

철도터널 화재유동 실험을 위한 모형 터널에서의
환기 유동 형태에 관한 연구

**The Study on The Ventilated Flow in The Railway Tunnel
Mock-Up for Tunnel Fire-Driven Flow Experiment**

장용준** 김승태* 김동현*** 박원희**
Jang, Yong-Jun Kim, Seung-Tae Kim, Dong-Hyeon Park, Won-Hee

ABSTRACT

This report is the result of a basic experiment done on a mock-up tunnel, of what happens to the ventilated flow and fire driven flow inside a railway tunnel as the current inside the tunnel changes when an anti-smoke or a radio frequency invert control is installed. The duct used in this experiment is 10m in length, 0.5m in height and 0.25m in width and made of acrylic. An anti-smoke system with a motor that can produce current of 10m/sec maximum in order to create ventilated flow, has been installed. A honeycomb has been installed at the entrance of the duct to create a current flow that exists in tunnels.

In order to create a ventilated flow, a current of 4m/s, 6m/s and 8m/s were generated using the anti-smoke system, as the study of current developed. A Hot-wire(TSI) and Pressure sensor(ENDEVCO) was installed in the duct, 1m apart, as the measurement of current and pressure went on. The current and pressure were automatically measured through the Lap View program and PC; the current flow in the mock-up tunnel generated by the honeycomb has been analyzed the pressure distribution and pressure drop has been analyzed.

국문요약

본 연구는 철도 터널에서의 화재유동 실험을 위하여 제작된 모형 터널에서의 환기 유동 효과를 생성시키기 위하여 모형 터널 내에 제연 팬 및 주파수 방식의 인버터(invert control)를 설치하여 터널내의 유속을 변형시키면서 환기유동의 형태가 어떻게 생성되는지에 대한 기초연구를 수행한 결과이다. 본 실험에 사용된 덕트는 길이10m, 높이0.5m, 폭0.25m로서 아크릴로 제작하였고, 제연 및 환기유동을 위하여 최대 10m/sec의 유속을 발생시키는 모터를 장착한 제연시스템을 제작하였다. 덕트의 입구에는 터널에 존재하는 난류유동을 생성시키기 위하여 하니컴을 설치하였다.

환기유동을 모사 하고자 제연시스템을 이용하여 모형터널 내에서 4m/s, 6m/s, 8m/s로 유속를 발생시켜 각각의 유동의 형태를 조사하였다. 덕트내에서 1m간격으로 Hot wire(TSI) 및 Pressure sensor(ENDEVCO)를 설치하여 유속 및 압력을 계측하였다. 유속 및 압력은 Lap view 프로그램 및 PC를 이용하여 자동적으로 계측하여 저장하였으며, 하니컴으로 인한 난류 발생의 정도 및 모형 터널내에서의 유속의 특징을 자세히 조사하였고, 덕트 내에서의 압력 분포의 특징 및 압력 강하 등을 조사하였다.

E-mail :kim7993@krrri.re.kr

Tel : (031) 460-5319 FAX : (031) 460-5551

* 책임저자, 한국철도기술연구원, 환경화재연구팀, 연구원

** 한국철도기술연구원, 환경화재연구팀, 선임연구원

*** 한국철도기술연구원, 환경화재연구팀, 책임연구원

1. 서론

철도 터널에서의 밀폐된 공간 내에서 화재가 발생했을 경우 화염과 연소가스의 발생으로 많은 인명피해를 주고 있으며, 터널구조를 훼손하는 경우도 발생하고 있다. 또한 터널내의 종방향의 기류는 화재의 제어에 중요한 변수이며, 환기장치를 이용한 열과 연기의 확산을 제어하는데 유효하다. 따라서 철도터널에서의 화재발생시 터널 내에서의 제연시스템을 이용하여 환기유동의 유속과 터널에서의 압력변동에 관하여 면밀한 조사가 필요하다. 본 연구에서는 모형 터널을 제작하고 터널에서의 제연시스템을 모사하기 위한 제연팬 시스템을 제작하여 모형 터널에서 유속의 변화에 따라 종 방향의 유동 형태의 변화 및 압력 변동을 조사 하였다. 모형 터널에서의 유속은 Hot wire를 이용하여 측정하였으며 압력은 Piezo 타입의 압력센서를 이용하여 측정하였다. 하니컴으로 인한 난류 발생의 정도 및 덕트 내에서의 압력 분포의 특징 등을 조사하였다.

