

인명구조용 소방대원 근력지원장치의 양중성능 및 내환경 시험 방법

The test methods of Lifting performance and Environmental resistance tests using power assist device for a fireman to rescue humans

Minsu Lee^{a,1}, Chan Park^{a,*}, Seonmin Lee^{a,2}, Dongeun Lee^{a,3}

^a *Industry Convergence Technology Center, Korea Conformity Laboratories, 199 Casan digital 1-ro, Geuncheon-gu, Seoul, 08503, Republic of Korea*

ABSTRACT

As the damage caused by disasters increases rapidly around the world, it is necessary to develop the technology for equipment to reduce human injury. Therefore in the support of fire safety and 119 rescue and rescue technology research and development project, in the "Development of a power assist device for a fireman to rescue humans(2015 ~ 2018)" for life saving restoration, we are developing equipment that satisfies the lifting performance considering the disaster environment and the disaster response scenario(Amount of load over 100 kg, height of over 1 m, height over middle 60 cm, speed over 0.2 m/s). In this study, we propose a lifting performance and environmental test method to evaluate the usefulness of the power-assisted device and analyze and verify detailed specifications of the device through dynamics analysis of the lifting performance test. This study suggests that the proposed test method can be applied practically to evaluate whether a stable performance of a power-assisted device is achieved.

KEYWORDS

human injury
power-assisted device
lifting performance
environmental test
test method

전세계적으로 재난에 의한 피해가 급증하면서 인명피해를 줄이기 위한 장비에 대한 기술 개발이 필요한 실정이다. 이에 소방안전 및 119구조·구급기술연구개발사업의 지원으로 “인명구조용 소방대원 근력지원장치 개발(2015 ~ 2018)” 과제를 통하여 재난환경 및 재난 대응 시나리오를 고려한 리프팅 성능(양중하중 100 kg 이상, 양중높이 1 m 이상, 양중거리 60 cm 이상, 양중속도 0.2 m/s 이상)을 만족하는 장비를 개발 중에 있다. 본 연구는 장치의 유용성을 판단하기 위해 양중성능 및 내환경 시험법을 제안하였고, 양중성능시험의 동역학 해석을 통해 근력지원장치의 상세사양을 분석 및 검증하였다. 본 연구를 통하여 제안한 시험 방법은 근력지원장치의 안정적인 성능 구현여부를 평가하는데 실용적으로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

인명구조
근력지원장치
양중성능
내환경시험
시험방법

© 2017 Society of Disaster Information All rights reserved

* Corresponding author. Tel. 82-02-2102-2585. Fax. 82-02-856-5636.

Email. njmandoo@kcl.re.kr

1 Tel. 82-02-2102-2581. Email. 93mslee@kcl.re.kr

2 Tel. 82-02-2102-2733. Email. seonmin90@kcl.re.kr

3 Tel. 82-02-2102-2582. Email. dongeun@kcl.re.kr

ARTICLE HISTORY

Received Aug. 11, 2017

Revised Aug. 18, 2017

Accepted Sep. 17, 2017

1. 서론

전세계적으로 재난에 의한 피해가 급격히 증가하고 있는 추세이며, 국내의 경우 1960년대 1.7조원에서 2005년 18.2조원으로 약 16배 증가하였고, 전세계적으로 1960년대 87.5조원에서 2005년 575.5조원으로 약 5.6배 증가하였다. 이 같은 인명피해를 줄이기 위해서는 신속하고 적절한 구조 활동이 이뤄져야하며, 화재 현장에서는 화염과 농연 속에서 붕괴 및 파손으로 인한 장애물을 신속하게 제거하고 안전하게 인명을 구조할 수 있는 골든타임 확보가 중요하다.

