

ARTICLE

목조문화재 화재대응 소방자동차용 소방펌프의 성능시험기준 분석 연구

구재현* · 방창훈**

A Study on the Analysis of Performance Test Standards for Fire Pumps of Fire Fighting Vehicles for Fire Response of Wooden Building Cultural Properties

Ku, Jaehyun* · Bang, Changhoon**

요 지

본 연구에서는 목조건축문화재 등의 화재를 효율적으로 소화하기 위한 소방자동차용 소방펌프의 특성을 파악하고 KFI, NFPA, EN의 국내·외 성능시험기준의 비교분석하였다. 국내 목조건축문화재는 산중에 위치한 경우가 많아 일반적인 소방펌프로는 효과적인 소화가 어려우며 고압 다량의 방수가 가능한 소방펌프의 성능향상이 요구된다. 소방펌프의 압력제어, 방수유량 그리고 과부하 안정성의 성능시험 등이 목조건축문화재의 화재진압을 위하여 필요할 것으로 사료된다. 저온 시험은 EN과 NFPA에 있는 시험항목으로, 산중에 위치한 목조건축문화재의 국내 환경을 고려하면 도입이 필요할 것으로 판단된다.

핵심용어: 소방펌프, 성능기준

Abstract

This research examined characteristics of fire pumps of fire fighting vehicles for efficiently extinguishing fires such as wooden building cultural properties and compared with domestic and foreign performance test standards. Wooden construction cultural properties in Korea are located in the mountains, it is difficult to effectively extinguish the fire with a general fire pump. Therefore, it is required to improve the performance of the fire pump's flow and pressure. It is considered that the pressure control of the fire pump, water flow, such as performance and reliability test of the overload are needed for extinguishing fire in wooden building cultural properties. The low temperature test in EN and NFPA is considered to be necessary due to the wooden building cultural properties located in the mountains.

Keywords: Fire Pump, Performance Test Standard

* 목원대학교 소방안전관리학과 교수
Professor, Department of Fire Safety Management, Mokwon University

** 교신저자, 정회원, 경남대학교 소방방재공학과 교수(E-mail: bangch@kyungnam.ac.kr)
Corresponding Author, Member, Professor, Department of Fire & Disaster prevention Engineering, Kyungnam University

Received | July 28, 2021 Revised | August 13, 2021 Accepted | August 17, 2021



1. 서론

목조건축문화재는 접염, 비화 등 다양한 발화원에 의하여 화재가 발생하면 급속히 화재가 전개되고 피해가 매우 크다. 따라서 초기 소화가 필수적이며 효과적으로 진화하기 위해서는 다량의 소화수를 신속히 방수하기 위한 소화펌프의 성능 개선이 필요하다.

「문화재보호법」 제14조의3(화재등 방지 시설 설치 등)¹⁾에서 지정문화재의 소유자, 관리자 및 관리단체는 지정문화재의 화재예방 및 진화를 위하여 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률에서 정하는 기준에 따른 소방시설과 재난방지를 위한 시설을 설치하고 유지·관리하여야 하는 것으로 규정하고 있다²⁾. 또한 화재 예방과 진화를 위하여 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 별표 5에 따라, 특정소방대상물의 관계인이 특정소방대상물의 규모·용도 및 수용인원 등을 고려하여 갖추어야 하는 소방시설의 종류를 규정하며, 소화기구, 물분무등소화설비, 옥외소화전설비, 자동화재속보설비 등을 지정문화재에 설치하여야 한다. 그러나 규정된 소화설비는 최소 수량만을 보유하고 있어 화재가 확대되면 소화수조에 저장된 소화수가 부족하게 되어 출동한 소방대에서 소화수를 공급받아야 한다.

소방대가 사용하는 방수장비로는 펌프차, 물탱크차, 화학차, 무인방수고가차 등이 있으며, 이들 장비에서 소화수를 방수하기 위해서는 소방펌프가 필수적이다.

