

FRP 선박 기관실 난연성 향상을 위한 추가 방열재의 화재성능비교

최정민[†] · 엄한찬² · 진영화³

(Received September 30, 2014 ; Revised November 18, 2014 ; Accepted November 20, 2014)

Comparison on the fire performance of additional insulation materials for improving the fire retardancy in engine-room of FRP vessel

Jung-min Choi[†] · Han-chan Um² · Young-hwa Jin³

요약: 강화플라스틱(FRP) 선박은 화재 시 화염확산을 막기 위하여 관련 구조 기준에 따라 기관실 주위 벽 내부를 난연성 수지로 3회 이상 적층하거나, 이와 동등한 방열재로 둘러싸야한다. 관련 난연성 적층용 수지 및 일부 난연재료(연질폴리우레탄복합체)의 경우 선박용 물건의 형식승인 시험기준에 따라 그 성능을 평가할 수 있으나, 방열재로 빈번하게 사용되고 있는 ‘겔코트’에 대한 성능기준은 명확하지 않은 실정으로 난연성 수지와 화재안전성능이 비교·평가된 바 없다. 본 연구에서는 FRP 선박을 건조하는 조선소를 대상으로 설문조사를 실시하여 사용 중인 난연성 수지 3종, 겔코트 4종, 방염도료 1종 및 폴리우레탄 복합재 1종에 대해 화염전파시험과 방염성능시험을 적용하여 그 성능을 비교하였다. 화염전파시험 결과 임계열유속(CFE) 기준으로 각 종별 평균값을 비교하면 폴리우레탄 복합재, 난연성 수지, 방염도료, 겔코트 순으로 양호한 것으로 나왔고, 겔코트는 3회 도포한 것이 6회 도포한 것보다 양호한 결과를 보였다. 방염성능시험 결과 탄화면적 기준으로 각 종별 평균값을 비교하면 방염도료가 가장 좋게 나왔고 난연성 수지와 겔코트는 유사한 수준으로 나타났다.

주제어: FRP 선박, 난연성 수지, 겔코트, 방염도료, 화재안전

Abstract: To prevent the flame spread in FRP vessel in fire, the engine-room of the vessel should be constructed additionally with laminated fire-retardant resin over 3 times or equivalent insulation materials to former according to the relevant standard for FRP vessel structure. It is surveyed that insulation materials called ‘Gel coat’ are widely used in FRP fishing vessel, however, test method and its criteria for Gel coat are not clearly establish and have not been evaluated yet, while test method and criteria for fire-retardant resin and fire-retardant polyurethane composite are described in test standard for type-approval. In this study, 3 fire-retardant resins, 4 gel coats, 1 flame-retardant paint and 1 polyurethane composite were selected based on the survey and were evaluated according to both IMO FTP Code part 5 and flame-retardant test. When comparing based on CFE values from flame-spread test, average value for 4 gel coats were lower than that of 3 fire-retardant resins. As for flame-retardant test, there were no significant differences between fire-retardant resin and gel coat, based on charred area.

Keywords: FRP vessel, Fire-retardant resin, Gel coat, Flame-retardant paint, Fire safety

1. 서론

어선 해양사고 중 충돌, 좌초, 침몰 사고와 같은 외부환경 요인으로 발생하는 사고를 제외할 경우 내부 환경적 요인으로 인해 발생하는 해양사고 중 가장 많은 수의 인명사고를 발생시키고 있는 것은 화재폭발 사고이다[1]. 특히 강화플라스틱 어선의 선체는 화재 시 화염의 전파속도가 높

아 초기 진압에 실패할 경우 선박 전소의 가능성이 높아진다고 할 수 있으며, 이들 재료가 사용될 때에는 반드시 난연처리가 필요하다[2][3].

