

지하공간 전용 소화설비 및 통합형 소방방재 시스템의 개발

장영남

(주)우당기술산업 연구소(ynchang@woodang.co.kr)

박동하

(주)신화전자 연구소(dhpark@shinwhaele.com)

손봉세/화재안전성능전문 위원장

경원전문대학 소방시스템과(bsson@kwc.ac.kr)

이창언

인하대학교 기계공학과(chlee@inha.ac.kr)

연구 개요

현재 국내외를 통하여 지하공간에서의 화재는 지상과는 달리 산소과부족으로 대량의 연기가 발생하고, 유독가스 발생여부 등의 지하공간 화재 특성에 따른 제반 연구가 미비 되어있다. 또한 화재발생시의 피난방법도 지상의 피난방법 보다 한정되어 있어 자칫하면 대형사고를 야기 할 수도 있어 기존의 소화설비 및 소방방재 기술로 단순 적용하기에는 많은 문제점이 발생되고 있다. 한편 국내의 경우는 지하공간에 대한 한국소방 관계법 및 검정 기준이 선진외국에 비하여 미비 되어 있어 관련법규를 제정할 수 있도록 충분한 설계데이터를 구축하고, 지하공간 대응 소화기술을 향상시킬 필요성이 점차 증가되고 있다. 본 연구에서는 지하공간의 화재특성을 고려하여 최적의 소화능력을 갖는 최첨단 소화설비와 관련 운영시스템인 소방방재설비를 설계제작 하여 지하공간에 구축하여 지하공간의 안전을 도모하고 지하공간의 활용도를 넓히는 데 목적이 있다. 국내의 경우 기존의 지하공간에서의 소화설비의 경우는 주로 지상건물의 화재에 대응하는 소화시설 위주로 범용적으로 사용되고 있다. 본 연구에서는 기존의 지상건물 위주의 소화설비에 의한 지하공간에 적용되는 시 발생하는 문제점을 해결할 수 있는 고도화된 소화설비를 구축한다. 또한 지하공간 발생하는 대량의

연기 및 지하공간에서의 화재 특성에 따른 최적 소화능력을 갖는 소화설비를 위하여 지하공간 전용 수계용 소화설비 및 가스계 소화설비를 계통적으로 개발하여 사용용도에 폭 넓게 대응할 수 있는 다용도형으로 개발하여 고부가 가치의 통신시설 등의 화재에도 충분히 대응 할 수 있는 소화설비를 개발하였다. 또한 지하공간의 경우에서는 화재의 감지 및 소방방재시설은 제한된 좁은 지역에서 감지 및 제어가 필요로 함으로 좁은 지하공간에서 이동하면서 인터넷기반의 유비쿼터스 지향의 스마트형 통합형 소방방재 설비를 동시에 구축하는 통합형 소방방재 시스템을 계통적으로 개발 구축함을 목표로 연구수행 하였다. 한편 수계용 소화설비로는 지하공간 적용 장소에 의한 화재성상과 화염원에 따른 특성을 고려한 소화설비로 스프링클러설비와 물분무헤드 설비로 분류된 소화방식을 채택하여 체계화시켰다. 지하공간에서는 화재진압이 지상과는 달리 비교적 신속하게 이루어지지 않으므로 조기에 화재를 감지하여 조기 화재진압이 가능한 조기반응형 스프링클러를 개발하여 개발하였고, 드렌치 설비인 water curtain 설비도 동시에 개발하여 지하공간에서의 발생하는 대량의 연기의 확대를 방지하도록 개발하였다. 물분무헤드의 경우는 최근에는 지하역사 및 지하공간이 점차 층고가 높아지고 관련 시설이 대형화 되어 이러한 현장실정에 맞는 이동형 물분무헤드 및 장대

