



선박용품의 화재안전 성능시험 결과 고찰

성시창/방내화팀 책임연구원 · 강은수/방내화팀 책임연구원 · 박수영/방내화팀 연구원

1. 서론

1974년 SOLAS(Safety of Life at Sea) 규정과 Torremolinos 국제어선안전협약에 관련된 1993년 Torremolinos Protocol에 따르면 여객선, 화물선 및 어선에 사용되는 구조는 내화성(fire insulation)에 대하여 주관청의 승인을 받도록 되어 있다. 여기서 내화성이란 화재시 구획을 분리하는 성능을 가짐으로써 인접지역의 화재영향으로부터 특정구획을 차열/보호하는 구조의 능력을 말한다.

선급이란 배가 외항할 수 있다는 보증으로, 주로 해상보험업자나 화주의 편의를 도모하기 위한 것으로, 선박을 매매할 때나 대차할 때의 평가기준이 된다. 선박은 선급협회의 검사에 의해서 등급이 매겨져 선급 원부에 등록되고 선급증서가 교부된다. 선급이 매겨진 선박을 선급선(class boat)이라 한다.

각 나라에는 LR(영국), DNV(노르웨이), ABS(미국), GL(독일), KR(한국), NK(일본), BV(프랑스) 등의 선급협회가 있으며, 국내에는 각 나라의 선급 지부가 들어와 활동하고 있다.

내화성과 관련된 선급의 인증서(Certificate)를 취득하기 위해서는 취득하고자 하는 선급에 서류신청을 하여 승인을 받고, 서류신청시 제출한 시

험계획에 따라 시험체를 제작하여 시험대행기관에서 내화성 시험을 수행한다. 시험결과는 신청 선급에 통보되어 그 결과에 따라 인증서 발급여부가 정해진다. 시험체 및 시험과정의 객관성을 확보하기 위해 각 선급에서는 시험체 제작 및 시험시 검사관이 입회하여 그 적합성을 확인하고 있다.

현재 국내에는 선급협회의 시험대행기관으로 방재시험연구원(FILK), 한국건설기술연구원(KICT)가 등록되어 있으며, 올해부터 조선기자재연구원(KOMERI)도 관련업무를 진행해오고 있다.

본 고에서는 FILK에서 2년간 시험된 선박용 구조의 선급시험 결과를 분석하여, 관련 선박 기자재 업체로 하여금 제품의 화재안전 성능 확보에 다소나마 도움이 되고자 한다.

2. FTP Code Res.A.754(18) 시험 방법

2.1 개요

시험하는 선박용 구조의 승인은 시험되는 방향에만 국한되므로, 각 구조체는 실제 설치상황과 동일하게 시험되어야 한다. 즉, bulkhead, lining, door는 수직으로 설치하여 시험하여야 하며, deck, ceiling은 수평으로 설치하여 시험하여

야 한다. deck는 하부를 화염 노출면으로 하여 시험하여야 하며, B class 및 F class ceiling 및 lining은 부착된 면을 노출면으로 하여 시험하여야 한다.

어느 한쪽 면에 차열재료(단열재)를 사용한 A class bulkhead 및 door와 B class bulkhead 및 door에 대해서는 일반적으로 2개의 별도 시험체를 사용하여 각각의 면에 대하여 시험하여야 한다. 단, 주관청이 더 열악한 성능을 가질 것으로 예상되는 면에 대하여 한번의 시험으로 인정할 경우는 그에 따를 수 있다.

2.2 시험체

2.2.1 A class 및 B class bulkhead

시험체의 최소 크기는 SOLAS II-2/3.2에 주어지 있으나, IMO 기준에서는 상단, 하단 및 수직 단부를 포함하여 bulkhead의 경우, 나비 2440 mm, 높이 2500 mm, deck의 경우, 가로 2440 mm, 세로 3040 mm를 권장하고 있다.

기준상의 A class bulkhead 및 deck의 주요구조부재 치수는 <표 2.1>과 같다.

B class bulkhead의 경우는 실제 높이가 권장 치수보다 작을 경우, 실제로 사용되는 최대높이로 시험한다. 패널을 포함하는 구조의 경우, 시험체는 적어도 한 개의 패널이 완전한 폭을 갖는 구조로 구성하여야 하며 이들의 수직단부는 인접한 패널에 연결되고 시험체틀에 고정되지 않도록 설치하여야 한다.

[그림 2.1] 에는 A class bulkhead 및 deck의 시험체 모습을 나타내었다.