2005년 강원도 낙산사 화재처럼 소방차량의 접근이 곤란한 산 중턱에 위치한 목조건축문화재에서 화재가 발생한 경우, 소방펌프차를 이용해서 방수를 할 경우 호스, 배관 등의 마찰손실압, 낙차에 의한 손실수두압, 노즐 선단방수압력(0.3~0.5 MPa 기준) 등을 고려하여 소방펌프차에서 방수를 하여야 하나, 현재 소방펌프의 고압방수 기준이 1.4 MPa으로 규정되어 있으므로 효율적인 진압이 어려운 실정이다.

특히, 목조건축문화재 화재의 경우 다른 유형의 화재와 비교하여, 소방차의 화점 접근이 어려우므로, 소방호스의 전개 수량이 많아지고, 지형에 의해 꺾임 등이 발생하면서 마찰손실로 인해 방수압력이 감소하게 되어 소방대원들은 소방펌프차의 방수압력을 더 높게 요구한다.

따라서 본 연구에서는 목조건축문화재 등의 화재를 효율적으로 소화하기 위한 소방자동차용 소방펌프의 특성을 파악하고, 소방자동차용 소방펌프의 성능 관련 KFI, NFPA, EN의 국내·외 성능시험기준 간 비교분석을 통하여 성능시험, 작동시험, 압력시험 등의 시험항목별 시험기준의 현황 및 도입여부를 검토하였다.

2. 소방자동차용 소방펌프

2.1 소방펌프 특성

일반적으로 펌프를 이용하여 물을 공급할 경우 유량(flow), 지속시간(duration) 그리고 압력(pressure)을 고려하여야 하며, 이와 관련하여 화재안전기준에서 기본적으로 요구하는 소방펌프의 성능도 크게 3개 범주에 따른 기준으로 구분된다. 소방펌프의 유량(flow)은 단위시간당 공급되는 물의 양으로 보통 l/min의 단위로 표시되며, 화재안전기준에서 옥내소화전의 경우 130l/min, 스프링클러의 경우 80l/min을 요구한다. 지속시간(duration)은 물의 공급이 요구되어지는 시간으로 보통 min을 사용하며, 화재안전기준에서는 옥내소화전과 스프링클러설비의 경우 20min(29층 미만), 40min(30~49층), 60min(50층 이상)을 요구한다. 압력(pressure)은 설비 내에서 물을 움직이게 하는 에너지로서 화재안전기준에서는 옥외소화전설비의 경우 0.25MPa, 스프링클러설비의 경우 0.1MPa로 규정하는 것으로 제시하고 있다.

1) 문화재보호법, 국가법령정보센터, 2021.

2) 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률, 국가법령정보센터, 2021.

스프링클러설비 또는 옥내소화전 등에 사용되는 소방용 펌프는 일반 급수펌프와 달리 특정한 성능이 요구된다. 스프링클러설비의 경우 현행 화재안전기준에서 기준 개수로 최대 30개까지 예상하여 펌프의 토출량을 계산하도록 규정하고 있으며, 이는 실제 화재시 최소 한 개의 헤드 개방으로 화재가 진압될 수도 있으나, 화재시 최대 30개까지 동시 개방될 것을 예상하는 시나리오로 설정된 것이다. 또한 옥내 소화전의 경우 실제 화재시 1개의 소화전만 이용될 수도 있으나, 층별로 최대 5개까지 가동될 것을 예상하여 토출량을 산정하게 된다. 이와 같이 펌프 토출량 변화의 폭이 크다 하더라도 스프링클러 헤드 또는 소화전의 송수구에서 방사되는 방사압과 토출량은 일정치를 유지하여야 해당 소방시설은 실제 화재에서 정상적 성능을 나타낼 수 있다. 따라서 소방용 펌프는 화재 상황별로 달라지는 토출량의 변화에도 불구하고 안정적인 토출량과 토출압을 제공할 것이 요구된다.

펌프성능은 일정한 펌프 회전수에서 유량에 따른 압력상승, 동력 및 효율의 변화를 나타낸다. 펌프성능을 측정하기 위하여 전통적인 수력학적 방법 상 오리피스, 노즐, 피토관 등을 이용하여 유량을 측정하고, 압력 상승량과 펌프의 축 토크 및 회전수를 측정하여 펌프의 성능을 분석하게 된다.

