Fire Sci. Eng., Vol. 29, No. 3, pp. 59-64, 2015 [Research Paper]

소방자동차 노후화에 따른 고장 발생원인 추적조사 연구

이장원 · 김의태* · 이동호**†
인천대학교 대학원, *한국소방산업기술원, **인천대학교 소방방재연구센터

Follow-Up Survey Fire Truck Deterioration

Jang-Won Lee · Eui-Tae Kim* · Dong-Ho Rie†**
University of Incheon
*Korea Fire Institute
**Fire Disaster Protection Research Center, University of Incheon

(Received March 2, 2015; Revised May 4, 2015; Accepted May 4, 2015)

요 약

본 연구는 전국에서 사용되고 있는 4종류(고가사다리차, 굴절사다리차, 펌프차, 화학차)의 소방자동차 1,022대를 대상으로 고장 발생 원인을 추적 조사한 결과에 관한 것으로, 고가사다리차는 추락방지장치부문(46%), 굴절사다리차는 유압유 오염도부문(29%), 펌프차는 에어공급장치 실린더부문(37%), 화학차는 분말소화장치부문(39%)에서 고장이 많이 발생하는 것으로 나타났다. 그 원인은 차량 노후화에 따른 경년변화로 인한 고장이 가장 많이 나타났으며, 에어공급장치 실린더와 같이 특장부품의 반복사용에 따른 피로가 원인으로 나타났다. 고가사다리차의 경우 와이어의 롤러사이의 끼임 현상이 고장으로 나타나 제조과정에서 개선할 점으로 조사되었다. 따라서 5년 이상 경과한 차종에 대해서는 소방장비관리규칙(총리령)에서 정하는 정밀점검을 통하여 세심한 관리가 필요하며 차종에 따라 내용연수가 경과한 10년 또는 12 이상 도래된 차량에 대해서는 안전을 위하여 연장 사용보다는 신규로 교체하여 최상의 소방차량 상태를 유지하도록 관리되어야 할 것으로 나타났다.

ABSTRACT

This study analyzed results of the causes of failure in 1,022 fire trucks currently being used in South Korea (aerial ladder, aerial platform, pumper, and chemical fire trucks). The results show that 46% of aerial ladder trucks have defective in the elevator brake systems, 29% of aerial platform trucks have contamination in the hydraulic oil, 37% of pumpers have defective in the pneumatic cylinders of the air supply system, and 39% of chemical fire trucks have defective in the powder fire extinguishing systems. The principal reasons for malfunctions are deterioration of the apparatuses, and accumulated fatigue from repetitive use of certain components, such as pneumatic cylinders in the air supply system and wire rope jamming in rollers in the ladder apparatus. These manufacturing defects should be improved upon in the manufacturing process. As a result, the fire trucks, which are used for 5 years or more, need precise inspections in accordance with the Regulation on Fire Apparatus Maintenance. Fire apparatuses have a service life of 10 to 12 years or more. They need to be replaced or require life extension, and they should be kept in top shape with the best maintenance for public safety.

Keywords : Fire trucks, Failure cause, Precise inspections, Manufacturing defect, Best maintenance

1. 서 론

화재가 발생하거나 긴급 재난 발생 시 신속히 현장에 출동하여 소방공무원이 화재를 진압하거나 구조구급 임무를 수행하는데 무엇보다도 중요한 소방장비가 소방자동차일 것이다. 최근에는 도시 밀집화로 인한 소방자동차 진입문제가 대두되고 있어 특수소형 사다리 소방자동차 개발도 이루어지고 있다[1].

소방자동차라 함은 소방업무를 수행하는 자동차를 말하며 세부적으로 분류하면 진압업무에 사용되는 소방펌프와 물탱크 및 소화약제가 탑재된 자동차와 인명구조에 사용하는 자동차, 환자이송 및 응급처치에 사용되는 자동차 등의 특수차량을 총칭하고 있다. 그간 소방자동차의 운용 및 내용연수 등에 대한 실증적 연구가 진행되지 못하고 일반적인 장비 관리 시스템으로 운영함으로 여러 가지 안전에 대한 문제점들을 야기해 왔다[2].