터널 전용 물분무 헤드 소화설비를 개발하였다. 물분무헤드의 경우는 주로 수계용으로 화재등급인 C급인 전기화재에는 불가능하여 500 mm의 액정크기로 작성하여 소화가스과 같은 미분무수로 작성하여 분무하는 미분무수 소화설비를 제작하였다. 한편 기존의 미분무수 소화설비의 경우는 소화능력이 낮고 10 kgf/cm² 이상의 고압이 필요로 하여 경제적으로 설치비용이 높고 운영상 많은 문제점이 발생되고 있다. 본 연구의 경우는 저압으로 분무가능하고 소화능력을 높이기 위하여 질소부가식으로 채택하여 3 kgf/cm²로 분무가 가능하고 첨가제를 부가하여 소화능력을 높이는 방식으로 최적 소화능력을 갖는 미분무수 소화설비를 개발 하였다. 한편 수계용 소화설비가 불가능한 지하공간 통신시설 등의 특수시설의 경우 가스계 설비가 유효하여 청정소화약제 및 질소가스계에 의한 소화설비를 개발하였다. 개발하는 질소가스계 소화설비의 경우는 국내 최초로 개발되어 기존의 특허에 의한 개발이 미비한 청정 소화약제 가스계 소화설비의 성능이 향상될 것으로 판단되어 지고, 기존의 지하공간에 사용된 기존 가스계 소화설비의 대체도 가능할 것으로 판단되어 지고 있다. 개발되는 소화설비를 보다 유효적절하게 사용하기 위하여 재난시설 및 방법등을 통합하여 통제할 수 있는 통합형 소방방재 시스템을 동시에 개발하여 지하공간에서의 효능이 높은 화재감지 및 수신기 등의 복합하여 기존의 소방방재 시스템의 성능을 보다 신속하고 정확하게 운영할수 있는 인터넷 기반의 소방방재시스템을 개발한다. 국내외 지하공간에 적용될 것으로 판단되어 지고 있다. 특히 지하공간의 경우 특수한 화재현상에 의하여 대응되는 소화설비도 고도화된 장비가 필요로 하고 관련 실험도 매우 복잡하여 시간과 경비가 지상의 건물 소화보다 많이 소요됨으로 LES기법의 수치해석을 통하여 이론적 연구를 병행하였다. 이러한 계통적이고 체계화된 본 연구개발을 통하여 개발되는 지하공간 전용 소화설비 및 통합형 소화설비의 경우는 미비된 한국소방관계법 및 한국건축법에 중요한 자료를 제공하고 관련 기술의 DB을 구축하는데 많은 공헌을 할 것으로 판단되어 지고 있으며, 국내외 지하공간에 최적 소화 성능의 소화설비의 구축이 가능할 것으로 판단되어 지고 있다.

연구 내역

국내외 지하공간의 경우 국토가 도시화 되어가고 있는 실정에 있어 필요한 토지가 절대 부족하여 도심 지하에 있는 토지의 이용개발 필요성이 시급히 되고 있다. 최근 지하공간 경우에는 지하상가, 지하생활공간 및 지하철 이용이 급증되고 있으며 도로 터널 등의 경우에도 장대터널화가 급증되고 있다. 또한 지하공간의 경우 도시의 중요한 사회간접시설인 전기시설, 가스시설, 상하수도시설, 통신시설이 지중화에 의하여 지하공동구 및 일반 공동구로 연결되어 있어 지하공간의 화재발생 가능성이 높아 이에 대응되는 소화설비의 개발이 매우 시급한 실정에 있다. 이러한 지하공간에서의 화재는 도시 전반의 기능을 마비시킬 수 있는 대형사고로 발전될 수 있어 지하공간 사용 목적과 특성에 따른 소화설비를 관련 법규에 준하여 사용 용도와 소화능력에 맞추어 개발하였다.

