

C-03

실내화재진압로봇의 화재진압 성능평가연구

곽지현, 김종권*, 손봉세**

방재시험연구원, 동일파텍(주)*, 경원대학교**

A Study on Performance evaluation of a Fire-extinguishing Robot

Ji-Hyun Kwark, Jong-Kwon Kim*, Bong-Se Son**

Fire Insurers Laboratories of Korea, DRB Fatec*, Kyungwon Univ.**

1. 서론

건물내부 깊숙한 곳이나 지하 구간에서 화재발생시 고열과 다량의 연기로 인해 소방관들은 화재진압 및 인명구조작업에 큰 어려움을 겪고 있다. 특히 짙은 연기로 인해 화점을 제대로 찾아내지 못하여 효과적이고 신속한 진화가 어려우며, 생존자 탐색작업도 원활하지 못한 경우가 많다. 이에 따라 연기에 질식하지 않으며 내화성이 우수하고, 고성능 카메라를 장착하여 탐색능력이 뛰어난 로봇을 개발하였다. 또한 이 로봇은 소화호스를 장착하고 화재구역 내로 들어가 직접 화재를 진압하는 기능도 가지고 있다.

본 연구에서는 이러한 실내화재진압로봇의 다양한 소화능력시험을 통해 화재진압성능을 평가하고자 한다.

2. 실험장치 및 실험방법

본 실내화재진압로봇의 화재진압성능을 평가하기 위한 실험장치는 크게 로봇 본체와 원격조정장치, 화재모형, 모형화재실 등으로 구성된다.

로봇 본체는 아래 그림과 같이 고성능 카메라가 장착된 몸체부와, 캐터필러(무한궤도)가 장착된 구동부, 그리고 방수노즐(관창)이 설치된 방수탑으로 구성되어 있다. 또한 로봇을 조종하기 위한 원격무선조종장치에는 모니터가 있어 로봇이 전송해주는 실시간 영상을 보며 로봇을 원격으로 조종한다. 로봇에 장착된 카메라는 일반 폐쇄회로 카메라 2대 외에도 열화상카메라가 있어 짙은 연기 속에서도 우수한 화점 및 인명탐색 성능을 가지고 있다.

각 화재진압실험 항목별로 자세히 살펴본다.



그림 1 실내화재진압로봇 및 원격조종장치

2.1 화점 조준 실험

화재구역 외부에서 로봇이 전송해주는 실내 화상정보에 의해 원격으로 로봇을 조종하여 화재를 진압하는 본 화재진압로봇의 기본적인 방수성능 및 화점조준성능을 살펴보기 위해 다음과 같은 실험을 실시하였다.

방수실험은 가압송수장치(펌프)로부터 로봇으로 물을 공급하고 방수총을 통해 물을 방수하여 각 방수압력에서 유량 및 방수거리를 측정하였다.

화점조준 성능시험은 목표물 20~30 m 전방에서 조종자가 모니터의 화상정보를 통해 목표물을 조준하여 물을 방출하고 정확히 타격하는지 관찰하였다.

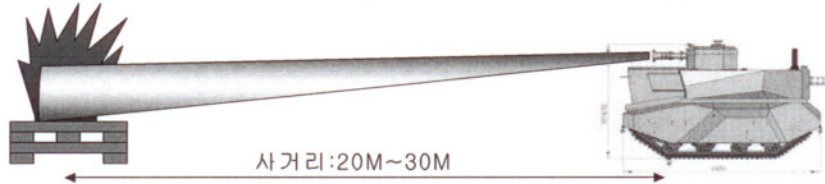


그림 2 화점 조준 실험

2.2 화재크기에 따른 화재진압실험

본 화재진압로봇의 소화능력을 평가하기 위하여 그림과 같이 A급 화재모형을 이용하여 1단위부터 4단위 까지 크기를 증가시키며 소화시험을 실시하였다. 점화 후 3분간의 자유연소 후에 로봇을 투입하여 물을 방출하였으며, 이 때 방수각을 최대로 하여 방수한 뒤 점점 방수각을 줄여가면서 화재모형의 화염을 완전히 진화할 수 있도록 하였다.

