

코밍 노출면 방열 두께 및 비 노출면 방열 길이 변화에 따른 방화 댐퍼의 내화성능에 관한 실험적 연구

최태진¹ · 김정식² · 임영수³ · 이경현⁴ · 강호근⁵ · 박성호⁶ · 김유택[†]

(원고접수일 : 2013년 9월 25일, 원고수정일 : 2013년 11월 26일, 심사완료일 : 2013년 12월 9일)

An experimental study on the fireproof performance of fire damper according to change of the insulation conditions on the exposed side and unexposed side of the coaming

Tai-Jin choi¹ · Jounng-Sik Kim² · Young-Soo Lim³ · Kyung-Hyun Lee⁴ · Ho-Keun Kang⁵ · Sung-Ho Park⁶
· You-Taek Kim[†]

요약: 본 논문에서는 탄화수소화재 조건에 따른 방화 댐퍼의 내화성능 평가에 대한 선행논문 실험체-1(126 mm, 136 °C)에 대하여 H-120 등급 방열성 확보가 가능한 최적의 코밍 방열 조건을 도출 하고자 노출면 코밍 방열 두께와 비 노출면 코밍 방열 길이 변화를 변수로 하여 내화실험을 수행 하였다. 내화 실험 결과 실험체-2(88 mm, 171 °C)는 H-120 방열성 허용기준을 만족하였으나, 실험체-3(50 mm, 185 °C)은 110분에 방열성능 허용기준을 초과하는 것으로 나타나 실험체-2의 방열 조건이 실험체-1로부터 경량화가 가능한 최적의 방열 조건으로 확인 되었으며, 온도상승에 대한 비교결과 노출면 코밍 방열두께가 감소될 경우 방열재 표면온도는 격벽을 통한 전도열에 의한 영향 크며, 코밍 표면온도는 블레이드와 노출면 코밍으로부터 방사되는 복사열에 의한 영향이 큰 것으로 판단된다.

주제어: 방화 댐퍼, 탄화수소화재 내화시험, H 등급, 방열성능

Abstract: In this paper, Fire resistance test was carried out in accordance with the change of the insulation conditions on the exposed side and unexposed side of the coaming to obtain optimal insulation conditions for class H-120 insulation in connection with specimen-1 of the preceding paper for the evaluation of fireproof performance for fire dampers according to hydrocarbon fire conditions. As a test result, specimen-2(88 mm, 171 °C) was satisfied class H-120 insulation, but specimen-3(76 mm, 181 °C) was exceeded thermal insulation acceptance criteria at 110 minutes, therefor, specimen-2(88 mm) is optimal insulation conditions as possible lightweight than specimen-1. Test result comparison, we concluded that temperature rising of the coaming insulation surface was influenced by conductive heat from the bulkhead, and coaming surface was influenced by radiant heat from blade & coaming.

Key words: Fire Damper, Hydrocarbon Fire Resistance Test, H Class, Thermal Insulation

[†] Corresponding Author: Division of Marine System Engineering, Korea Maritime and Ocean University, 727 Taejong-ro, Yeongdo-Gu, Busan 606-791, Korea, E-mail: kimyt@kmou.ac.kr, Tel: 051-410-4258

1 Safety Environment Team, Korea Marine Equipment Research Institute, E-mail: tjchoi@komeri.re.kr, Tel: 051-400-5142

2 Safety Environment Team, Korea Marine Equipment Research Institute, E-mail: kjsk2@komeri.re.kr, Tel: 051-400-5141

3 Safety Environment Team, Korea Marine Equipment Research Institute, E-mail: yslim@komeri.re.kr, Tel: 051-400-5154

4 Safety Environment Team, Korea Marine Equipment Research Institute, E-mail: khlee@komeri.re.kr, Tel: 051-400-5147

5 Korea Maritime and Ocean University, E-mail: hkkang@kmou.ac.kr, Tel: 051-410-4260

6 Research and Development Department, Dong-A Fan & Blower, E-mail: master@dongafan.com, Tel: 055-312-3111

1. 서론

화재란 불로서 야기된 재앙으로 제어되지 않는 소화할 필요성이 있는 연소현상이라 정의하고 있다[1]. 제어되는 연소의 경우 화력발전 등과 같은 유익한 자원으로서 이로움을 가져다주지만, 제어되지 않는 연소는 화재로 이어져 인명과 재산 손실을 초래한다. 특히 피난공간의 미확보와 외부의 도움을 받을 수 없는 해양에서 화재발생은 매우 치명적인 재해요소로 사전 예방과 화재가 확산되지 않도록 하는 것이 중요하다.

