

# 인플레이터 필터에 대한 압력손실계수 특성해석 연구

유일훈<sup>1</sup>, 김병우<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>울산대학교 대학원 전기전자정보시스템공학과, <sup>2</sup>울산대학교 전기공학부

## A Study on Characteristics Analysis about Pressure Loss Coefficient for Inflator Filter

Il-Hoon Yoo<sup>1</sup> and Byeong-Woo Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Electrical Engineering, Ulsan University

<sup>2</sup>School of Electrical Engineering, Ulsan University

**요약** 본 연구는 자동차용 에어백 장치를 구성하고 있는 필터의 압력변화 특성을 해석하였다. 에어백 필터를 통한 압력 변화는 에어백을 부풀게 하는 기체의 압력에 직접적인 영향을 미친다. 그러나 현재 필터의 어느 설계인자가 압력변화에 얼마나 영향을 미치는지에 대한 정확한 기준이 불분명 하다. 또한 에어백 필터의 특성에서 압력 손실계수는 실험적 방법으로 평가하기에는 많은 어려움이 따른다. 이를 해결하기 위해서, 시뮬레이션 해석을 이용한 필터의 압력손실계수 해석방법을 제시하였다. 그러나, 일반적인 시뮬레이션 해석에서 에어백 필터와 같이 순간적으로 갑자기 증가하는 압력변화 해석은 불가능하다. 따라서, 보간법과 축척 축소방법을 적용하여 에어백 압력 변화 해석을 수행하였다. 또한, 에어백 필터의 압력손실계수에 대한 시뮬레이션 해석을 통하여 필터 설계에 대한 가이드 라인을 제시할 수 있었다.

**Abstract** In this study, the characteristics of filter that make up the automotive airbag system were analyzed. The gas pressure change of airbag is directly impacted by the filter. However, it is uncertain how much the design factors of filter affect the pressure of airbag. And it is difficult to access the pressure loss coefficient in the respect of characteristics of the airbag filter in the simulation method. To solve this problem, this study suggests pressure loss coefficient of the filter using simulation analysis. But it is impossible to interpret a sudden increase of pressure such as airbag filter. To solve this problem, by applying interpolation and scale down method, analysis was processed. Also, through the simulation interpretation of airbag filter's pressure loss coefficient, the guidelines for the filter design could be suggested.

**Key Words** : Inflator, Filter, Pressure Loss Coefficient

### 1. 서론

최근 전 세계적인 자동차 산업에서 가장 중요하게 여겨지고 있는 요소 중 하나인 안전에 대한 요구와 규정이 강화되고 있다. 따라서, 정면 에어백의 장착은 국내 판매뿐만 아니라 해외로의 수출을 위해서는 선택이 아닌 의무화가 되고 있다. 또한, 커튼 에어백, 사이드 에어백, 무릎

에어백등 다양한 형태의 에어백 제품들이 수요 고객이나 수입국의 요구에 따라 개발되어 장착이 되고 있다. 한편, 국내에서 양산되고 있는 에어백 인플레이터는 미국 등의 선진국에서 제공한 기술에 생산기술을 접목한 것이기 때문에 독자적인 설계 기술을 확보 하지 못하고 있다.[1] 그 중 차량용 인플레이터는 에어백의 핵심 부품으로써 자동차의 충돌사고가 발생하면 내장 화약을 점화시켜 에어백

\*Corresponding Author : Byeong-Woo Kim (Ulsan University)

Tel: +82-10-3413-6018 email: bywokim@ulsan.ac.kr

Received September 3, 2012 Revised (1st November 6, 2012, 2nd November 12, 2012) Accepted December 6, 2012