플라스틱은 가볍고 성형성이 우수한 장점이 있으나, 강도가 약한 단점이 있어 이에 섬유질을 첨가한 강화플라스틱을 제조하여 높은 강도를 요구하는 곳에 적용하고 있으며 이를 섬유강화플라스틱이라고 한다. 일반적으로 유리섬

[†] Corresponding Author (ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0895-1719>): Fire extinguishment and combustion research team, Fire Insurers Laboratories of Korea, 1030, Gyeongchungdae-ro, Ganam-eup, Yeosu-si, Gyeonggi-do, 469-881, Korea, E-mail: jmchoi@kfpa.or.kr, Tel: 031-887-6659

² Korean Ship Safety Technology Authority, E-mail: yahiko21@kst.or.kr, Tel: 032-260-2256

³ Fire extinguishment and combustion research team, Fire Insurers Laboratories of Korea, E-mail: jinme@kfpa.or.kr, Tel: 031-887-6662

유를 강화제로 하여, 불포화 폴리에스테르의 매트릭스를 강화시켜 사용하고 있다. 그러나 상온에서는 금속과 비슷하거나 오히려 우수한 강도를 유지하지만, 고온에서는 연소되어 강성을 잃게 되는 단점을 지니고 있다[4]. 따라서 강화플라스틱이 구조물의 보강재 또는 마감재로 사용되는 경우 화재위험성이 높아지기 때문에 일정 수준의 화재안전성 확보가 요구되어 왔다.

2013. 9. 24. 개정된 「강화플라스틱(FRP) 선의 구조기준 [5]」에는 총톤수 10톤 미만의 선박의 기관실 주위 벽 내부를 난연성 수지로 3회 이상 적층하거나, 이와 동등 이상의 방열재로 둘러싸도록 규정하고 있다. 이는 10톤 이상의 선박에만 적용되던 것을 10톤 미만에까지 확대 적용하고자 한 것이다. 관련 난연성 적층용 수지액 및 일부 난연재료(연질폴리우레탄 복합재)에 대한 형식승인 시험기준은 마련되어 있어 기본적인 물성, 강도 및 화재안전성 평가가 가능하나, 이외 다양한 종류의 방열재에 대해서는 아직 적합한 규정이 마련되어 있지 못한 실정이다. 실제로 현장 설문조사 결과 ‘겔코트(Gel coat)’로 불리는 일종의 수지계 도료가 다양하게 적용되고 있으나 「강화플라스틱(FRP) 선박의 구조기준」 상의 ‘이와 동등 이상의 방열재’가 과연 어떠한 화재안전성을 갖는지, 그리고 어떤 방법으로 선박의 기관실을 방열조치 하는 것이 화재에 가장 효과적인가에 대해서는 일일이 시험 비교하지 않고서는 그 결과를 해당 선박 건조자 및 선주들이 알 수 없는 상황이다.

화재로부터의 안전이 중요한 선박 및 건축물의 구조재 및 내장재에 대해서는 각 재료가 화재 시 어떠한 거동을 보이는지 평가하기 위한 다양한 화재시험방법이 개발되어 왔으며 국제표준(ISO) 등으로 제정되어 있다. 우리나라 건축법에서는 재료의 화재안전성 등급을 불연재료, 준불연재료, 난연재료의 세 가지로 구분하고 있으며, KS F ISO 1182, KS F ISO 5660-1 및 KS F 2271 표준에 기술된 화재시험방법이 사용된다. 소방법에 따라 방염성능을 갖추어야 하는 물품에 대해서는 대표적으로 방염성능시험을 실시하여 소방방재청고시 제2013-25호 방염성능의 기준[6]에서 정한 성능 이상일 것을 요구하고 있다. 한편 선박 내장재에 대해서는 국제해사기구(IMO)의 인명안전협약(SOLAS)에 따라 화염전파가 느린 특성이 요구되는 재료에 대해서 화염전파성 시험 결과가 일정 수준 이상일 것을 요구하고 있으며, 이는 국제해사기구 화재시험절차(IMO FTP Code) [6]에 기술되어 있다.