수계용 소화설비

1) 물분무헤드 소화설비 및 스프링클러 헤드설계

① 미분무수 소화설비

① 개요 : 미분무수 소화설비의 미세물분무 장치의 냉각, 희석, 방사열 감소 등의 소화메카니즘을 이론적 해석을 통하여 분석하고, 물분무 입자의 크기, 살수분포 등의 관련 계측방법을 개발하며 관련 성능 시뮬레이터를 제작하여 개발하고자 하는 이류체 분무 노즐과 자동식 분무노즐을 개발하였다.

종래의 고압분사의 문제점을 해결하기 위하여 질소가스를 부가하여 분사하는 방식을 취하여 종래의 고압펌프로 물분무하는 방식을 개선하고, 저압으로 분사가 가능하도록 개발하였다. 또한 소화약제를 첨가하여 분사시키는 소화방법을 취하여 소화능력을 높였다.

② 1차년도 연구결과

③ 미분무수의 액정직경 조사 및 관통력 확인을 한 결과 1차년도에서 개발한 질소부가 방법으로도 미분무수 작성이 가능함을 알 수 있었다(그림 1).

④ 물 및 소화약제의 혼합을 통한 저압용 미분



무수 헤드 (3 kgf/cm²)의 방수압 평가한 결과 소화능력이 높고, 저압으로도 미분무수가 작성됨을 알 수 있었다. 표 1은 1차년도에 관련하여 첨가한 물질을 표시하였다.

㉔ 지하공간 적용 미분무수 관련 제반기반연구 및 관련 실험 시설 제작

㉕ 장대터널 전용 물분무헤드

① 개요 : 장대터널 전용 물분무 헤드 소화설비는 다양한 터널 형태와 도로 폭을 고려하여 살수하기 위하여 최적 설계로 이루어져야 한다. 또한 최적의 소화능력을 갖고 한국도로공사 시설기준에 준하는 소화설비를 개발하였다.

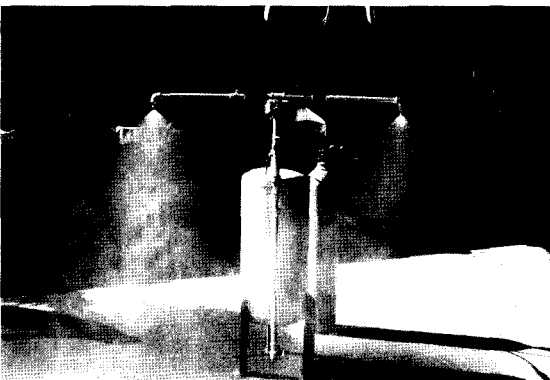
살수거리 18 m를 확보하기 위하여 방수압(5 kgf/cm² 이하)으로 한국도로공사 소화 시설기준 250 l/min를 확보하기 위하여 일정한 살수력으로 살수면적을 갖도록 하기 위하여 고압의 분무능력이 요구되고 있으나 이러한 고압에 의하여 피난시 가시화문제와 화재원의 피해가 발생되고 있다. 이러한 문제점을 해결하

기 위하여 감압형 유수검지장치를 국내최초로 개발한다. 또한 기존의 장대터널 전용 물분무헤드는 일반구간에서 물분무 헤드를 설치할 경우 통상 분류하기 쉽게 하기 위하여 A 타입 물분무헤드 및 터널의 전등과 제트팬의 설치 영향을 고려한 높이에 따른 보정을 위하여 이중분사노즐의 크기를 작게한 B 타입 물 분무헤드를 설계제작 하였다. 한편 물분무 헤드의 최적설계를 위하여 수치해석으로 설계하는 기법을 확립하고, 관련 실험을 위하여 컴퓨터 분석의 시뮬레이터를 제작 하였다(그림 3).

