

소방차용 양면코팅 소방호스의 개발

박준양, 구재현, 백창선, 이효선*, 김영호*
한국소방검정공사, *동해하이테크산업(주)

Development of Single Jacket Fire Hose with a Double-Sided Coating

Joon-Yang Park, Jae-Hyun Ku, Chang-Sun Baek, Hyo-Seon Lee*, Young-Ho Kim*
Korea Fire Equipment Inspection Corporation, *Donghae Hitech Industries co., Ltd

1. 서론

우리나라는 전 국토의 70%가 산림으로 구성되어 있고 산림자원은 수 십조원에 달하고 있으나 매년 발생하는 산불로 인하여 최근 5년간(1998년-2002년, 산림청 통계)산불발생건수는 2,719건, 피해액 800억이라는 국가재산이 크게 감소하고 있는 실정이다.¹⁾

소방호스는 화재시 물을 사용하여 직접적으로 화재를 진압하는 방수기구로서 소화전 또는 소방펌프 방수구 등에 연결하여 소방용수를 송출시켜서 관창을 통하여 방수하기 위한 도관이다. 소방호스는 자켓, 내장재, 피복재의 3가지 기본 요소로 구성된다.¹⁻³⁾

자켓은 소방호스의 내마모성 및 파단압력 성능과 관계되는 섬유제 원통형 직물로서, 천 연섬유 또는 화학섬유로 이루어지는 경사와 위사가 엮어지며 보통 위사의 양이 많을수록 파단압력이 높아지고 경사량이 많을수록 마모 또는 외상에 강하게 된다.

내장재는 소방호스 누수를 방지하기 위하여 소방호스 내부에 삽입하는 재료로서, 일반적으로 고무나 접착제를 혼합한 합성수지(일반적으로 우레탄이 사용됨) 등의 내장재를 자켓내부에 넣고 가열하여 자켓과 서로 접착시키는 기능을 한다.

도장재 또는 피복재는 합성수지 또는 고무로 호스표면을 도장 또는 피복함으로써 자켓의 마모나 열화를 방지할 수 있으며 물의 흡수를 감소시킬 수 기능을 갖는다.

소방호스에 요구되는 성능으로는 일반적으로 경량, 유연성, 취급의 용이성, 내압력 및 내구성 등이 있으며, 강도가 큰 합성섬유로 자켓을 직조하고 가능한 얇고 균일한 내장재를 사용함으로써 소방호스 성능을 만족시킬 수 있다. 또한 표면가공을 함으로서 성능을 더욱 향상시킬 수 있으나, 비용이 증가할 뿐만 아니라 중량이 커지므로 소방활동의 효율성을 저하시키는 원인이 된다.²⁻⁴⁾

기존의 소방호스는 옥내소화전 설비, 옥외소화전 설비등에 사용되는 단일피복(사용압력 7 kg/cm² 사용압력 16 kg/cm² 호칭 40, 65)된 호스와 소방차등의 고압 송수관으로 사용되는

이중피복(사용압력 20 kg/cm² 사용압력 16 kg/cm² 호칭 40, 65)으로 사용규격을 구분할 수 있으며 호스 소재에 따라 고무내장호스, 아마호스, 젖는 호스로 나누어지나 현재 국내에서 생산되고 있는 것은 고무호스가 주종을 이루고 있다.

현재, 소방차용으로 사용되는 소방호스는 일반적으로 사용압 20 kg/cm²의 이중자켓 호스로서, 소방차는 사고 현장에 신속히 도착하여 15m 소방호스를 최단시간에 결합하여 화재를 진화하여야 하나 기존의 소방차용 이중피 소방호스는 중량이 커서 진화요원 한 사람이 단위시간에 연결할 수 있는 소방호스 길이는 짧아지므로 소방활동의 효율이 낮아지는 문제점이 있다. 또한 산불발생시 기존의 제작된 표면을 가진 소방호스는 나뭇가지 등의 이물질에 걸려 소방호스 표면이 빨리 마모되기 때문에 소방호스와 소방용수 이송효율이 저하되는 문제점이 있다.