본 연구에서는 FRP 선박 기관실의 난연성 향상을 위해 현재 사용되고 있는 방열재 및 기타 적용이 가능한 방열재를 선정하였고, 그들의 화재성능을 비교하기 위해 국내 FRP 선박을 건조하는 19개의 조선소를 대상으로 실시한 결과를 바탕으로 난연성 적층용 수지액 3종, 겔코트 4종, 방염도료 1종 및 폴리우레탄 복합재 1종을 선정 한 후 화염전파성시험과 방염성능시험을 실시하여 그 결과를 분석하였다.

2. 강화플라스틱 선박 방열재 현황

2.1 강화플라스틱 선박 기관실 방열구조 시공 현황

국내 19개 강화플라스틱 선박 건조 조선소를 대상으로 기관실의 방열구조 시공방법에 대한 설문조사를 실시하여 Figure 1에 나타내었다. 10톤 미만 어선의 경우 관련 기준에서 기관실 난연처리가 강제사항이 아님을 감안하더라도 전체의 37%, 7개 조선소가 FRP에 난연처리 또는 방열재료 시공을 하지 않고 있는 것으로 나타나 화재에 상대적으로 취약한 것으로 나타났다. 일종의 난연처리를 하고 있는 조선소 중에서는 겔코트를 시공한다고 답한 조선소가 8개소, 난연성 수지액을 적층한다고 답한 조선소가 3개소, 그리고 두 가지 모두 적용한다고 답한 조선소는 1개소뿐인 것으로 나타났다.

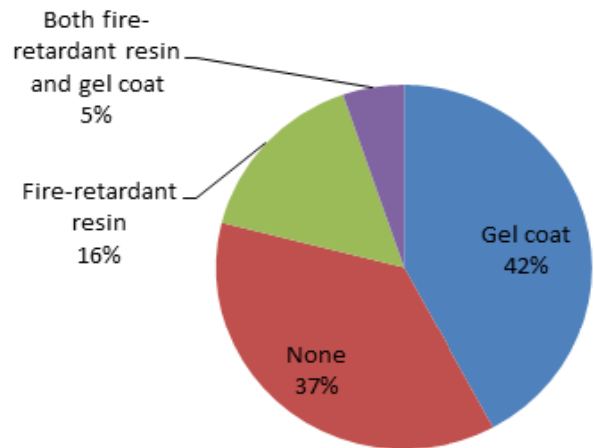


Figure 1: Fire-retardant treatment for engine room of FRP vessel

2.2 강화플라스틱 선박 기관실 시공재료의 종류

강화플라스틱 선박 기관실에 적용하고 있는 방열재를 Table 1에 나타내었다. 난연성 수지액으로는 S사 및 A사 제품, 겔코트로는 I사, C사, A사의 제품이 사용되고 있었다.

Table 1: Fire-retardant resin and insulation materials for engine of FRP vessel

Materials	Manufacturers	Products
Fire-retardant resin	세원화성	R235SE
	애경화학	NA-108
Gel coat	인성산업	AC 500 SF
	CCP Composite	POLYCOR
		TH - 350
	세원화성	UG23SE
애경화학	GC-130NA	

3. 시험체 및 시험방법

3.1 시험체 제작

기본적인 강화플라스틱은 매트(Mat) 450, 로빙(Roving) 570을 사용하였고 적층용 수지액으로는 세원화성의 UPG-R115을 사용하여 총 14개 층, 즉 [6(M+R)+R+M] 형식으로 시험체를 제작하였다. 여기에 난연성 수지액을 적용한 시험체 제작 시에는 최종 3회에 적용한 수지액을 난연성 수지액으로 적용하였다. 난연성 수지액 A와 B는 불포화 폴리에스테르 계통 수지가 50% ~ 60%, 희석제로서 스티렌 모노머가 35% 내외, 나머지는 첨가제 및 필터 등으로 구성되었으며, C는 비닐에스터 계통 수지 60% 내외, 희석제로서 스티렌 모노머 40% 내외로 구성되었다. 겔코트의 경우 세원화성의 UPG-R115로만 [6(M+R)+R+M] 구조로 제작한 뒤에 각각 3회 및 6회만큼 추가 도포하였다. 겔코트 4종 모두 불포화 폴리에스테르 계통의 수지가 주 성분이었으며 D, F의 경우 일부 난연제 성분이 포함된 것으로 조사되었다. 기타 방염도료는 에틸비닐 아세테이트 코폴리머, 그라파이트 및 수분으로 구성되었으며, 겔코트와 동일한 방법으로 3회 도포하였다. 두께 25 mm의 폴리우레탄 복합재를 적용한 시험체 역시 준비하였으며, 난연처리를 전혀 하지 않은 일반 FRP 시험체도 비교를 목적으로 제작하였다. Table 2에 최종 제작한 시험체를 요약하여 나타내었다.

