

고무발포 보온재의 적정두께

윤 관 선^{*†}, 이 교 영^{*}

(주)아 마 텍 기 술 부

A Suitable Thickness of Flexible Elastometric Foam

Kwan-Sun Yoon^{*†}, Gyo-young Lee

Armatech co.,ltd 3F Youngsung Building, 2-2 Karak-dong, Songpa-Gu, Seoul,Korea

ABSTRACT: Due to the construction technique (or the construction culture) growth in and out of Korea, newly-developed products have been continuously released. Furthermore, all legislation and regulation that the World follows are gradually becoming unified. (e.g. FTA(Free Trade Agreement) with the United States was contracted, and inevitable FTA contraction with EU and China), For this reason, it is considered that Korean fire regulation on building interior materials needs to be reviewed and compared with that of international standard so that it becomes legitimate and reasonable one.

† Corresponding author
Tel.: +82-2-3401-8563; fax: +82-2-430-8518
E-mail address: yoonks2000@hanmail.net

1. 서 론

국내외 건축문화의 발달로 단열재의 종류도 새로운 제품이 출시되고 있는 실정이다. 또한 미국과 FTA (Free Trade Agreement) 가 체결되었고 EU, 중국과도 필연적으로 FTA를 체결해야 하는 등 전 세계가 점차적으로 모든 법규 및 규정이 일체화되어지고 있으며 단열재 또한 사용용도, 종류 등이 통일되어지고 있다. 이에 따라 국내 단열재의 종류도 과거 전통적으로 쓰였던 인조광물섬유보온재(암면), 유리면보온재, 발포폴리스틸렌(스티로폼), 경질우레탄폼, 펠라이트보온재에 국한되어 1996년 제정된 KS F 2803(지식경제부 보온, 보냉 공사의 시공 표준)

도 국제적인 기준과 새로운 제품에 대한 대안책 등을 고려 개정할 필요성이 있다고 생각한다. 에너지자원의 부족으로 해외 에너지 의존도가 97%인 국내실정에서 에너지절약은 대단히 중요한 문제라 할 수 있다. 한편 국내 전체 에너지 사용량 중 건물부분이 차지하는 비율은 약 1/3에 이르고 있으며, 건축물의 열성능 향상을 위해서 효과적인 건물의 단열은 대단히 중요하다. 이에 따라 현재 여러 건축현장에서 보온, 보냉 목적으로 쓰여 지는 고무발포 단열재의 적정한 두께 및 관련근거에 대하여 KS F 2803 (보온, 보냉 공사의 시공표준) 및 건축기계표준시방서(2005개

정)에 근거하여 적정한 두께를 산출하였다.

2. 보온재의 종류별 특성

현재 국내 건축설비분야에서 대표적으로 사용되고 있는 보온재의 종류별 특성을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 유리면 (Fiber Glass or Fiber Wool)

유리면은 유리솜 또는 글라스 울이라고도 한다. 보온 단열성이 비교적 우수하고 내화성, 흡음성 등이 우수하다. 유리면은 유리를 녹여서 이를 화염분사법, 원심법 등의 방법으로 섬유화학 펠트 모양이나 포드 모양으로 제품화하기 위하여 보통 열경화성유기 결합체인 페놀수지를 뿌려 섬유들을 결합시킨다.

(2) 폴리에틸렌 폼 (EPE)

폴리에틸렌을 가교제로 발포시킨 발포체로서 폼의 종류에 따라 가교폼과 무가교폼으로 구분된다. 가교폼은 신장력, 탄성력, 가공성이 우수하나 재생이 불가능하며, 무가교폼은 물성을 유지하며

재생이 가능하다. 일반적으로 무가교 재질이 최고 사용 온도가 70℃인 반면 가교 재질은 120℃이며 가교가 무가교에 비해 단열 재료로서의 성능이 우수한 것으로 알려져 있다.

(3) 고무 발포 보온재 (EFCD)

고분자 합성고무를 주원료로 하여 완전 독립기포상태의 보온 단열재로서 합성고무에 발포제, 난연제, 가소제 외에 기타 물리적인 특성 (탄성 등)을 위해 제조업체 제품별로 첨가제 (PVC 또는 플라스틱계 수지 등)을 혼합하여 발포시킨 것으로 크게 분류된다. 특히 이러한 재질들은 투습, 흡습이 거의 없으므로 저온에서의 결로 방지성이 탁월하며 고무발포 성질은 단열성, 투습성, 난연성이 우수해 일반적으로 -200℃~105℃에 적용되고 있다.

