

페놀폼 단열 소재의 배관보온재 적용에 관한 연구

A Study on Applying Phenol Foam Insulation Material as Pipe Lagging Material

사재천* · 권영규** · 이재문*** · 민세홍****

Sa, Jeachun*, Kwon, Youngkyu**, Lee, Jaemoon***, and Min, Sehong****

Abstract

During a fire, the major cause of casualties is the toxic gas produced from combustible interior and exterior materials. Increasing the time for occupant evacuation by reducing toxic gas is the most effective way of reducing casualties. Many casualties occurred in recent fires at the Jecheon Sports Center, Miryang Sejong Hospital, and Icheon Distribution Center. The commonality is that the toxic gas produced from combustible interior and exterior materials was the major cause of the casualties. In this study, phenol foam insulation material was considered as an alternative pipe lagging material, owing to its limited combustibility and non-production of toxic gas, to determine a method for removing the toxic gas generated from the combustion of pipe lagging material. Phenol foam insulation material is often used as the insulation material for building exteriors owing to its excellent insulation performance. Moreover, it has the advantage of being an environment-friendly product with zero ozone layer destruction coefficient and low harmful substance emissions. The incombustibility of phenol foam insulation material was verified through the Standard Performance Test of the Limited Combustible Material (Ministry of Land, Infrastructure and Transport Notice No. 2020-1053). Further, an alternative is to be proposed if a pipe lagging material with inadequate incombustibility is used in the site even though a tested pipe lagging material with limited combustibility is available.

Key words : Phenol Foam, Insulation, Piping Insulation, Semi-non-flammable Materials, Flame Retardant Performance

요 지

화재 발생 시 인명피해의 주요 원인 중 하나는 가연성 내·외장재의 연소에 의한 유독가스 발생이다. 유독가스를 줄여 재실자들이 대피할 시간을 확보하는 것은 인명피해를 줄이는 가장 유효한 방법이 될 것이다. 최근 발생한 ‘제천스포츠센터화재’, ‘밀양세종병원화재’, ‘이천물류센터화재’ 등은 인명피해가 많이 발생하였다. 공통점은 가연성 내·외장재의 연소에서 발생한 유독가스가 인명 손실의 주요 원인이었다는 점이다. 본 연구에서는 가연성 배관 보온재가 연소되어 발생하는 유독가스를 없앨 수 있는 방법으로 화염 속에서도 유독가스가 발생되지 않는 준불연 이상의 난연성능을 가진 페놀폼 단열재에 대한 연구를 진행하였다. 페놀폼 단열재는 탁월한 단열성능으로 건축물 외장단열재에 많이 사용되고 있으며, 오존층파괴계수가 Zero (제로)이고, 유해물질 방출량이 적어 친환경 제품이라는 장점도 있다. 이번 연구에서 페놀폼 단열재의 난연성능 부분을 국토교통부 고시 제2020-1053호 ‘준불연재료의 기준 성능시험’을 통해 페놀폼 단열재의 난연성능을 검증한다. 또한 시험을 통해 확인된 준불연 이상 난연성능을 가진 배관보온재가 있음에도 현장에서 난연성능에도 못미치는 배관 보온재를 사용하고 있는 현 상황을 지적하여 그 대안을 제안해보려 한다.

핵심용어 : 페놀폼, 단열재, 배관보온재, 준불연, 난연성능

*정회원, 가천대학교 설비·소방공학과 ICT융복합 화재·재난과학연구센터실장(E-mail: jcsa@naver.com)

Member, Research Engineer, Department of HVAC & Firefighting Engineering, Gachon University

**가천대학교 대학원 소방방재공학과 박사과정(E-mail: kdar6564@naver.com)

Ph.D. Candidate, Department HVAC & Firefighting Engineering, Gachon University

***정회원, 가천대학교 설비·소방공학과 ICT융복합 화재·재난과학연구센터실장(E-mail: dddcom@daum.net)

Member, Research Engineer, Department of HVAC & Firefighting Engineering, Gachon University

****교신저자, 평생회원, 가천대학교 설비소방공학과 교수(Tel: +82-31-750-5714, Fax: +82-31-750-8746, E-mail: shmin@gachon.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Fire & Disaster Protection Engineering, Gachon University

1. 서론

화재는 예방이 가장 중요하다. 그러나 철저한 예방 대책에도 불구하고 화재는 예고 없이 찾아올 수 있다. 화재 발생 시 빠른 상황판단과 침착한 대응으로 피해를 최소화하는 것이 필요하다.

