

미세수소기포를 이용한 환기 터널내의 연기거동 모사
**Simulation of smoke movement in a ventilated tunnel
by using fine hydrogen bubbles**

박원희^{†*} 이한수* 장용준* 정우성*
Park, Won-Hee Lee, Han-Su Jang Yong-Jun Jung, Woo-Sung

ABSTRACT

The authors previously presented that the experimental technique using fine bubbles generated by electrolysis simulated fire behavior in a tunnel. We improve this experimental setup to enable this to be considered tunnel-ventilation by circulation of salt water. In this paper we introduce the new experimental setup and the visualization of fine hydrogen bubbles simulated smoke in a ventilated tunnel by using a laser sheet are presented

1. 서 론

전기분해에 의해 발생하는 미세 수소기포의 자유 거동이 화재발생시 일어나는 연기의 거동과 같은 경향성을 보인다는 것이 알려져 있다.^{1,2} 저자들은 최근 소금물을 전기분해하여 발생한 수소기포를 이용하여 터널 내의 화재를 모사한 모형시험을 수행할 수 있는 시험기법에 대하여 소개한 바 있다.³ 이를 개량하여 작동 유체인 소금물을 순환시켜 터널의 환기 기류의 영향과 터널구배에 따른 연기거동 모사를 할 수 있도록 하였다. 본 논문에서는 이 시험 장치를 소개하고, 환기가 작동되는 터널에서의 레이저 단면을 이용하여 연기거동을 모사한 미세 수소기포의 가시화 결과를 소개하도록 한다.

2. 미세수소기포를 이용한 화재 연기거동 모사 시험장비 소개

하는 미세수소기포를 이용한 환기 터널내의 연기거동을 모사하기 위하여 그림 1과 같이 전원공급부, 화재재현부, 액체순환부, 각도조절부로 크게 구성하였다. 각도조절부에서 모형터널을 각도조절부에서 실험하고자하는 구배조건에 따라 조정하여 대형 외부수조 유동해석의 대상이 되는 터널모형을 설치하였다. 미세수소기포(화재연기모사)가 발생하게 될 구리와 흑연을 통해 전류가 흘러 수소기포가 발생한다. 화재재현부는 외부수조의 크기는 1.5M(W)*0.6M(D)*0.6M(H), 내부 터널모형의 크기는 양 끝단이 개방된 15cm(W)*15cm(D)*15cm(H)의 크기이며, 내부 모형에서 발생하는 미세수소기포를 가시화 할 수 있도록 PC(polycarbonate)로 제작하였다. 본 실험에서는 화재크기를 모사하기 위해 모형터널 중앙에 10cm*10cm, 두께0.8mm인 정사각형 구리판(Cathode ;Cu)를 설치하였으며, 소금물의 전기분해를 위하여 외부수조 내 5cm*5cm*1cm의 정사각형 흑연(Anode ;C₂)을 고정하였다. 전원공급부는 최대

[†] 책임저자, 한국철도기술연구원, 철도환경연구소
E-mail : whpark@krri.re.kr
TEL : (031)460-5358 FAX : (031)460-5319

* 한국철도기술연구원, 철도환경연구실

30V, 20A의 직류 전원을 공급할 수 있는 장치를 사용하였다. 전해질 용액을 만들기 위해 약 1700l의 물과 염화나트륨(NaCl)을 질량비로 약 1.5%를 혼합하여 이온화 용액을 만들었다.

