

소방차 펌프의 방수성능 기준 재정립을 위한 실증적 연구

민세홍 · 권용준*†

가천대학교 공과대학 소방방재공학과, *가천대학교 환경 · 디자인대학원 소방방재공학과

An Empirical Study on the Standard Re-establishment of Water Discharge Performance for the Fire Engine Pump

Se-Hong Min · Yong-Joon Kwon*†

Dept. of Fire & Disaster Protection Engineering, Gachon Univ.

*Dept. of Fire & Disaster Protection Engineering, Graduate School Environment & Design, Gachon Univ.

(Received September 4, 2012; Revised October 11, 2012; Accepted October 12, 2012)

요 약

소방차에 설치되는 소방펌프에 대한 방수성능 기준이 현장에서 운용하고 있는 실태와 상이한 부분이 있고, 기준이 명확하게 규정되어 있지 않아 소방공무원이 화재현장에서 소방펌프의 사용시간, 최대사용압력, 사용 호스 직경 등 사용 실태를 분석하고, 그 결과를 토대로 소방펌프에 대한 압력별, 호스 직경별 · 수량별로 다양하게 성능시험을 실시하였다. 현장조사 결과, 소방자동차용 소방펌프의 성능에 관한 인정기준에서 규정하고 있는 규격방수압력(0.85 MPa)과 고압방수압력(1.4 MPa)보다 현장에서는 더 높은 압력을 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 또한, 펌프의 성능시험 결과는 방수량 및 방수압력 등이 호스의 직경, 관창에 따라 현재 규정하고 있는 인정기준과 매우 상이하게 측정되었으며, 본 연구 결과로 새로운 규격을 제안한다.

ABSTRACT

This paper analyzed firefighting officers' use situations such as the use time, maximum working pressure, hose diameter, etc. of fire pumps at fire sites and carried out various performance tests by pressures, hose diameters and quantities of fire pumps based on its results because the waterproof performance criterion for a fire pump installed in a fire engine is different from the operation situations at the site and is not clearly prescribed. As a result of site survey, the site uses a higher pressure than the standard water discharge pressure (0.85 MPa) or the high-pressure water discharge pressure (1.4 MPa) prescribed by the approval Standard of the fire pump performance on fire truck. In addition, as a result of pump performance test, the discharged water flow rate, water discharge pressure, etc. was measured to be very different from the currently prescribed the approval standard depending on the hose diameter and firefighting nozzle, so the result of this study proposes a new standard.

Keywords : Fire engine pump, Water discharge performance, Fire fighting

1. 서 론

소방력의 3대 요소에는 인력, 수원, 장비가 있다. 그 중에서 인력과 수원의 종류는 한정되어 있지만 장비의 종류는 매우 다양하며 지속적인 변화와 발전이 이루어지고 있다. 하지만 소방서의 가장 기본적인 장비인 소방차는 급변하는 시대에 매우 둔감한 변화를 보이고 있는 실정이다.

‘소방차’라 하면 소방펌프가 설치되고 일정량의 물이 적재되어 화재현장에서 직접 방수를 할 수 있는 차량으로 소방펌프차, 물탱크차, 화학차 등이 대표적이다.

소방차에 장착하는 소방펌프의 제원 및 성능은 「소방펌프의 형식승인 및 검정기술기준」으로 소방방재청 고시로 규정되어 있었으나, 2012년 2월 한국소방산업기술원 자체 인증기준인 「소방자동차용 소방펌프의 성능에 관한 인정기준」(이하 ‘인정기준’이라 한다.)으로 명칭이 변경되었으며, 성능인증을 받은 펌프만 소방차량에 장착 · 사용할 수 있다. 「소방자동차용 소방펌프의 성능에 관한 인정기준」 A-1, A-2 펌프의 방수성능 기준에 규격방수성능과 고압방수성능을 Table 1과 같이 규정하고 있다. 또한, 방수시간은 ‘규격방수성능으로 6시간 동안 계속 방수 후 고압방수

† Corresponding Author, E-Mail: fire0810@gg.go.kr
TEL: +82-10-4465-8119, FAX: +82-31-233-1511

ISSN: 1738-7167
DOI: http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2012.26.5.085

Table 1. Water Discharge Performance Standards for Fire Engine Pump

Pump series	Flow rate of application rating (MPa, m ³ /min)			
	Standard		High pressure	
	Pressure	Rate	Pressure	Rate
A-1	0.85	2.8above	1.4	2.0above
A-2	0.85	2.0above	1.4	1.4above

성능으로 2시간 동안 계속 방수를 실시하는 경우에도 펌프가 안정적이어야 한다'고 규정되어 있다.

