

Van 형 자동차의 후류구조에 대한 실험적 해석

(와류 형성을 중심으로)

An Experimental Study on the Wake Structure behind a Van Type Vehicle

성 봉 주* 장 병 희*
Bong Zoo Sung, Byeong Hee Chang

ABSTRACT

The wake structure behind a van type vehicle was studied experimentally with a 5-hole yawhead probe. Through an effective calibration method of the 5-hole yawhead probe, the flow properties such as velocity vector, total pressure and static pressure were obtained on two cross sections within the wake. These results combined with the surface flow visualization performed in the previous study, yielded some information about the wake structure. When the model was placed in a stream with zero yaw angle, two counter rotating vortices were observed behind the model which pull down the surface flow on each side of the model. With increasing the yaw angle, the surface flow on the windward side changed to divide the flow in two directions, one flows upward on the upper part and the other flows downward on the lower part of the windward side. Hence a new weak vortex was created on the upper windward side, which resulted 3 vortices within the wake. The size and the strength of the vortices increased with yaw angle.

기 호 설 명

- L : 모델의 후면 범퍼를 제외한 길이
- P_t : 전압력
- P_s : 정압
- q : 동압
- U : X 방향 유속
- V : Y 방향 유속
- W : Z 방향 유속
- X : 풍동 측정부 흐름 방향 (자유 흐름 방향)
- Y : 풍동 측정부 폭 방향

Z : 풍동 측정부 높이 방향

β : 흐름의 yaw 각

R_s : 레이놀즈 수 ($\frac{\rho UL}{\mu}$)

하첨자 ∞ : 자유흐름의 특성

1. 서 론

주행시의 자동차는 공기 역학적인 관점에서 본다면 일정한 흐름장내에 봉독한 물체 (Bluff Body)가 놓여진 것과 같으므로 세장형인 항

* 한국기계연구소, 항공연구실

공기 동체에 비해 항력계수가 크며 몇가지 중요한 유동 특성을 갖는다. 자동차 주위 공기 흐름의 특징으로는 흐름의 박리(Flow Separation)와 와류 유동(Vortex Flow)을 들 수 있으며 이 두가지 성질 모두 물체의 점성 효과에 기인된다. 자동차 후방에서 후류가 발생하면 자동차 주위의 흐름은 자동차와 후류면으로 구성된 새로운 자동차 주위를 흐르는 유동의 특성을 나타내며 후류면이 시작되는 접인 박리점의 위치와 후류면의 위치가 고정적이지 아니라 유동적이어서 전체적인 자동차주위의 흐름도 이에 따라 변동하게 되며 자동차가 받는 힘도 변동적이 된다. 이는 근본적으로 박리 과정이 비정상적(Unsteady)과정이기 때문이며 박리되기 전의 흐름이 물체표면에 평행하게 잔잔히 흐르던 것에 비하여 박리후의 흐름은 일종의 무질서한 난류흐름의 특성과 주기적으로 물체표면에서 박리되므로 일정한 주파수를 가진 진동과 같은 현상도 나타낸다 (Buffeting).

자동차의 뒷부분에서 발생하는 후류는 그 난류특성으로 인해 노면의 먼지를 후류내로 끌어들이고 차량의 뒷면에 부착시키므로 뒷창의 경사가 급한 경우에는 뒷창문의 시야가 나빠질 수 있으며 특히 젖은 노면을 주행할 때에는 뒷창의 시야확보가 매우 힘들며 자동차의 뒷부분에서의 흐름특성을 파악하지 않고 엔진 배기관을 장치한 경우 모든 배기가스를 후류내로 끌어들이 수도 있다. 따라서 자동차의 후방에 형성된 후류의 구조를 분석한다는 것은 자동차에 작용하는 공력 성분 및 전체 자동차 주위의 흐름을 파악하는데에도 도움을 주지만 엔진 배기관의 위치 선정, 각종 지시등의 장착 위치 및 장착 방법, 후방 시야 확보를 위한 뒷창 와이퍼의 장착 여부 등도 결정할 수 있다. 최근 전자공학의 눈부신 발전과 더불어 고성능화되고 있는 전자계산기는 전산유체역학적 해석기법(CFD)을 강력한 흐름 해석도구의 하나로 부각시켰으나 자동차 주위의 복잡한 3차원 흐름장을 해석하기에는 아직도 부족한 점이 있으며 전산해석 결과의 검증과 후류해석을 위해서는 실험적 연구가 아직도 중

요하다.

한국기계연구소 항공연구실에서는 1986년도 연구과제¹⁾로 자동차의 공기역학적 성능해석을 위하여 공력측정과 표면압력 측정및 표면흐름 가시화 기법을 개발한바 있으며 그 계속과제로 자동차의 후류 구조 해석을 위하여 Yawhead probe 를 이용한 흐름장 측정 기법을 개발하였으며, 그 결과 얻어진 후류 흐름장 자료들을 1986년도의 연구 결과인 가시화된 표면흐름과 연관지어 와류의 생성과 와류에 대한 흐름각과 거리에 영향에 관심을 두고 후류 구조 해석을 시도하였다.

