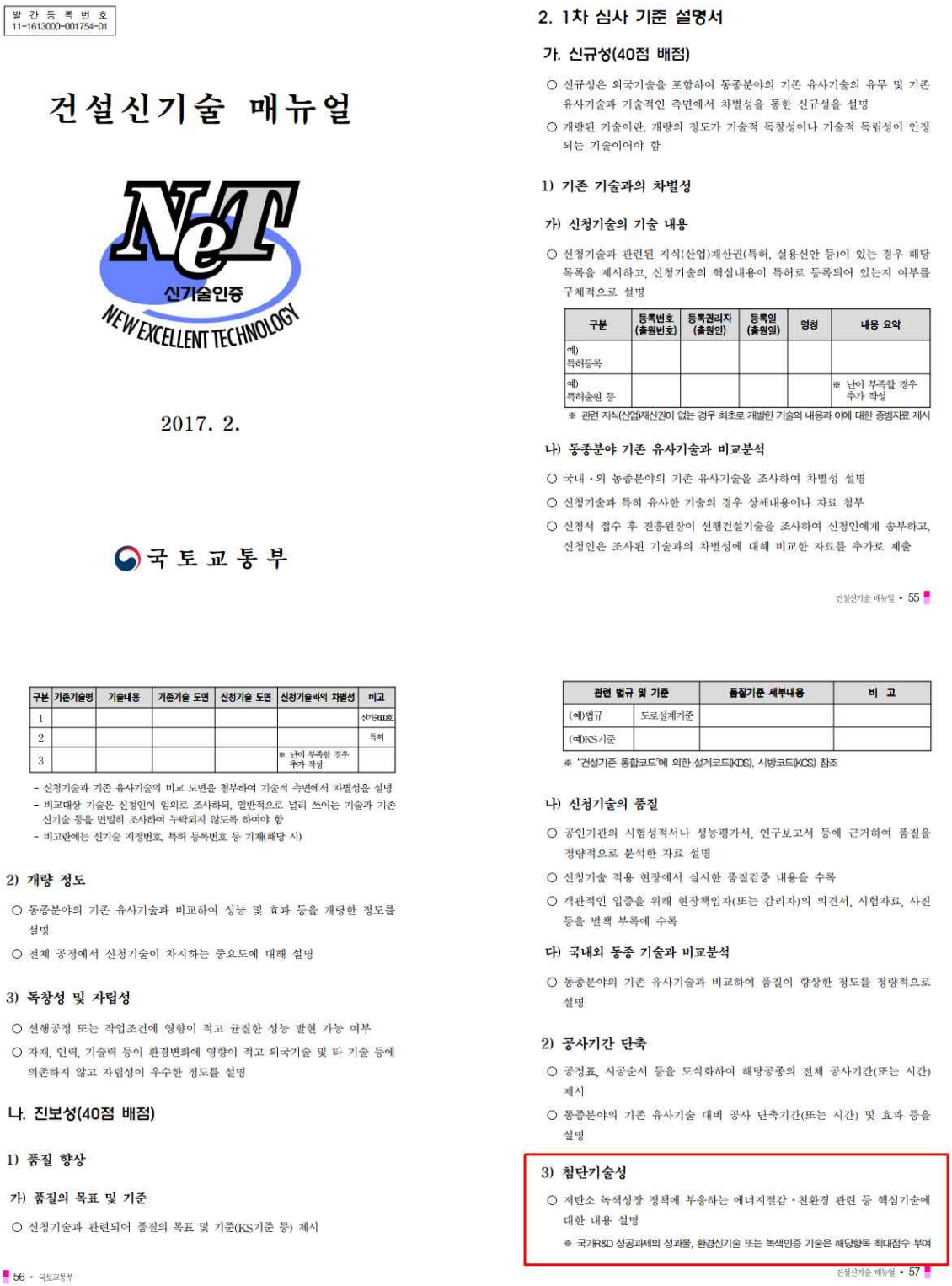
| 지정일자 | 규격 또는 모델 | 비고 |
|---|---|---|
| 2017.12.28 | TMODULET1800150, TMODULET1800100, TMODULET180075, TMODULET180060, TMODULET180050, TMODULET180035, TMODULET1700150, TMODULET1700100, TMODULET170075, TMODULET170060, TMODULET170050, TMODULET170035, TMODULET1600150, TMODULET1600100, TMODULET160075, TMODULET160060, TMODULET160050, TMODULET160035, TMODULET1500150, TMODULET1500100, TMODULET150075, TMODULET150060, TMODULET150050, TMODULET150035, TMODULET1400150, TMODULET1400100, TMODULET140075, TMODULET140060, TMODULET140050, TMODULET140035, TMODULET1300150, TMODULET1300100, TMODULET130075, TMODULET130060, TMODULET130050, TMODULET130035, TMODULET1200150, TMODULET1200100, TMODULET120075, TMODULET120060, TMODULET120050, TMODULET120035, TMODULET1100150, TMODULET1100100, TMODULET110075, TMODULET110060, TMODULET110050, TMODULET110035, TMODULET1000150, TMODULET1000100, TMODULET100075, TMODULET100060, TMODULET100050, TMODULET100035, TMODULET950150, TMODULET950100, TMODULET95075, TMODULET95060, TMODULET95050, TMODULET95035, TMODULET900150, TMODULET900100, TMODULET90075, TMODULET90060, TMODULET90050, TMODULET90035, TMODULET850150, TMODULET850100, TMODULET85075, TMODULET85060, TMODULET85050, TMODULET85035, TMODULET800150, TMODULET800100, TMODULET80075, TMODULET80060, TMODULET80050, TMODULET80035, TMODULET750150, TMODULET750100, TMODULET75075, TMODULET75060, TMODULET75050, TMODULET75035, TMODULET700150, TMODULET700100, TMODULET70075, TMODULET70060, TMODULET70050, TMODULET70035, TMODULET650150, TMODULET650100, TMODULET65075, TMODULET65060, TMODULET65050, TMODULET65035, TMODULET600150, TMODULET600100, TMODULET60075, TMODULET60060, TMODULET60050, TMODULET60035, TMODULET550150, TMODULET550100, TMODULET55075, TMODULET55060, TMODULET55050, TMODULET55035, TMODULET500150, TMODULET500100, TMODULET50075, TMODULET50060, TMODUCET50050, TMODULET50035, TMODULET450150, TMODULET450100, TMODULET45075, TMODULET45060, TMODULET45050, TMODULET45035, TMODULET400150, TMODULET400100, TMODULET40075, TMODULET40060, TMODULET40050, TMODULET40035, TMODULET350150, TMODULET350100, TMODULET35075, TMODULET35060, TMODULET35050, TMODULET35035, TMODULET300150, TMODULET300100, TMODULET30075, TMODULET30050, TMODULET30035, TMODULET250150, TMODULET250100, TMODULET25075, TMODULET25060, TMODULET25050, TMODULET25035, TMODULET200150, TMODULET200100, TMODULET20075, TMODULET20060, TMODULET20050, TMODULET20035, TMODULET150150, TMODULET150100, TMODULET15075, TMODULET15060, TMODULET15050, TMODULET15035, TMODULET10150, TMODULET10100, TMODULET10075, TMODULET10060, TMODULET10050, TMODULET10035, TMODULET30060, FRC-6, FRC-5, FRC-4, FRC-3, FRC-2, FRC-1, FSB15, FSB14, FSB13, FSB12, FSB11, FSB10, FSB9, FSB8, FSB7, FSB6, FSB5, FSB3, FSB2, FSB1, FSB, FSC CYCLE300, FSC CYCLE200, FSC CYCLE100, FSP ESS PANNEL JOINT, FBNO.J103 | 최초 지정 |

그림 3.10.2 우수제품지정증서

## 11절. 건설신기술 지정 신청

본 연구의 결과를 기반으로 건설신기술 지정 신청을 준비 및 진행하는 과정에서 국토교통과학진흥원 산업진흥본부 기술인증센터 건설신기술 심사관련 담당자와의 미팅이 진행되었으며,

'건설신기술 매뉴얼 – 1차 심사 기준 설명서 – 진보성(40점 배점) - 첨단기술성' 항목에 명시된 '국가R&D 성공과제의 성과물, 환경신기술 또는 녹색인증 기술은 해당항목 최대점수 부여'에 의거하여 본 과제의 결과를 득한 후 신청할 것을 권고함에 따라, 타 연구성과를 통한 과제의 성공에 집중하여 과제를 진행하였다.



