

A-7 외부 바람의 영향을 받는 공간에서의 화재 시뮬레이션

김진곤^{*}, 정연태^{*}, 윤명오^{**}, 유홍선^{***}, 김충익^{***}, 김운형^{****}
한국항공대학교, 동명정보대학^{*}, 서울시립대학교^{**}, 중앙대학교^{***}, 경민대학^{****}

Fire Simulation for a Space with Wind Effect

KIN Jin Kon, JEON Yun Tae^{*}, YOON Myung Oh^{**},
RYU Hong Sun, KIM Chung Ik^{***}, KIM Woon Hyung^{****}
HanKuk Aviation University, Tong Myong University of Information Technology^{*},
University of Seoul City^{**}, Chung Ang University^{***}, Kyung Min College^{****}

1. 서론

실내 공간에서 연기는 외부의 바람 또는 급기의 강한 영향을 받지 않는다면 상부로부터 쌓여 하강하는 전형적인 연기 축적의 현상을 보이고 있다. 이 경우 단순한 공간이라면 code나 zone 모델을 이용하여 연기 발생량, 연기의 축적 시간 및 연층의 높이 등을 계산할 수 있다. 그러나 건물 외부의 영향, 즉 바람을 고려할 경우 대상공간에서의 연기의 유동은 바람에 영향을 크게 받고, 전형적인 연기의 축적, 하강과는 다른 현상을 보이게 되며, 이 결과로 피난시간의 확보에 큰 영향을 미치고 있다. 본 연구에서는 공간의 상부 중 일부가 외부에 노출되어 바람의 영향을 받는 역사를 선택하여 외부 바람의 영향을 살펴보고 이에 따른 대책을 제시하고자 한다.

2. 화재 시나리오

본 연구에 적용된 시나리오는 다음과 같다.

2.1 공간의 구성

공간의 구성은 구립 1과 같다. 승강장에는 모두 8개의 열차 선로가 있으며, 그중 가운데 2선은 통과열차 전용선이다. 승강장의 폭은 86.1m이고 길이는 297m 높이는 45.67m이다. 승강장과 콩코스를 나누는 벽은 모두 유리로 되어 있으며, 폭을 가로질러 승객을 위한 통로가 있다.

2.2 발열량

화재의 발생은 승강장에 정지한 열차의 1량에서 발생한 것으로 하였으며, 이 열차는 승강장의 콩코스에서 가장 인접한 선로에 정차되어 있는 것으로 하였다. 회원의 위치는 열차 출입구로부터 144m 떨어진 곳에 위치한 것으로 정하였다.

열차차량에서의 발열량은 열차의 형태에 따라 매우 다양하다. 다음의 두가지 경우를 상정하였다. 첫째로는 TGV에서 제시한 총 발열량을 1시간의 화재 지속 시간으로 가정하면 약 26MW가 된다. 둘째로는 차량 내부의 화재는 일반적으로 환기지배형이다. 따라서, 차량의 앞과 뒤의 문 그리고 비상용 창문 4개를 열린 것으로 가정하여 CFAST zone model을 적용하였을 경우 최대 발열량은 13.4MW이다. 양쪽 모두 화재 성장 모드는 Ultra fast로 하였다.

2.3 외기 조건

승강장의 상부에 길이 방향으로 개구부가 좌우에 있다. 이 개구부를 통해서 외부의 바람이 승강장 내부를 순환한다. 열차가 출입하는 승강장 하단도 외부와 개방되어 있다. 시뮬레이션에 요구되는 바람의 조건은 기상청 자료를 이용하였다. 본 연구에 사용된 바람의 속도는 서울 지역의 월별 또는 시간별 바람의 속도의 통계자료로부터 얻어진 평균값과 이의 편차값을 이용하여 5m/s로 정하였으며, 이 속도는 전체의 약 90% 이상의 값을 포함하고 있다. 태풍이 부는 경우는 2개의 재해가 동시에 작용하는 것으로 본 연구에서는 제외하였다. 바람이 부는 방향은 승강장 상부의 개구부 한쪽 면에 수직으로 작용하는 것으로 가정하였다. 이 경우 열차가 출입하는 면에 대해서는 수평이 되고, 이곳을 통하여 들어오는 바람은 무시하였다. 한편 외기의 온도는 겨울의 경우 -18°C , 여름은 32°C 이고, 승강장은 10°C , 40°C 로 각각 정하였다. 그리고, 천장은 단열벽, 승강장과 콩코스 벽은 유리벽으로 열손실을 고려하였다.

