

A-4

모형도로터널의 환기성능에 미치는 FAN유량에 관한 수치적 연구

*호서대학교 소방방재학과
** 호서대학교 메카트로닉스학과

A Numerical Study on the Ventilation Performance for Fan flow effect of Model Tunnel

Se Jong Kim · Young Jin Kwon · Ju Hee Lee

*Hoseo University Fire and Disaster Protection Engineering
**Hoseo University Mechatronic Engineering

요 약

터널내에 설치되는 제트팬은 비상시에는 연기와 같은 유독가스를 제거하는데 사용되며 평상시에는 장대터널에 있어서 차량에 의해 발생한 오염공기를 제거하는 중요한 역할을 한다. 파랑의 피스톤효과에 의해서 일부 제거되기는 하나 1km이상의 장대터널에서는 반드시 필요로 한다. 제트팬의 가장 많은 에너지 손실이 벽면에서 이루어 지고 있으며 이를 통하여 터널내에 소실되는 에너지를 정량화하고 그원인 파악과 함께 효율적인 환기설계를 위한 연구이다.

1. 서 론

최근 한국은 각종 산업 발전에 따른 교통량 및 물류수송량 증가로 인해 물류수송 체계 구축을 위한 제반 교통시설 확충 사업이 활발히 이루어지고 있다. 한국의 터널 중 1000m 이상 터널은 전체터널의 14%로 나타나고 있으며 장대터널이 점차 증가 추세에 있다. 또한 서울의 도심도 지하도로를 계획 중에 있고 국제적으로는 한·일, 한·중간의 초장대해저터널에 대한 시공을 검토하는 등 터널 수요의 증가와 장대화가 이루어지고 있는 실정으로 터널의 안전성 확보가 필수적이라 할 수 있다. 또한 터널은 일반도로와는 달리 반 밀폐 공간 및 대피방법이

일방향이 라는 점에서 많은 위험성을 나타내고 있다. 또한 최근에는 상사법칙을 적용한 축소 모형실험과 함께 이에 대한 신뢰성 확보를 위하여 CFD 시뮬레이션을 이용한 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 연구는 모형터널에 대한 시뮬레이션 해석을 통하여 모형터널실험에 대한 적용 및 방법을 모색하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험대상 터널의 개요

본 실험의 대상은 2005년 11월 1일 화재가 발생한 한국의 달성 터널로서 제원 및 화재개요는 표 1에 나타내었다.

표. 1 한국 달성터널의 화재개요

내부전경	터널의 제원
	전폭 : 9.98m 높이 : 6.7m 연장 : 993m
화재 사진	화재 개요
	일시 : 2005. 11. 1 장소 : 대구 달성군 구마고속도로상행선 원인 : 15t트럭화재후미사일추진체 폭발

달성터널의 화재원인은 미사일 추진체의 폭발로 인한 화재로서 일반 차량화재와는 다른 경향을 나타내고 있지만 향후에도 기존과는 다른 화재원인이 나타날 수 있을 것으로 판단된다. 대상 터널을 축소하여 제작한 모형터널은 표 2과 같이 전폭과 높이를 1/40으로 제작한 모형을 대상으로 CFD해석을 수행하였다.

표 2 모형터널의 개요

모형터널제원	100 × 16.75 × 24.95 모형 4개(일반모형)	30 × 16.75 × 24.95 FAN설치 모형 1개
모형터널사진		

2.2 계산 모델과 경계조건

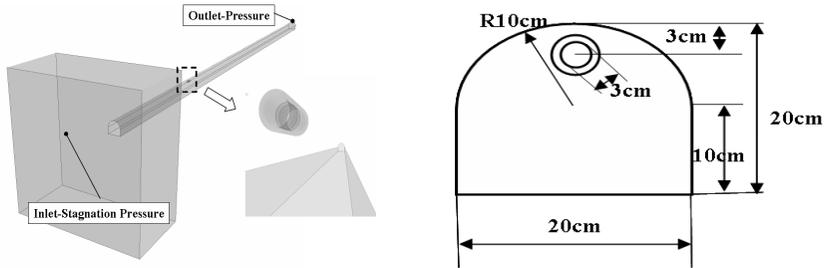


그림. 1 계산 영역과 경계조건

전체 계산 영역은 그림. 1에 보는 것과 같이 입구영역은 정체압력을 주었으며 출구는 압력을 주었다. 터널의 벽과 제트팬의 주변의 경계층은 해의 정확성에 매우 중요하므로 층형태의 layer격자를 3개(3mm)를 사용하였으며 유동해석은 정확도와 계산 시간을 최소화할 수 있도록 상용코드인 STAR-CCM+ 4.02[1]를 사용했다. 난류모델은 Realizable k-e모델을 사용했으며 2차정밀도의 차분화 방법을 사용하였다.