<표 2.1> A class bulkhead 및 deck 주요구조부재의 치수

		치수(mm)	
판의 두께	강	(4.5±0.5)	
	알루미늄	(6.0±0.5)	
보강재 (Stiffener)	BULKHEAD	강	(65±5)×(65±5)×(6±1)
		알루미늄	(100±5)×(75±5)×(9±1)
	DECK	강	(100±5)×(70±5)×(8±1)
		알루미늄	(150±5)×(100±5)×(9±1)

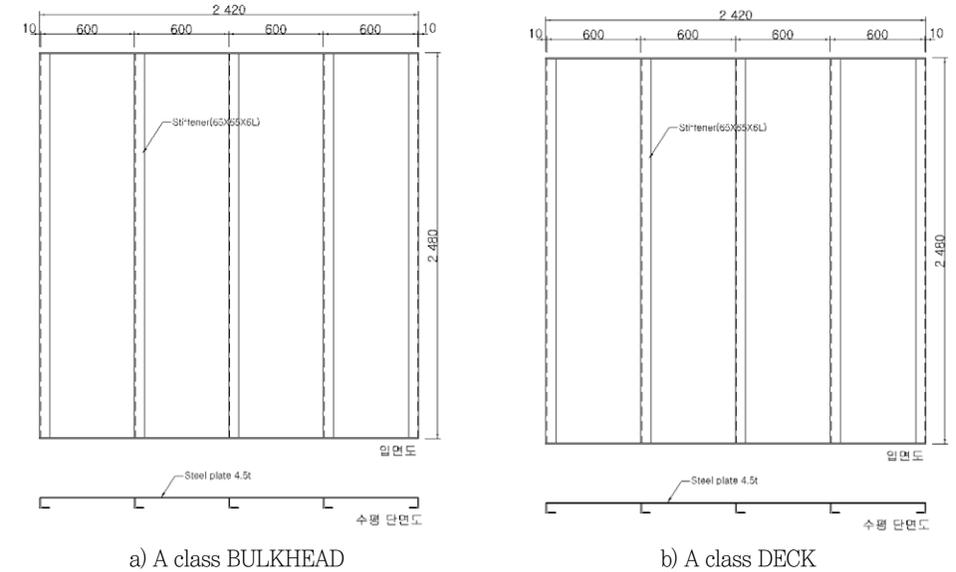
2.2.2 A class 및 B class door

Door 시험체는 승인을 받고자 하는 최대 크기로 만들어져야 한다. 그러나, 시험할 수 있는 문의 최대크기는 door가 설치될 주요구조부재, 즉 bulkhead나 deck의 크기를 유지하기 위해 제한될 수 있다. 문짝 및 문틀은 A class bulkhead에 door를 설치하기 위한 개구를 뚫고 설치하여야 한다. 문틀을 주요구조부재의 개구에 고정시키는 방법은 실제와 동일하도록 한다.

Door는 열악한 성능을 가질 것으로 예상되는 면이 가열면이 되도록 설치하여야 한다. 여닫이문의 경우, 주관청이 별도의 언급을 하지 않는 한 화염에 노출되지 않는 방향으로 열리도록 하여 시험한다.

2.2.3 Window

Bulkhead, deck, door, ceiling과는 달리 window, fire damper, pipe penetration 및 cable transit은 IMO 754(18) 기준의 부록에 따



[그림 2.1] 시험체 모습

로 시험방법이 규정되어 있다. 이들의 공통점은 모두 A class bulkhead나 deck에 설치되어 시험체를 구성한다는 점이며, 그 외 B class의 경우는 그에 준하여 시험이 가능하도록 하고 있다.

Window 시험체는 승인 받고자 하는 최대 크기로 만들어져야 한다. Window가 설치되는 bulkhead는 stiffener가 위치한 면이 A-60 class로 차열되어야 하며, 그 면을 가열면으로 한다. 단, 주관청의 인정시 반대쪽면을 가열면으로 할 수 있다.

