

모형도로터널의 환기성능에 미치는 FAN유량에 관한 연구(II)

*김세종 *한정철 **이주희 *권영진
*호서대학교 소방방재학과
** 호서대학교 메카트로닉스학과

A Study on the Ventilation Performance for Fan flow effect of Model Tunnel(II)

Se Jong Kim · Jung Chul Han · Young Jin Kwon · Ju Hee Lee
*Hoseo University Fire and Disaster Protection Engineering
**Hoseo University Mechatronic Engineering

요 약

도로터널은 반지하 공간으로서 환기에 많은 설비와 구조에 대한 연구가 진행되고 있으며 특히 제트팬의 경우 평상시에는 환기를 담당하고 있다. 또한 화재시에는 화재연기의 유독가스를 효과적으로 차단하는 제연역할을 함으로서 피난에 대한 중요한 역할을 담당한다. 이러한 제트팬의 특성을 정량적으로 유추하고 공학적인 QRA의 수행을 위한 기초적 연구로서 터널내부의 제트팬의 환기특성을 알아보기 위하여 모형실험체의 내부측정을 2/3까지한 전보에 이어 이번 연구에서는 터널내부전체를 측정하여 제트팬이 모형터널내에 미치는 영향을 CFD와 비교한 연구이다.

1. 서 론

최근 한국의 도로 터널에 관한 방재 기술은 2003년 대구 지하철화재 사건을 계기로 2005년 건설교통부의 「도로 터널 방재시설 설치 및 관리 지침」이 제정되었고 또한 2009년에는 2005년도의 내용을 토대로 QRA(Quantitative Risk Assessment)가 도입되어 도로 터널에 대한 성능적인 화재 안전설계를 구축하는 내용으로 개정되었다. 그러나 성능적인 화재 안전 설계를 위한 화재성상 예측과 같이 기초적인 연구분야와 차량 화재에 대한 연소특성 DB부족 및 인명과 연계된 각종 방재 설비에 대한 구체적인 설계방법이 구축되어 있지 않고, QRA의 실시를 위한 터널 방재 설계시 많은 문제점이 남아 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 연구는 도로터널에서의 제트팬이 환기에 미치는 영향을 실험을 수행한 것으로 모형터널에 대한 실험과 시뮬레이션 해석을 비교한 기초적 실험이다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 모형터널의 실험개요

터널을 축소하여 제작한 모형터널은 표 1과 같이 전폭과 높이를 1/40으로 제작하였으며 사진 1은 실험에 사용된 장비이다. 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 19포인트를 설정하여 측정을 실시하였다.

표. 1 모형터널의 제원 및 DATA측정거리


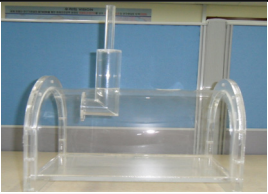
모형터널제원	100 × 16.75 × 24.95 모형 4개(일반모형)	30 × 16.75 × 24.95 FAN설치 모형 1개
모형터널사진		

표. 2 모형터널의 실험 방법

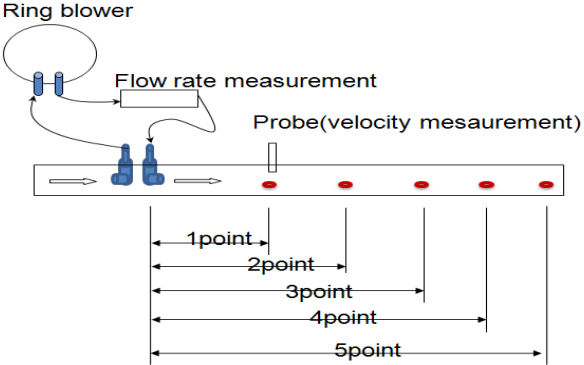
실험 방법	내 용
평균유량	305 l/m
측정지점	총 19지점
측정간격	수직으로부터 1cm간격
모형터널 DATA 측정거리	



사진. 1 실험 장비

2.2 계산 모델과 경계조건

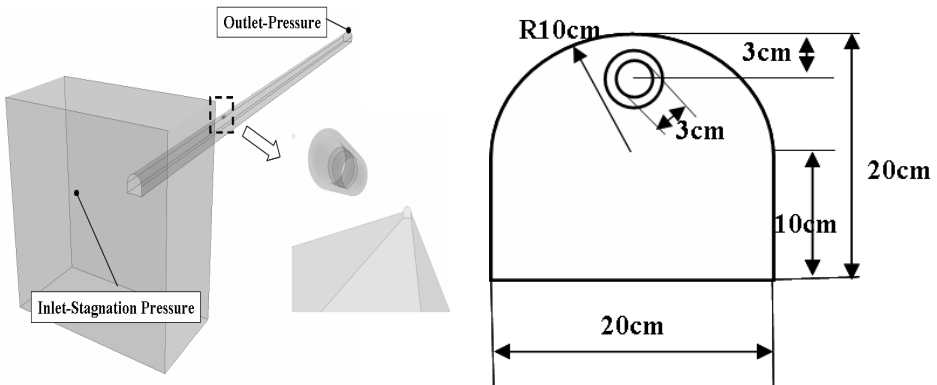


그림. 1 계산 영역과 경계조건

표. 3 제트팬의 모델링 및 케이스

Gird	Model	Cases
345000	<ul style="list-style-type: none"> - 제트팬 : Momentunsource - 정상상태 - 비압축성 유체/점성유동 - 난류모델 : ReallzableK-e 	제트팬의 속도(m/s) - 1.1, 2.4, 5.2, 8.0 14.0, 21.6, 29.1

