

Dynamic PIV를 이용한 커튼형 에어백 부풀림 장치의 유동해석

장영길*· 김석*· 이상준**

Dynamic PIV analysis of High-Speed Flow Ejected from the Inflator Housing of a Curtain-type Airbag

Young Gil Jang*, Seok Kim* and Sang Joon Lee**

Keywords : Flow visualization(유동가시화), Inflator housing(부풀림 장치), Dynamic PIV(다이내믹 PIV)

Abstract

Passenger safety is one of the most important considerations in the purchase of an automobile. A curtain-type air bag is increasingly adapted in deluxe cars for protecting passengers from the danger of side clash. Inflator housing is a main part of the curtain-type air bag system for supplying high-pressure gases to pump up the air bag-curtain. Although the inflator housing is fundamental in designing a curtain-type air bag system, flow information on the inflator housing is very limited. In this study, we measured instantaneous velocity fields of a high-speed flow ejecting from the inflator housing using a dynamic PIV system. From the velocity field data measured at a high frame-rate, we evaluated the variation of the mass flow rate with time. From the instantaneous velocity fields of flow ejecting from the airbag inflator housing in the initial stage, we can see a flow pattern of broken shock wave front and its downward propagation. The flow ejecting from the inflator housing was found to have large velocity fluctuations and the maximum velocity was about 700m/s. The velocity of high-speed flow was decreased rapidly and the duration of high-speed flow over 400m/s was maintained only to 30ms. After 100ms, there was no perceptible flow.

1. 서론

자동차 구입시 승객의 안전은 가장 중요한 고려요소 중 하나이다. 승객을 보호하는 많은 안전장치 중에서 에어백은 가장 기본적이고 효과적인 장치이다. 따라서 자동차에 에어백을 장착하는 것은 매우 자연스러운 현상이며 많은 선진국가에서는 이미 에어백 설치를 의무화하고 있다.

2003년 조사(1)에 따르면 미국의 경우 약 2억 5700만대에 이르는 에어백이 도로상에 있다고 발표하였다. 그 중 1억 3900만개는 운전자용이고 1억 1800만개는 조수석용 에어백이다. 1000개당 약 6.6개의 에어백이 전개(inflation)되었으며 전체적으로 약 170만 건의 에어백 전개가 집계되었다. 이 숫자는 에어백을 장착하는 차량 숫자가 증가함에 따라 지속적으로 증가하는 추세에 있다. 그리고 측면 충돌을 고려하여 에어백을 추가로 설치하는 사람이 늘어남에 따라 자동차당 에어백의 개수도 증가하고 있다. 교통사고로 인한 부상과 손상을 줄일 수 있는 에어백 시스템의 효율성에 대해서 일부 참고문헌에 잘 기술되어 있다.(2,3)

대부분의 자동차에는 운전자를 보호하기 위한 전방 에어백이 설치되어 있지만 뒷좌석 승객들을 보호하고 측면의 충격으로부터 보호할 수 있는 커튼형 에어백의 경우 주로 고급형 자동차에 설치되어 있다. 이러한 커튼형 에어백에 있어서 인플레이터 하우징은 에어백을 전개시키는 데 가장 핵심적인 부품

이지만 인플레이터 하우징으로부터 분출되는 유동에 관한 정보는 거의 알려진 것이 없다.

본 연구에서는 dynamic PIV시스템을 이용하여 커튼형 에어백 인플레이터 하우징에서 분출되는 고속 유동의 순간 속도장 변화를 측정하였다.