† Corresponding Author, E-Mail: riedh@incheon.ac.kr
TEL: +82-32-835-8293, FAX: +82-32-835-4749

ISSN: 1738-7167
DOI: http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2015.29.3.059

본 연구에서는 소방자동차 중에서도 소화활동에 가장 많이 사용되며 소방장비관리규칙(총리령)[3]에서 정하는 정밀점검 대상 차종(4종)을 중심으로 소방자동차의 특수 장치 부분에 대하여 노후화에 따른 고장 발생 원인을 추적조사 연구하여 내용연한을 설정하는데 실증적 자료로 활용하고자 한다.

2. 본 론

2.1 조사시료

본 연구는 전국 시도소방본부가 보유하고 있는 소방자동차 및 민수용 자위소방대가 보유한 소방자동차 중에서 고가사다리차, 굴절사다리차, 펌프차, 화학차 4종에 대하여 실시하였으며, 제작한지 5년 이상 경과한 차량 1,022대를 대상으로 Table 1에 나타내었다.

2.2 조사방법

소방자동차는 전수조사 방식으로 정밀점검을 통하여 실시하였으며, 고가사다리차 및 굴절사다리차는 7개 항목, 펌프차 및 화학차는 6개 항목에 대하여 소방자동차정밀점검기준(KFI 기술기준)[4]을 적용하고 미국 NFPA 1901 기준[5]을 참고하였다. 고장률은 동일 시료에서 나타나는 여러 고장을 각각의 고장건수로 산정하여 고장률로 나타내었다. 소방장비 내용연수 지정고시(2013. 4. 24 국민안전처 고시)[6]에 따라 펌프차 및 화학차의 내용연수는 10년, 고가사다리차 및 굴절사다리차는 12년으로 정하고 있는데 본 연구에서는 내용연한이 지난 소방자동차를 포함하였으며 제작년도별 소방자동차 현황은 Figure 1에 나타내었다.