발 간 등 록 번 호
11-1613000-001754-01

# 건설신기술 매뉴얼

NEW EXCELLENT TECHNOLOGY

2017. 2.

국 토 교 통 부

## 2. 1차 심사 기준 설명서

### 가. 신규성(40점 배점)

○ 신규성은 외국기술을 포함하여 동종분야의 기존 유사기술의 유무 및 기존 유사기술과 기술적인 측면에서 차별성을 통한 신규성을 설명

○ 개량된 기술이란, 개량의 정도가 기술적 독창성이나 기술적 독립성이 인정되는 기술이어야 함

#### 1) 기존 기술과의 차별성

##### 가) 신청기술의 기술 내용

○ 신청기술과 관련된 지식(산업)재산권(특허, 실용신안 등)이 있는 경우 해당 목록을 제시하고, 신청기술의 핵심내용이 특허로 등록되어 있는지 여부를 구체적으로 설명

| 구분 | 등록번호 (출원번호) | 등록권리자 (출원인) | 등록일 (출원일) | 명칭 | 내용 요약 |
|---|---|---|---|---|---|
| 예) 특허등록 | | | | | |
| 예) 특허출원 등 | | | | | ※ 난이 부족할 경우 추가 작성 |

※ 관련 지식(산업)재산권이 없는 경우 최초로 개발한 기술의 내용과 이에 대한 증빙자료 제시

##### 나) 동종분야 기존 유사기술과 비교분석

○ 국내·외 동종분야의 기존 유사기술을 조사하여 차별성 설명

○ 신청기술과 특히 유사한 기술의 경우 상세내용이나 자료 첨부

○ 신청서 접수 후 건흥원장이 선행건설기술을 조사하여 신청인에게 송부하고, 신청인은 조사된 기술과의 차별성에 대해 비교한 자료를 추가로 제출

건설신기술 매뉴얼 • 55

| 구분 | 기존기술명 | 기술내용 | 기존기술 도면 | 신청기술 도면 | 신청기술과의 차별성 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | 신기술00호 |
| 2 | | | | | | 특허 |
| 3 | | | | | ※ 난이 부족할 경우 추가 작성 | |

- 신청기술과 기존 유사기술의 비교 도면을 첨부하여 기술적 측면에서 차별성을 설명
- 비교대상 기술은 신청인이 임의로 조사하되, 일반적으로 널리 쓰이는 기술과 기존 신기술 등을 면밀히 조사하여 누락되지 않도록 하여야 함
- 비고란에는 신기술 지정번호, 특허 등록번호 등 기재(해당 시)

#### 2) 개량 정도

○ 동종분야의 기존 유사기술과 비교하여 성능 및 효과 등을 개량한 정도를 설명

○ 전체 공정에서 신청기술이 차지하는 중요도에 대해 설명

#### 3) 독창성 및 자립성

○ 선행공정 또는 작업조건에 영향이 적고 균질한 성능 발현 가능 여부

○ 자재, 인력, 기술력 등이 환경변화에 영향이 적고 외국기술 및 타 기술 등에 의존하지 않고 자립성이 우수한 정도를 설명

### 나. 진보성(40점 배점)

#### 1) 품질 향상

##### 가) 품질의 목표 및 기준

○ 신청기술과 관련되어 품질의 목표 및 기준(KS기준 등) 제시

56 • 국토교통부

| 관련 법규 및 기준 | | 품질기준 세부내용 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| (예)법규 | 도로설계기준 | | |
| (예)KS기준 | | | |

※ "건설기준 통합코드"에 의한 설계코드(KDS), 시방코드(KCS) 참조

##### 나) 신청기술의 품질

○ 공인기관의 시험성적서나 성능평가서, 연구보고서 등에 근거하여 품질을 정량적으로 분석한 자료 설명

○ 신청기술 적용 현장에서 실시한 품질검증 내용을 수록

○ 객관적인 입증을 위해 현장책임자(또는 감리자)의 의견서, 시험자료, 사진 등을 별책 부록에 수록

##### 다) 국내외 동종 기술과 비교분석

○ 동종분야의 기존 유사기술과 비교하여 품질이 향상한 정도를 정량적으로 설명

#### 2) 공사기간 단축

○ 공정표, 시공순서 등을 도식화하여 해당공종의 전체 공사기간(또는 시간) 제시

○ 동종분야의 기존 유사기술 대비 공사 단축기간(또는 시간) 및 효과 등을 설명

#### 3) 첨단기술성

○ 저탄소 녹색성장 정책에 부응하는 에너지절감·친환경 관련 등 핵심기술에 대한 내용 설명

※ 국가R&D 성공과제의 성과물, 환경신기술 또는 녹색인증 기술은 해당항목 최대점수 부여

건설신기술 매뉴얼 • 57

그림 3.11.1 건설신기술 신청보류 사유

# 제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

## 1절. 목표 달성도

### 1. 최초 성과별 점검 기준 (당초 계획)

### 가. 총괄 성과별 점검 기준

표 4.1.1 최초 총괄 성과별 점검기준 (당초 계획)

