

FTP CODE(International Code for Application of Fire Test Procedures)에서 규정한 선박의 격벽, 천정, 내장재 및 표면바닥재의 화재성능 평가방법

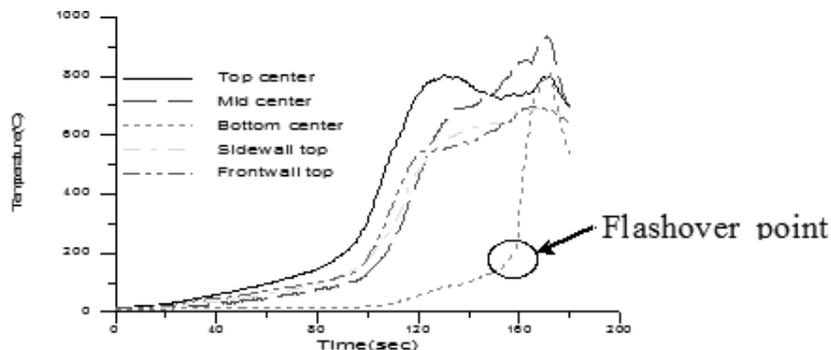
김성윤 소화연소팀 연구원

1. 서론

해상에서 선박의 화재는 육상에서의 화재에 비하여 그 성격이 크게 다르다. 화재의 발생원인 및 화재성장 과정은 육상과 해상이 크게 다르지 않지만, 화재의 진압 및 대피에 있어서 그 성격은 매우 다르다. 육상에서는 외부의 도움으로 화재의 진압 및 인명의 대피가 가능하지만, 해상에서는 선박 자체의 소화설비 및 대피시설을 이용하여 선박으로부터 안전한 곳으로 대피하는 방법이 유일하다. 해상에서의 대피는 공간과 시설의 제한으로 인하여 시간이 많이 걸리고 성공률도 낮다. 따라서 선박 화재 시 화재진압 및 화재성장의 속도가 매우 중요하다. 화재성장은 일반적으로 2~3분정도가 지나면 최고온도에 도달하고 [그림 1]에서와 같이 Top center에서부터 Bottom center의 순으로 온도 상승률의 차이를 나타낸다. 이것은 초기 화재 시

발생된 화염 및 가연성 가스가 천정으로 상승하고 시간이 지남에 따라 바닥으로 하강하여 전체적으로 화재가 크게 성장함에 기인한다. 따라서 선박에서 격벽, 천정, 내장재와 표면바닥재 및 1차 갑판 피복재(선박 강판의 첫 번째에 피복되는 재료)의 화재성능평가 기준이 상이하다.

따라서 IMO에서 정한 FTP Code(International Code for Application of Fire Test Procedures)의 Annex 1의 Part 5의 화염전파성시험에서는 화재 시 1차적인 화재성장에 영향을 줄 수 있는 천정, 격벽, 내장재의 시험기준과 2차적인 화재성장에 영향을 줄 수 있는 표면바닥재 및 1차 갑판피복재의 시험기준을 분리하고 있다. 또한, 화재 시 발생하는 열량 이외에 중요한 것은 연기의 밀도 및 독성이다. 화재 초기에 피난이 어려운 것은 과도한 연기의 발생으로 피난시설을 쉽게 찾을 수 없으며 유독성 가스의 질식에 의한 사망이다. 따라서 FTP



[그림 1] 화재성장 곡선

Code의 Annex 1의 Part 2에서는 연기밀도 및 독성의 값을 천정, 격벽, 내장재와 표면바닥재, 1차 갑판피복재 및 선박에 쓰이는 배관재로 구분하여 사용하고 있다. 특히, 연기밀도는 선박의 특수성으로 인하여 건축물 내부마감재료의 난연시험방법 및 성능기준(건설교통부 고시 제2006-476호)에서 측정하지 않는 항목으로서 좀더 엄격한 요건을 규정하고 있는 것으로 볼 수 있다. 최근 중국의 급격한 경제성장으로 전세계적으로 선박의 수요가 폭발적으로 증가하여 선박 건조가 증가하고 있다. 이에 발맞추어 선박에 사용하는 내장재 및 바닥재의 재료에 대한 화재평가 관련 시험문의가 증가하고 있다. 따라서 본고에서는 선박의 내장재 및 바닥재에 대한 화재성능평가 방법을 개괄적으로 설명하고자 한다.