그러나 기존의 장비를 활용하여 소방대원이 구조 활동을 하는 경우 적절한 구조 활동을 전개하기 어려운 경우가 있어 소방대원의 인명구조, 구급, 수습 등 전반적인 작업에 적용이 가능할 수 있는 다자유도 장비에 대한 연구 및 기술개발이 필요한 실정이다. 특히 협소한 공간에 매몰되거나 갇혀있는 요구조자의 구조에 있어, 골든타임을 사수하기 위해서는 하나의 장비로 절단, 전개, 장애물 제거, 인명구조 견인, 장비 연동 및 소방호수 견착 등의 작업들을 신속하게 수행할 수 있는 장비의 개발이 필요하다. 이에 하나의 장비로 여러 가지 기능구현이 가능한 인명구조용 소방대원 근력지원 장치가 개발되면 기존 장비의 물리적 한계를 극복하고, 소방대원의 구조 활동을 효율적으로 지원해 골든타임을 확보할 수 있어 재난현장에서 새로운 대안으로 주목 받을 전망이다.

이에 따라 소방안전 및 119구조·구급기술연구개발사업의 지원으로 “인명구조용 소방대원 근력지원장치 개발(2015 ~ 2018)” 과제를 통하여 재난환경 및 재난 대응 시나리오를 고려한 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 근력지원장치 및 소방대원의 작업 방식과 장치의 성능을 결합하여 리프팅 조작 의도를 장치가 감지하여 쉽고 편하며 신속하게 제어, 운용하도록 하는 기술을 개발할 예정이다.

따라서, 본 연구는 재난 및 재해 발생 시 인명구조 및 복구 작업에서 소방대원의 근력을 지원하는데 사용하는 인명구조용 소방대원 근력지원장치의 양중성능 시험 및 내환경 시험에 대하여 평가기준과 시험 방법 등을 제안함을 목적으로 한다.

2. 근력지원장치의 구조 및 사양

Fig 1.과 같이 근력지원장치는 평상시에 보관 또는 이동이 용이하게 케이스에 삽입될 수 있도록 접이식 기능이 있고, 재난 현장에서 사용시 전개가 되는 형태이며, 근력지원장치가 접혀져서 케이스에 삽입된 상태의 총 중량은 35kg 이하이다. 근력지원장치의 조작부에 하중을 가하면 하중이 가해진 방향으로 근력지원장치의 관절이 움직이고, 하중이 제거될 경우 마지막으로 움직였던 자세가 유지된다. 몸체하우징 하단의 접이 및 길이조절이 가능한 3개의 다리를 가지며, 안정적인 근력 지원작업을 위한 지지면적 확보를 위하여 3개의 다리 길이가 개별적으로 확장이 가능한 구조이다.

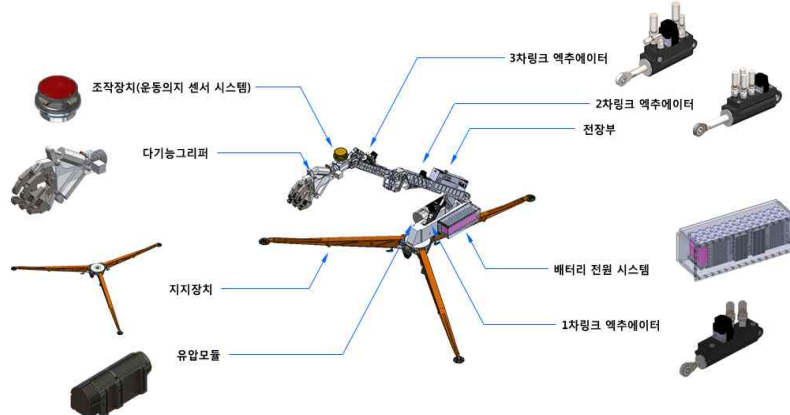


Fig. 1. Structure of Power-assisted Devices for Rescue

3. 근력지원장치의 동역학 해석

근력지원장치 기구의 상세사양을 분석 및 검증하기 위하여 동역학 시뮬레이션 소프트웨어인 RecurDyn을 활용하였다. 동역학 해석을 위하여 Fig 2와 같이 링크설계 사양에 따라 하중조건을 100kg 으로 반영하여 해석을 수행하였으며, 실제 근력지원장치 시체를 사용하여 해석결과를 검증하였다.