Table 2: Test specimens

No.	Materials		Structure
1	Non Fire-retardant FRP		Total 14 layers
2	Fire-retardant resin	A	Last 3 layers applied
3		B	Last 3 layers applied
4		C	Last 3 layers applied
5	Gel coat	D	Additional 3 times applied
6			Additional 6 times applied
7		E	Additional 3 times applied
8			Additional 6 times applied
9		F	Additional 3 times applied
10			Additional 6 times applied
11		G	Additional 3 times applied
12			Additional 6 times applied
13	Flame-retardant paint		Additional 3 times applied
14	Polyurethane composite		PU foam 25 mm + Al foil

3.2 시험방법 및 장치

3.2.1 화염전파성시험

화염전파성시험은 선박용 격벽, 갑판, 바닥 등의 마감재에 대하여 재료를 일정한 크기의 복사열유속에 노출시켰을 때 발생하는 연소현상을 일정한 인자를 통해 측정하여 재료의 표면연소능력의 적합성을 평가하는 시험이다[7]. 시험체는 폭 155 mm, 길이 800 mm 크기이며, 시험 전에 온도 (23 ± 2) °C, 상대습도 (50 ± 5) %R.H.에서 수분함량이 일정하게 되도록 양생하였다. 시험 시에는 시험체를 수직 방향으로 장착한 후 한쪽 끝에 50 kW/m²의 복사열유속을 가함과 동시에 프로판 가스가 공급되는 파일렛 불꽃을 점화시킨 후, 재료로부터 열분해된 가연성 증기에 의해 발생한 불꽃 선단이 시험체의 매 50 mm 지점에 도달하는 시간과 화염이 소멸되는 지점과 그 때의 시간을 기록한다. 시험은 화염이 소멸하는 시점까지 지속하며, 화염이 계속 연소하더라도 최대 40분 경과 시에는 시험을 종료한다. 지속연소열(Q_{sb}), 임계복사열유속(CFE), 전체 방출열(Q_t) 및 최대 열방출률(q_p)이 시험결과로서 측정된다. 격벽, 벽 및 내장재로 사용되는 재료는 CFE ≥ 20.0, Q_{sb} ≥ 1.5, Q_t ≤ 0.7, q_p ≤ 4.0 이어야 하며, 바닥재로 사용되는 재료는 CFE ≥ 7.0, Q_{sb} ≥ 0.25, Q_t ≤ 1.5, q_p ≤ 10.0 이어야 한다고 규정하고 있다.

이는 해양수산부고시 제2013-228호 「선박용물건의 형식승인 시험 및 검정에 관한 기준[8]」 중 제159항 난연성 적층용 수지액에도 적용되어 있으며, 성능요건으로는 국제해사기구 규정 중 격벽, 벽 및 내장재의 성능 이상을 요구하고 있다.