3. 계산 방법

3차원, 비정상 운동량 방정식과 난류 모델인 $k-\epsilon$ 전달 방정식은 유한 체적법을 이용하여 차분화 되며, 이렇게 생성된 차분식의 해는 SIMPLE 알고리즘을 적용하였으며 반복 계산하여 얻었다. 전체 grid 수는 약 200,000개이고(그림2), time step는 0.15초로 하였으며 계산시간을 72시간 정도 소요되었다. 사용된 hardware는 super computer 이다.

4. 계산 결과 및 검토

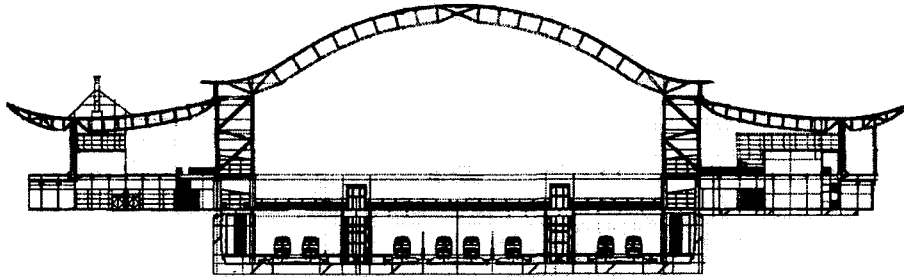
그림2는 승강장의 grid이다. 외부 바람의 속도는 5m/s이지만 승강장 내부의 상태에 따라 승강장으로의 외부 공기 유입이 달라지므로 외부에서 grid를 형성하였다.

발화 후 180초에 열기류는 크게 상승되어 있지 않지만(그림3), 승강장 내부의 속도는 외부의 바람의 영향으로 큰 순환류를 형성하고 있다(그림4). 이 순환류는 화원으로부터 형성된 상승기류와 합쳐져 하강하고 일부는 화원으로 접근하고 나머지는 화원의 반대쪽 순환류로 들어간다. 한편, 화원으로부터 발생한 상승기류의 일부는 개구부를 통하여 밖으로 나가고, 나머지는 외부로부터 들어온 찬 공기와 합쳐져 순환류를 형성한다. 연기의 이동은 이러한 큰 순환류의 영향으로 인하여 그림5, 그림6에서와 같이 승강장 전체에 퍼진다. 이와 같이 빠른 연기의 확산으로 인하여 승강장 체류자의 안전한 피난시간 확보가 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 승강장 상부의 개구부를 막고 시뮬레이션을 수행하였다. 외부의 기류의 영향이 없으므로 상승된 열기류는 천장부터 쌓여 하강하고(그림7), 전체적인 내부의 순환은 매우 작으며 화원 근처에서의 공기의 유동이 있을 뿐이다.(그림8) 따라서, 연기도 천장에서부터 쌓여 하강하는 형태를 보이고 있다.(그림9, 그림10) 발화 후 10분이 경과해도 연층은 상부 통로에 미치지 않고 있다. 따라서, 체류자의 안전한 피난이 확보됨을 알 수 있다.

