

Vortex Generator에 관한 기초실험

李正雨¹⁾ · R. Yamane²⁾ · 金春植³⁾ · 李英浩⁴⁾

A Fundamental Experiments on Vortex Generator

J. W. Lee · R. Yamane · C. S. Kim · Y. H. Lee

<目 次>

Abstract	Ⅲ. 결과 및 고찰
I. 서론	Ⅳ. 결론
Ⅱ. 실험	Ⅴ. 참고문헌
1. 실험 장치	
2. 실험 방법	

Abstract

Vortex generators are used as effective controllers of aerodynamic characteristics of industry equipments. But full knowledge of their mechanism is not attainable due to complex interaction between shedding vortices and bodies.

This study focuses on an investigation of flow patterns from simple vortex generators by LDV measurements and smoke wire visualization. Circular cylinder is adopted for preliminary examination of velocity wake patterns and three kinds of generator shapes and two kinds of gap angles for their generator were tested in a wind tunnel.

As experimental results, quite different wake patterns and velocity distribution within the wake region are observed.

- 1) 한국해양대학교 기계공학과 4학년
- 2) 동경공업대학, 기계공학과
- 3) 한국해양대학교 기관공학과
- 4) 한국해양대학교 기계공학과

I. 서 론

물체의 양항력특성을 향상시키기 위하여 vortex generator(이하 vg)가 자주 이용된다. 즉 물체표면 또는 전방에 와동을 발생시키는 별도의 기구를 설치하여 이곳으로 부터 방출된 와동에 의해 관심부분의 표면에서의 경계층의 구조를 변화시켜 제반 공력특성을 제어하는 것은 원리상 매우 효과적인 유동제어기법으로 평가되고 있다. 그러나 지금까지의 연구는 매우 단순한 형태의 vg에 대하여 실험이 행해져 왔으며 복잡한 구조의 vg에 대해서는 보다 체계적인 접근이 필요하였다.

본 연구에서는 이와 같은 관점에서 새로운 형상의 vg를 설계하였으며 이들의 와동특성을 알아보기 위한 기초실험을 행하였다. 우선 사용된 LDV의 계측신뢰성을 확인하기 위하여 2차원 원주를 택하여 후류에서의 속도계측을 행하였으며 다음으로 제안된 vg를 풍동내에 설치하여 스모크와이어법에 의한 가시화 실험을 행하였다. 또한 일부의 형태에 대하여서는 LDV를 이용하여 후류에서의 속도계측을 행하였다.

그 결과 새롭게 제안된 vg의 형태는 매우 다른 와동방출현상을 보여주고 있으며 후류에서의 속도패턴에서도 매우 다른 특성을 나타내었다.

II. 실 험

1. 실험 장치

Fig. 1은 본 연구에서 이용된 실험 장치를 개략적으로 보여준다. 풍동은 테스트단면이 $480 \times 500\text{mm}$ 이며 길이가 3000mm 이다. 송풍기의 최대회전수는 2000rpm 이며 얻을 수 있는 최대유속은 20m/s 이다. 일반적으로 LDV에 이용되는 입자는 다음과 같은 특성을 요구하며 계측정도에 큰 영향을 미친다. ① 추종성이 좋을 것, ② 광산란 특성이 양호할 것, ③ 입자의 발생이 용이하고 입자경이 균일할 것, ④ 입자가 측정 중에 변질되거나 창유리 등에 부착하지 않을 것 ⑤ 인체에 대해서 무해할 것 등이다. LDV측정을 위한 입자 발생장치는 Fig. 2와 같고 압력 조정밸브로 일정압력을 유지하면서 공기필터와 실리카겔의 건조기를 거친 건조 압력공기를 $1\mu\text{m}$ 의 알루미늄 분말이 있는 탱크에 분사시켜 혼합작용에 의해 이를 분산시켜 테

