

미세수소기포를 이용한 터널내의 연기거동 모사

Experimental modelling of tunnel smoke flow using a fine-bubble technique

박원희^{†*} 장용준* 김동현* 박승일*
Park, Won-Hee Jang Yong-Jun Kim, Dong-Hyeon Park, Seung-Yil

ABSTRACT

The free flow of fine bubbles generated by electrolysis and smoke flow in a space enclosed by fire were recently found to show the same tendency thus leading to the introduction of a research technique. The research experimentally models smoke diffusion and flow in parallel and slanted tunnels using the fine hydrogen bubbles generated by electrolysis in a water tank. Visualization laser with wavelength of 532nm and output power of 1000mW is used to visualize effectively the cross section of fine hydrogen bubble flows generated in a model tunnel.

1. 서 론

터널화재의 연기거동, 화재열 전파, 연기제어등 등의 화재와 관련된 특성을 파악하기 위하여 실험실 규모에서 수행된 결과와 함께 수치해석 기법들이 상호 보완하여 수행되어진다.[1] 하지만 이러한 실험들에서 얻어지는 데이터는 실제 비율의 화재 거동에 관한 정보의 일부를 제공하지만, 실험실 규모의 실험이 실제 크기의 터널화재와의 상사가 충분히 존재한다고 엄밀하게는 말할 수 없다.[2] 터널화재의 특성상 실제크기(real-scale)의 터널화재를 실험하기에는 비용과 시간 면에서 많이 제한적이며, 화재의 규모 또한 크기 때문에 구조물의 안전상에도 문제가 될 수 있다. 본 연구에서는 전기분해에 의해 발생한 미세기포의 자유 거동과 화재로 인한 폐쇄 공간 내의 연기거동이 같은 경향성을 보이는 것에 착안한 연구기법을 이용하여 터널화재 시 터널 내에 발생한 연기의 거동을 모사하였다.

2. 미세수소기포를 이용한 화재연기거동 모사

2.1 실험의 기본 개념

전기분해에 의해 발생하는 미세 수소기포의 자유 거동이 화재발생시 일어나는 연기의 거동과 같은 경향성을 보인다는 것이 소개되었다.[3,4] 전기분해를 이용하여 화재연기거동을 시뮬레이션 하기 위하여 그림 1과 같이 1) 대형 외부수조, 2) 해석의 대상이 되는 내부수조, 3) 수소(화재연기 모사)가 발생하게 될 구리, 4) 흑연이 필요하다.[3,4]

[†] 책임저자

E-mail : whpark@krri.re.kr

TEL : (031)460-5343 FAX : (031)460-5319

* 한국철도기술연구원, 환경화재연구팀

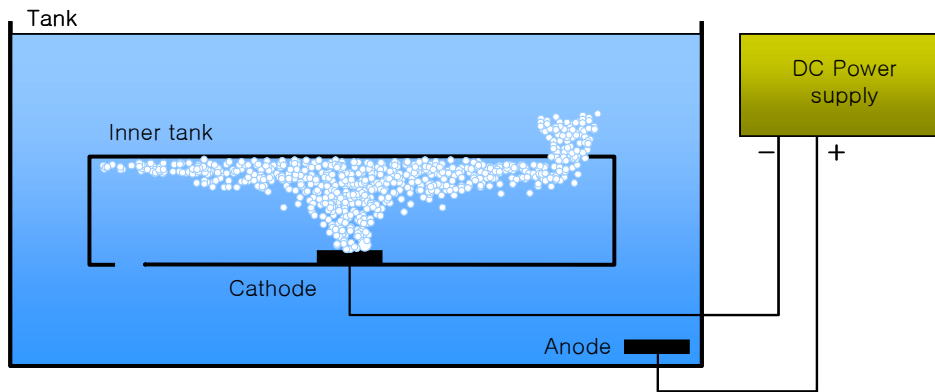


그림 1. 미세수소버블을 이용한 화재연기 모사 실험 개념도[3,4]