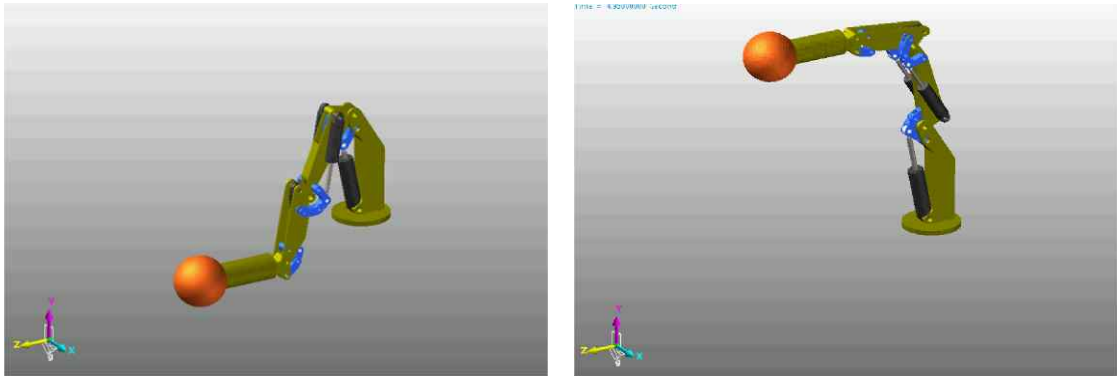


Fig. 2. Dynamic Analysis of power-assisted device

근력지원장치의 동역학 해석 결과 Fig 4 (a)와 같이 추력은 실린더의 각 축별로 최대 3.1 kN, 2.7 kN, 1.5kN, 속도는 Fig 4 (b)와 같이 실린더의 각 축별로 최대 0.41 m/s, 0.40 m/s, 0.45 m/s 로 나타났으며, Fig 3와 같이 근력지원장치가 100 kg의 물체를 1m 양중하는데 걸리는 시간은 5초가 소요되며, 100 kg의 물체가 양중 가능한 것으로 나타났다.