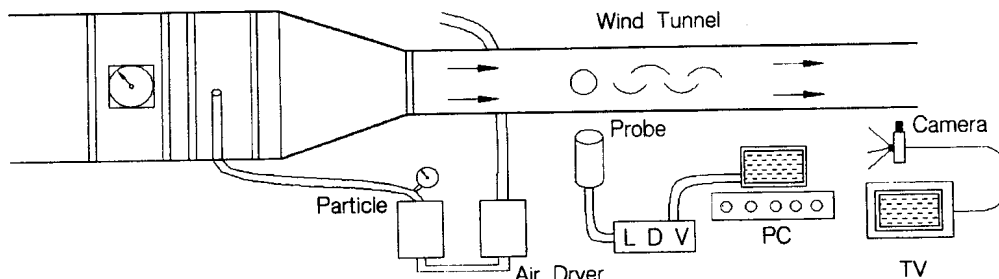


Fig. 1 Experimental System for LDV

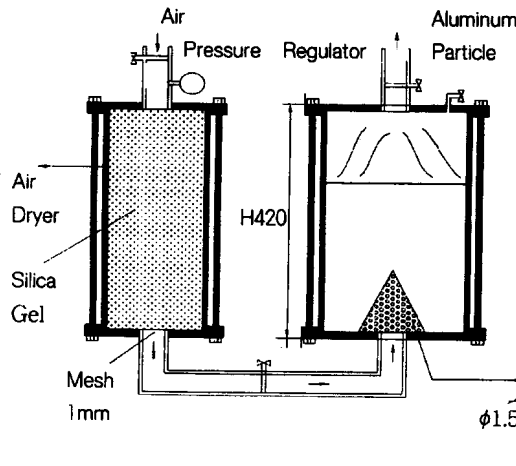


Fig. 2 Particle Generator

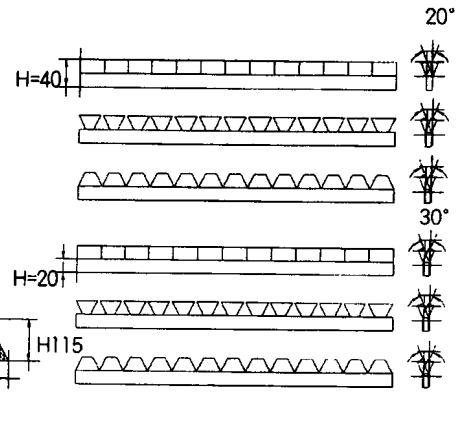
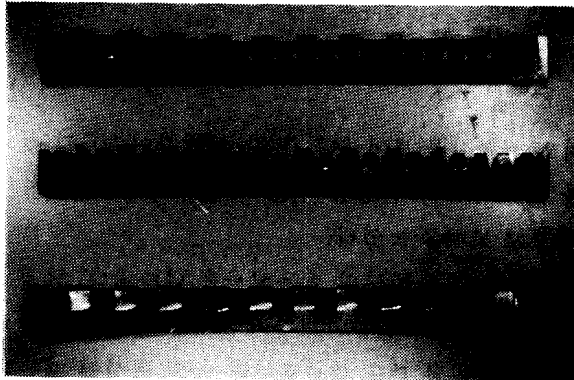
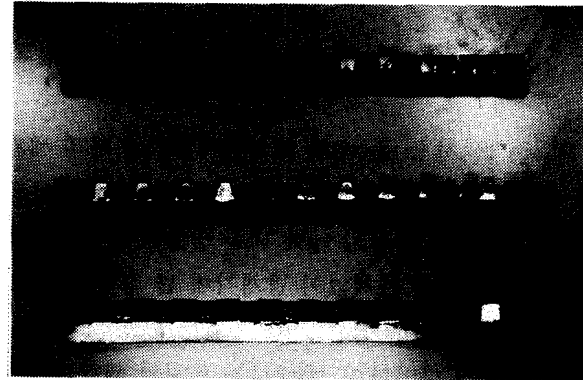


Fig. 3 Wing Shapes



(a) Angle of 20°



(b) Angle of 30°

Photo 1 Shapes of Wing

스트부에 공급한다.

