해양플랜트용 H-120 Class 파이어 댐퍼의 성능 실험

장성철*, 허남수#, 김인환**

(* 한국폴리텍항공대학, **, # 경남과학기술대학교)

Performance Experiment of H-120 Class Fire Damper for Offshore

Sung Cheol Jang#, Nam-Soo Hur*, In-Whan Kim*,

(Received 1 April 2014; received in revised form 23 April 2014; accepted 29 April 2014)

ABSTRACT

In this paper, a fire resistance test was carried out in accordance with the change of the insulation conditions on the exposed side and unexposed side of a coaming to obtain the optimal insulation conditions for class H-120 insulation in connection with specimen1 of the preceding paper for an evaluation of the fireproof performance of fire dampers according to hydrocarbon fire conditions. In the test results, specimen2(88 mm, 171 °C) met the class H-120 insulation conditions, but specimen3(76mm, 181 °C) exceeded the thermal insulation acceptance criteria at 110 minutes. Therefore, specimen2(88 mm) represents the optimal insulation conditions as a possible lightweight material as compared to specimen1. From a comparison of the test results, we concluded that the temperature increase of the coaming insulation surface was influenced by conductive heat from the bulkhead and that the coaming surface was influenced by radiant heat from the blade and coaming.

Key Words : Fire Damper(파이어 댐퍼), H-120 Class(H-120급), Hydrocarbon Fire Conditions(탄화수소계 화재)

1. 서 론

화재는 불로서 야기된 재앙으로 제어되지 않는 소화할 필요성이 있는 연소현상이다^[1]. 제어되는 연소의 경우 화력발전 등과 같은 유익한 자원으로서 이로움을 가져다주지만, 제어되지 않는 연소는 화재로 이어져 인명과 재산 손실을 초래한다. 특히 피난공간의 미확보와 외부

의 도움을 받을 수 없는 해양에서 화재발생은 매우 치명적인 재해요소로 사전 예방과 화재가 확산되지 않도록 하는 것이 중요하다. 이러한 이유로 선박과 해양 플랜트에 적용되는 해상에서 인명의 안전에 관한 국제 협약(SOLAS), 노르웨이 해양산업표준(NORSOK Standard), 선급 규정(Class Rule)[2]에서는 화재 감지기 및 스프링클러 등의 능동적 소화시스템과 수직 및 수평 구획에 화재저항 기능을 갖는 수동적 개념의 방화 구획 화를 화재안전 기능요건으로 규정하고 있다.

방화구획에는 급배기를 위한 통풍용 덕트가 관통하게 되며 화재확산 방지를 위하여 방화 댐퍼 설치를 의무화 하고 있다. 이러한 방화 댐퍼는 덕트가 관통하게 되는 방화구획의 내화등급과 동등한 내화성능을 가진 제품을 설치하여야 하나 국내 기

* Korea Avotion Polytechnic College

** Gyeongnam National University of Science and Technology

Corresponding Author :

Gyeongnam National University of Science and Technology

E-mail: nshur@gntech.ac.kr

술 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 운전자 요구 또는 선정에 의해 이루어지고 있으며, B등급(가열시간 30분, 방열성 30분) 및 A등급(가열시간 60분, 방열성 60분)을 비롯한 H등급(가열성 120분, 방열성 120분) 화재보호 기자재가 설치되고 있는 실정이다. 국내 기자재 기업이 해양플랜트 프로젝트에 참여하기 위해서는 해양플랜트용 H등급 화재보호 기자재 인증을 보유하고 있어야 한다. 최근 국내 조선소의 해양플랜트 수주 증가에 따라 국내 기자재 기업에 의한 해양플랜트용 H등급 화재보호 기자재 개발이 활발히 이루어지고 있으며, 이와 더불어 기자재 개발시 선체에 보다 많은 인원수용과 설비 탑재를 위한 기자재의 경량화가 대두되고 있다.

본 연구에서는 해양플랜트용 방화댐퍼의 열응력 해석을 수행한 후 댐퍼 블레이드 방열(20mm), 코밍 방열(126mm, 벽면과의 일정치수)에 대한 최적 조건을 도출하기 위해, 코밍 노출면 방열 두께와 비노출면 방열 길이를 변수로 하여 내화실험을 통한 비노출면 방열재와 코밍 표면 온도를 측정하여 성능실험을 수행한후 국내최초의 H-120 Class 화재등급 인증을 받아 국산화 시키는 것이다.