2. 실험장치와 기법

2.1 Dynamic PIV system

본 연구에 이용된 dynamic PIV시스템은 높은 반복률(repetition rate)을 가지는 펄스형 레이저(Pegasus), 고속으로 유동영상을 취득할 수 있는 디지털 방식의 고속 CMOS카메라, 그리고 동기장치로 구성되어 있다. 고속 레이저는 $\lambda=527\text{nm}$ 파장의 레이저광을 최대 20kHz로 펄스형태로 발생시킬 수 있으며 2kHz의 반복율로 10mJ의 세기를 갖는 펄스광을 생성할 수 있다. 그리고 레이저 펄스의 지속시간은 약 180ns로서 난류유동의 정지 영상을 찍기에 충분하다. 고속 카메라는 1Kx1K pixels의 공간해상도 영상을 2K fps(frame per second)로 취득할 수 있으며 공간해상도를 떨어뜨리면 100Kfps까지 영상 취득이 가능하며 본 연구에 사용된 dynamic PIV시스템은 음속보다 빠른 고속 유동의 순간속도장 변화를 측정할 수 있다.

Dynamic PIV속도장 측정 결과가 보다 높은 정확도를 가지게 하기 위해서 동기신호를 조절하는 것이 매우 중요하다. 유동영상의 취득속도가 빨라짐에 따라 레이저와 카메라를 보다 정확하게 동기시켜야 한다. 본 연구에서는 500ps의 정확도를 가지는 동기장치(BNC565)를 사용하였다.

*회원, 포항공과대학교 대학원 기계공학과

** 회원, 포항공과대학교 기계공학과

E-mail : sjlee@postech.ac.kr

TEL : (054)279-2169 FAX : (054)279-3199

2.2 실험장치

Fig. 1은 본 연구에 사용되어진 dynamic PIV 시스템과 실험 장치의 모습을 보여주고 있다. 인플레이터가 내부에 설치되는 챔버(chamber)의 크기는 0.42m(W)×0.72m(H)×1.92m(L)이며, 인플레이터 하우징으로부터 분출되는 유동에 의해 증가된 압력을 고려하여 실제 커튼 에어백이 펼쳐졌을 경우보다 크게 설계하였다.

인플레이터 하우징을 격발시키기 위해서 relay switch를 사용하였으며, 추적입자를 생성시키기 위해 laskin 노즐을 사용하여 올리브 오일에 압축공기를 가해 평균 직경이 3 μ m인 추적입자를 생성시켜서 hose를 통하여 실험 챔버 내부로 유입시켰다.

3. 결과 및 고찰

3.1 순간속도장

Fig. 2는 입자를 챔버 내부에 가득 채우고 격발 이후의 진행과정을 10kfps로 취득한 영상 중에서 격발이 일어난 직후의 입자영상을 보여주고 있다.

Fig. 2(a)와 (b)의 점선 내부는 인플레이터 노즐출구에서 분출 유동이 음속을 돌파할 때 생기는 충격파가 형성되는 것을 보여주고 있으며, 시간경과에 따라 충격파가 하류로 나아가고 있다. 그리고 실선으로 그린 타원 내부에는 비슷한 패턴의 유동이 반복되는 것을 보여주고 있다. 이것으로부터 초기에 압력의 변동이 크고 빠르게 일어남을 유추할 수 있다.

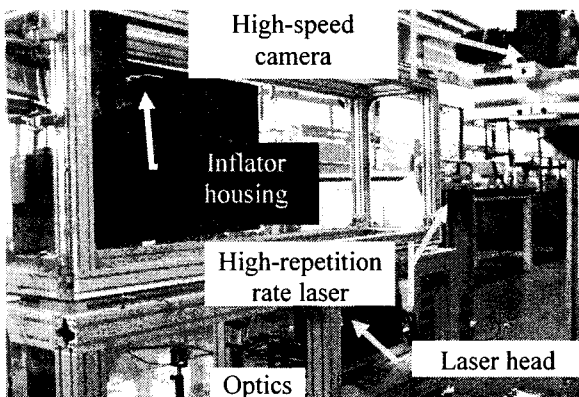


Fig. 1 Photograph of experimental apparatus and dynamic PIV system.