을 부풀리는 역할을 한다.[2] 이 가스체의 압력을 조절하는 역할을 하는 것이 바로 인플레이터 필터이다. 기존의 인플레이터에 대한 연구는 해석과 실험을 통하여 인플레이터 케이스의 성형 기술을 개발 하고, 최적화하여 원가 절감과 에어백시스템의 경량화에 대한 연구가 수행 되어져 왔다.[2] 다른 한편으로는 디퓨저 홀(Diffuser hall) 사이즈나 홀 갯수에 따른 에어백 작동 경향을 파악하여 최적의 에어백 작동을 전개 하는 것에 대해서만 연구 되어왔다.[3] 또한, 필터에 사용 되는 철사의 두께나 형상은 경험적으로 결정하거나 외국 선진사의 사양을 기반으로 생산 하고 있다. 그렇기 때문에 필터의 설계 인자들이 인플레이터의 성능에 얼마만큼의 영향을 미치는지에 대한 정확한 설계기준이 없다. 한편, 다른 유압 장치나 배관에서 사용되는 필터의 경우 압력 손실 계수 값을 이용하여 필터의 성능 기준 값으로 활용을 하고 있다. 일반적인 필터의 압력 손실계수를 구하는 방법은 필터가 들어있는 실험 탱크 내부를 고압의 기체로 채워서 필터의 전, 후단의 압력을 고압으로 유지 한 후 탱크 밸브를 개방하여 필터 전단과 후단의 압력차를 측정하게 된다. 따라서, 실제 인플레이터와 같이 작동을 전개하여 필터의 성능을 측정하는 것에는 무리가 있을 뿐만 아니라, 대략적인 압력 손실계수만을 측정하기 때문에 인플레이터 필터 성능 측정으로써는 무리가 있다.[3] 또한 인플레이터는 약 10ms의 짧은 시간 내에 점화약을 폭발 시켜 에어백 작동을 완료해야 하기 때문에 압력과 온도, 속도의 변화폭이 매우 크다. 그리고, 인플레이터 필터의 기준에 상용화된 유동해석 Tool들은 단시간 내에서 고압의 폭발 해석을 실시하면 발산이 되어 해석이 불가능 하게 된다. 따라서, 본 연구에서는 함수 도입을 통한 압력값의 비례적 감소를 통하여 해석상의 발산 문제를 해결하고자 하였다.

또한 인플레이터 필터의 압력 손실 계수의 해석적 방법을 통한, 시뮬레이션 프로세스를 확보함으로써, 신뢰성 있고 신속하게 필터의 성능을 예측 할 수 있는 가이드라인을 제시하고자 하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 필터 공극 및 체적 특성

필터만의 성능 특성을 정확히 파악하기 위해서는 필터를 제외한 다른 설계 변수들이 동일한 조건하에 실험을 실시하여야 정확히 파악할 수 있다. 따라서 여러 시험들 중 필터를 제외한 화약량, 가스 발생제 량과 같은 다른 설계변수들이 동일한 조건하에 수행된 데이터를 수집하

였으며, 필터에 대한 데이터를 Table 1과 같이 정리 하였다. 또한, 필터의 각 설계 변수들을 활용하여 FEA에서 시뮬레이션 하기 위해서는 필터의 다양한 특성값 들이 필요하다.

이러한 다양한 특성 값들 중 필터의 성능측면에서 가장 중요한 영향을 미치며 필수적으로 필요한 값이 필터의 기공률 밀도이다. 기공률 밀도란 매질 전체 부피에 대한 간극 공간의 비로써, ( $n = \frac{V_v}{V_T}$ )로 나타낼 수 있다. 여기서,  $V_v$ 는 간극 공간의 부피,  $V_T$ 는 전체 부피이다. 필터의 제작은 일차적으로 기존의 철사 와이어를 뜨개질하여 중공형의 원기둥으로 제작한 후, 이차적으로는 압착 프레스로 고압으로 압축을 하게 된다. 따라서 필터의 기공률 밀도는 프레스의 압축 압력이 증가함에 따라,  $V_v$ 가 감소하기 때문에 반비례적인 관계를 가지고 있다. 그러나 필터의 형상 특성상 현실적으로 필터의 기공률이 얼마인지를 정량적인 관점에서 측정을 한다는 것은 어려움이 많다. 따라서 1차적으로 필터의 사이즈에 관한 데이터 Table 1을 기반으로 필터를 원기둥형상이라는 가정 하에 부피를 계산하였다.