실험에 이용된 원주는 직경 12.5mm의 투명아크릴관을 사용하여 가공하였으며, vg는 Fig. 3과 Photo 1과 같이 두께 0.3mm의 알루미늄 판으로 두 가지 각도(20°, 30°)를 갖는 세 가지 모양(□, ▽, ◁)을 제작하여 이용하였다. 습도계, 온도계 및 압력계가 풍동의 끝부분에 장치되어 있으며 이를 관찰하여 최적의 실험 조건을 조성하였다. 열선유속계를 이용하여 풍동의 대표속도를 측정하였으며 LDV를 적용하여 후류의 속도를 측정하였다. 발생된 입자는 LDV의 속도 측정용으로는 적당하나 가시화에는 적합하지 않기 때문에 스모크와이어를 이용하였다. 이를 위하여 니크롬선에 유동파라핀을 바른 후에 200V의 전압을 인가하였으며 증발하여 비산된 유동파라핀이 가시화사진의 촬영에 이용되었다. 레이저는 10mW출력의 He-Ne형의 2차원 계측용이며 빔간격은 50mm, 빔경은 0.35mm이며 측정점형상은 직경이 0.069mm, 길이가 0.769mm이며 체적 0.00193mm³이다. 검침부에서 측정점까지의 거리는 약 150mm이다. 이용된 제품은 KANOMAX사의 FLV SYSTEM 8853이다.

2. 실험 방법

풍동을 10분 정도 초기운전을 행한 다음 열선유속계를 이용하여 풍속을 4m/s로 유지하여 대표 레이놀즈수를, $Re=8.1 \times 10^6$ 으로 고정하였다. 압축기에서 발생한 압력공기를 입자발생기에 주입하며 이때의 압력은 2~3kg/cm²전후이었다. 입자 발생기의 흡입압력을 조정하여 발생입자의 농도를 조절하였다. 풍동내부에 직경 12.5mm의 원주를 설치한 후 원주직경의 10배거리의 후방에서 2mm간격으로 속도를 계측하였다. 매 측정점마다 100초동안 데이터를 샘플링하였으며 이 때의 데이터 수는 1,024개이었다. vg의 경우에는 시험편을 풍동 안에 설치하고 후방 240mm지점에서 1mm간격으로 원주에서와 같은 요령으로 속도를 측정하였다. 한가지의 형상에 대하여 계측이 끝나면 동일한 조건에서 vg의 형상과 각도가 다른 종류에 대하여 연속계측을 행하였다. 또한 동일한 실험조건하에서 스모크와이어를 이용하여 후방에서 방출되는 와의 형상을 기록하였다. 사용된 카메라는 Nikon제이며 셔터스피드는 1/250초이다. 또한 캠코더를 이용하여 방출와의 연속영상을 기록하였다.

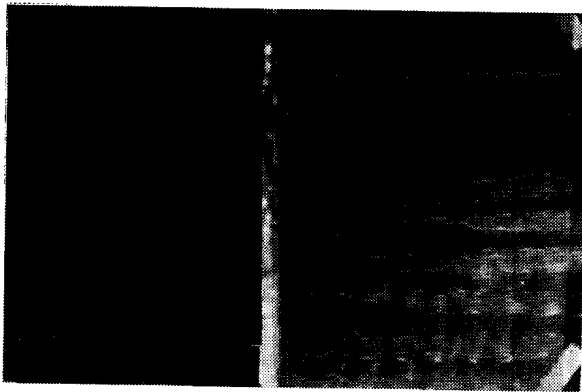
Ⅲ. 결과 및 고찰

Photo 1에서 (a)는 vg의 날개각이 20° 일 때의 세가지의 날개형상을 보여준다. (b)는 날개각이 30° 일 때의 형상이다. 알루미늄판으로 만들어진 vg를 아크릴판에 부착하여 실험중 변형이 안되도록 하였다. Photo 2는 모든 형상의 vg에 대한 방출와의 형태를 종합적으로 보여주고 있다.