현재, 국내에서는 양면코팅 소방호스가 유통되고 있으나, 이는 미국등 선진국가로부터 수입된 제품이 사용되고 있는 실정이다. 이는 시제품 개발에 있어서 소방호스 양면코팅 기술 관련 실험적 데이터 부족 및 해석방법이 명확하게 정립되지 않은 점에 기인하는 것으로 분석된다. 따라서, 관련 국내 소방법에 의거하여 충분한 실험데이터 확보 및 분석을 통하여 국내 실정에 적합한 소방차용 양면코팅 소방호스의 시제품 개발이 요구된다.

기존 소방호스의 양면 코팅기술은 1차-내측코팅 및 2차-외측코팅의 두 단계 코팅으로 이루어지나 공정단계 감소 및 공정비 감소를 통한 공정효율 증가를 위하여 소방호스 내외면을 동시에 코팅할 수 있는 양면코팅 소방호스의 기술개발이 필요하다.

따라서, 산불화재를 진압하기 위한 소방차용 소방호스는 호스표면의 마찰강도를 증가시키고 이송시 이물질 등에 대한 저항력을 감소시킬 수 있는 성능을 가지면서, 단일자켓으로 내장재와 피복재를 동시에 압출 및 코팅공정을 통하여 설계, 제작된 소방차용 양면코팅 소방호스의 성능을 국내 소방법령에 근거하여 실험적으로 분석하였다.

2. 실험 조건

본 연구에서 개발된 소방차용 양면코팅 소방호스 시제품의 성능을 공식적으로 인정받기 위하여 우선적으로 소방법 제50조제3항 및 동법시행령 제36조 규정에 의한 “소방호스의형식승인및검정기술기준 (KOFEIS 0601)”을 만족하는 성능을 가져야 한다.^{5,6)} 따라서 개발품의 성능시험은 KOFEIS 0601 기준에 의거하여 실시한다.

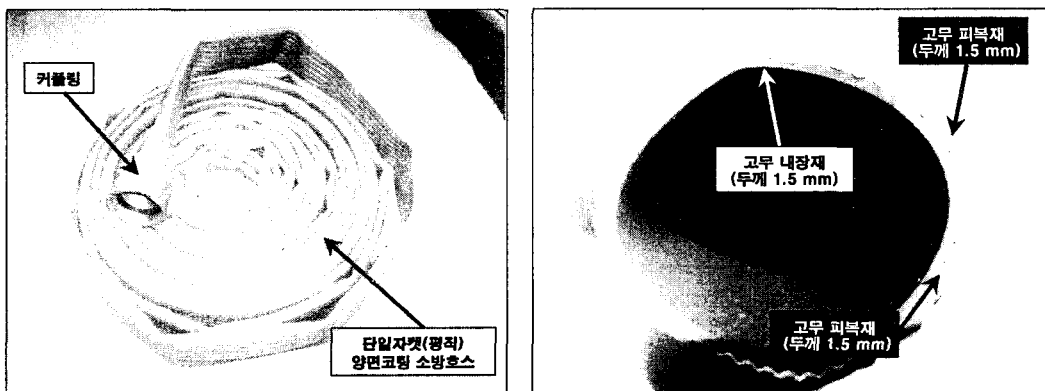
표 1은 본 연구 개발품인 호칭 40, 사용압 20 kg/cm²의 소방차용 양면코팅 소방호스 성능시험 조건을 나타낸 것으로, 신장율 ≥ 420 %, 파단압 ≥ 55 kg/cm², 비틀림 ≤ 200 °/m, 비뚤어짐 (휨) ≤ 750 mm, 내마모성 ≥ 100 회, 밀착강도 ≥ 5 kg의 조건하에서 개발품의 성능시험을 실시한다.

