

압력 스위치 성능 시험 연구

권 오 승 <방재시험연구소 소화시험실장>

1. 서론

스프링클러, 포, 물분무 소화설비 등 물을 사용하는 자동식 소화설비(Automatic Fire Extinguishing System)는 물론 옥내·옥외 소화전에 이르기까지 소화설비에 물을 자동으로 공급하기 위하여 가압 송수 장치용 수압개폐장치로 사용되는 압력스위치(Pressure Operated Switch)에 대하여 사용 목적 및 환경 여건에 의한 관련 시험 방법에 따라 성능 시험을 실시하여 동 제품의 제성능 및 작동상의 문제점 등을 분석·검토하였다.

2. 시험체

국내에서 사용되고 있는 압력스위치를 저압, 중압, 고압용(6, 10, 30kgf/cm²)으로 나누어 각종 10개씩을 시험체로 선정하여 시험하였다.

분류 기호	업체 구분	사용압력범위	수량 (개)
A	가	50cmHg~6kgf/cm ²	10
B		1.0~10kgf/cm ²	10
C		5.0~30kgf/cm ²	10
D	나	50cmHg~6kgf/cm ²	10
E		1.0~10kgf/cm ²	10
F		5.0~30kgf/cm ²	10
G		1.0~10kgf/cm ²	10

- 형식 : 수압작동형(벨로즈형)
- 호칭크기 : PT 1/4"(8mm)
- 사용압력 :
 - 50cmHg~6kgf/cm²(2종)
 - 1.0~10kgf/cm²(3종)
 - 5.0~30kgf/cm²(2종)
- 시험체수 : 7종 70개

3. 시험 기준 및 방법

가. 시험 기준 및 항목

UL - Standard 753 (Alarm Accessories for Automatic Water-Supply Control Valves) 및 KSC 4516 제어용 스위치 통칙 등의 관련 시험 내용을 참고로 하여, FILK Standard-압력스위치 인증 시험 기준(안)에 따른 시험 항목에 의하여 시험을 실시하였으며, 각 제조 업체의 제품 종류에 따른 관계 도면 검토와 재질 분석 등을 제외한 기타 시험 항목에 대하여, 시험체의 외형적인 상태를 검사하는 형상 및 구조 검사와 시험체의 주요 성능을 검사하는 기능 검사로 나누어 시험을 실시하였다.

나. 시험 방법

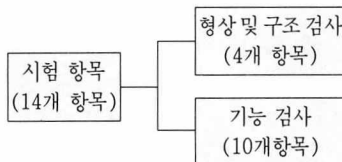
시험 항목에 따른 시험체의 수량 및 시험 절차 등의 결정은 FILK Standard 압력스위치 인증 시험 기준(안)의 시험 방법을 활용하였으며, 사용 압력에 따라 분류된 압력스위치에 대하여 시험 항목에 따라 실시한 주요 시험 내용을 요약하여 보면 <그림 1>과 같다.

(1) 형상 및 구조 검사

형상 및 구조 검사는 시험체의 형상 및 구조와 관련된 표시, 외관, 구조 및 중량 측정으로 나누어져 있으며, 시험체 규격에 따른 표시 내용 및 상태, 시험체의 조립 및 도금 상태, 외적 손상 여부, 육안에 의한 외형적인 상태 및 결함 등 주로 시험체 자체의 외적 상태를 중심으로 검사한다.

(2) 작동 압력 조정에 따른 압력 편차 및 작동 정도를 검사하기 위하여 실시하는 시험으로 시험체를 수압 또는 공기압 시험기에 설치한 후 분당 0.5kgf/cm² 이하의 비율로 압력을 상승시켜 작동 압력을 측정하며, 작동 상태의 확인은 제시된 전원(AC 또는 DC)을 이용한 램프 점등 방법 등의 적당한 방법에 의해 확인한다.

압력스witch는 제시된 작동 압력의 ±5% 이내에서 작동되어야 하며, 작동점을 조정할 수 있는



경우에는 최대 조정 압력, 최소 조정 압력, 중간 조정 압력에서 작동 압력을 측정하여 조정 압력 지시치와 측정치와의 오차가 $\pm 5\%$ 이내에서 작동되는지를 검사한다.