2.3 열전대 위치

2.3.1 Door를 제외한 A class 및 B class 구획

A class 시험체 이면에서의 표면온도는 [그림 2.2], B class에서는 [그림 2.3]에 나타난 위치의

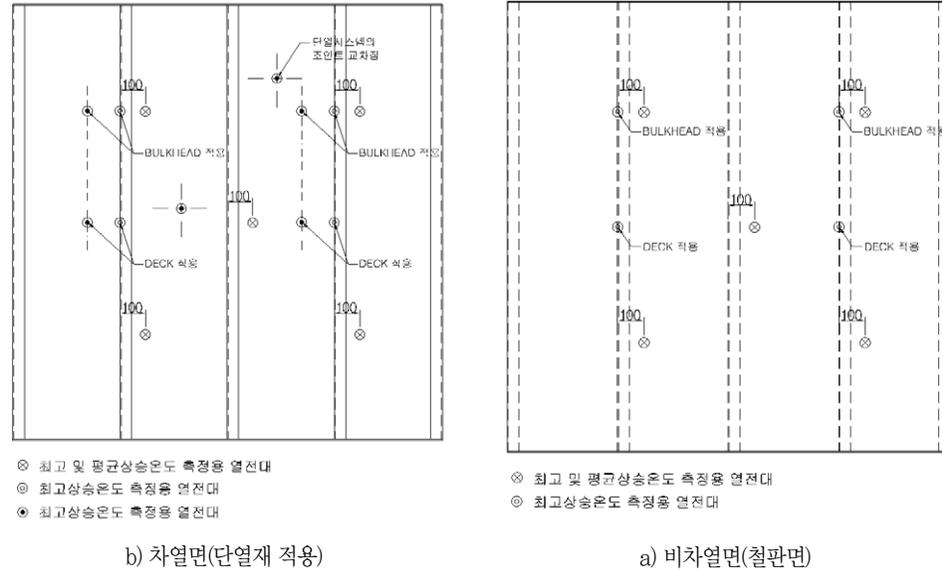
열전대에서 측정한다.

2.3.2 Door

전체 시험체에서, door가 설치된 bulkhead 부분에는 온도를 측정하지 않으며, 전적으로 door 부분에서만 온도를 측정한다. 이는 window, fire damper, pipe penetration, cable transit의 경우도 동일하다.

시험체 이면에서의 표면온도는 다음 위치의 열전대에서 측정하여야 한다.

- (가) 문 중앙에 1개, 문짝을 4등분한 각 중앙에 1개씩(평균 및 최고상승온도 측정)
- (나) 문짝에 보강재가 있을 경우, 보강재 각각에 1개씩(최고상승온도 측정)
- (다) (가), (나)에서 측정한 결과보다 온도가 높을 것이라고 예상되는 경우, 특별한 형상 또는 구



[그림 2.2] A class 시험체 열전대 위치



[그림 2.3] B class 시험체 열전대 위치

조를 가지는 부분에 시험기관 또는 주관청의 재량으로 추가의 열전대를 설치할 수 있다.

2.3.3 Window
 A-0 class 또는 B-0 class를 제외한 window

에 대해서는 door와 마찬가지로 창 중앙에 1개, 창을 4등분한 각 중앙에 1개씩의 열전대를 설치하여 평균 및 최고상승온도를 측정하고, 부가적으로 창틀의 각 중앙부분에 1개씩의 열전대를 설치하여 이면최고상승온도를 측정하여야 한다.

2.4 시험방법

내화성 시험방법에 대한 일반사항은 ISO 834 : Part 1에 따른다. 아래에는 일반적인 내화성 시험 방법을 나타내었다.

- (가) 시험체를 시험체틀에 설치하여 수직가열로에 고정시킨다.
- (나) 가열로내에 설치한 9개의 열전대에서 측정된 온도의 평균값이 IMO Res.A.754(18)의 시험방법에서 규정한 표준 가열온도곡선에 맞도록 하고, 각 시험체 조건에 맞도록 가열한다.
- (다) 가열 중 가열로내 압력은 수직부재 및 수평부재의 시험조건에 맞추어 조정한다.
- (라) 가열중 차열성 측정을 위하여 각 시험체의 시험조건에 맞도록 고정열전대를 설치하여 평균 및 최고상승온도를 측정한다.
- (마) 가열 중 시험체에 개구부 발생, 발염, 면패드 착화 등 시험체의 차열성을 측정한다.
- (바) Window의 경우는 주수시험이 필요한 경우, 내화성 시험이 끝난 후 90초 이내에 주수시험을 실시한다.

2.5 시험시간

모든 A class 구획에 대한 시험은 최소 60분간, B class 구획에 대한 시험은 최소 30분간 실시하여야 한다.

2.6 판정기준

2.6.1 차열성(Insulation)

차열성은 규정된 시간동안 시험체가 열로 인한 인접구획으로의 화재확대를 막을 수 있는지에 대한 규정이다.

(가) A class 구획

2.3에 의한 이면평균온도 측정용 열전대에서 측정된 상승온도가 평균 140℃, 설치된 모든 열전대에서 개별적으로 측정된 상승온도가 180℃를 초과할 수 없다. 아래에는 각 등급에 대하여 차열시간을 나타내었다.

- “A-60 class” - 60분
- “A-30 class” - 30분
- “A-15 class” - 15분
- “A-0 class” - 0분

(나) B class 구획

2.3에 의한 이면평균온도 측정용 열전대에서 측정된 상승온도가 평균 140℃, 설치된 모든 열전대에서 개별적으로 측정된 상승온도가 225℃를 초과할 수 없다. 아래에는 각 등급에 대하여 차열시간을 나타내었다.