Table 1에 나타낸 바와 같이 인정기준에 펌프의 최대사용압력에 대한 사용시간이 명확하게 규정되어 있지 않으며, 배관의 내압기준도 '펌프를 통상 사용 상태로 사용한 경우에 발생하는 압력을 기준으로 한다'고만 규정되어 있다. 통상압력은 펌프를 사용하는 지역, 화재여건 등에 따라 많이 달라지므로 통상압력이라는 것 자체가 무의미해진다. 또한, 펌프의 작동 압력별 방수량이 규정되어 있지 않아 펌프제조회사조차 펌프의 압력별 성능을 시험한 근거데이터 자료가 없는 실정이다. 실증 데이터 없이 일본법을 그대로 인용하고 현장 활동 여건의 변화를 반영하지 못한 채, 압력과 사용시간 등에 대한 인정기준이 90년대부터 그대로 이어지고 있는 것이다. 그로 인해 소방펌프 방수성능 기준이 초고층건물 등 급변하는 건축 환경에 대한 화재현장의 변화를 반영하지 못하고 있다.

이에 본 연구에서는 화재진압활동 현장에서 소방펌프의 방수성능에 영향을 미치는 인자와 운용 현황을 파악하여 소방차에 설치되는 펌프의 방수성능 기준을 실증적인 연구를 통하여 재정립하고자 한다.

2. 소방대응장비 현황

2012년 소방방재청 자료에 따르면 전국 소방서에서 보유하고 있는 차량의 종류만 41종 7,625대이다. 여기에 항공기 및 소방정 9종 39대를 포함한 50종 7,664대의 각종 차량, 항공기, 소방정 등을 전국 192개 소방서 1,146개의 센터·구조대에서 보유하고 있다. 전국 소방기관에서 보유하고 있는 차량 중 44.8%(3,416대)를 차지하는 펌프차, 물탱크차, 화학차 등의 차량에는 물을 방수할 수 있는 소방펌프를 장착하고 있다. 즉, 소방기관에서 보유하고 있는 차량 2대 중 1대는 소방펌프를 장착하고 있을 만큼 소방기관이 운용중인 장비 중 소방펌프차가 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것이다.

3. 소방펌프 성능에 영향을 미치는 인자의 운용현황

소방펌프차의 방수압력은 소방호스의 종류와 전개 수량

을 고려하여 작업원이 판단한다. 소방호스 길이가 길어짐에 따라 방수압력도 높아지고 사용하는 소방호스의 직경이 커짐에 따라 방수압력은 낮게 한다. 그리고 인정기준의 방수성능 기준을 보면 방수압력, 방수량 그리고 방수시간을 기준하였다. 그래서 소방펌프 성능에 영향을 미치는 인자를 파악하기 위해 경기도내 161개 119안전센터에 배치된 소방펌프차의 운용 현황을 다음과 같이 현장조사하였다.

3.1 화재진압시 사용하는 소방호스의 크기

소방펌프차 중에서 화재시 항상 출동하는 차량 161대 481개의 적재함에 기본적으로 적재하여 사용하는 호스의 크기를 조사한 결과, Figure 1에 나타낸 바와 같이 40 mm 호스가 94.8%에 해당하는 456개 적재함에 적재되어 있으며 1.5%인 7개의 적재함에 2종류의 호스를 혼용하여 적재하였고, 나머지 3.7%인 18개의 적재함에 65 mm 호스만 적재하고 있다.

소방펌프차량의 적재함은 대부분 차량의 좌·우·후면 3곳에 있지만, 65 mm 호스를 전용으로 적재하는 곳은 161대의 차량 중 18대 차량의 일부 적재함 뿐이다.