2.2 실험장치 및 실험 방법

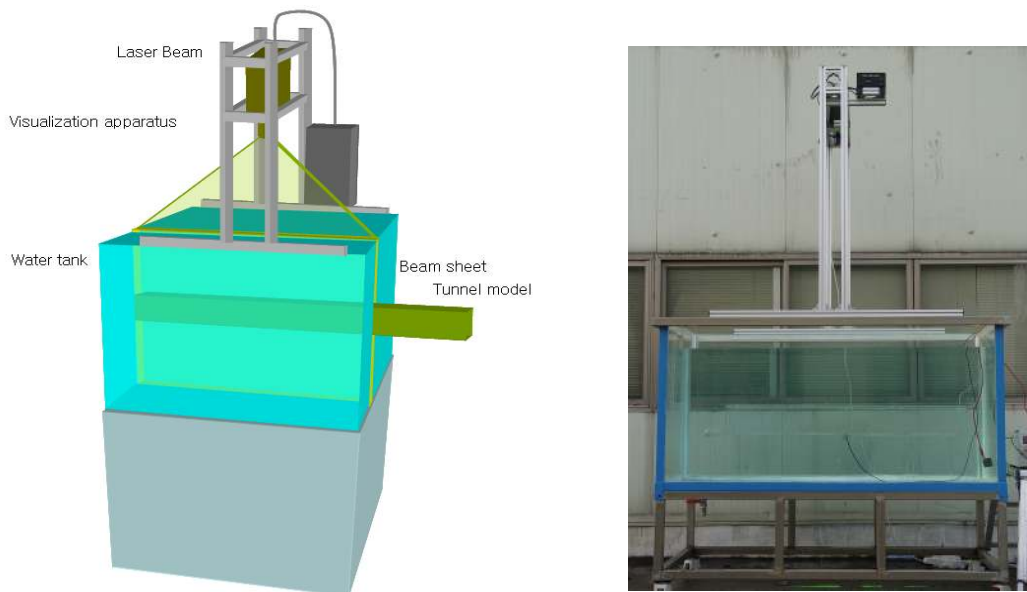
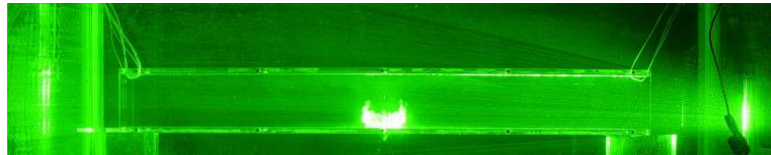


그림 2. 미세수소기포를 이용한 화재연기모사 실험장치

외부수조는 그림2와 같이 1M(W)*2M(D)*1M(H)의 크기로 제작하였으며 가시화하기 좋도록 양쪽 벽면에는 강화유리로 제작하였고 내부에는 양 끝단이 개방된 15cm(W)*15cm(D)*15cm(H) 크기의 내부 수조를 Acrylic으로 제작하여 내부 모형에서 발생하는 미세수소기포를 가시화할 수 있도록 하였다. 본 실험에서는 모형터널중앙에서 발화 할 때를 모사하기 위해 터널 중앙에 10cm*10cm이고 두께가 0.8mm인 정사각형 구리판(Anode ; Cu) 고정하였고 외부 수조에는 5cm*5cm*1cm의 정사각형 흑연(Cathode ; C₂)을 고정하였다. 수조에 전해질 용액을 만들기 위해 약 2m³의 물과 염화나트륨(NaCl)을 질량비로 약 3%를 혼합해 이온화 용액을 만들었다. 전원 공급 장치는 최대 30V, 20A의 직류 전원을 공급할 수 있는 장치를 사용하였으며 본 실험에서는 30V에 3.0A의 전원이 사용되었다. 가시화를 위해 파장이(Wavelength) 532nm, 출력이(Output power) 1000mW 가시화용 레이저를 사용하였다. 가시화를 효과적으로 하기 위해 레이저 광원 전단에 렌즈를 조합하여 Beam sheet의 두께가 2mm, 가시화영역을 1.5m로 맞추어 터널 전면의 가시화 될 수 있도록 하였다.