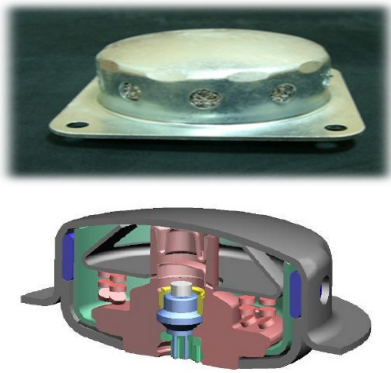
[Table 1] Size of filter samples

샘플	외경(mm)	두께(mm)	높이(mm)	질량(g)
1	62.25	53.7	44.5	120
2	62.25	53.7	44.5	110
3	62.25	53.7	44.5	105
4	58.85	51.85	35.3	90
5	58.85	51.85	35.3	85
평균	60.32	53.08	37.83	95.91

[Table 2] Volume and void space of filter

샘플	필터 체적(mm)	와이어 체적(mm)	공극률
1	34648.69	15000	0.433
2	34648.69	20000	0.577
3	21483.76	20000	0.931
4	21483.76	15000	0.698
5	21483.76	10000	0.465
평균	24761.14	15833	0.58

다음으로 메스실린더에 물을 담아 필터 샘플들을 완전히 잠기게 하여 물의 부피변화를 측정함으로써 샘플 필터들의 철사 부피를 측정 하였다. 측정을 통하여 Table 2와 같은 결과를 얻을 수 있었으며, 이러한 결과를 이용하여 필터의 공극률을 도출하였다.



[Fig. 1] Inflator for front air bag

### 2.2 폭발 압력 함수식 도출

FEA 시뮬레이션을 이용하여 필터에 의한 압력 하강 정도를 알기 위해서는 필터 내부에서 발생하는 폭발에 대한 압력 데이터가 필요하다. 그러나, 실험 환경이나 화약 조성의 변화로 인하여 폭발 압력은 항상 일정하지 않다. 따라서 샘플 필터들의 시험에서 측정된 폭발 압력 데이터를 기반으로 평균값을 도출하여 Fig. 2(a)과 같은 폭발 압력 차트를 도출 하였다. 본 압력 결과 데이터 기반의 보간법을 이용하여 폭발압력 함수식을 구하였다. 여러 가지 보간법 방법 중에서 본 폭발압력 데이터 처리에 적합한 Polynomial fitting 방법을 이용하였다. Fig. 2 (a)는 전체 구간에 대한 폭발 압력 곡선이고 그림 (b),(c),(d)는 3개의 폭발압력 구간으로 세분화한 결과이다. 또한, 식 (1), (2), (3)은 앞서 설명한 3개 세분화 곡선에 대한 수학적 함수이다.

본 연구에서는 해석에 활용한 일반 상용해석 프로그램에서 나타나는 발산문제를 해결하기 위하여 일정 시간 동안에 작용하는 절대 압력의 크기를 1/10으로 축소하여 해석을 시도하였다. 따라서, Fig. 1 (a)의 최대 발생 압력과 Fig. 2 (b)의 최대 압력이 약 1/10 로 축소되도록 처리하였다. 이 같은 주요 이유로서는 FEA 해석이 수식을 기반으로 하고 Mesh 단위로 변수 데이터를 수집하여 연산하기 때문이다. 따라서, 단시간 내에 압력 변수 데이터 값이 비정상적으로 상승을 하면 프로그램 자체에서 연산을 수행을 못하고 발산을 초래하게 된다.

한편, 인플레이터에서 발생된 압력을 3단계로 분할하여 해석을 실시하여도 해석결과는 동일하게 될 것이다. 왜냐하면, 에어백용 필터의 경우처럼 유량에너지가 매우 큰 경우에는 유량에너지가 적은 영역에서 얻은 압력 손실계수 값으로부터 압력 손실 계수를 유추할 수 있기 때문이다.