| 구분 | 핵심성과 (level1) | | 단위성과 (level2) | | 최종 성과점검기준 | | | | | | 해당 기관 | 양적 성과목표 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 질적 성과지표 | 목표치 | 측정 방법 | 검증 방법 | 가중치 | | |
| 총괄 | A (1차년도) | 화재성능 기준확보 (유약기반 난연원료의 장시간 차열,차염 특성확인 돌기형 구조의 차열, 차염성능 확인) | A-1 | 난연성능 확보 | ① | 콘칼로리미터 | 8MJ 이하 | 시험 의뢰 | 성적서 | 12.5 | 주관 | 품질인증 성적서 : 2 건 |
| | | | | | ② | 가스유해성 | 9분 이상 | 시험 의뢰 | 성적서 | 12.5 | | |
| | | | A-2 | 연기밀도 시험 | ① | 연기밀도 | 400 이하 | 시험 의뢰 | 성적서 | 12.5 | 주관 | 품질인증 성적서 : 1 건 |
| | | | A-3 | 산소지수 시험 | ① | 산소지수 | 40이상 | 시험 의뢰 | 성적서 | 12.5 | 주관 | 품질인증 성적서 : 1 건 |
| | | | A-4 | 난연성능 시험 | ① | 콘칼로리미터 | 8MJ 이하 | 자체 시험 | 시험 데이터 | 12.5 | 위탁 | 항목별 시험 데이터 : 각 10 건 |
| | | | | | ② | 가스유해성 | 9분 이상 | 자체 시험 | 시험 데이터 | 12.5 | | |
| | | | A-5 | 연기밀도 시험 | ① | 연기밀도 | 400 이하 | 자체 시험 | 시험 데이터 | 12.5 | 위탁 | 시험 데이터 : 10 건 |
| | | | A-6 | 산소지수 시험 | ① | 산소지수 | 40이상 | 자체 시험 | 시험 데이터 | 12.5 | 위탁 | 시험 데이터 : 10 건 |
| | B (2차년도) | 케이블트레이 화재보호용 차열, 차염 내화모듈 개발(돌기 구조 및 비돌기구조 혼용) | B-1 | 공인시험 성적서 발급 | ⑦ | 화재성능시험 | 법규 내 기준 | 시험 의뢰 | 성적서 | 10 | 주관 | 항목별 품질인증 성적서 : 각 1 건 |
| | | | | | ② | 한전차화커버 규격시험 | 규격 내 기준 | | | | | |
| | | | B-2 | 내화모듈 개발(케이블 트레이용) | ⑦ | 제품 개발 | 1건 | 특허 출원 | 특허 출원 | 10 | 주관 | 특허 출원 : 1 건 |
| | | | B-3 | 시공 공법 개발 | ⑦ | 공법 개발 | 1건 | 특허 출원 | 특허 출원 | 10 | 주관 | 특허 출원 : 1 건 |
| | | | B-4 | 현장 시범적용 | ⑦ | 현장 시범적용 | 1건 | 현장 적용 | 현장 적용 보고서 | 7.5 | 주관 | 현장적용 보고서 : 1 건 |
| | | | B-5 | 제품인증 | ⑦ | 국내 품질인증 | 1건 | 인증 획득 | 인증서 | 7.5 | 주관 | 우수조달 인증 : 1 건 |
| | | | B-6 | 신기술 지정 신청 | ⑦ | 신기술 지정 신청 | 1건 | 지정 신청 | 신청서 | 5 | 주관 | 건설신기술 지정 신청 : 1 건 신청 준비중 |
| | | | B-7 | 난연성능 시험 | ① | 콘칼로리미터 | 8MJ 이하 | 자체 시험 | 시험 데이터 | 7.5 | 위탁 | 항목별 시험 데이터 : 각 10 건 |
| | | | | | ② | 가스유해성 | 9분 이상 | 자체 시험 | 시험 데이터 | 7.5 | | |
| | | | B-8 | 연기밀도 시험 | ① | 연기밀도 | 400 이하 | 자체 시험 | 시험 데이터 | 5 | 위탁 | 시험 데이터 : 10 건 |
| | | | B-9 | 산소지수 시험 | ① | 산소지수 | 40이상 | 자체 시험 | 시험 데이터 | 5 | 위탁 | 시험 데이터 : 10 건 |
| | | | B-10 | 실화재 시험 | ① | 실화재 시험 | 4건 | 시험 의뢰 | 시험 데이터 | 20 | 위탁 | 시험 데이터 : 4 건 |
| | | | B-11 | 위탁보고서 | ① | 위탁보고서 | 1건 | 보고서 | 위탁 보고서 | 5 | 위탁 | 위탁보고서 : 1 건 |
| 계 | | | | | | | | | | 200 | | 품질인증 성적서 : 6 건<br>특허 출원 : 2 건<br>현장적용 보고서 : 1 건<br>우수조달 인증 : 1 건<br>건설신기술 지정 신청 : 1 건<br>시험 데이터 : 84 건<br>위탁보고서 : 1 건 |

## 나. 1차년도 성과별 점검 기준

표 4.1.2 최초 1차년도 성과별 검검기준 (당초 계획)

| 구분 | 핵심성과 (level1) | | 단위성과 (level2) | | 최종 성과점검기준 | | | | | | 해당 기관 | 양적 성과목표 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 질적 성과지표 | 목표치 | 측정 방법 | 검증 방법 | 가중치 | | |
| 총괄 | A (1차년도) | 화재성능 기준확보 (유약기반 난연원료의 장시간 차열,차염 특성확인 돌기형 구조의 차열, 차염성능 확인) | A-1 | 난연성능 확보 | ① | 콘칼로리미터 | 8MJ 이하 | 시험 의뢰 | 성적서 | 12.5 | 주관 | 품질인증 성적서 : 2 건 |
| | | | | | ② | 가스유해성 | 9분 이상 | 시험 의뢰 | 성적서 | 12.5 | | |
| | | | A-2 | 연기밀도 시험 | ① | 연기밀도 | 400 이하 | 시험 의뢰 | 성적서 | 12.5 | 주관 | 품질인증 성적서 : 1 건 |
| | | | A-3 | 산소지수 시험 | ① | 산소지수 | 40이상 | 시험 의뢰 | 성적서 | 12.5 | 주관 | 품질인증 성적서 : 1 건 |
| | | | A-4 | 난연성능 시험 | ① | 콘칼로리미터 | 8MJ 이하 | 자체 시험 | 시험 데이터 | 12.5 | 위탁 | 항목별 시험 데이터 : 각 10 건 |
| | | | | | ② | 가스유해성 | 9분 이상 | 자체 시험 | 시험 데이터 | 12.5 | | |
| | | | A-5 | 연기밀도 시험 | ① | 연기밀도 | 400 이하 | 자체 시험 | 시험 데이터 | 12.5 | 위탁 | 시험 데이터 : 10 건 |
| | | | A-6 | 산소지수 시험 | ① | 산소지수 | 40이상 | 자체 시험 | 시험 데이터 | 12.5 | 위탁 | 시험 데이터 : 10 건 |
| 계 | | | | | | | | | | 100 | | 품질인증 성적서 : 4 건<br>시험 데이터 : 40 건 |

## 다. 2차년도 성과별 점검 기준

표 4.1.3 최초 2차년도 성과별 검검기준 (당초 계획)