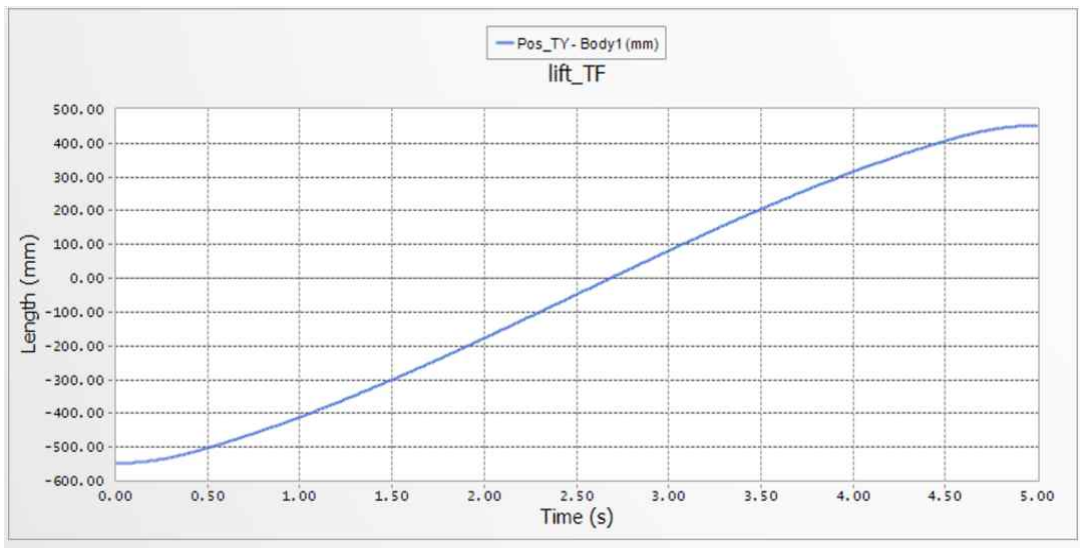
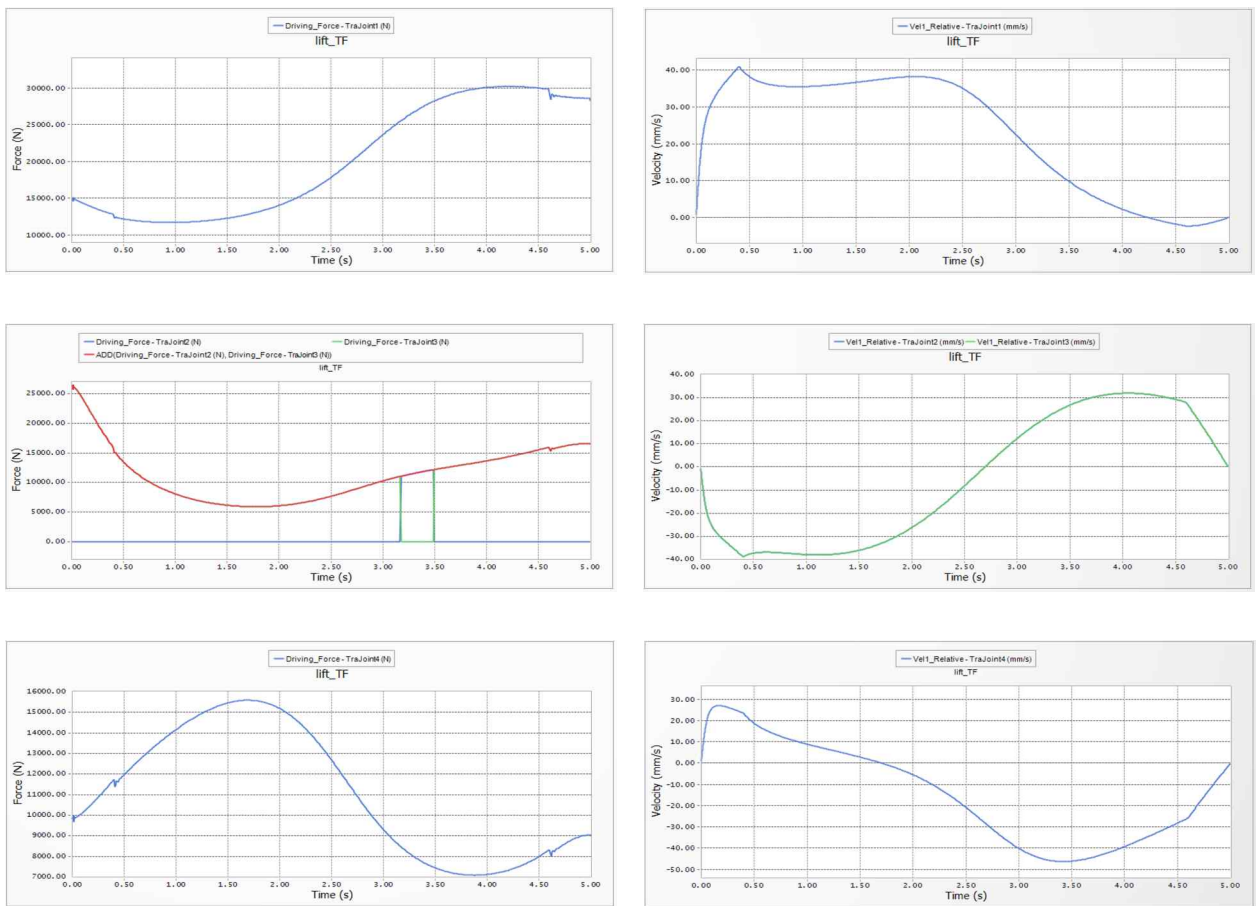


Fig. 3. Lifting height and time



(a) Driving force of cylinder

(b) Velocity of cylinder

Fig. 4. Driving force and velocity of power-assisted device cylinder

근력지원장치의 동역학 해석 결과를 검증하기 위하여 아래의 Fig 5. 와 같이 실제 시체의 양중성능을 확인하였다. 동역학 해석 결과와 같이 100 kg 중량의 실물체를 1m 들어올리는데 5초가 소요되었다.