3.2 방수구에 연결된 소방호스 수량

화재현장에 도착해서 별도의 호스를 전개하여 연결하지 않고, 즉시 현장에서 사용할 수 있도록 사전에 아코디언식으로 적재한 소방호스의 수량이 1벌부터 10벌 이상인 경우가 있다. 그 중 적재함에 3벌을 적재한 경우가 22개,

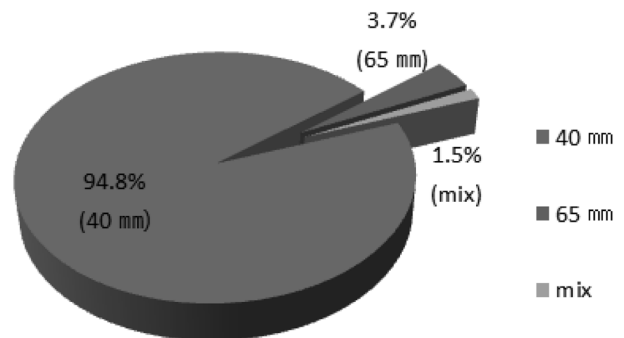


Figure 1. Types of fire hoses loaded in fire engine.

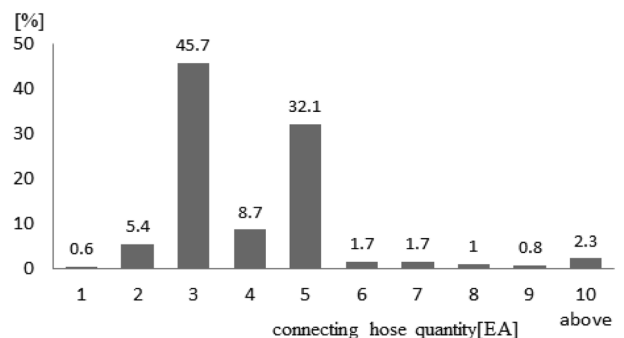


Figure 2. Amount of fire hoses loaded in a fire engine.

Table 2. Running Time of Fire Pump

Classification	Total	1 hour less	1 hour above	5 hour above	10 hour above	15 hour above
Number	9,878	5,820	3,967	72	13	6
Per (%)	100	58.92	40.16	0.73	0.13	0.06

※ 2011년도 경기도 화재건수: 10,019건, 산출건수 9,878건, 제외건수 141건.
 ※ 펌프동작 추정시간 산출방법=귀소시간-도착시간-출동소요시간.
 ※ 제외 건수 141건: 자체 진화된 화재, 출동소요시간보다 화재진압시간이 작은 경우 제외.

45.7 %로 가장 많고, 5별을 적재한 경우도 154개, 32.1 %이다.

Figure 2에 나타낸 바와 같이 소방펌프차량에 기본적으로 적재하는 호스 수량이 3별 또는 5별이 374개 적재함으로 전체의 77.8 %를 차지한다.

3.3 소방펌프 동작시간

2011년 화재 발생현황을 기준으로 소방펌프차의 펌프 동작시간을 분석한 경기도소방재난본부 자료를 Table 2에 나타내었다.

소방펌프 동작시간 산정방법은 화재를 신고받고 출동한 경우, 화재현장 도착시간부터 화재를 진압하고 소방서로 귀소할 때까지 소요된 시간에서 귀소하는데 걸린 시간(출동소요시간)을 제외한 시간을 산정한 것으로, 화재 현장에 소방차량이 출동을 하면 선착하는 소방펌프차는 기본적으로 소방펌프를 동작시켜 화재진압을 시작하기 때문에 화재현장에서 소방펌프를 동작하는 시간으로 추정하였다. 자체 진화된 화재는 소방펌프를 사용해서 화재를 진압한 사항이 아니고, 출동소요시간보다 화재진압시간이 짧은 화재는 펌프 동작시간의 산정이 곤란하고 매우 짧은 시간이므로 소방펌프 동작시간 산출건수에서 제외하였다.

화재가 1시간 이내 완진되는 경우가 많아 펌프동작시간이 1시간 미만인 경우가 많고, 대부분의 화재는 5시간 이내 진압되는 경우로 전체의 99 % (9,787건)이다. 5시간을 초과하여 진압하는 경우는 91건으로 1 %도 되지 않지만 이 중 10시간 이상이 되는 경우도 19건이나 된다.