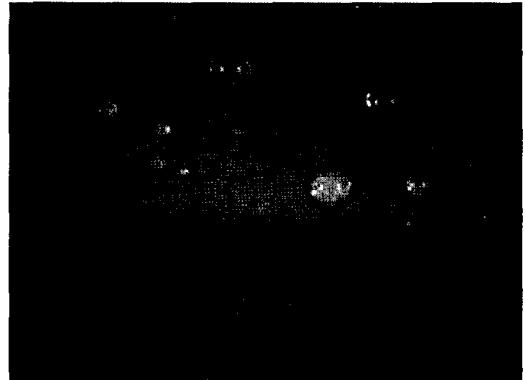
② 1차년도 연구결과 : 2000년부터 개발한 장대터널 전용 물분무헤드의 계통적 연구를 종합하여 분석하는 연구로 그동안 개발한 연구를 바탕으로 장대터널 전용 물분무헤드와 감압형 준비작동식 밸브를 수행하였다. 또한 기존의 연구에서 수행하지 못한 부분의 추가부분의 연구와 관련 성능 시뮬레이터를 보다 정확하게 수행하기 위하여 관련 성능시뮬레이터를 컴퓨터 분석시스템을 도입하여 종래보다 정확하게 분석 기록 가능하도록 개선하고, 기존의 실험연구를 개선하여 연구개발을 수행하였다. 1차년도 개발의 경우는 4차선 장대터널의 경우 노즐의 결합각, 방사압력 등의 상관적인 유기적으로 계통적인 연구를 수행하여 그림 4, 5와 같은 실험 결과를 얻었다. 또한 지하공간 및 터널 화재/소화에 대한 기초

<표 1> 미분무수 소화약제 첨가물 조성표

첨가물질	조성비율	비 고
Ammonia	< 1	
Monoammoniumphosphate	10 ~ 30	
Urea	1 ~ 5	



[그림 1] 질소부가식 미분무수 소화설비

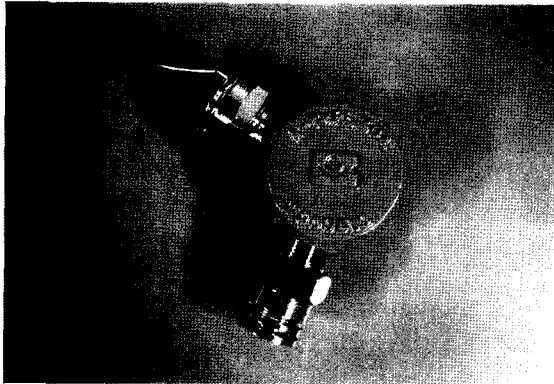


[그림 2] 전자현미경에 의한 액정크기

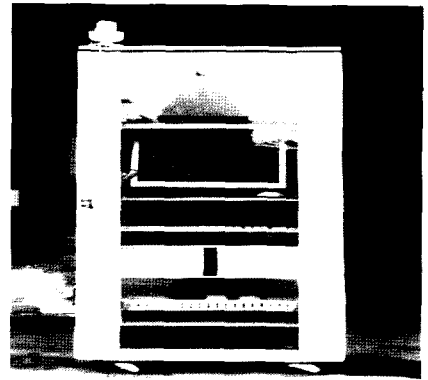
연구를 수행하여 국내의 터널환경 및 지하공간내에 부합하는 터널화재해석기술의 확보와 이를 기반으로 하는 설계방법 개발 및 소화시스템 설계에 초점을 맞춘 과제로서 DNS 및 LES 기반 수치해석기법과 화재실험 기술을 바탕으로 터널화재 해석기술을 도출하고 화재거동을 근거로 한 소화시스템의 최적기법을 확립할 수 있는 기본연구를 수행하였다.

