

철도터널에서의 화재시 발생하는 연기 온도/발생량 계산

Calculation of Smoke Temperature/Volume Flow rate in Tunnel Fires

박원희* 장용준**
Park, Won-Hee Jang, Yong-Jun

ABSTRACT

Under various tunnel fires, smoke average temperature and volume flow rate in a tunnel fire are calculated. To obtain realistic results, enthalpy of smoke which composites combustion gases and entrainment air is calculated from curvefit polynomials by temperature.

1. 서 론

철도터널의 경우에는 철도차량 및 지하시설물 등이 화원이 될 수 있는데, 이를 이루고 있는 구성품에 대한 연소특성(발화점, 유독가스 발생) 등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 터널과 같은 시설물의 관점에서 환기 및 화재안전에 대하여 접근할 경우에는 이러한 단품 및 재료의 화재원에 대한 연소특성을 개별적으로 고려하기가 현실적으로 어렵다. 그러므로 터널 내에서 철도차량에서 화재가 발생효과를 고려하여 터널 내의 화재 연기 및 열유동 분포 및 제연시설의 해석을 위해서는 철도차량을 이루고 있는 단품들이 연소하면서 발생하는 열, 가스, 슈트(soot) 등의 총괄적인 효과를 고려하는 것이 터널의 환기 및 화재안전에 대하여 접근하기에 수월하다. 최근에 O. Mégret와 O. Vauquelin[1]는 탭탄폴의 크기에 따라 연기 온도 및 연기발생량을 계산한 바 있는데 박원희[2]는 이를 개량하여 화원의 총열방출률이 정해진 경우에 폴화재 연료의 종류에 따른 연기의 온도 및 연기발생량을 계산하는 프로그램을 작성하였다. 보다 정확한 예측을 위하여 연기(화재 생성물 및 동반 상승하는 공기)의 커브피팅된 엔탈피와 총열방출율과의 에너지 보존법칙을 이용하여 연기의 평균온도를 예측하였다. 사용자편의인터페이스(GUI)를 사용하여 사용자가 쉽게 프로그램을 이용할 수 있도록 하였다. 본 논문에서는 이를 이용하여 철도터널에서 화재 발생시 여러 조건별 화재연기 온도 및 연기생성량에 대하여 계산하였다.

2. 연기 온도 및 발생량 산출 프로그램 소개

연기 온도 및 발생량 계산 프로그램을 실행시키면 그림 1과 같은 화면이 출력된다. 풀다운 메뉴중 READ를 선택하여 입력파일을 선택할 수 있다. 그 옆에 위치한 Tunnel Fire Data를 선택하면 그림 2와 같은 대화창이 나타난다. Input File에 계산 입력파일명을 입력할 수 있으며, 이 입력파일로 계산결과가 저장된다. Input에 Tunnel height[m]는 터널의 대표적인 높이를 기입하는 칸이며, Total heat release rate[kW]에는