이러한 이유로 선박과 해양플랜트에 적용되는 해상에서 인명의 안전에 관한 국제협약(SOLAS), 노르웨이 해양산업표준(NORSOK Standard), 선급 규정(Class Rule)에서는 화재 감지기 및 스프링클러 등의 능동적 소화시스템과 수직 및 수평 구획에 화재저항 기능을 갖는 수동적 개념의 방화구획화를 화재안전 기능요건으로 규정하고 있다[2].

방화구획에는 급배기를 위한 통풍용 닥트가 관통하게 되며 화재확산 방지를 위하여 방화 댐퍼 설치를 의무화 하고 있다. 이러한 방화 댐퍼는 닥트가 관통하게 되는 방화구획의 내화등급과 동등한 내화성능을 가진 제품을 설치하여야 하나 국내 기술 개발 수준은 최근에서야 선박용에 적용되는 A-60 등급 방화 댐퍼가 개발되고 있으며, 해양플랜트에 적용되는 H 등급 방화 댐퍼는 개발 되지 않은 상태이다.

해양플랜트는 건조 후 약 30 ~ 40년의 사용연한으로 신뢰성이 높은 기자재 탑재가 해양플랜트 운영자 요구 또는 선정에 의해 이루어지고 있으며, B등급 및 A등급을 비롯한 H등급 화재보호기자재가 설치되어지고 있는 실정으로[2] 국내 기자재기업이 해양플랜트 프로젝트에 참여하기 위해서는 해양플랜트용 H등급 화재보호기자재 인증을 보유하고 있어야 한다. 최근 국내 조선소의 해양플랜트 수주 증가에 따라 국내 기자재기업에 의한 해양플랜트용 H등급 화재보호기자재 개발이 활발히 이루어지고 있으며, 이와 더불어 기자재 개발 시 선체에 보다 많은 인원수용과 설비 탑재를 위한 기자재의 경량화가 대두되고 있다.

이와 같은 필요성에 따라 본 논문에서는 탄화수

소화제 조건에 따른 방화 댐퍼 내화성능 평가의 선행논문에서 도출된 H-120 등급 방열조건인 실험체-I[2]의 댐퍼 블레이드 방열(20 mm), 코밍 방열(126 mm)에 대하여 동일한 댐퍼 블레이드 내부 방열조건에서 H-120 등급 내화성능 확보가 가능한 경량화된 최적의 코밍 방열 조건을 도출 하고자 코밍 노출면 방열 두께와 비 노출면 방열 길이를 변수로 하여 내화실험을 통한 비 노출면 방열재와 코밍 표면 온도를 측정하였다.

2. 방화 댐퍼

2.1 방화 댐퍼의 개요

방화 댐퍼는 Figure 1에서와 같이 닥트에 연결되는 외부 프레임(External frame)과 화염 및 유독가스 차단역할을 하는 블레이드(Blade), 블레이드를 개폐시키는 액추에이터(Actuator), 온도 및 연기 감지 센서로 구성되어 있으며, 기능으로는 화재 발생 시 센서 감지에 의해 블레이드가 자동 폐쇄되어 닥트 관통부에 의한 화염 및 유독가스의 확산을 차단하는 역할을 수행한다[3].

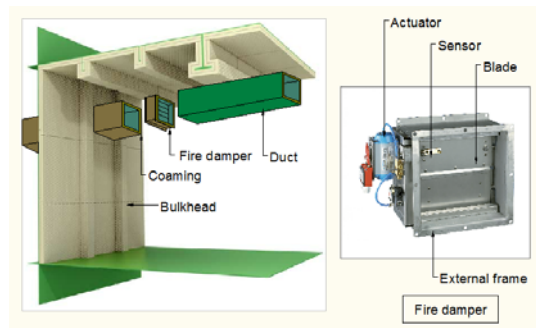


Figure 1: Fire damper

2.2 방화 댐퍼 설치 규정

선박과 해양플랜트의 방화구획에 통풍용 닥트가 관통하는 경우 구획 부근에 자동폐쇄형 방화 댐퍼를 설치하여야 하며, Table 1에서와 같이 닥트의 단면적에 따라 구획의 개구부에 강판 코밍을 설치하도록 하고 있다[4].

Table 1: Installation requirement for steel coaming

cross-sectional area(m ²)	coaming thickness(mm)	coaming length(mm)
less than 0.02	more than 3	more than 200
more than 0.02	more than 3	more than 900

실제단면적이 0.075 m² 이상인 닥트에는 자동 폐쇄형 방화 댐퍼를 설치하되 구획의 양측에서 수동 폐쇄가 가능하여야 하며, 다만 구획을 관통하는 닥트가 구획과 동등한 방열성 및 보존성을 가지는 경우 방화 댐퍼는 설치하지 않아도 되는 것으로 하고 있다[4].

