인명구조용 소방대원 근력 지원장치의 단위시험 평가

Unit Test of Power Assist Device for Firemen to Rescue Humans

이선민*

Lee, Seonmin*

Abstract

Damage caused by disasters is growing rapidly worldwide. Further, it is becoming increasingly difficult to cope with such damage using the personnel of firefighters only. Hence, research and development of disaster robots is being pursued actively as a new alternative. This project deals with the development of an unrestricted firefighting power assist device with lifting performance within the fire safety and 119 rescue and emergency technology development project. The purpose of this study is to define the structure and application sites of the power assist device and to evaluate its on-site capabilities under dust, water, high temperature, and low temperature environments that are observed in real disaster sites. Through such environmental tests for each unit, it was possible to minimize the errors that could occur before integrating the parts of the device. In addition, the stability of the device's performance under different environments was confirmed.

Key words : Unit Test, Power Assist Device, Fireman, Relief Work

요 지

전 세계적으로 재난에 의한 피해가 급격히 증가하고 있으며, 소방대원의 인력만으로 대처하기 어려운 실정이다. 이에 따라 새로운 대안으로 재난 로봇에 대한 연구개발이 활발하게 이루어지고 있다. 본 과제는 “소방안전 및 119구조·구급기술연구개발사업”의 지원으로 리프팅 성능을 보유한 운동 비제한 소방 근력 지원장치를 개발 중이다. 본 연구에서는 근력 지원장치의 구조 및 적용현장을 정의하고, 실제 재난 환경에서 발생 가능한 분진, 물, 고온 및 저온 환경에서의 시험을 통해 현장적용성을 평가하였다. 이러한 단위제품별 환경시험을 통해 부품 통합 전 발생 가능한 오류를 최소화 할 수 있었으며, 여러 환경에서의 안정적인 성능 구현여부를 확인할 수 있었다.

핵심용어 : 단위시험, 근력 지원장치, 소방대원, 구조활동

1. 서 론

최근 기술의 발전에 힘입어 거주, 상업, 교통, 제조 시설 등의 고도화로 전 세계적으로 재난에 의한 재산 및 인명의 피해가 급격히 증가하고 있으며, 소방대원의 인력만으로 대처하기 매우 어려운 실정이다. 이에 따라 새로운 대안으로 거론되고 있는 재난 로봇이나 소방대원의 활동을 지원하는 연구개발이 활발히 이루어지고 있다(Kim and Kim, 2014).

기존 구조장치는 절단, 전개, 양중 등의 목적에 따라 구별되어 특정 작업만을 지원하고 있으며, 무거운 여러 장치를

동시에 운반하기 어렵다. 또한, 전개기의 경우 좁은 틈을 전개기를 사용하여 50 cm 이상의 틈이 생기게 한 후 램 장치를 추가 사용하여 양중 및 전개해야 하므로 신속한 작업 수행이 어렵다(Yu, 2015).

이처럼 현존하는 구조장치는 각각이 하나의 기능만을 수행하므로 동시에 여러 가지 기능을 필요로 하는 소방대원에게는 가볍고 다기능을 구현할 수 있는 확장 툴 기술이 필요하다(Yu, 2015).

이에 따라 소방안전 및 119구조·구급기술연구개발사업의 지원으로 “인명구조용 소방대원 근력 지원장치 개발

*교신저자, 정회원, 한국건설생활환경시험연구원 산업융합기술센터 주임연구원(Tel: +82-2-2102-2733, Fax: +82-2-6928-6566, E-mail: seonmin90@kcl.re.kr)
Corresponding Author, Member, Associate Research Engineer, Industry Convergence Technology Center, Korea Conformity Laboratories

(2015~ 2018)” 과제를 수행 중에 있으며, 이를 통해 리프팅 성능(양중하중 100 kg 이상, 양중높이 1 m 이상, 양중거리 60 cm 이상, 양중속도 0.2 m/s 이상)을 만족하는 운동 비제한 소방 근력 지원장치를 개발 중이다(Yu, 2015).

본 연구는 근력 지원장치의 적용 환경 정의 및 요구성능을 화재현장, 붕괴현장, 기타현장에 따라 분류하였고, 인명구조용 소방대원 근력 지원장치의 단위제품별 환경시험(NFPA 1936, 2015; BS EN 13204, 2016)(방수 및 방진시험, 내열 및 내한시험)의 시험방법 및 시험결과 자료를 제시하였다. 단위제품은 주 제어기, 관절 모듈 센서 신호처리보드 및 케이스, 조작기, 전장부 조립체, 배터리에 대해 진행하였고 이러한 시험은 부품 통합 시험 전 발생 가능한 오류를 최소화하기 위함에 목적이 있다.