3. 보온재의 규격 및 적요

현재 고무발포 단열재는 KS규격이 없는 상태이며 이에 따라 현장 및 여러 설계 담당자들이 관련두께 적정근거에 대하여 많은 혼선을 가지고

* 국토해양부 제정 건축기계설비공사 표준시방서 2005년도 개정본

종류	재료명	규격 및 적요
보 온 재	미네랄울 보온재	KS L 9102 인조광물 섬유 보온재에 규정하는 미네랄울보온판, 펠트, 보온통, 보온대 및 블랭킷으로서, 보온판은 1호 및 2호, 보온대 및 블랭킷은 1호로 한다.
	유리면 보온재	KS L 9102 인조광물 섬유 보온재에 규정하는 보온판, 펠트, 보온통, 보온대 및 블랭킷으로서, 보온판 및 보온대는 2호 24K, 32K 및 40K로 한다.
	발포폴리스틸렌 보온재	KS M 3808(발포 폴리스티렌 보온재)에 규정하는 2종으로 내열난연 3등급 이상의 것으로 한다.
	발포폴리에틸렌 보온재	KS M 3862(발포 폴리에틸렌 보온재)에 규정하는 보온통 2종은 길이방향에 따라 절개부를 넣어 염화비닐시트로 피복한석으로 한다.
	규산칼슘 보온재	KS L 9101(규산칼슘보온재)에 규정된 보온판 및 보온통
	발수성 펠라이트 보온재	KS F 4714(발수성 펠라이트 보온재)에 규정된 보온판 및 보온통
	경질우레탄폼 보온재	KS M 3809(경질 우레탄폼 보온재)에 규정된 보온판 및 보온통
	고무발포 보온재	KARSE B 0043(고무발포 단열재)에 규정된 보온판 및 보온통

있는 상태이다. 실제로 고무발포 단열재는 건축기계 표준시방서 2005년 개정판에 재료 명으로는 명시되어 있으나 규격 및 적요는 KS가 아닌 KARSE B 0043 (대한설비공학회 고무발포 단열재 단체 규격)에 따르라고 명시되어있다.

또한 “보온두께의 공통사항” 2.2 (3) 기기, 덕트, 배관의 보온, 결로 및 동파방지용 보온 두께는 2.3, 2.4, 2.5에 있는 조건과 시공 장소의 조건이 현저하게 다를 경우는 그 조건에 따라 KS F2803 (보온, 보냉 공사의 시공표준)에 준해서 산정되어지는 것에 따른다고 되어 있으며 발포폴리에틸렌, 고무발포 보온재 등 기타 재료의 보온, 보냉 두께는 공사 시방서를 참조하라고 명시되어 있다. 이는 건축기계표준시방서상의 두께가 명시되어지지 않은 고무발포 단열재의 두께를 산정할 때는 KS F 2803 계산식에 의해서 두께를 산정할 수 있다는 근거가 된다. 현재 건축기계표준시방서상의 명기된 유리면보온재, 미네랄울보온재 등의 보온두께 또한 KS F 2803 계산식에 의해서 두께가 산정되어진 것이다.

3.1 보온두께의 공통사항

- (1) 보온두께는 보온재만의 두께를 말하며 외장재 및 보조재의 두께 포함하지 않는다.
- (2) 결로 및 동파방지가 동시에 필요할 경우의 보온두께는 두 가지 중에서 큰 쪽의 시방을 적용한다.
- (3) 기기, 덕트., 배관의 보온, 결로 및 동파방지용 보온 두께는 2.3, 2.4, 2.5에 있는 조건과 시공 장소의 조건이 현저하게 다른 경우는 그 조건에 따라 KS F 2803(보온, 보냉공사의 시공표준)에 준해서 산정 되어지는 것에 따른다.
- (4) 보온과 보냉이 동시에 필요한 경우의 보온두께는 두 가지 중에서 두께가 큰 쪽의 시방을 적용한다.
- (5) 발포폴리에틸렌, 고무발포 보온재 등 기타 재료의 보온, 보냉 두께는 공사시방서에 따른다.

4. 보온, 보냉공사의 시공표준(KS F 2803) 식에 의한 두께계산

두께계산에서 가장 영향을 미치는 주된 요인 중 하나는 단열재의 표면과 주위 공기사이의 열전달율이다. 이것을 표면의 열전달율 또는 표면계수라 하며 단위는 W/m².K이다. 표면의 열전달율 산출은 매우 복잡하며 모든 표면의 열전달율에 대한 대류와 방사(복사)방향의 열전달율을 종합하여야 한다. 단열된 파이프의 경우 외부표면의 열전달율은 단열재표면과 주위공기의 온도차, 단열재의 외경, 파이프의 배열, 표면의 성질, 파이프 위에 흐르는 풍속, 기타 복사열전도 등 여러 가지 사항을 고려 하여야한다. 대류방향은 표면의 성질과 표면의 방사율에 따라 다르다.

(1) 보온재별 두께계산

현재 산업 전반에 사용되어지는 고무발포보온재, 발포폴리에틸렌, 유리섬유 단열재의 두께를 건축기계표준시방서 상의 같은 조건으로 KS F 2803 식에 의하여 두께를 산정하여 보았다.

- 배관의 보온 보냉 두께의 산출식

$$\text{계산식: } d_l \times \ln \frac{d_l}{d_0} \geq \frac{2\lambda}{\alpha} \times \frac{\theta_o - \theta_s}{\theta_s - \theta_r}$$

* 좌변의 값이 우변의 값보다 크거나 같아야 결로가 발생되지 않는다.