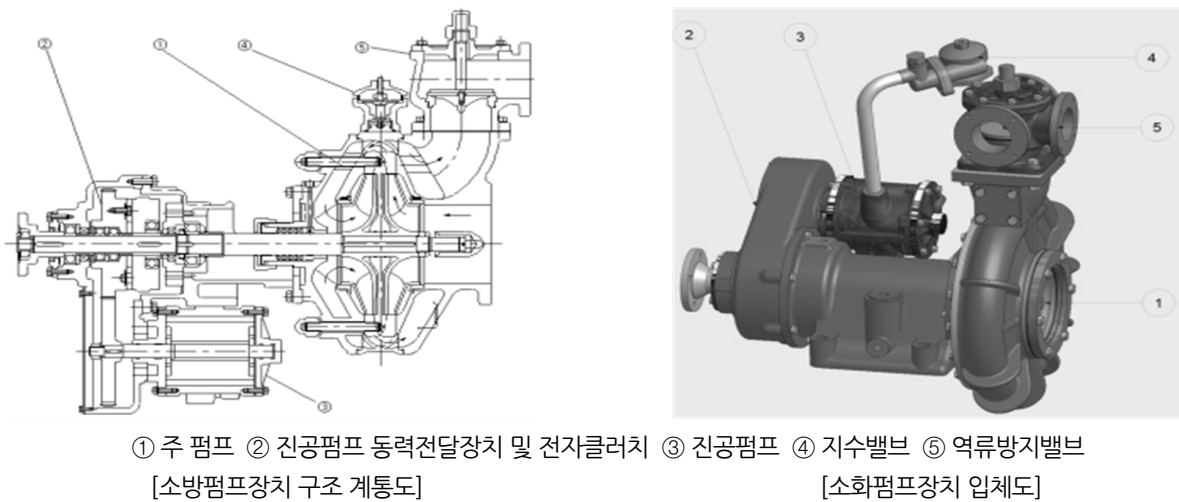


Fig. 1. Fire Pump on fire truck³⁾

2.2 소방자동차용 소방펌프 성능기준 비교

Table 1은 국내외 소방자동차용 소방펌프 성능기준을 비교·분석한 결과로, 국내(KFI인정기준)⁴⁾, 미국(NFPA 1901)⁵⁾, 유럽(EN 1846-3)⁶⁾의 펌프등급, 성능시험 및 작동시험, 효율시험, 압력시험, 진공펌프성능시험, 릴리프밸브성능시험, 압력제어시스템시험, 게이지 및 유량계시험, 물탱크 펌프유량시험, 저온시험, 펌프작동 과부하시험 등의 시험항목별 결과를 나타내었다.

소방자동차용 소방펌프의 성능구분을 위한 펌프 등급체계의 경우, 국내 KFI인정기준은 10개 등급으로 분류하며, NFPA 1901은 방수량의 범위만 제시하고 있으며, EN 1846-3은 12개의 등급으로 분류하고 있다. 화재 현장에서 소방자동차용 소방펌프의 다양한 운영범위를 요구하는 현실을 고려하면, 등급을 세분화한 EN 1846-3의 등급을 도입하여 펌프등급의 체계성 및 명확성 향상을 고려할 필요가 있는 것으로 분석된다.

3) 소방자동차용 소방펌프 표준규격보고서, 소방청, 2019.

4) 소방자동차용 소방펌프의 성능에 관한 인정기준.

5) NFPA 1901, Standard for Automotive Fire Apparatus, NFPA, 2016.

6) EN 1846-3:2013, Firefighting and rescue service vehicles - Part 3: Permanently installed equipment - Safety and performance.