2.3 차종별 고장발생 원인 추적조사 결과

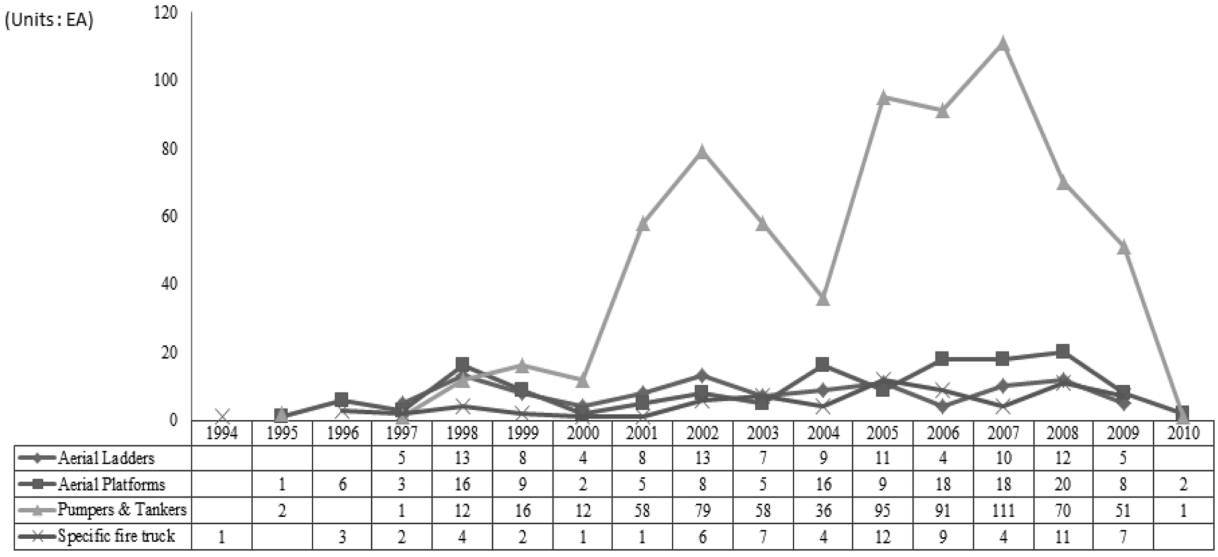
2.3.1 고가사다리차

고가사다리차의 주요 고장률은 Figure 2에 나타내었다. 고장 원인을 고찰하면 전체 조사대상 시료(109대) 중 승강기 추락방지장치에서 고장률이 46%로 가장 높게 나타났는데 이는 고가사다리 붐대 부분이 장시간에 걸쳐 신축과 수축을 반복하면서 캠롤러가 사다리 T바에 닿아 마모되어 미끄러는 현상(29건)이 나타났으며, 또한 사다리 브레이크 방식의 일종인 훅크타입의 성능저하로 승강기 추락 시 훅크가 봉에 걸리지 않는 현상(14건)도 나타났다. 그 외에도 승강기 와이어에서 캠롤러 브레이크까지 연결해 주는 링크가 마모, 변형으로 움직이지 못해 미끄러지는 현상(6건)이 나타났고, 승강기가 레일을 벗어나 이탈되는 현상(2건)과 브레이크 캠롤러(마찰부)에 그리스를 도포하여 사다리 T바 상부면에서 미끄러지는 현상이 일어나 캠롤러 마찰부에 그리스를 도포하는 것은 삼가야 할 것으로 분석되었다.

사다리 승강기 도르래 고장률은 전체 조사대상중 32%

Table 1. Survey Sample for Fire Truck

	Object of investigation based on vehicle type				
	Total	Aerial Ladders	Aerial Platforms	Pumpers & Tankers	Chemical fire Truck
Sum up	1,022	109	146	693	74
Seoul	41	14	7	18	2
Busan	20	3	6	9	2
Daegu	34	5	5	24	-
Incheon	30	2	9	9	10
Gwangju	11	2	3	3	3
Daejeon	33	5	5	22	1
Ulsan	25	3	3	16	3
Gyonggi	191	26	42	104	19
Gangwon	113	1	16	90	6
Chungbuk	70	7	7	56	-
Chungnam	56	6	4	41	5
Jeonbuk	33	7	3	15	8
Jeonnam	110	6	5	93	6
Gyongbuk	123	8	15	96	4
Gyongnam	80	8	12	58	2
Jeju	24	4	3	14	3
Sejong	7	-	-	7	-
Changwon	21	2	1	18	-



	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Aerial Ladders				5	13	8	4	8	13	7	9	11	4	10	12	5	
Aerial Platforms		1	6	3	16	9	2	5	8	5	16	9	18	18	20	8	2
Pumpers & Tankers		2		1	12	16	12	58	79	58	36	95	91	111	70	51	1
Specific fire truck	1		3	2	4	2	1	1	6	7	4	12	9	4	11	7	

Figure 1. Production years for number of fire trucks.