3.4 소방펌프 기본사용압력 및 최고사용압력

경기도 소방공무원 중 소방관서에서 화재시 다른 소방차량보다 우선으로 출동하는 1출동 소방펌프차(1펌)를 운전 및 조작하는 직원 161명에게 경험상 화재현장에서 일반적으로 사용하는 소방펌프 방수압력을 조사한 바 Figure 3과 같다.

화재현장에서 작업원이 적재함에 연결된 호스만 연결하여 사용하는 방수압력이 0.4~0.9 MPa를 사용하지만 94.4 %인 152명의 작업원은 0.5~0.7 MPa를 사용하는 것으로 조사됐다.

또한, Figure 4에 나타낸 바와 같이 작업원이 경험한 최고사용압력은 0.7~2.2 MPa를 사용한 경험이 있으며, 이 중 사용압력이 1 MPa이 24.8 %로 가장 많고 1.5 MPa 이

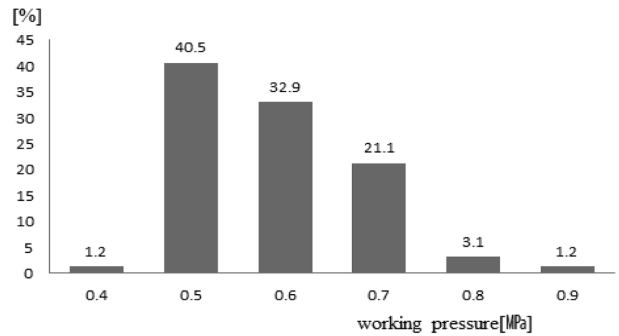


Figure 3. General working pressure using 3~5EA hose.

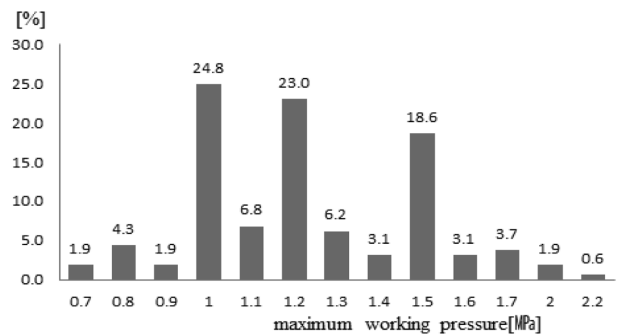


Figure 4. Experienced Maximum pressure at site.

상을 사용해본 경험이 있는 작업원도 27.9 %나 된다.

3.5 운용현황결과

결국 소방펌프차 작업원들의 경험을 토대로 현장조사한 결과, 다음과 같은 내용을 확인할 수 있었다.

- 1) 경기도 소방공무원들이 화재출동을 대비하여 평상시 소방펌프차량에 40 mm 호스를 3별 또는 5별을 적재함에 적재하고 있으며,
- 2) 화재출동시 호스를 추가로 연결하지 않고 화재진압을 하는 경우 소방펌프차에서 0.5~0.7 MPa의 방수압력을 사용하여 초기화재를 진압하는 가장 일반적인 방식이고, 호스를 추가로 전개하여 0.9 MPa 이상을 사용하여 화재를 진압한 경험이 있는 작업원이 무려 93.8 %나 된다.
- 3) 인정기준의 펌프성능 규격의 Table 1에서 정의하고 있는 고압방수압력은 1.4 MPa로 이것을 초과하여 사용한 경험이 있는 작업원이 45명, 27.9 %나 되고 이 중 2 MPa를 넘게 사용한 작업원도 4명, 2.5 %나 있다.

4) 또한, Table 1에서 정의하고 있는 규격방수압력은 0.85 MPa로 정의하고 있는데 소방공무원이 화재현장에서 소방호스를 추가로 전개하여 사용하는 방수 압력의 93.8 %가 규격방수압력을 초과한다.

4. 소방펌프 성능시험

소방펌프 성능에 영향을 미치는 인자를 조건별로 적용하여 경기도 소방재난본부와 경기도소방학교의 협조를 받아 소방펌프의 성능시험을 하였다.