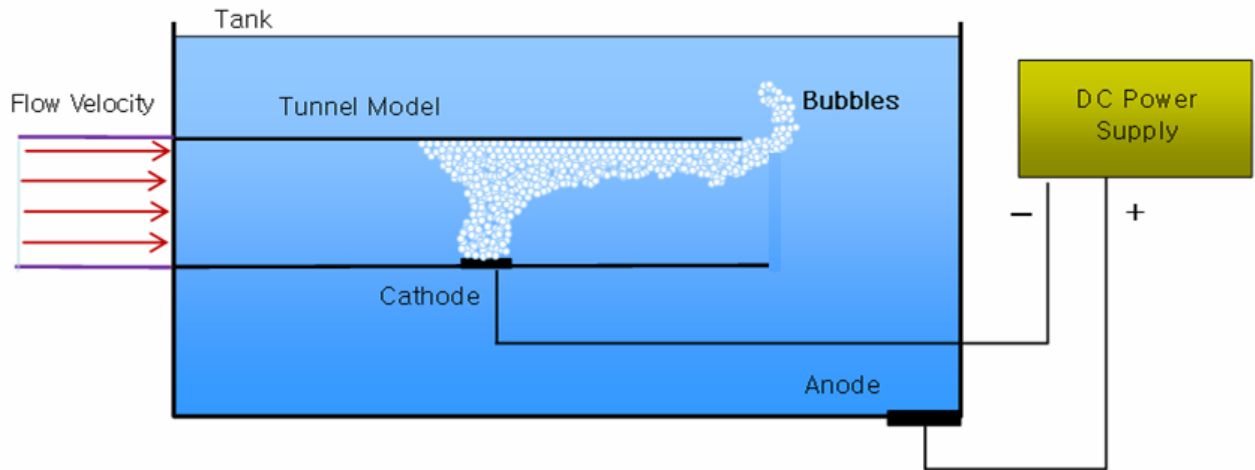


그림 1 미세수소기포를 이용한 연기거동 모사 실험 개념도

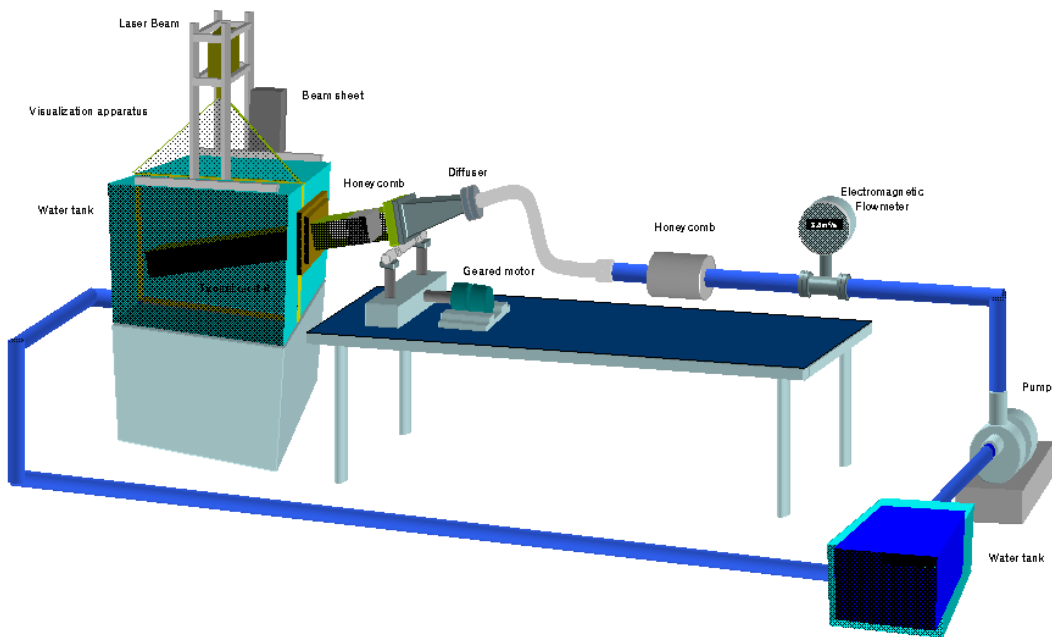


그림 2 미세수소기포를 이용한 환기 터널내의 연기거동 모사 실험장치 개념도

액체순환부는 외부수조의 내측에 이온화 용액을 순환시키는 순환관을 통해 순환되는 액체의 유속을 측정할 수 유속계가 구비되어 순환펌프를 이용하여 액체를 순환시킴과 동시에 유속을 조절하여 모의 터널의 환기 장치의 작동 시 실제 상황과 최대한 유사하게 구현할 수 있게 하였다. 액체의 유속을 동일하게 하여 보다 정확한 유속을 유속계에서 측정할 수 있게 벌집모양의 제1허니컴을 설치하였다. 순환관을 통해 이동하는 액체의 유속감소와 압력을 증가시키기 위해 디퓨저를 설치하였으며 디퓨저를 통해 이동하는 액체의 흐름을 조절함으로써 보다 정확한 유량을 측정할 수 있게 제2허니컴을 설치하였다.