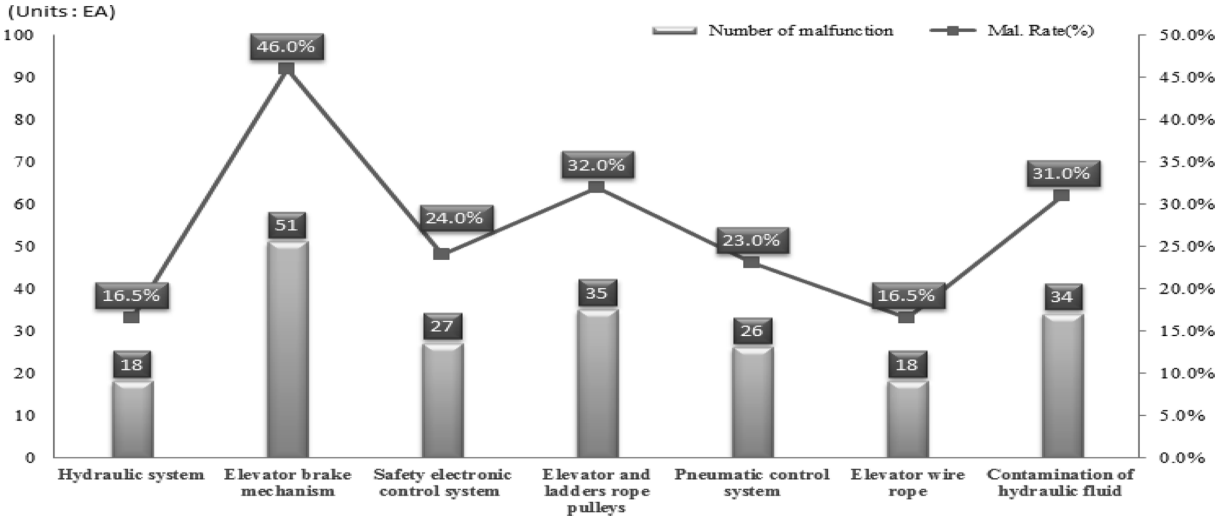


Figure 2. State of number of malfunctions and rates for aerial ladders.

로 나타났는데, 그 원인은 승강기 도르래 고정 장치(하우징)의 휨발생으로 중심축이 틀어져 기존 작동구간을 벗어나 와이어와 도르래가 사다리 구조물에 간섭됨으로써 와이어파손 및 도르래 변형, 편 마모, 크랙등 2차 고장(22건)으로 나타나 도르래 안내판 설치등 제조과정에서 보완해야 할 점으로 분석되었고, 와이어 도르래의 윤활부족 및 부싱의 파손으로 조작 시 도르래에 열과 진동이 발생(9건)하였으며, 승강기의 장시간 사용으로 도르래에 열 변형이 발생하여 회전부가 고착되는(4건) 현상이 발생하므로 도르래 회전부를 개선해야 할 점으로 분석되었다. 유압유 오염도에서는 전체 조사대상 중 31%가 불량한 것으로 나타났다. 그 원인은 탱크 내외부 온도차로 인한 유압탱크내 수분 발생, 유압배관 내 불순물로 인한 탱크 드레인부 오염으로 불순물이 검출(34건)되었으며, 이는 특히, 유압유 교환주기 5년(제작사 권장기준)을 초과한 차량에서 많이 나타나 일정 주기에 교환 필요성이 있음을 확인하였다. 그 외에도 도르래의 마찰로 인한 변형으로 승강기 와이어 꼬임 및 풀림 현상이 나타났으며 이로 인해 승강기 와이어가 변형된 것이 16.5%로 분석되었다, 또한, 사다리 수축 시 수관에 자동드레인부분 에어공급장치 실린더 누기 23%, 기타 조작이나 노후화로 인한 작동 성능 고장률도 16.5%로 조사되었다.

2.3.2 굴절사다리차

굴절사다리차의 주요 고장률은 Figure 3에 나타내었다. 고장원인을 고찰하면 전체 조사대상(146대) 중 유압유 오염도 측정에서 29%가 불량한 것으로 분석되었다. 주요 고장원인을 보면 유압탱크로 수분이 유입되는 경우가 있는