⑦ 수계용 대포식 소화설비

① 개요 : 그림 6과 같이 지하 대형공간 전용으로 최대방수거리 100 m 국내최대규모의 3000 l/min의 방수량이 방출가능한 대포식 소화설비를 개발하였다. 한편 근거리에는 화재등급 ABC에도 적합하도록 다용도로 개발하기 위하여 분무액정의 크기를 200~300 μm로 미세 물분자를 갖도록 미립화 시켜 잠열

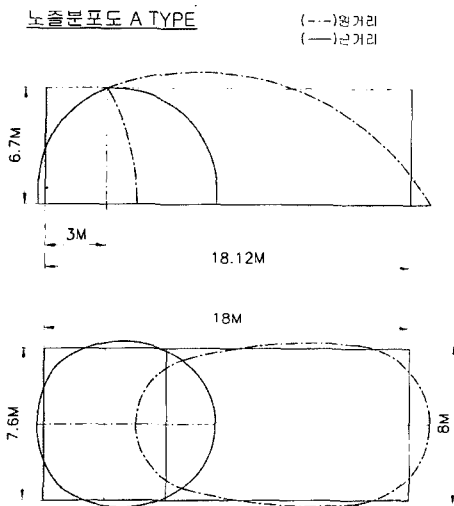


(a) 장대터널 전용 물분무헤드

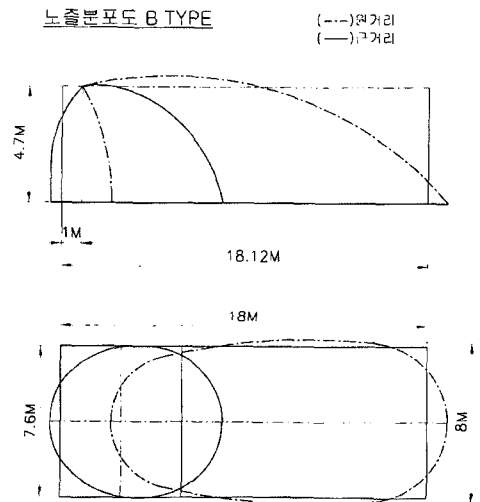


(b) 모니터링 시스템

[그림 3] 장대터널 전용 물분무헤드 및 성능시뮬레이터의 제작 개요



[그림 4] 4차선 장대터널 전용 물분무헤드 분사노즐에 의한 살수분포 노즐 결합각 120°. A type으로 4차선 원거리 18m 확보



[그림 5] 4차선 장대터널 전용 물분무헤드 분사노즐에 의한 살수분포 노즐 결합각 135°. B type으로 4차선 원거리 18m 확보



에 의한 냉각 효과를 극대화 가능한 수계용 대포식 소화설비를 개발하였다. 또한 지하저유조 등에 발생하는 소화설비의 경우 소방수에 약 3% 계면활성제를 첨가하여 방사하는 포 소화설비를 동시에 개발하였다.

② 1차년도 연구결과

④ 공기포 방식을 채택하여 연구개발을 수행하였으며 포 소화제와 물과 공기를 기계적으로 교반시켜 공기를 핵으로 하고 포를 발생시키는 방식으로 저발포 방식(팽창비: 20 이하)과 고발포 방식(팽창비 80~1000 이하)으로 분류되어 지고 있으나 1차년도에서는 저발포 방식을 취하여 연구수행을 하였다.

② 1차년도 연구결과

④ 질소가스 소화약제의 소화설비가 지하공간 전용 가스계의 소화설비의 적용성을 검토하기 위하여 밀도, 점성 등 물성 측정을 통하여 적정 소화농도 측정 기술확립과 소화시 분해 생성물을 측정을 한 결과 지하공간에서는 질소 가스계 소화방법은 청정소화약제로 유효한 것으로 판단되어 지는 결과를 얻었다.

⑥ 질소 가스계 소화설비의 구성과 작동절차를 수립하기 위하여 관련 실험을 통하여 주요 기기 사양을 선정을 완료하였다.

