

B-06

터널화재시 스프링클러에 의한 연기조기강하 성능시험에 관한 연구

박형주, 지남용*, 허준호**, 이영재***, 백세진****
경원전문대학 부교수, 한양대학교 부교수*, 광운대학교 박사과정**,
한밭대학교 부교수***, (주)파라다이스 연구상무****

Sprinkler's Down-drag Effects on Fire Gases in Tunnel Fire by Full Scale Tests

Hung Joo Park, Nam Yong Jee, Jun Ho Hur, Young Jae Lee, Se Jin Beak
*Kyung Won College, Han Yang University, Kwang Woon University,
Han Bat University, Paradise Industry Co., Ltd*

1. 연구의 배경 및 필요성

5 Km를 넘는 비교적 긴 연장을 가진 터널의 건설이 급속히 증가하는 시점에서 화재가 발생한 차량이나 통과열차가 터널내에서 불가피하게 정차되거나 전복될 경우 터널내의 화재는 아래와 같은 특성과 같기 때문에 연층의 조기강하는 필수적인 과제로 부상하고 있다.

- 철도터널에서의 화재발생시 급속히 확산되는 유독성 연기층에 의해 터널이 조기에 오염되어 대량인명피해를 유발가능성 큼
- 철도터널화재는 초기에 급격히 확산되는 연기층이 인체에 치명적인 열기와 유독성 가스를 가진 상태이므로 화재진압을 위해 진입하는 소방대의 구난활동까지도 불가능하게 할 수 있음
- 선진국의 많은 터널화재사례와 최근 발생한 대구지하철화재사고와 같은 방화에 의한 화재가 급증하는 추세이나 이에 대비한 객차 및 차량내 조기소화시스템은 전무한 실정임
- 차량이나 열차안에서 발생하는 화재는 비화염성 화재인 경우가 많고 덮개가 있는 캐비닛형 내부연소가 대부분이라 직접분사에 의한 냉각수 접촉이 어려워 진압이 불가능함

이러한 터널내의 화재는 필연적으로 발생하는 유독성 연기층을 조기강하시켜 터널내 피난자의 신속한 대피가 도모가능한 시스템의 개발이 시급한 실정이다.

2. 연구의 목표

화재발생초기에 터널천정에 설치된 스프링클러 헤드에서 분사되는 물입자(Water Droplet) 특성에 의한 연기층의 제어인자인 열기, 유속, 유해가스입자를 조기에 저하시켜 터널내 연기층의 조기확산을 방지하는 연층하강제어기술을 개발하는 것이 본 연구의 목표이다.

3. 실험방법

3.1 실험 터널의 개요

본 연구를 위해 사용된 실험장으로는 폭 6M, 높이 5M의 단면을 가진 사각형태의 총 길이 21M 크기인 터널이며 벽체 및 천장의 재료는 제치장콘크리트 구조체 바탕에 노출면 보호를 위해 석고보드를 사용하여 마감하였으며 본 실험에서 사용된 터널 실험장의 그림은 Fig 1과 같다.

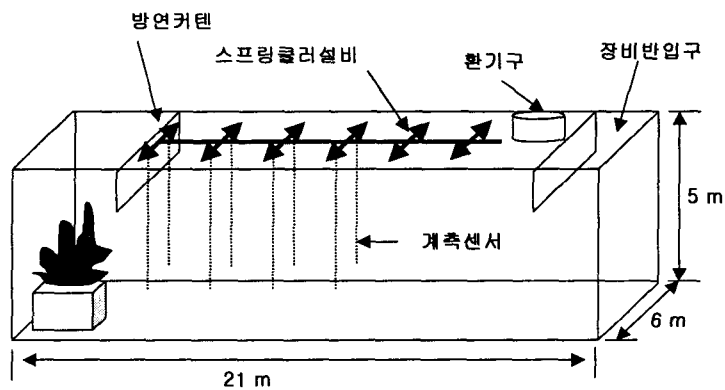


Fig 1. 터널 실험장의 구성(개념도)

3.2 실험장치 및 측정방법

3.2.1 실험장치

터널 내부의 천장에는 입구쪽에서 5M 거리에 유효층 0.9m의 방연커튼이 설치되어 화열이 직접 스프링클러에 도달하지 않도록 하고, 출구쪽의 장비반입구 전면 또한 동일한 크기의 방연커튼을 설치하여 화열과 연기가 외부로 나가는 것을 방지하도록 설계하였다.