2. 모형터널에서의 환기 유동형태의 실험

2.1 실험장치 개요

모형 철도터널 환기유동 및 제연시스템 실험 장치는 아크릴 덕트로 제작되었으며, 길이10m, 높이0.5m, 폭 0.25m으로 선정하였다. 덕트의 전단부에는 공기의 유입을 좋게 하기 위해 벨마우스를 설치하였고, 터널에 존재하는 난류유동을 생성시키기 위하여 하니컴을 설치하였다.

벨마우스에서부터 2.5m떨어진 곳으로 부터 1m간격으로 Hot wire(TSI)를 이용하여 모형 터널 내에서의 유동의 형태를 조사하였으며, 각각의 위치에서 3cm 간격으로 이송장치를 사용하여 수직으로 이동시켜 터널의 천정에서 바닥 방향으로 높이 방향의 유동의 특성을 측정하였다. 압력을 측정하기 위하여 모형 터널의 벽에 구멍을 내고 압력센서를 삽입하여 터널 벽에서의 압력을 측정하였다. 압력 센서로는 Pressure sensor(ENDEVCO)를 사용하여 압력을 측정하였다. 각각의 유속의 속도를 모사하기위해 팬 과 인버터를 설치하여 주파수방식으로 유속을 제어 하였다. 실험측정을 위해 실험 시 주변 소음을 차단하고, 측정 시 불필요한 측정 구멍은 10π의 고무패킹을 사용하여 공기의 배출을 차단하였다.

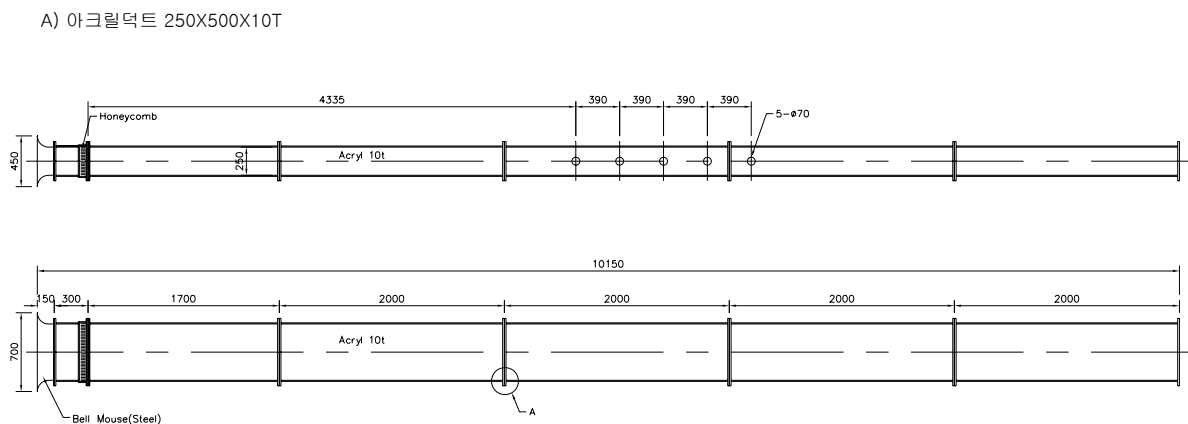


Fig. 1 터널모형 CAD 도면

표 1. 실험장치 주요제원

항목	주요제원		비고
터널모형	모형 길이	10m	
	단면적	0.5m × 0.25m	
	모형 재질	투명아크릴	
송풍기 & 컨트롤러	풍량	80m ³ /min × 30mmAq	
	전원	220V/60Hz. 3상/1.5Kw	
	invert Control	3HP	
	Diffuser	250×500 → φ 500	
계측시스템	Lab view ,Hot wire(TSI), Invert control, DAQ Piezo-resistive pressure transducer (ENDEVCO)		