표 1. 소방차용 양면코팅 소방호스 개발품의 성능시험 조건

항 목	시험 조건
성능시험 시료	소방차용 양면코팅 소방호스 개발품
자켓 형식	단일 자켓
사용압 (호칭)	20 kg/cm ² (40)
길이	15 m
신장율	≥ 420 %
과단압	≥ 55 kg/cm ²
비틀림	비틀림 ≤ 200 °/m
비뚤어짐 (휨)	비뚤어짐 (휨) ≤ 750 mm
내마모성	내마모성 ≥ 100회
밀착강도	≥ 5 kg

3. 실험방법 및 실험결과

그림 1과 그림 2는 각각 소방차용 양면코팅 소방호스 개발품의 전체모습과 단면모습을 보여주는 그림으로서, 전체적으로 소방호스 부분과 커플링 부분으로 구성되며 소방호스 부분은 자켓, 피복재, 내장재의 3가지로 구성된다. 자켓은 단일 자켓 (Single Jacket)으로 타이어코드사 (N66 1260D)의 원사를 사용하여 평직으로 직조되었으며, 두께 0.9 mm, 43.75 mm의 내경을 갖는 구조를 갖는다. 피복재와 내장재로 사용된 고무재질 (진영테크, SE-50AN)은 비중 0.90 g/cc, 두께 1.5 mm의 구조를 가지고 자켓 내면과 외면으로 동시에 피복되면서 제작공정이 이루어진다.



(a) 개발품 전체모습

(b) 개발품 단면 모습

그림 1. 소방차용 양면코팅 소방호스 개발품

본 연구에서는 개발품과 기존 소방차용 이중자켓 소방호스에 대하여 인장강도, 신장율, 중량, 시험압력, 파단압, 신장, 비틀림, 비틀어짐 (휨), 내마모성, 밀착강도의 소방호스 주요 성능에 대하여 실험적으로 비교 및 분석하고자 한다.

인장강도 및 신장율 시험은 KOFEIS 0601 기준 제8조에 근거하여 KS M 6518 (가황 고무 물리시험방법)에 의하여 실시된다. 호스로부터 내장재와 피복재로 사용된 고무를 가능한 고무에 긴장을 주지 않도록 떼어내어 아령형 3호 시험편을 채취하고 표면을 연마기로 평활하게 다듬질하여 표선거리 (L0)내의 최소고무 두께를 측정기를 사용하여 0.01 mm까지 측정 후 인장강도 시험기에 부착한다. 500±25 mm/min의 속도로 인장하여 파단시에 이르기까지의 최대하중(F)을 0.1 kg까지, 파단시의 표선거리 (L)를 1 mm까지 측정하고 다음식에 의하여 계산한다.

$$\text{인장강도} = \frac{F}{A} \quad [\text{kgf/cm}^2]$$

$$\text{신장율} = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100 \quad [\%]$$

여기서, F는 최대하중 [kgf], A는 단면적 [cm²]이다. 인장강도 시험의 경우 노화시험 전 후의 값을 산출하며, 아령형 3호 시험편을 온도 70±1 °C의 공기가열 노화시험기에 96시간 방치한 후 시험편을 꺼내어 상온에서 24시간 방치한 다음 상기의 인장강도 시험과 동일한 방법으로 시험을 실시한다. 노화전의 신장율 기준은 420 % 이상, 인장강도는 130 kgf/cm²이어야 하고, 노화후의 인장강도는 78 kgf/cm², 이상이어야 한다. 개발품의 경우, 양면코팅 소방호스의 내장재와 피복재로 사용된 고무의 신장율은 704 %로 측정되었으며 노화전 인장강도는 150 kgf/cm², 노화후 인장강도는 119 kgf/cm²로 측정되었으므로 기준을 만족하는 성능을 가진다.

중량 시험은 KOFEIS 0601 기준 제12조에 근거하여 사용압 20 kgf/cm², 호칭 40의 경우 완전히 건조한 상태에서 350 g/m의 중량이하이어야 하며, 개발품의 경우 320 kg/m 이므로 기준을 만족함을 알 수 있다.

