

창고형 대형매장의 스프링클러 설계

김미경, 안병국, 박승민, 허남인*, 윤명오*, 김종훈**, 김운형**
 (주)안국 E&C, 서울시립대학교*, 경민대학 소방과학과**

Sprinkler Design on Rack Storage Store

Mi-Kyoung Kim, Byung-Kug Ahn, Seung-Min Park,
 Nam-In Hur*, Myung-O Yoon*, Jong-Hoon Kim**, Woon-Hyung Kim**
 Ankug E&C, The University of Seoul*, Kyungmin College**

1. 서론

국내에서 대형 할인매장은 이제 더 이상 새로운 형태의 판매 공간이 아니다. 1993년 11월 E-Mart를 시작으로 급속히 보급된 대형할인매장은 이제 우리 생활범위의 한 부분으로 자리 잡기 시작했다. 기존의 대형할인매장에 대한 화재위험성은 불특정 다수의 이용으로 인한 피난문제와 다양한 가연물로 인한 화재문제가 지적되어 왔다.

그러나 일반적인 형태와는 다른 형태의 할인매장이 도입되었는데 이른바 창고형 대형매장이다. 이는 랙크식 창고(rack storage)의 형태를 가지면서도 대형할인매장으로 영업을 하는 것을 말한다. 창고용도의 면적이 필요하지 않아 건축면적을 효율적으로 이용할 수 있고, 창고처럼 건축하기 때문 건축비용의 절감도 가져온다. 하지만 화재안전의 입장에서 보면 이는 기존 대형할인매장의 위험특성에 대형 랙크식 창고의 위험특성까지 동시에 지니게 된다는 단점이 있다. 특히 가연물의 형태가 대형 랙크식 창고의 특성을 지니기 때문에 소방 설비를 설계할 때의 선택이 매우 중요하다고 할 수 있다.

본 연구는 창고형 대형매장에 대한 스프링클러 설계 시 문제가 되는 일반형 스프링클러 헤드와 라지 드롭형 헤드(large-drop type head)에 대한 화재 진압 성능을 시뮬레이션 기법을 통하여 설계의 적정성을 알아보고자 하였다.

2. 스프링클러 설계 시 적용 기준과 문제점

현재 국내 스프링클러 설계는 소방기술기준에 관한 규칙에 적용을 받으며, 미국의 경우 NFPA Code를 설계에 적용한다. 본 연구에서 대상으로 하고 있는 창고형 대형매장은 Rack Storage의 화재특성을 가지므로 이에 대한 설계를 적용한다. 높이 8m, 랙의 높이가 6m 이하, 플라스틱 상품의 적재일 경우에 대하여 소방기술기준에 관한 규칙과 NFPA에 의한 설계 특성은 다음 표 1과 같다.

이 표에서 알 수 있듯이 Rack Storage에 대한 헤드의 적용이 국내는 표준형, 미국은 라지 드롭을 사용하며, 헤드의 유량과 살수밀도 등에 대해서 미국기준이 강화되어있음을 보여준다.

표 1. 8m 층고, 6m 저장 높이, 플라스틱상품 적재 기준

구분	국내(소방기술기준)	NFPA
특수장소	자동창고의 경우에만 Rack창고로 간주	자동창고여부에 관계없이 Rack창고로 간주
천정 스프링클러헤드	표준형	Large Drop
랙크 스프링클러헤드	미설치	미설치
설계 방식	규약배관방식	수리계산에 의한 방식
헤드유량/방사압력	80Lpm @1kg/cm ²	370Lpm @1kg/cm ²
살수밀도	9Lpm/m ²	40Lpm/m ²
동시사용 스프링클러헤드	20개	20개
헤드 담당면적	10.5m ²	9m ²
소화펌프 용량	1,600Lpm	7,400Lpm+a

3. 화재모델링을 통한 설계 적정성 검토

본 검토는 화재모델링기법을 이용하여 창고형 대형 매장에 대한 일반형 스프링클러 헤드와 라지 오리피스 헤드의 적용성능을 비교하여 보았다. 모델링을 위한 각 설정은 다음과 같다.