2.3 H 등급 방화 댐퍼 내화시험 기준

방화 댐퍼 내화성능 평가를 위한 실험체의 구성은 **Figure 2**에서와 같이 격벽(Bulkhead)과 코밍(Coaming) 및 방화 댐퍼(Fire damper)로 구성되어 있으며, 격벽은 방화 댐퍼가 시험하고자 하는 등급으로 방열하고 그 면이 시험의 가열로에 비 노출면이 되도록 한다[5].

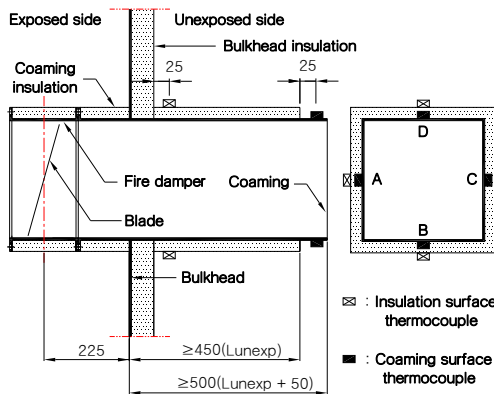


Figure 2: Design of the test specimen & thermo-couples position

방열성 측정을 위한 시험편 상의 열전대 위치는 **Figure 2**에서와 같이 댐퍼의 폭 또는 직경이 200 mm 이하인 경우에는 방열재 표면 2 개, 코밍 표면 2개, 총 4개의 열전대를 설치하며, 200 mm를 초과할 때에는 방열재 표면 4 개, 코밍 표면에 4개, 총 8개의 열전대를 설치하여야 한다. 내화성능은 **Table 2**와 같이 구분하고 있다[5][6].

Table 2: Fireproof performance criteria for damper

class	integrity (min)	insulation	
		measurement time (min)	temperature rise (°C)
H-0	120	-	-
H-60	120	60	Max. 180
H-120	120	120	Max. 180

3. 내화 실험

기본적인 실험개요 및 시간-가열 온도곡선과 방열성 측정은 선행 논문[2]에서와 같은 방법으로 수행 하였으며, 실험체 제작은 **Figure 3**와 **Table 3**에서와 같이 실험체-2, -3에 대하여 코밍 노출면 방열 두께와 비 노출면 방열 길이에 변화를 주어 제작 하였다.



(a) Specimen-1



(b) Specimen-2



(c) Specimen-3

Figure 3: Test specimens

Table 3: Composition of specimens

	blade	coaming	
		exposed side	unexposed side
specimen-1	20T	126T(3layer)	88T 324L(2layer)
specimen-2	20T	88T(2layer)	88T 324L(1layer) 100L(2layer)
specimen-3	20T	50T(1layer)	88T 324L(1layer) 100L(2layer)

4. 실험결과 및 고찰

4.1 코밍 방열재 표면 온도 상승

방화 댐퍼 비 노출면 코밍 방열재 표면의 방열성 확인을 위해 Figure 2에서와 같이 Bulkhead insulation으로부터 25 mm 이격된 코밍 A ~ D지점의 방열재 레이어별로 표면 열전대를 설치해 표면 온도변화를 측정하였으며, 결과는 Figure 4, 5에서와 같이 나타내었다.

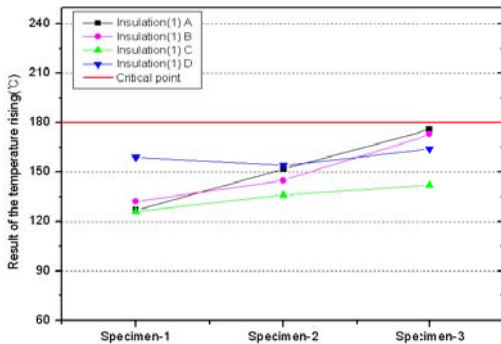


Figure 4: Temperature by insulation(1) layer

Figure 4를 볼 때 첫 번째 레이어 코밍 방열재 표면 온도상승의 경우 실험체-2의 A ~ D지점 온도상승 값은 (136 ~ 154) °C로 실험체-1과 비교하여 A, B, C지점은 (10 ~ 25) °C 증가된 온도상승 값을 나타내었고, D지점의 경우 -5 °C로 온도상승 값이 감소하는 것으로 나타났다. 실험체-3의 경우 A ~ D 지점 코밍 표면 온도상승 값은 (142 ~ 176) °C로 실험체-1과 비교하여 (5 ~ 49) °C 증가된 온도상승 값을 나타내었다.