전체 계산 영역은 그림. 1에 보는 것과 같이 입구영역은 정체압력을 주었으며 출구는 압력을 주었으며 터널의 벽과 제트팬의 주변의 경계층은 해의 정확성에 매우 중요하므로 층형태의 layer격자를 3개(3mm)를 사용하였다. 또한 표 3과 같이 제트팬의 모델링 조건을 설정하였으며 속도 또한 총 7가지의 종류로 해석하였다. 유동해석은 정확도와 계산 시간을 최소화할 수 있도록 상용코드인 STAR-CCM+ 4.02를 사용했다. 난류모델은 Realizable k-e모델을 사용했으며 2차정밀도의 차분화 방법을 사용하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 예비실험의 결과 및 분석

본 실험을 하기 위하여 예비실험과 CFD해석을 수행한 결과 CFD해석에서는 제트팬이 8m/s의 경우에서 모형터널과 가장 유사한 형태를 나타내었다. 그 이유는 모형실험에 사용되는 링블로워의 유량이 310 l/min를 나타내기 때문이다. 그 결과 CFD해석의 경우 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.

또한 모형 실험에서는 그림 4와 5와 같이 제트팬으로부터 첫부분에서는 유속의 변화가 크게 나타났으나 점점 거리가 멀어질수록 수직과 수평에서 유속의 편차는 점차 줄어들었음을 알 수 있다.

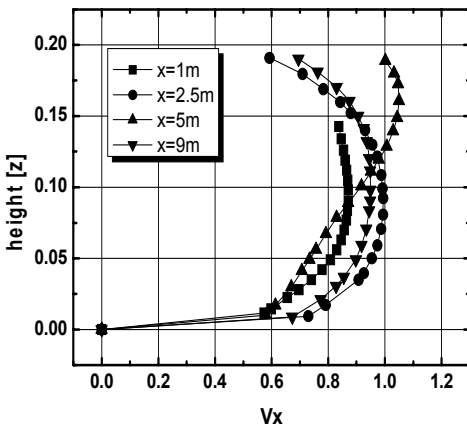


그림. 2 속도분포(x=1, 2.5, 5, 9)