2. 실험장치

사용풍동과 모델: 본 실험에서 타 연구 과제의 하나로 1987년에 설계하여 제작한 수축부 출구 단면적이 $60\text{mm} \times 400\text{mm}$ 인 폐회로, 개방시험부 형식의 아음속 풍동²⁾을 사용하여 수행하였다. 폐회로시험부 형식의 풍동은 모델과 시험부 벽면에 의한 흐름 봉쇄 효과로 인하여 오차가 발생할 수 있는데 봉쇄율(Blockage Ratio: 시험부 단면적에 대한 모델 단면적의 비)이 4~5% 일 때 압력측정 오차는 1~2% 정도이며 봉쇄율이 커질수록 그 오차도 증가한다.³⁾ 그러나 개방시험부 형식은 시험부에서의 유량 손실로 인해 폐쇄 시험부 형식에 비해 상대적으로 유속이 떨어지지만 벽면 효과가 없으므로 봉쇄율의 제약을 받지 않아도 되므로 상대적으로 큰 모델을 사용할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 실험 결과의 분석을 위하여 표면흐름 가시화 실험에 사용된 1/20 축적의 일반적 벤(Van)형 모델¹⁾을 사용하였으며 모델의 단면적은 측정부 입구 단면적의 2.2% 였다.

본 실험은 개방시험부에서 하게 되므로 이송 장치나 기타 시험부 아래의 설치물들과의 간섭도 피하고 수축부에서 발생한 경계층의 영향을 제거하기 위하여 수축부 출구로 부터 60mm 떨어진 지점에 수축부 출구 바닥에서 5mm 높은 위치에 지면이 위치하도록 폭 63cm 길이 67.5cm , 두께 6mm 의 아크릴 판으로 지

면을 설치하였으며 지면의 앞부분에서 발생한 지도 모르는 흐름의 박리에 의한 두꺼운 난류 경계층의 발생을 막기 위하여 지면의 앞부분을 45° 날림으로 가공하여 날을 만들고 지면을 수축부 출구의 흐름방향에 일치하도록 수평설치하였으며 모델을 지면 경계층을 벗어난 영역인 지면으로부터 30 mm 떨어진 위치에 설치하였다. 후류 측정용 홈은 폭 1 cm, y 방향 길이 30 cm로 yaw 각이 0° 상태에서 모델 후면으로부터 0.5 L, 1.0 L 떨어진 위치에 설치하였다. 이때 L 은 모델의 특성길이로서 편의상 모델 후면의 범퍼를 제외한 길이 200 mm이다.

이축 이송장치 : 후류 단면상의 흐름을 측정하기 위하여 Yawhead probe 를 Y-Z 단면상에서 2 차원적으로 이송해 줄 수 있는 이축 이송장치가 필요하며, 스테핑 모터의 특성은 Fig. 1 과 같이 주어진 토크에 대해 가속 영역 없이 기동할 수 있는 최대 작동 주파수 곡선인 Pull-in 토크 곡선, 가속 영역이 있을 때의 최대 작동 주파수 곡선인 Pull-out 토크 곡선으로 구분되어 진다. 이러한 특성을 잘 이용하면 자기 기동이 불가능한 토크일지라도 Pull-out 토크 미만이면 적절한 가속 구간을 거치므로써 극복할 수 있다. 따라서 주어진 부하와 이송거리에 대해 이송시간을 최소화 시키기 위해서는 가감속 시간과 초기 입력 주파수, 최대 입력 주파수의 최적 선택이 필요하며 예비 실험시 풍속과 장착한 Probe 에

따라 적절한 주파수의 조합을 구하여 본 실험시 사용하였다. 또한 스테핑 모터의 고속특성을 개선하기 위하여 모터정격 전압 (V_w) 보다 더 높은 구동용 전압 (V_m) 을 택하여 외부 직렬 저항 (R_o) 을 연결하여 사용하였다. 외부 직렬 저항의 위치는,

$$R_o = \frac{V_m - V_w}{I_w} \text{ 로 계산된다.}$$

자료획득 및 제어장치 : 자동차 후류 측정 실험을 위한 장치로 이미 설명한 자동차 모델과 이음속 풍동 및 이축 이송장치 외에, 이축 이송장치의 스테핑 모터 운전과 압력 스캐너 (Pressure Scanner) 의 작동을 제어하며 압력 변환기로부터의 출력 전압을 디지털 신호로 변화시켜 줄 수 있는 장치가 필요하다. 이러한 기능을 모두 갖추고 있는 자료획득 및 제어장치로서 나노텍에서 제작한 Labin Master 를 이용하였다. Labin Master 의 Digital I/O 는 ON-OFF 신호와 펄스 신호의 출력이 가능하며 ON-OFF 신호는 스테핑 모터의 회전 방향과 단위회전각 결정 신호로, 펄스 신호는 스테핑 모터의 전진 신호로 스테핑모터 드라이버에 입력되며 또한 압력 스캐너의 전진과 reset 을 제어하는데 쓰인다. 압력변환기로부터 출력되는 전압은 Labin Master 의 12비트의 분해능을 갖는 A/D 변환기로부터 디지털 신호로 변환되어 퍼스널 컴퓨터에서 읽혀 저장된다.