3.2.2 방염성능시험

화염전파성시험이 상대적으로 큰 복사열을 재료에 가하는 시험이라면 방염성능시험은 육상 건축물 내 커튼, 카펫 등과 같은 방염대상물품에 대하여 적용하고 있는 시험방법으로서 해당 재료가 화재 초기의 작은 불꽃에 얼마만큼의 저항성 및 자기소화성을 갖는지 평가하기 위해 잔염시간(s), 잔신시간(s), 탄화길이(cm) 및 탄화면적(cm²)을 측정한다. 소방방재청고시 제2013-25호 「방염성능의 기준」에서 시험방법 및 성능요건을 규정하고 있는데, 시험체는 가로 19 cm, 세로 29 cm의 크기로, 시험에 앞서 온도 (40 ± 5) °C의 항온건조기에 24시간 보관한 후 실리카겔을 넣은 데시케이터 안에 2시간 동안 넣어두었다. 프로판 가스를 사용한 맥켈버너어로 길이 65 mm의 불꽃을 만들어 불꽃의 선단이 시험체 중앙 하단에 접하도록 위치시키고 45° 각도로 2분간 점염시킨다. 개별 측정항목의 요건은 방염대상물품의 종류에 따라 상이하나, 그 중 합성수지판에 대한 기준은 잔염시간 5 s 이하, 잔신시간 20 s 이하, 탄화길이 20 cm 이하, 탄화면적 40 cm² 이하일 것을 요구하고 있다. 본 시험은 선박용 내장재에는 현재 적용되고 있지 않으나, 재료의 불꽃에



Figure 2: Some of test specimens before the test and after the flame-spread test

대한 저항성을 평가하기 위한 참고시험으로 실시하였다.

4. 시험결과 분석

4.1 화염전파성시험 결과

총 14종에 대한 화염전파성시험 및 방염성능시험의 결과를 Table 3에 나타내었다. 임계열유속(CFE)은 표면에서 화염전파가 진행을 멈추고 화염이 꺼진 지점의 입사 열류량으로서, 결과값이 클수록 화염이 멀리까지 전파되지 못하고 소멸되었음을 의미하며 따라서 값이 클수록 난연성이 높다고 할 수 있다. 지속연소열(Q_{sb})은 불꽃 선단이 진행하면서 각 지점에 도달한 시간과 그때의 복사열류량을 곱한 값으로서, 작을수록 그만큼 작은 복사열원에도 연소를 지속할 수 있다는 의미이며 따라서 값이 클수록 난연성이 크다고 할 수 있다. 최대 열방출률(q_p)은 시험시간 중



Figure 3: Test apparatus and specimens during the flame-retardant test

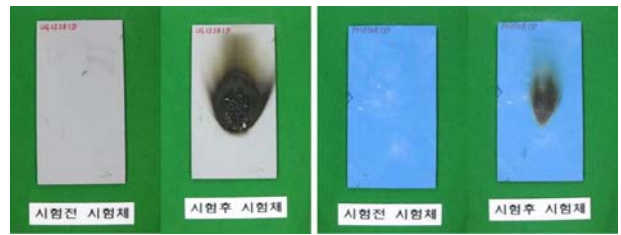


Figure 4: Some of test specimens before the test and after the flame-retardant test

측정된 열방출률의 최대값이며, 총 방출열량(Q_t)은 시험시간 중 측정된 열방출률을 시간에 따라 적분한 값으로서 화염이 꺼지지 않고 오랜 시간 지속될수록 값이 크게 나타나

Table 3: Test results for flame-spread test and flame-retardant test

No.	Fire-retardant treatment	Flame-spread test				Flame-retardant test			
		CFE (kW/m ²)	Q_{sb} (MJ/m ²)	Q_t (MJ)	q_p (kW/m ²)	Afterflame time(s)	Afterglow time(s)	Charred length(cm)	Charred area(cm ²)
1	None	5.44	2.09	12.96	7.32	3.8	0	8.3	42.7
2	Fire-retardant resin (FR resin)	11.6	2.47	10.58	6.64	0	0	12.4	60.2
3		10.0	2.20	10.41	6.10	0	0	12.0	91.6
4		18.2	9.01	9.28	5.45	0	0	11.2	32.4
Average of No. 2 ~ 4		13.27	4.56	10.09	6.09	0	0	11.9	61.4
5	Gel coat (GC)	11.6	4.09	10.64	6.33	0	0	8.2	27.2
6		10.8	3.26	11.45	5.96	0	0	7.6	24.4
7		3.10	2.21	13.14	7.47	101.9	0	11.6	109.8
8		2.56	2.43	14.48	9.13	462.0	0	19.6	59.1
9		10.8	2.25	11.05	7.28	1.7	0	11.4	87.4
10		10.0	2.03	11.56	7.32	0	0	12.6	94.2
11		9.2	2.40	11.17	5.95	0	0	10.3	51.6
12		9.2	2.53	12.39	6.74	0	0	10.2	46.6
Average of No. 5 ~ 12		8.41	2.65	11.99	7.02	70.7	0	11.4	62.5
13	Flame-retardant paint(FR paint)	11.2	1.37	9.71	5.65	0	0	5.4	13.4
14	Polyurethane composite	49.5	-	0.03	0.23	-	-	-	-