터널의 중앙부에는 물공급이 가능한 주배관을 천장상부에 고정시켜 2.5M 간격으로 가지배관이 연결되도록 하였으며, 가지배관의 끝단부에는 스프링클러 헤드를 설치하였다.

3.2.2. 측정방법

본 실험의 측정항목으로 연소생성물의 수벽 통과율 측정을 화재시 성장지표를 나타내는 공기온도, 유속, 가스농도(CO가스)를 인자로 하였으며 터널내에서 측정인자를 정확히 측정하기 위해 터널내 열기류의 이동성상을 정확히 파악할 수 있는 지점에 측정인자의

변화를 감지할 수 있도록 하였다.

실험 터널 내부에서의 온도변화를 측정하기 위해 0.32mm 두께의 T-type(구리-콘스탄탄, 측정범위:-270~400℃)과 K-type 열전대를 설치하였다. 화원과 가까운 위치에는 640℃의 고온출력이 가능한 K-type 열전대 108회선을 설치하였으며, 화원과 비교적 먼 위치에는 T-type 열전대 60회선을 사용하여 데이터로거에 연결하여 측정하였으며 열전대의 위치는 Fig 5와 Fig 6과 같다.

4. 터널화재시 연기유동특성 성능시험

4.1 스프링클러 헤드 및 환기구 설치현황

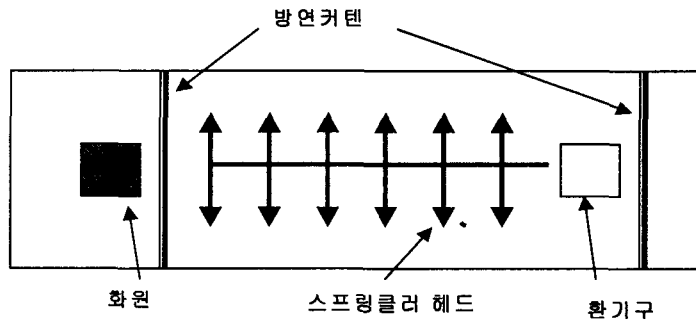


Fig 2. 화재시험장 배치도(평면도)

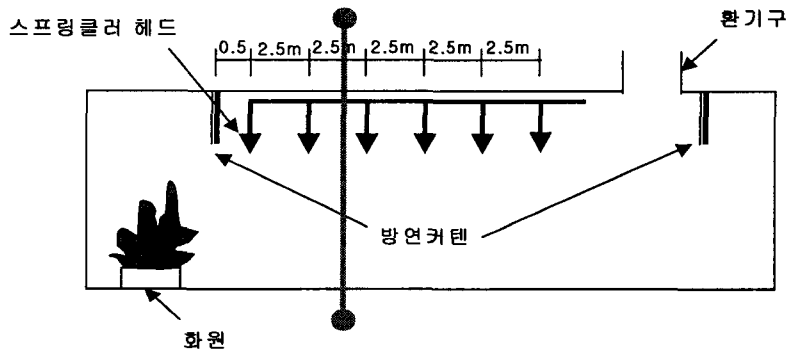


Fig 3. 화재시험장 배치도(중단면도)

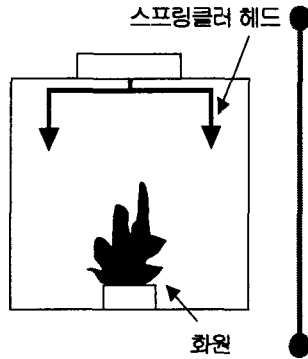


Fig 4. 화재시험장 배치도(횡단면도)