외부수조 내의 액체의 유속에 의해 영향 받는 것을 최대한 억제시킬 수 있도록 2ton의 물을 저장할 수 있는 저장탱크를 구성하였다. 각도조절부는 모의 터널의 경사각을 조절할 수 있는 장치로써 다양한 터널의 형태를 구현할 수 있도록 하였다. 이와 같이 모의터널 내 화재구현에 따라 미세수소기포의 유동경향을 효과적으로 가시화하기 위해 파장이 532nm, 출력 1000mW 가시화용 레이저를 사용하였다. Beam sheet의 두께가 2mm, 가시화영역을 1.5m의 레이저광을 조사하여 터널 내부에서의 연기유동을 모사한 수소기포의 거동을 관찰하였다. 그림 2는 미세수소기포를 이용한 환기 터널내의 연기거동 모사 실험장치 개념도이며, 화재재현부, 전원공급부, 액체순환부, 각도조절부로 구성되어 있다. 그림 3은 실험장치의 전경을 보여주고 있다.

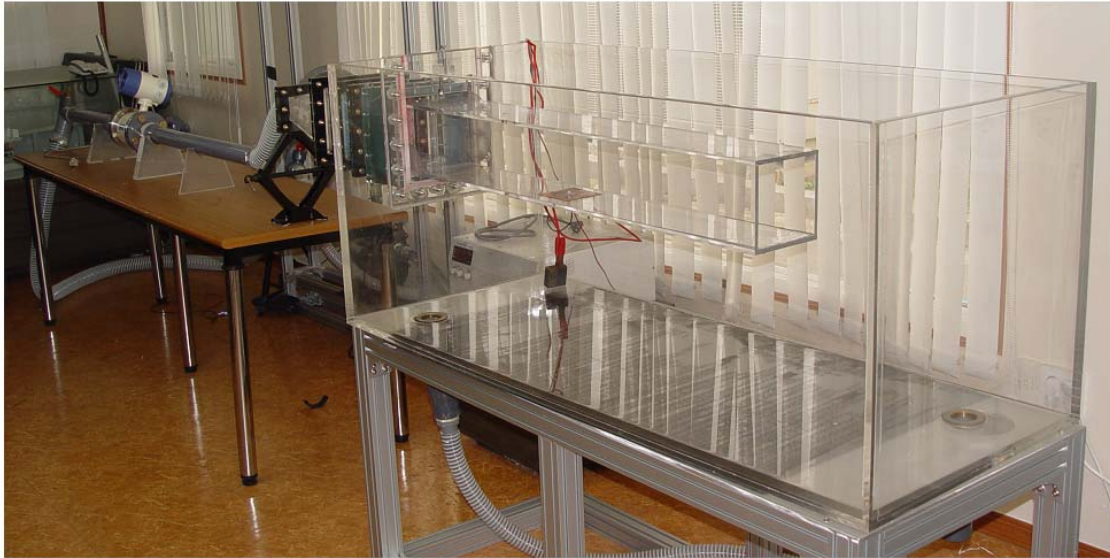


그림 3 미세수소기포를 이용한 환기 터널내의 연기거동 모사 실험장치 전경

3 미세수소기포를 이용한 화재 연기거동 모사 가시화 결과

본 논문에서는 전기분해를 이용한 미세수소기포를 이용하여 터널에서 화재가 발생하였을 경우의 연기 거동을 관찰하였는데, 터널 내부 소금물의 유속이 0.1m/s와 0.5m/s인 경우에 대하여 고려하였다. 사용된 전류는 30V의 4A이다. 