2.3 미세수소기포를 이용한 화재연기거동모사 가시화

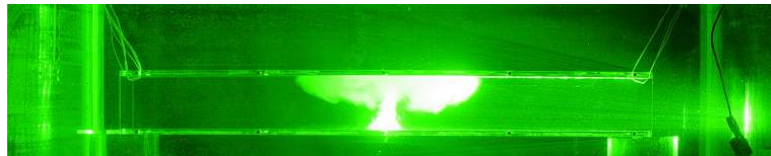
구배가 없는 내부수조 중앙에 구리판을 설치하였으며, 구리판에 수소를 발생시키기 위하여 30V, 3.00A의 전류가 염화나트륨 수용액에 구리판과 흑연을 통해 흘려졌다. 그림 3은 시간에 따른 터널연기 전파(수소기포)를 보여주고 있다.



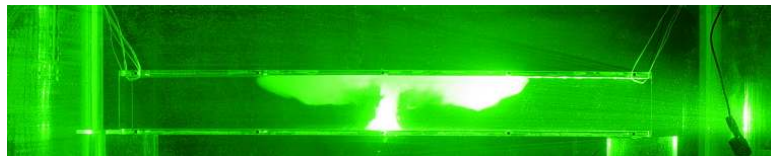
수소기포 발생 직후



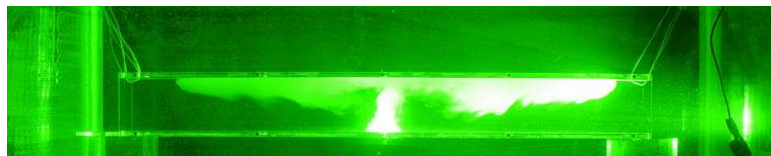
10초 후



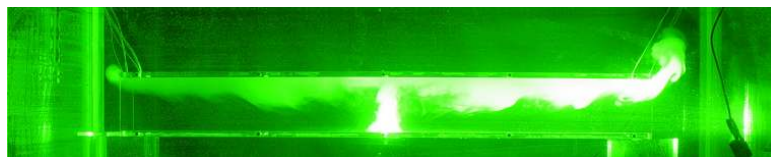
20초 후



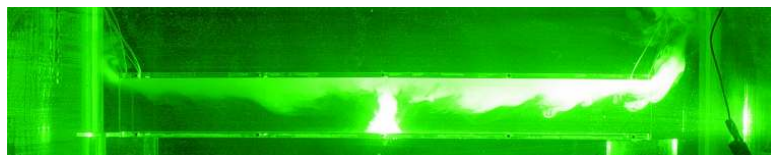
30초 후



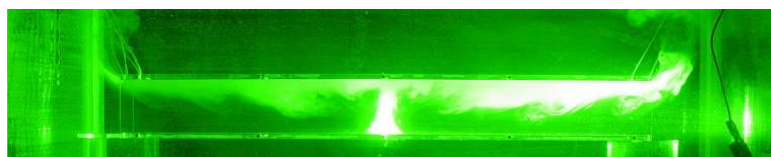
50초 후



70초 후



80초 후



90초 후

그림 3. 시간에 따른 터널 연기(수소기포) 전파

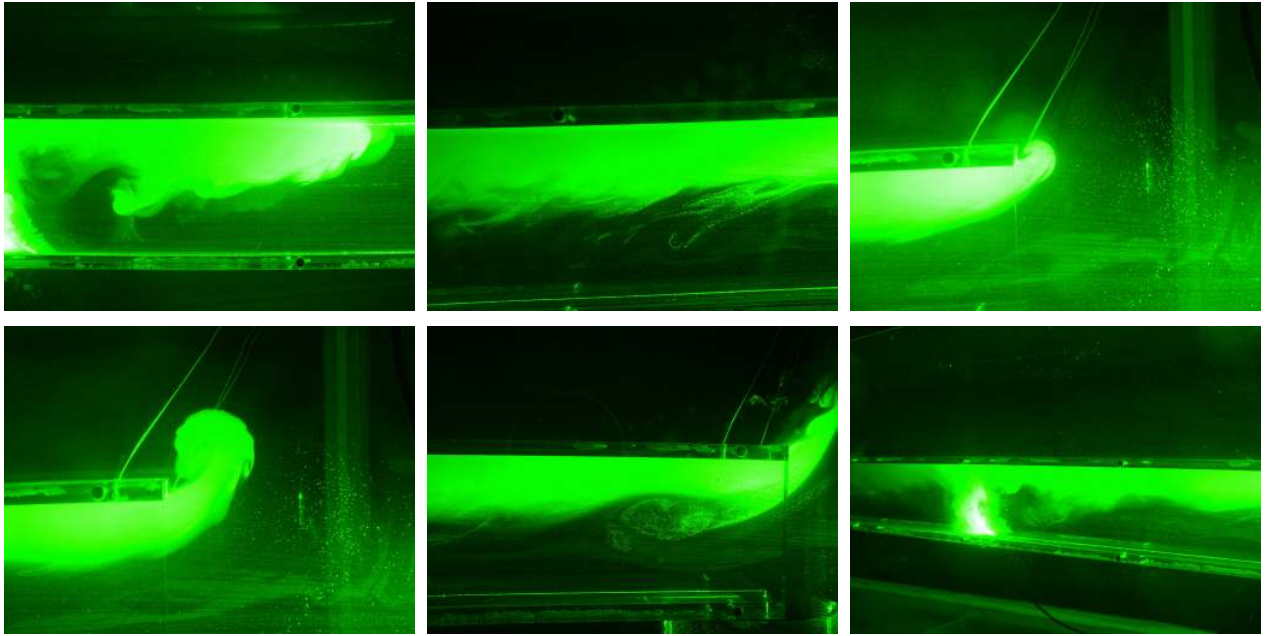


그림 4. 미세수소기포를 이용한 화재연기 전파와 소용돌이(eddy) 예

3. 결론

본 연구에서는 전기분해를 이용한 미세 수소 기포를 이용하여 터널 내부의 연기 거동 모사를 시도하였다. 시간에 따라서 모형터널 내의 수소기포의 거동을 가시화하였는데 기포 플럼(Plume)의 상승과 전파가 연기의 형상과 비슷한 양상을 보였다. 또한 가시화용 레이저를 이용하여 수소기포에 의한 플럼(Plume)의 단면을 가시화하여 수소기포의 부력에 의한 거동과 화재로 인한 연기의 거동과 같은 경향을 보임을 확인하였다. 또 화재연기가 전파되면서 공간 하부로 외부의 공기가 유입되는 실제 화재 현상에서 볼 수 있는 수소기포의 소용돌이(eddy)가 관측되었다.[5]

이 실험 방법의 장점은 터널 화재를 모사하기 위하여 실제 화염을 사용하지 않기 때문에 실험 셋업과 가시화하기 좋다는 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 진행중이다.

4. 참고문헌

1. Alan Beardm Richard Carvel, The Handbook of Tunnel Fire Safety, Part III. Tunnel fire dynamics, MPG books, Bodmin, Cornwall, 2005
2. J. De Ris, Modeling techniques for prediction of fires, Applied Polymer Symposium No.22, 185-193
3. Yuguo Li, Vicent C. W. Shing, Zhengdong Chen, Fine bubble modelling of smoke flows, Fire Safety journal 38 (2003) 285-298.
4. 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.
5. O. vauquelin, Parametrical study of back flow occurrence in case of a buoyant release into a rectangular channel, Experimental Thermal and Fluid Science 29 (2005) 725-731.