- “B-30 class” - 30분
- “B-15 class” - 15분
- “B-0 class” - 0분

2.6.2 차염성(Integrity)

차염성은 직접적으로 화재구획의 화염으로 화재가 확대되거나, 가열된 부재와의 접촉으로 인하여 인접구획 부재에 화염이 확대되는 것을 확인하기 위한 요건이다.

그 중에서 면패드를 이용한 시험은 시험체 내에 균열이나 개구가 있어 이를 통하여 가연성 물질의 발화를 유도하기에 충분한 고온 가스가 새어 나올 수 있는지의 여부를 확인하는 시험이다.

갭게이지를 이용한 시험은 시험체 내의 균열이나 개구를 통하여 가연성 물질의 발화를 유도하기에 충분한 고온가스가 새어 나올 수 있는 크기인지의 여부를 확인하는데 있다.

모든 시험체는 최소 시험시간 동안 다음 요건을 만족하여야 한다.

- (가) 발염 - 이면에서 화염의 발생이 없어야 한다.
- (나) 면패드 - 면패드에 발염 또는 적열과 같은 접화가 일어나지 않아야 한다.
- (다) 6 mm 갭게이지 - 6 mm 갭게이지가 시험체를 관통하여 시험로 속으로 들어가서 틈을 따라 150 mm 이상 이동하지 않아야 한다.
- (라) 25 mm 갭게이지 - 25 mm 갭게이지가 시험체를 관통하지 않아야 한다.

2.6.3 주요구조부재의 온도

알루미늄 합금의 하중지지 구획인 경우, 앞에서 언급한 열전대에 의한 주요구조부재의 평균온도는 각 등급에 대한 시험 중, 초기 온도보다 200℃를 초과할 수 없다.

3. 선급형식승인 시험 결과 고찰

선급시험 결과의 고찰은 각 구조별 취약부위를 확인하고 시험체 제작시 유의할 점을 확인할 수 있는 기회가 된다. 본 고에서는 각 구조별로 시험 결과를 고찰하였다.

3.1 대상 시험체

대상 시험체는 B class bulkhead, A, B class door, A, B class window, B class ceiling으로 써 각각의 분석대상 시험건수는 <표 3.1>과 같다. A class bulkhead는 인정구조가 있기 때문에, 대부분의 업체에서 시험을 하지 않아 시험건수 자체가 없으며, 그 외 구조들은 분석할 정도의 시험횟수가 되지 않아 제외하였다.

<표 3.1> 분석대상 시험건수

	BULKHEAD	DOOR	WINDOW	CEILING
A class	-	31	22	-
B class	63	8	10	12

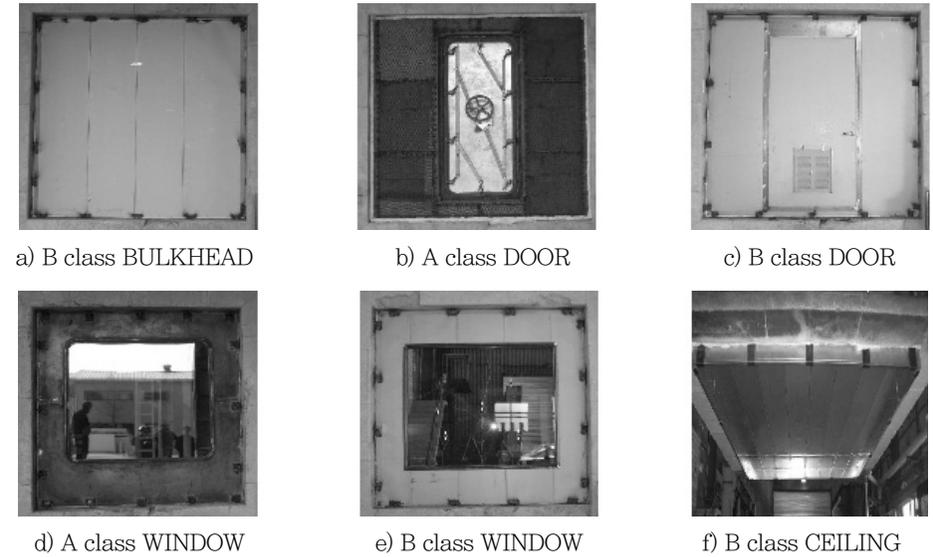
[그림 3.1]에 분석대상의 시험체 모습을 나타내었다.

3.2 Bulkhead 시험결과 분석

3.2.1 부적합율

부적합율은 전체 시험건수에 대한 부적합건수를 비율로 나타낸 값이다.