2. 방화 댐퍼

2.1 방화 댐퍼의 개요

방화 댐퍼는 Fig. 1에서와 같이 덕트에 연결되는

Fig. 1 Fire damper layout

외부 프레임(External frame)과 화염 및 유독가스 차단역할을 하는 블레이드(Blade), 블레이드를 개폐시키는 액추에이터(Actuator), 온도 및 연기 감지센서로 구성되어 있으며, 기능으로는 화재 발생시 센서 감지에 의해 블레이드가 자동 폐쇄되어 덕트 관통부에 의한 화염 및 유독가스의 확산을 차단하는 역할을 수행한다.

2.2 방화 댐퍼 설치 규정

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

실제단면적이 0.075m^2 이상인 덕트에는 자동 폐쇄형 방화 댐퍼를 설치하되 구획의 양측에서 수동 폐쇄가 가능하여야 하며, 다만 구획을 관통하는 덕트가 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 실험장치의 구성은 Fig. 2에서와 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 비노출면이 되도록 한다.^[5]

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

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

Fig. 2 Design of the test specimen & thermo-couples position

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. 열응력 해석

Fig. 3은 덕트와 방화댐퍼 내부에서의 화염 유동에 대한 압력 분포를 나타낸 것이다. 압력분포는 방화댐퍼 블레이드 근방 상부층의 압력이 다소 낮고 하부 층의 압력이 다소 높은 것으로 나타났으며, 이는 유동이 블레이드 하부층에서 압축되고 있음을 나타낸다. Fig. 4는 방화댐퍼의 온도분포를 나타낸 것이다. Open 경계면의 상부 층에서 1,100°C의 화염이 유입되며 Fire damper 부근에서는 약 1,000 °C의 화염이 전달되는 것을 볼 수 있고, 덕트 내부의 상부 층보다 하부 층의 온도가 다소 낮게 분포함을 알 수 있다. Fig. 5는 덕트와 방화댐퍼의 열응력 분포도를 나타내었고, Fig. 6은 방화댐퍼의 최대 등가응력을 나타낸 것이다. 최대 등가응력 값은 덕트 구조부재에서 약 140MPa로 나타났다. 이러한 등가응력 값은 방화댐퍼의 SUS 316 소재의 항복강도 290MPa의 약 1/3 수준에 해당하는 값이다.

Fig. 3 Pressure distribution

Fig. 4 Temperature distribution in fire-flow

Fig. 5 Equivalent stress contour for full model

Fig. 6 Equivalent stress contour for fire damper

3. 내화 실험

실험장치의 제작은 Fig. 7과 Table 3에서와 같이 실험장치 (b),(c)에 대하여 코밍 노출면 방열두께와 비노출면 방열 길이에 변화를 주어 제작 하였다.

Fig. 7 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 비노출면 코밍 방열재 표면의 방열성 확인을 위해 Fig. 2에서와 같이 Bulkhead insulation 으로부터 25mm 이격된 코밍 A~D지점의 방열재 레이어별로 표면 열전대를 설치해 표면 온도변화를 측정하였으며, 결과는 Fig. 8, 9에서와 같이 나

타내었다.

Fig. 8을 볼 때 첫 번째 레이어 코밍 방열재 표면 온도상승의 경우 Fig. 7 (b)의 A~D 지점 온도상승 값은 (136~154)℃로 Fig. 7 (a)와 비교하여 A, B, C지점은 (10 ~ 25) ℃ 증가된 온도상승 값을 나타내었고, D지점의 경우 -5 ℃로 온도상승 값이 감소하는 것으로 나타났다. Fig. 7 (c)의 경우 A~D 지점 코밍 표면 온도상승 값은 (142~176) ℃로 Fig. 7 (a)와 비교하여 (5~49)℃ 증가된 온도상승 값을 나타내었다.