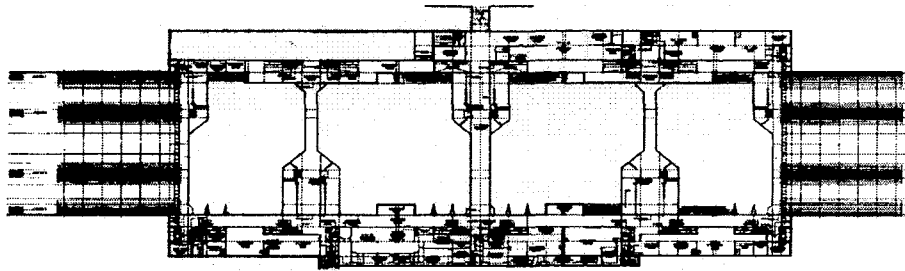
5. 결론

외부의 바람은 대상공간의 기류를 크게 변화시키고, 열기류 및 연기의 유동에 큰 영향을 준다. 본 연구에 사용된 역사의 승강장에서는 외부의 바람으로 인한 연기의 이동이 급격히 변하여 승강장 체류자의 피난에 큰 위협이 되고 있다. 반면, 외부 바람의 영향이 없는 경우 전형적인 연층의 하강 형태를 보여주고 있다. 따라서, 승강장 상부의 개구부를 막거나 또는 내부의 연기를 배출하고 외부풍속을 완화시키고 부력에 의하여 배연시킬 수 있는 빗살형 개구부를 설치하는 것이

바람직 한 것으로 판단된다.



(a)



(b)

Fig.1 역사도면

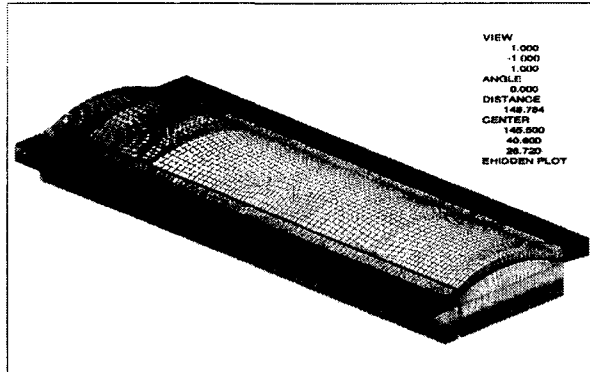


Fig.2 승강장 Grid

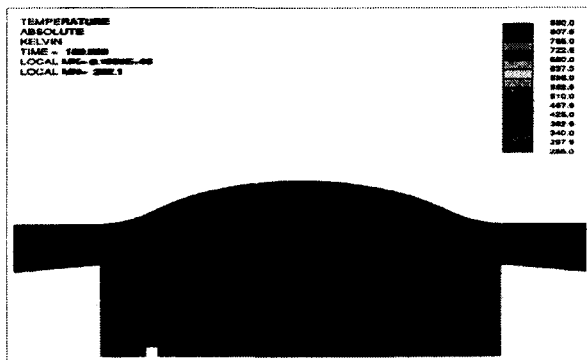


Fig.3 발화후 180초의 승강장 온도 분포
(바람속도 5m/s)

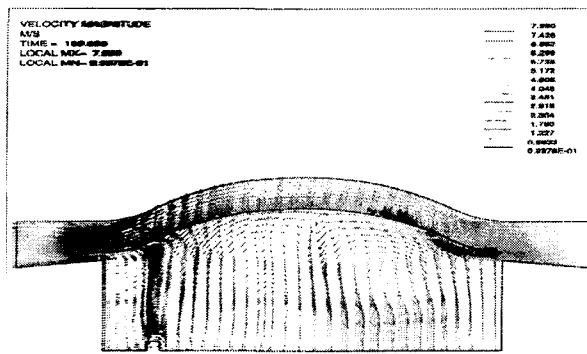


Fig.4 발화후 180초의 승강장 속도 분포
(바람속도 5m/s)

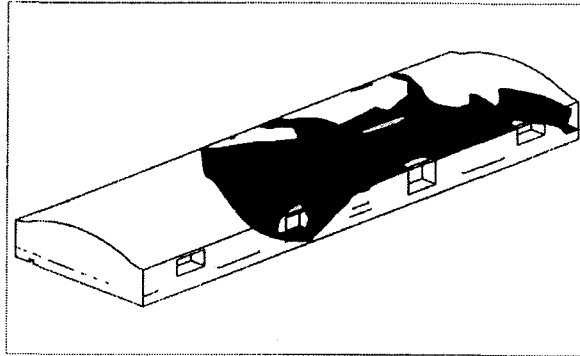


Fig.5 발화후 180초의 승강장 연기 분포
(바람속도 5m/s)