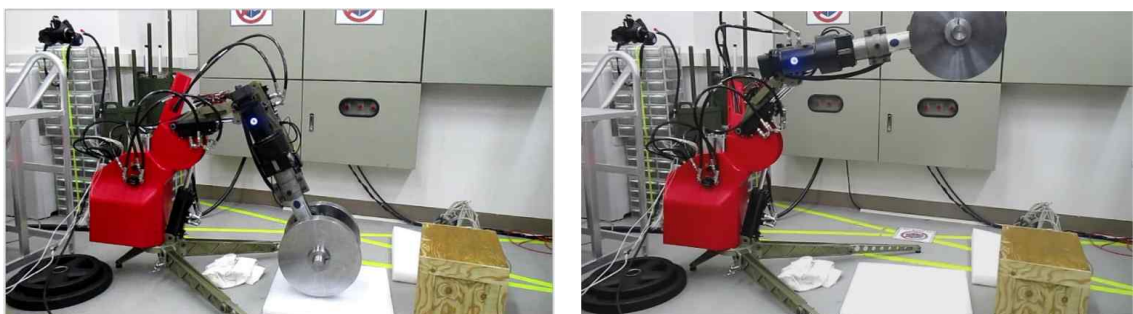


Fig. 5. Lifting performance of power-assisted device

4. 양중성능 및 내환경 시험 방법 제안

동력학 해석결과와 실제 양중성능을 실험한 결과를 바탕으로 근력지원 장치의 양중성능을 평가할 수 있는 양중성능 시험 방법을 아래와 같이 제시하였다.

4.1 양중성능 시험

(1) 시험기준

근력지원 장치는 Fig 6.과 같이 전개된 상태에서 최대 100kg의 분동을 (5 ± 0.5)초 동안 지면으로부터 1m 이상 들어 올려 물체를 옮길 수 있어야 한다.



Fig. 6. Movement of Power-assisted Devices

(2) 시험방법

근력지원 장치를 수평한 콘크리트 표면위에 Fig 8.과 같이 전개한 후 전원을 인가한다. 양중성능 시험 시 다기능 그리퍼를 근력지원장치에 체결한 후 Fig 7.의 형상과 무게를 가진 분동을 파지한다. 파지한 분동을 근력지원장치를 구성하는 조작 장치를 사용하여 추의 하단부가 지면으로부터 1m이상이 되도록 들어올린다. 이때 추가 이동될 때의 시간을 확인 한다.

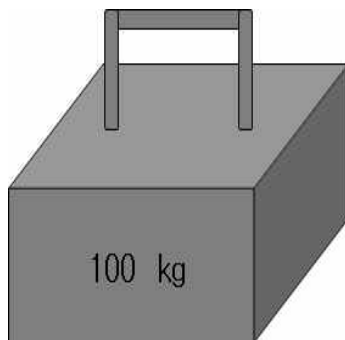


Fig. 7. Weight shape

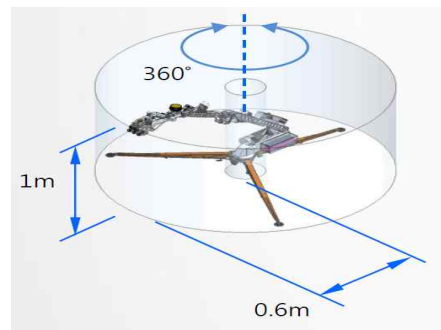


Fig. 8. Ascending Distance on Design

5.2. 내환경 시험

근력지원장치의 사용, 보관환경 및 우리나라의 기후환경조건을 고려하여 근력지원장치의 내열성, 내한성 시험 및 방수 시험 방법을 한국산업표준 KS C IEC 60068-3-1:2013 “기본 환경 시험 절차 - 제3부: 기초 정보 - 제1절: 내한성 시험과 내열성 시험”, KS C IEC 60529:2017 “외함의 밀폐 보호등급 구분(IP코드)”, 및 National Fire Protection Association, “NFPA 1936 Standard on Powered Tools”을 인용하여 아래와 같이 제시하였다.

5.2.1 내열성 시험

(1) 시험기준

근력지원장치는 $(80 \pm 2)^\circ\text{C}$ 의 온도 중에 6시간 동안 방치한 후 4.1에 따라 양중성능을 확인하여 근력지원장치의 작동에 이상이 없어야 한다. 또한 근력지원장치의 표면에는 육안으로 확인 시 부풀음, 박리, 균열 등이 발생하지 않아야 한다.