화재사례를 살펴보면, 인명 손실의 커다란 부분은 급격한 화염의 확산과 이때 연소되는 가연성 내·외장재에 의한 유독가스의 급격한 확산이 인명의 손실의 주요 원인이다.

2017년 12월 발생한 ‘제천 스포츠센터 화재’, 연이어 2018년 1월 발생한 ‘밀양 세종병원 화재’, 2020년 4월 발생한 ‘이천 물류센터 화재’는 많은 수의 인명피해가 발생한 화재 사고라는 공통점이 있다. ‘제천 스포츠 센터 화재’와 ‘밀양 세종병원 화재’는 각각 29명, 45명의 사망자 발생했으며, 특히 반자 내의 가연성 소재로 시공된 배관보온재에서 발생된 유독가스에 의해 많은 인명피해가 발생되었다. ‘이천 물류센터 화재’ 역시 우레탄폼으로부터 시작된 화재가 스티로폼이 포함된 샌드위치 패널로 옮겨 붙으며 이들 가연성 물질에서 발생된 유독가스에 의해 38명의 많은 인명피해가 발생 하였다.

2017년부터 2021년 7월까지 국가화재정보센터에 등록된 화재 시 사망자 현황에 따르면 전체 사망자 1,542명 중 직접적인 화상에 의한 사망자는 147명이었다. 반면 연기·유독가스 흡입으로 인한 사망자가 361명, 연기·유독가스 흡입 및 화상으로 인한 사망자가 634명으로 절대 다수를 차지하였다(사상자 현황은 복합된 정보로 기본적인 화재상황과 다를 수 있습니다). 화재현장에서 화상에 의한 사망자도 부검 결과, 유독가스에 의해 이미 질식사 상태에서 사망에 이른 것으로 판명되었다. 결국 대부분의 화재 사고 사망자는 직·간접으로 유독가스에 의해 사망한다.

화재 발생 후 침착한 상황대처 및 빠른 피난으로 인명피해를 최소화 할 수 있다. 그러나 건축물에 무분별하게 사용된 가연성 물질에서 유독가스가 발생된다면 위의 사례들과 같이 많은 인명피해로 귀결될 수밖에 없다.



Fig. 1. Jecheon Sports Center Fire

Fig 1에서 나타났듯이 화재 당시 농도가 짙은 유독가스의 발생은 화재 진압의 어려움은 물론 화재현장에서 많은 인명피해가 발생한다.

이와 같은 화재 상황에서 유독가스가 발생 되지 않는 건축자재의 사용은 매우 중요하며, 필요하다면 법을 통한 강제할 수 있는 강력한 조치가 소중한 인명을 보호할 수 있을 것이라 확신한다.

본 연구에서는 화재 사례를 통한 유독가스 발생의 주요 원인인 가연성 내·외장재 중 배관단열재의 위험성에 주목하고, Lim and You (2020)에서 확인할 수 있듯이 건축 마감재에 속하는 배관단열재와 관련된 현행 화재안전기준을 살펴보고자 한다. 또 법에서 요구하는 난연성능 기준과 실제 현장에 설치되고 있는 배관보온재의 난연성능에 대한 차이를 비교하고, 법규 및 기준 적용의 모호성을 지적하고자 한다.

끝으로 지속적인 화염에 노출되더라도 유독가스가 발생되지 않는 페놀폼 단열재를 국토교통부 고시 건축물 마감재료의 난연성능 시험을 통해 준불연 성능을 확인하여, 가연성 배관보온재를 대체해 유독가스를 없앨 수 있는 대체재로서 가능성을 확인한다.

2. 배관보온재 관련 법 규정

소방법에서 배관보온재에 관한 규정은 소방청 고시 즉, 화재안전기준에 배관 설비가 들어가는 모든 곳에 “보온재를 사용할 경우에 난연재료 성능 이상의 것으로 하여야 한다.”라고 규정하고 있다. 분명하게 법에 명시되어 있음에도 ‘난연재료 성능 이상의 것’에 대해 법을 피해갈 수 있는 여지를 줌으로써 법 집행의 실효성도 없고 현장에 법 집행의 모호함을 보여주고 있다.