- 사용모델 : Fire Dynamic Simulator V. 3.0 (NIST)
- 대상공간 : 13m(D)×16m(W)×8m(H)
- 점 화 원 : 480 kW를 60초간 방출 후 멈춤
- 가 연 물 : 4 × 4 × 8 = 128 개
- 설 정 : 벽 - Open, 천정 - Ceiling Tile, 바닥-Concrete.
가연물 - PLASTIC A Commodity, Beam - Steel,
Draft Curtain - Steel.
- 장 애 물 : Beam - 천정으로부터 0.6m, Draft Curtain - 천정으로부터 1.0m
- Sprinkler : Case 1 - 표준형 헤드 (Standard Sprinkler)
- 작동온도 72℃, 방수압력 1.0 kg/cm², 설치: 2.4m 간격, 24개
Case 2 - 라지 드롭 헤드 (Large Drop Sprinkler)
- 작동온도 72℃, 방수압력 5.2 kg/cm², 설치: 3.0m 간격, 24개

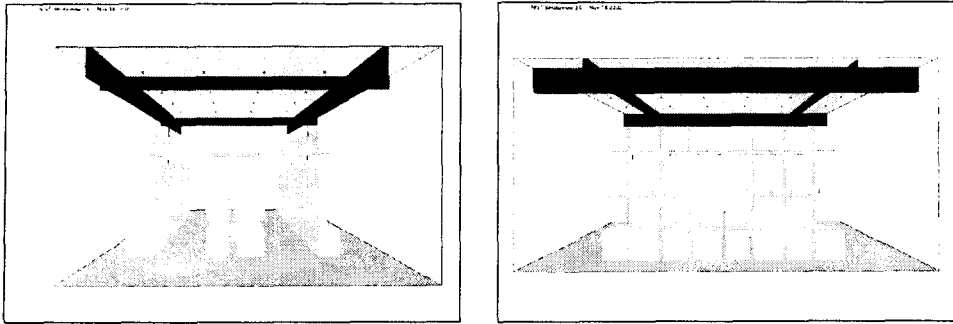


그림 1. 설정 공간의 모습

(1) Case 1 - 표준형 헤드 설치

가연물의 가운데에 480kW의 화재를 60초 동안만 지속시킨 후의 상황을 보았다. 점화원이 꺼진 다음에도 가연물에 화재가 착화되고 상부로 전파되는 상황을 볼 수 있었다. 105초에 스프링클러 4개가 동시에 개방되었으며, 연속적으로 개방되면서 최대 21개 개방되었다. 특히 보(0.6m)로 구획되어있는 부분의 반대편 헤드들이 개방되는 현상을 보여 주었다.

그림 2에서 볼 수 있듯이 120초에는 상부공간의 온도가 약 260°C가 되었고, 240초까지도 약 250°C를 유지하다 300초에서 상부로 올라오는 플럼(Plume)의 온도가 약 140°C로 하강한 것을 볼 수 있다. 그러나 900초에서도 약 140°C의 플럼이 계속 천정면까지 도달하는 결과를 나타내었다. 화재의 확대에 의한 열방출율(Heat Release Rate)의 최대치가 127초에 6.1 MW에 도달한 것으로 나타났다.