* 한국철도기술연구원, 궤도토목연구본, 정희원

E-mail : whpark@krri.re.kr

TEL : (031)460-5358 FAX : (031)460-5319

** 한국철도기술연구원, 궤도토목연구본, 정희원



그림 1 연기온도 및 발생량 프로그램 실행화면

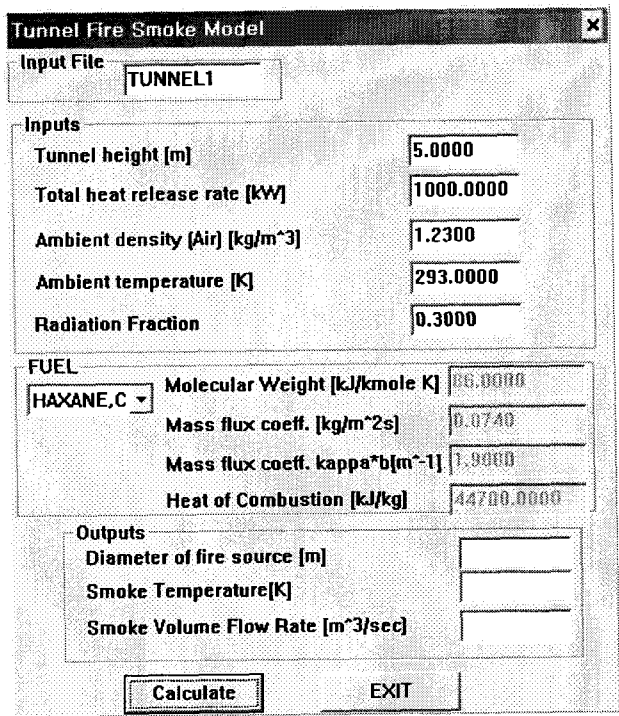


그림 2 입력 및 출력 대화창

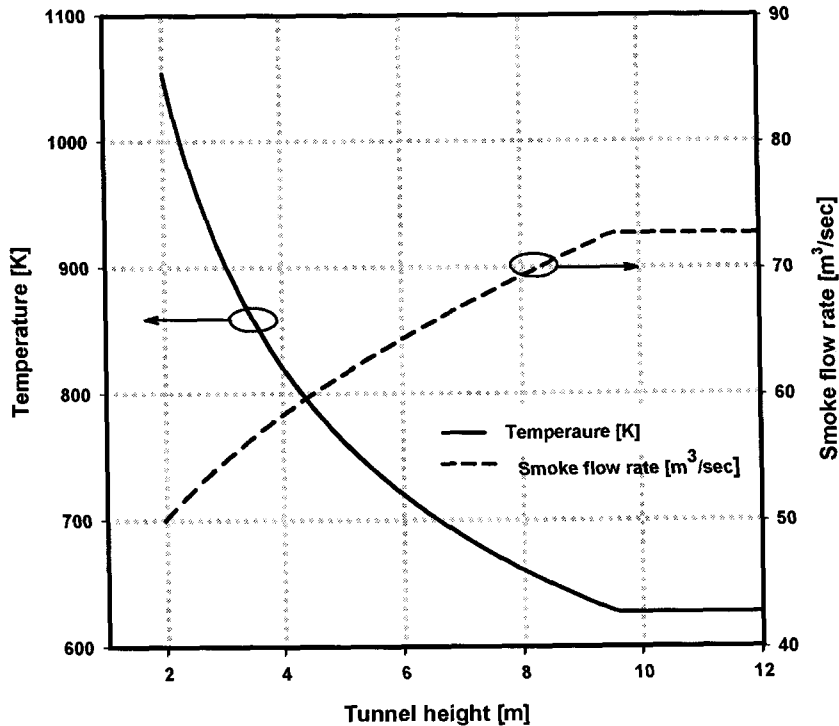


그림 3 터널높이에 따른 연기 온도/발생량 (20 MW의 경우)

대류 및 복사 열방출율을 포함한 총열방출율을 kW단위로 입력할 수 있다. Ambient density 및 temperature는 대기의 밀도[kg/m^3] 및 온도[K]를 입력한다. 연료의 연소로 인하여 발생된 총열방출율은 상승하는 화재 플룸의 온도를 높이는 대류 열방출율과 복사열전달로 인하여 외부로 방출되거나 재흡수 되는 에너지로 분류될 수 있다. 연기온도를 상승시키는데 할당되는 대류 열방출율은 총열방출율에 대한

복사 열방출율에 비율인 복사분율 Radiation Fraction을 이용하여 구하여진다. 복사분율에 대한 연기 온도 및 생성량을 계산한 그림 6만 제외하고는 모든 계산에서 복사분율은 0.3으로 고정하였다. 6가지의 연료를 선택할 수 있도록 프로그램을 작성하였다. 대기온도의 경우에도 계절별 변화를 본 그림 7의 경우만 제외하고 대기온도는 모두 293K로 설정하였다. 그러나 헵탄을 제외한 나머지 5가지의 연료의 경우에는 동반공기량 계산 부분에서 헵탄에서 유도된 식을 전용하였으므로 이에 대한 오차가 발생한다는 것을 염두하여야 한다.

3. 해석결과

그림 3에서는 터널 화재의 총열방출율이 20MW일 경우의 터널높이에 따른 연기 온도/발생량을 보여주고 있다. 터널 높이가 약 9.6m 이상의 경우에는 화염의 높이가 한정되어 일정한 연기 온도 및 발생량을 보인다. 그림 4는 터널높이가 5m인 경우에 헵탄 및 프로판에 대하여 총열방출율에 따른 연기 온도/발생량을 보여주고 있다. 연기발생량이 보다 많은 프로판의 경우가 연기 온도가 더 적게 나왔다. 이는 같은 총열방출율의 경우에 연기발생량이 많을수록 단위 부피의 온도를 상승시킬 수 있는 에너지가 더 적게 소비되기 때문이다. 그림 5에서는 헵탄, 터널 높이 7 m의 경우 총열방출율에 따른 연기 온도/발생량을 보여 주고 있다. 그림 6에서는 복사분율에 따른 연기 온도/발생량을 보여주고 있는데, 복사분율이 높을수록 총열방출율에서 연기의 온도를 상승시키는데 역할을 하는 대류열방출율이 작아지므로 이러한 결과가 도출된다.