(3) 내압 시험

시험체에 이상압력이 가해졌을 때 감당하게 되는 압력 상태하에서의 내력과 누수 상태 등을 시험하는 본 항목에서는 시험체를 내압시험기에 설치한 후 분당 0.5kgf/cm^2 이하의 비율로 압력을 상승시켜 최대 조정 압력의 150% 압력을 1분 동안 가한 다음 작동 압력 시험을 실시하여 성능에 적합한지를 검사한다.

상기 시험을 실시한 시험체를 내압 시험기에 설치한 후 분당 0.5kgf/cm^2 이하의 비율로 압력을 상승시켜 최대 조정 압력의 5배 압력을 1분 동안 가하여 시험체의 변형, 파손 등의 상태를 검

사한다.

(4) 반복 시험

시험체의 설치 여건에 따라 반복적으로 가해지는 사용 압력에 대한 내구성을 시험하는 것으로 시험체에 정격 사용 전압을 가한 상태(압력스위치 작동시 정격 사용 전류가 흐를 수 있도록 설치)에서 분당 10회 이하의 비율로 작동 압력 또는 최대 조정 압력을 가하는 반복 작동 시험을 6,000회 실시하여 압력을 받는 부분 및 기타 작동 부분의 전기적·기계적인 이상 여부를 검사한다.

(5) 단자부 강도 시험

토크 드라이버(Torque Driver)를 사용하여 단자부의 나사를 서서히 조여 다음 표에 나타난 시험 토크를 5초간 가한다.

작동 압력 조정용 단자 및 작동·정지 압력 조정용 단자는 조정 가능 범위내(최소 조정과 최대 조정 압력 사이)를 1주기하는 것

구분	단자나사 호칭지름 (mm)	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.5	6.0
시험토크 (kgf/cm^2)		3	5	8	12	15	20	25

을 1회(회로 함)에서 60회의 조정 시험을 실시하며 나사머리, 나사부 또는 스프링 상단에 부착되어 조정점을 지시하는 암나사부의 파손, 마모, 고장 등의 이상 여부를 검사한다.

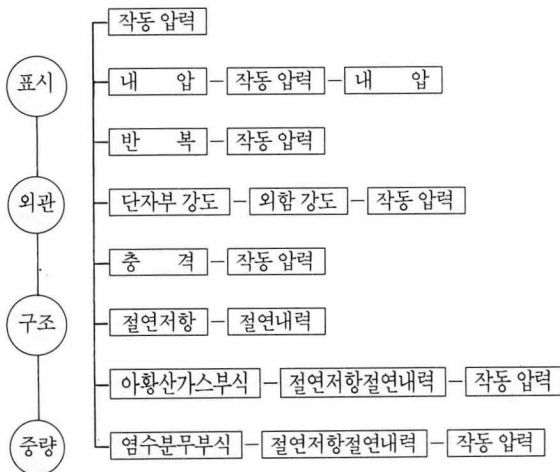
(6) 외함(Cover)의 강도 시험

시험체 외함의 외적 충격에 대한 강도를 시험하는 본 시험에서는 시험 장치의 시험대에 시험체 외함면이 시험대와 수평이 되도록 설치하고 1m 높이에서 외함의 중심 또는 외함 측면의 파손되기 쉬운 부분에 시험체 중량에 $15\sim 15.5\text{g}$ 을 더한 중량의 추(D: $13 \pm 1\text{mm}$)를 1회 낙하시켜 외함의 파손, 균열 등의 이상 유무를 검사하고 본시험 후 작동 압력 시험을 실시하여 성능에 적합한지를 검사한다.

(7) 충격 시험

시험체가 바닥에 떨어졌을 때 시험체 내부의 파손 등으로 인한 작동상의 이상 유무를 검사하기 위하여 실시하는 시험으로 시험체를 지상 $1.5 \pm 0.1\text{m}$ 의 높이에서 임의의 방향으로 콘크리트 바닥에 자연 낙하시켜 충격 하중을 가하여 점점의 상태 등 시험체의 손상 여부를 검사하고 작동 압력 시험을 실시하여 성능에 적합한지를 검사한다.