Yawhead probe : Yawhead probe 는 시간에 대한 평균값만을 측정하는 단점이 있으나 적절한 측정기법을 채택하면 전압력, 정압, 흐름각을 모두 측정할 수 있어서 LDV와 열선 풍속계가 유속만을 측정할 수 있는 점에 비해 전압력이나 정압력이 변화하는 흐름장에서 사용될 수 있다. 특히 자동차의 후류내부의 흐름은 와류에 의한 전압력 손실이 현저하여 이러한 흐름장을 측정할 수 있는 방법은 Yawhead probe 에 의한 방법이 유일하다. 본 실험에서 사용된 5-Hole Yawhead probe 는 United Sensor 사의 DC-125 로서 그형상은 Fig.

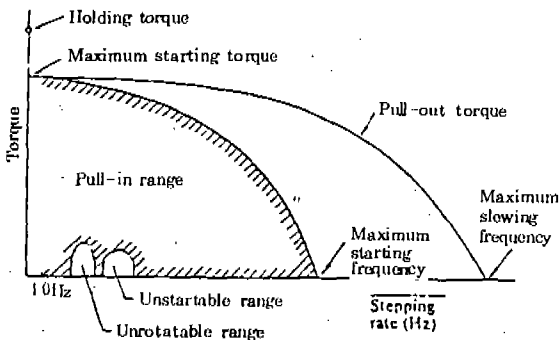


Fig. 1. Frequency-torque characteristics of stepping motors

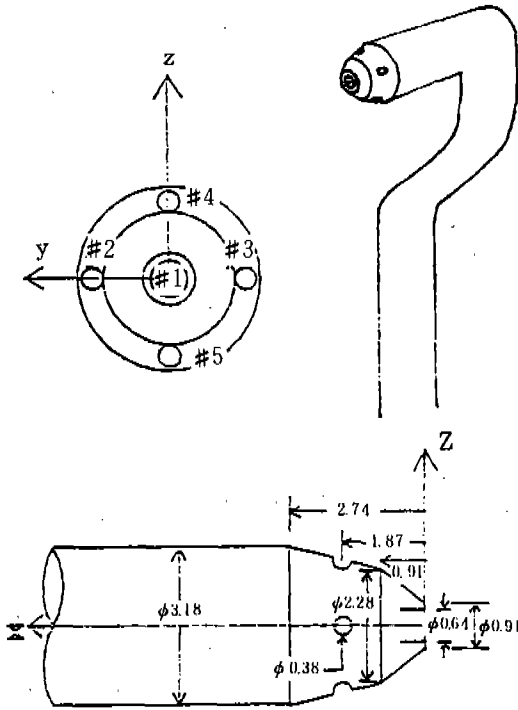


Fig. 2. 5-Hole yawhead probe (United sensor, DC-125) and tip detail (in mm)

2와 같다. Yawhead probe 로 측정 한 압력 자료들로부터 흐름각을 알기 위한 보정방법은 여러가지가 있으나 본 연구에서는 큰 흐름각에서도 적용 가능한 성봉주, 장병희⁶⁾의 방법을 이용하였으며, 이는 흐름의 받음각 $\alpha = -54^\circ \sim 49^\circ$ 와 yaw 각 $\beta = -50^\circ \sim 50^\circ$ 의 범위에서 흐름각은 2.7%의 RMS 오차로, 압력은 2.7% RMS 오차로 예측이 가능한 방법이다.

3. 실험방법

Yawhead probe 들 Z 이송 테이블에 정착하고 Z 방향으로 5mm씩 이동하면서 각 압력공의 압력을 측정하고 Z 방향 전 구간 이송이 끝나면 다시 Y 방향으로 5mm 전진한 후 Z 방향의 전진 방향을 반대로 바꾸어 5mm씩 이동하면서 압력 측정을 계속한다. 이와 같이 부하가 큰 Y 방향으로 전진하면서 작은 부하의 Z 방향을 왕복 이송하는 방법은 실험시간을 단