2. 본 론

2.1 근력 지원장치의 구조

근력지원장치의 구조는 Fig. 1과 같이 서보밸브 조립체(기구부), 유압구동모듈, 전장부 조립체, 지지장치, 조작장치, 배터리조립체, 다기능 그리퍼로 구성되어 있다.

Fig. 1. Structure of Power-assisted Devices for Rescue

근력지원장치의 조작부에 하중을 가하면 하중이 가해진 방향으로 장치의 관절이 움직이고, 하중이 제거될 경우 마치 막으로 움직였던 자세가 유지된다. 몸체하우징 하단의 접이 및 길이조절이 가능한 3개의 다리를 가지며, 안정적인 근력 지원 작업을 위한 지지면적 확보를 위하여 3개의 다리 길이가 개별적으로 확장이 가능한 구조이다(Yu, 2015).

2.2 근력 지원장치의 적용 현장

2.2.1 화재현장

화재현장은 수압이 약한 1인 운용 관창으로 화재진압이

요구되는 현장이나 불길과 장치가 일정거리를 유지한 채 운용되는 현장을 의미한다(Lee et al., 2016). 이때 소방대원 근력 지원장치는 관창을 거치하여 자세유지가 가능해야 하며, 관창의 방수 각도를 조절하고 유지할 수 있는 매커니즘을 보유해야 한다. 또한 방수압을 전달 수 있는 지지능력이 요구된다.

2.2.2 붕괴현장

붕괴현장은 터널 붕괴 및 교통사고, 빌딩 붕괴, 지진, 지하철 및 하수도 사고 현장 같은 차량 접근이 어려운 현장, 인력보다 더 큰 힘이 요구되는 현장을 의미한다(Lee et al., 2016). 이때 소방대원 근력 지원장치는 100 kg 수준의 구조물을 운반 가능해야 하며, 대상물을 절단하고 전개하는 기능이 요구된다.

2.2.3 기타현장

기타현장은 화재현장, 붕괴현장 외 기존 유압장치와 연동하여 사용할 수 있는 현장을 의미한다(Lee et al., 2016). 유압장치를 대체하는 개념이 아닌 유압장치 사용을 보조해주는 개념을 뜻한다. 이때 소방대원 근력 지원장치는 기존 유압장치를 거치 및 장착 가능해야 하며, 유압장치의 작업 환경을 만족해야 한다.

2.3 근력 지원장치의 환경시험 방법

2.3.1 내열성능 시험

포장환경시험기 내 온도가 KS A 0006에 규정한 상온 상태에서, 제품을 챔버에 넣은 후 챔버의 온도를 1시간동안 서서히 올려 $(49 \pm 2)^\circ\text{C}$ 의 온도에서, 6시간동안 고온상태를 유지한 후 전원을 인가하여 점등 유무를 확인한다(KS C IEC 60068-3-1, 2017).

2.3.2 내한성능 시험

포장환경시험기 내 온도가 KS A 0006에 규정한 상온 상태에서, 제품을 챔버에 넣은 후 챔버의 온도를 1시간동안 서서히 내려 $(-20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 의 온도에서, 6시간동안 저온상태를 유지한 후 전원을 인가하여 점등 유무를 확인하였다(KS C IEC 60068-3-1, 2017).

2.3.3 방진 시험

근력 지원장치에 사용되는 제품은 IP4X 등급이상 방진성능이 요구된다. KS C IEC 60529(외곽의 방진 및 보호 및 방수보호등급(IP코드))에 따라 방진성능시험을 실시하며 IP4X 등급은 지름이 1.0 mm인 분진 검사용 프로브가 조금도 통과하지 않아야 한다.

IP5X 이상 등급이 요구되는 경우의 방진 시험은 방수방진(IP)시험기를 이용하여 시험을 수행하고, 방진성능시험을

실시하여 1시간 경과 후 안전을 해치지 않는 정도의 먼지투입 여부를 확인한다(KS C IEC 60529, 2017).