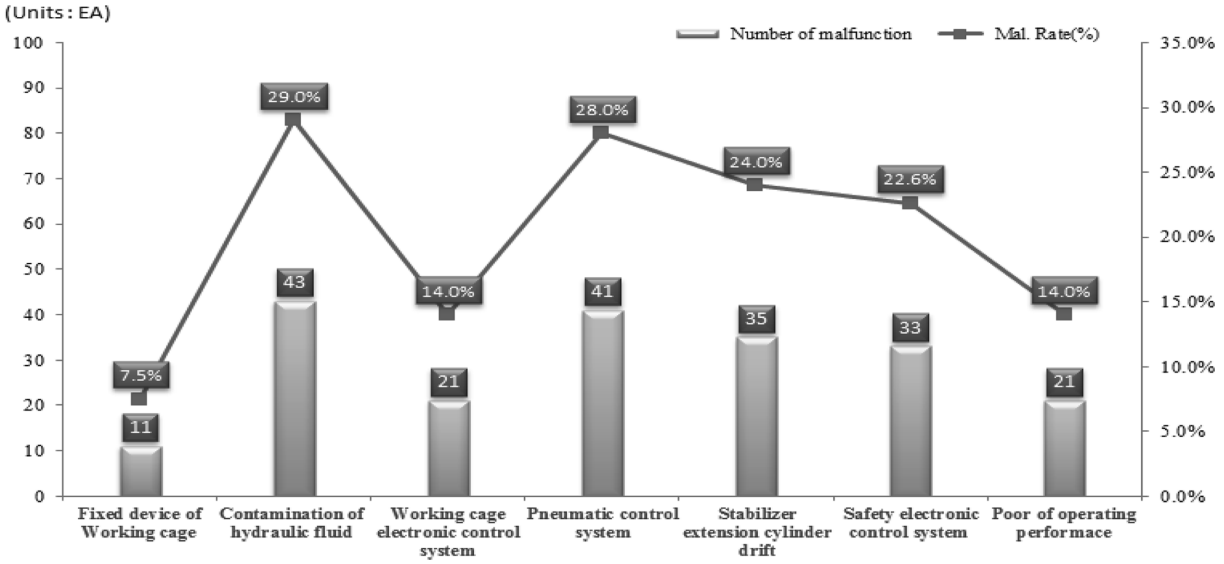


Figure 3. State of number of malfunctions and rates for aerial platforms.

데 이는 고압 세차 시 유압탱크로 수분이 유입된 것으로 추정되며, 차량 제작 시 유압배관 내에 있던 불순물들이 유압탱크 드레인부를 오염시키는 주요원인으로 분석되었다. 에어공급장치 실린더에서는 누기현상이 28%로 나타났는데, 주요 부분은 사다리 수축 시 수관의 자동드레인부 실린더 밸브에서 누기(12건)가 나타났고, 사다리 조작 시 동력인출장치(PTO) 및 회전률(RPM)을 보상해 주는 실린더 솔레노이드 밸브에서도 누기(12건)가 발생하였다. 그 외에도 에어 혼 누기(4건) 및 엔진 또는 차량 주행 시 차체로 전해지는 진동으로 볼트가 이완되어 에어탱크 부분에서도 누기가 발생되는 점으로 볼 때 차량 진동으로 인해 전체적으로 누기 현상이 나타나므로 주기적으로 점검해야 할 필요성이 확인되었다. 유압실린더 침하상태를 점검한 결과 고장률이 24%로 조사되었는데 주요 원인은 유압실린더 내에 유압유의 역류를 막아주는 체크밸브의 고장으로 실린더 침하가 발생(32건)하였으며, 유압실린더 로드의 오일링 파손으로 인한 누유(3건)가 침하 원인으로 분석되었다. 굴절사다리 붐 안전장치 부문에서는 고장률은 22.6%로 조사되었는데 그 원인은 굴절사다리 조작 시 위험 구간에서 저속으로 작동될 수 있게 인지해 주는 센서(리미터 근접센서)에 수분이 유입되어 있거나 접점 단락 등으로 센서(26건)고장이 원인이었으며, 리미터센서의 접지봉 휨으로 인한 고장(4건)도 나타났다. 바스켓 장치 부문에서의 고장률은 14%로 조사되었는데, 그 원인은 바스켓 주변에 장애물 발생 시 동작을 멈추게 하는 감지기가 고장(12건)을 일으켜 나타났고, 바스켓 조작성능 고장(6건) 및 굴절사다리 조작 시 붐각도에 따라 바스켓 수평 보정이 느려 경사가 발생하는 현상(3건)도 나타났다. 사다리 조작성능에서는 고장률이 14%로 나타났는데, 그 원인은 사다리 유압밸브 내에 상/하 운동으로 유압의 방향을 바꿔주는 축부분에 불순물이 끼어 그 틈으로 유압유가 흘러나와 오작동이 발생(4건)하거나, 사다리 유압밸브 내 전기코일의 노후화로 오작동 발생(2건)하였으며, 굴절사다리 조작 시 수관, 복합사다리, 유압펌프 등의 이상 마모로 소음 발생(4건)현상도 나타났다. 기타 붐센서 핀 등에서도 11건의 고장이 조사되어 제조과정에서 내구성 측면을 고려하여 연구해야 할 점으로 분석되었다.