축하는데 효과적이다. Yawhead probe 상의 5개의 압력공의 압력을 차례로 측정하기 위해 48공 압력스캐너 (Scani-valve, SGM 48) 를 사용하였으며 Yawhead probe 에서 비닐튜브를 통해 압력변환기 (Scani-Valve PDCR23 D, 최대 압력 1 psi, 최대 출력 범위 17.5mV) 로 전달된 압력은 자체 증폭기를 거쳐 5/0.075 배 증폭된다. 그러나 이러한 시스템의 경우 81.5 m/sec 인 흐름의 전압력에 대한 증폭기 출력이 1V 정도가 되어 측정 영역이 -10V ~ 10V 인 12bit A/D 변환기로 측정할 때 그 정밀도가 떨어지므로 다시 10 배율의 증폭기를 추가 연결하였다. Yawhead probe 가 압력을 측정할 지점까지 이송된 후 새로운 지점의 압력이 압력변환기까지 전달되기에는 약간의 시간이 걸린다. 이 시간은 압력의 크기 및 전달 거리, 압력 전달 튜브의 직경등과 관계되며 예비 실험에 의하여 결정한 170msec 동안 기다렸다가 전압치를 50번 읽어 그 평균값을 취했다. 이러한 전 과정을 IBM PC/XT

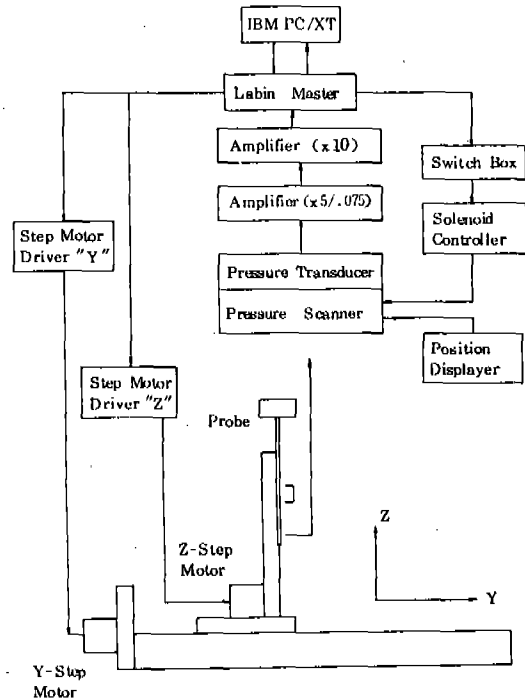


Fig. 3. Schematic diagram for measuring the flow properties

급 컴퓨터를 이용하여 C언어로 짜여진 프로그램으로 제어하였으며 Yawhead probe 및 압력 변환기, 압력스캐너, Labin Master, 퍼스널 컴퓨터등의 연결도는 Fig. 3과 같다.

4. 후류 흐름장 해석

자동차 후류의 흐름장 특정분석을 위해 유속 20m/sec, 레이놀즈 수 2.75×10^5 일 때 5-Hole yawhead probe를 이용하여 $X/L = 0.5, 1.0$ 의 지점에서 3가지의 yaw 각 ($\beta = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ$)의 경우에 대하여 흐름특성을 측정하였으며 앞서 언급한 보정법(5)을 적용하여 얻어진 각 경우의 후류 단면상의 속도 벡터, 전압력, 정압과 축 방향의 속도 분포를 모델 후방에서 자유흐름을 정면으로 받는 방향에서 Fig. 5~7, Fig. 9~15로 도시하였다. 이 결과를 유막법과 실을 이용한 표면 가시화 실험 결과 얻어진 표면 유선도 (Fig. 4, 8)와 관련지어 자동차 후류 구조를 해석하였다.

yaw 각이 없는 경우: 유막법과 실을 이용한 표면 흐름 가시화로 얻어진 표면유선도인 Fig. 4에서 보는 바와 같이 모델의 정면에서 불어오던 자유흐름은 모델 앞면의 정체점으로부터 사방으로 분산되어 흐르다가 모서리에서 박리되는데 윗면 모서리에서는 박리 기포가 형성되고 박리 기포 위를 지나온 흐름은 윗면에 재부착되어 후방으로 흐르게 되며 측면 모서리에서는 와류눈의 생성과 함께 흐름의 박리가 일어나 측면 전반부에서는 상

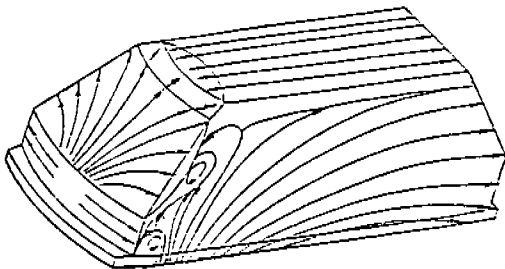


Fig. 4. Surface streamlines on a van model with zero yaw angle

대적으로 압력이 높은 아랫면으로부터의 흐름의 유입이 발생한다. 그러나 아랫면으로부터 흐름이 유입되는 측면 전반부의 이러한 현상은 측면 후반부로 갈수록 역전되어 표면 유선이 아래로 휘어지고 있어 모델 후방에 측면 흐름을 아래로 당겨주는 와류의 존재가 예측된다. $X/L = 0.5$ 지점에서 측정된 단면상의 속도분포도인 Fig. 5에서 모델 후방중앙 부분에 위로 솟아오르는 흐름을 만들어 주고 좌우 측면의 흐름을 아래로 당겨주는 역할을 하는 와류가 좌우에 각각 하나씩 형성되어 있는 것을 확인할 수 있으며 이와같은 현상은 후반부 형상이 비슷한, 즉 Estate 형 자동차의 후류에서도 발생되고 있음이 Ahme의 2인⁶⁾의 연구결과에도 잘 나타나고 있다.