본 연구에서 법에서 규정한 난연재료에 대한 정의를 정확히 하며, 현재 현장에서 난연성능에 못 미치는 배관보온재임에도 준용하여 사용하도록 허용하는 시험자료로 사용되는 시험방법인 ‘KS M IOS 4589-2 산소지수에 의한 연소 거동의 측정’과 ‘KS F 2844 건축재료의 화염 전파 시험방법’이 소방법에서 규정한 난연재료로 적절하게 규정되지 못함을 지적하고자 한다.

2.1 소방용 배관 관련 화재안전기준

소방용 배관의 배관보온재와 관련된 화재안전기준에서는 ‘보온재를 사용할 경우에 난연재료 성능 이상의 것으로 하여야 한다’라고 되어있고, 이 같은 내용은 ‘옥내소화전설비의 화재안전기준(NFSC102)’, ‘스프링쿨러설비의 화재안전기준(NFSC 103)’, ‘물분무소화설비의 화재안전기준(NFSC 104)’ 등의 소방과 관련된 모든 소화설비 배관에 동일한 기준으로 적용된다.

2.2 난연성능 기준

소방관련 법에는 특별히 난연성능의 기준에 관한 언급이 없다. 난연성능에 관한 기준은 건축법시행령 제2조에 ‘난연재료’, ‘불연재료’, ‘준불연재료’에 관한 용어의 정리를 해 놓았고, ‘국토교통부령이 정하는 기준에 적합한 재료’라고 명시했다. 국토교통부령 제882호 [‘국토교통부령으로 정하는 기준에 적합한 재료’란 「산업표준화법」에 따른 한국산업표준에 따라 시험한 결과 가스 유해성(불연: 불연성시험), 열방출량 등이 국토교통부장관이 정하여 고시하는 난연(or 준불연)재료의 성능기준을 충족하는 것을 말한다.]

이와 같이 국토교통부령에서 명시한 국토교통부 고시 제 2020-1053호 ‘건축물 마감재료의 난연 성능 및 화재 확산 방지구조 기준’에 의해 난연성능을 가진 건축재료에 대한 등급분류를 하고 있다. 불연재료는 ‘불연성시험’과 ‘가스유해성시험’을 통해 판정하고 준불연재료와 난연재료는 공통적으로 ‘열방출시험’과 ‘가스유해성시험’을 통해 시험에 통과한 재료만이 법에서 규정하는 불연재료, 준불연재료, 난연재료로 판단할 수 있는 근거를 만들어 둔 것이다.

2.3 법 적용의 모호성

국토교통부에서 법으로 정해놓은 난연재료의 판단 기준이 명확하고, 화재안전기준에서도 소방용 배관의 보온재는 난연성능 이상의 것으로 규정하고 있다. 그러나 현재 현장에서는 이와 다른 모호한 규정을 만들어 난연성능 이하의 배관보온재가 시공되고 있다.

현장에서 적용되는 기준은 건축기계설비공사 표준시방서 ‘2.1.3 보온 재료의 화재안전성능’의 시험방법을 적용한 ‘KS M ISO 4589-2 산소지수 시험’과 ‘KS F 2844 화염전파시험’ 2가지 중 일정기준을 통과한 1개 서류만 있어도 난연성능으로 준용해 줄 수 있도록 하여 혼란을 부추기고 있다. 마치 국가에서 정해놓은 법을 현장 여건에 맞추어 만들어진 시방서에 의해 시공하고 있는 이상 현상이 벌어지고 있는 것이다.

특히, ‘KS M ISO 4589-2 산소지수 시험’과 ‘KS F 2844 화염전파시험’에서 모두 공통적으로 “이 시험은 단독으로 연소 거동을 평가하는데 불충분하며, 안전 관리와 소비자 보호에 관련된 규정으로 사용되어서는 안 된다.” ‘사용 중인 재료의 화재 위험성을 평가하는 유일한 수단으로 사용되어서는 안 된다.’라고 적용범위를 명확히 하고 있음에도 이 시험을 통과한 1가지 서류만 있어도 현장에서 난연성능으로 인정받아 난연성능 이하의 보온재가 설치되고 있는 것이다. 이것은 국가에서 법으로 정한 난연성능에 대한 기준을 호도하여 사용하고 있는 것이다.