2. 시험방법 및 시험기준

2.1 화염전파성 시험방법

화염전파성시험은 [그림 2]와 같이 수직한 방향으로 놓인 155(가로) mm×800(세로) mm 크기의 시험편에 메탄가스를 연료로 사용한 복사 패널에 의하여 공급되는 열량과 아세틸렌 가스를 연료로 사용하는 파일럿 버너에 의해 시험체의 50 mm 지점에 50.3 kW의 열량을 공급한다. 메탄가스를 연료로 사용한 복사 패널은 [그림 3]과 같이 15° 경사도를 가지고 있어 800(세로) mm 시험체의 거리에 따라 공급되는 열량이 차이를 보인다. 이는 실제 화재가 발생하였을 경우 화원의 열량은 높고 그 주변으로 멀어질수록 열량의 차이를 보이는 것에 착안하여 거리별로 공급열량에 차등을 둔 것으로

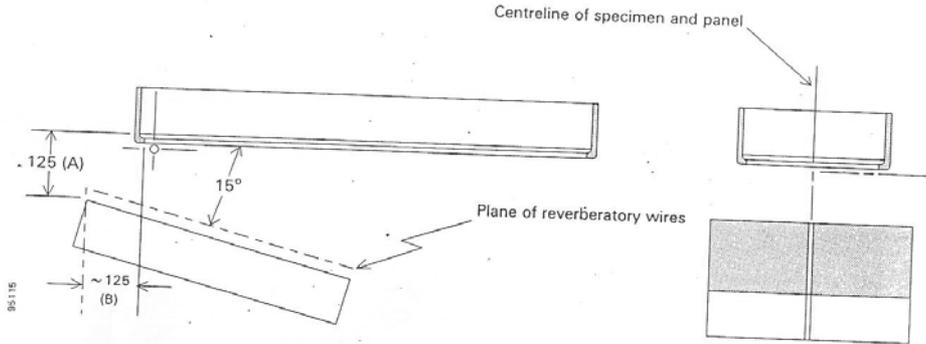


[그림 2] 화염전파성 시험

해석된다. 따라서 50 mm 와 350 mm 지점에서 열유속의 측정값을 정확하게 설정할 필요가 있다. 이러한 이유로 처음에는 불연재료를 사용한 조정 시험편으로 거리에 따른 열유속 값을 교정한다. 처음의 조정 열량을 0으로 보고 시험편에서 연소가 진행됨에 따라 상승하는 열량만을 계산하여 시험편 자체의 열 방출 값을 계산한다. 또한 점화시간 및 시험편의 길이방향으로 불꽃이 확산하고 소화되는 시간을 관찰하고, 점화열, 지속연소열, 소화시의 임계 열 유속 및 연소 기간 동안 시험편의 최고 열 방출 값을 측정한다. 처음의 설정값에서 3분간 열량을 측정하여 열량의 변화가 없다고 판단되면 시험편을 조정시험편과 교환하여 10분간 시험을 진행한다. 시험체에 착화가 발생하면 불꽃이 완전히 사라진 후 3분간 시험을 진행(재 발화 여부를 판단하기 위함)하며, 최장 시험시간은 40분을 초과할 수 없다.

2.2 화염전파성 시험기준

화염전파성시험의 기준은 <표 1>에서와 같이 격



[그림 3] 복사패널과 시험체의 각도 및 거리

벽, 벽, 천정 및 내장재 와 <표 2>의 표면바닥재로 나뉘어 진다.

<표 1> 격벽, 벽, 천정 및 표면연소성 시험기준

격벽, 벽, 천정 및 내장재			
CFE (kW/m ²)	Q _{sb} (MJ/m ²)	Q _t (MJ)	q _p (kW)
≥20.0	≥1.5	≥0.7	≥4.0

<표 2> 표면연소성 시험기준

표면바닥재			
CFE (kW/m ²)	Q _{sb} (MJ/m ²)	Q _t (MJ)	q _p (kW)
≥7.0	≥0.25	≥2.0	≥10.0

* CFE : 소화시 임계열유속 (화염의 전파거리를 알 수 있음)