<그림 1>주요 시험 내용



(8) 절연저항 시험

KS C 1301(절연저항계, 발전 기식) KS C 1302(절연저항계, 전자식)에서 정한 500V 절연저항계로 시험체의 극성이 다른 충전 금속부의 사이, 충전 금속부와 접지 및 인체에 접촉될 수 있는 비충전 금속부와 사이(이 경우 접지극은 비충전 금속부로 간주한다), 개로상태에서 동극단자 사이의 절연저항을 측정하여 각 부분의 절연저항치가 50MΩ 이상 인지를 검사한다.

(9) 절연내력 시험

절연내력 시험 장치를 이용하여 시험체의 극성이 다른 충전 금속부 사이, 충전 금속부와 접지 및 인체에 접촉될 수 있는 비충전 금속부와 사이(이 경우 접지극은 비충전 금속부로 간주한다)에 시험 전압을 1분간 가하며, 시험 중의 누설 전류를 측정하여 2mA 이하인지를 검사하고 시험중 시험체의 이상 유무를 검사한다.

(10) 아황산가스 부식 시험

시험체가 설치되는 장소의 여건에 따라 발생할 수 있는 부식성 가스에 의한 부식 저항 강도 및 변형 상태 등을 검사하기 위하여 치오황산나트륨 수용액에 소량의 황산을 가하여 발생하는 아황산가스로 시험체를 강제 부식시키는 시험으로, 5ℓ의 시험 용기 중에 농도 40g/ℓ의 치오황산나트륨 수용액을 500mℓ 넣고 1규정 농도의 황산 156mℓ를 1,000mℓ의 물에 용해한 용액을 12시간마다 10mℓ씩 가하여 시험체를 4일간

방치한 후 절연저항 시험, 절연내력 시험, 작동 압력 시험을 실시하여 제성능의 이상 유무를 검사한다.

(11) 염수분무 부식 시험

염수로 인한 부식의 우려가 있는 시험체에 대하여 염수 부식에 따른 기계적 강도 및 작동 상태 등을 검사하기 위하여 실시하는 시험으로, 증류수와 일반염(염화나트륨)을 혼합한 시험용 염수를 시험용 챔버내에 분무시켜 시험체를 강제적으로 부식시킨다. 시험은 KS D 9502 염수 분무 시험 방법에 의하며 200시간 연속 분무 시험을 한 후 바로 상온의 유수에 잘 씻고 60℃의 열풍으로 6시간 건조시킨 다음 절연저항 시험, 절연내력 시험, 작동 압력 시험을 실시하여 제성능의 이상 유무를 검사한다.

4. 결과 및 분석

가. 항목별 분석

표시, 외관, 구조, 중량 측정 등 제품의 외형적인 상태를 검사하는 형상 및 구조검사에 있어서는 결점 사항이 발견되지 않아 시험체의 표면적인 상태는 매우 우수한 것으로 나타났으나, 제품의 작동에 중요한 영향을 미치는 기능 검사에 있어서는 매우 높은 불량률을 나타내어 제품의 제성능을 다하지 못하는 것으로 나타났

며, 특히 시험체의 강도 및 환경 시험 분야에서 많은 시험체가 시험 기준에 미달되는 성능을 갖고 있어 경년에 따른 제품의 내구성이 매우 낮은 것으로 나타났다.

(1) 강도 시험 분야

제품의 내적 강도를 측정하는 내압 시험 및 반복 시험의 경우에 본 시험후의 전기적, 기계적 강도에 대한 외적인 변화는 없으므로 나타났으나, 본 시험후의 작동 압력에 따른 성능 검사에서 많은 시험체가 규정치를 벗어나고 있었으며, 외적 강도를 측정하는 단자부 및 외함 강도 시험과 충격 시험에서는 많은 시험체가 단자 및 볼트의 파손, 외함 및 점점 파손 등의 결점을 나타내어 재질에 대한 보완이 요구되고 있는 것으로 나타났다.

(2) 전기적 특성 시험 분야

제품의 전기적 특성을 측정하는 절연저항 시험 및 절연내력 시험의 경우에는 시험체 모두가 시험 기준 범위에 적합한 것으로 나타나 제품 사용에 따른 전기적인 결함은 없는 것으로 나타났다.