성능시험 및 작동시험의 경우, 국내 KFI인정기준은 방수내구성 시험을 실시하고, NFPA 1901은 펌핑시험을 EN 1846-3은 성능시험과 작동시험으로 분류하여 시험을 실시하고 있다. 압력시험의 경우 국내 KFI인정기준은 3분간 방수측(펌프최고압력의 1.5배) 및 흡수측(압력 1.5MPa 인가)의 내압성능 검사를 실시하고, NFPA 1901은 10분간 펌프 몸체(압력 3,400 kPa 인가)의 내압성능 검사를 실시하며, EN 1846-3은 5분간 펌프몸체에 규정 정적시험압력(규정 공칭송출압력의 1.5배) 및 1분간 규정 동적시험압력 인가의 내압성능 시험을 실시하고 있다.

진공펌프성능시험의 경우 국내 KFI인정기준은 진공펌프의 회전시 30초이내 최대진공도가 대기압의 84 %이상 및 누기가 30초간 100Pa이하가 되도록 규정하고 있고, NFPA 1901은 진공압 75kPa이하로 유지성능 검사 및 5분 동안 진공압이 34kPa이상 감소되지 않도록 규정하고 있다. 또한 EN 1846-3은 30초 동안 진공압 0.8bar에 도달여부를 확인한 후 60초 동안 진공압 0.8bar에 대한 압력편차가 0.1bar 이내가 되는 기준으로 시험을 실시하고 있다.

릴리프밸브 성능시험의 경우 국내 KFI인정기준은 최대작동압력의 5%까지 가압 후 작동성능 검사를 실시하며 밸브 종류별 시험을 실시한 후 내구성 검사를 순차적으로 수행한다. NFPA 1901과 EN 1846-3은 별도의 관련 시험 항목은 없으나, 관련 요구사항으로 규정하고 있다. 이외에도 압력제어시스템시험, 게이지 및 유량계 시험, 물탱크 펌프유량 시험, 펌프 작동 과부하시험은 NFPA에서만 실시하고 있고, 저온시험은 NFPA와 EN에서 실시하는 시험항목으로, 국내 KFI인정기준 시험에는 포함되어 있지 않는 시험항목으로 분석된다.

Table 1. Comparison of performance standards for fire pump for fire fighting vehicles

표준규격(안)	국내(KFI인정기준)	미국(NFPA 1901)	유럽(EN 1846-3)
펌프등급	○	○	○
성능시험 및 작동시험	○	○	○
효율시험	○	○	○
압력시험	○	○	○
진공펌프성능시험	○	○	○
릴리프밸브 성능시험	○	별도의 시험항목은 없으나, 관련 요구사항으로 규정됨	별도의 시험항목은 없으나, 관련 요구사항으로 규정됨
압력제어시스템시험	-	○	-
게이지 및 유량계 시험	-	○	-
물탱크 펌프유량 시험	-	○	-
저온시험	-	○	○
펌프작동 과부하시험		○	

NFPA 1901에서 시험하는 압력제어시스템시험은 선택시험으로 압력제어시스템의 기능 이상 유무를 판별하는 시험이다. 정격방수량이 12,000LPM 이하의 경우, 방수압력(1, 0.62, 1.7MPa)을 변화[정격방수량이 12,000LPM 이상의 경우, 방수압력(0.7, 1, 1.4MPa)]시키면서 편차 ±5% 및 상승률 0.2MPa이 이하인지 유무를 확인하도록 시험을 실시한다. 이를 통하여 소방펌프의 압력시스템이 방수압력의 변화에도 안정적인 제어가 가능하도록 평가하고 있다. 따라서 압력제어시스템시험은 실제 화재 시 소방펌프의 압력이 부족한 경우가 빈번한 국내의 현실을 고려하면 원활한 방수량 방사를 위한 압력제어 성능의 안정성을 위한 검사이므로 향후 압력제어시스템시험의 도입 여부를 검토하여야 할 것이다.

게이지 및 유량계 시험은 방수압력게이지 시험과 유량계 시험으로 구분되며, 방수압력게이지 시험의 경우 압력 1,000kPa에서 방수시 정확도를 확인하여 편차가 70kPa 이상일 때 게이지의 수리가 필요하는 것으로 판단한다. 또한 유량계 시험은 압력 700kPa에서 방수시 정확도를 확인하며 편차가 10% 이상일 때 게이지의 수리를 요구한다. 국내 실정을 고려하면 소방시설의 정밀작동검사시 소방펌프의 게이지의 성능을 확인하는 시험을 실시하고 있으나, 소방자동차용 소방펌프의

경우 정밀작동검사를 실시하지 않으므로 향후 이 시험항목의 도입을 검토할 필요가 있다.