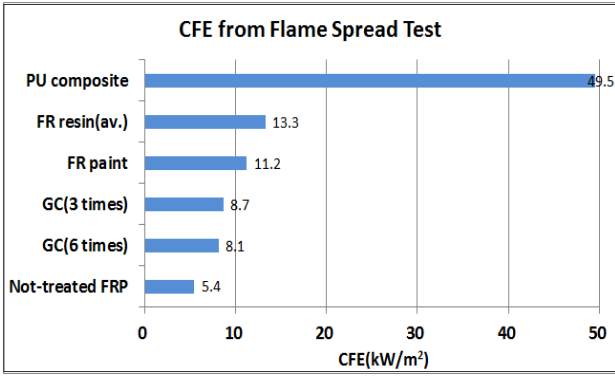


Figure 5: Critical flux at extinguishment(CFE) from flame spread test

므로 상대적으로 난연성이 떨어진다고 판단된다.

재료별, 그리고 겔코트 도포횟수별 소화시 임계열유속 평균값을 Figure 5에 나타내었다. 폴리우레탄 복합재(시험체번호 14)는 복사판넬 및 파일릿버너에도 불구하고 착화되지 않았다. 복합재의 마감면인 알루미늄 포일이 복사패널로부터의 복사열을 일정 부분 반사시키고, 심재인 폴리우레탄이 단열재 역할을 하여 열전달을 효과적으로 저지한 것으로 판단된다. 단, 실제 선박 기관실 내부에 적용 시에는 알루미늄 포일 표면에 손상이 갈 가능성을 함께 고려해야 할 것이라고 생각된다. 이를 제외한 13종의 시험체는 모두 국제해사기구 및 해양수산부에서 정하는 격벽, 벽 및 내장재, 또는 바닥재의 성능요건을 만족시키고 있지 못했다. 가장 먼저 격벽, 벽 및 내장재 기준에 따르면 임계열유속은 20 kW/m²이어야 하나, 어느 시험체도 이를 만족시키지 못했다. 바닥재 기준에 따르면 시험체번호 1, 7, 8를 제외하면 임계열유속, 지속연소열 및 최대 열방출률은 만족시켰으나, 총 방출열량 요건에 미달하였다. 이는 화염이 꺼지지 않고 40분 동안 연소가 지속되어, 시험시간 동안 누적된 총 열량이 크게 측정되었기 때문이다. 바탕재(Substrate) 역할을 하는 비난연처리 FRP의 높은 가연성에 기인했다고 판단된다.

임계열유속을 기준으로 비교하면 비난연처리 FRP(시험체번호 1)는 5.4 kW/m², 난연성 수지액 적용 시험체 3종(시험체번호 2, 3, 4)의 평균은 13.3 kW/m², 겔코트 적용 시험체 8종(시험체번호 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12)의 평균은 8.4 kW/m², 방염도료 적용 시험체는 11.2 kW/m²로 나와, 겔코트는 난연성 수지액 및 방염도료보다 난연성이 상대적으로 떨어지는 것으로 나타났으나 비난연처리 FRP 대비 일정 수준의 난연성 향상이 확인되었다. 세부적으로 보면 일부 겔코트 적용 시험체 중 일부(시험체번호 7, 8)는 비난연처리 FRP보다 오히려 낮은 성능을 보여 화재안전성 향상 목적으로는 부적합한 것으로 판단된다. 이들을 제외한 겔코트 적용 시험체의 임계열유속 평균은 10.3 kW/m²로 시험체 2와 유사한 수준인 것으로 나타났다.