3. 준불연재료 성능시험

페놀폼의 준불연재료 성능시험은 국토교통부 고시 제 2020-1053호 ‘준불연재료의 기준 성능 시험’으로 열방출을

시험과 가스유해성시험으로 나누어 진행되며, 추가로 페놀폼과 폴리우레탄폼의 비교 실험을 통해 가스유독성을 추가로 확인 하였다.

3.1 시험재료_페놀폼

본 연구에서는 최근 건축용 외부단열재로 널리 쓰이고 있는 페놀폼을 시험 재료로 하여 난연성능을 시험하고자 한다. 매우 우수한 단열성과 탄소 배출이 없는 친환경 소재 페놀폼은 건축용 단열재로 보급되어 외부 단열에 널리 쓰이고 있다. 주목할 점은 페놀폼이 가지고 있는 준불연성능의 난연성능, 특히 화염이 전혀 발생하지 않는 장점은 화재 발생 시 사망 사고의 주요 원인이 되는 유독가스에 의한 사망을 예방할 수 있다는 점에서 좋은 평가를 받을 수 있다. 이러한 장점을 가진 페놀폼의 난연 성능을 국토교통부 고시 제2018-771호 ‘준불연재료의 기준 성능 실험’을 통해 확인한다.

3.2 준불연재료 성능시험

페놀폼의 준불연재료 성능시험은 국토교통부 고시 제 2018-771호 ‘건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지구조 기준’ 제3조 준불연재료의 기준 성능시험으로 열방출시험과 가스유해성 시험으로 나누어 진행된다. 금번 시험은 한국 생활환경시험연구원(이하 KCL)의 삼척 화재시험동에서 진행하였으며, 시험자료의 객관성을 위해 **2차례** 진행하였다.

시험편은 현장에 설치되는 조건과 같은 내용의 시험편을 사용하였다. Figs. 2, 3과 같이 두께 25 mm의 페놀폼 보드에



Fig. 2. The First Test Piece

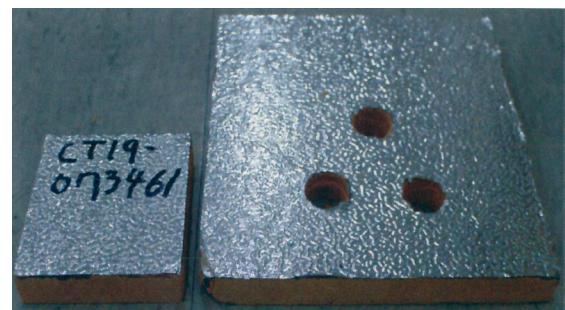


Fig. 3. The Second Test Piece



Fig. 4. Concalimeter Tester

0.04 mm 두께의 알루미늄을 접착제로 붙여놓은 형태의 시험편을 사용하였으며 크기는 열방출률시험에 사용되는 $99 \pm 1 \times 99 \pm 1$ 크기의 시험편 8개와 가스유해성시험에 사용되는 $218 \pm 2 \times 218 \pm 2$ 크기의 시험편 6개를 1차, 2차 시험에 각각 준비하여 사용하였다.

3.2.1 열 방출률(콘칼로리미터법) 시험

열방출시험은 Han et al. (2017) 경우와 같이 KS F ISO 5660-1:2015 시험방법에 의해 진행되며, Fig. 4와 같은 콘칼로리미터 시험 장치를 이용하여 총 방출열량과 열방출율을 측정한다. 또한 시험체가 복사열에도 소멸되거나 용융되었는지 관찰한다.