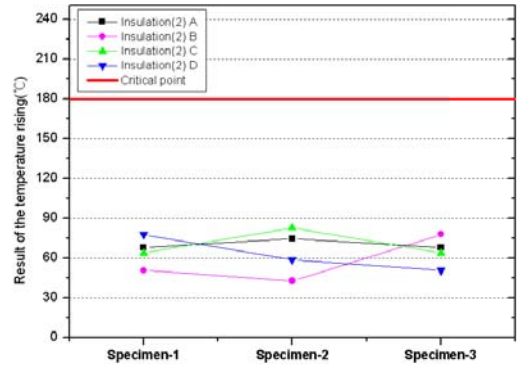


Figure 5: Temperature by insulation(2) layer

Figure 5를 볼 때 두 번째 레이어 코밍 방열재 표면 온도상승 값은 실험체-2의 경우 A ~ D지점 온도상승 값은 (43 ~ 83) °C로 실험체-1과 비교하여 A, C지점은 (7 ~ 19) °C 증가된 온도상승 값을 나타내었고, B, D지점의 경우 (-8 ~ -19) °C로 온도상승 값이 감소하는 것으로 나타났다. 실험체-3의 경우 A ~ D지점 코밍 표면 온도상승 값은 (51 ~ 78) °C로 실험체-1과 비교하여 A, C지점은 온도변화가 없었으며, B 지점의 경우 27 °C 증가하였고, D 지점은 -27 °C로 온도상승 값이 감소하는 것으로 나타났다.

온도상승에 대한 비교결과 실험체-2, -3의 노출면 코밍 방열두께가 감소되었음에도 D지점의 온도가 감소되거나 차이가 많이 발생되지 않았다. 이는 코밍 방열두께 감소에 따라 격벽을 통한 전도열의 증가와 두 번째 레이어 방열재 길이 감소에 따른 냉각 효과, 그리고 시험 중 격벽과 코밍의 열 변형에 따른 방열재와의 공기층 형성 등의 결과로 판단된다.

4.2 코밍 표면 온도 상승

방화 댐퍼 비 노출면 코밍 표면의 방열성 확인을 위해 비 노출면 코밍 방열재가 끝나는 부위로부터 25 mm 이격된 A ~ D지점에 열전대를 설치해 표면 온도변화를 측정하였으며 온도상승 결과는 Figure 6에서와 같이 나타내었다.

Figure 6을 볼 때 실험체-2의 코밍 표면 A ~ D 지점 온도상승 값은 (129 ~ 172) °C로 실험체-1에

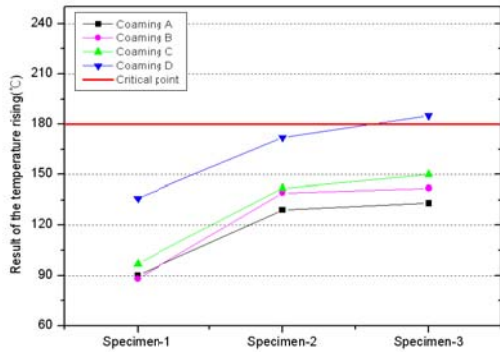


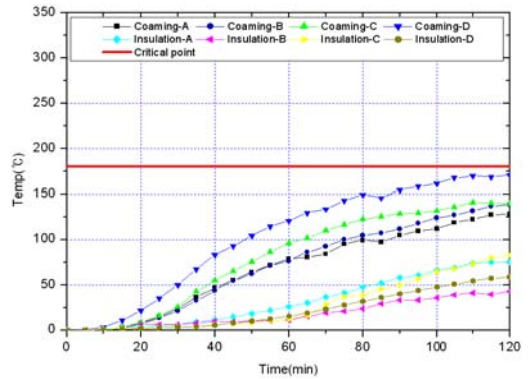
Figure 6: Temperature by coaming

비하여 (36 ~ 51) °C 증가된 온도상승 값을 나타내었으며, A ~ D지점 모두 방열성 허용기준을 만족하였다. 실험체-3의 경우 A ~ D지점 코밍 표면 온도상승 값은 (133 ~ 185) °C로 실험체-1과 비교하여 (43 ~ 54) °C 증가된 온도상승 값을 나타내었고, A, B, C 지점은 방열성 허용기준을 만족하였으나, D 지점에서 185 °C로 방열성 허용 기준을 초과하는 것으로 나타났다.