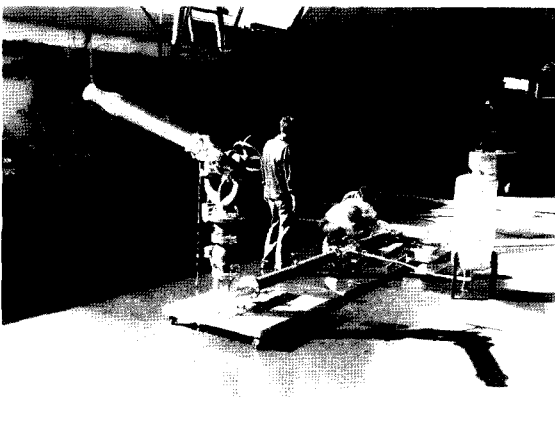
가스계 소화설비

① 질소 가스계 소화설비

① 개요: 지하공간 내에서의 변전소등 전기류등 특수한 시설에 대한 소화설비는 청정소화가스에 의한 소화설비가 거론되고 있다. 현재 할론대체 소화약제소화설비는 HFC-227ea(상품명 FM-200 또는 FE-227) 소화약제소화설비등이 최선의 방책으로 거론되고 있는 실정에 있지만 외구특허에 의하여 개발이 미비되어 할론 대체 소화약제 소화설비로 질소가스가 유효하여 본연구에서는 국내최초로 질소 가스계 소화설비를 개발 구축한다.

통합형 소방방재 설비

① 개요: 국내외를 통하여 지하 공간 내부에 설치된 각종 시스템들을 서로 연계하여 종합적인 현황 파악과 효율적인 대응능력을 갖추고 동시에 일상적인 유지관리를 지원할 수 있는 소방방재 통합 시스템(Integrated Fire Protection Management System, FPMS)의 연구개발 필요로 되어있다. 한편 지하공간에 적용할 통합형 소방방재 시스템의 경우 신속 정확한 화재 정보를 수신하여 방재관련 기타 시스템과의 통합 연계를 통하여 각종 방재자료를 정보화하고 효과적인 소방시설의 유지관리에 중점을 두기 위하여 기존에 운용되고 있



(a) 에어 폼 노즐 제작 실험



(b) 수계용 대포식 노즐 제작 실험

[그림 6] 에어폼 노즐 개요

는 각종설비의 관리시스템과의 유기적인 통합 지원체계를 계통적으로 보완 구축하는 것을 목표로 연구가 수행되었다.

② 1차년도 연구결과

- ① 지하공간 소화설비 및 화재감지기등을 효과적으로 운영하고, 국내 소방법에 준하는 소방방재 설치에 관련 연구를 수행한 결과 행정자치부고시 제2004-20호 자동화재 탐지설비의 화재안전기준 (NFSC 203) 제5조의 규정 등이 있으며 1차년도의 경우는 미비점 보완을 위한 체계적인 개발추진체계를 수립하였고, R형 수신기 등에 의한 관련 실험을 수행하였다.
- ② 방재관리 통합시스템의 운용 프로그램의 flow-chart를 작성하여 향후 2차년도에 방재관련시스템에 대한 기본적인 검색 기능과 개별 시스템간의 중요 자료를 통합 조회 할

수 있는 기능을 가진 운영프로그램으로 작성되며 지하공간 전용 소방방재시스템의 유용할 것으로 판단되어 진다.

결 론

지하공간에서의 최적 소화성능의 소화설비와 관련 운영시스템을 개발하기위하여 소방방재 시스템을 계통적으로 연구를 수행하기위하여 1차년도에는 소화설비의 성능을 측정할 성능 시뮬레이터를 제작과 기초적인 연구를 수행할 시제품을 제작하였다. 연구결과에 의하여 장대터널 물분무헤드의 경우 2004년 12월 착공되는 장대터널에 적용될 예정이며 제작된 소화설비는 한국소방검정공사의 형식승인을 받아 향후에도 적용될 수 있도록 하였다. 이러한 연구결과는 향후 지하공간 전용 소화설비로 구축될 것으로 판단되어진다. (주)