2.3.3 소방펌프자동차

소방펌프자동차의 주요 고장률은 Figure 4에 나타내었다. 고장원인을 고찰하면 전체 조사대상 시료(693대) 중 에어공급장치에서 누기 현상이 37%로 가장 높게 나타났는데, 그 원인은 실린더의 지속되는 반복운동으로 실린더 내 오일 링이 마모되어 누기가 발생(144건)되었으며 솔레노이드밸브의 오일 링 경화로 균열이 발생되어 누기(126건) 현상이 나타났고, 공압배관의 경화 또는 이격으로 누기(24건)가 발생하는 것으로 보아 누기는 공통적으로 나타나는 현상으로 주기적인 점검 필요성이 재차 확인되었다. 차체부에서는 차량 주행 시 차체로 전해지는 진동으로 볼트가 이완되어 누기(131건)가 발생하는 현상도 나타났다. 그 다음으로 진공펌프에서 고장률이 36.9%로 많이 나타났는데 주원인은 그랜드 패킹 마모로 인한 진공불량(76건)과 체크밸브 및 지수밸브 고장(55건), 또한, 방수 압력센서 고장으로 자동양수장치에서 조작이 안 되는 현상(98건)도 나타나 주기적으로 진공펌프를 작동시켜 확인할 점으로 분석되었다. 각종 밸브 및 조작판의 적정성 부문에서는 고장률이 29.8%로 나타났는데 주로 배관누수(159건)와 조작판 불량(48건)이었으며. 소방펌프 고장률은 29.6%로 조사되었는데 주원인은 압력유지가 안되거나(186건), 소방펌프에서 누수되는 현상(18건)으로 제조과정에서 좀 더 세심한