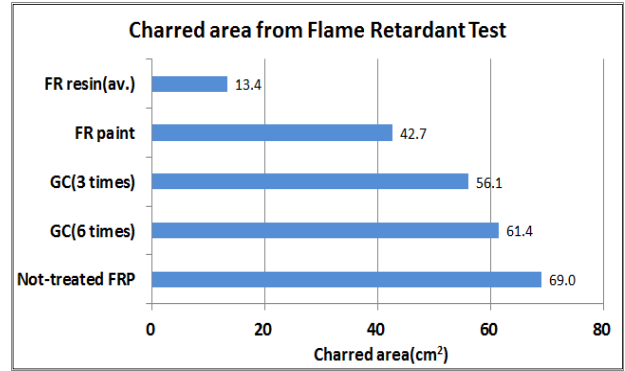


Figure 6: Charred area from flame spread test

겔코트 적용 시험체 8종에 대하여 도포횟수(3회, 6회)에 따른 비교결과, 3회 도포한 시험체의 임계열유속 평균은 8.7 kW/m², 6회 도포한 시험체의 임계열유속 평균은 8.1 kW/m²로, 더 많은 횟수 도포한 시험체가 오히려 화염이 더 먼 지점까지 전파된 것을 알 수 있었다. 겔코트는 일반 FRP 위에 시공하였을 경우 약간의 난연성 향상 효과를 보이는 것으로 나타났지만 가연성의 수지로 구성되어 있으므로 본질적으로 화재에 취약한 한계점을 가지고 있다. 따라서 일반 FRP 위에 3회 도포하였을 경우 난연성이 개선되었으나 6회 도포한 결과 임계열유속이 소폭 감소한 것으로 보아, 후자의 경우 겔코트가 난연성 향상을 위해서보다는 가연물의 총량을 증가시키는 부분에 더 기여했다고 판단된다.

4.2 방염성능시험

방염시험 결과 재료별, 그리고 겔코트 도포횟수별 탄화면적 평균값을 Figure 6에 나타내었다. 소방방재청고시 제 2013-25호 「방염성능의 기준」에서 정한 합성수지판의 성능요건을 만족시킨 것은 4종(시험체번호 4, 5, 6, 13)으로 각각 난연성 수지액 1종, 겔코트 1종, 방염도료 1종이었다. 폴리우레탄 복합재는 방염성능시험의 약한 강도의 불꽃에서도 역시 착화되지 않을 것이라 판단하여 시험대상에서 제외하였다. 겔코트 1종(시험체번호 7, 8)은 2분간 접염 후 잔염이 장시간 지속되고 높은 탄화면적을 보이는 등, 가장 좋지 못한 시험결과를 보였다. 이들 시험체는 화염전파성시험에서도 높은 총 방출열량 및 최대 열방출률을 보인 시험체로서 2분간의 접염 후에도 남은 불꽃이 꺼지지 않고 연소가 지속될 만큼의 충분한 열이 자체 연소열에 의해 공급되었기 때문이라고 생각할 수 있다. 성능요건을 만족시킨 4종의 시험체는 화염전파성시험에서도 비교적 양호한 결과를 보였던 것으로써 비난연처리 FRP에 해당 재료를 추가 시공함으로써 방염성의 향상을 보인 것으로 생각된다.

겔코트의 도포 횟수에 따른 성능변화로는 시험체번호 9, 10를 제외하고 3회 도포한 시험체(시험체번호 5, 7, 11)에 비하여 6회 도포한 시험체(시험체번호 6, 8, 12)의 탄화면적이 31% 감소한 것으로 측정되었다. 수십 kW/m²의 강

한 복사열이 아닌, 상대적으로 약한 세기의 불꽃을 가하여 실시하는 화재시험에서는 겔코트를 더 많은 횡수 도포함에 따라 방염성능의 향상을 기대할 수 있다고 판단된다.