| 구분 | 핵심성과 (level1) | | 단위성과 (level2) | | 최종 성과점검기준 | | | | | | 해당 기관 | 양적 성과목표 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 질적 성과지표 | 목표치 | 측정 방법 | 검증 방법 | 가중치 | | |
| 총괄 | B (2차년도) | 케이블트레이 화재보호용 차열, 차염 내화모듈 개발(돌기 구조 및 비돌기구조 혼용) | B-1 | 공인시험 성적서 발급 | ① | 화재성능시험 | 법규 내 기준 | 시험 의뢰 | 성적서 | 10 | 주관 | 항목별 품질인증 성적서 : 각 1 건 |
| | | | | | ② | 한전차화커버 규격시험 | 규격 내 기준 | | | | | |
| | | | B-2 | 내화모듈 개발(케이블 트레이용) | ① | 제품 개발 | 1건 | 특허 출원 | 특허 출원 | 10 | 주관 | 특허 출원 : 1 건 |
| | | | B-3 | 시공 공법 개발 | ① | 공법 개발 | 1건 | 특허 출원 | 특허 출원 | 10 | 주관 | 특허 출원 : 1 건 |
| | | | B-4 | 현장 시범적용 | ① | 현장 시범적용 | 1건 | 현장 적용 | 현장 적용 보고서 | 7.5 | 주관 | 현장적용 보고서 : 1 건 |
| | | | B-5 | 제품인증 | ① | 국내 품질인증 | 1건 | 인증 획득 | 인증서 | 7.5 | 주관 | 우수조달 인증 : 1 건 |
| | | | B-6 | 신기술 지정 신청 | ① | 신기술 지정 신청 | 1건 | 지정 신청 | 신청서 | 5 | 주관 | 건설신기술 지정 신청 : 1 건<br>신청 준비중 |
| | | | B-7 | 난연성능 시험 | ① | 콘칼로리미터 | 8MJ 이하 | 자체 시험 | 시험 데이터 | 7.5 | 위탁 | 항목별 시험 데이터 : 각 10 건 |
| | | | | | ② | 가스유해성 | 9분 이상 | 자체 시험 | 시험 데이터 | 7.5 | | |
| | | | B-8 | 연기밀도 시험 | ① | 연기밀도 | 400 이하 | 자체 시험 | 시험 데이터 | 5 | 위탁 | 시험 데이터 : 10 건 |
| | | | B-9 | 산소지수 시험 | ① | 산소지수 | 40이상 | 자체 시험 | 시험 데이터 | 5 | 위탁 | 시험 데이터 : 10 건 |
| | | | B-10 | 실화재 시험 | ① | 실화재 시험 | 4건 | 시험 의뢰 | 시험 데이터 | 20 | 위탁 | 시험 데이터 : 4 건 |
| | | | B-11 | 위탁보고서 | ① | 위탁보고서 | 1건 | 보고서 | 위탁 보고서 | 5 | 위탁 | 위탁보고서 : 1 건 |
| 계 | | | | | | | | | | 100 | | 품질인증 성적서 : 2 건<br>특허 출원 : 2 건<br>현장적용 보고서 : 1 건<br>우수조달 인증 : 1 건<br>건설신기술 지정 신청 : 1 건<br>시험 데이터 : 44 건<br>위탁보고서 : 1 건 |

## 2. 달성 실적

### 가. 총괄 성과별 달성 실적

표 4.1.4 총괄 성과별 달성 실적

| 구분 | 핵심성과 (level1) | | 단위성과 (level2) | | 최종 성과점검기준 | | | | 해당 기관 | 양적 성과목표 | 양적 성과목표 달성치 | 양적 성과목표 달성율 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 질적 성과지표 | | 목표치 | 달성치 | | | | |
| 총괄 | A (1차년도) | 화재성능 기준확보 (유약기반 난연원료의 장시간 차열,차염 특성확인 돌기형 구조의 차열, 차염성능 확인) | A-1 | 난연성능 확보 | ① | 콘칼로리미터 | 8MJ 이하 | 3.8MJ | 주관 | 품질인증 성적서 : 2 건 | 품질인증 성적서 : 2 건 | 100% |
| | | | | | ② | 가스유해성 | 9분 이상 | 13분 54초 | | | | |
| | | | A-2 | 연기밀도 시험 | ① | 연기밀도 | 400 이하 | 190.1 | 주관 | 품질인증 성적서 : 1 건 | 품질인증 성적서 : 2 건 | 200% |
| | | | A-3 | 산소지수 시험 | ① | 산소지수 | 40이상 | 75.61 | 주관 | 품질인증 성적서 : 1 건 | 품질인증 성적서 : 2 건 | 200% |
| | | | A-4 | 난연성능 시험 | ① | 콘칼로리미터 | 8MJ 이하 | 3.8MJ | 위탁 | 항목별 시험 데이터 : 각 10 건 | 항목별 시험 데이터 : 각 13 건 | 130% |
| | | | | | ② | 가스유해성 | 9분 이상 | 13분 54초 | | | | |
| | | | A-5 | 연기밀도 시험 | ① | 연기밀도 | 400 이하 | 190.1 | 위탁 | 시험 데이터 : 10 건 | 시험 데이터 : 13 건 | 130% |
| | | | A-6 | 산소지수 시험 | ① | 산소지수 | 40이상 | 75.61 | 위탁 | 시험 데이터 : 10 건 | 시험 데이터 : 13 건 | 130% |
| | | | 초과 달성 | 특허출원 | ① | 특허출원 | 초과 달성 | 초과 달성 | 주관 | 초과 달성 | 특허 출원 : 2 건 | 초과 달성 |
| | | | | 특허등록 | ① | 특허등록 | | | 주관 | | 특허 등록 : 2 건 | |
| | | | | 신제품 지정 (NEP) | ① | 신제품 지정 (NEP) | | | 주관 | | 신제품 지정(NEP) : 1 건 | |
| | | | | 환경유해성 시험 | ① | 환경유해성 | | | 주관 | | 품질인증 성적서 : 5 건 | |
| | | | | 소재 물성시험 | ① | 인장강도, 냉열 내후, 내유성 등 | | | 주관 | | 품질인증 성적서 : 4 건 | |
| | | | | 설계기준 제안 | ① | 설계기준 제안 | | | 주관 | | 설계기준 제안 : 1 건 | |
| | | | | 설계기준 반영 | ① | 설계기준 반영 | | | 주관 | | 설계기준 반영 : 1 건 | |
| | | | | 시제품 | ① | 시제품 | | | 주관 | | 시제품 : 6 건 | |
| | | | 사전 달성 | 현장시범적용 | ① | 현장시범적용 | 사전달성 | 1건 | 주관 | 현장적용 보고서 : 1 건 | 현장적용 보고서 : 1 건 | 100% |
| | B (2차년도) | 케이블트레이 화재보호용 차열, 차염 내화모듈 개발(돌기 구조 및 비돌기구조 혼용) | B-1 | 공인시험 성적서 발급 | ① | 화재성능시험 | 법규 내 기준 | 적합 | 주관 | 항목별 품질인증 성적서 : 각 1 건 | 품질인증 성적서 : 3 건 | 300% |
| | | | | | ② | 한전차화커버 규격시험 | 규격 내 기준 | 적합 | | | 품질인증 성적서 : 1 건 | 100% |
| | | | B-2 | 내화모듈 개발(케이블 트레이용) | ① | 제품 개발 | 1건 | 1건 | 주관 | 특허 출원 : 1 건 | 특허 출원 : 1 건 | 100% |
| | | | B-3 | 시공 공법 개발 | ① | 공법 개발 | 1건 | 1건 | 주관 | 특허 출원 : 1 건 | 특허 출원 : 1 건 | 100% |
| | | | B-4 | 현장시범적용 | ① | 현장 시범적용 | 1건 | 사전달성 | 주관 | 현장적용 보고서 : 1 건 | 현장적용 보고서 : 1 건 | 사전달성 |
| | | | B-5 | 제품인증 | ① | 국내 품질인증 | 1건 | 1건 | 주관 | 우수조달 인증 : 1 건 | 우수조달 인증 : 1 건 | 100% |
| | | | B-6 | 신기술 지정 신청 | ① | 신기술 지정 신청 | 1건 | 신청보류 | 주관 | 건설신기술 지정 신청 : 1 건 | 건설신기술 지정 신청 : 1 건 | 신청 준비중 |
| | | | B-7 | 난연성능 시험 | ① | 콘칼로리미터 | 8MJ 이하 | 7.5MJ | 위탁 | 항목별 시험 데이터 : 각 10 건 | 항목별 시험 데이터 : 각 11 건 | 110% |
| | | | | | ② | 가스유해성 | 9분 이상 | 14분 18초 | | | | |
| | | | B-8 | 연기밀도 시험 | ① | 연기밀도 | 400 이하 | 280.6 | 위탁 | 시험 데이터 : 10 건 | 시험 데이터 : 11 건 | 110% |
| | | | B-9 | 산소지수 시험 | ① | 산소지수 | 40이상 | 70.7 | 위탁 | 시험 데이터 : 10 건 | 시험 데이터 : 11 건 | 110% |
| | | | B-10 | 실화재 시험 | ① | 실화재 시험 | 4건 | 4건 | 위탁 (주관 대리 수행) | 시험 데이터 : 4 건 | 공인 시험 데이터 : 4 건 | 100% |
| | | | B-11 | 위탁보고서 | ① | 위탁보고서 | 1건 | 1건 | 위탁 | 위탁보고서 : 1 건 | 위탁보고서 : 1 건 | 100% |
| | | | 초과 달성 | 특허출원 | ① | 특허출원 | 초과 달성 | 초과 달성 | 주관 | 초과 달성 | 특허 출원 : 1 건 | 초과 달성 |
| | | | | 특허등록 | ① | 특허등록 | | | 주관 | | 특허 등록 : 3 건 | |
| | | | | 디자인출원 | ① | 디자인출원 | | | 주관 | | 디자인 출원 : 3 건 | |
| | | | | 디자인 등록 | ① | 디자인 등록 | | | 주관 | | 디자인 등록 : 3 건 | |
| | | | | 매출실적 | ① | 매출실적 | | | 주관 | | 매출실적 : 1 건 | |
| | | | | 환경유해성 시험 | ① | 환경유해성 | | | 주관 | | 품질인증 성적서 : 12 건 | |
| | | | | 소재 물성시험 | ① | 인장강도, 냉열 내후, 내유성 등 | | | 주관 | | 품질인증 성적서 : 4 건 | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 계 | | | | | | | 품질인증 성적서 : 6 건<br>특허 출원 : 2 건<br>현장적용 보고서 : 1 건<br>우수조달 인증 : 1 건<br>건설신기술 지정 신청 : 1 건<br>시험 데이터 : 84 건<br>위탁보고서 : 1 건 | 품질인증 성적서 : 35 건<br>특허 출원 : 5 건<br>특허 등록 : 5 건<br>*신제품 지정(NEP)* : 1 건<br>*설계기준 제안* : 1 건<br>*설계기준 반영* : 1 건<br>현장적용 보고서 : 1 건<br>시제품 : 6건<br>우수조달 인증 : 1 건<br>디자인 출원 : 3 건<br>디자인 등록 : 3 건<br>시험 데이터 : 96 건<br>공인 시험데이터 : 4 건<br>위탁보고서 : 1 건 | |