Fig. 9를 볼 때 두 번째 레이어 코밍 방열재 표면 온도상승 값은 Fig. 7 (b)의 경우 A~D지점 온도상승 값은 (43~83) ℃로 Fig. 7 (a)와 비교하여 A, C지점은 (7~19)℃ 증가된 온도상승 값을 나타내었고, B, D지점의 경우 (-8~-19) ℃로 온도상승 값이 감소하는 것으로 나타났다. Fig. 7 (c)의 경우 A~D지점 코밍 표면 온도상승 값은 (51~78)℃로 Fig. 7 (a)와 비교하여 A, C지점은 온도변화가 없었으며, B 지점의 경우 27 ℃ 증가하였고, D 지점은 -27 ℃로 온도상승 값이 감소하는 것으로 나

Fig. 8 Temperature by insulation(1 layer)

Fig. 9 Temperature by insulation(2 layer)

나타났다. 온도상승에 대한 비교결과 Fig. 7 (b), (c)의 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 열변형에 따른 방열재와의 공기층 형성 등의 결과로 판단된다.

4.2 코밍 표면 온도 상승

방화 댐퍼 비노출면 코밍 표면의 방열성 확인을 위해 비 노출면 코밍 방열재가 끝나는 부위로부터 25mm 이격된 A~D지점에 열전대를 설치해 표면 온도변화를 측정하였으며 온도상승 결과는 Fig. 10에서와 같이 나타내었다.

Fig. 10을 볼 때, Fig. 7 (b)의 코밍 표면 A~D 지점 온도상승 값은 (129~172) °C로 Fig. 7 (a)에 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 Fig. 7 (a)와 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 Fig. 7 (a)와 동일한 패턴을 나타나는 것으로 확인되어 방열

Fig. 10 Temperature by coaming

재 표면이 격벽을 통한 전도열에 영향을 받는 것과는 달리 코밍 표면은 블레이드와 노출면 코밍으로부터 방사되는 복사열에 의한 영향이 큰 것으로 판단된다.

4.3 내화성능

Fig. 7 (a)의 방열조건으로부터 노출면 코밍 방열재 두께 감소와 비 노출면코밍 방열 길이 감소를 변수로 제작된 Fig. 7 (b), (c)의 탄화수소화재 조건에 따른 내화 실험 결과는 Fig. 11에서와 같이 나타내었다. 실험 결과 Fig. 7 (b), (c) 모두 보존성 120분을 만족하였으나, 방열성 측정결과에서는 Fig. 7 (b)의 경우 120분 동안 최고 온도상승 값이 171°C로 방열성 허용기준을 만족하였으나, Fig. 7 (c)는 110분경과 최고 온도상승 값이 181°C로 방열성 허용기준을 초과하는 것으로 나타났다.

(a) Specimen-2

(b) Specimen-3

Fig. 11 Unexposed temperature curve

5. 결 론

본 연구에서는 해양플랜트용 방화댐퍼의 열응력해석을 수행한 후 댐퍼 블레이드 방열(20mm), 코밍 방열(126mm)에 대한 최적 조건을 도출하기 위해, 코밍 노출면 방열 두께와 비노출면 방열 길이를 변수로 하여 내화실험을 통한 비노출면 방열재와 코밍 표면 온도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 비 노출면 방열재 표면 온도상승 결과는 실험체-2, -3 모두 첫 번째 레이어(50mm)에서 방열성능을 만족하는 것으로 나타나 두 번째 레이어 방열재 길이 조정은 필요 없는 것으로 확인 되었다.

둘째, 코밍 표면 온도상승 결과는 노출면 코밍방열 두께 88mm의 실험체-2는 H-120 등급 방열성능 기준을 만족하였으나, 노출면 코밍방열 두께 50mm의 실험체-3은 방열성 허용기준을 초과하는 것으로 나타났다.

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

후 기

본 연구는 2013년도 경남과학기술대학교 연구비 지원으로 수행되었으며, 관계자 여러분께 감사함을 전합니다.

참고문헌

1. Quintiere, J. G. "Principles of Fire Behavior," 1st ed, Seoul, Korea: Dong Hwa Technology Publishing Co., 2004.
2. Choi, T. J., Kim, J. S., Choi, K. K., Lim, Y. S., Kim, Y. T., "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.

3. <http://dx.doi.org/10.5916/jkosme.2013.37.4.431>
4. NORSOK Standard H-001: Heating, Ventilation and Air Conditioning 2001.
5. International Convention for the Safety of Life at Sea, (SOLAS) 2012.
6. IMO Res. 307(88) : Adoption of the International Code for Application Fire Test Procedures, 2010.
7. Standard for Certification-No. 2.9 /Appendix A-Type Approval Programme No. 470, June 2003.