소방서에서 사용하는 65, 40 mm 관창 및 호스로 각각의 동일조건에서 다음의 2가지를 기준으로 방수압력 및 방수량을 측정하였다.

첫째는 소방펌프차에 소방호스를 연결하지 않고 방수구에 관창만 연결한 상태, 둘째는 화재현장에서 주로 사용하는 소방호스의 수량과 압력을 기준으로 현장 여건과 유사한 상태에서의 방수성능을 시험하였다.

시험에 사용한 차량은 경기도소방학교에서 교육용으로 사용하는 차량 2대를 사용했으며, 차종은 H자동차 메가트럭(5 ton) 차량이며 연식은 각각 2008년식과 2010년식을 사용하였다.

압력 측정계이지는 소방호스의 동압을 측정하기 위해 피토계이지를 소방호스 연결금속구(커플링)에 장착되도록 본 연구를 위해 Figure 5와 같이 지그(Jig)를 직접 제작한 제품을 사용하였다.

소방펌프차의 압력은 차량 조작판넬에 설치된 자체 압력계로 측정하였고, 방수구에는 압력 측정계이지를 설치하여 압력을 측정하였다. 그리고 실제 화재현장에서는 소방펌프차량 조작원이 관창수가 방수중일 때 방수압력을 조정하기 때문에 본 시험에서는 소방펌프차에서 방수를 하지 않는 상태에서 기준압력으로 조정하는 정압(Static pressure)과 그 상태에서 방수할 때의 압력인 동압(Dynamic pressure)을 구분하여 측정하였다.

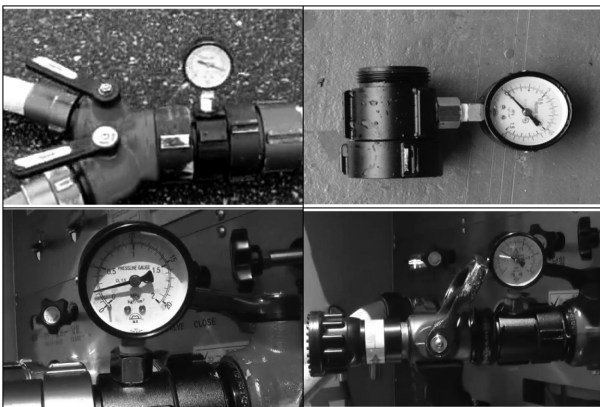


Figure 5. The test pressure gauge and jig set installed on the fire hose.

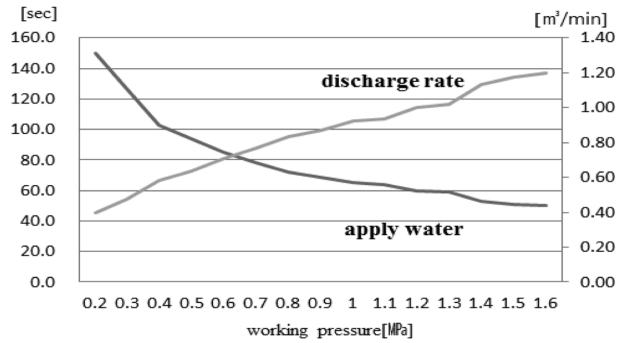


Figure 6. Performance test of 65 mm nozzle.

4.1 소방펌프차 성능시험(65 mm 기준)

4.1.1 소방펌프차 압력별 방수량 측정

소방펌프차의 방수구에 65 mm 방수압력 측정기를 설치하고 현장에서 일반적으로 사용하는 직·분사 관창만 직접 연결한 상태에서 소방펌프차 펌프압력기준으로 0.2 MPa부터 1.6 MPa까지의 0.1 단위의 압력별로 펌프차의 압력을 설정하여 물 1 m³를 방수하는 것을 측정한 결과는 Figure 6과 같다.

물 1 m³를 0.2 MPa의 압력으로 방수할 경우 방수시간이 150초로 이때 방수량이 0.4 m³/min이었고, 압력이 1.6 MPa 일 때는 방수시간이 50초로 방수량이 1.2 m³/min로 측정되었다.

관창은 피스톨관창을 사용하였고 직·분사 조절에 따라 방수압력이 달라지므로 초기 화재에서 가장 많이 사용하는 봉상 주수를 기준으로 일정하게 측정하였다.