시험 조건

- ㉠ 시험환경 온도 $21.4 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 21.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 상대습도 32%~32%
- ㉡ 오리피스 상수는 $0.139 \text{ } 931 \text{ m}^{1/2} \cdot \text{g}^{1/2} \cdot \text{K}^{1/2}$
- ㉢ 히터의 복사열을 $50 \text{ kW/m}^2 \pm 1 \text{ kW/m}^2$
- ㉣ 배출장치 유속 $0.024 \text{ m}^3/\text{s} \pm 0.002 \text{ m}^3/\text{s}$ 설정

시험 방법

- ㉠ 시험조건에 맞춘 시험 장치에 측정할 시험 편을 측정 장치에 위치
- ㉡ 복사열 차단 장치 제거 후 10분간 가열
- ㉢ 총 방출열량(8 MJ/m^2 이하)과 열방출율(10초 이상 연속으로 200 kW/m^2 초과하는 시간 측정) 측정
- ㉣ 가열 종료 후, 측정장치에서 시험편을 제거하고 관찰 [시험체를 관통하는 방화상 유해한 균열, 구멍 및 용융(심재의 전부용융, 소멸) 등 확인]

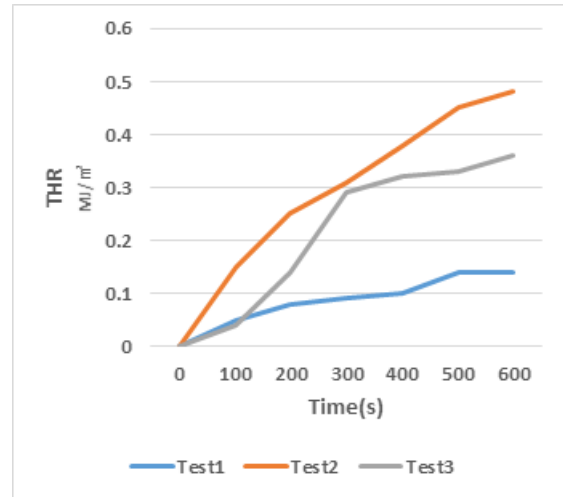


Fig. 5. Total Heat Emissions (THR) Result (First Test)

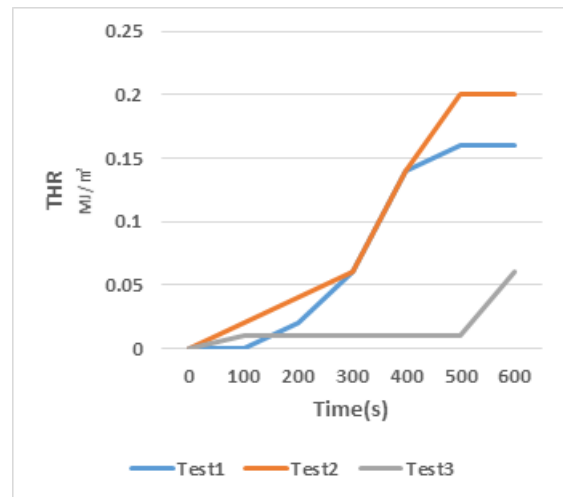


Fig. 6. Total Heat Emissions (THR) Result (Second Test)

1차 시험 결과

1차 열방출 시험 결과는 Fig 5에 나타난 바와 같이 총방출 열량의 기준점인 8 MJ/m^2 이하에 크게 못 미치는 1차 0.1 MJ/m^2 , 2차 0.5 MJ/m^2 , 3차 0.4 MJ/m^2 로 결과가 나왔다. 또 열방출율이 10초 이상 연속으로 200 kW/m^2 초과하는 시간은 1차례도 없었다. 시험체를 관통하는 구멍이나 균열, 용융도 나타나지 않아 우수한 결과치로 준불연 성능기준을 통과하였다.

2차 시험 결과

2차 열방출 시험 결과는 Fig 6에 나타난 바와 같이 총방출 열량의 기준점인 8 MJ/m^2 이하에 못미치는 1차 0.2 MJ/m^2 , 2차 0.2 MJ/m^2 , 3차 0.1 MJ/m^2 로 결과가 나왔다.

열방출율이 역시 1차 시험과 마찬가지로 10초 이상 연속으로 200 kW/m^2 초과하는 시간은 1차례도 없었다. 시험체를



Fig. 7. Gas Hazard Tester

관통하는 구멍이나 균열, 용융도 나타나지 않아 1차 시험과 같이 우수한 결과가 나왔다.

열방출시험은 1차 시험과 2차 시험 모두 우수한 결과로 준불연 성능 적합함을 인정받았다.