2.2 실험 및 측정방법

실험방법은 Fig. 1 에서 보는바와 같이 모형터널 초입으로부터 허니콤으로 인한 난류유동이 충분히 발달되는 지점(10H 이상)인 터널초입으로부터 2.5m 지점에서 1m 간격으로 Hot-wire(TSI) 및 Pressure sensor(ENDEVCO)를 설치하여 총 6군데에서의 유속 및 압력을 측정하였으며, Lap View 프로그램 및 PC를 이용하여 측정결과를 저장하였다. 터널내의 유속은 제연시스템을 이용하여 4m/s, 6m/s, 8m/s의 유속을 발생시켜 각각의 유동형태를 비교하였다. 측정시간은 1분으로 하였으며, 측정데이터는 Lap View 프로그램의 데이터 평균을 이용하여 비교 하였다.

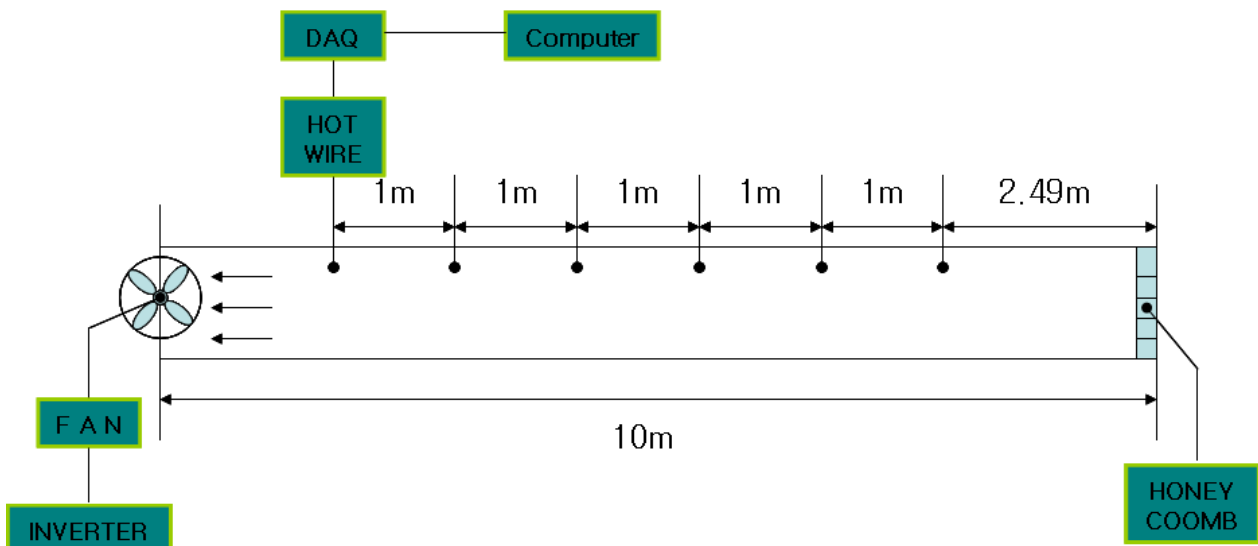


Fig. 2 철도터널 화재유동 실험장치 개념도

표 2. 계측시스템 제원

기자재명	주요사양	수량	비고
압력측정시스템	Notebook computer -CPU : 2.0 GHZ -Memory : 1.0 GB	1	
압력계	Model NO : 8510B-1 -Rang : 6 kPa -Sensitivity :100+55/-25 mv/psi	6	
유속계	-Time Constant : 10 second Range : -50.00 Stdm/s Output : 0-5 Volts	6	
대기압탱크	형식: 원통입형 제질: Aluminium	1	