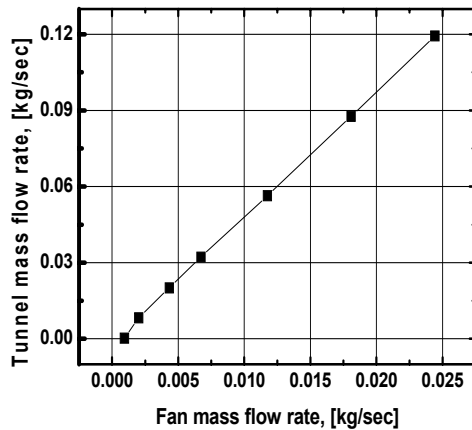


그림. 3 Fan유속에서의 터널의 평균유속

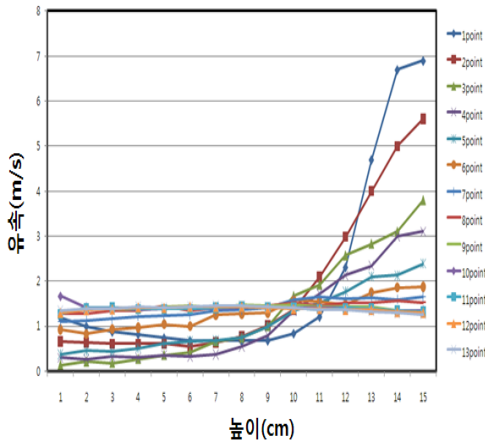


그림. 4 높이에 따른 유속의 분포

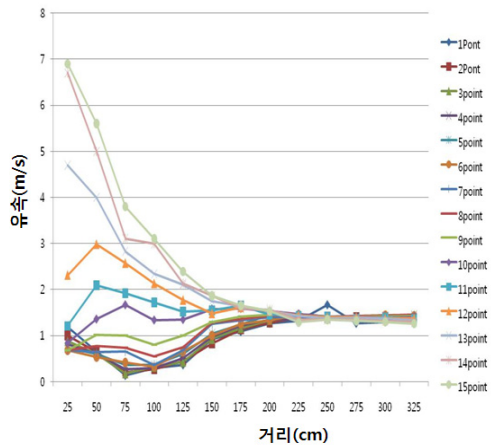


그림. 5 거리에 따른 유속의 분포

3.2 본실험의 결과 및 분석

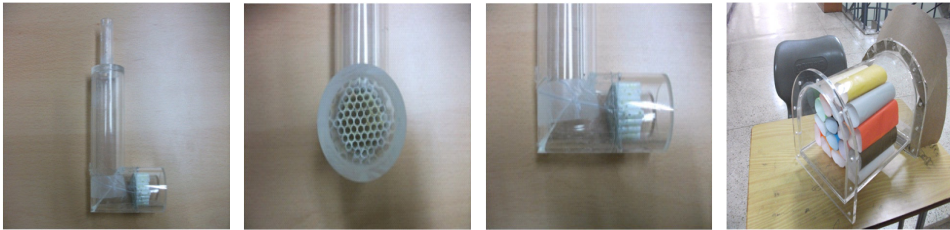


사진 2. 모형터널의 팬과 입구의 변화

본 실험에 있어서 기존실험의 문제점을 보완한 것으로 사진 2는 모형터널의 제트팬의 유량의 흐름을 일정하게 나타낼 수 있도록 유도하였고 모형터널 입구를 벨마우스식으로 구현하였으며 내부에는 종이를 이용하여 원통모형을 만들어 터널내부의 공기유동의 안정화를 유도하였다. 또한 예비실험의 결과를 바탕으로 제트팬의 주요측정지점을 1~4Point로 하였으며 기존의 실험에서는 높이 15cm밖에 측정치 못한점을 개선하여 본 실험에서는 19cm로 제트팬의 상부까지 측정하였다. 그 결과 그림 6은 터널 내부의 측정 위치 및 높이에 따르는 유속의 변화를 나타낸 것으로 하부에서 상부까지 유속변화는 전반적으로 유사한 경향을 나타냈으며 특히 제트팬에 근접한 부분인 1포인트에서는 유속의 변화가 급격하게 나타나는 것을 알 수 있다. 그림 7은 제트팬으로 75cm지점에 대한 모형실험과 CFD의 해석을 통한 결과치를 비교한 것으로 초기치, 구배, 변곡점등의 특성에 유사한 경향이 확인되었으며 CFD해석의 결과의 유속이 모형실험의 유속보다 전체적으로 약간 큰 값이 되는 것으로 나타나고 있다. 이러한 결과는 CFD가 모형실험에 비해 유량이 약 14.3%(45l/min) 많은 것으로 판단된다.

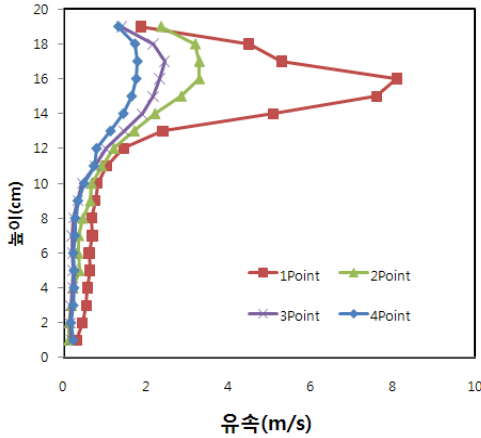


그림. 6 측정위치 및 높이에 따른 유속의 변화

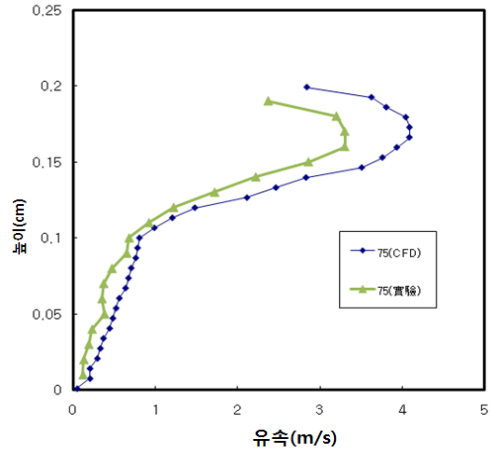


그림. 7 유속에 대한 모형실험과 CFD결과의 비교

4. 결론

본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 모형실험과 CFD해석을 비교한 결과 제트팬의 유량이 증가함에 따라 선형적으로 터널의 유량도 증가함을 알 수 있었고 제트팬에서 나온 공기 유동은 터널상부의 벽면과 강한 상호작용으로 인하여 급격히 속도가 떨어지는 현상을 확인 할 수 있었다.

2. CFD해석과 모형터널실험을 병행수행을 하여 모형터널내의 제트팬이 미치는 영향을 정량적으로 얻을 수 있는 기반을 마련하였다.

향후 제트팬의 특성을 정량적으로 유추하고 공학적인 QRA의 수행하기 위하여 일반상태가 아닌 화재상황을 고려한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

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. 김세중(2010) “모형 도로 터널의 환기성능에 미치는 FAN 유량에 관한 연구” 한국화재소방학회 추계 학술발표대회 pp123~126
2. 김중윤 (2007) “터널화재시임계풍속산정 및 제연특성연구” 인하대학교석사논문
3. 권영진(2010) “터널구조물의 CFD해석을 위한 모형터널 구조물의 수치 해석적 연구” 터널공학회 학술발표대회 pp65~70