

EPS 샌드위치패널의 난연성능 향상을 위한 배합설계 제안

오재훈 · 박선영 · 김대회* · 최동호* · 문종욱
한국국제대학교 소방방재공학과, *방재시험연구원

The Proposal of The EPS Sandwich Panel Mixdesign For Flame Retardant Improvement

Oh, Jae Hoon · Park, Seon Yeong · Kim, Dae hoi*
Choi, Dong ho* · Moon, Jong Wook
Fire & Disaster Protection Engineering of IUK, *FILK

요 약

EPS 샌드위치 패널은 화재 시 치명적인 단점을 가지고 있다. 하지만 여전히 EPS 샌드위치 패널이 국내에 많이 사용되는 이유는 가격이나 시공성, 생산성에서 EPS를 대체할만한 물질이 아직 개발되지 않는 실정이다. 글라스 울 패널과 우레탄 폼 패널이 시장에 조금씩 유통되고 있지만 여전히 EPS 패널이 시장에서 70%이상을 차지하고 있다. 그래서 EPS를 코팅, 함침, 주입 등의 여러 가지 방법도 개발되고 있으나 그 중 가장 간단하고 가격이 낮고, 샌드위치패널에 적용이 가능한 코팅법에 의한 난연제의 배합설계와 비드와 난연제의 난연 등급에 따른 최적의 배합비를 제안하고자 한다.

1. 서 론

1.1 연구의 필요성

샌드위치 패널은 간편한 생산, 싼 가격, 우수한 시공성 때문에 공장, 창고 등에서 많이 사용되고 있다. 하지만 화재 시 치명적인 단점을 가지고 있어 일반 건축물에서는 사용이 제한되고 있고 그 밖의 건축물에서도 일정성능 이상의 난연화가 이루어져야 사용할 수 있다. 이 때문에 심재를 글라스울이나 우레탄폼을 이용한 샌드위치 패널과 기존 EPS에 난연성을 확보해서 화재를 예방하고자 하는 노력들이 이루어지고 있다.

주로 샌드위치패널에 관한 연구와 개발품을 보면 글라스울, 우레탄폼을 이용하거나 EPS를 코팅이나 함침, 주입법 등으로 난연화를 이루고 있다. 하지만 글라스울 이나 우레탄폼의 경우 가격에서 EPS보다 고가며 시공성도 떨어진다. EPS를 이용한 난연 샌드위치 패널 공법 중 주입 및 함침법의 경우 내수성에 많은 문제가 있어 생산성 및 시장 경쟁력

이 떨어진다. 본 연구에서 적용한 코팅법의 경우 EPS에 난연제를 코팅하여 이를 2차 발포, 성형하여 난연성을 확보하는 방법인데 이 때 변성 물유리와 다른 원료를 첨가하여 난연제로 사용하니 타 제품에 비해 샌드위치패널의 우수성을 살릴 수 있었다.

표 1. 단열재 가격비교

구분	PE/PP FOAM	ISO PINK	G/W	EPS	난연EPS
단가	90원/mm ³	107원/mm ³	1200원/kg	20~26원/mm ³	60~66원/mm ³
가격(50t,1he)	4,500원	5,350원	3,840원	1,000~1,300원	3,000~3,300원
비고	40배 발포(25k)	30배 발포(32k)	64k	10k~15k	15k
기타	50~70배 발포 개발중 자소성 난연폼은 120원/mm ³	자소성 난연, 압축강도, 가공성 우수	분진, 따가움	비난연 저가	단가2,300~2,600 원 예상

코팅법 또한 난연제의 성분조합과 비드와 난연제의 비율에 따라 난연 성능과 제조가격 생산성에서 여러 가지 결과 값이 나올 수 있다. 위 표 1과 같이 심체의 원료에 따라서 단가와 중량이 많은 차이가 있는 것을 확인 할 수 있었다. 난연제의 비율이 커질수록 난연 성능은 향상이 되나 무게나 생산성, 가격경쟁력에 떨어지기 때문에 난연제 자체의 성분비와 비드와 난연제 간의 최적화된 배합을 통해 실제 시장에서 사용가능하고 용도에 따라 난연, 준불연 등급으로 구분하여 사용할 수 있는 배합비 도출을 연구 하였다.

2. 코팅 난연 EPS 실험

2.1 난연제의 재료 배합 실험

물유리(규산소다)는 무기물의 대표적인 접착제로 가격이 유기접착제에 비하여 매우 저렴하며, 물이 증발하면 유리가 되어 단단한 피막을 만들고, 이 피막에 열을 가하면 결정수 및 물(free water)에 의해 발포막을 형성하여 난연성과 단열성을 나타내는 특성을 가지고 있다. 하지만 물유리는 물에 잘 녹으며, 접착성도 시간이 갈수록 낮아진다. 이의 보완하기 위해 SiO₂를 추가로 용해시켜서 내수성 및 난연성을 증가 시켰다. SP의 투입으로 점도가 크게 증가하지만 접착력이 낮아져서 이를 보완하기 위하여 Borax를 투입하여 접착성, 점도, 난연성의 증가에 기여와 SP의 석출을 억제했다.