Fig. 6은 전압력의 분포도로서 중앙 부분의 전압력은 자유 흐름에 비해 30%가량 감

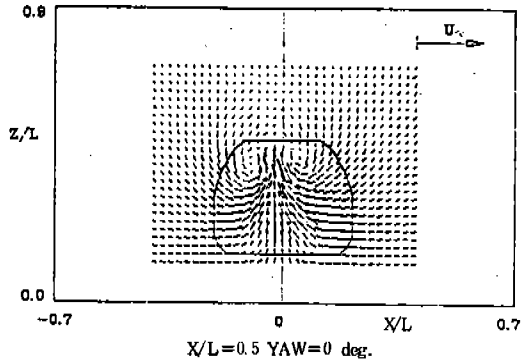


Fig. 5. Velocity vectors on a cross plane ($X/L = 0.5$) behind a van model with $\beta = 0^\circ$

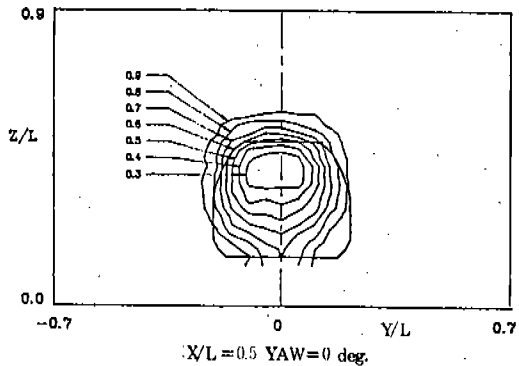


Fig. 6. Total pressure distribution ($P_T/P_{T\infty}$) on a cross plane ($X/L = 0.5$) with $\beta = 0^\circ$

소된 것을 보여주고 있으며 발생한 와류의 강도가 클 경우에는 Fig. 5와 같이 2개의 와류핵을 중심으로 2개의 최소 영역이 존재하여야 하나 이 경우에는 1개의 최소 영역만 보이며 정압 강하도 자유흐름 동압의 2%미만으로 나타난 것으로 보아 흐름각이 없을 때 모델 후방에 형성된 와류는 그 강도가 미약함을 알 수 있다. Fig. 7은 측방향 유속 (U)

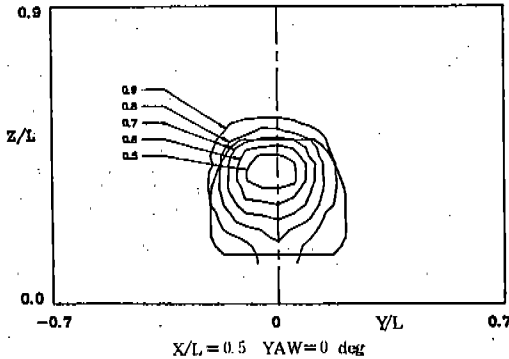
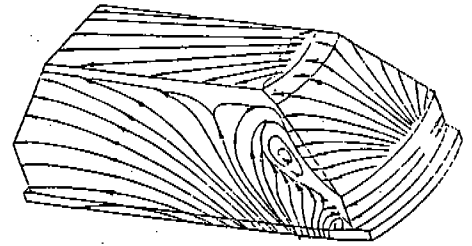


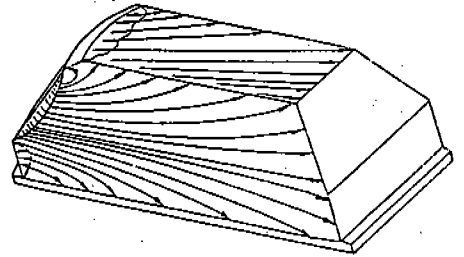
Fig. 7. Axial velocity distribution (U/U_∞) on a cross plane ($X/L=0.5$) with $\beta=0^\circ$

분포도로서 그 강하 양상이 전압력의 강하양상과 유사한 이유는 전압력은 정압과 동압의 합으로서 흐름이 갖고 있는 전체 에너지를 나타내며 Fig. 5의 y, z 방향 유속의 상대적 크기가 자유흐름 속도에 비하여 상당히 작아서 측방향 유속이 전압력에 결정적인 영향을 미치지 때문이다. 이때 $0.8 Pt_\infty$ 등압선과 $0.9 U_\infty$ 선이 더이상 폐곡선을 이루지 못하고 대칭면 주위에서 아래로 터져내리고 있는 현상, 즉 모델의 대칭면 하단에서 에너지 손실이 큰 이유는 모델 밑면 중앙에 모델을 고정시켜주는 지지대가 설치되어 있어 그 지지대에서 박리된 흐름의 영향이 모델 후방의 박리흐름과 혼합되어 있는 결과라고 추측된다.