## 나. 1차년도 성과별 달성 실적

표 4.1.5 1차년도 성과별 달성 실적

| 구분 | 핵심성과 (level1) | | 단위성과 (level2) | | 최종 성과점검기준 | | | 해당 기관 | 양적 성과목표 | 양적 성과목표 달성치 | 양적 성과목표 달성율 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 질적 성과지표 | | 목표치 | 달성치 | | | | |
| 총괄 | A (1차년도) | *화재성능 기준확보 (유약기반 난연원료의 장시간 차열,차염 특성확인 돌기형 구조의 차열, 차염성능 확인)* | A-1 | *난연성능 확보* | ① | *콘칼로리미터* | *8MJ 이하* | *3.8MJ* | 주관 | 품질인증 성적서 : 2 건 | 품질인증 성적서 : 2 건 | 100% |
| | | | | | ② | *가스유해성* | *9분 이상* | *13분 54초* | | | | |
| | | | A-2 | *연기밀도 시험* | ① | *연기밀도* | *400 이하* | *190.1* | 주관 | 품질인증 성적서 : 1 건 | 품질인증 성적서 : 2 건 | 200% |
| | | | A-3 | *산소지수 시험* | ① | *산소지수* | *40이상* | *75.61* | 주관 | 품질인증 성적서 : 1 건 | 품질인증 성적서 : 2 건 | 200% |
| | | | A-4 | *난연성능 시험* | ① | *콘칼로리미터* | *8MJ 이하* | *3.8MJ* | 위탁 | 항목별 시험 데이터 : 각 10 건 | 항목별 시험 데이터 : 각 13 건 | 130% |
| | | | | | ② | *가스유해성* | *9분 이상* | *13분 54초* | | | | |
| | | | A-5 | *연기밀도 시험* | ① | *연기밀도* | *400 이하* | *190.1* | 위탁 | 시험 데이터 : 10 건 | 시험 데이터 : 13 건 | 130% |
| | | | A-6 | *산소지수 시험* | ① | *산소지수* | *40이상* | *75.61* | 위탁 | 시험 데이터 : 10 건 | 시험 데이터 : 13 건 | 130% |
| | | | 초과 달성 | *특허출원* | ① | *특허출원* | 초과 달성 | 초과 달성 | 주관 | 초과 달성 | 특허 출원 : 2 건 | 초과 달성 |
| | | | | *특허등록* | ① | *특허등록* | | | 주관 | | 특허 등록 : 2 건 | |
| | | | | *신제품 지정 (NEP)* | ① | *신제품 지정 (NEP)* | | | 주관 | | *신제품 지정(NEP)* : 1 건 | |
| | | | | *환경유해성 시험* | ① | *환경유해성* | | | 주관 | | 품질인증 성적서 : 5 건 | |
| | | | | *소재 물성시험* | ① | *인장강도, 내열, 내후, 내유성 등* | | | 주관 | | 품질인증 성적서 : 4 건 | |
| | | | | *설계기준 제안* | ① | *설계기준 제안* | | | 주관 | | *설계기준 제안* : 1 건 | |
| | | | | *설계기준 반영* | ① | *설계기준 반영* | | | 주관 | | *설계기준 반영* : 1 건 | |
| | | | | *시제품* | ① | *시제품* | | | 주관 | | *시제품* : 6 건 | |
| | | | 사전 달성 | *현장시범적용* | ① | *현장시범적용* | *사전달성* | *1건* | 주관 | 현장적용 보고서 : 1 건 | 현장적용 보고서 : 1 건 | 100% |
| 계 | | | | | | | | | | 품질인증 성적서 : 4 건<br>시험 데이터 : 40 건 | 품질인증 성적서 : 15 건<br>특허 출원 : 2 건<br>특허 등록 : 2 건<br>*신제품 지정(NEP)* : 1 건<br>*설계기준 제안* : 1 건<br>*설계기준 반영* : 1 건<br>현장적용 보고서 : 1 건<br>시험 데이터 : 52 건<br>시제품 : 6건 | |