5. 결 론

FRP 선박을 건조하는 조선소 19개소를 대상으로 선박 기관실의 난연성 향상을 위해 적용되는 재료의 종류를 조사하였고, 이들 재료를 적층 또는 도포한 14종의 시험체를 제작하여 국제해사기구에서 규정한 화염전파성시험 및 소방방재청에서 고시한 방염성능시험방법을 실시하여 그 결과를 비교하였다.

(1) 폴리우레탄 복합재는 화염전파시험에서 전혀 착화되지 않아 화재안전성 측면에서 선박 기관실 적용에 적합하다고 판단된다.

(2) 난연제가 함유된 겔코트 적용 시험체 2종과 방염도료 적용 시험체는 화염전파시험 결과 난연성 수치액과 동등 수준의 화재안전성능을 보였다.

(3) 방염성능시험과 화염전파시험에서 모두 가장 좋지 않은 결과를 보인 겔코트 적용 시험체 2종(시험체번호 7, 8)은 일반 FRP 대비 오히려 성능이 떨어져, 화재안전측면에서 전혀 도움이 되지 못하였다.

(4) 겔코트는 초기 화재 조건에서는 추가 도포에 의해 방염성능이 향상되나, 최성기 화재 조건에서는 오히려 난연성이 감소하였다. 이는 겔코트 자체가 불포화폴리에스테르계 수지의 가연성 물질로 이루어져 있어 난연성의 향상보다는 가연물의 총량을 증가시키는 역할을 했기 때문이다.

후 기

본 연구는 선박안전기술공단의 2014년 「FRP선박 기관실 화재확산 방지방안 시험평가연구」의 일환으로 수행된 연구결과임을 알립니다.

References

- [1] Korea Ship Safety Technology Authority, Cause analysis and its prevention plan for ship fires, p. 27, 2013 (in Korean).
- [2] W. J. Choi, "Flammability characteristics of unsaturated polyesters for FRP," Journal of Korean Institute of Fire Science and Engineering, vol. 12 no. 4, pp. 51-57, 1998 (in Korean).
- [3] K. W. Lee, K. E. Kim, and D. H. Lee, "Combustion characteristics of fiber reinforced plastic by cone calorimeter," Journal of Korean Institute of Fire Science and Engineering, vol. 18, no. 2, pp. 68-72, 2004 (in Korean).
- [4] H. J. Lee, B. J. Kang, C. J. Lee, K. H. Lee, G. S. Choi, H. U. Doo, M. J. Kim, H. H. Yeon, D. S.

Kim, J. S. Lee, E. S. Kang, J. H. Kwark, H. G. Seo, and H. S. Yeo, "Study on fire safety characteristics and fire resistance structure of FRP vessel," Korea Ship Safety Technology Authority, p. 11, 2006 (in Korean).

- [5] Ministry of Oceans and Fisheries, "Standard of structure for FRP ship," Korea, Notification No. 2013-227, 2013. 9. 24 (in Korean).
- [6] National Emergency Management Agency, "Standard of flame-retardant performance," Korea, Notification No. 2013-25, 2013. 7. 10 (in Korean).
- [7] International Maritime Organization, "International code for application of fire test procedures (2010 FTP Code)," United Kingdom, Resolution MSC.307(88), 2011. 2. 7.
- [8] Ministry of Oceans and Fisheries, "Standard of type-approval test and inspection of product for marine uses," Korea, Notification No. 2013-228, 2013. 9. 24 (in Korean).
- [9] Babrauskas and S. J. Grayson, Heat Release in Fires, Elsevier Science Publishing Co., New York, 1992
- [10] International Standard Organization, "Reaction-to-fire tests - spread of flame - part 2: Lateral spread on building and transport products in vertical configuration," Switzerland, ISO 5658-2:2006, 2006. 9. 18.