그림 4는 터널의 유속이 0.5m/s의 유속으로 유입하였을 경우 시간변화에 따른 모형터널 내의 미세수소기포들의 거동을 보여주고 있다. 환기기류영향으로 인해 약 30도 기울기의 화염기둥 형상으로 빠르게 거동하는 모습이 관측 되었으며, 화재발생위치로부터 화재연기(수소기포)가 역류하지 않는 상황이 재현되었으며, 이는 임계유속 이상으로 터널환기가 작동하는 것을 나타낸다. 반면 0.1m/s로 터널기류가 형성된 상태의 그림 5를 살펴보면 기류방향으로 연기가 역류하는 현상을 볼 수 있다. 이 실험 방법의 장점은 터널 화재를 모사하기 위하여 실제 화염을 사용하지 않기 때문에 안전하며, 실험 셋업의 비용과 시간이 절약되며, 가시화하기 용이한 장점을 가지고 있다. 하지만 이 모사 기법을 발전시키기 위해서는 본 기법과 실제 화재의 거동과의 유사성이 지속되어야 하며, 수소기포를 더욱 미세하게 하여야 하는 과제가 남아 있다. 또한 수소기포가 확산되지 못하고 덩어리의 큰 기포가 되지 않도록 하는 문제 또한 풀어야 할 과제이다. 또한 본 실험에서 사용된 실험방법에서의 수소기포의 거동현상과 실제 화재연기의 거동현상이 정량적으로 연결될 수 있는 상사에 대하여 계속 연구가 진

행 중이다.

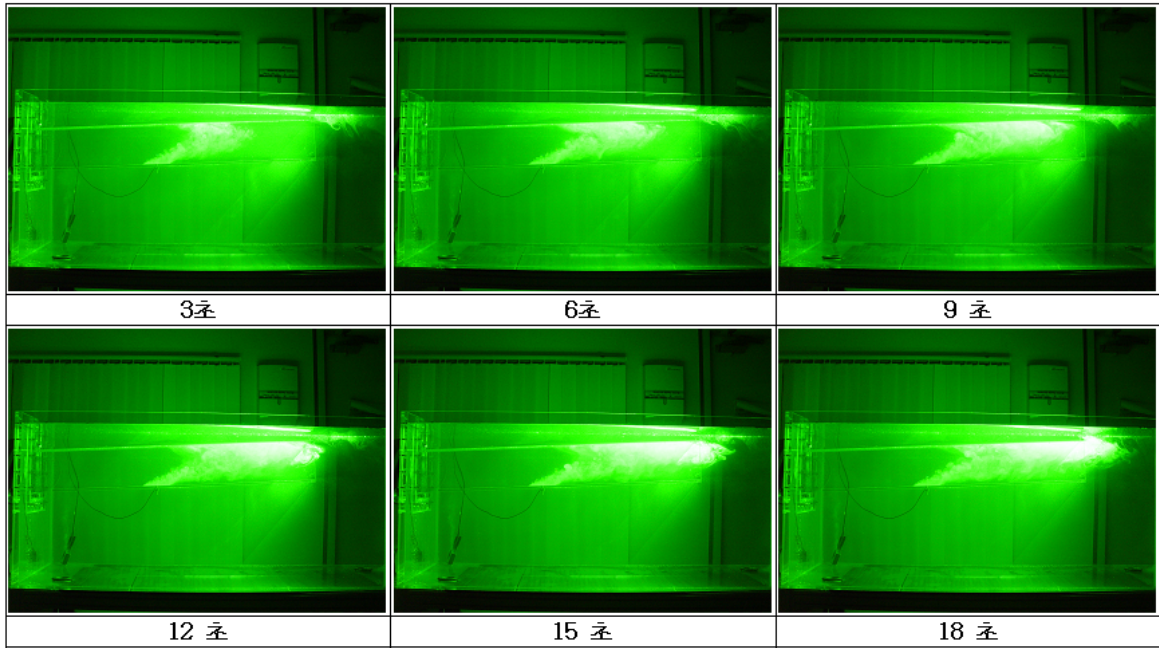


그림 4 시간변화에 따른 모형터널 내의 수소기포의 거동 (0.5m/s)