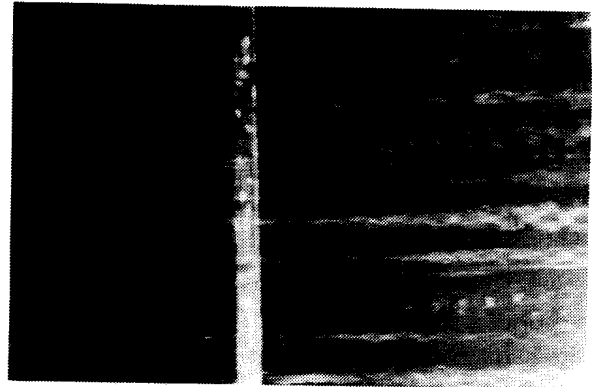
날개의 형상에 관계없이 날개각이 큰 경우에서 보다 복잡하며 크게 발달된 와동현상을 나타낸다. 날개각이 20° 일 때에는 그림의 (a), (c), (e)순으로 와동의 방출이 크게 나타나며 날개각이 30° 일 때에는 (d)에서 가장 크게 나타난다. (f)에서는 와동의 세력이 약화되어 있다. 이와 같은 결과로부터 vg의 형상에 따른 유동현상은 약간의 형상변화에 따라 크게 달라질 수 있음을 보여주며 유동제어를 위한 vg의 최적설계가 중요함을 정성적으로 나타내고 있다. 이에 관련된 유체역학적인 규명을 위해서는 보다 체계적인 접근이 필요할 것으로 예상된다.

Fig. 4는 원주후방10D(D는 원주의 직경)에서 계측한 속도분포를 나타낸다. 세로축의 0은 원주후방에서의 세로방향으로의 원주중심점을 의미한다. 속도분포는 이점을 중심으로 대칭을 이루고 있으며 원주의 반경에 해당하는 상하방향의 위치에서 최소값을 나타낸다. 이와 같은 현상은 이 부분에서 발달한 와동의 엔트레인먼트(entrainment)특성때문으로 추정된다.

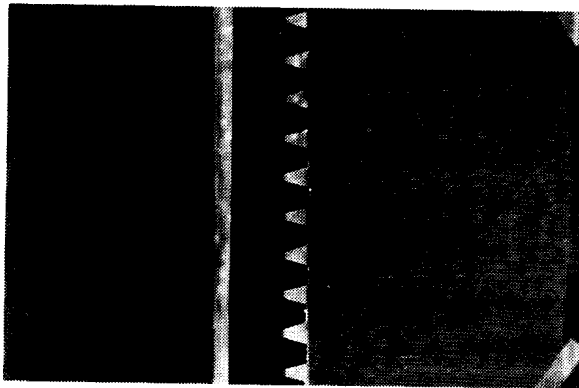
Fig. 5는 날개각 20°, □의 날개형상에 대하여 vg의 후방 240mm의 위치에서 계측한 속도분포이다. 세로축의 0은 한 쌍의 날개에서 서로 갈라지는 부분을 의미하며 이 점을 중심으로 한 쌍의 날개쪽에 해당하는 곳에서 속도를 계측하였다. 따라서 vg의 스펜방향으로 이와 같은 날개쌍이 연속되어 있음으로서 중심부의 한 쌍에 대한 속도분포는 대표적인 특성값으로 추정할 수가 있다. 최대 및 최소속도는 각각 3.2m/sec, 2.1m/sec이며 세로축 0을 기준으로 상방의 속도의 증가형상과 하방의 감소형상이 거의 대칭적인 특성을 보이고 있다. Fig. 6은 같은 날개형상에서 날개각이 30° 일 때의 결과이다. 20°의 경우와 비교하