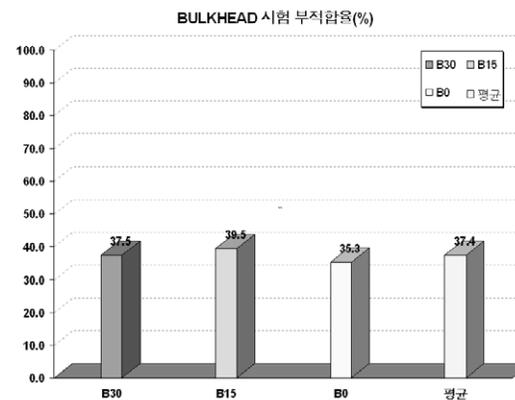
내화시험은 각 기자재 업체별 제품에 대하여 시험하기 때문에, 각 업체의 제품에 따라서 성능이



[그림 3.1] 시험체 모습

틀리다. 따라서 부적합율이 bulkhead의 전반적인 성능정도를 대변한다고 볼 수는 없다. 여기서는 대략적인 시험 합격 정도를 확인할 수 있는 지표로 확인하고자 한다.

[그림 3.2]에는 각 class별 부적합율을 그래프



[그림 3.2] BULKHEAD 내화시험 부적합율

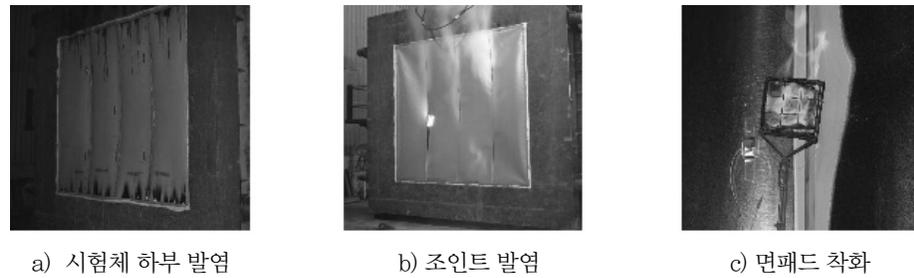
로 나타내었다.

B-30 class는 37.5%, B-15 class는 39.5%, B-0 class는 35.3%의 부적합율을 보였으며, 전체는 37.5%를 나타내었다.

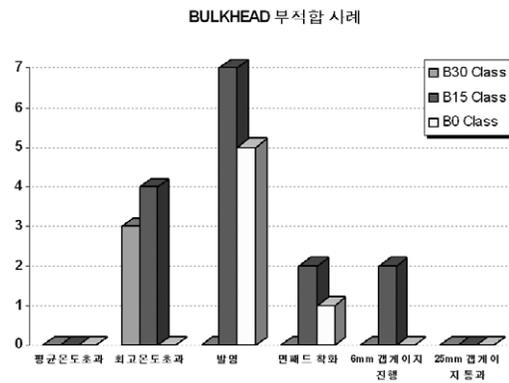
3.2.2 부적합 사례

내화시험에서 부적합은 2.6항에서 언급한 판정 기준에 의거한다. 판정근거는 크게 차열성과 차염성 기준을 만족하는가에 대한 것이다. [그림 3.3]에는 차염성에 대한 bulkhead 부적합 사례의 예를 나타내었다.

차열성 조건은 이면에서 측정된 온도가 허용평균온도와 허용최고온도를 초과하는지를 확인하는 것이므로, 사진에서 확인할 수 없다. [그림 3.4]에는 전체 시험에 대한 판정근거별 부적합수를 그래프로 나타내었다.



[그림 3.3] BULKHEAD 부적합 사례



[그림 3.4] BULKHEAD 부적합 사례

B-30 class에서는 최고상승온도 초과로 차열성 조건에서 부적합을 나타낸 것이 3건이었으며, B-15 class에서는 최고상승온도 초과로 4건, 발열 7건, 면패드 착화 2건, 6mm 갭게이지 150 mm 이상 이동 2건의 부적합을 나타내었다. B-0 class에서는 발열과 면패드 착화에서 부적합을 나타낸 것이 5건, 2건이었다.

3.2.3 부적합 사례에서 확인한 제작시 주의점

B-30 class에서는 최고상승온도 초과에서만 부적합을 나타내었다. 따라서, 조인트 부위나 국부적 취약점(소규모 내부 케이블 덕트 등) 설치에

주의를 요한다. 그러나 차열성에서는 패널 벽체가 두껍고 조인트 부위의 체결도 견고하므로, 별다른 문제가 없을 것으로 판단된다.

B-15 class에서는 차열성 및 차열성에서 고무 부적합을 나타내었다. 따라서, 차열을 위한 단열재의 물성 확인, 차열을 위한 접착제 부착, 조인트 및 상하부 마무리 부분의 설치, 전체적인 구조 등 모든 부분에 주의를 요한다.