## 다. 2차년도 성과별 달성 실적

표 4.1.6 2차년도 성과별 달성 실적

| 구분 | 핵심성과 (level1) | | 단위성과 (level2) | | 최종 성과점검기준 | | | | 해당 기관 | 양적 성과목표 | 양적 성과목표 달성치 | 양적 성과목표 달성율 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 질적 성과지표 | | 목표치 | 달성치 | | | | |
| | B (2차년도) | 케이블트레이 화재보호용 차열, 차염 내화모듈 개발(돌기 구조 및 비돌기구조 혼용) | B-1 | 공인시험 성적서 발급 | ① | 화재성능시험 | 법규 내 기준 | 적합 | 주관 | 항목별 품질인증 성적서 : 각 1 건 | 품질인증 성적서 : 3 건 | 300% |
| | | | | | ② | 한전차화커버 규격시험 | 규격 내 기준 | 적합 | | | 품질인증 성적서 : 1 건 | 100% |
| | | | B-2 | 내화모듈 개발(케이블 트레이용) | ① | 제품 개발 | 1건 | 1건 | 주관 | 특허 출원 : 1 건 | 특허 출원 : 1 건 | 100% |
| | | | B-3 | 시공 공법 개발 | ① | 공법 개발 | 1건 | 1건 | 주관 | 특허 출원 : 1 건 | 특허 출원 : 1 건 | 100% |
| | | | B-4 | 현장시범적용 | ① | 현장 시범적용 | 1건 | 사전달성 | 주관 | 현장적용 보고서 : 1 건 | 현장적용 보고서 : 1 건 | 사전달성 |
| | | | B-5 | 제품인증 | ① | 국내 품질인증 | 1건 | 1건 | 주관 | 우수조달 인증 : 1 건 | 우수조달 인증 : 1 건 | 100% |
| | | | B-6 | 신기술 지정 신청 | ① | 신기술 지정 신청 | 1건 | 신청보류 | 주관 | 건설신기술 지정 신청 : 1 건 | 건설신기술 지정 신청 : 1 건 | 신청 준비중 |
| | | | B-7 | 난연성능 시험 | ① | 콘칼로리미터 | 8MJ 이하 | 7.5MJ | 위탁 | 항목별 시험 데이터 : 각 10 건 | 항목별 시험 데이터 : 각 11 건 | 110% |
| | | | | | ② | 가스유해성 | 9분 이상 | 14분 18초 | | | | |
| | | | B-8 | 연기밀도 시험 | ① | 연기밀도 | 400 이하 | 280.6 | 위탁 | 시험 데이터 : 10 건 | 시험 데이터 : 11 건 | 110% |
| | | | B-9 | 산소지수 시험 | ① | 산소지수 | 40이상 | 70.7 | 위탁 | 시험 데이터 : 10 건 | 시험 데이터 : 11 건 | 110% |
| | | | B-10 | 실화재 시험 | ① | 실화재 시험 | 4건 | 4건 | 위탁 (주관 대리 수행) | 시험 데이터 : 4 건 | 공인 시험 데이터 : 4 건 | 100% |
| | | | B-11 | 위탁보고서 | ① | 위탁보고서 | 1건 | 1건 | 위탁 | 위탁보고서 : 1 건 | 위탁보고서 : 1 건 | 100% |
| | | | 초과 달성 | 특허출원 | ① | 특허출원 | 초과 달성 | 초과 달성 | 주관 | 초과 달성 | 특허 출원 : 1 건 | 초과 달성 |
| | | | | 특허등록 | ① | 특허등록 | | | 주관 | | 특허 등록 : 3 건 | |
| | | | | 디자인출원 | ① | 디자인출원 | | | 주관 | | 디자인 출원 : 3 건 | |
| | | | | 디자인 등록 | ① | 디자인 등록 | | | 주관 | | 디자인 등록 : 3 건 | |
| | | | | 매출실적 | ① | 매출실적 | | | 주관 | | 매출실적 : 1 건 | |
| | | | | 환경유해성 시험 | ① | 환경유해성 | | | 주관 | | 품질인증 성적서 : 12 건 | |
| | | | | 소재 물성시험 | ① | 인장강도, 냉열 내후, 내유성 등 | | | 주관 | | 품질인증 성적서 : 4 건 | |
| 계 | | | | | | | | | | 품질인증 성적서 : 6 건<br>특허 출원 : 2 건<br>현장적용 보고서 : 1 건<br>우수조달 인증 : 1 건<br>건설신기술 지정 신청 : 1 건<br>시험 데이터 : 40 건<br>위탁보고서 : 1 건 | 품질인증 성적서 : 20 건<br>특허 출원 : 3 건<br>특허 등록 : 3 건<br>우수조달 인증 : 1 건<br>디자인 출원 : 3 건<br>디자인 등록 : 3 건<br>시험 데이터 : 44 건<br>공인 시험데이터 : 4 건<br>위탁보고서 : 1 건 | |

## 2절. 관련분야 기여도

### 1. 기술적 기대성과

- 난연,내화 케이블도 극한 터널교통사고 상황에서 성능을 발휘하기에 다소 부족한 점이 있어 이를 보완하기 위해 케이블의 난연성 시험보다 기준이 높은 국토부 난연규정과 실물화재시험을 통해 화재 성능을 확인 할 수 있는 제품으로 화재를 보호함으로써 긴박한 상황에서 터널 내 시설물의 정상적인 기능을 유지할 수 있다.

### 2. 사회·경제적 파급효과

- 소재분야 기술에 대한 원천기술을 확보하고 있어 응용분야에 파급 될 수 있고 이를 통해 경제성 있는 원료와 제품을 구현 할 수 있다.

- 아울러 기술력으로 조달청에 기술력만으로 심사를 받아 조달청 새싹기업으로 선정되어 안정적인 판로를 확보 할 수 있는 기회를 제공받아 저렴하게 현장에 적용 될 수 있게 할 수 있다. 이를 통해 기상악화로 인해 발생 할 수 있는 터널사고로부터 인적, 물적 피해를 줄일 수 있는 경제적 효과를 기대할 수 있으며, 파생된 제품을 통해 다른 산업분야에서도 동일한 효과를 기대 할 수 있다.

# 제5장. 연구개발성과의 활용계획

## 1절. 사업화 모형 제시

### 1. 사업화 모형 수립(BM) 배경

가. 과제 목표항목인 우수조달등록을 하기 위해 1차연도에 NEP인증 획득

나. 2차연도에 우수조달품목등록 및 나라장터 제품등록을 통한 사업화 구축

### 2. 사업화 모형의 목표 및 핵심 경쟁 요인

가. 사업화 모형의 목표

- 터널화재 방지를 목적으로 하는 과제 특성에 따라 국가기관을 통한 발주 유도
- 우수조달 성능인증을 통한 사업화 시스템 구축

나. 핵심 경쟁 요인

- 국내외 저성능 무인증 제품의 무분별한 개발을 통한 시장 왜곡우려
- 성능이 확보되면서 가격 경쟁력이 있는 제품 구현 시급

### 3. 목표 시장 구조

가. 경쟁 기업 현황

- 삼화페인트, 3M등 전통적인 난연도료 시스템을 이용한 도포 및 적층방식 제품 현행 사용

나. 시장 진입 장벽

- 중소기업으로 인한 저인지도로 인한 신뢰성 문제 해결노력

### 4. 수익 확보 전략

가. 주요 고객군

- 국토부 산하 터널공사 발주기관 ( 서울지방국토관리청외 5개기관, LH, 지방공기업, 항공청 등)

나. 사업화 모형(BM)을 통한 수익 창출 방안

- 터널 내 조명설비 및 운용설비용 전기,통신,소방설비에 대한 화재 대응 제품군 확보
- 우수조달등록을 통한 설계시스템 적용 용이성 확보
- 성능인증(NEP확보)의 우수성 홍보
- 설계 시방 , 규격서 , 매뉴얼에 지속적인 설계 및 유지보수 유도

## 2절. 성과 활용 방안 제시

### 1. 전력구용으로 파급된 돌기형 차화, 차열 방화구조체

- 지하 전력구는 케이블 접속점에서 화재가 자주 발생하고 기간산업이므로 사고가 발생하면 경제적, 사회적 파급여파가 크다.
- 한국전력에서는 한국건설기술연구원과 한전, 당사가 3자 mou를 체결하여 한전이 기술적 애로 분야를 제기하면, 당사에서 제품을 구현하고 한국건설기술연구원에서 성능을 테스트하는 방식으로 제품을 구현하고 있다.
- 우선 당사가 터널용으로 적용하고자 개발한 제품을 기계적 강도를 보강하여 전력구 화재분야에 적용하려 중소 협력과제로 진행 중이며, 일부는 시범사용에 착수하였다.