2.3 실험결과

터널길이 10m에 대한 각각 위치의 속도별 터널내부 압력변동과 측정결과는 아래 Fig. 3과 같다. Fig. 3은 터널을 따라 하류로 갈수록 압력이 떨어지는 것을 관찰할 수 가 있다. 터널 하류로 갈수록 유속의 빨라지면서 이에 비례하여 압력이 강하하는 현상이 잘 계측이 되어 있다.

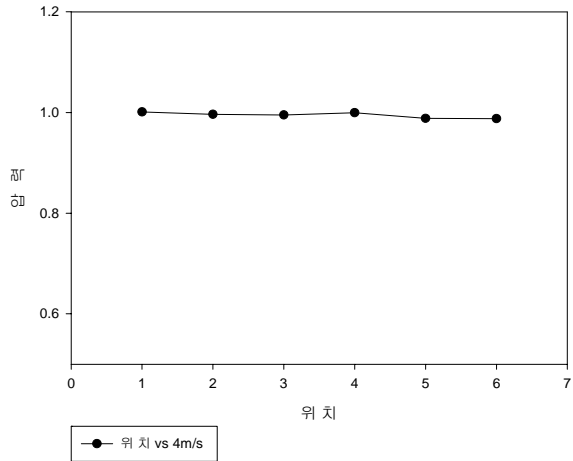


Fig. 3 a. 터널내부 압력변동 실험결과 (유속 4m/s)

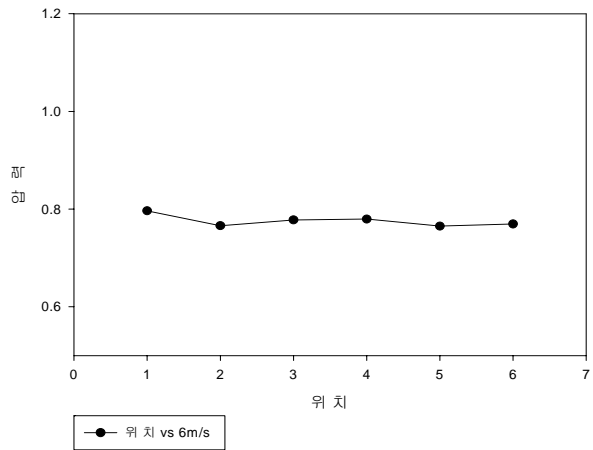


Fig. 3 b. 터널내부 압력변동 실험결과 (유속 6m/s)

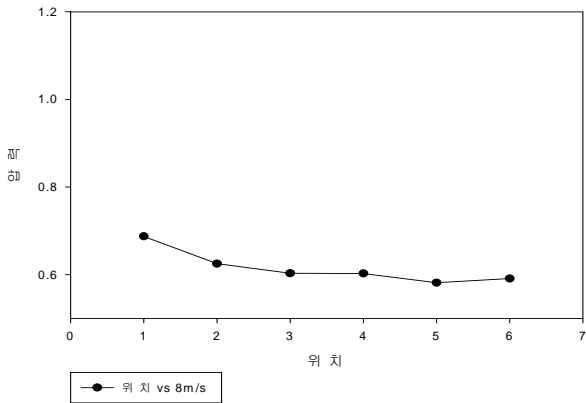


Fig. 3 c. 터널내부 압력변동 실험결과 (유속 8m/s)

2.4 터널내 유속변화결과

벨마우스 에서부터 2.5m떨어진 곳부터 1m간격으로 Hot wire(TSI) 를 이송장치를 사용하여 수직으로 이동시켜 각각 측정한결과는 아래 Fig. 4 a. ~ Fig. 4 r과 같다.