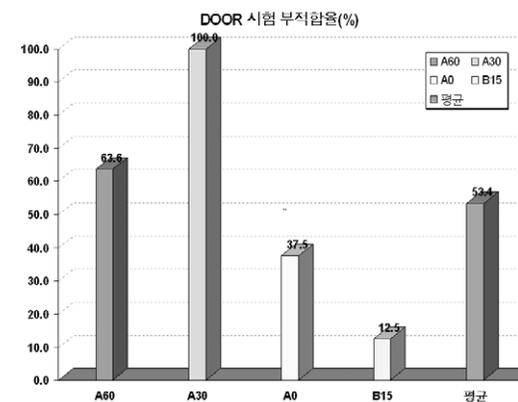
B-0 class에서는 차열성 기준이 적용되지 않으므로, 차열기준만을 확인하면 된다. 그 중 발열이 가장 문제가 되는 것으로 나타났으므로, 단열재의 바인더 함량 확인, 접착제 부착에 주의해야 한다.

3.3 Door 시험결과 분석

3.3.1 부적합율

Door 내화시험에 대한 부적합율을 [그림 3.5]에 나타내었다.

A-60 class는 63.6%, A-30 class는 100%, A-0 class는 37.5%, B-15 class는 12.5%의 부적합율을 보였으며, 전체는 53.4%를 나타내었다.



[그림 3.5] DOOR 부적합율

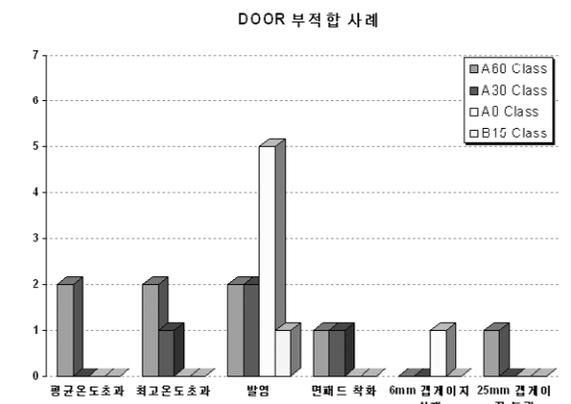
3.3.2 부적합 사례

[그림 3.6]에는 차열성에 대한 door 부적합 사례의 예를 나타내었다.

[그림 3.7]에는 전체 시험에 대한 판정근거별 부적합 수를 그래프로 나타내었다.



[그림 3.6] DOOR 부적합 사례



[그림 3.7] DOOR 부적합 사례

A-60 class에서는 최고상승온도 초과, 평균상승온도 초과, 발열이 각각 2건, 면패드 착화와 25mm 갭게이지 통과로 부적합을 받은 것이 각각 1건이었으며, A-30 class에서는 최고상승온도 초과 1건, 발열 2건, 면패드 착화 3건, A-0 class에서

는 발염 5건, 6mm 갭계이지 150 mm이상 이동 1건의 부적합을 나타내었다. B-15 class에서는 발염에서 부적합을 나타낸 것이 1건이었다.

3.3.3 부적합 사례에서 확인한 제작시 주의점

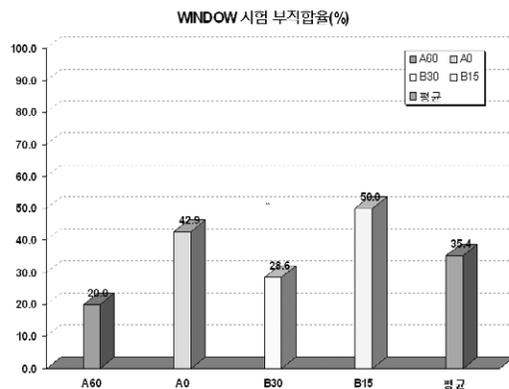
A-60 class에서는 부적합 사유가 비교적 한 요건에 치우치지 않고, 고루 분포하고 있다. 부적합율이 63.6%인 것을 감안하면, 차열성과 차염성 모두 유의해야 하며, 차열을 위한 단열재의 물성, 접착제 부착, 문틀과 문짝 사이 조인트 부위의 패

킹류 및 철판 자체의 강성 확보에 주의를 요한다.