3.2.2 가스유해성 시험

가스유해성 시험은 KS F 2271:2016으로 진행하며, Fig. 7과 같은 가스유해성 실험장치에서 흰쥐 2마리를 1차 2차로 나누어서 각각의 행동 정지 시간을 체크한다.

시험조건

- ㉠ 시험환경은 온도 25 °C~25.2 °C, 상대습도 51%~53%
- ㉡ 시험시간은 15분
- ㉢ 실험용 흰쥐는 ICR계열로 성별은 암컷으로 5주의 주령을 가졌으며, 18 g~22 g의 평균 체중을 가지고 있는 것을 사용

시험방법

- ㉠ 실험용 흰쥐를 1마리씩 넣은 8개의 회전 바구니를 피검 상자에 투입
- ㉡ 가열로 속에 시험편을 넣고 프로판 3분, 복사열 3분 총 6분간 가열
- ㉢ 가열로 속의 시험편이 연소하면서 나온 연소가스에 각각의 실험용 흰쥐가 영향을 받는지 행동정지시간을 측정(평균 행동정지시간은 9분 이상이어야 한다.)

1차 시험 결과

1차로 실시한 가스유해성 시험은 Fig. 8과 Table 1에 나타

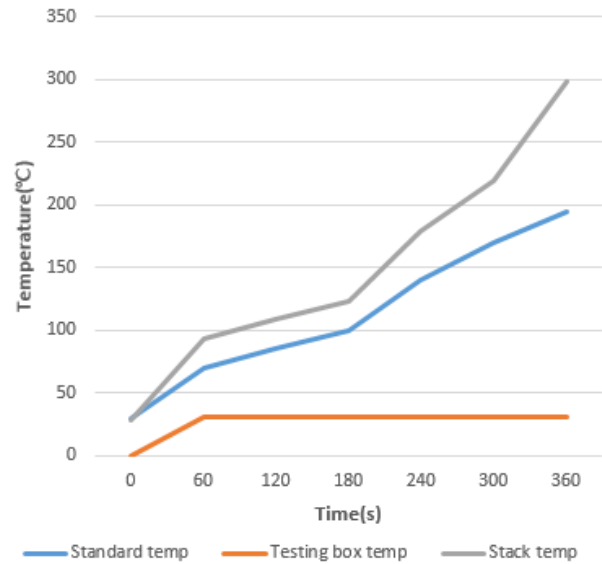


Fig. 8. First Test Temperature Curve

Table 1. Results of the First Test Mouse Action

No. of mice	Time to incapability	Pass line
M1	14 min 09 s	9 min
M2	14 min 14 s	9 min
M3	14 min 36 s	9 min
M4	14 min 03 s	9 min
M5	14 min 17 s	9 min
M6	14 min 07 s	9 min
M7	14 min 59 s	9 min
M8	14 min 56 s	9 min
Average		14 min 56 s
Standard deviation		00 min 21 s
Time to incapability of moving		14 min 04 s

난 바와 같이 8개의 회전 바구니에 투입된 시험용 흰쥐의 평균 행동정지 시간이 최고 14분 56초부터 최저 14분 03초까지 분포되어, 평균 행동 정지시간 14분 04초로 기준점인 9분을 초과한 우수한 결과를 나타내었다.

2차 시험 결과

2차로 실시한 가스유해성 시험은 Fig. 9와 Table 2에 나타 난 바와 같이 8개의 회전 바구니에 투입된 시험용 흰쥐의 평균 행동정지 시간이 최고 15분 00초부터 최저 14분 33초까지 분포되어, 평균 행동 정지시간 14분 47초로 기준점인 9분을 초과한 매우 우수한 결과를 나타내었다.

가스 유해성 시험 역시 1차 시험과 2차 시험 모두 우수한 결과로 준불연 성능 적합함을 인정받았다.