소방펌프차 압력별 방수량 측정시험을 하면서 소방펌프차의 정압과 그 정압으로 방수하는 동압을 측정한 결과, Table 3에 나타낸 바와 같이 소방펌프차량의 방수구까지의 압력변화량이 최소 4.0 %에서 최대 10 %까지 발생하며 평균 정압의 손실율은 7.3 %이다.

4.1.2 소방호스 수량 및 압력별 방수시간 측정

화재현장의 다양성 때문에 호스 사용수량이 규정되어 있지는 않지만, 소방서에서는 소방펌프차에 3~5벌을 화재 현장에서 즉시 사용할 수 있도록 차량 방수구에 연결해놓고 있다. 그리고 산불화재 또는 소방차량이 진입이 불가능한 경우를 대비하여 소방호스를 10벌 이상 연결하여 사용하는 경우도 있으므로 호스를 3~10벌을 연결하여 수량별 기준 방수압력으로 방수하는 것을 측정하였다. 측정한 결

Table 3. Rare of Static Pressure & Dynamic Pressure

Static (MPa)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
Dynamic (MPa)	0.18	0.36	0.56	0.73	0.95	1.12	1.34	1.49
Per (%)	10.0	10.0	6.7	8.8	5.0	6.7	4.3	6.9

Table 4. Test Method

Amount	3 units			5 units			7 units			10 units		
Test pressure (MPa)	0.3	0.5	0.7	0.5	0.7	0.9	0.7	1	1.3	1	1.3	1.6

Table 5. Time of Usability (65 mm)

Amount	Pressure	Amount						
		0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	1.3	1.6
3		5' 30"	4' 54"	4' 42"				
5			5' 6"	4' 24"	3' 42"			
7				4' 48"		3' 48"	3' 36"	
10					4' 6"	3' 30"	3' 12"	

과를 Table 4에 나타내었다.

시험결과를 가지고 소방차량에 적재된 수원을 방수하는데 걸리는 시간을 산정할 수 있다. 다만 펌프의 사양이 차량별로 상이하기 때문에 이번에 시험한 동종의 차량에는 적용할 수 있지만 기타 차량에는 별도의 시험을 통한 적용이 필요하다. 시험 차량을 기준(적재수량 2.8 m³)으로 소방호스 전개 수량 및 압력별로 방수시 방수가능시간을 나타내면 Table 5와 같다.

Table 5에 의하면 최소 방수시간은 호스 10벌을 연결하여 1.6 MPa로 방수한 경우인 3분12초, 최장 방수시간은 호스 3벌을 연결하여 0.3 MPa로 방수한 경우인 5분30초이다.

펌프차 또는 물탱크차로 다른 차량에 물을 보급하는 경우 65 mm 호스를 많이 사용하므로 펌프차 등이 급수지원을 하는 경우 수원 사용가능 시간을 산출하여 차량에 부착하면 현장 활동에 도움이 될 것이다.

4.2 소방펌프차 성능시험(40 mm 기준)

65 mm 기준 소방펌프차 성능시험과 동일한 기준으로

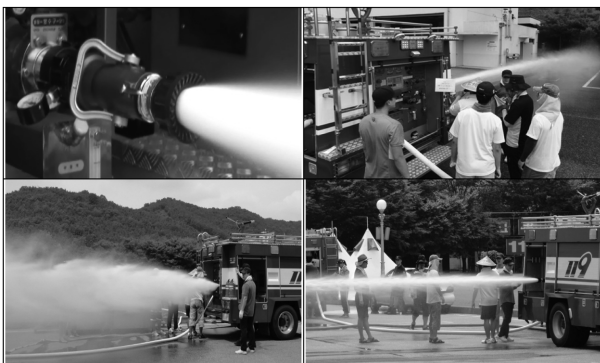


Figure 7. Water discharge Pressure test.