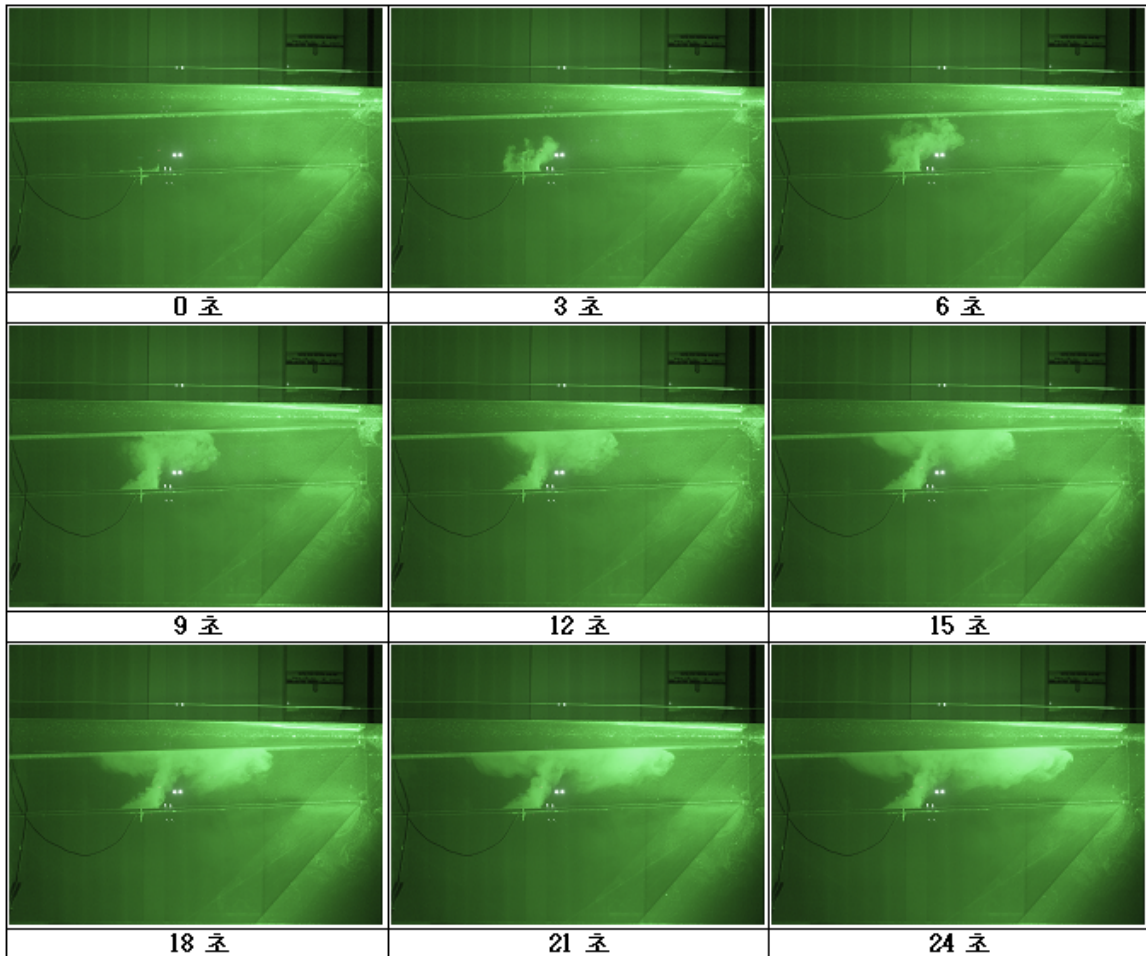


그림 5. 시간변화에 따른 모형터널 내의 수소기포의 거동 (0.1m/s)

4. 참고문헌

1. Yuguo Li, Vicent C. W. Shing, Zhengdong Chen, Fine bubble modelling of smoke flows, Fire Safety journal 38 (2003) 285-298.
2. Z.D. Chen, Y. Li. J. Mahoney, Experimental modelling of buoyancy-driven flow in buildings using a fine-bubble technique, Building and Environment 36 (2001) 447-455.
3. 박원희, 장용준, 김동현, 박승일, 미세수소기포를 이용한 터널내의 연기거동 모사, 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, (2007) 114.