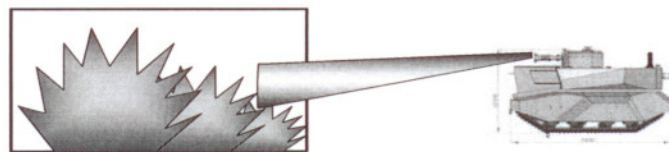


그림 3 화재크기에 따른 화재진압실험

2.3 차량화재 진압실험

지하 주차장에서 차량에 화재가 일어난 경우와 같이 화재발생구역 내의 위험물에 대한 화재진압성능을 살펴보기 위해 차대 내부에 가연물을 채우고 화재모형을 만들어 차량화재를 모사하였다. 이를 위해 차내 내부에 페타이어와 시트를 설치하여 점화하고 화염이 최전성기에 이를 때까지 자유연소한 후 로봇을 투입시켜 화재진화를 시도하였다. 이 때 직사와 방사를 적절히 조합하여 로봇을 좌우로 이동시키면서 화점을 향해 방수하여 효과적인 진압을 시도하였다.



그림 4 차량화재 진압실험

2.4 협소공간 화재진압실험

건물 내부나 지하공동구 등의 화재발생 장소는 대개 협소하여 소화활동이 원활하지 못하고 진화에 어려움이 크다. 이러한 건물 내부의 좁은 공간에서 화재가 발생하거나 전파되었을 때 소화능력을 살펴보기 위하여 아래와 같은 실험을 실시하였다.

거주실을 모사한 폭 2.7 m, 높이 2.5 m, 길이 3.5 m의 모형화재실을 제작하여 내부에 가연물(A급 2단위 화재모형)을 설치하고 점화한 뒤, 일정시간 동안 자유연소 한 후에 화재진압로봇을 투입하여 화재진화를 시도하였다.

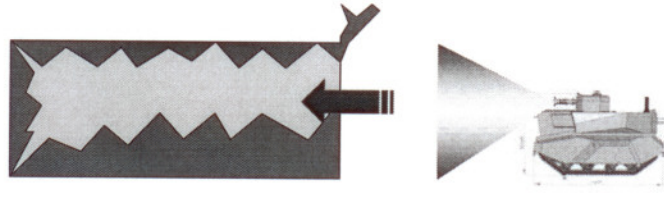


그림 5 협소공간 화재진압실험

3. 실험결과 및 고찰

3.1 화점 조준 실험

먼저 화점조준실험에 앞서 본 화재진압로봇의 방수총의 방수성능을 시험하기 위해 방수압력에 따른 유량 및 방수거리를 측정하였다.

실험결과 산출된 방수총의 유량상수(K 상수)는 156으로 나타났다.

표 1 방수성능 시험결과

| 압력 bar | 유량 l/min | 방수거리 m | K 상수 |
|--------|----------|--------|-------|
| 3.5 | 290 | 16 | 155.0 |
| 5 | 350 | 20 | 156.5 |
| 6 | 380 | 28 | 155.1 |
| 7 | 410 | 31 | 155.0 |
| 8 | 440 | 31 | 155.6 |
| 9 | 470 | 33 | 156.7 |
| 10 | 490 | 35 | 155.0 |
| 10.6 | 520 | 37 | 159.7 |
| 평균 | | | 156 |

화점조준실험은 모형 건물의 창을 표적으로 하여 물을 방수하는 실험을 하였는데, 10회의 실험 결과 목표물 발견 후 모두 10초 이내에 정확히 목표물을 타격하였으며, 직사에서 방사 형태로 전환하면서 목표물에 다가가며 조준하는 성능도 우수한 것으로 나타났다.