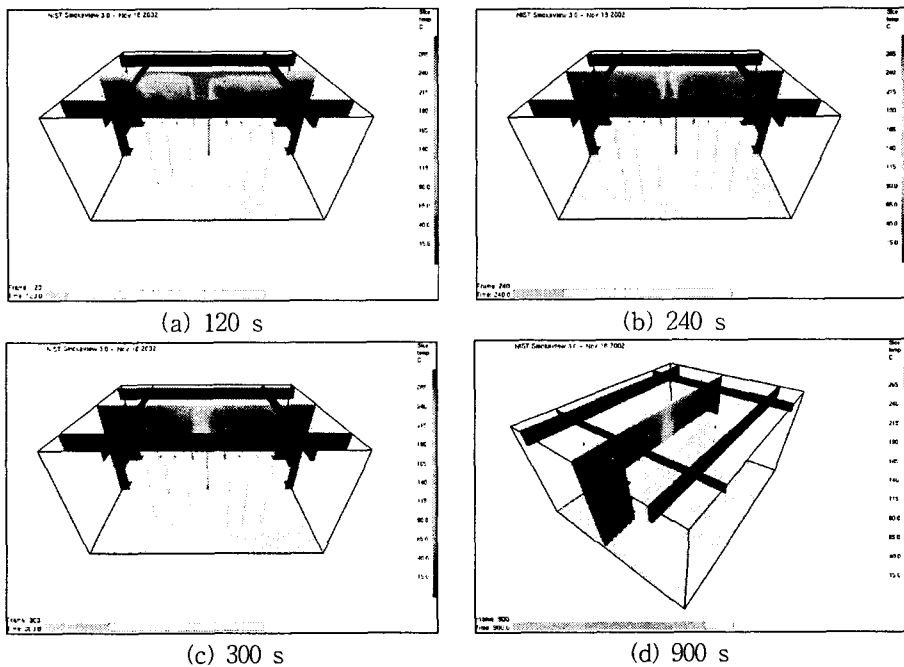


그림 2. 일반형 스프링클러의 개방후 온도 변화

(2) Case 2 - 라지 드롭 헤드 설치

Case 1과 같은 조건으로 시작되어 화재는 확대되다 105초에 4개의 헤드가 동시에 개방되었다. 이후 연속적으로 개방되면서 최대 12개가 최대로 개방되었다.

헤드개방이전의 화재상황은 Case 1과 같으나 그림 3에서 보듯이 140초에는 온도가 약 165℃를 기록하다 150초경 플럼 상부의 온도가 90℃로 하강하고, 170초에는 상승되는 플럼의 기류가 급격히 냉각되면서 천정부에는 약 30℃의 온도로 도달하는 것을 알 수 있다. 이후에도 거의 실온(20℃)에 가까운 온도분포를 보여준다. 화재의 확대로 인한 공간내부의 최대 열방출율은 113초에 5.3 MW가 기록되었다.