**2. 샌드위치 패널 접합부 화재확산 방지구조**

- 샌드위치 패널은 화재가 발생하면 대부분 전소되며, 원인은 겉면의 불연성 철판과 내부의 단열성 난연 심재로 구성되어 있는 샌드위치 패널의 구조적 특성 상 내부 난연성 심재가 장시간 화재에 충분한 성능을 발휘하지 못하기 때문이다.
- 해당 문제에 대한 대책으로 한국건설기술연구원에서 당사에서 개발한 제품을 통해 테스트를 수행하였고, 효과적인 성능을 구현함을 확인하였다.
- 이에 한국전력공사의 ESS실 방재용으로 샌드위치패널 접합부에 시범적으로 적용하였다.
- 해당제품은 터널용과 달리 고 경도를 유지하여야 하며, 이러한 특성을 유지한 체 동일한 구조적 특성과 난연특성을 유지하면서 해당 분야로의 개발이 시급한 현실에서 새로운 대안으로 제시될 수 있을 것으로 판단된다.

**3. 초고층, 반밀폐 대공간(필로티구조) 등 타 산업분야에 후속과제 접수를 통하여 본 연구개발품의 새로운 적용 방법과 판로를 확대해보고자 노력하고 있다. 추가적으로 해외(중국 및 동남아시아) 수출을 위해 국외에서 원하는 새로운 인증을 획득하기 위해 준비하고 있다.**

# 제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

관련 규격
논문정보
관련 해외 특허

# 제7장. 연구개발성과의 보안등급

1. 공개 가능여부 : 공개 가능
2. 보안등급 : 일반

# 제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황

- 해당 없음

| 구입 기관 | 연구시설/ 연구장비명 | 규격 (모델명) | 수량 | 구입 연월일 | 구입 가격 (천원) | 구입처 (전화번호) | 비고 (설치 장소) | NTIS장비 등록 번호 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |

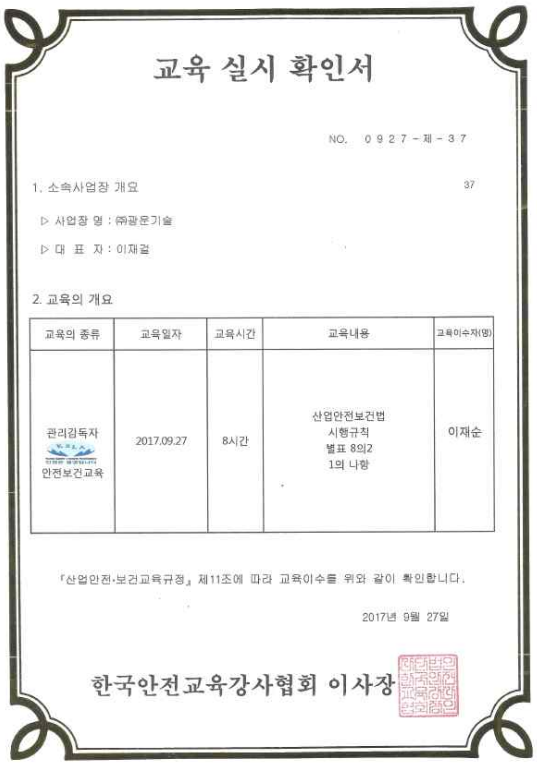
# 제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

## 1절. 법정 안전교육 실시

- 안전보건교육을 이수한 관리감독자의 주도 하에 법정 안전교육 실시

1. 정기안전교육
- 실시대상 : 전 임직원
- 실시기준 : 매 분기 3~6시간
  (사무직 구분 - 분기별 3시간 / 제조, 생산, 연구 등 구분 분기별 6시간)

2. 수시안전교육
- 실시대상 : 작업내용 변경 시 또는 신입직원 채용 시 실시
- 실시기준 : 작업내용 변경 근로자 - 2시간
  신규채용 근로자 - 8시간



교육 실시 확인서

NO. 0927-제-37

1. 소속사업장 개요 37

▷ 사업장 명 : ㈜광운기술

▷ 대 표 자 : 이재걸

2. 교육의 개요

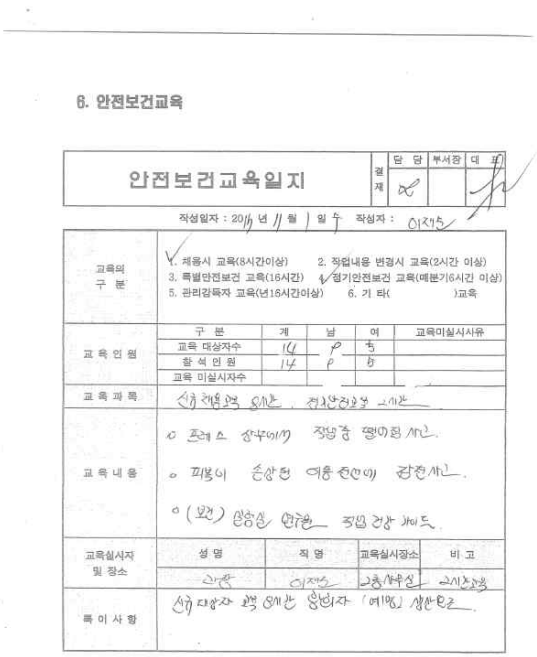
| 교육의 종류 | 교육일자 | 교육시간 | 교육내용 | 교육이수자(명) |
|---|---|---|---|---|
| 관리감독자 안전보건교육 | 2017.09.27 | 8시간 | 산업안전보건법 시행규칙 별표 8의2 1의 나항 | 이재순 |

「산업안전·보건교육규정」 제11조에 따라 교육이수를 위와 같이 확인합니다.

2017년 9월 27일

한국안전교육강사협회 이사장

(a) 관리감독자 안전보건교육 이수



8. 안전보건교육

안전보건교육일지

| 결재 | 담 당 | 부서장 | 대 표 |
|---|---|---|---|
| | | | |

작성일자 : 2017 년 11 월 1 일 수 작성자 : 이재걸

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 교육의 구 분 | 1. 채용시 교육(8시간이상) 2. 작업내용 변경시 교육(2시간 이상) 3. 특별안전보건 교육(16시간) 4. 정기안전보건 교육(매분기6시간 이상) 5. 관리감독자 교육(년16시간이상) 6. 기 타( )교육 | | | | |
| 교육 인원 | 구 분 | 계 | 남 | 여 | 교육미실시사유 |
| | 교육 대상자수 | 16 | 9 | 7 | |
| | 참 석 인 원 | 14 | 9 | 5 | |
| | 교육 미실시자수 | | | | |
| 교육 과목 | 신규채용자 8시간 전사안전보고서 | | | | |
| 교육 내용 | ㅇ 프레스 작업에서 작업중 명심할 사고. ㅇ 피복이 손상된 전선에서 감전사고. ㅇ (보건) 분승실 관리 작업 건강 가이드 | | | | |
| 교육실시자 및 장소 | 성 명 | 직 명 | 교육실시장소 | 비 고 | |
| | 이재순 | 이사장 | 교육대회실 | 교시조정 | |
| 특 이 사 항 | 신규채용자 교육 8시간 실시자 (예정) 생산팀장 | | | | |