물탱크 펌프유량시험은 물탱크가 장착된 경우에 한하여 실시하며, 탱크내 정격용량의 80%가 방수될 때까지 펌프와 물탱크 간 정격유량의 유지 여부를 확인하고, 방수밸브를 개방하여 방수압력 70kPa이하로 감소될 때까지 측정된 경과시간에 방수량을 곱하여 방수량을 계산하거나 또는 유량계를 이용하여 직접 측정하는 시험이다. 이 시험은 물탱크가 장착된 경우에 한하여 실시하는 시험으로, 소방차의 정격유량과 방수량의 적정 성능을 나타내는 성능시험이며 향후 소방자동차용 소방펌프 성능기준 측면에서 도입이 필요할 것으로 판단된다.

저온시험의 경우, EN 1846-3은 주위 온도 -15°C이하에서 펌프 운전 후 진공배수성능을 확인하는 시험으로, 펌프내 물을 배수시킨 후 항온실에 넣은 펌프의 코어 온도를 $-15 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 설정하여 진공펌프성능시험을 실시한다. 이는 극한 저온환경 내 진공성능 유지 여부를 판단하는 시험으로, 국내 소방펌프 작동환경을 고려하여 시험기준 도입의 시급성이 낮은 것으로 분석된다.

펌프작동 과부하시험은 대용량 펌프에 한하여 실시하는 시험으로, 현재 시험기준 도입의 시급성이 낮으나 향후 대용량 펌프가 장착된 소방차 운용시 필요하므로 이에 대한 도입 여부의 검토가 요구될 것으로 판단된다.

3. 결론

본 논문에서는 목조건축문화재의 화재를 효율적으로 소화하기 위한 소방자동차용 소방펌프의 특성 및 국내외 성능 시험기준을 비교 분석하였으며, 이를 기반으로 다양한 조건에서 운용하는 소방자동차용 소방펌프의 항목별 성능기준의 도입여부를 다음과 같이 검토하였다.

첫째, 소방자동차용 소방펌프의 3개 국내외 성능시험기준을 비교·분석한 결과, 성능시험, 작동시험, 압력시험 등 12개 주요 시험항목으로 구성되어 있고, 이 중 펌프등급, 성능시험, 작동시험, 효율시험, 아력시험, 진공펌프성능시험의 6개 항목은 모두 공통적으로 포함되어 있는 것으로 분석되었다.

둘째, 압력제어시스템 시험, 게이지 및 유량계 시험, 물탱크 펌프유량 시험, 펌프작동 과부하시험은 미국 NFPA 시험기준에서만 실시하는 시험항목으로, 목조건축문화재의 화재진압을 위한 소방펌프의 압력제어, 방수유량 그리고 과부하 안정성의 성능시험을 위하여 향후 도입 검토가 필요할 것으로 파악된다.

셋째, 저온시험은 국내 시험기준에는 없고 EN과 NFPA에 있는 시험항목으로, 산중에 위치한 목조건축문화재의 국내 환경을 고려하면 도입이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 행정안전부 공간정보 기반 재난관리 맞춤형 콘텐츠 제공 기술개발사업의 연구비 지원(과제번호 21DRMSB 146826-04)을 받아 수행된 연구 결과이며 이에 감사드립니다.

References

Cultural Property Protection Act, National Law Information Center.

EN 1846-3:2013, Firefighting and rescue service vehicles - Part 3: Permanently installed equipment - Safety and performance.

Fire Prevention, Fire Fighting Facility Installation and Maintenance, and Safety Management Act, National Law Information Center.

Fire Pump Standard Specification Report for Fire Fighting Vehicles, National Fire Agency, 2019.

NFPA 1901, Standard for Automotive Fire Apparatus, NFPA, 2016.

Recognition standards for the performance of fire pumps for fire fighting vehicles, KFI, 2019.