- 건축기계표준시방서에 근거한 급,배수관의 일반적인 조건

X : 보온재의 두께(mm)

λ : 보온재의 열전도율(0℃ : W/m.K)

고무=0.034 / G.W=0.035 / P.E=0.037

*공인기관 열전도율 시험성적서 참고

α : 표면의 열전달율(W/m².K)

고무=9 / G.W=5.7 / P.E=8

*BS 5422, BS EN ISO 12241

Θ_o : 내부온도(℃) = 15℃

Θ_r : 외기온도(℃) = 30℃

Θ_s : 보냉후의 표면온도(결로점 온도)
= 27.2℃ (습도85%)

d₀ : 단열재 내경(배관의 외경 ex. 강관 89mm)

d₁ : 단열재 외경

d₀ 단열재 내경(배관의 외경 ex. 강관 89mm)

$$\textcircled{2} \text{ 유리면 : } 0.1356 \times \ln \frac{0.1356}{0.089} \geq \frac{2 \times 0.035}{57} \times \frac{15 - 27.2}{27.2 - 30}$$

$$\textcircled{3} \text{ 폴리에틸렌(PE) : } 0.1254 \times \ln \frac{0.1254}{0.089} \geq \frac{2 \times 0.037}{8} \times \frac{15 - 27.2}{27.2 - 30}$$

* 상기 계산값에 의한 두께 및 비율

단 열 재	두께 (mm)	비율 (%)
고무발포	15.3	1
유리면	23.3	1.52
폴리에틸렌	18.2	1.19

$$\textcircled{1} \text{ 고무발포 : } 0.1196 \times \ln \frac{0.1196}{0.089} \geq \frac{2 \times 0.034}{9} \times \frac{15 - 27.2}{27.2 - 30}$$

· 수증기 저항계수 미계산

(2) 보온 제품별 상세 보온두께 (상대습도 85%)

적용구분	조건			배관규격(A)		고무발포보온재기준		유리면기준		폴리에틸렌기준	
						KS F 2803 식근거	적용두께	KS F 2803 식근거	적용두께	KS F 2803 식근거	적용두께
	관내온도	주위온도	상대습도	호칭경	실외경	계산두께 (mm)	(mm)	계산두께 (mm)	(mm)	계산두께 (mm)	(mm)
배관 및 배수관 소화관	15℃	30℃	85%	15	21.7	12.4	19	18.2	25	15.4	생산업체 기준 참조
				20	27.2	12.9	19	19.0	25	16	
				25	34.0	13.4	19	19.5	25	16.7	
				32	42.7	13.9	19	20.7	25	17.4	
				40	48.6	14.1	19	21.2	25	17.8	
				50	60.5	14.6	19	22.0	25	18.4	
				65	76.3	15.0	19	22.8	25	19	
				80	89.1	15.3	19	23.3	25	19.4	
				90	101.6	15.5	19	23.7	25	19.7	
				100	114.3	15.6	25	24.1	40	19.9	
				125	139.8	15.9	25	24.6	40	20.4	
				150	165.2	16.1	25	25.1	40	20.7	
				200	216.5	16.4	25	25.7	40	21.1	
				250	267.4	16.6	25	26.1	40	21.4	
				300	318.5	16.8	25	26.4	40	21.7	
				350	355.6	16.8	25	26.6	40	21.8	
400	406.4	16.9	25	26.8	40	21.9					
450	457.2	17.0	25	27.0	40	22					
500	508.0	17.0	25	27.1	40	22.1					
600	609.6	17.1	25	27.3	40	22.3					

상기 표는 KS F 2803에 제시된 식을 동일하게 적용하여 계산된 값임.

5. 결론

단열은 건축물이나 저온장치산업, 공조산업 등에서 기타 특별한 기기를 사용하지 않고 에너지를 절약할 수 있는 기초적이고, 원천적이며 확실한 방법이라 할 수 있다. 최근 신소재기술이 발달함에 따라 여러 종류의 단열재가 추가로 출시되고 있어 새로운 단열재에 따른 두께 또한 새로운 정립이 필요하다. 이에 대한 공인된 기술적 검토나 학술적 분석 등이 아직 미흡하여 기존의 소재들을 포함하여 단열재의 적정한 적용에 문제를 제기하고 있는 실정이다. 또한 이러한 기계설비시스템에서의 중요성에도 불구하고 단열기술에 관한 한 기술용어, 정의, 사용부호 등의 일관성조차 정립되어 있지 않아 이 분야의 기술적 관심과 표준화가 요구되고 있는 실정이다.

아울러 고무발포단열재의 경제성과 내구성을 고려한 학술적인 연구와 검증을 통해 건축기계설비 표준시방서 보온공사편의 시공두께 사항이 반드시 개정 반영되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 건축기계설비공사 표준시방서 2005년도 개정판
2. KARSE B 0043 - 한국설비기술협회 단체규격
3. KS F 2803 보온, 보냉공사의 시공표준
4. European Standard 14304 (Thermal insulation products for building equipment and industrial installation - Factory flexible elastomeric foam (FEF) products)
5. BS 5422 (Method for specifying thermal insulation materials on pipes ,ductwork and equipment) ,1990.
6. Armacell engineered foams Tech. Report.