yaw각의 영향: 모델이 자유 흐름에 대하여 yaw각을 갖으면 모델 후방에 형성되는 후류의 구조도 yaw각이 없을 때에 비해 상당히 달라진다. 이러한 현상은 모델 표면 흐름 구조가 yaw각에 따라서 근본적으로 달라지기 때문이다. 표면유선도인 Fig. 8에서 볼 수 있



a) Leeward side



b) Windward side

Fig. 8. Surface streamlines on a van model with non zero yaw angle

듯이 모델에 대해 yaw각을 갖고 비스듬히 접근하던 자유 흐름이 바람을 등진 쪽 측면 모서리에서는 yaw각이 없을 때의 흐름 양상이 더욱 강해져 와류핵의 크기나 강도가 강해지고 아랫면으로부터의 흐름 유입 양상이 더욱 현저하며 그 흐름은 후방으로 갈수록 아래로 휘어져 내리고 있으므로 yaw각이 없을 때와 같이 모델 후방에 측면 흐름을 아래로 당겨주는 와류의 존재가 예측된다.

바람을 받는 쪽 측면 모서리에서는 yaw각이 커질수록 흐름의 박리와 와류핵의 강도가 약화됨과 동시에 측면 전반부에 존재하던 아랫면으로부터의 흐름 유입이 없어지고 대신 앞면 모서리에서 시작된 측면 흐름중 하반부의 흐름은 yaw각이 없을 때와 마찬가지로 아래로 휘어지고 있으므로 역시 측면의 흐름을 아래로 당겨주는 와류의 존재가 예측되며 상반부의 일부 흐름은 오히려 위로 솟아 올라와서 윗면으로 넘어가고 있으므로 바람을 받는 쪽 모델 후방의 상단부에 측면 흐름을 당겨 올려주는 새로운 와류의 출현이 기대된다.

$\beta = 10^\circ$ 일 때 첫번째 단면상의 속도 측정

결과인 Fig. 9에서 예측된 이들 와류들의 실재를 확인할 수 있다. $\beta = 0^\circ$ 일 때 대칭면을 기준으로 형성되어 있던 좌우의 미약한 와류중 바람을 받는 쪽 와류는 그 세기가 크게 강화되면서 밑으로 흘러내려 위치하고 바람을 등진 쪽 와류는 위치의 변화는 거의 없으나 그 형성이 좀더 분명하여 졌다. 이들 두 와류의 영향으로 대칭면상의 흐름은 바람을 받는 쪽으로 쓸리게 되며 모델 지지대 후방에 존재하던 모델 지지대의 영향을 받는 부분은 대칭면상의 흐름 방향으로 기울게 되고 하단부로 흘러내린 강한 와류 위쪽에 새로운 와류가 출현하여 표면흐름가시화에서 예측된 바와 같이 모두 3개의 와류가 존재하게 되고 회전방향이 동일한 상단 2개의 와류 경계에서는 단면상의 흐름(V, W)이 약해진다. 바람을 받는 쪽에서 형성된 서로 반대 방향의 와류는 바람을 받는 쪽 측면 흐름을 Fig. 8과 같이 측면의 수평한 흐름선을 경계로 잇면으로 솟아 흐르는 상단부 흐름과 아랫면으로 흘러 내리는 하단부 흐름으로 분리해준다.

이러한 $\beta = 10^\circ$ 일 때의 단면상의 흐름은 $\beta = 0^\circ$ 일 때에 비해 강화된 결과를 보이고 있는데 이는 곧 에너지 손실의 증대를 의미하며 전압력과 축 방향의 유속의 강화를 심화시킨다. Fig. 10에서 전압력은 좌하단부의 강력한 와류 중심부에선 $0.1 P_{T\infty}$ 이하까지 강하되며 우상단의 약한 와류 영역에서도 $0.5 P_{T\infty}$ 이하까지 강하되는 것을 볼 수 있고 그 강하면적이 yaw 각이 없을 때에 비해 확장되

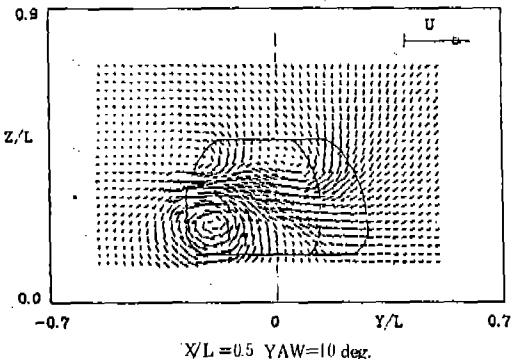


Fig. 9. Velocity vectors on a cross plane ($X/L = 0.5$) behind a van model with $\beta = 10^\circ$