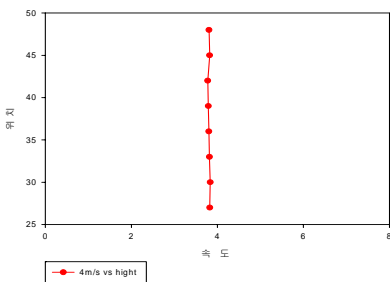


Fig. 4 a. 입구에서부터 2.5m지점 (유속 4m/s)

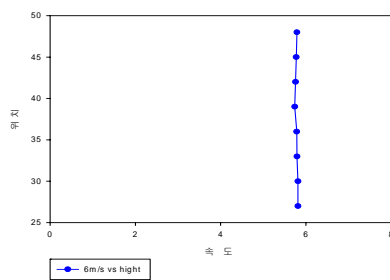


Fig. 4 b. 입구에서부터 2.5m지점 (유속 6m/s)

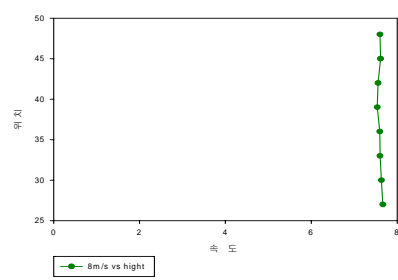


Fig. 4 c. 입구에서부터 2.5m지점 (유속 8m/s)

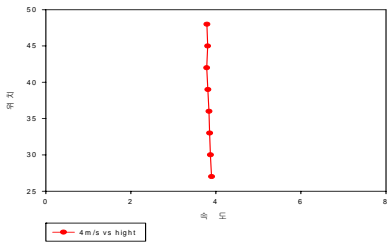


Fig. 4 d. 입구에서부터 3.5m지점 (유속 4m/s)

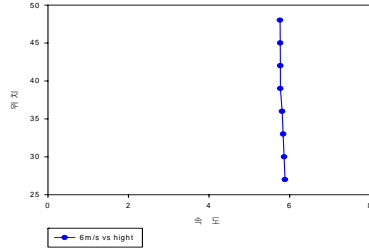


Fig. 4 e. 입구에서부터 3.5m지점 (유속 6m/s)

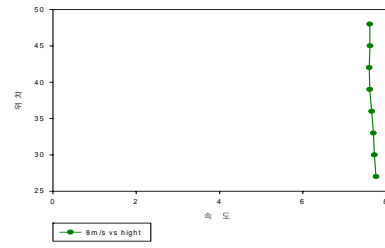


Fig. 4 f. 입구에서부터 3.5m지점 (유속 8m/s)

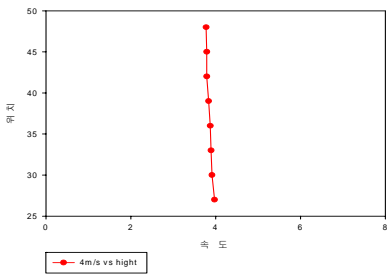


Fig. 4 g. 입구에서부터 4.5m지점 (유속 4m/s)

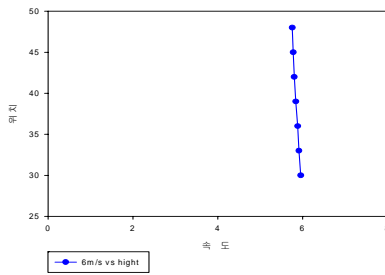


Fig. 4 h. 입구에서부터 4.5m지점 (유속 6m/s)

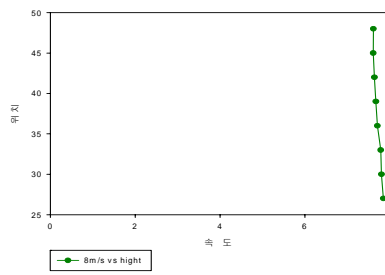


Fig. 4 i. 입구에서부터 4.5m지점 (유속 8m/s)