$$P = (4.6913t^2 + 4.0286t) \times 1000 \quad (1)$$

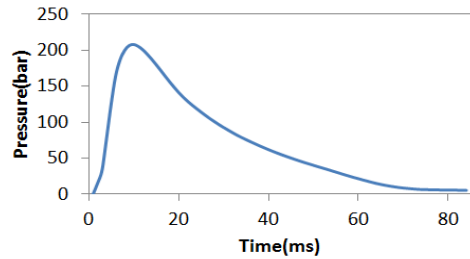
(0 ~ 5msec)

$$P = (4.5711t^3 + 3.1305t^2 - 0.556t + 0.0243) \times 1000 \quad (2)$$

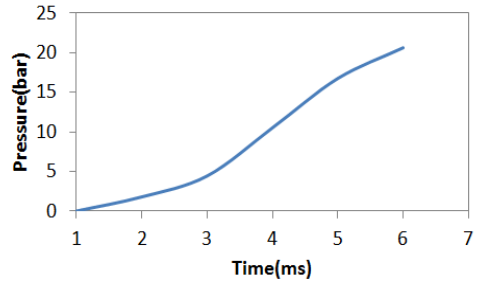
(6 ~ 63msec)

$$P = (4.0368t^2 - 0.6879t + 0.0305) \times 1000 \quad (3)$$

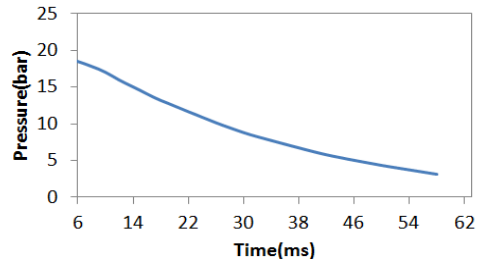
(64 ~ 83msec)



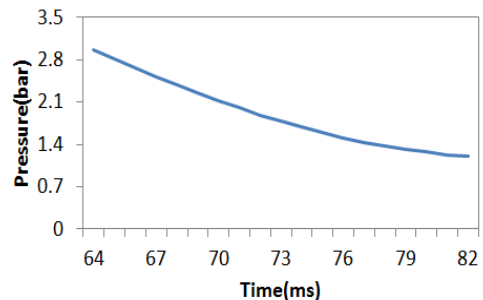
(a) Inlet pressure according to time interval : 0-83msec



(b) Inlet pressure according to time interval : 5msec



(c) Inlet pressure according to time interval : 6-63msec



(d) Inlet pressure according to time interval : 64-83msec

[Fig. 2] Inlet pressure of inflator filter

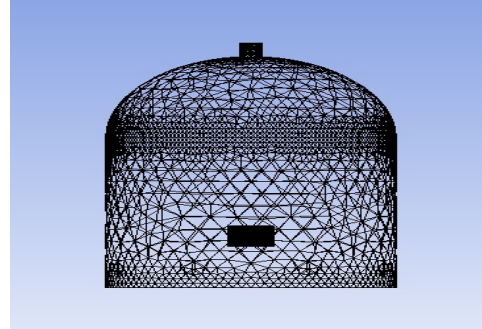
### 3. 해석 방법 및 분석

#### 3.1 인플레이터 필터 모델링

##### 3.1.1 다공성 도메인(Porous Domains)

인플레이터 필터의 제작 공정은 카본 와이어를 실로 뜨개질 하는 형상과 비슷한 형태로 제작된다. 그 다음으로 일정 틀 내에서 고압으로 압축을 함으로써 기공률 밀도를 다양화하여 필터를 제작한다. 따라서 실제 필터 내부 형태는 불규칙성을 가지면서 조밀하게 형성되기 때문에 컴퓨터상으로 모델링이 불가능 하여 CFX에서 제공하는 Porous Domains를 사용하였다. CFX는 복잡한 형상 주위의 층류 및 난류 유동과 열전달 문제를 해석하기 위해 개발된 상용 해석 프로그램이다.

로 구성된 해석 대상에 적용된 노드와 요소의 특징을 나타냈다. 본 연구에서 적용한 노드와 요소의 개수는 해석의 정확도와 연산시간을 고려하여 설정하였다.