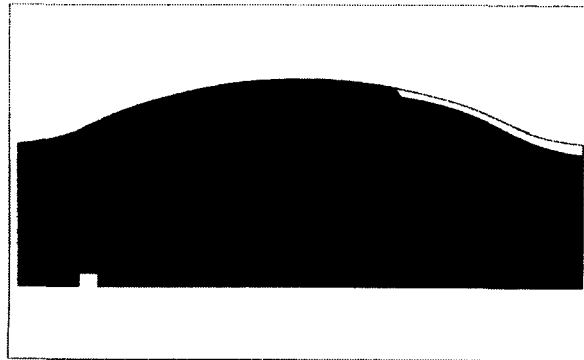


Fig.6 발화후 180초의 승강장 연기 분포
(바람속도 5m/s)

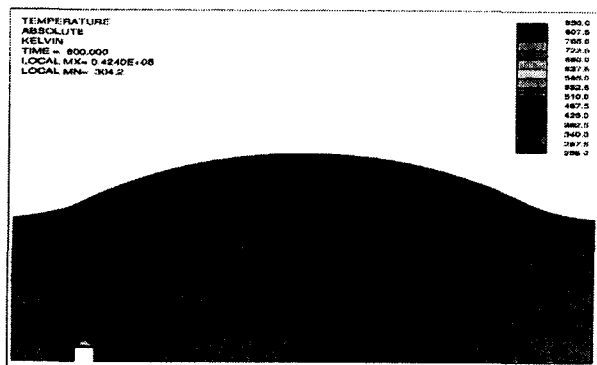


Fig.7 발화후 600초의 승강장 온도 분포
(바람이 없는 경우)

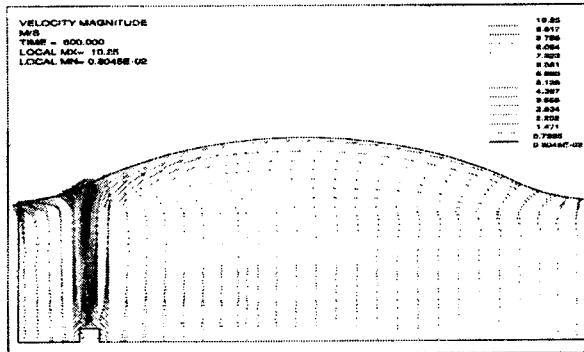


Fig.8 발화후 600초의 승강장 속도 분포
(바람이 없는 경우)

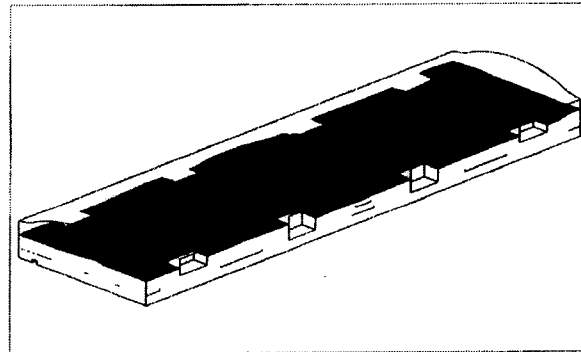


Fig.9 발화후 600초의 승강장 연기 분포
(바람이 없는 경우)

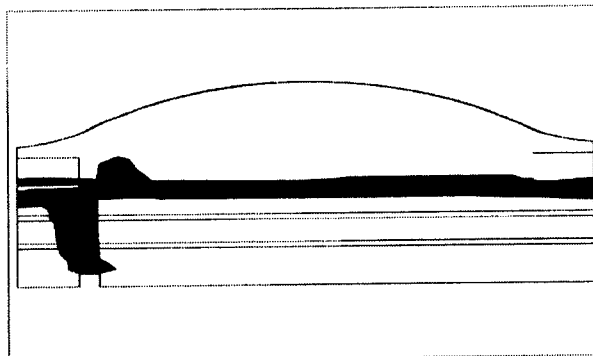


Fig.10 발화후 600초의 승강장 연기 분포
(바람이 없는 경우)