이렇게 개발된 난연제로 판넬을 제작, 예비 실험을 한 결과 모서리 부분에 불이 붙는 경향이 나타났다. 이를 보완하기 위해 팽창성 흑연플 투입하였다. 층상의 흑연을 황산 처리 후 수세하여 얻어지는 것으로, 250~300 ℃의 온도에서 팽창하는 물질로, 팽창시 주위의 산소를 소모하여 난연성을 제공하며, 팽창된 흑연은 실처럼 변화한다. 장시간 물에 잠기게 되면 투입된 난연액이 흘러나와 패널 외관을 더럽힐 수 있다. 이를 보완하기 위하여 발수제를 투입하였다. 실리케이트화합물과 상용성이 좋은 실리콘오일은 매우 우수한 발수력을 나타내었다.

이로부터 빗물에도 강한 난연 스티로폼을 제조할 수 있었다. 그러나 사용중 실리콘오일은 Sodium Boro Silicate 용액과 반응하여 발수성을 나타내지 않고 흡착되어 발수성을 나타내는 것이어서 코팅에서는 일부 건조에서 팽창성 흑연의 손실(먼지발생)을 나타내고, 비드 간의 접착도 약화시키는 점을 발견하였다. 이를 보완하기 위하여 최종발수제로 Beta-(3,4-epoxycyclohexyl)ethyltriethoxysilane)을 선정하였다. 이 화합물은 Silicate의 실록산기와 반응 연결되어 비드표면에서 로스 또는 접착력 저항 없이 발수력을 발휘하였다.

표 2. 난연제 원료 특성

원료명	사용량	주특성	단점	비고
SS	60~100%	무기바인더/난연성	내수성 낮음 / 저장안정성 낮음	원가 비용 높음
SP	1~20%	난연성/중점/SS불비증가	고가	대체원료 가능
ST	1~4%	내수성/중점/sticking/내수성	유기물로 잔여 발생	CARBOXY기 함유
SI	0.5~1%	난연성/커플링/바인더	SS와 반응 / 고가	
SO	0.5~2%	내수성/이형성/난연성	비드 용착 방해	
BR/BA	1~4%	SS 안정화/난연성	난연효과 낮음	
DCDA	1~3%	난연성	SS에 대한 용해도 낮음	2%이상 불가
DT	5~20%	난연성/중점	분체형으로 용착 방해	중국산650원/kg
EVA	1~5%	내수성	건조필요 / 난연성 저하 / 고가	
SLIME	10~20%	난연성/중점/SS불비증가	내수성 낮음 /분체형으로 용착 방해	색상 적색
CB	33~100%	난연성/중점	내수성 낮음 / 분체형으로 용착 방해	색상 적색
FA	10~20%	난연성	내수성 낮음 / 분체형으로 용착 방해	색상 흑색
W	5~120%	저점도화, 코팅성, 저퍼막성	난연효과 낮음	
팽창촉연	5~15%	잔여해소	고가/용착 방해	흑색

2.2 B.S비 실험과정

본 실험에서 준불연등급을 확보하기 위해 난연제의 투입량도 많아지기 마련인데 이 때 난연제가 비드끼리의 결합을 방해시키는 확률이 높아지고, 스팀에 의해 씻겨 내려가는 경우도 발생하는 기술적인 문제가 발생할 수 있다. 난연제 투입량에 비례해 가격도 올라가기 때문에 과다 투입되지 않는 범위에서 적절한 배합비를 찾는 실험을 하였다.

실험은 성형이 쉬운 1호(030) 비드를 사용하여 1:2부터 1:5까지 코팅실험을 하였다. 난연제 자체 배합실험에서 투입량이 많아 질 것을 충분히 고려하여 배합을 하였으므로 난연제가 많이 들어가도 코팅에는 크게 어려움이 없었다.

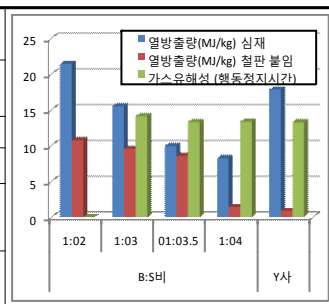
코팅 방법도 1차, 2차로 나누어서 실험을 해 보았으나 1차 코팅할 때와 크게 차이점이 없고 공정이 늘어나면 생산성도 떨어지므로 1차 코팅을 하였다.