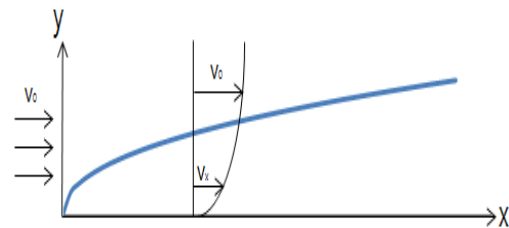


[Fig. 3] FEA Model and boundary condition of inflator filter

[Table 4] Requirements spec. for filter experiment

기준 항목	기준 값
무게	100 g 이하
필터 전단 압력	200 bar 이하
필터 후단 압력	약 3bar

Porous Domains는 그래픽 상으로는 표현이 되지 않고 수치적으로 반영이 된다. 그 수치적 반영이 바로 앞서 말한 Table 2의 체적비율이다. 즉, 체적비가 크면 동일 부피 대비 필터의 조밀도가 크다는 것을 의미한다.



[Fig. 4] Velocity change of viscous fluid according to height

##### 3.1.2 인플레이터 필터 모델링

ANSYS FLUENT CFX에서 제공하는 Mesh 형성기법 중에서 Inflation 과 Edge sizing 기법을 사용하였다. Inflation 기법을 사용한 이유로서는 Fig. 3과 같이 모든 유체들이 지니고 있는 유동 간의 점성에 기인한다. 따라서, 점성 유체의 유동을 정확하게 표현할 수 있는 Mesh 기법인 Inflation 방법을 사용하였다. 그리고, 두 번째로 이유로서는 필터의 형상이 원기둥 형상이기 때문에 반경 방향으로의 Mesh를 일정 수로 나눔으로써 더욱 균질한 형태의 요소 형성이 가능하게 된다. 또한 탱크와 필터의 모서리부분의 수렴성이 나빠지는 것을 예방하기 위해 Edge sizing 기법을 사용하였다. 이와 함께, 시뮬레이션의 시간 단축을 위하여 대칭 기능을 이용하여 전체 모델의 1/4모델에 대해서만 시뮬레이션을 실시하였다.

[Table 5] The number of nodes and elements

필터	노드	24,169개
	요소	74,862개
탱크	노드	233,694개
	요소	1,265,921개

이론적인 시뮬레이션 특성상, 유체 유동을 수학적으로 연산하기 위해서는 해석 대상의 Mesh 특성이 수식의 변수로 작용하여 나타나게 된다. 따라서, 해석 Mesh의 숫자가 증가함에 따라서 변수간의 간격은 줄어들게 되어 해석의 정확성을 증대시킬 것이다. Table 5는 필터와 탱크

### 3.2 전산해석 조건

#### 3.2.1 실험 기반의 해석 조건

일반적으로 에어백 인플레이터 필터의 압력손실계수를 구하기 위해서는 실험적 방법에 의해서 실시되고 있다. 본 연구에서는 시간과 경비가 많이 소요되는 실험적 방법을 탈피하기 위하여 수학적 해석방법을 도입하고자 하였다. 본 해석적 방법의 정확성 검증을 위하여 기존 실험적 방법에 의한 압력손실 실험을 실시하였다. 국제적 (USCAR-24 Specification)인 에어백 개발관련 요구조건에서는 관련 부품의 평가를 위하여 Table 1과 같은 환경 조건에서 일정 시간 동안 방치한 후에 실시할 것을 규정하고 있다.

[Table 3] Temp. regulation for inflator evaluation

항 목		수 치
온 도	고 온(°C)	85
	상 온(°C)	23
	저 온(°C)	-40
유지 시간		4시간

본 연구에서는 에어백의 일반적 성능을 평가하기 위한 것이 아니기 때문에 시험 시편의 온도를 20℃로 설정하여 실시하였다. 또한, 일반적인 점화조건에서 필터 부분의 온도를 예측하였는데, 그 때의 최대 발생온도는 약 2,000℃정도까지 상승하였다. 따라서, 본 해석적 방법의 연구에서는 초기 정상온도를 20℃, 최대 폭발온도를 2,000℃로 적용하였다. 다음에는 온도조건과 함께 에어백 전개 시에 발생하는 폭발압력이 중요하기 때문에 폭발 단계에서의 최대 압력을 예측하였는데, 작용압력이 200bar, 소요시간 6ms가 소요되었다. 본 해석단계에서는 실제 발생압력을 적용하여야 하나 ANSYS 해석 Tool이 짧은 시간 6msec 동안에 연산이 불가능한 발산상태를 나타냈다. 물론 연구 결과의 신뢰성을 높이기 위해서는 동일한 조건하에서 해석을 실시하는 것이 타당하다. 그러나, 필터의 특성값은 어느 조건에서든지 동일한 상수값으로 나타나기 때문에 작용 압력을 기존 대비 1/10 축소한 20bar로 적용하였다. 이 같은 방법을 통하여 해석의 발산문제를 해결하였고 해석결과인 압력 손실계수를 비교적 정확하게 예측할 수 있었다.