그림 6 방수성능시험

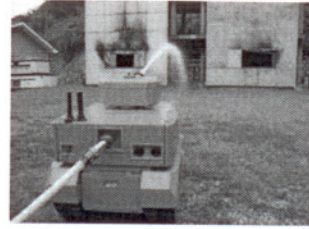


그림 7 화점조준실험

3.2 화재크기에 따른 소화능력시험

A급 화재모형 1단위부터 화원의 크기를 점점 크게하여 화재크기에 따른 소화시험을 실시하였다. 1단위와 2단위의 경우 3분간의 자유연소 후 최성기에 이른 크립화재는 로봇의 투입과 함께 방수가 시작되며 삽시간에 진화되었다.

화재진압로봇은 인간 보다 내화성이 우수하며 질식의 우려가 없으므로 화원에 더욱 근접하면서 화원 전체를 방호할 수 있는 각도로 물을 방출하며 일시에 화재를 진압하므로 소화성능이 우수한 것으로 판단된다.

4단위의 경우 먼저 한쪽 편의 화원을 진압하고 다시 반대쪽의 화원도 차례로 진화하여 우수한 소화성능을 나타내었다. 아래 표에 실험 결과를 정리하여 나타낸다.

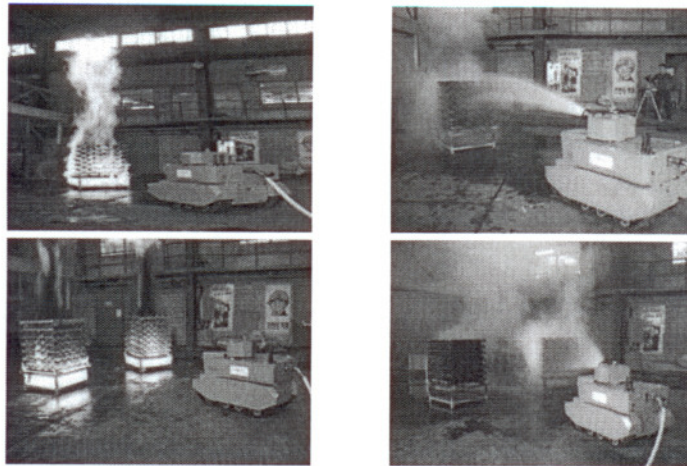


그림 8 화재크기에 따른 소화능력시험

표 2 소화능력시험 결과

| 화재크기 | 점화시간 | 방수시간 | 소화시간 | 방수종료시간 | 시험종료시간 | 비고 |
|--------|------|------|------|--------|--------|--------|
| A급 1단위 | 0:00 | 3:00 | 3:10 | 3:20 | 5:20 | 재발화 안됨 |
| A급 2단위 | 0:00 | 3:00 | 3:15 | 3:25 | 5:25 | 재발화 안됨 |
| A급 4단위 | 0:00 | 3:00 | 3:45 | 3:50 | 5:50 | 재발화 안됨 |

3.3 차량화재 진압실험

실규모 차대 내부에 의자 2개와 타이어 10개를 설치하여 차량화재 모형을 만들어 화재시험을 실시하였다. 3분간 자유연소하여 최성기에 이른 후 로봇을 시험장 내로 투입하고 원격으로 조종하여 소화를 시도하였다. 실험 결과 화재가 완전히 진압되는데 6분 40초가 걸렸으며, 이후 재발화되지 않았다.

시험중 시험장 내부는 연소시 발생한 다량의 연기로 인해 일반 카메라로는 화점 찾기가 쉽지 않았으나 열화상카메라를 이용, 화점의 위치를 정확히 조준하여 효과적으로 화재를 진압할 수 있었다.