4.2 계측센서 배치도

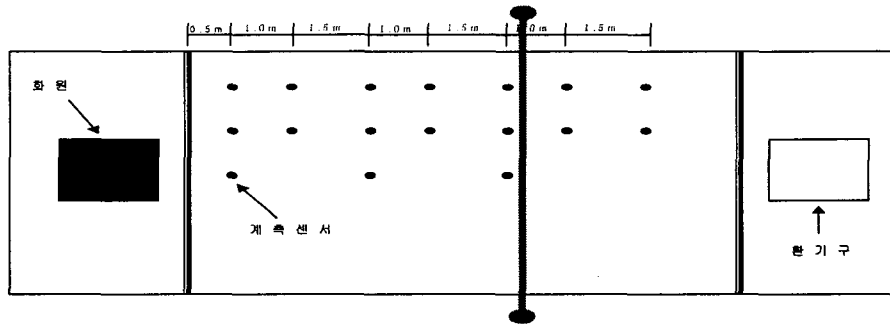


Fig 5. 계측센서 배치도(평면도)

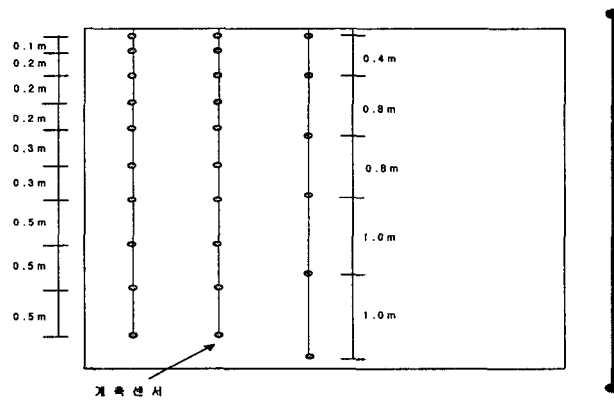


Fig 6. 계측센서 배치도(단면도)

4.3 터널 모형체에 설치된 시험설비

구분	품명	규격	단위	수량
연소장비	플펜		EA	1
	알콜		L	500
	연기생성기		EA	2
계측장비	열전대	"K"Type	EA	10
		"T"Type	EA	10
	데이터로거		EA	2
	스위치박스		EA	3
	유속측정기		EA	1
	노트북컴퓨터		EA	3
	물분무입자 측정기		EA	1
배관설비	스프링클러 배관		SET	1
	스프링클러 헤드	일반형	EA	30
		주거형	EA	30

표 1. 터널 모형체에 설치된 시험설비

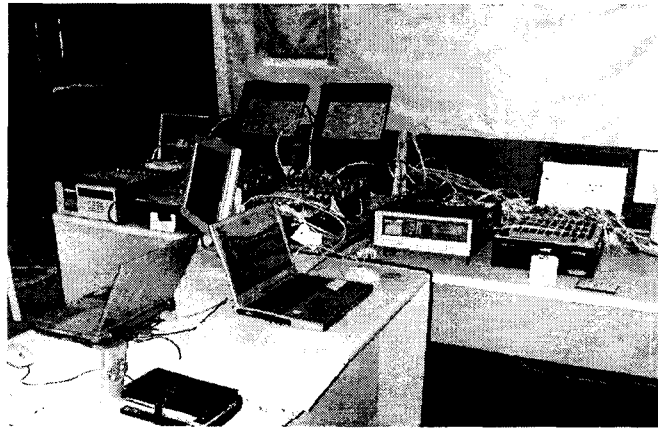


Fig 7. 온도측정설비

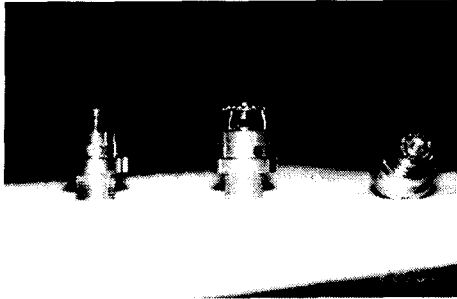


Fig 8. 스프링클러헤드(주거형)