(3) 환경 시험 분야

설치되는 장소의 주위 여건에 따라 변하는 환경 시험을 위한 아황산가스 및 염수 분무 부식 시험의 경우에는 본 시험후의 외적인 손상은 없는 것으로 나타났으나, 작동 압력에 따른 성능 검사에서

구 분	시험 전압(Volt)	비 고
사용 정격 전압 50V 이하	500+사용 정격 전압×2	AC, 60Hz
사용 정격 전압 50V 초과	1,000+사용 정격 전압×2	AC, 60Hz

많은 시험체가 낮은 압력 부분의 작동 상태가 부적합한 것으로 나타나 시험체가 환경 여건에 적응하지 못하고 있음을 보여주고 있다.

나. 작동 압력별 분석

제품의 사용 압력에 따라 6kgf/cm², 10kgf/cm², 30kgf/cm²의 시험체로 분류하여 시험을 실시하였으며 시험체의 각 사용 압력에 따른 적용 시험 압력을 저압, 중압, 고압력으로 나누어 작동 압력을 시험한 결과 고압력 시험에서는 작동 압력의 편차가 적게 나타났으나, 중압, 저압력 시험에서는 작동 압력의 편차가 규정치를 벗어나고 있어 저압력이 될수록 작동 압력의 정도가 낮은 것으로 나타났다.

또한, 제품의 강도 및 환경 여건에 따른 제시험을 실시한 시험체의 경우에도 저압력 시험에서 작동 압력의 편차가 규정치를 벗어나고 있어 저압력에 대한 기술적인 검토가 요구되고 있으며, 제품의 강도 및 환경 여건 변화에 따른 작동 압력의 편차 변화는 거의 없는 것으로 나타났다.

특히, 시험체의 많은 불량률이 작동 압력의 편차와 관계있는 내용으로 나타나 저압력 부분에 대한 작동 편차를 적게 하기 위하여 단자의 스프링, 벨로우즈, 조절나사 등에 대한 기술 검토가 요구되고 있다.

5. 종합 분석

가. 소화 설비의 수입 개폐 장



치 등에 사용되고 있는 압력스위치를 사용 압력 범위에 따라 3개사 7종 각 10개씩 70개의 시험체를 선정하여 시험을 실시한 결과 평균 17.1%의 불량 시험체가 발생하였으며, 2종의 시험체를 제외한 기타 시험체에서 작동 압력 편차에 따른 치명 결점이 있어 제품의 제성능을 다하지 못하고 있는 것으로 나타났다.

나. 특히, 제품의 외형적인 상태를 검사하는 형상 및 구조 검사에 있어서는 각 항목에서 시험기준에 적합한 것으로 나타나 제품의 외형적인 문제점은 없으므로 판정되었으며, 제품의 작동 및 성능에 직접 영향을 미치는 기능 검사의 경우에는 매우 높은 불량률을 보임으로써 제품의 작동 및 기능에 신뢰성을 기대할 수 없는 것으로 나타났다. 또한, 제품의 결함을 나타내는 대부분의 주요인이 저압력 시험 분야의 작동 압력과 관련된 내용이므로 저압력

사용에 따른 제품의 정도를 높일 수 있도록 지속적인 검토와 보안을 통하여 우수한 성능을 갖출 수 있도록 하여야 하겠다.

다. 소화설비에 사용되고 있는 제품의 일부를 임의로 선정하여 시험한 결과 제품의 작동 압력에 따른 제문제점이 나타났으며, 본 내용을 모든 압력스위치에 적용시킬 수는 없으나 본 시험 결과를 통하여 나타난 제문제점을 제조업체와의 지속적인 시험 연구를 통하여 보완할 수 있도록 하여야 하겠다. 특히, 압력스위치의 작동 압력에 따른 작동 편차에 대하여는 심도있는 연구 및 검토를 통하여 모든 제품의 작동 편차를 적게 할 수 있도록 보완되어야 하겠으며, 시험체의 사용량 증가 및 사용 용도의 다변화에 따른 우수한 성능을 갖는 압력 스위치가 활용될 수 있도록 지속적인 시험 연구 및 기술 검토를 아끼지 말아야 하겠다. (㉞)