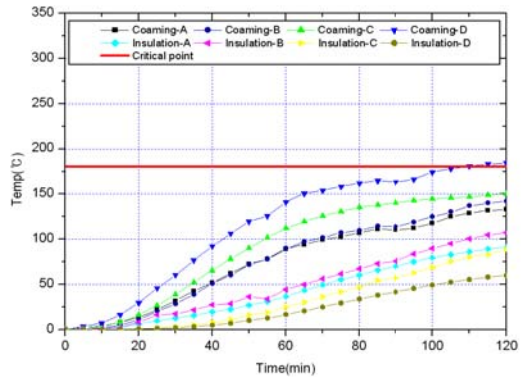
온도상승에 대한 비교결과 노출면 코밍 방열두께가 감소함에 따라 온도가 상승하는 것으로 나타났으며, A ~ D 지점의 온도상승 결과가 실험체-1과 동일한 패턴을 나타나는 것으로 확인되어 방열재 표면이 격벽을 통한 전도열에 영향을 받는 것과는 달리 코밍 표면은 블레이드와 노출면 코밍으로부터 방사되는 복사열에 의한 영향이 큰 것으로 판단된다.

4.3 내화성능

실험체-1의 방열조건으로부터 노출면 코밍 방열재 두께 감소와 비 노출면코밍 방열 길이 감소를 변수로 제작된 실험체-2, 3의 탄화수소화재 조건에 따른 내화 실험 결과는 Figure 7에서와 같이 나타내었다. 실험 결과 실험체-2, 3 모두 보존성 120분을 만족하였으나, 방열성 측정결과에서는 실험체-2의 경우 120분 동안 최고 온도상승 값이 171°C로 방열성 허용기준을 만족하였으나, 실험체-3은 110분경과 최고 온도상승 값이 181°C로 방열성 허용 기준을 초과하는 것으로 나타났다.



(a) Specimen-2



(b) Specimen-3

Figure 7: Unexposed temperature curve

5. 결 론

선행논문의 H-120 등급 방열성능이 확보된 실험체에 대하여 경량화된 최적의 코밍 방열 조건을 도출 하고자 코밍 노출면 방열두께와 비 노출면 코밍 방열 길이 변화를 변수로 하여 120분 탄화수소 화재 조건의 내화 실험을 실시한 결과, 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- 1) 비 노출면 방열재 표면 온도상승 결과는 실험체-2, -3 모두 첫 번째 레이어(50 mm)에서 방열성능을 만족하는 것으로 나타나 두 번째 레이어 방열재 길이 조정은 필요 없는 것으로 확인 되었다.
- 2) 코밍 표면 온도상승 결과는 노출면 코밍방열 두께 88 mm의 실험체-2는 H-120 등급 방열성능 기준을 만족하였으나, 노출면 코밍방열 두께 50 mm의 실험체-3은 방열성 허용기준을 초과하는

것으로 나타났다.

3) 위 결론 1) ~ 2)로부터 방화 댐퍼 블레이드 내부 방열(20 mm)조건에서 노출면 코밍 방열 두께 88 mm, 비 노출면 방열 두께 50 mm와 방열 길이 324 mm가 실험체-1로부터 경량화가 가능한 최적의 방열 조건인 것으로 확인되었다.

후 기

본 연구는 지식경제부 지역산업기술개발사업 지원에 의한 “해양구조물용 H-120 Class Quick Acting Fire damper 개발” 사업의 수행 연구결과이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] J. G. Quintiere, Principles of Fire Behavior, 1st ed, Seoul, Korea: Dong Hwa Technology Publishing Co., 2004 (in Korean).
- [2] T. J. Choi, J. S. Kim, K. K. Choi, Y. S. Lim, and Y. T. Kim “An experimental study on the fireproof performance of fire damper in accordance with insulation conditions on the coaming and blade”, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 37, no. 4, pp. 431-437, 2013 (in Korean).
[Online] Available : <http://dx.doi.org/10.5916/jkosme.2013.37.4.431>
- [3] “Heating, ventilation and air conditioning”, Norway, NORSOK Standard H-001, 2001.
- [4] “International convention for the safety of life at sea”, International Maritime Organization, SOLAS, 2012.
- [5] “IMO Res. 307(88) : Adoption of the International Code for Application Fire Test Procedures”, International Maritime Organization, FTP Code, 2010.
- [6] Det Norske Veritas, Standard for Certification -No. 2.9, Norway, Type Approval Programme No. 470, June 2003.