2.3.4 방수 시험

근력 지원장치에 사용되는 제품은 IPX4 등급이상 방수 성능이 요구된다. KS C IEC 60529(외곽의 방진 및 보호 및 방수보호등급(IP코드)에 따라 IPX4 등급의 방수시험을 실시하였다. IP4X 등급의 방수시험은 평형추가 달린 차폐판을 분무 노즐에서 뺀 상태에서 외곽에 대해 모든 실행 가능한 방향으로 분무 되도록 한다. 시험 시간은 산출된 외곽 표면적(설치한 표면적 제외) 1 m² 당 1분으로 하며, 최소 시간은 5분이다(KS C IEC 60529, 2017).

2.4 근력 지원장치의 환경시험 결과

2.4.1 주제어기

2.4.1.1 내열성능 시험

(49 ± 2) °C의 온도에서 6시간 유지 후 24 v의 전원을 인가하여 점등 유무를 확인하였다.

내열시험 결과 주제어기의 작동에 이상이 없었으며 보드의 표면에 부풀음, 박리, 균열 등이 발생하지 않았다(Fig. 2).

Fig. 2. Heat Resistance Test

2.4.1.2 내한성능 시험

(-20 ± 2) °C의 온도에서 6시간 유지 후 24 v의 전원을 인가하여 점등 유무를 확인하였다.

내한시험 결과 주제어기의 작동에 이상이 없었으며 보드의 표면에 부풀음, 박리, 균열 등이 발생하지 않았다(Fig. 3).

Fig. 3. Cold Test

2.4.2 관절 모듈 센서 신호처리보드 케이스

2.4.2.1 내열성능 시험

(49 ± 2) °C의 온도에서 6시간 유지 후 5 v의 전원을 인가하여 점등 유무를 확인하였다.

내열시험 결과 관절 모듈 센서 신호처리보드의 작동에 이상이 없었으며 보드의 표면에 부풀음, 박리, 균열 등이 발생하지 않았다(Fig. 4).

Fig. 4. Heat Resistance Test

2.4.2.2 내한성능 시험

(-20 ± 2) °C의 온도에서 6시간 유지 후 5 v의 전원을 인가하여 점등 유무를 확인하였다.

내한시험 결과 관절 모듈 센서 신호처리보드의 작동에 이상이 없었으며 보드의 표면에 부풀음, 박리, 균열 등이 발생하지 않았다(Fig. 5).

Fig. 5. Cold Resistance Test

2.4.2.3 방진 시험

IP5X 등급에 대한 방진시험 결과 관절 모듈 센서 신호처리 보드의 케이스에 먼지가 통과되지 않았다(Fig. 6).

Fig. 6. Dustproof Test (IP5X)

2.4.2.4 방수 시험

IP4X 등급에 대한 방수시험 결과 관절 모듈 센서 신호처리 보드의 케이스에 물이 침투되지 않았다.

2.4.3 조작기

2.4.3.1 내열성능 시험

(49 ± 2) °C의 온도에서 6시간 유지 후 5 v의 전원을 인가하여 점등 유무를 확인하였다.

내열시험 결과 조작기의 작동에 이상이 없었으며 보드의 표면에 부풀음, 박리, 균열 등이 발생하지 않았다(Fig. 7).

Fig. 7. Heat Resistance Test

2.4.3.2 내한성능 시험

(-20 ± 2) °C의 온도에서 6시간 유지 후 5 v의 전원을 인가하여 점등 유무를 확인하였다.

내한시험 결과 조작기의 작동에 이상이 없었으며 보드의 표면에 부풀음, 박리, 균열 등이 발생하지 않았다(Fig. 8).

Fig. 8. Cold Resistance Test

2.4.3.3 방진 시험

IP5X 등급에 대한 방진시험 결과 조작기에 먼지가 통과되지 않았다(Fig. 9).

Fig. 9. Dustproof Test (IP5X)

2.4.3.4 방수 시험

IP4X 등급에 대한 방수시험 결과 조작기에 물이 침투되는 현상을 발견하였다. 물의 유입을 막기위해 오링을 추가하였

고, 틈이 발생한 고무 마개를 교체하였다. 보완된 시료에 대하여 재시험을 실시한 결과 물이 침투되지 않았다(Figs. 10 and 11).

Fig. 10. 1st Waterproof Test (IPX4) (Fail)

Fig. 11. 2nd Waterproof Test (IPX4)

2.4.4 전장부 조립체

2.4.4.1 방진 시험

IP4X 등급에 대한 방진시험 결과 지름이 1.0 mm인 분진 검사용 프로브가 조금도 통과하지 않았다(Fig. 12).

Fig. 12. Dustproof Test (IP4X)

IP5X 등급에 대한 방진시험 결과 방진성능시험 실시하여 1시간 경과 후 전장부 조립체에 먼지가 통과되지 않았다 (Fig. 13).