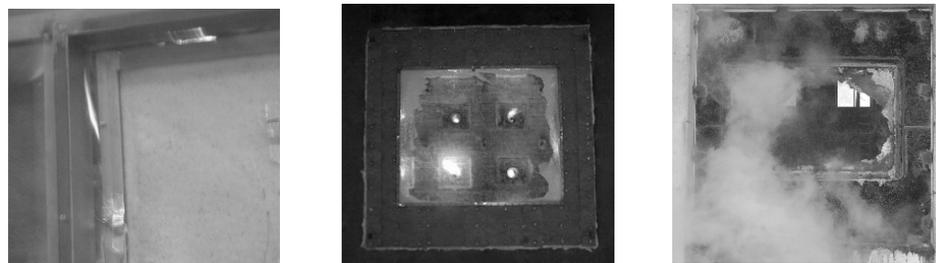
A-30 class에서는 부적합 사유가 최고상승온도 초과, 발염, 면패드 착화이고, 부적합율이 100%이다. 패킹류의 발염, 단열재의 물성, 방화상 구조형식 및 패널강성 확보에 주의를 요한다.

A-0 class에서는 부적합 사유가 발염에 치우쳐 있으므로, 단열재의 바인더 함량 확인, 접착제 부착 등에 주의를 요한다.

B-15 class는 부적합 사유가 발염 1건으로, 기타 다른 class의 door보다 양호한 것으로 판단된다.

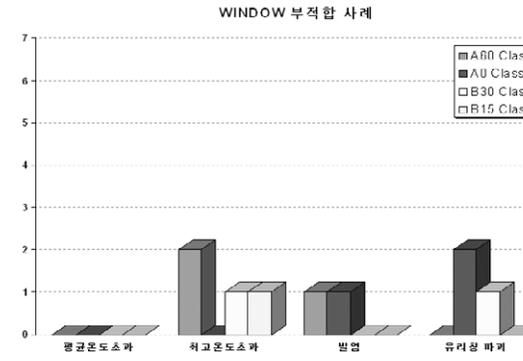


[그림 3.8] WINDOW 부적합률



a) 테두리 발염 b) 내화시험중 유리창파괴 c) 주수시험중 유리창파괴

[그림 3.9] WINDOW 부적합 사례



[그림 3.10] WINDOW 부적합 사례

3.4 Window 시험결과 분석

3.4.1 부적합율

Window 내화시험에 대한 부적합율을 [그림 3.8]에 그래프로 나타내었다.

A-60 class는 20.0%, A-0 class는 42.9%, B-30 class는 28.6%, B-15 class는 50%의 부적합율을 보였으며, 전체 합계는 35.4%를 나타내었다.

3.4.2 부적합 사례

[그림 3.9]에는 차염성에 대한 window 부적합 사례의 예를 나타내었다.

[그림 3.10]에는 전체 시험에 대한 판정근거별 부적합 수를 그래프로 나타내었다.

A-60 class에서는 최고상승온도 초과 2건, 발염이 1건이었으며, A-0 class에서는 발염 1건, 유리창 파괴 1건, B-30 class에서는 최고상승온도 초과 1건, 유리창 파괴 1건, B-15 class에서는 최고상승온도 초과로 부적합을 나타낸 것이 1건이었다.

3.4.3 부적합 사례에서 확인한 제작시 주의점

차열성이 있는 window 제품의 경우, 국내에서는 대부분 외국제품을 수입하여 완성품을 만들게 된다. 따라서, 선급시험에서 window 부분의 차열성이 문제가 되어 부적합이 될 경우는 업체의 제품 성능이 나쁜 것으로 보기는 어렵다. 그러나 [그림 3.10]에서의 최고온도초과는 모두 창틀 부분의 온도측정위치에서 나타난 결과이다.

A-60 class에서는 창틀 부분에서 차열성과 차염성을 만족하지 못하는 경우가 나타났으므로, 창틀 내부 단열 및 방화 구조 확인에 주의를 요한다.

A-0 class에서는 발염과 유리창 파괴가 있었는데, 유리창 파괴는 유리 자체의 부적합 요건일 수 있으므로, 선불리 판단하기 어렵다. 단, 창틀의 과도한 변형이 원인일 경우는 창틀 강성보강이 필요하다. 발염부분은 창틀에서 발생하므로, 창틀 방화 구조 확인이 필요하다.

B-30 class에서는 발염과 유리창 파괴가 각각 1건씩 있었다.

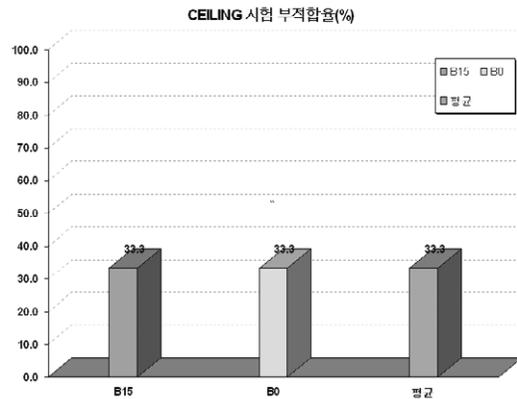
B-15 class에서는 창틀에서의 최고온도초과가 1건 있었다.