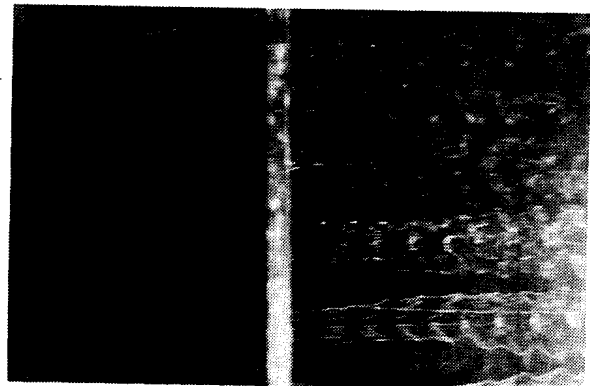
(a) □ Form of 20°



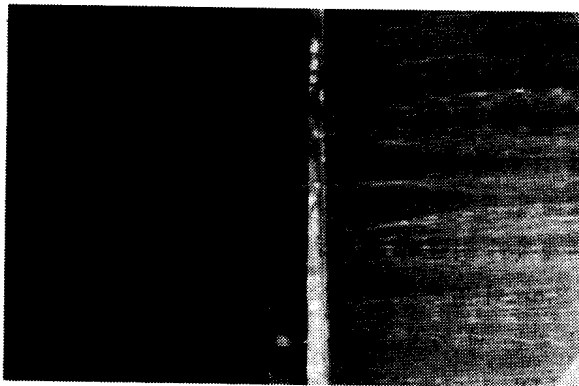
(b) □ Form of 30°



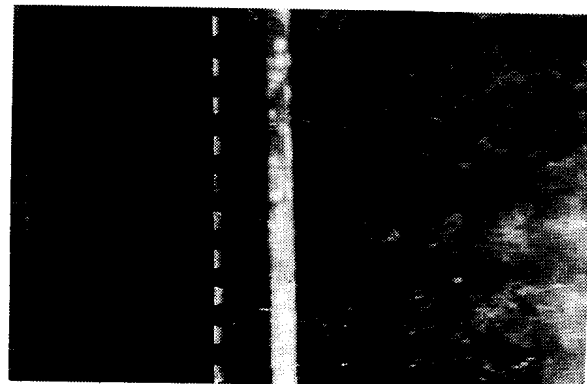
(c) ▷ Form of 20°



(d) ▷ Form of 30°



(e) ◁ Form of 20°



(f) ◁ Form of 30°

Photo 2 Wing Wake Patterns

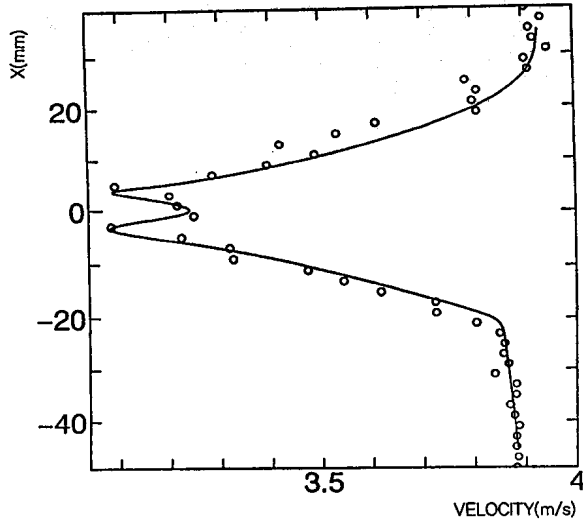


Fig. 4 Velocity Distribution of Circumferential Wake

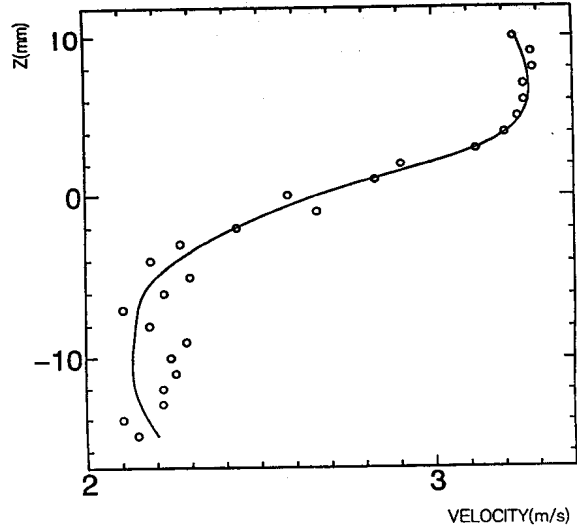


Fig. 5 Velocity Distribution of 20° Wing

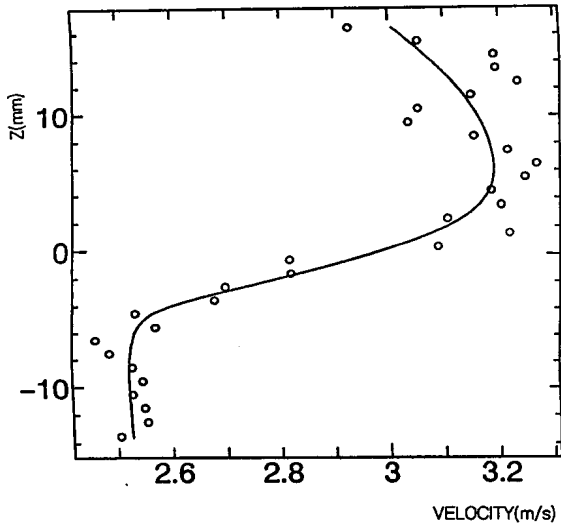


Fig. 6 Velocity Distribution of 30° Wing

여 측정점간의 속도변동이 심하며 상하방향으로의 속도분포도 비대칭성이 강하게 나타나고 있다. 따라서 날개각도에 따른 유동특성은 변화가 큼을 알 수가 있다.

IV. 결 론

물체의 양항력특성을 향상시키기 위하여 vortex generator(vg)가 자주 이용된다. 그러나 지금까지의 연구는 매우 단순한 형태의 vg에 대하여 실험이 행해져 왔으며 복잡한 구조의 vg에 대해서는 보다 체계적인 접근이 필요하였다. 본 연구에서는 두께 0.3mm의 알루미늄 판으로 두 가지 각도(20°, 30°)를 갖는 세 가지 모양(□, ▷, ◁)을 제작하여 후류