Fig 9. 물분무 입자측정장비

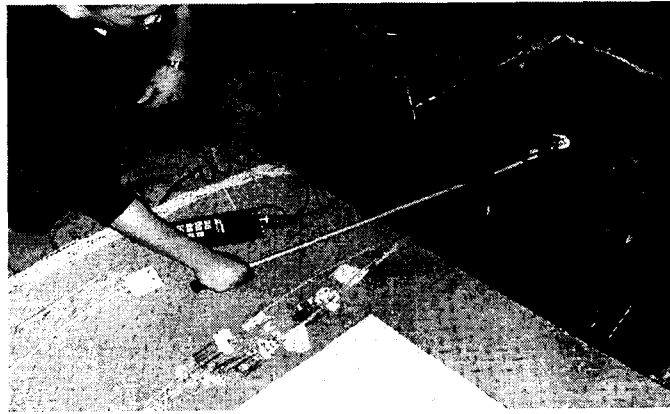


Fig 10. 터널화재시의 유속측정



Fig 11. 터널내 화재발생장치

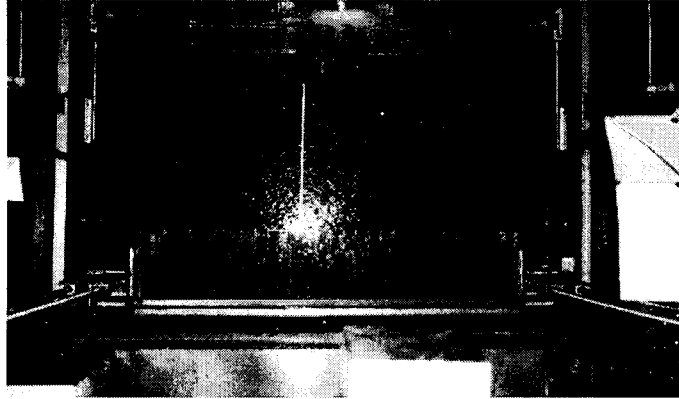


Fig 12. 물분무 입자시험

4.4 실험결과

터널내에서 IMS에 의한연소를 하여 연기층의 온도는 터널의 전면 제연스크린부로부터 후면의 제연스크린 까지의 온도분포는 그림13과 같다.

즉, IMS착화를 100초 후에 터널상부의 최대온도는 150℃까지 상승하고 바닥면에서 1m 높이의 온도대는 40℃를 나타내었다.

유속또한 0.5m/s에서 서서히 증가하여 2.5m/s까지 상승함을 보여주었다

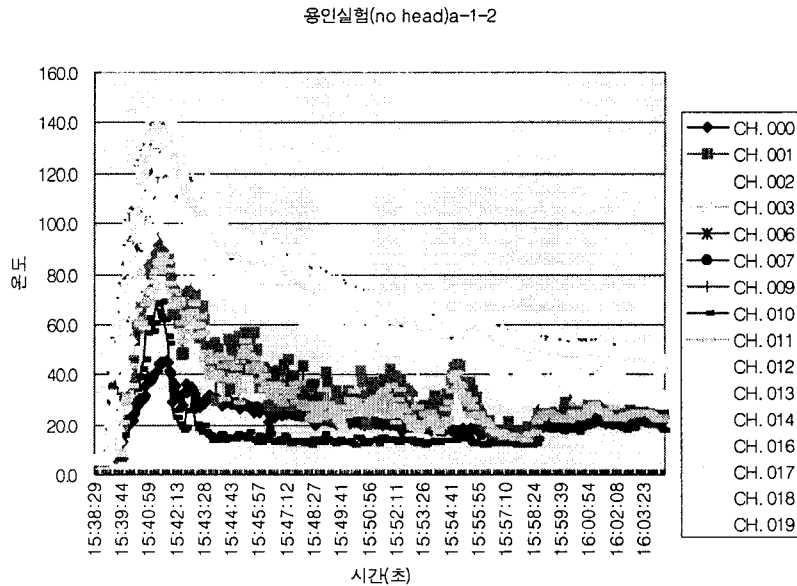


Fig 13. 터널화재 화연의 온도분포

4.4.1. 실험결과

스프링클러를 설치한 후에 IMS를 연소시켜 시간 변화에 따라 온도와유속을 측정하였고 표준형헤드와 주거형헤드에따라 아래와같은 실험결과를 보여주었다.

□ 물분무입자의 분석(표준형 헤드, 주거형 헤드)

구 분	표준형		주거형	
	1 kg/cm ²	4 kg/cm ²	1 kg/cm ²	4 kg/cm ²
입자경	421.02 μm	390.22 μm	308.57 μm	267.93 μm
유량	66.5 L/min	127.5 L/min	48 L/min	92.5 L/min

※ 측정거리 700 mm(측정장비: Mastersizer)

표 2. 스프링클러 헤드의 비교표

1) 표준형 스프링클러헤드 설치시

-표준형 스프링클러헤드의 작동시간은 IMS착화 후 약12분경으로 나타났으며 터널상부의 온도가 110℃~120℃ 정도인 경우에 스프링클러내 유리벌브가 파열되었다.