2.3 난연성 시험

Cone Calorimeter Test는 준불연등급이 B.S비(비드와 난연제 간의 배합비)의 최종 배합을 확인하기 위해 1:2부터 난연제 투입량을 배로 늘려가며 1:5까지 5가지의 샘플로 Test를 실시하였다. 적은 배합비부터 Test를 진행하여 준불연등급이 나오는 배합비에서 실험을 멈추고 그 중간에 최적화된 비를 찾아보았다. 그리고 같은 코팅법을 사용하는 Y사의 제품과 그 성능을 비교하였다.

표 3. Cone Calorimeter Test 결과

		열방출량(MJ/kg)		가스유해성 (행동정지시간)	비고	준불연 등급
		심재	철관 불임			
B:S비	1 : 2	21.42	10.73	-	· 심재, 철관 모두 준불연성능 (8.0MJ/kg) 초과 · 행동정지시간 9분 이상 확보	불합격
	1 : 3	15.48	9.57	14분 12초		불합격
	1 : 3.5	9.93	8.54	13분 30초		불합격
	1 : 4	8.23	1.40	13분 34초	· 철관 부착시 준 불 연 성 능 (8.0MJ/kg) 확보 · 행동정지시간 9분 이상 확보	합격
	Y사	17.83	0.88	13분 24초	· 행동정지시간 9분 이상 확보	불합격



위 실험의 결과 B.S비 1:4에서 준불연등급에 해당하는 결과가 나왔다. 또한 1:3.5를 실험 하였으나 열방출량이 등급에 약간 미달하는 값이 나와서 준불연등급에 해당하는 최적의 배합비는 1:4인걸로 결론을 내렸다. Y사 제품의 경우 철판을 붙일 경우 열 방출량 및 가스유해성 Test에서 시험규격에 만족하는 결과 값이 나왔으나 심재 자체로 Test를 할 경우 열방출량이 1:4에 비해 2배 가까이 나왔으며 철판 유무에 따른 값의 편차가 심하게 나타났다. 심재 자체의 가스유해성 실험결과에서도 Y사 제품은 미달인 반면, 본 연구의 난연제는 B.S비 1:2부터 이미 9분 이상을 확보할 수 있었다.

그림 1에서 보는 바와 같이 Y사 제품은 시험 시 하부 철판이 관찰됨으로써 최종적으로 준불연성능을 만족하지 못하는 것을 확인할 수 있다.

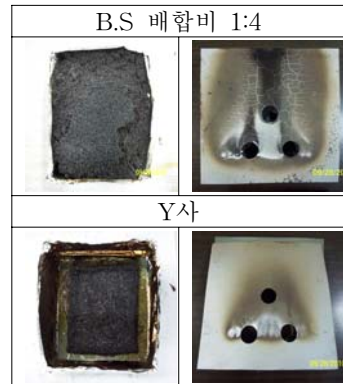


그림 1. Con Calorimeter Test 후 시험체 모습

3. 결 론

현재 사용되는 샌드위치패널의 심재의 경우 제조공정, 가격, 시공성만으로 판단했을 때 폴리스티렌폼이 가장 우수하다. 하지만 화재에 치명적인 단점 때문에 자체로는 사용이 제한되고 있지만 본 연구에서 제안한 난연제를 비드에 코팅할 경우 배합비에 따라 우레탄 폼, 글라스울과 유사한 결과가 나온 다는 것을 실험 결과로 확인 할 수 있었다. 무엇보다 큰 장점은 Y사 제품에 비해 철판부착 뿐만 아니라 심재 자체로 화재에 우수한 난연 성능을 확보할 수 있었다. 따라서 철판이 탈락 또는 크랙 부분에 화염이 미치더라도 우수한 난연 성능을 발휘 한다는 점에서 다른 난연 패널보다 우수하다고 볼 수 있었다. 따라서, 고성능의 난연제 개발을 통해 난연 및 준불연등급까지 적정 B.S비를 적용함으로써 EPS 샌드위치 패널의 폭넓은 활용 가능성을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 기술표준원 제품안전기술기반조성사업 ‘화재안전성이 확보된 난연 샌드위치패널 개발’ 2차년도 사업으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 권오상 (2009). “스치로폼 패널의 화재 안전성 연구” 2009화재소방학회 춘계학술논문발표회
2. 박수영 (2006). “콘칼로리미터를 사용한 샌드위치패널 연소특성에 대한 실험적 연구” 한국화재소방학회 논문지. 제 20권 제 4호
3. 박혜진 (2010). “냉동창고용 샌드위치 패널의 난연성능 개선에 관한 연구” 2010화재소방학회 춘계학술논문발표회
4. 박혜진 (2010). “공장용 샌드위치 패널의 난연 성능 개선에 관한 연구” 한국국제대학교 학위논문