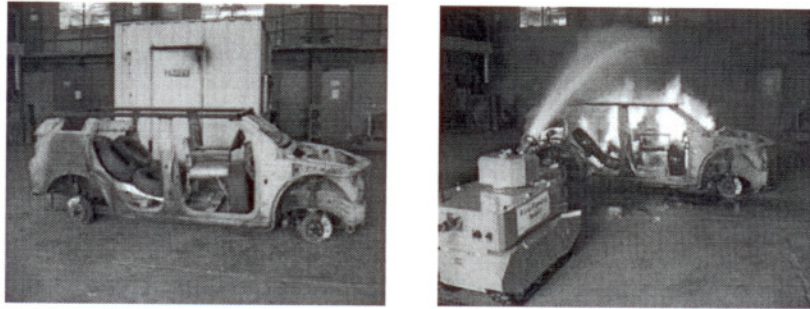


그림 9 차량화재 진압실험 장면

표 3 차량화재 진압실험 결과

| 점화 | 로봇 진입 | 방수시작 | 소화시간 | 방수종료 | 실험종료 | 비 고 |
|------|-------|------|------|-------|-------|--------|
| 0:00 | 3:00 | 3:10 | 9:50 | 10:50 | 12:50 | 재발화 안됨 |

3.4 협소공간 화재진압실험

모형화재실을 이용한 협소공간에서의 화재는 화재발생 후 짧은 시간에 연기가 가득 차 화재실 내부의 상황 파악이 무척 어려우며, 고열로 인해 화원에 접근하는 것도 용이하지가 않다.

아래 그림과 같이 모형화재실 내에 A급 2단위 화재모형을 설치하고 2분간 자유연소시킨 뒤 화재실 안으로 로봇을 투입하였다. 원격으로 로봇을 조종하여 화점을 탐색하고 즉시 이를 조준하여 방수를 시작하였다. 실험에서 방수한지 14초 만에 화재는 소화되었으며 이후 재발화하지 않았다. 실험결과를 정리하면 아래 표 4와 같다.

표 4 협소공간 화재진압실험 결과

| 점화 | 로봇 진입 | 방수시작 | 소화시간 | 방수종료 | 실험종료 | 비 고 |
|------|-------|------|------|------|------|--------|
| 0:00 | 2:00 | 2:11 | 2:25 | 3:30 | 5:30 | 재발화 안됨 |

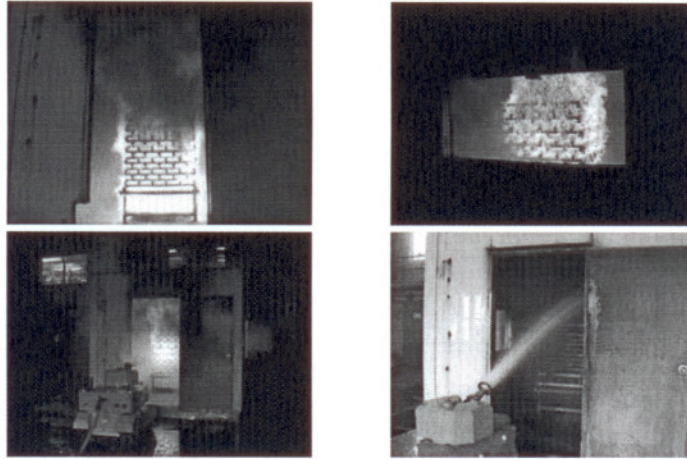


그림 10 협소공간 화재진압실험

4. 결 론

본 연구에서 건물 내부와 지하공간 또는 밀폐된 곳의 화재발생 시 생존자 여부를 신속히 조사하고 화원의 위치를 탐색하여 소방관에게 유용한 정보를 전달해 주며, 또한 화재를 직접 진압하기 위해 개발된 실내화재 진압로봇의 화재진압성능을 다양한 실험을 통해 평가해 보았다.

이러한 장소에서의 화재시 고온의 화염에서 발생하는 복사열과 앞이 보이지 않는 짙은 연기로 인해 소방관들의 원활한 소화활동이 무척 어려우나, 본 연구결과와 같이 이 화재진압로봇을 적절히 활용하면 효과적으로 신속하게 화재를 진압할 수 있을 것으로 평가된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 2007년도 서비스로봇시장검증사업의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. D. Drysdale, *An Introduction to Fire Dynamics* (New York: Wiley, 1985), p.36
2. J. G. Quintiere and B. J. McCaffrey, *The Burning of Wood and Plastic Cribs in an Enclosure: Vol. I*, NBSIR 80-2054 (Gathisburg, MD: September 1980, National Bureau of Standards), p. 118