시험압력 시험은 KOFEIS 0601 기준 제13조에 근거하여 실시되며, 사용압 20 kgf/cm²의 소방용 고무내장호스의 경우 시험압력은 호스를 끈게 한 경우 40 kgf/cm², 호스를 구부린 경우 28 kgf/cm²의 수압에 5분간 견디어서 이상유무가 나타나지 않았으므로 기준을 만족함을 알 수 있다. 파단압시험은 KOFEIS 0601 기준 제13조에 근거하여 길이 3 m정도의 호스를 끈게한 상태에서 호스가 파단될 때까지 수압을 매분 1.5 kgf/cm² 정도의 비율로 가하며 파단압을 측정하였으며, 측정결과 파단압은 83 kgf/cm²으로 측정되었다.

신장 시험은 KOFEIS 0601 기준 제14조에 근거하여 사용압 20 kgf/cm²을 가하는 경우 1 kgf/cm²의 수압에서 측정한 호스길이를 기준으로 하여 10퍼센트 이하이어야 한다. 개발품의 신장시험 실시결과, 1 kgf/cm²의 수압을 가한 후의 측정길이 15.19 m에서 사용압 20 kgf/cm²을 가한 후의 측정길이가 15.19 m로 증가하였으므로 2.6 % 신장증가 하였으므로 기준을 충분히 만족하였다.

비틀림 시험은 KOFEIS 0601 기준 제15조에 근거하여 사용압 20 kgf/cm², 호칭 40 소방용 고무내장호스의 비틀림은 오른쪽 방향의 것이어야 하며 사용압을 가하는 경우 호스의

비틀림이 200°/m이하이어야 한다. 신장검사 후 끝부분의 비틀림 회수 N을 1/4회까지 측정하고 1 m 당의 비틀림 각도 (a)를 다음 식에 의하여 계산하며, 소수점 이하는 버린다.

$$\text{비틀림 각도 (a)} = \frac{N}{L_0} \times 360 \text{ [°/m]}$$

여기서, N은 회전수, L0는 호스의 전장 (m)이다. 그림 2는 소방차용 양면코팅 소방호스 개발품의 압력에 따른 비틀림 측정결과로서, 사용압을 가한 후 비틀림은 83.3°/m로 측정되었으며 이는 기준을 충분히 만족하는 성능을 가지고 있음을 파악할 수 있다.

비뚤어짐 (휨) 시험은 KOFEIS 0601 기준 제16조에 근거하여 사용압 20 kg/cm²의 사용압을 가하는 경우 호스의 비뚤어짐이 1 kg/cm²의 수압을 가한 상태의 호스를 기준으로 하여 750 mm이하이어야 한다. 그림 3은 소방차용 양면코팅 소방호스 개발품의 압력에 따른 비뚤어짐 (휨) 측정결과로서, 개발품의 경우, 비틀림 검사 후 호스의 중심선 (호스의 길이 방향)과의 거리를 최대지름 1 mm까지 측정한 결과 170 mm로 나타났으며 이는 기준을 충분히 만족함을 알 수 있다.

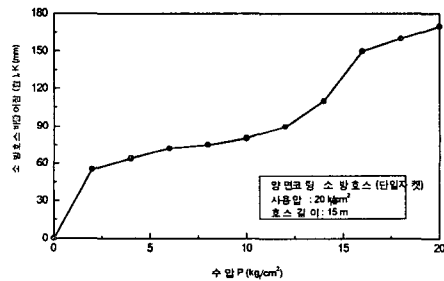
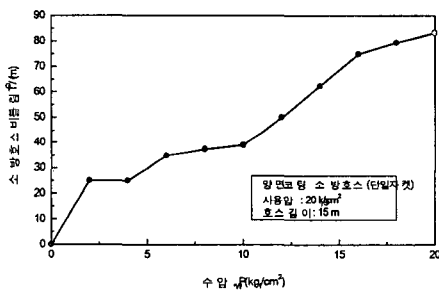


그림 2. 소방차용 양면코팅 소방호스 개발 품의 압력에 따른 비틀림 측정결과
 그림 3. 소방차용 양면코팅 소방호스 개발 품의 압력에 따른 비뚤어짐 (휨) 측정 결과