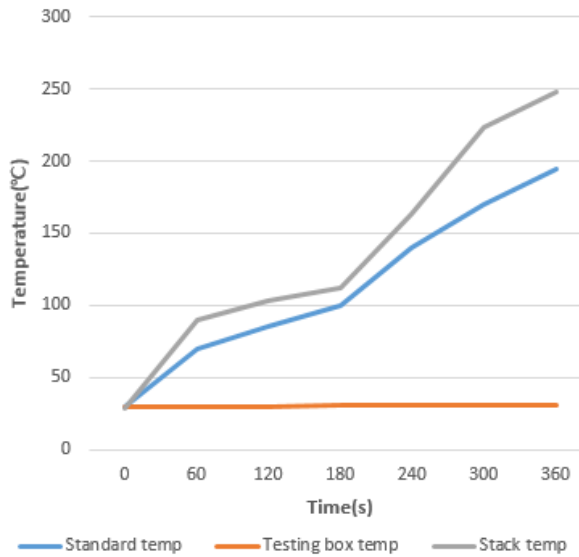


Fig. 9. Second Test Temperature Curve

Table 2. Results of the Second Test Mouse Action

Rotating box	Time to incapability	Pass line
M1	14 min 33 s	9 min
M2	14 min 58 s	9 min
M3	15 min 00 s	9 min
M4	15 min 00 s	9 min
M5	14 min 57 s	9 min
M6	15 min 00 s	9 min
M7	14 min 59 s	9 min
M8	14 min 59 s	9 min
Average		14 min 56 s
Standard deviation		00 min 09 s
Time to incapability of moving		14 min 47 s

3.3 준불연재료 시험 결과

이상과 같이 국토교통부 고시 제2020-1053호 ‘준불연재료 난연성은 기준 성능시험’을 한국생활환경시험연구원(KCL)에서 2차레에 걸쳐 열 방출을 시험과 가스유해성 시험을 실시하여 페놀폼 단열재가 준불연재료 기준에 적합함을 인정받았다. 시험 결과에서 알 수 있듯이 페놀폼 단열재는 매우 우수한 준불연 성능을 나타내었다. 특히 주목할 점은 가스유해성 시험 결과와 같이 화염 속에서도 유해가스가 발생되지 않아 화재 시 주요 사망 원인인 유해가스에 의한 사망을 줄일 수 있다.

3.4 페놀폼과 폴리우레탄폼의 비교 실험

Chae et al. (2014)의 실험에서 무기화합물 소재의 페놀폼과 유기화합물 소재의 일반 폴리우레탄폼, 난연 폴리우레탄

Table 3. Stop Motion Result of in Mouse by Toxicity Gas

Average deep stopping time (min:sec)		
Phenol Foam	PUR Foam	PIR Foam
13 min 28 sec	03 min 09 sec	06 min 36 sec
14 min 55 sec	04 min 10 sec	07 min 39 sec

Table 4. Toxicity Index of NES 713

Toxicity index		
Phenol Foam	PUR Foam	PIR Foam
8.6	23.4	17.2

폼 3종류의 단열재를 비교 실험하여 연소가스의 유출에 대한 위험성을 확인하고자 한다. Lee et al. (2009)의 실험 때와 같은 일산화탄소, 이산화탄소, 벤질시안화물, 할로젠화 탄화수소 및 프로펜, 아세트알데히드와 같은 방향족 등 여러 유기 자극제가 포함되며, 이와 같은 가스 생성물에 의한 독성 실험은 국내의 KS F 2271과 영국의 NES 713에 근거하여 마우스 및 가스검지관 시험으로 진행하였다.

3.4.1 가스유해성 실험 결과

페놀폼은 일반 폴리우레탄폼, 난연 폴리우레탄폼에 비해 뛰어난 성능을 보였다. 일반 폴리우레탄폼, 난연 폴리우레탄폼은 어느 정도 차이를 보였으나 Table 3과 같이 9분 안에 마우스가 모두 사망하는 결과를 나타내었다.

3.4.2 가스 검지관 시험 결과

가스유해성실험과 마찬가지로 페놀폼에 비해 일반 폴리우레탄폼, 난연 폴리우레탄폼에서 독성지수가 높게 평가되어 Table 4와 같은 결과를 도출하였다. 독성 지수는 아래의 계산식을 이용하였다.

$$C_{\theta} = \frac{C \cdot 100 \cdot V}{m} \quad (1)$$

C_{θ} : 분석된 가스농도(ppm)

m : 시편질량(g)

C : 연소챔버의 가스농도(ppm)

V : 연소챔버의 체적(m^3)

3.4.3 연소가스 비교 시험 결과

본 실험에서 페놀폼 단열재의 대체재로 사용되는 폴리우레탄폼과 페놀폼의 비교 실험을 통해 폴리우레탄폼의 가스 유독성의 높게 나타나고, 페놀폼은 모든 실험에서 가스유독성이 가장 낮게 평가되었다. 특히 난연 폴리우레탄폼도 페놀폼에 비해 현격한 차이를 드러냈다.