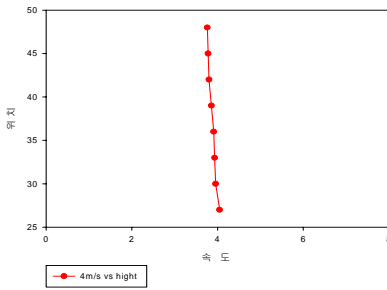


Fig. 4 j. 입구에서부터 5.5m지점 (유속 4m/s)

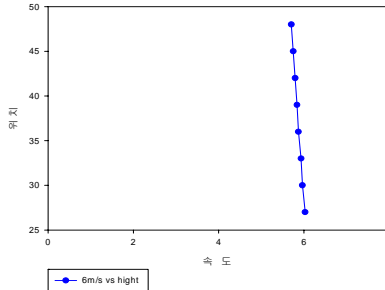


Fig. 4 k. 입구에서부터 5.5m지점 (유속 6m/s)

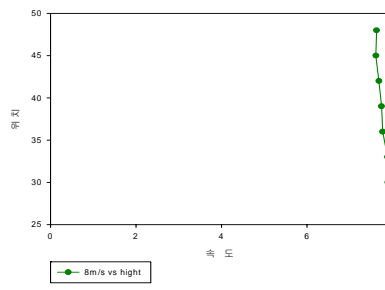


Fig. 4 l. 입구에서부터 5.5m지점 (유속 8m/s)

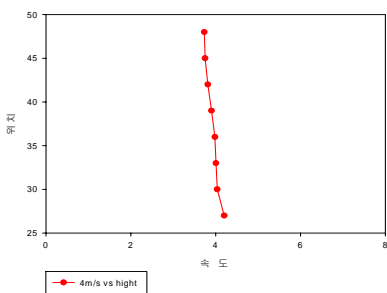


Fig. 4 m. 입구에서부터 6.5m지점 (유속 4m/s)

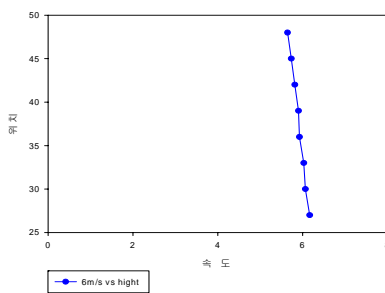


Fig. 4 n. 입구에서부터 6.5m지점 (유속 6m/s)

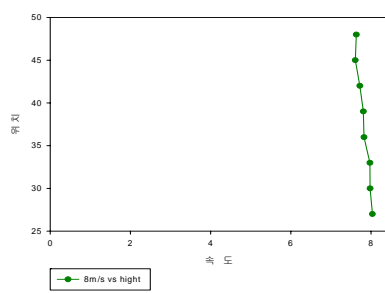


Fig. 4 o. 입구에서부터 6.5m지점 (유속 8m/s)

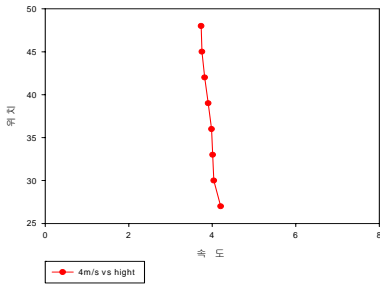


Fig. 4 p. 입구에서부터
7.5m지점 (유속 6m/s)

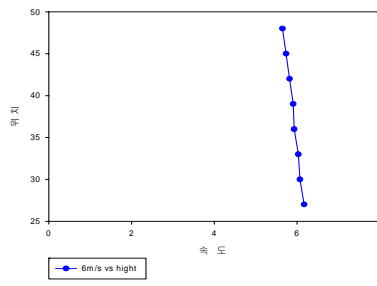


Fig. 4 q. 입구에서부터
7.5m지점 (유속 6m/s)