(2) 시험 방법

시험 챔버 내 온도가 KS A 0006에 규정한 상온 상태에서, 근력지원장치를 챔버 내에 넣은 후 Fig 9.와 같이 챔버 안의 온도를 1시간 동안 서서히 올려 $(80 \pm 2)^\circ\text{C}$ 의 온도에서, 6시간 동안 고온상태를 유지한 후 1시간 이내에 4.1에 따라 양중성능 시험을 실시한다.



Fig. 9. Graph of Heat Test

5.2.2 내한성 시험

(1) 시험기준

근력지원장치는 $(-20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 의 온도에 6시간 동안 방치한 후 4.1에 따라 양중성능을 확인하여 근력지원장치의 작동에 이상이 없어야 한다. 또한 근력지원장치의 표면에는 육안으로 확인 시 균열·파손 등이 발생하지 않아야 한다.

(2) 시험 방법

시험 챔버 내 온도가 KS A 0006에 규정한 상온 상태에서, 근력지원장치를 챔버 내에 넣은 후 Fig 10.와 같이 챔버 안의 온도를 1시간 동안 서서히 내려 $(-20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 의 온도에서, 6시간 동안 저온상태를 유지한 후 1시간 이내에 3.1에 따라 양중성능 시험을 실시한다.

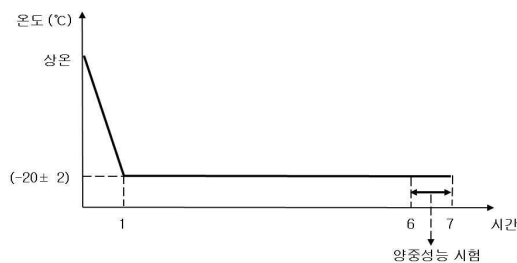


Fig. 10. Graph of Cold Test

5.2.3 방수 시험

(1) 시험기준

근력지원장치를 전개한 후 한국산업표준 KS C IEC 60529에서 요구하는 환경조건 하에 방수성능시험을 실시하여 1시간 경과 후 4.1에 따라 양중성능을 확인하여 근력지원장치의 작동에 이상이 없어야 한다.

(2) 시험 방법

근력지원장치를 Fig 11.에 표시한 형상과 치수를 갖는 시험 장치를 사용하여 평형추가 달린 차폐판을 분무 노즐에서 뺀 상태에서 외곽에 대해 모든 실행 가능한 방향으로 분무 되도록 한다. 시험 시간은 산출된 외곽 표면적(설치한 표면적 제외) 1m²당 1분으로 하며, 표면적이 협소할 경우 최소 5분 동안 시험한다.

Table 1. Total rate of flow Average rate of flow qv1=0.07 L/min per hole under IPX4 test conditions

관의 반지름r mm	IPX4	
	열린 구멍의 수N(1)	총유량q L/min
200	12	0.84
400	35	1.8
600	37	2.6
800	50	3.5
1000	62	4.3
1200	75	5.3
1400	87	6.1
1600	100	7.0

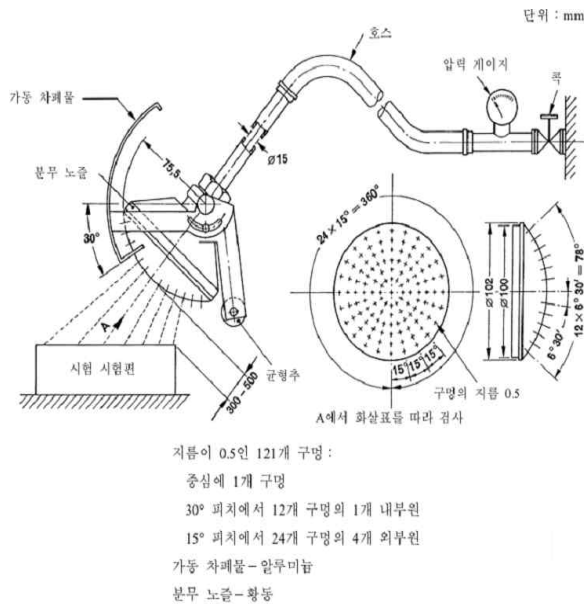


Fig 11. Equipment for testing water against sprays and splashes(Spray nozzle)