내마모성 시험은 KOFEIS 0601 기준 제16조에 근거하여 호스의 내압 5킬로그램/제곱센티미터의 수압, 마찰면 곡률반경 150밀리미터 구부린 면에 KS L 6004(내수연마지)의 연마재 입도가 100번의 것을 부착한 것, 마찰판의 하중 1 kg, 마찰판의 진동방향 호스의 마찰면과 45°, 마찰판의 전진폭 200 mm, 마찰판의 진동수 20 cycle/min의 시험조건에서 사용압 20 kg/cm²의 소방호스의 경우 80회의 마찰을 견디어야 한다. 개발품의 경우, 시료에서 누수가 있는 회수를 측정한 결과 270회의 마찰을 견디는 성능을 나타내어 개발품의 내마모성은 기준을 만족하고 있다.

밀착강도 시험은 KOFEIS 0601 기준 제9조 및 제10조에 근거하여 호스에서 직사각형의 시험편 (폭 38 mm, 길이 100 mm)을 세로방향, 가로방향으로 각각 채취한 후 시험편을 박리시험기에 부착한 후 50±2.5 mm/min의 속도로 박리시켜서 박리하중을 측정하여 박리하중이 4.5 kg이상이어야 한다. 개발품의 경우 9.8 kg의 박리하중이 측정되었으며, 결과적으로 제품의 밀착강도 성능은 기준을 충분히 만족하고 있음을 파악할 수 있다.

그림 4는 소방차용 양면코팅 소방호스 개발품에 대하여 내압시험기를 사용하여 시험압력, 신장, 비틀림, 비뚤어짐(휨)의 성능 시험하는 모습의 사진이다.

그림 5는 소방차용 양면코팅 소방호스 개발품에 대하여 내마모성 시험기를 사용하여 내마모성을 시험하는 모습의 사진이다.

표 2는 소방차용 양면코팅 소방호스 개발품에 대하여 기존의 소방차용 이중자켓 소방호스 및 미국 소방호스 전문업체인 A사의 소방호스의 성능을 비교한 것이다. 3가지 시료 모두 호칭 40, 사용압 20 kg/cm²의 소방차용 소방호스로서 개발품은 단일 자켓, 고무 내장재와 피복재를 가지며, 기존의 소방차용 소방호스는 이중자켓, 우레탄 내장재를 갖는다. 미국 A사의 제품은 본 연구 개발품과 동일한 구조를 갖는 단일 자켓, 고무 내장재와 피복재로 구성되는 양면코팅 소방호스이다. 개발품은 국내 소방법령 “소방호스의형식승인및