3.2.2 압력손실계수 도출

배관 내 난류 유동에 의한 배관, 밸브 및 구성품 에서의 압력 손실계수(K)는 일반적으로 유속(v)에 제곱에 반 비례한다. 또한 압력 손실 계수는 식 (5)와 같이 나타낼 수 있으며 Δp는 필터 전단과 후단 사이의 압력차를 의미한다.

$$K = \frac{\Delta p}{\rho v^2 / 2} \tag{5}$$

일반적으로, 유체의 밀도(ρ)와 속도는 실제 인플레이터의 압력 발생과 같이 똑같은 운영 조건에서 시험이 수행 되는 것이 이상적이다. 그러나 인플레이터의 경우처럼 유량에너지가 매우 큰 경우에는 유량 에너지가 작은 영역에서 얻은 K값으로부터 압력 손실계수를 유추하게 된다.[4] 그리고 압력 손실 계수를 구하기 위해서는 실험을 통한 압력차를 구하는 것 뿐만 아니라 필터 전단의 속도

와 밀도를 구해야 한다. 밀도를 구하는 공식(6)은 비압축성과 에너지 보존법칙의 가정 하에 이상기체 방정식을 통하여 도출 하였다. 실제로 실험을 통하여 얻어진 압력은 계기 압력이다. T또한 절대 온도를 사용하기 때문에 인플레이터 내부에서 가스 발생 시 발생하는 온도에 273을 더하여 켈빈 온도를 사용한다.

R은 이상기체 상수를 의미하며 P<sub>1</sub>은 필터 전단에서의 압력을 의미한다.

$$\rho = \frac{P_1}{RT_1} \tag{6}$$

다음으로 속도를 구하는 식(7)은 유량을 구하는 공식을 통해서 구할 수 있다. A는 필터의 면적을 의미하며 V는 유속을 의미한다.

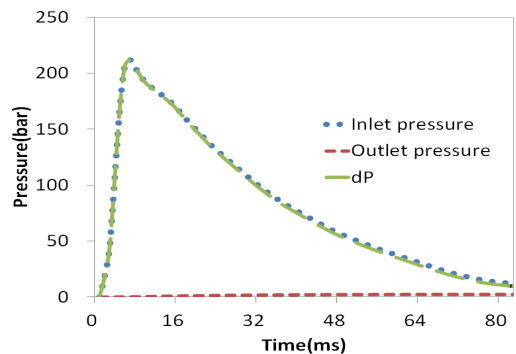
$$\dot{m} = AV \tag{7}$$

최종적으로, 에어백 필터에 작용하는 압력손실계수는 식 (6), (7)을 통하여 얻은 필터 전단의 밀도와 필터 통과 시 유속을 구하여 얻어지게 된다.

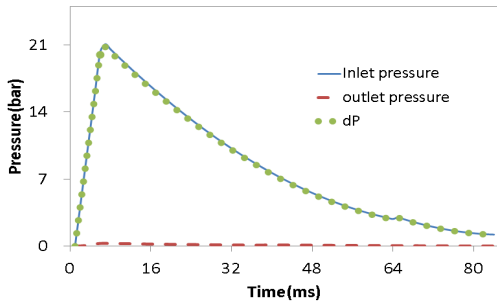
4. 연구 결과

4.1 연구 결과

에어백 필터에서의 압력손실계수를 구하기 위하여 실험과 이론해석을 통한 결과를 Fig. 5에서 14에 걸쳐서 나타냈다. Fig. 5 및 6 은 필터 입구와 출구에 작용하는 압력과 압력 차이를 나타낸 것이다.