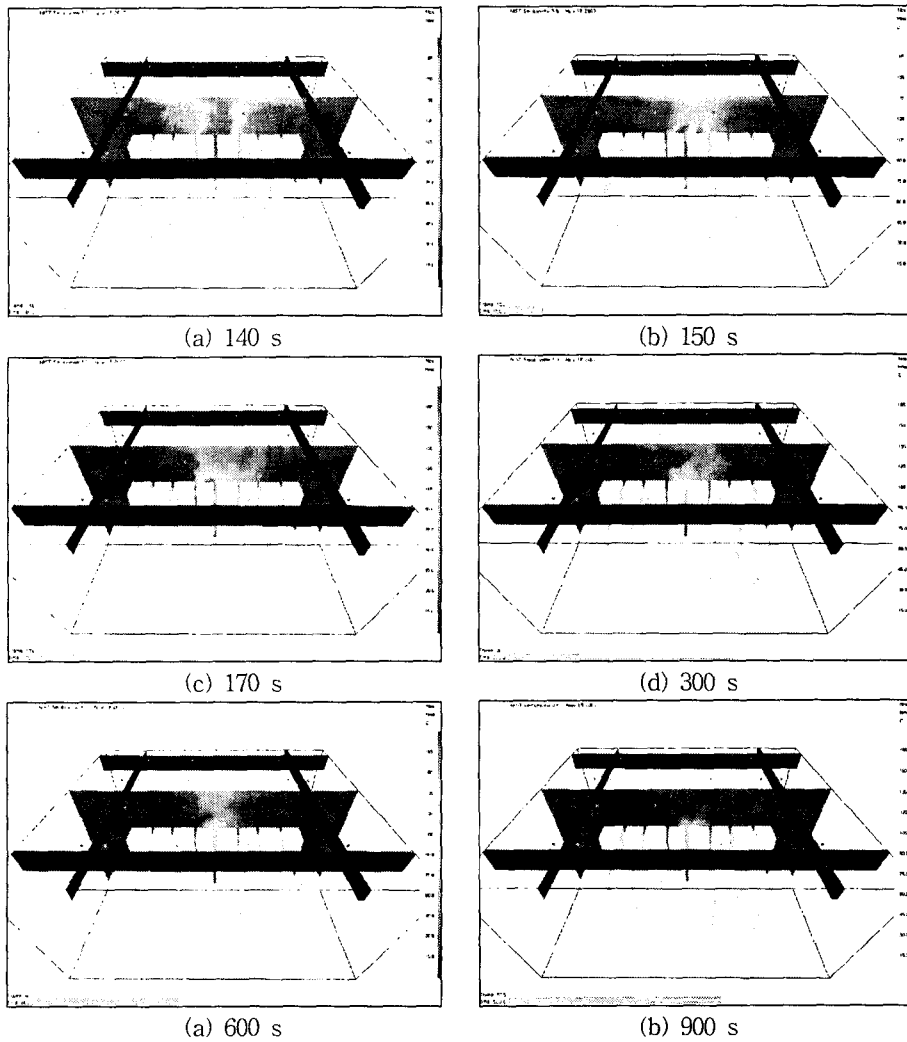


그림 3. 라지 드롭 스프링클러의 개방 후 온도 변화

(3) 결과 분석

두 개의 Case를 모델링(modeling) 하여본 결과 다음과 같은 사항을 비교 분석 할 수 있었다.

① 헤드 개방 개수의 비교

표준형 헤드를 설치한 Case 1은 21개의 헤드가 개방되었고, 라지 드롭 헤드를 설치한 Case 2는 12개의 헤드가 개방되는 결과를 보여주었다.

이는 화재에서 발생하는 플럼(Plume)과 천정 열기류(Ceiling jet)의 온도가 Case 1에 비하여 Case 2가 낮기 때문이며, 이는 라지 드롭 헤드가 화재에서 발생하는 기류의 온도를 확실히 낮출 수 있음을 의미한다.

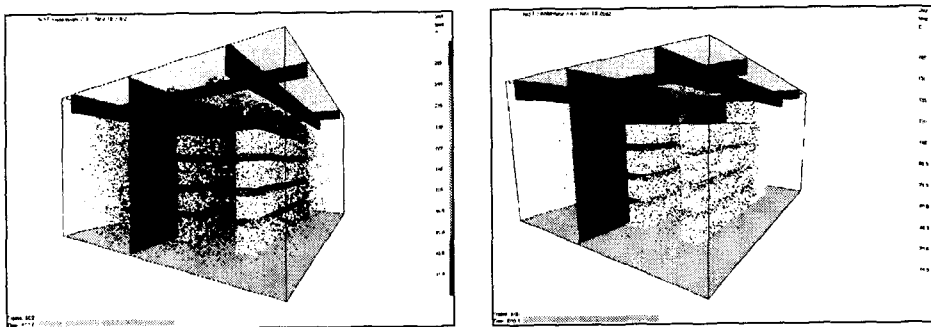


그림 4. 표준형과 라지 드롭형의 스프링클러 작동 (600 s)