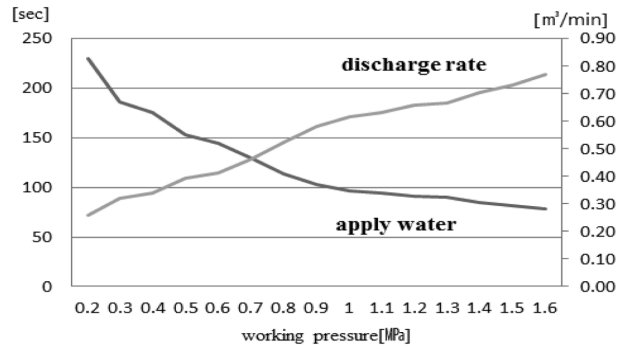


Figure 8. Performance test of 40 mm nozzle.

Table 6. Time of Usability (40 mm)

Amount	Pressure	Amount						
		0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	1.3	1.6
3		13' 6"	8' 24"	7' 18"				
5			9' 18"	8' 24"	7' 48"			
7				8' 54"		8' 12"	7' 12"	
10						10' 0"	9' 6"	5' 30"

측정하고, 단지 소방펌프차 방수구에 Y카플링을 연결하여 40 mm 호스와 관창을 사용하여 동일하게 Figure 7과 같이 시험하였다.

4.2.1 소방펌프차 압력별 방수시간 측정

소방펌프차 펌프압력기준으로 0.2 MPa부터 1.6 MPa까지의 0.1 단위의 압력별로 펌프차의 압력을 설정하여 1 m³를 방수하는 것을 측정한 결과, 성능곡선은 Figure 8과 같다.

물 1 m³를 0.2 MPa의 압력으로 방수할 경우, 방수시간이 230초로 이 때 방수량이 0.26 m³/min이었고, 압력이 1.6 MPa일 때는 방수시간이 78초로 방수량이 0.77 m³/min로 측정되었다.

4.2.2 소방호스 수량 및 압력별 방수량 측정

소방호스 수량 및 압력별 방수량 측정결과를 이용하여 해당 소방펌프차의 방수 가능 시간을 나타내면 Table 6과 같다.

4.3 성능시험 결과

소방차에 설치된 펌프에 대하여 다양한 방법으로 성능 시험한 결과, 방수구에 설치되는 호스의 구경에 따라 방수량은 방수압력별로 차이는 있으나, Figure 9의 방수압력별 방수량과 Figure 10의 방수압력별 방수시간을 비교해보면 동일 압력에서 40 mm 관창 방수량은 65 mm 관창 방수량

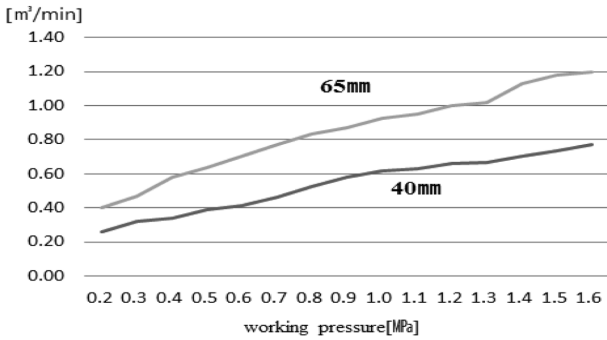


Figure 9. Discharge rate of 65 mm & 40 mm hose.

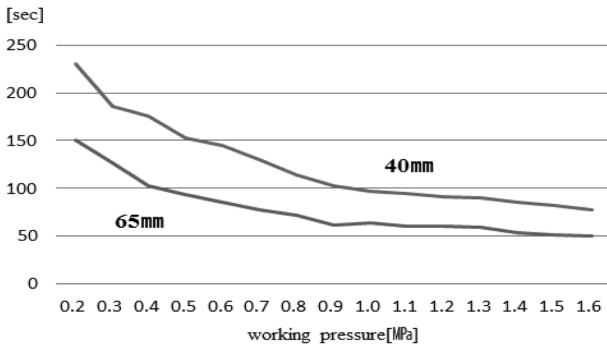


Figure 10. Time of applied water.

Table 7. Discharge Rate of Pressure

Amount Hore	Amount			
	3 units	5 units	7 units	10 units
40 mm	0.31	0.33	0.35	0.32
65 mm	0.56	0.64	0.69	0.78
Per (%)	55.5	51.3	50.3	41.0

의 58~68 % 수준이고 압력별 평균 방수량은 65 mm 관창 방수량의 64 %로 나타났다.