Fig. 13. Dustproof Test (IP5X)

2.4.4.2 방수 시험

IP4X 등급에 대한 방수시험 결과 전장부 조립체에 물이

침투되지 않았다(Fig. 14).

Fig. 14. Waterproof Test (IPX4)

2.4.5 배터리

2.4.5.1 방진 시험

IP4X 등급에 대한 방진시험 결과 지름이 1.0 mm인 분진 검사용 프로브가 조금도 통과하지 않았다(Fig. 15).

Fig. 15. Dustproof Test (IP4X)

IP5X 등급에 대한 방진시험 결과 방진성능시험 실시하여 1시간 경과 후 배터리 내부에 먼지가 통과되지 않았다(Fig. 16).

Fig. 16. Dustproof Test (IP5X)

2.4.5.2 방수 시험

IPX4 등급에 대한 방수시험 결과 배터리 내부에 물이 침투되지 않았다(Fig. 17).

Fig. 17. Waterproof Test (IPX4)

3. 결 론

본 연구에서는 인명구조용 소방대원 근력 지원장치의 적용 환경을 화재현장, 붕괴현장, 기타현장으로 분류하여 이 같은 환경에서 요구되는 내열성능, 내한성능, 방진성능, 방수성능 시험방법을 제시하고 제시한 방법에 따라 단위시험을 진행하였다. 본 연구를 통하여 다음과 같은 결론이 도출되었다.

첫째, 주제어기, 관절 모듈 센서 신호처리보드 및 케이스, 조작기, 전장부 조립체, 배터리에 대한 환경시험을 진행함으로써 근력 지원장치가 추후 진행될 통합 시험 전 발생가능한 오류를 최소화 할 수 있었다.

둘째, 근력 지원장치 단위제품의 내열성능($(49 \pm 2)^\circ\text{C}$, 6시간), 내한성능($(-20 \pm 2)^\circ\text{C}$, 6시간), 방진성능(IP4X 등급 이상), 방수성능(IPX4 등급 이상)을 확인하였다.

셋째, 조작기에서의 IP4X 등급에 방수시험 결과 물이 침투되는 현상을 발견하였고, 이를 보완하여 재시험한 결과 물이 침투되지 않았다.

국내외 논문 및 시험 표준에 대한 시험 방법을 비교한 결과 장비의 기능 및 성능 확인을 위한 항목이 대부분이었으며, 따라서 본 연구에서는 실제 재난 환경에서 발생 가능한 분진, 물, 고온 및 저온 환경에서의 시험을 통해 현장 적용성을 평가하였다.

이에 따라 재난 현장의 열악한 환경에서 사용되는 장치의 성능에 대한 시험평가 방법으로 본 연구에서 제안한 환경성능 시험방법은 장치의 안정적인 성능 구현여부를 평가하는데 실용적으로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

이에 더 나아가 화재현장, 붕괴현장, 기타현장 등 재난 상황을 구현한 현장에서의 실증시험을 계획 중이며, 비정형 구조물 양중시험, 소방관창을 연결한 방수 시험을 수행할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 국민안전처 소방안전 및 119구조·구급 기술연구개발사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

- BS EN 13204. (2016). *Double acting hydraulic rescue tools for fire and rescue service use - Safety and performance requirements*. British Standard Institution.
- Kim, Y.S., and Kim, D.Y. (2014). Study on the establishment of an efficient disaster emergency communication system focused on the site. *Journal of the Korean Society of Disaster Information*, Vol. 10, No. 4, pp. 518-527.

KS C IEC 60068-3-1. (2017). *Environmental testing – Part 3-1: Supporting documentation and guidance – Cold and dry heat tests*. Korean Agency for Technology and Standards.

KS C IEC 60529. (2017). *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*. Korean Agency for Technology and Standards.

Lee, M.S., Park, C., Kim, J.G., and Lee, D.E. (2016). Analysis of the disaster sites using power-assisted devices for rescue. *Journal of the Korean Society of Disaster Information*, Vol. 12, No. 3, pp. 273-278.

NFPA 1936. (2015). *Standard on powered rescue tools*.

National Fire Protection Association. pp. 30-44.

Yu, J.G. (2015). *Development of a power-assisted device for a fireman to rescue humans* (1st step: Lifting). The Fire Fighting Safety & 119 rescue Technology Research and Development Program's Research and Development plan, pp. 8-17.

Received	October 2, 2018
Revised	October 5, 2018
Accepted	October 26, 2018