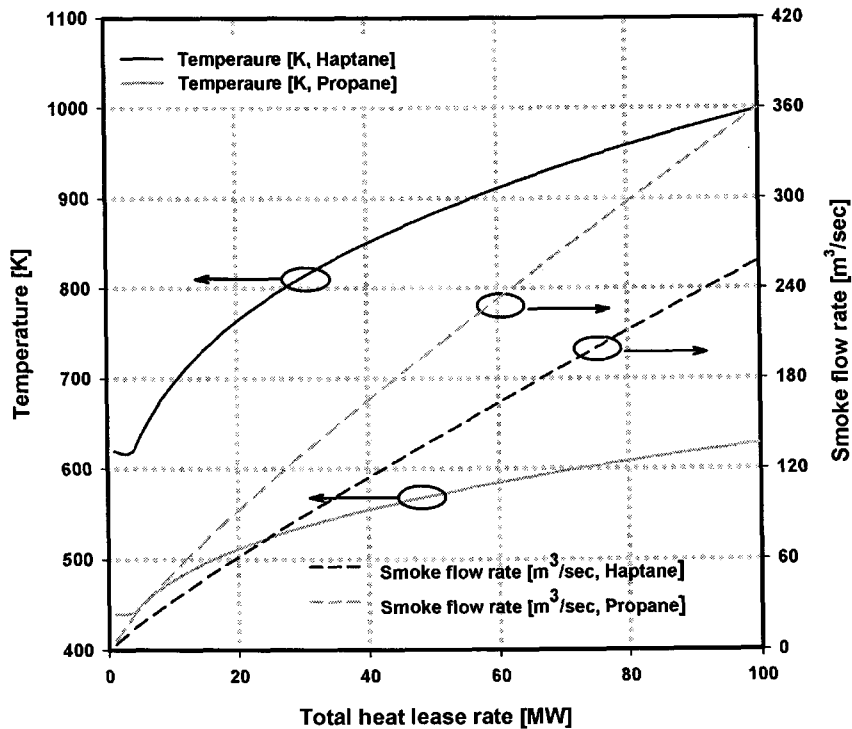


그림 4 연료 종류별 총괄열방출율에 따른 연기 온도/발생량 (터널 높이 5m)