6. 결론

본 연구에서는 인명구조용 소방대원 근력지원장치의 양중성능 및 내환경 시험 방법을 제안하였다. 국내의 논문 및 시험 표준을 참고하여 양중성능, 내환경 시험에 대한 시험 방법을 비교한 결과 본 연구에서 제시한 방법과 유사한 내용도 있는 반면, 시험 자체의 확실성과 안전성을 확보하기 위한 기준 등이 미흡하여 본 연구를 통해 보완하였다.

이에따라 재난 현장의 열악한 환경에서 사용되는 근력지원장치의 성능에 대한 시험평가 방법으로 본 연구에서 제안한 양중 성능, 내환경성능 시험방법은 장치의 안정적인 성능 구현여부를 평가하는데 실용적으로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

7. 향후 연구

본 연구에서는 인명구조용 소방대원 근력지원장치의 양중성능 및 내환경 시험 방법을 제안하였으나, 향후에는 근력지원 장치가 발휘할수 있는 절단, 전개, 장애물 제거, 인명구조 견인, 장비 연동 및 소방호수 견착 등의 여러 가지 기능에 대해서 절단력 시험, 전개력 시험, 낙하충격 시험, 진동 시험, 방진 시험, 기타 내구성 시험 등 종합적인 시험평가방법이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국민안전처 소방안전 및 119구조·구급 기술연구개발사업("MPSS-소방안전-2015-77")의 연구비 지원으로 수행 되었습니다.

This research was supported by the Fire Fighting Safety & 119 rescue Technology Research and Development Program funded by the Ministry of Public Safety and Security("MPSS-Fire Fighting safety-2015-77")

References

- A'Design Award & Competition, (2016), "A.F.A-Powered Exo-Suit for Firefighter Advance Firefighting Apparatus by Jiazhen (Ken) CHEN", A'Design Award & Competition (<https://competition.adesignaward.com/design.php?ID=45387>)
- B. S. Kim, J. K. Ryu, (2016), "Design and Simulation of a Coupler for Heavy Duty Tools", Korea Society for Precision Engineering.
- European Committee for Standardization(CEN), (2016), "EN 13204, Double Acting Hydraulic Rescue Tools for Fire and Rescue Service Use - Safety and Performance Requirements", CEN.
- Holmatro, "Rescue Tools" Leaflet, Holmatro.
- HURST, (2016), "Strongarm by HURST Jaws of Life" Technical Datasheet and Brochure, HURST.
- K. M. Nam, J. K. Ryu, (2016), "Design Optimization of Lifting Load Hydraulic Actuator Using Power Assist Device", Korea Society for Precision Engineering.
- Minsu Lee, Chan Park, Jingi Kim, Dongeun Lee, (2016), "Analysis of the Disaster Sites using Power-assisted Devices for Rescue", the Korean Society of Disaster Information.
- Montgomery County Government, (2015), Hydraulic Tools and Equipment, p.19.
- National Fire Protection Association, (2015), "NFPA 1936 Standard on Powered Tools", National Fire Protection Association.
- Joonseok Kim, (2016), "Numerical Numerical study on the structural stability of the precast joint buttress wall" Journal of the Korea Society of Disaster Information. Vol. 12, No.4, pp.366 - 372
- Choi Jaehyeong, Kim Woojae, Kang Shinwook, Kim Junggon, (2016), "A Study on the Supply and Perception of Personal Protective Equipments for Fire Fighters", Korea Society Disaster Information Conference, KOSDI.
- KS C IEC 60068-3-1, Environmental testing - Part 3-1: Supporting documentation and guidance - Cold and dry heat tests
- KS C IEC 60529, Degrees of protection provided by enclosures(IP Code)
- KS A 0006, Standard atmospheric conditions for testing