-시간별 온도변화를 살펴보면 스프링클러헤드에서 물이 방사되었음에도 불구하고 헤드 전면부 중앙높이에서만 온도대가 저하되었을뿐 천정 하단면과 거주역에서는 저감율이 미흡함을 보여준다.

-특히 환기구에서 분출되는 연기의 유속은 거의 변화가 없이 지속되었으며 오히려 시간이 경과함에 따라 약간 상승하는 추세를 보였다.

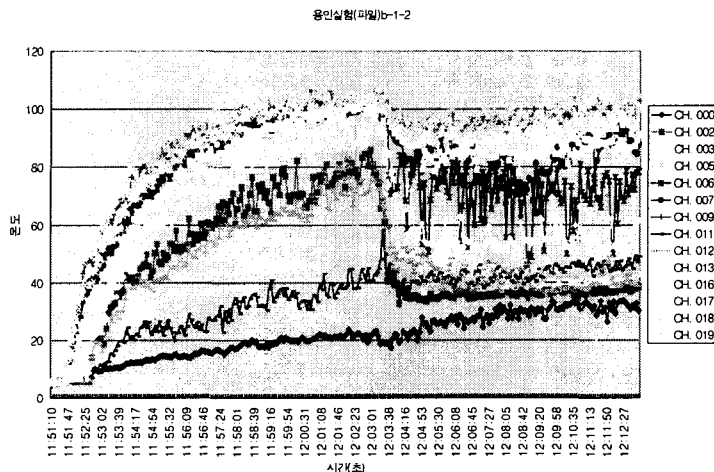


Fig 14. 스프링클러 설치후 온도분포(표준형헤드)

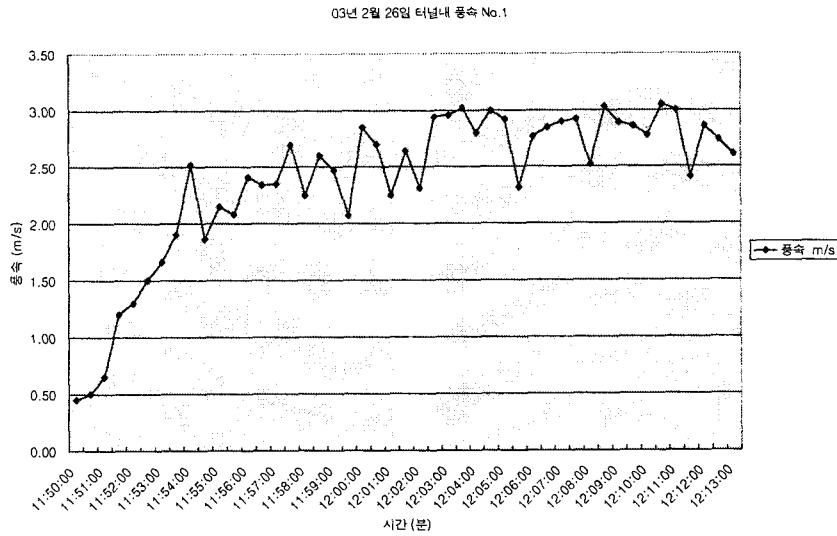


Fig 15. 스프링클러 설치후 유속분포(표준형헤드)

2)주거형 스프링클러헤드 설치시

-주거형 스프링클러헤드의 작동시간은 속동형(Quick Response) 퓨저블링크가 장착되어 있기 때문에 표준형보다 상대적으로 8분만에 파쇄되었다

-시간대별 온도변화는 스프링클러헤드 개방후 천정하부의 고도대는 1/3정도가 저하되었으며 대부분의 높이별 온도는 50℃ 이내로 떨어짐을 보여주었다.

-유속또한 온도저하가 급격히 일어남에 따라 0.9m/s를 넘지못하고 0.5m/s이하로 떨어져 일정한 유속을 유지함을 보여주고 있다.