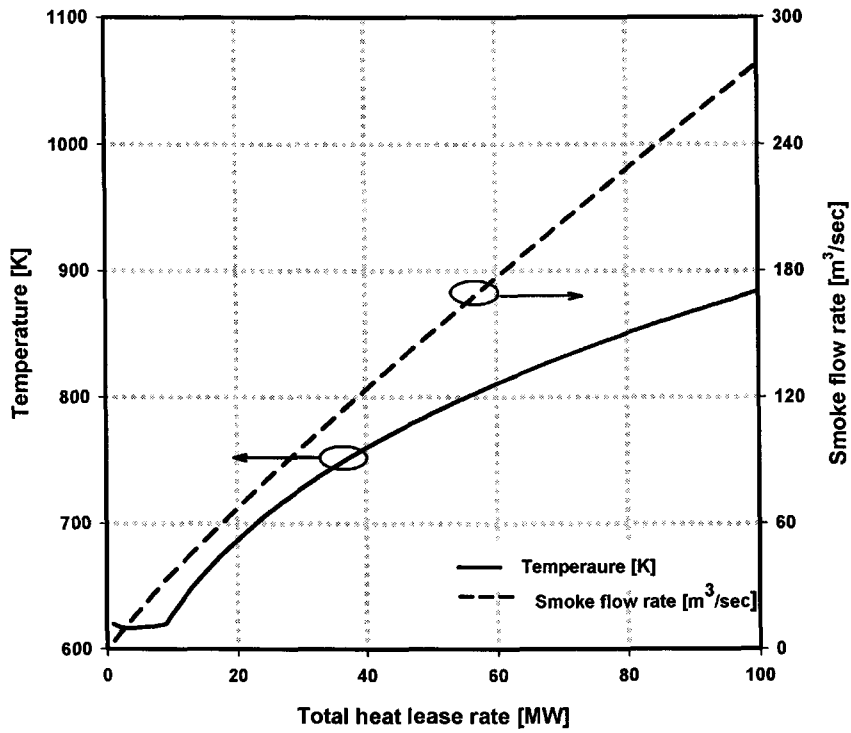


그림 5 총열방출율에 따른 연기 온도/발생량 (헵탄, 터널 높이 7 m의 경우)

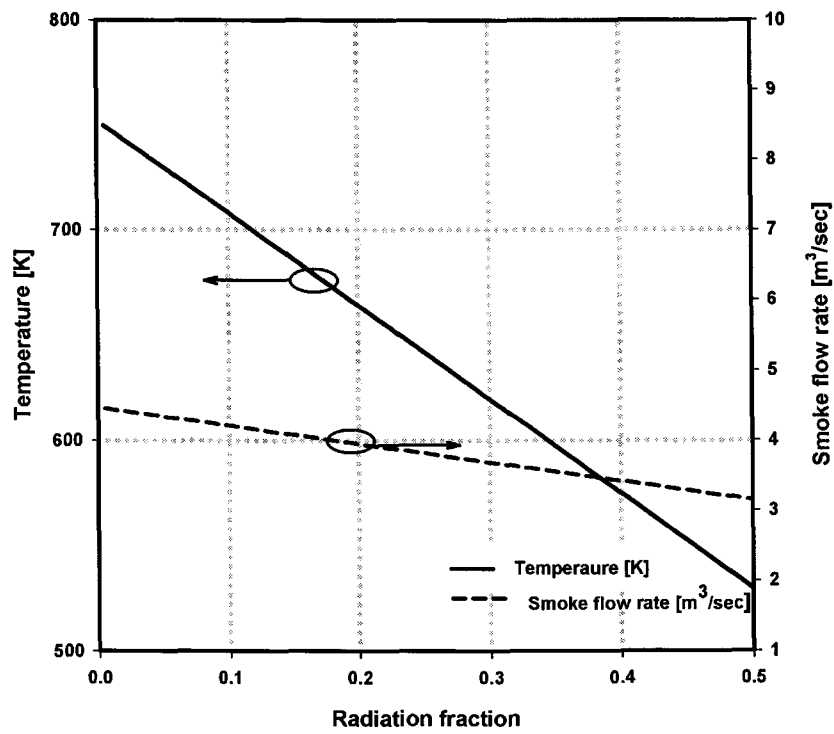


그림 6 복사분율에 따른 연기 온도/발생량(헵탄, 터널 높이 9.5m(경부고속철도터널)의 경우)

4. 결론

본 논문에서는 총열방출률이 정해진 경우에 풀화재 연료의 종류에 따른 연기의 온도 및 연기발생량을 계산하는 프로그램을 이용하여 철도터널에서 화재 발생시 여러 조건별 화재연기 온도 및 연기생성량에 대하여 계산하였다. 총열방출율이 20 MW인 경우의 터널높이에 따른 연기 온도/발생량과 연료 종류별 총괄열방출율에 따른 연기 온도/발생량을 계산하였으며, 터널 높이 별로 총열방출율에 따른 연기 온도/발생량 과 복사분율에 따른 연기 온도/발생량을 구하였다. 본 프로그램의 적용상의 한계가 존재하지만 본 프로그램을 이용하여 터널에서 발생하는 화재의 규모에 따라 연기의 특성을 쉽게 파악할 수 있어 터널의 화재안전설계 및 모의/축소 터널화재시험시에 유용하게 사용될 것이다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부에서 지원하고 한국건설교통기술평가원에서 시행하고 있는 “철도화재 안전성능 평가 및 사고방지기술개발”에 의하여 수행되었습니다. 이에 감사드립니다

참고문헌

1. O. Mégret and O. Vauquelin (2000) A model to evaluate tunnel fire characteristics, Fire Safety Journal, Volume 34, pp. 393-401.
2. 박원희 (2007), 터널 화재시 연기발생량 및 온도 예측 프로그램 개발, 한국철도학회논문집 게재예정