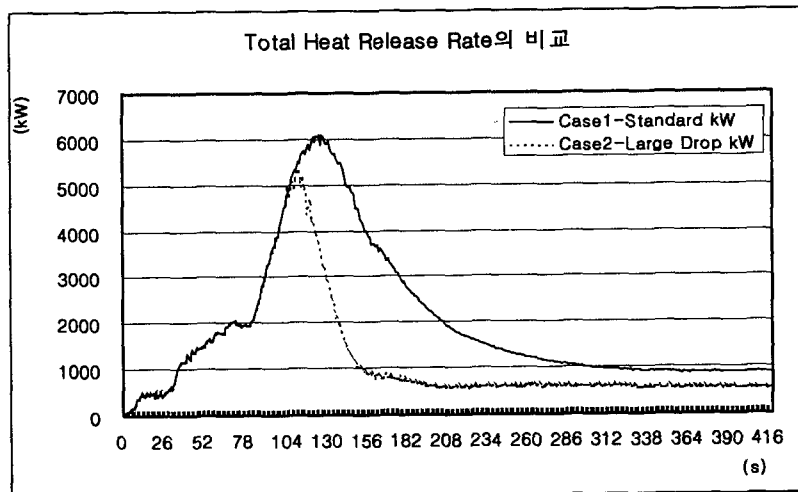


그림 5. Case 1과 Case 2의 열 방출비율 비교

② 온도분포의 비교

그림 3과 4에서 알 수 있듯이 화재에서 발생하는 기류의 온도를 확실히 낮출 수 있는 것은 라지 드롭 헤드라는 것을 알 수 있다. 특히 Case 1의 경우는 플럼이 스프링클러에서 방사되는 물에 의한 영향을 별로 받지 않고 천정면까지 상승하는 반면, Case 2는 헤드에서 방사되는 물이 플럼을 분산시키는 모습을 보여주어 화세의 진압에 대하여 라지 드롭 헤드가 우수하다는 것을 알 수 있었다.

③ 총열방출율의 비교

시작 후 1분간 지속된 점화원이 멈춰진 후 가연물인 PLASTIC A는 화재의 전파와 함께 급속한 열방출율(Heat Release Rate)의 상승을 볼 수 있다.

그러나 헤드의 작동 후 (105초 이후) 열방출율의 저하는 Case 2가 Case 1에 비하여 신속히 이루어지며, 최하로 유지되는 발열량도 낮은 것으로 나타났다.

4. 결 론

창고형 할인매장 스프링클러 설계 시 표준형 스프링클러와 라지 드롭 스프링클러의 선택에 대한 문제에 대한 본 연구의 결과는 라지 드롭 헤드가 우수한 것으로 나타났다.

(1) 스프링클러 작동 후 일정시간이 지나고 표준형 헤드의 경우는 약 140℃, 라지 드롭 헤드의 경우는 약 30℃로 지속되는 현상을 보여주어 창고형 대형매장화재에 대한 적용력이 우수한 것으로 나타났다.

(2) 점화에 의하여 확대된 표면의 열방출율(Heat Release Rate)이 헤드 작동이후에 라지 드롭을 설치한 경우가 급격한 저하를 보여주어 표준형에 비하여 진압성능 면에서도 우수한 것으로 판명되었다.

(3) 국내기준과 NFPA 기준 모두 작동헤드의 개수를 20개로 하고 있다. 본 모델링의 결과에 의하면 표준형의 경우 21개, 라지 드롭의 경우 12개가 작동하는 것으로 나타났으며, 시뮬레이션 대상 헤드를 늘릴 경우 작동헤드의 개수가 늘어날 가능성이 매우 높아 실제 화재 시에는 표준형 설치의 경우 방수량이 부족할 수도 있다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. “소방기술기준에 관한 규칙”, 행정자치부, 2002.
2. Kevin B. McGrattan, “Fire dynamics Simulator(Version 3)-User’s Guide”, NIST, 2002
3. “NFPA 13-Standard for the Installation of Sprinkler Systems”, NFPA, 2002.
4. 박승민, 김운형, J. R. Mawhinney, 공동구 미분무 소화설비의 적용, 한국화재소방학회 추계학술논문발표회, (2001.11)