(b) 관리감독자에 의한 안전교육 실시



프레스 상부에서 작업 중 떨어짐

재 해 개 요

'16. 6월 부산시 소재 사업장 프레스 상부 작동유 탱크 위에서 작동유 보충작업을 하던 피재자가 몸의 중심을 잃고 약 12.7미터 아래 작업장 바닥으로 떨어져 사망한 재해임

재해상황도

기인물(프레스) 및 재해상황도

프레스 상부

재해발생상황

○ 피재자는 기계사업부 소속으로 공무를 주 업무로 하며, 재해 당일에는 전날 완료하지 못한 프레스 작동유 보충작업을 하던 중 재해가 발생함

○ 프레스의 작동유 저장탱크는 프레스 상부(높이 12.7m)에 위치하고 있으며,

- 작동유 보충은 지상의 작동유 드럼을 천장크레인을 이용하여 저장탱크 위로 인양한 후 직접 주입하는 방식으로 실시

※기인물(프레스)

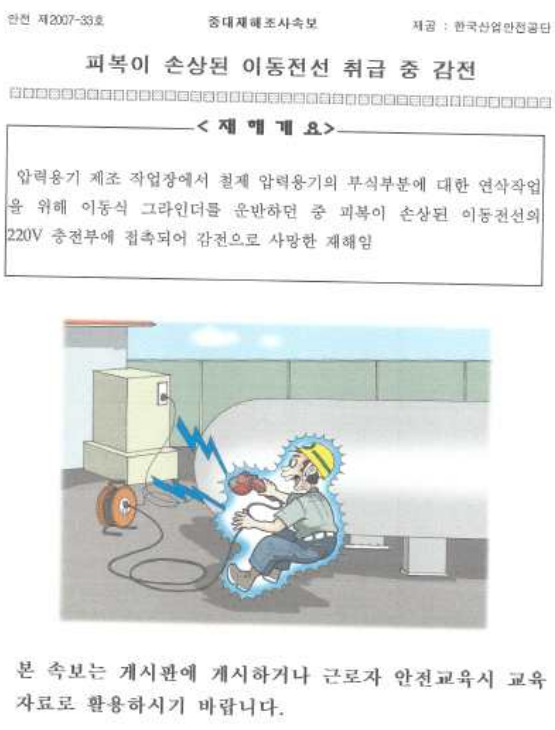
- 종류 : 액압식 프레스 - 하중능력 : 5,000톤, - 프레임 : H형

○ 천장크레인은 저장탱크 상부에 있던 피재자가 직접 펜던트스위치로 조작함

○ 프레스 위에는 안전난간이 설치되어 있지만, 피재자가 위치해 있던 그 상부 작동유 탱크 위에는 안전난간이 설치되어 있지 않음

- 저장탱크 상부 바닥은 작동유로 인해 미끄러웠을 것으로 추정

(c) 교육자료 (예시 1)



안전 제2007-33호 중대재해조사속보 제공 : 한국산업안전공단

피복이 손상된 이동전선 취급 중 감전

< 재 해 개 요 >

압력용기 제조 작업장에서 철제 압력용기의 부식부분에 대한 연삭작업을 위해 이동식 그라인더를 운반하던 중 피복이 손상된 이동전선의 220V 충전부에 접촉되어 감전으로 사망한 재해임

본 속보는 게시판에 게시하거나 근로자 안전교육시 교육자료로 활용하시기 바랍니다.

(d) 교육자료 (예시 2)

그림 9.1.1 안전조치 이행 실적

# 제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

| 번호 | 구분 (논문/ 특허/ 기타) | 논문명/특허명/ 기타 | 소속 기관명 | 역할 | 논문 게재지/ 특허 등록 국가 | 영향력 지수 | 논문 게재일 /특허 등록일 | 사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사) | 특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 특허 (특허 실용) | 전선 배관 및 케이블의 화재 보호용 돌기형 내화구조체 | 주식회사 광운기술 | | 대한민국 | | 2016.10.17 | | |
| 2 | 특허 (특허 실용) | 케이블 트레이의 화재 보호용 돌기형 내화구조체 | 주식회사 광운기술 | | 대한민국 | | 2016.10.17 | | |
| 3 | 특허 (디자인) | 케이블트레이용 차화커버 | 주식회사 광운기술 | | 대한민국 | | 2017.08.17 | | |
| 4 | 특허 (디자인) | 케이블용 차화커버 | 주식회사 광운기술 | | 대한민국 | | 2017.08.28 | | |
| 5 | 특허 (디자인) | 케이블용 차화커버 | 주식회사 광운기술 | | 대한민국 | | 2017.09.20 | | |
| 6 | 특허 (특허 실용) | 점검 및 유지보수가 용이한 케이블 트레이용 차열 차염 부재 | 주식회사 광운기술 | | 대한민국 | | 2017.09.15 | | |
| 7 | 특허 (특허 실용) | 화재 차단성능이 우수한 케이블 트레이용 방화 구획 장치 및 그 제조방법 | 주식회사 광운기술 | | 대한민국 | | 2017.11.20 | | |
| 8 | 특허 (특허 실용) | 케이블트레이용 화재확산방지구조물 | 주식회사 광운기술 | | 대한민국 | | 2017.12.07 | | |

# 제11장. 기타 사항

- 해당 없음

# 제12장. 참고 문헌

〔1〕 조남욱, 김홍열, 신현준, 인기호, 이종천, 천지홍, 이인구, 심지훈, 불연 강화플라스틱 방화문 대량생산기술 개발 실용화 연구, 한국건설기술연구원 주요사업 보고서 (2012)

〔2〕 여인환, 인기호, 안재홍, 전기수, 조규환, 황규재, 방화문의 내화성능 조사연구, 한국건설기술연구원 위탁용역 보고서 (2015)

〔3〕 KS M ISO4589-1, Plastics - Determination of burning behaviour by oxygen index - Part 1: Guidance (2017)

〔4〕 KS C IEC 60332-3-21, Tests on Electric Cables under Fire Conditions — Part 3-21: Test for Vertical Flame Spread of Vertically-mounted Bunched Wires or Cables — Category A F/R (2013)

〔5〕 KS F ISO 5660-1, Reaction-to-fire tests—Heat release, smoke production and mass loss rate —Part 1 : Heat release rate(cone calorimeter method) (2008)

〔6〕 국토교통부 고시 제 2015-744호, 건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지구조 기준

〔7〕 KS F 2271, Testing method for incombustibility of internal finish material and element of buildings (2006)

〔8〕 ASTM E 662, Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials

〔9〕 KS F ISO 5659-2, Plastics-Smoke generation-Part 2 : Determination of optical density by a single-chamber test

〔10〕 조남욱, 이종천, 이인구, 김도현, 최재범, 심지훈, X-Ray 분석법을 활용한 비연소 난연성능평가 방법 개발, 한국건설기술연구원 주요사업 보고서 (2014)

주 의

1. 이 최종보고서는 00000부에서 시행한 00000사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 00000부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.