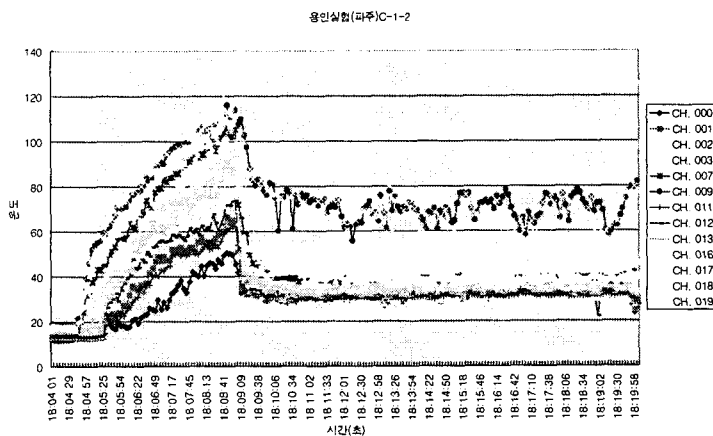


Fig 16. 스프링클러 설치후 온도분포(주거형헤드)

03년 2월 26일 터널내 풍속 No.4

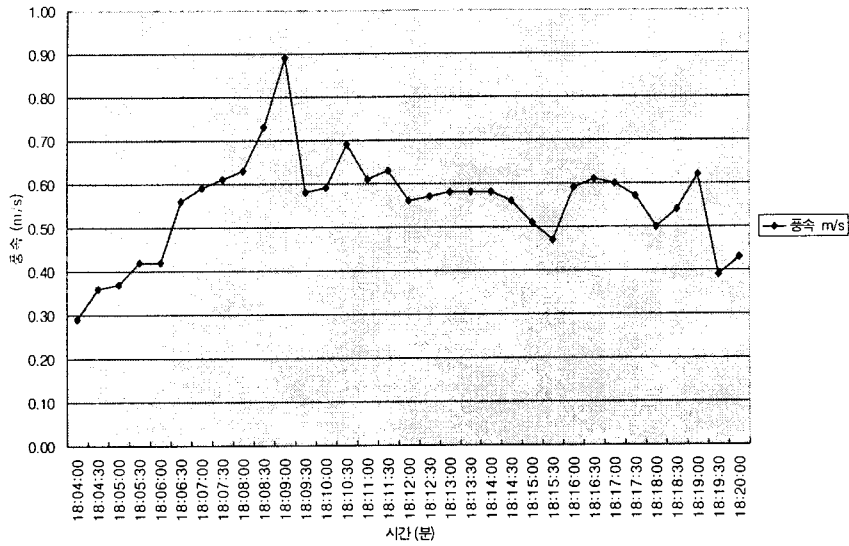


Fig 17. 스프링클러 설치후 유속분포(주거형헤드)

5. 결론

터널 스프링클러에 의한 연층 조기 저하성능은 주거형헤드를 터널 스프링클러에 의한 연층 조기 저하성능은 주거형헤드를 사용한 경우에만 괄목할 만한 효과가 입증된 반면에 표준형 헤드에서 분사되는 물입자의 효과는 거의 없음을 확인하였다. 주거형과 표준형 헤드에서 분사되는 물입자의 크기와 분포도가 상이함에 따라 연기층 조기 저하능력은 물입자의 입경이 200 μ m에서 큼을 알 수 있었다.

특히 주거형이 분무유량이 표준형에 비해 25%정도 적음에도 불구하고 연기층 조기 저하성능이 높음을 향후 물입자의 특성과 연기층의 상쇄효과를 규명하는데 목표를 두고 진행할 필요가 있다고 사료된다.

참고문헌

1. Arvidson, M., "Fixed Fire Suppression Concepts for Highway Tunnels", Tunnel Management International, March 2000, pp. 9-14.
2. Grant, G. & Southwood, P. 1999 Development of an Onboard Fire Suppression System for Eurotunnel HGV Shuttle Trains. Conference Proceedings: Interflam '99, Eighth International Fire Science & Engineering Conference, 29th June-1st July, Edinburgh Conference Centre, Scotland, Interscience Communications Ltd., pp. 651-662