3.5 Ceiling 시험결과 분석

3.5.1 부적합율

Ceiling 내화시험에 대한 부적합율을 class 별로 [그림 3.11]에 나타내었다.

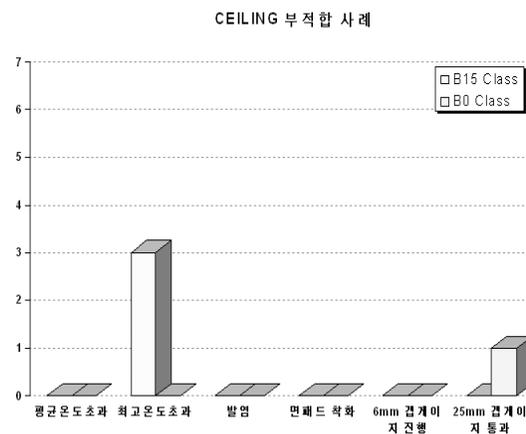
B-15 class 및 B-0 class 모두 33.3%의 부적합율을 나타내었다.



[그림 3.11] CEILING 부적합률



[그림 3.12] CEILING 부적합 사례(25mm 갭게이지 통과)



[그림 3.13] CEILING 부적합 사례

3.5.2 부적합 사례

[그림 3.12]에는 차염성에 대한 Ceiling 부적합 사례의 예를 나타내었다.

[그림 3.13]에는 전체 시험에 대한 판정근거별 부적합 수를 그래프로 나타내었다.

B-15 class에서는 최고상승온도 초과 3건, B-0 class에서는 25mm 갭게이지 통과로 1건의 부적합이 있었다.

3.5.3 부적합 사례에서 확인한 제작시 주의점

B-15 class에서는 최고상승온도 초과로만 부적합이 발생하였으므로, 단열재 조인트 부분의 설치, 패널간 수직·수평 조인트 교차점의 체결부분에 주의를 요한다.

B-0 class에서는 25 mm 겹게이지 통과에 의한 부적합이 발생하였으므로, 패널간 또는 시험체와

구조	CLASS	주의점
BULKHEAD	B-30	조인트 부위, 국부적 취약점(소규모 내부 케이블 덕트 등) 설치
	B-15	단열재의 물성확인, 접착제 부착, 조인트 체결부 및 상하부 마무리 부분의 설치, 전체적인 구조 등
	B-0	단열재의 바인더 함량, 접착제 부착 등
DOOR	A-60	단열재의 물성확인, 접착제, 문틀과 문짝 사이 패킹류 발염, 철판 자체의 강성 확보 등
	A-30	단열재의 물성확인, 패킹류의 발염, 방화상 구조형식, 철판 자체의 강성 확보 등
	A-0	단열재의 바인더 함량, 접착제 부착 등
WINDOW	A-60	창틀 내부 단열 및 방화 구조
	A-0	창틀 방화 구조 및 강성
	B-30	창틀 방화 구조 및 강성
CEILING	B-15	단열재의 물성확인, 조인트 체결부, 패널간 수직·수평 조인트 교차점의 체결부
	B-0	패널간 접합부, 시험체와 시험체를 사이의 접합, 패널 강성 확보

시험체를 사이의 조인트 부분의 접합, 패널 강성 확보에 주의를 요한다.

합을 나타내었다.

2) 선급형식승인 내화시험의 부적합 사례를 확인하여 위와 같은 각 구조별 설치시 주의점을 제시하였다.

4. 결론

본 연구에서는 FILK에서 2년간 시험된 선박용 구조의 선급시험시 부적합 사례를 분석하여, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 선급형식승인 내화시험의 부적합률은 구조별로 bulkhead 37.5%, door 53.4%, window 35.4%, ceiling 33.3%를 나타내어 door 시험체에서 가장 높았다. 세부구조별로는 A-30 class door가 100%로 첫 번째, A-60 class door가 53.6%로 두 번째로 높은 부적

5. 맺음말

선급형식승인 내화시험은 전체적으로 부적합률이 40% 정도로 합격하기 힘든 시험이다. 선행 시험에서 나타난 최소한의 유의점을 미리 확인한다면 시험 진행에 많은 도움이 될 것으로 판단하였으며, 그에 따라 2년간의 부적합 사례를 연구하여 구조별로 최소한의 유의점을 제시하였다. 제시된 결과는 선박 기자재 업체의 내화시험 진행에 유익한 도움이 될 것으로 기대한다. **FILK**