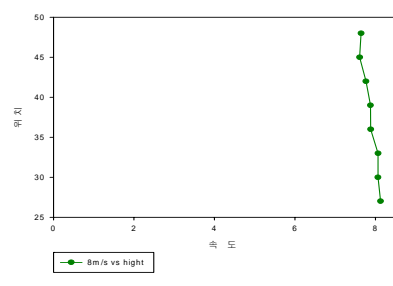


Fig. 4 r. 입구에서부터
7.5m지점 (유속 8m/s)

Fig. 4에서 터널에서의 유동의 특징은 터널의 상류에서 하류로 갈수록 유속이 빨라지고 있는 것이 보이며, 터널 입구 부근에서는 유동의 패턴이 평평한 형태를 유지하고 있다. 하류로 이동함에 따라 터널 벽 근처에서는 벽의 효과로 인하여 속도가 감소하지만 유동의 중심부에서는 유속이 더욱 빨라지고 있는 것이 보이고 있다.

3. 결론

철도터널내의 환기유동 및 압력 특성을 조사하기 위하여 모형 터널을 아크릴 덕트를 사용하여 제작하였으며, 길이10m, 높이0.5m, 폭 0.25m으로 선정하였다. 덕트의 전단부에는 공기의 유입을 좋게 하기 위해 벨마우스를 설치하였고, 터널에 존재하는 난류유동을 생성시키기 위하여 하니컴을 설치하였다.

벨마우스에서부터 2.5m떨어진 곳으로 부터 1m간격으로 Hot wire(TSI)를 이용하여 모형 터널 내에서의 유동의 형태를 조사하였으며, 각각의 위치에서 3cm 간격으로 이송장치를 사용하여 수직으로 이동시켜 터널의 천정에서 바닥 방향으로 높이 방향의 유동의 특성을 계측하였다. 압력을 계측하기 위하여 모형 터널의 벽에 구멍을 내고 압력센서를 삽입하여 터널 벽에서의 압력을 계측하였다.

유속 및 압력 계측 결과 유속은 상류에서 하류로 갈수록 유속이 가속되는 현상을 발견하였다. 이는 벽에서의 경계층의 발달로 인한 것으로서 유체역학 이론과 잘 일치하는 부분이다. 또한 압력은 이에 반비례하여 압력 강하가 존재하는 것을 발견하였다. 그러나 사용된 Hot-Wire의 특징상 세밀한 유동의 특징을 계측할 수가 없어서 터널 벽에서의 유동의 형태를 자세히 조사할 수가 없었다. 따라서 터널 벽 근처에서도 유동을 자세히 계측할 수 있는 고가의 PIV 유속 계측 장비 등이 필요하다.

참고문헌

1. 권오상, 윤찬훈, 윤성욱, 김진, “제트팬 설치 간격과 재유입 현상 분석을 위한 모형실험“, 터널 기술, 1229-2338, 제8권4호, pp.335-344, 2006
2. 윤철욱, 이상표, 김남석, “터널 환기시설 단계건설 연구와 터널 방재설비의 설계경향, 대한설비공학회지:설비저널, 1229-6430, 제30권7호, pp.19-23, 2001
3. 박중택, 원찬식, 허남건, 차철현, “도로터널 환기/제연 시스템 시뮬레이션”, 한국전산유체공학회지, 1598-6071, 제11권4호, pp.20-25, 2006
4. 정형래, 김중우, “이방성 압반의 방향성과 지압을 고려한 터널 모형실험 연구”, 한국암반공학회:학술대회지, 한국암반공학회 06 춘계학술발표회 논문집, pp.249-264, 2006

5. 김상환, 김대복, 도성재, “터널 모형실험에서의 굴착장비 설계 및 개발에 대한 연구 “, 한국지반공학회 학술대회지 , 한국 지반공학회 97 가을 학술발표회 논문집 , pp.211-220 , 1997