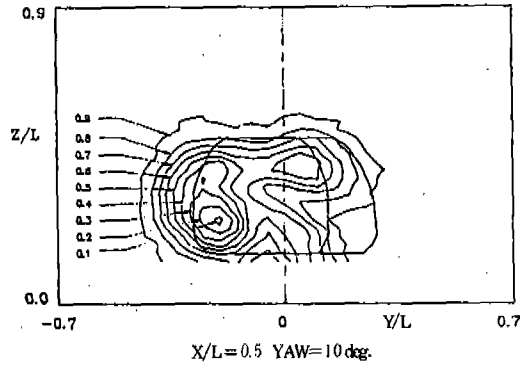


Fig. 10. Total pressure distribution ($P_T / P_{T\infty}$) on a cross plane ($X/L = 0.5$) with $\beta = 10^\circ$

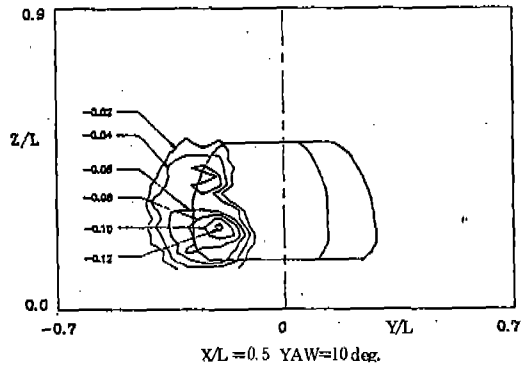


Fig. 11. Static pressure distribution ($P_s / P_{T\infty}$) on a cross plane ($X/L = 0.5$) with $\beta = 10^\circ$

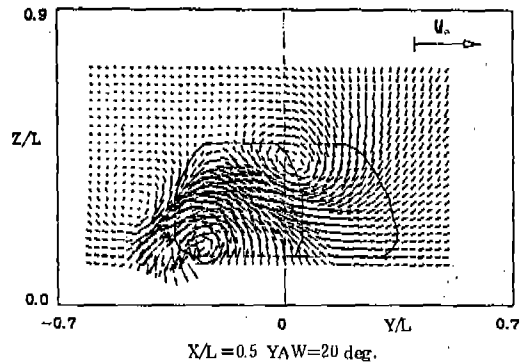


Fig. 12. Velocity vectors on a cross plane ($X/L = 0.5$) with $\beta = 20^\circ$

어 있으므로 후류영역도 yaw 각이 커짐에 따라 증대되고 있음을 알 수 있다. 이러한 강력한 와류는 정압의 강하도 유발하여 좌하단

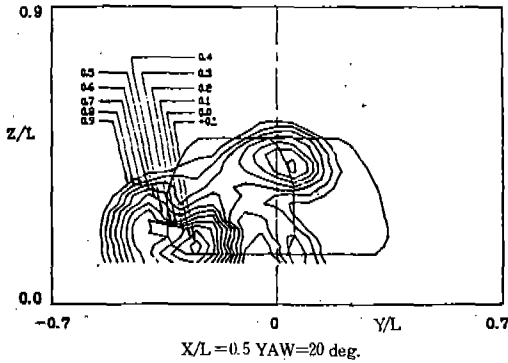


Fig. 13. Total pressure distribution ($P_T/P_{T\infty}$) on a cross plane ($X/L=0.5$) with $\beta=20^\circ$

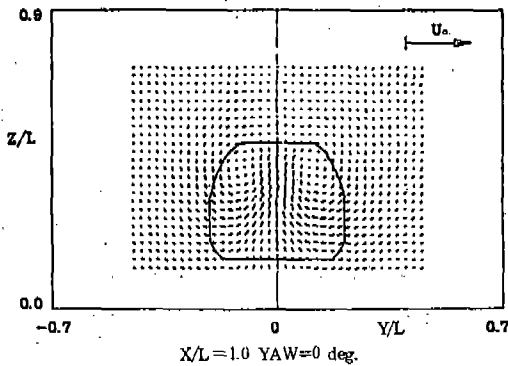


Fig. 14. Velocity vectors on a cross plane ($X/L=1.0$) with $\beta=0^\circ$

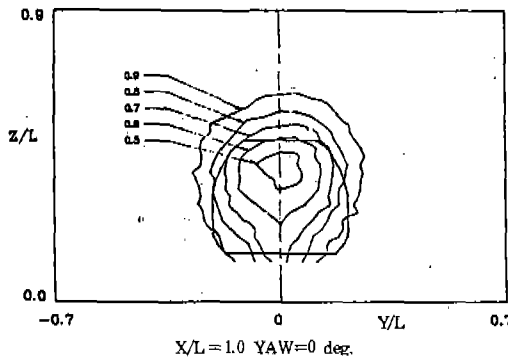


Fig. 15. Total pressure distribution ($P_T/P_{T\infty}$) on a cross plane ($X/L=1.0$) with $\beta=0^\circ$

와류중심부에선 정압 강하가 $P_{T\infty}$ 의 12% 정도가 됨을 Fig. 11에서 볼 수 있다. 그러나 좌상단에 새로 발생한 와류는 그 강도가 미

약하여 Fig. 9와 같이 단면 흐름상에서는 그 존재를 확인할 수 있으나 전압력 분포도인 Fig. 10에서는 그 흔적이 아주 작다.