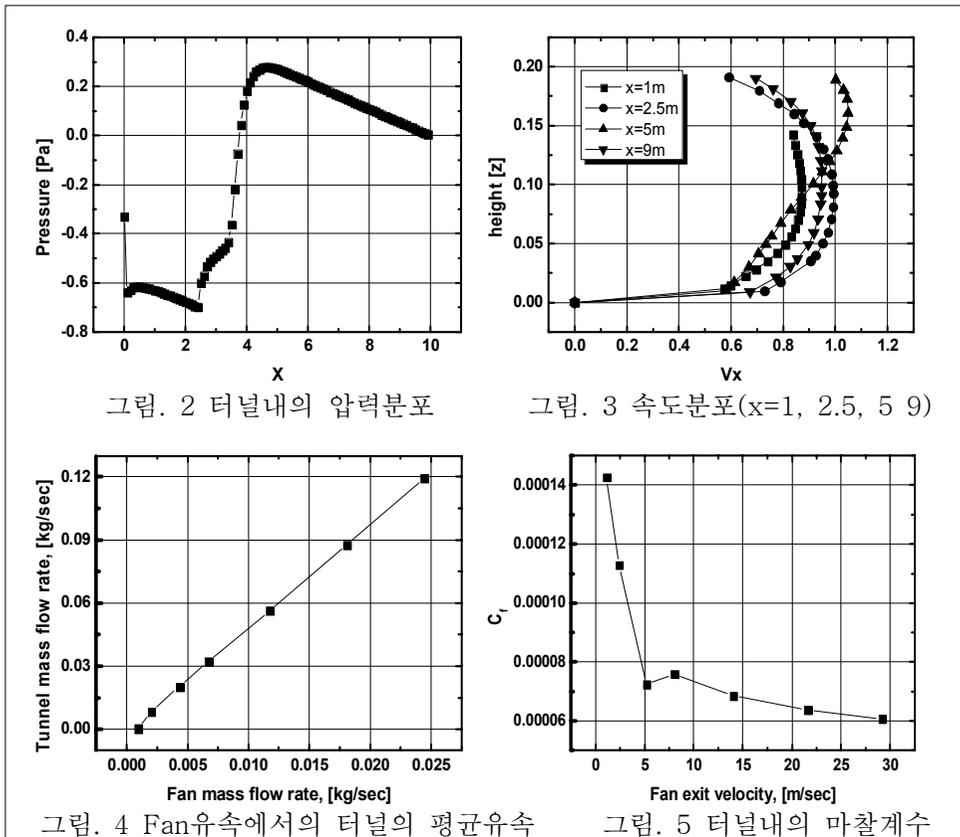
3. 결과 및 분석

그림. 2는 터널의 중심부를 따라 압력을 도시한 것이다. 제트팬의 속도는 약 8m/s이다. 입구에서 압력이 갑자기 낮아지는 것은 입구의 급축소관에 의한 에너지 손실과 가속구간에 의한 동압증가 때문이다. 또 짧은 구간 압력이 회복되는 것은 입구효과(entrance effect)에 의한 유동이 발달 때문이다. 터널입구 손실을 정량적으로 정확하게 표현하기 어려우나 전체마찰손실의 1/2정도의 값을 가지고 있다.

그림. 3에서 1m지점의 속도분포는 입구영역을 벗어나 유동이 발달하고 있기 때문에 포물선에 가까운 형태를 보이고 있다. 5m에서는 아직 제트팬의 영향력 내에 있어 상부에서는 빠른 속도를 보이며 바닥에 가까울수록 낮은 속도를 보이고 있다. 제트팬의 출구에서부터 5m정도 되는 지점까지의 천정에서 마찰에 의한 에너지 손실이 있다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서 고려한 속도 영역에서는 제트팬에 길이가 길어 공기 재유입(제트팬의 출구유동이 다시 입구로 들어가는 현상)현상이 관찰되지 않았다.

그림. 4에서 제트팬의 유량증가는 터널의 유량증가와 선형적인 관계를 가지고 있다. 이러한 이유 중의 한 가지는 마찰이 속도에 따라 증가하지만 이것을 마찰

계수로 나타내어 보면 그림. 5에 보듯이 일정한 속도 이후에는 일정하게 나타남을 알 수 있다. 5m/s에서는 수력지름을 기준으로 $Re=4000$ 으로 층류영역이라 볼 수 있으며 그 이상에서 비로소 난류영역에 해당한다. 본 연구에서는 모든 영역을 난류로 모델링 하였기 때문에 $Re < 4000$ 에서 마찰에 의한 힘들을 다소 크게 예측할 것이라는 것을 알 수 있다. 모형터널에서 전산해석으로 적절한 모델링이 되기 위해서는 5m/s이상에서 해석하는 것이 합당할 것으로 생각된다. 본 연구에서 C_f 는 Reynolds수가 증가함에 따라 감소하는 일반적인 성향[2]을 보여주고 있다.



4. 결론

1/40 크기의 모형 터널에 관하여 전산유체해석을 수행하였다. 터널의 유량은 제트팬의 유량에 따라 증가하다가 임계점을 지나면서 감소할 것을 예상하였으나 제트팬의 유량이 증가함에 따라 선형적으로 터널의 유량도 증가하였다. 특이한

사실은 전체 유입에너지의 단지 4.5%정도만이 터널의 공기 유입을 위한 유효한 일로 변환이 되었을 뿐 나머지는 모두 소실되었다는 것이다. 마찰에 의한 소실 약 6%정도, 입구 손실 약 5%였다. 향후 나머지 85%정도의 에너지 손실부분이 어디에서 일어났는지에 관한 연구가 필요한 것으로 사료된다. 이러한 에너지 손실을 파악함으로써 제트팬의 효율을 높일 수 있는 방안을 찾을 수 있을 것으로 생각된다

감사의 글

본 연구는 2009년도한국의 중소기업청의 산학공동기술개발지원사업인 『건축구조물의 가연물 및 개구조건에 의한 화재성상예측시뮬레이션개발』의 지원으로 수행한 것으로 본 연구를 지원해주신 재단에 감사드립니다.

참고문헌

1. STAR-CCM+ v4.02, 2008, Methodology, CD-adaocp
2. Frank M. White, 1986, Fluid Mechanics, McGraw-Hill, pp. 313-321
3. 김종윤 (2007) “터널화재시입계풍속산정 및 제연특성연구” 인하대학교석사논문