의 와동특성을 검토하였다. 또한 2차원원주를 이용하여 LDV를 이용한 속도분포를 측정하였다. 또한 풍동내에서 스모크와이어법에 의한 가시화실험을 병행하였다. 그 결과 vg의 형상에 따른 유동현상은 약간의 형상변화에 따라 크게 달라질 수 있음을 보여주며 유동제어를 위한 vg의 최적설계가 중요함을 정성적으로 보여줌을 알 수 있다. 특히 날개각의 변화에 따라 후류의 유동특성이 크게 달라짐을 알 수 있다.

후기

본 연구는 한국해양대학교와 동경공업대학교의 자매결연에 의한 일본문부성의 단기유학지원프로그램에 의한 결과이다. 책임저자는 동경공업대학 기계과학과의 Yamane Ryuichiro교수의 연구실에서 1년간 재학을 하였으며 그 동안 동교수의 배려로 유학의 목적을 달성할 수 있었던 점에 대하여 깊은 감사를 드리며 또한 두 학교의 관계자 여러분에게도 깊은 사의를 드리는 바이다.

V. 참고문헌

- 1) 中島 健外, LDV基礎應用日刊工業新聞社, 1980, pp. 3 - 4, p. 27.
- 2) A. Okajima, J. Fluid Mech. Vol. 123, 1982, pp. 379 - 398.
- 3) P. K.Stanby and A. Slaouti, Int. J. for Numerical Methods in Fluids, Vol. 17, 1983, pp. 1003 - 1013.
- 4) 中林育雄, 亂流現象, 朝倉書店, 1994, pp. 165 - 221.
- 5) 五十嵐外 2名, 圓柱に動く抗力の輕減に關する研究, 日本機械學會論文集 60卷573號, 1994, pp. 1554 - 1560.
- 6) 조강래, 유체역학, 회중당, 1992, pp. 256 - 273.