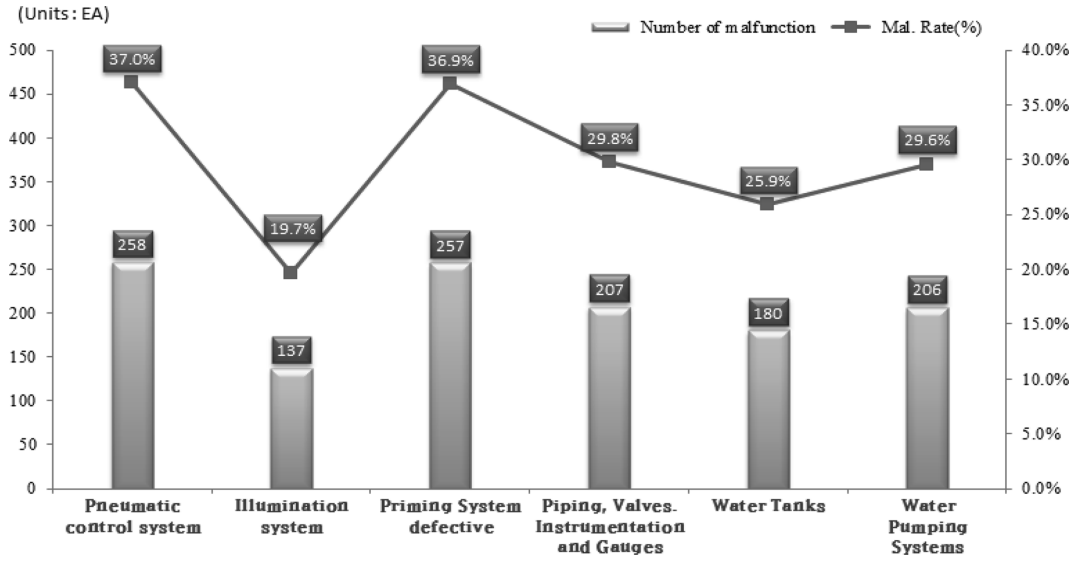


Figure 4. State of number of malfunctions and rates for pumpers.

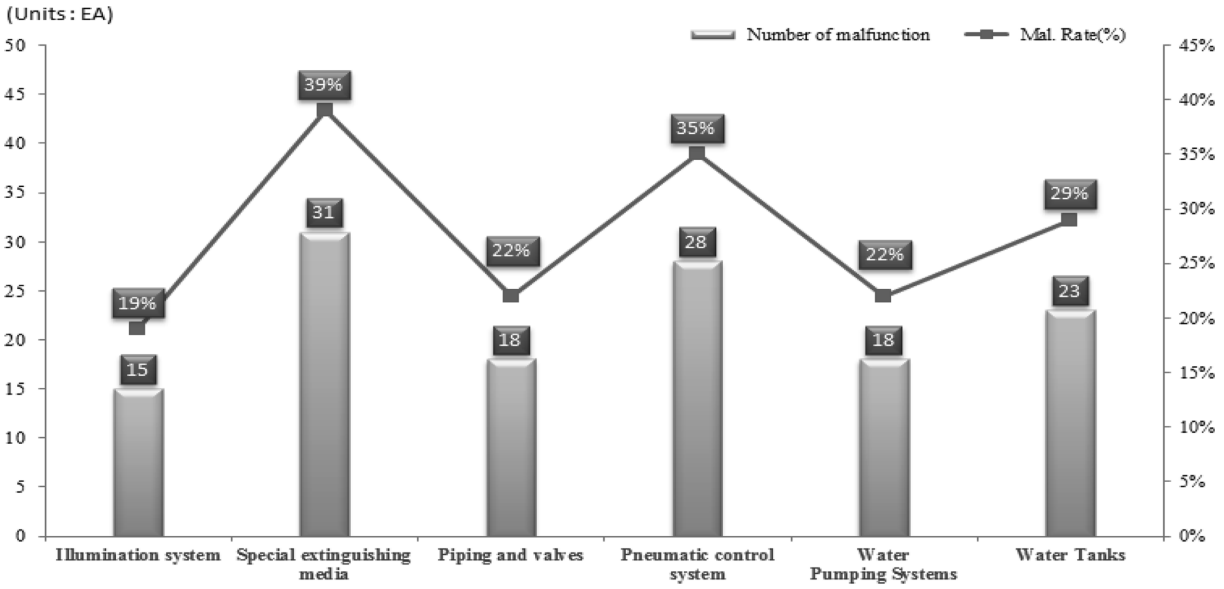


Figure 5. State of number of malfunctions and rates for chemical fire trucks.

주의가 요구된다 하겠다. 기타 수격현상 및 차량 주행 시 차량 프레임 변형으로 오버플로배관, 자체급수배관, 보수구배관등의 용접부에서 균열이 발생되었거나, 방파판 볼트가 이탈(175건)되는 고장도 있었으며, 이외에도 물탱크 변형, 탱크 바닥 용접부 균열로 누수 발생(5건) 등 물탱크 부문 고장율도 25.9%로 조사되었다. 또한, 조명장치의 적정성(19.7%), 방수포의 적정성 부문에서 8.6%의 고장이 나타나 개선해야 할 점으로 분석되었다.