4. 결 론

화재 사례에서 살펴본 ‘이천 물류센터 화재’ 이후 ‘건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지 구조 기준’과 관련된 입법이 추진되어 화재안전기준을 대폭 강화하는 개정안이 국회 본회의를 통과하였다. 이른바 ‘스티로폼 및 우레탄 샌드위치패널 금지법’이라 불리는 이 법의 통과로 화재에 취약한 우레탄폼과 샌드위치패널 등의 사용이 어렵게 되었다. 그러나 안타깝게도 이번 개정에서는 건축물 외벽 마감 재료의 난연성능 강화만을 담고 있다. 건축물 내부마감 재료의 안전기준 강화가 빠져있어 배관보온재의 가연성 재료사용으로 인한 피해는 여전히 속세로 남아있다.

본 연구에서 진행한 2차례의 준불연재료 성능 시험과 연소가스 비교 시험을 통해, 첫 번째로 우수한 단열성능을 인정받은 Phenol Foam 단열재는 안전성, 내식성, 친환경성 외에 치수변화율이 적고, 본 연구에서 주목하는 국토교통부 고시 기준 준불연 성능 이상임이 2차례 실험으로 확인되었으며, 난연재료 성능 이상을 요구하는 화재안전기준을 넘어서고 있다. 두 번째 특히, 난연 폴리우레탄폼과 페놀폼의 연소가스 비교 실험을 통해 페놀폼 단열재의 유독가스의 위험성이 현저하게 적음을 확인하였다. 세 번째 페놀폼과 폴리우레탄폼의 연소가스 비교 시험에서도 알 수 있듯이 난연성능과 준불연성능은 현격한 차이가 있다. 그럼에도 현재 현장에 설치되고 있는 발포폴리에틸렌(Polyethylene Foam), 고무발포(Flexible Cellular)와 같은 배관보온재는 국토교통부 고시 난연성능 기준에도 못 미치고 있으므로 이것은 심각한 재해가 될 수 있다.

이상의 결론을 통해 무기화합물 소재의 페놀폼 배관보온재가 유기화합물 소재의 가연성 배관보온재를 대체한다면, 현장에서 건축설비공사 표준시방서의 시험 규격을 난연성능 인정으로 같음하여 사용하고 있는 법 규정을 무시한 기형적인 구조도 정리될 것으로 기대한다.

감사의 글

이 논문은 소방청의 재난현장 긴급대응 기술개발사업(20007975)의 지원을 받아 작성함.

References

- Chae, H.B., Kwon, I.G., Kim, H.J., Joung, G.S., and Won, J.H. (2014). Comparative analysis of combustion gases for phenolic foam and polyurethane foam insulations. *Proceedings of the Korea Institute of Fire Science and Engineering Conference, Proceedings of the Korea Institute of Fire Science and Engineering Conference*, Vol. 2014, Spring, pp. 175-176.
- Han, B.H., Seo, D.H., Kwon, Y.H., and Min, S.H. (2017). A study on the fire characterization of foam block using cone-calorimeter and FTIR. *J. of Korean Institute of Fire Sci. & Eng.* Vol. 20, No. 5, pp. 105-112.
- Lee, B.W., Kwon, S.P., Lee, J.W., Lee, B.H., Kim, H.S., and Kim, H.J. (2009). Evaluation of the burning properties of various carpet samples by using the cone calorimeter and gas toxicity test. *J. of Korean Institute of Fire Sci. & Eng.* Vol. 23, No. 6, pp. 1-9.
- Lim, O.K., and You, W.J. (2020). An experimental study on fire performance characteristics of pipe insulation materials. *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 32, No. 3, pp. 125-134.

Received	October 18, 2021
Revised	October 19, 2021
Accepted	October 27, 2021