

**모형도로터널의 환기성능에 미치는 FAN유량에 관한 연구**

\*김세종 \*\*이주희 \*권영진  
 \*호서대학교 소방방재학과  
 \*\* 호서대학교 메카트로닉스학과

**A 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. 이러한 제트팬의 효율적인 환기 및 제연설계를 위하여 CFD해석과 더불어 모형실험을 실시함으로써 터널내에 소실되는 에너지를 정량화하고 그 원인 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 해석과 모형터널실험을 실시하여 제트팬 설계에 대한 적용 및 방법을 모색하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 모형터널의 실험개요

터널을 축소하여 제작한 모형터널은 표 1과 같이 전폭과 높이를 1/40으로 제작한 모형을 대상으로 CFD해석을 수행하였다. 모형터널의 실험은 링블로워를 이용하여 Fan모형에 연결 후 터널내 공기유동을 열유속 측정기로 측정하는 방법으로 실험을 실시하였다. 또한 표 2와 같이 모형터널의 천정부분에 25cm의 간격으로 천공을 만든 후 수직으로 측정하였으며 1cm간격으로 총 15포인트를 설정하여 측정을 실시 하였다.

표 1 모형터널의 제원

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

표 2 모형터널의 실험 방법

실험 방법	내 용
평균유량	305 l/m
측정지점	총 13지점
측정간격	수직으로부터 1cm간격

### 2.2 계산 모델과 경계조건

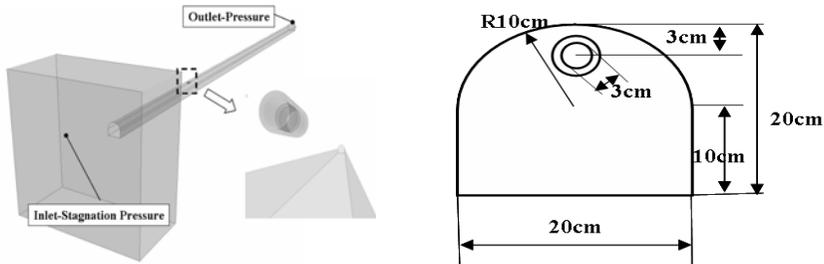


그림 1 계산 영역과 경계조건

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 난류모델은 Realizable k-ε모델을 사용했으며 2차정밀도의 차별화 방법을 사용하였다.

### 3. 실험결과 및 분석

그림 2에서 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.

그림 3에서 제트팬의 유량증가는 터널의 유량증가와 선형적인 관계를 가지고 있다. 이러한 이유 중의 한 가지는 마찰이 속도에 따라 증가하지만 이것을 마찰계수로 나타내어 보면 그림 5에 보듯이 일정한 속도 이후에는 일정하게 나타남을 알 수 있다.

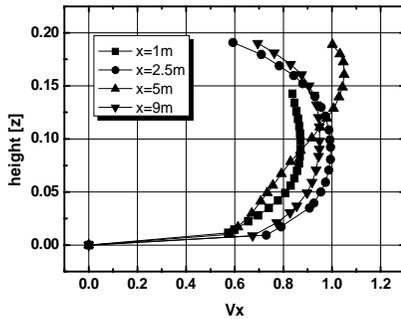


그림 2 속도분포(x=1, 2.5, 5, 9)

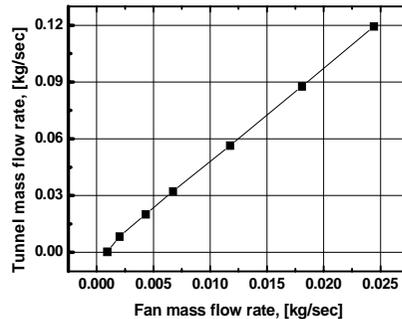


그림 3 Fan유속에서의 터널의 평균유속

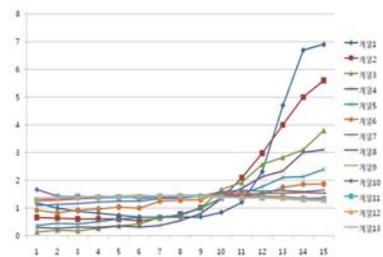


그림 4 수직 속도 분포

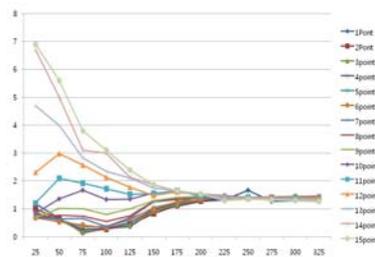


그림 5 수평 속도 분포

또한 모형 실험에서는 그림4와 5와 같이 제트팬으로부터 첫부분에서는 유속의

변화가 크게 나타났으나 점점 거리가 멀어질수록 수직과 수평에서 유속의 편차는 점차 줄어들었음을 알 수 있다.

#### 4. 결론

1/40 크기의 모형 터널에 관하여 전산유체해석과 실험을 수행하였다. 전산유체 해석결과 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. 또한 모형실험을 통한 제트팬의 유량과 유속에 대한 정량적인 DATA산출에서는 모형터널의 연장을 좀더 늘리고 유량의 조절이 필요할 것으로 판단된다. 이러한 에너지 손실을 파악함으로써 제트팬의 효율을 높일 수 있는 방안을 찾을 수 있을 것으로 생각된다

#### 감사의 글

본 연구는 2009년도 한국의 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) “터널화재시뮬레이션속산정 및 제연특성연구” 인하대학교석사논문
4. 권영진(2010) “터널구조물의 CFD해석을 위한 모형터널 구조물의 수치 해석적 연구” 터널공학회 학술발표대회