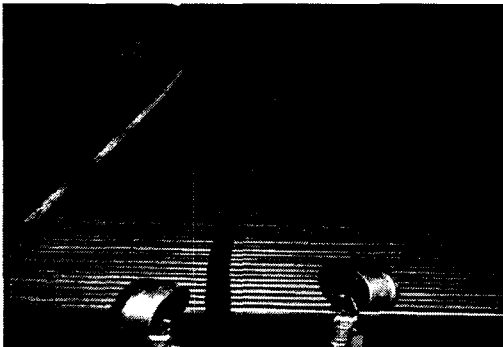


그림 4. 소방차용 양면코팅 소방호스 개발품의 시험압력, 신장, 비틀림, 비뚤어짐(휨) 성능 시험 모습

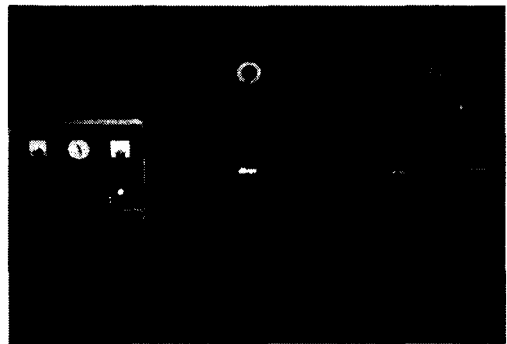


그림 5. 소방차용 양면코팅 소방호스 개발품의 내마모성 성능시험 모습

표 2. 소방차용 양면코팅 소방호스 개발품의 시험성능 분석결과

소방호스		소방차용 양면코팅 소방호스 개발품	기존 소방차용 이중자켓 소방호스	미국 A사의 소방차용 양면코팅 소방호스	비교 (소방법령 기준)
시험성능	노화전	150	556	136	≥130
	노화후	119	521	101	≥78
신장율 (%)		740	402	480	≥420
중량 (g/m)		320	198	329	≤350
시험압력 (kg/cm ²)		40 (5분간)	40 (5분간)	40 (5분간)	40 (5분간)
파단압 (kg/cm ²)		83	73	58	-
신장 (%)		2.6	2.2	2.7	≤10
비틀림 (°/m)		83.3	77.7	53	≤200
비뚤어짐(휨) (mm)		170	155	213	≤750
내마모성 (회)		270	240	260	≥80
밀착강도 (kg)		10.6	6.7	11.7	≥4.5

검정기술기준(KOFEIS 0601)”을 모두 만족하므로 제품화를 위한 제반 성능을 가지고 있음을 분석하였다. 개발품과 기존의 소방차용 이중자켓 소방호스의 성능 비교 결과, 구조 및 재질적 특성에 따라 신장율, 파단압, 비뚤어짐, 밀착강도 시험성능에서 우수한 결과를 보여주고 있다. 또한 개발품과 미국 A사의 소방차용 양면코팅 소방호스의 성능 비교결과, 전반적으로 유사한 성능을 보여주고 있음을 파악할 수 있다.

4. 결론

본 연구는 소방차용 양면코팅 소방호스의 개발에 관한 실험적 연구로서, 호칭 40, 사용압 20 kg/cm²의 단일자켓 양면코팅 소방호스를 설계 및 제작하여 국내 소방법령 “소방호스의형식승인및검정기술기준 (KOFEIS 0601)”에 근거하여 인장강도, 신장율, 중량, 시험압력, 파단압, 신장, 비틀림, 비뚤어짐 (휨), 내마모성, 밀착강도의 시험 성능에 대하여 실험적으로 분석하였다. 소방차용 양면코팅 소방호스 개발품은 국내 소방법령 기준을 모두 만족하였으며, 제품화를 위한 제반 성능을 가지고 있음을 분석하였다. 또한, 개발품 성능을 국내외 기존의 소방호스 성능과 비교, 분석한 결과, 주요 시험항목에서 유사한 성능을 보여 주었다. 양면코팅 소방호스 개발품의 생산공정에 있어서 기존의 소방차용 소방호스는 내장재와 피복재 공정이 각각의 단계별로 이루어지고 있으나, 개발품은 내장재와 피복재 공정이 동시에 이루어질 수 있는 공정기술개발로 인하여 비용절감과 함께 공정효율을 비교적 크게 향상시킬 수 있다.

본 연구결과는 기존에 국외기술에 의존하였던 양면코팅 소방호스의 기초 설계자료 데이터베이스화를 통하여 국내 소방법령 기준에 부합되는 제품 성능 향상에 기여하리라 판단된다.

5. 감사의 글

본 논문은 2003년도 중소기업청 지원의 산·학·연 공동기술개발 컨소시엄사업을 통하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

6. 참고문헌

1. 사공성호, 백창선, 구재현, 김형권, 조남형, 남준석, 이수경, 김완섭, 소방호스의 실태 조사 및 성능평가에 관한 연구, 연구보고서, 한국소방기구공업협동조합, 2002
2. Haessler, W. M., Fire Fundamentals and Control, MARCEL DEKKER, Inc., 1989
3. 김준배, 백창선, 김학진, “소방호스 밀착강도시험방법에 관한 연구”, 한국화재·소방학회지, Vol. 1, pp. 66~74, 2001
4. Babrauskas, V. & S. J. Grayson, Heat Release in Fire, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS LTD, 1992
5. 한국소방검정공사, 소방호스의형식승인및검정기술기준 (KOFEIS 0601), 1999
6. 행정자치부, 소화설비 기술자료집 (가스계 및 포소화설비), 행정자치부 예방과, 2001