2.3.4 화학펌프자동차

화학펌프자동차의 주요 고장률은 Figure 5에 나타내었다. 고장 원인을 고찰하면 전체 조사대상 시료(74대) 중 분말소화장치 고장률이 39%로 가장 많이 나타났는데 그 원인은 호스릴 작동 부분이 경화되어 자동으로 감기지 않거나 분말 클리닝부분 고장으로 호스가 막히는 고장(18건)과 질소압력 조정밸브 누기로 인한 조정 불가(9건), 차량 주행 시 차체로 전해지는 진동으로 볼트가 이완되어 질소배관 슬리브 너트부에서 누기(4건) 발생등 사용빈도에 따라 주기적인 점검이 이루어져야 할 것으로 분석되었다. 에어공급장치 부문에서는 실린더 누기(18건), 솔레노이드밸브 누기(15건), 에어탱크 누기(9건), 에어드라이어 누기(5건)등 전체 조사시료 중 35%에서 누기가 나타나는 것으로 조사되어 화학펌프자동차에서도 다른 차종과 공통적으로 나타나는 현상으로 이에 대한 개선 및 점검 필요성이 확인

되었다. 또한, 수격현상 및 차량 주행 시 차량 프레임 변형으로 오버플로배관, 자체급수배관, 보수구배관 등의 용접부 균열 및 방파판 볼트의 이탈 발생등 물탱크 고장도 18대로 나타나 제조과정에서 개선해야할 점으로 분석되었다. 전체적으로는 소방펌프자동차에서 나타나는 고장요인이 대부분 화학펌프자동차에서도 비슷하게 나타나는 것으로 분석되었는데, 소방펌프는 고장률이 22%로 주요 고장부위는 역류방지밸브, 냉각수밸브, 자체급수구, 자동드레인 파손으로 인한 방수압력유지 고장이 주원인으로 나타났으며, 기타 밸브 결합부 패킹 부문 누수가 22%, 등화 부분 점등 고장이 19%로 나타나 정기점검 등 유지관리에 관심을 기울어야 할 것으로 분석되었다.

3. 결 론

소방자동차 노후화에 따른 고장의 발생원인 추적조사 연구결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 고가사다리차는 추락방지장치부문에서, 굴절사다리차는 유압유 오염도부문에서 고장이 많이 발생되었으며, 펌프차는 에어공급장치 실린더부문에서, 화학차는 분말소화장치에서 고장이 발생되었다.

2) 원인은 차량 노후화에 따른 경년변화로 인한 고장이 가장 많이 나타났으며, 에어공급장치 실린더와 같이 특장부품의 반복사용에 따른 피로인 것으로 나타났다.

3) 고가사다리차의 경우 와이어와 롤러사이의 끼임 현상이 고장으로 나타나는 것으로 보아 제조과정에서 개선되어야 할 것으로 판단된다.

4) 5년 이상 경과한 차종에 대해서는 소방장비관리규칙(총리령)에서 정하는 주기(1~2년)마다 정밀점검을 통하여 사전에 고장을 예방하고 차종에 따라 10년 또는 12이상 도래된 차량에 대해서는 연장 사용보다는 가능한 폐차 처리하여 최상의 소방차량 상태를 유지하도록 관리되어야 하겠다.

References

1. B. G. Na, “Special Small Ladder Fire Truck”, Fire Inspection, Vol. 23. pp. 31-37 (1996).
2. Y. S. Kim, M. J. Sin and Y. G. Kim, “A Study on Research on Fire Truck Durable Years”, Journal of Fire Science, Vol. 29, No. 1, pp. 71-92 (2011).
3. Ministry of Public Safety and Security, “Fire Equipment Administration Municipal Rule”, Ordinance of the Prime Minister (2012).
4. Korea Fire Institute, “Standard for Detailed Inspection for Fire Truck” (2012).
5. National Fire Protection Association, “Standard for Automotive Fire Apparatus”, NFPA1901 (2009).
6. Ministry of Public Safety and Security, “Fire Truck Lifetimes Notification” (2013).