* Q_{sb} : 평균지속연소열

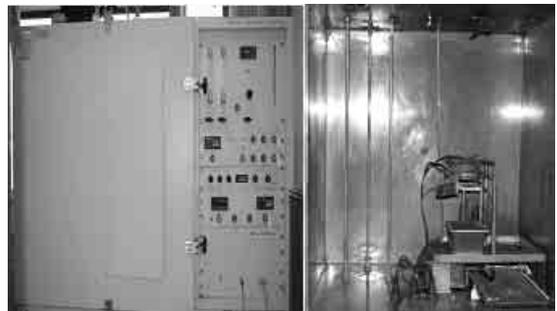
* Q_t : 총 방출열량

* q_p : 최고 열방출율

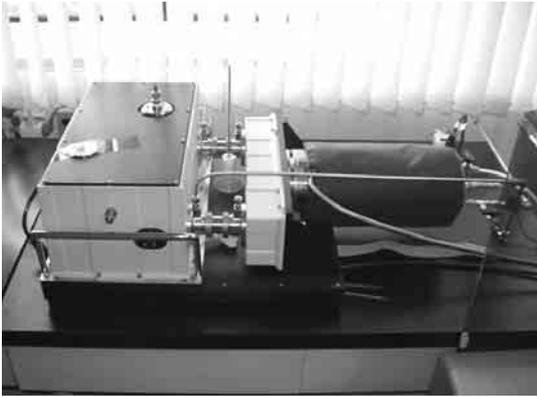
2.3 연기밀도 및 독성 시험방법

연기밀도 시험(ISO 5659-2)은 [그림 4]와 같이 연기밀도 시험장치를 이용하여 점화용 불꽃이

있는 상태에서 25 kW/m², 점화용 불꽃이 없는 상태에서 25 kW/m², 점화용 불꽃이 없는 상태에서 50 kW/m²의 열량에서 75×75 mm의 평판형 시험체 각각 3개씩을 최대 20분간 연소시켜 최대의 광도(D)가 발생할 때의 연기밀도를 평균(D)하여 기록한다. 이때 최대 광도에 도달하였을 경우 연기를 채집하여 [그림 5]와 같이 FTIR(Fourier transform infrared spectroscopy)을 이용하여 HCl, HCN, HF, SO, NO의 농도를 측정한다. 최근 IMO 제51차 FP회의에서는 시험용 조건에서 점화용 불꽃이 있는 상태에서 50 kW/m²를 추가시키는 방안의 의제가 제출되었다. 그러나 50 kW/m²의 점화용 불꽃이 있는 상태에서의 시험방법은 채택되지 않았다. 이는 <표 3>에서 예시한 바와 같이



[그림 4] 연기밀도 시험장치



[그림 5] FTIR시험장치

점화용 불꽃이 있는 경우(접염)와 없는 경우(비접염)를 비교하였을 경우 접염일 경우가 비접염에 비하여 월등히 연기밀도가 적음을 알 수 있다. 따라서 50 kW/m² 비접염일 경우가 접염일 경우 보다 훨씬 열악한 조건이므로 50 kW/m²의 접염 추가는 제외되었다.

<표 3> 연기밀도 시험결과(예시)

항목		시험체	25kW/m ² 비접염	25kW/m ² 접염	50kW/m ² 비접염
			질량(g)	시험 전	18.7
시험 후	11.0	10.8		7.8	
감량	7.7	8.0		10.8	
최대광도 및 도달시간	최대광도(Ds)	698.4	256.1	745.3	
	도달시간(초)	491	234	259	
	가열시간(초)	600	600	600	

* 주 : 최대광도(Ds)는 10가지 종류의 시험체의 평균값임.

<표 4> 연기밀도 시험기준

1. 격벽, 내장재 및 천정재의 표면에 사용하는 재료는 모든 시험조건에서 D_m이 200을 초과해서는 안된다.
2. 1차 갑판 피복재로 사용하는 재료는 모든 시험 조건에서 D_m이 400을 초과해서는 아니 된다.
3. 표면 바닥재로 사용하는 재료는 모든 시험 조건에서 D_m이 500을 초과해서는 안된다.
4. 플라스틱 관 및 전선에 사용하는 재료는 모든 시험 조건에서 D_m이 400을 초과해서는 안된다.

<표 5> 연기독성 시험기준(단위 : ppm)

모든 시험조건에서 측정된 가스농도의 한계						
CO	HBr	HCl	NOx	HCN	HF	SO ₂
1450	600	600	350	140	600	120

2.4 연기밀도 및 독성 시험기준

연기밀도 및 독성시험기준은 표면연소성시험의 기준은 <표 4> 과 <표 5>와 같다.

3. 결론

선박의 격벽, 천정, 내장재 및 표면바닥재로 사용되어지는 재료에 대해서 화재의 성능을 평가하는 방법은 IMO. Res. A. 653(16) 및 687(17)(격벽, 천장, 갑판 마감재의 표면 연소성에 대한 개선된 화재시험절차에 관한 권고)과 ISO 5659-2(연기밀도 및 독성에 관한 시험)가 있다. 최근 IMO 제52차 FP회의에서 화염전파성과 연기밀도 및 독성시험의 시험절차가 일부 수정되어 의결되었다. 또한 독성시험 성능기준에서 가스농도의 한계 값이 보다 낮아지려는 움직임이 보이며 화염전파성시험에서도 시험체 표면의 색깔에 따라서 각각 시험을 달리 해야하는 등 기존의 시험방법 및 기준 보다 더 강화되는 경향을 보이고 있다. 이에 국내의 선박관련 기업은 국제적인 성능기준의 변화에 능동적으로 대처할 필요성이 있다고 판단되어 진다. **FILK**

4. 참고문헌

- 1) FTP Code(International Code for Application of Fire Test Procedures)
- 2) 광지현, 김동석, 소방방재청, 화염전파성등에 관한 연구.
- 3) James G. Quintiere, Principles of Fire Behavior, pp.151-153.