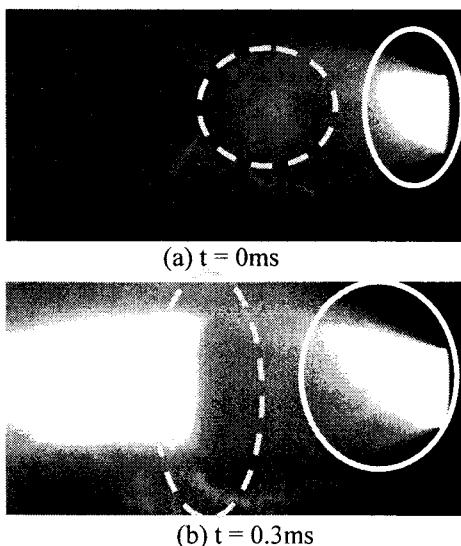


Fig. 2 Flow visualization images in front of the inflator nozzle at the ignition instant with 10kfps.

3.2 시간에 따른 속도변화

Fig. 3은 노즐로부터 약 1D 만큼 떨어진 제트 중심위치에서 측정된 5개의 인플레이터 하우징의 주유동방향 속도성분을 시간의 함수로 나타낸 것이다.

인플레이터 격발 초기(10msec.)에는 노즐 출구에서 약 700m/s의 최고 속도를 가지며, 시간에 따라 지수함수 형태로 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 400-700m/s범위의 고속 유동은 약 30ms 정도 유지되었다. 또한 격발로부터 약 100ms 정도 경과한 이후에는 초기운동량이 거의 사라져 인플레이터 하우징으로부터 분출되는 유체흐름이 거의 인식되지 않았다.

그리고 5개의 인플레이터의 유동이 동일한 속도분포를 보이지 않으나 전체적인 경향은 잘 일치하는 것을 알 수 있다. 또한 격발 초기에 속도 값의 변동성분이 매우 큰 것으로 나타났는데, 이것은 앞에서 설명한 바와 같이 격발에 따라 분출된 압축된 가스가 충격파를 형성하며 배출되는 과정에서 강한 압력 변동을 동반하기 때문으로 생각되어진다.

4. 결론

커튼형 에어백의 인플레이터 하우징이 격발될 때 인플레이터 노즐로부터 분출되는 고속유동의 속도장 변화를 dynamic PIV 기법을 이용하여 측정하였다. 격발초기에 인플레이터 노즐로부터 충격파가 형성되는 것으로 나타났다. 그리고 인플레이터 노즐 출구에서의 최대 속도는 약700m/s이었으며 400-700m/s의 고속유동이 약 30ms 동안 유지되었다. 이후에는 매우 빠른 속도변동성분을 보이며 줄어들다가 약 100ms 후에는 속도가 거의 감지되지 않는 단계에 이르렀다.

후 기

본 연구는 현대모비스의 과제지원으로 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] (1) Evans L. 2004, "Traffic safety," Science Serving Society.
- [2] (2) Zador PL, Ciccone MA. 1993, "Automobile driver fatalities in frontal impacts: air bags compared with manual belts," Am J Public Health, Vol. 83, pp.661-666.
- [3] Cummings P, McKnight B, Rivara FP, Grossman DC. 2002, "Association of driver air bags with driver fatality: a matched cohort study," BMJ, Vol. 324, pp.1119-1122.

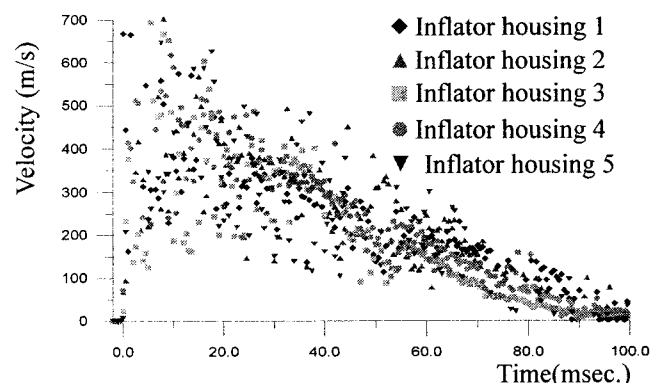


Fig. 3 Variation of axial velocity at the jet center with time between 5 inflator housings.