$\beta=20^\circ$, $X/L=0.5$ 의 경우 Fig. 12, 13을 Fig. 9, 10과 비교해 보면 단면상의 흐름이 강화되고 우상단과 좌하단 와류의 핵에서 전압 강하가 현저히 강해져 있음을 볼 수 있고, 좌상단에 있던 약한 와류의 위치가 좌하단의 강력한 와류의 영향으로 미끌어져 내려와 있음을 볼 수 있어 흐름각이 증가할수록 와류의 강도가 커지고 와류의 위치도 변화한다는 것을 알 수 있다.

모델로부터 거리의 영향: 모델 후면에서 1.0 L 떨어진 두번째 단면상의 속도분포 (Fig. 5)를 비교하여 보면 두번째 단면에서의 유속 (V, W)는 첫번째 단면에 비해 현저히 감소한 결과를 보인다. 와류의 강도는 단위면적에서의 순환 (circulation) 값이므로 두번째 단면에서의 와류의 강도는 첫번째 단면에 비하여 감소된 것을 알 수 있다. 각 단면에서의 전압력 분포도인 Fig. 15와 Fig. 6에서 두번째 단면의 경우는 $0.5 P_{T\infty}$ 의 범위가 감소하고 $0.9 P_{T\infty}$ 의 영역이 확장된 것을 보인다. 이와 같이 모델 후방에서 떨어진 경우 전압력의 강하가 감소하고 강하영역이 확장되고, 와류강도가 감소하는 것은 공기흐름의 점성에 의하여 에너지 손실 특성이 소산되기 때문으로 사료된다.

5. 결 론

레이놀즈수 2.75×10^5 에서 일반적인 Van 행 자동차의 1/20 모델 후류에 대해 5-Hole yawhead probe 를 이용한 실험적 연구로부터 다음과 같은 사실을 찾아낼 수 있었다.

1. 자동차의 후류내에서는 박리된 흐름으로 인하여 전압력과 축방향의 유속이 감소하여 와류의 핵에서는 전압력과 축방향 유속이 최저 값을 나타내며 정압의 감소는 상대적으로 작다.
2. 자유 흐름에 대해 yaw각이 없을 때 모델 후방에서는 모델 측면 흐름을 지면으로 당겨주는 방향으로 좌우 각각 하나씩의 와류가

존재한다.

3. 이들 두 와류는 자유흐름에 대한 모델의 yaw 각이 커질수록 강도가 커지며 이중 바람을 받는 쪽 와류는 지면으로 흘러내리고 그 상단부에 바람을 받는 쪽 측면의 상반부 흐름을 위로 휘게 하는 새로운 와류가 생성된다.

4. 자동차의 후류내에서의 에너지 손실 양상은 흐름 방향으로 갈수록 그 효과가 소산되어 최대 전압력 강하치는 약화되고 전압력 강하영역은 확대되며 생성된 와류의 핵은 모델에서 떨어질수록 지면방향으로 이동한다.

후 기

본 논문은 한국기계연구소의 1987년도 기본연구과제⁷⁾의 일환으로 수행되었음.

참 고 문 헌

1. 성봉주, 장병희, 김귀순, 자동차의 공기역학적 성능해석 방법개발(I), 한국기계연구소, UCE 265-832. C, 1986.

2. 성봉주 외 5인, 자동차 실험용 저난류 환경조절용 대형 아음속 풍동의 개발(I), 한국기계연구소, BSM 90-964. C, 1987.

3. Gross, D.S. and Seckscienski, W.S. "Some Problems Concerning Wind Tunnel Testing of Automotive Vehicles", SAE 660385, 1966.

4. 스테핑 모터의 활용기술, 도서출판 세운, 1985.

5. 성봉주, 장병희, "최소자승법을 이용한 5-Hole Yawhead probe의 간략한 보정법", 한국항공우주학회지, 제16권제2호 게재예정, 1988.

6. Ahmed, S.R., and Faltin, G., "Some Salient Features of Time-Averaged Ground Vehicle wake", SAE-840300, 1984.

7. 성봉주, 장병희, 자동차의 공기역학적 성능해석 방법개발(III), 한국기계연구소, UCE 305-1072. C, 1987.