소방호스를 연결하여 방수하는 경우 연결된 호스 수량이 많을수록 압력별 방수량의 차이는 작아진다. Table 7의 압력별 방수량을 보면 소방호스 수량을 동일하게 연결하고 압력별로 65 mm와 40 mm 호스의 방수량을 비교하면 3별인 경우 평균 방수량 차이가 55.5 %에서 10별인 경우 41.0 %까지 낮아진다.

동일압력에서 방수량의 차이는 결국 마찰손실로 인한 압력차이에서 발생하는 것으로 65 mm와 40 mm 방수량의 차이를 호스 마찰 손실 압력 차이로 유추할 수 있다.

펌프의 방수성능은 압력, 관창종류, 호스연결수량에 의해 확연한 차이가 발생하는 것을 시험을 통하여 알 수 있다.

5. 결 론

화재현장에서 펌프 성능을 최대한 효율적으로 사용할

수 있는 호스전개방법, 소방펌프의 중계방법 등에 대한 고찰이 소방공무원의 현장활동 입장에서 필요하다.

소방펌프차의 운용현황을 조사한 자료를 바탕으로 소방차에 설치된 펌프에 대한 성능시험을 수행하여 도출된 결과는 다음과 같다.

1. 소방공무원이 화재현장에서 사용하는 펌프의 압력을 조사한 바, 인정기준에서 정하는 ‘규격방수압력’, ‘고압방수압력’에 대한 선정기준이 없고 정해진 압력이 조사한 자료와 크게 상이한 것으로 나타났기 때문에 펌프의 사용압력에 대한 자료 수집과 분석을 통하여 기준의 재정립이 요구된다.

2. 화재현장에서 펌프의 최고사용압력이 2.0 MPa 이상인 경우가 있으므로 조작성의 안전을 위하여 내압 기준을 펌프 최고사용압력 이상으로 개정하여야 한다.

3. 소방펌프의 연속동작 시간이 최대 15시간 이상인 경우가 있어 장비의 효율적 운용을 위해 장시간 화재진압을 할 경우 현장 작업자와 차량을 함께 교대할 수 있도록 한다.

4. 펌프 제작사양에 펌프의 압력과 관창의 직경에 따른 방수량을 측정된 성능곡선 자료를 포함하도록 하여 화재현장에서 수원을 보급하고 조절하는데 활용되도록 하여야 한다.

5. 직경이 작은 관창으로 방수할 때의 펌프 압력보다 직경이 큰 관창으로 방수할 때의 펌프 압력이 낮아도 동일한 방수를 할 수 있으므로 펌프의 효율성을 위하여 직경이 큰 관창의 사용이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 가천대학교 학술연구지원(GCU-2012-R155)에 의해 연구되었음.

참고문헌

1. S. H. Min, “NFSC Design of Fire Protection Engineering”, Munundang (2008).
2. NEMA, “The Data and Statistics of Fire Administration” (2011).
3. NEMA, “The Fire a Statistics Yearbook for the 2011” (2012).
4. NEMA, “The Primary a Statistics of Fire Prevention” (2011).
5. No. 105 of The KFI, “The Approval Standard of Fire Pump Performance for Fire Truck” (2012.2.3).
6. Notification No. 2011-68 of the NEMA, “Performance-based Methods and Standards of Fire Safety Design”, NEMA (2011).
7. Korea Fire Protection Association (KFPA), “The SFPP Handbook of Fire Protection Engineering”, SFPE (2005).
8. S. H. Min, Y. J. Bae and Y. H. Nam, “A Proposal about

- the Vertical Fire Suppression Methods of High-rise Buildings”, Proceedings of 2012 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 163-166 (2012).
9. S. H. Min and J. M. Lee, “A Study on the Evacuation Risk of Simultaneous Fires from Exterior”, Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 26, No. 2, pp. 90-96 (2012).
 10. S. H. Min and S. H. Jeong. “A Study on Improvement of Discharge Pressure Measurement of Indoor Fire Hydrant System” Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 26, No. 3, pp. 67-72 (2012).
 11. S. H. Min, J. E. Yun, J. S. Sun, S. H. Jeong, C. H. Chea and S. J. Kim, “Research for the Configuration of the Outside Sprinkler System”, Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 26, No. 1, pp. 102-112 (2012).