[Fig. 5] Average pressure difference of inlet and outlet in examination

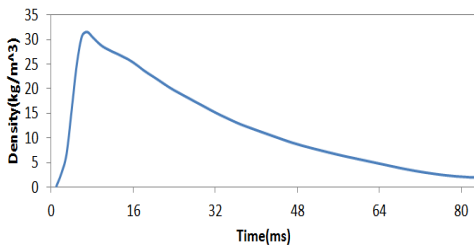


[Fig. 6] Average pressure difference of inlet and outlet in simulation.

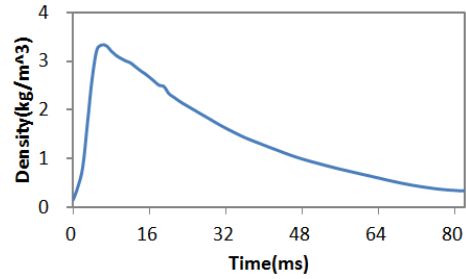
Fig. 5는 실험에 의거한 결과로서 입구와 출구압력의 변화가 거의 존재하지 않음을 확인하였다. 이 때, 에어백 필터에 작용하고 있는 최대 압력은 220bar를 나타내고 있었다. Fig. 6은 발생압력을 1/10 로 했을 때, 입구 및 출구 압력과 차이를 나타낸 것이다. 폭발 초기 단계부터 최대 발생압력이 발생하는 중점까지를 하나의 1차 방정식의 직선 형태로 발생되었다. 거시적 관점에서는 Fig. 5 및 6은 최대 검출 압력이 1 대 10의 비율로 나타났을 뿐 압력 증가 및 감소 형상은 거의 동일한 양상을 나타내고 있다. 이를 통하여, 단 시간에 고압이 작용하고 있는 압력조건에서 적용 압력의 크기를 저감시켜서 해석이 가능함을 확인하였다. 자동차 에어백 장치 필터에서 발생하는 압력 변화는 소요시간 10msec, 최대압력 220bar로 선형적인 변화를 확인하였다. 이 같은 변화는 자동차 충돌시 발생하는 충격을 흡수시키는데 필요한 완충력을 확보하기 위함이다.

[Table 6] Parameters of the ideal gas equation.

항 목	특 성 값
질소 이상 기체 상수(R)	296.8 Nm/Kg · K
온도	2273 K
대기압	101 Kpa



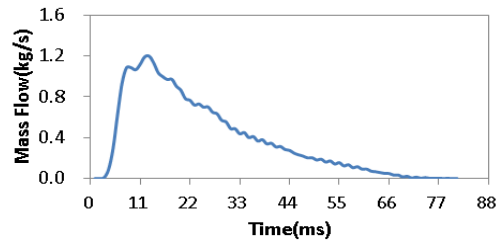
[Fig. 7] Density of gas in examination



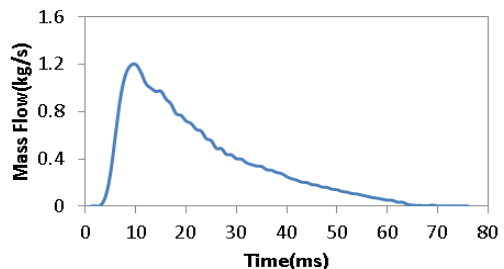
[Fig. 8] Density of gas in simulation

Fig. 7 및 8은 필터에 작용하는 밀도변화를 나타낸 것이다. 본 필터의 밀도를 구하기 위해서는 이상기체 방정식을 적용하였다. 이상기체 방정식을 활용하기 위해서는 Table 6과 같은 이상기체의 매개변수를 활용하였다.

또한, 시뮬레이션과 실험을 통하여 발생가스의 유량에 대한 데이터를 수집하여 그림 9 및 10과 같은 결과를 얻었다. Table 7은 유체가 지나가는 필터의 면적을 측정하였다. 특히, 필터에서 유체가 지나가는 유동장의 면적을 계산하기 위하여 원기둥으로 가정한 필터의 내측 면적을 계산하였다. 그 면적을 메스실린더를 이용하여 얻은 필터의 기공률과 곱하여 유동장 면적을 정량적으로 계산하였다. 자동차용 에어백 인플레이터에 적용되는 필터의 유량은 소요시간 10msec, 최대 유량 1.2kg/sec임을 확인하였다. 앞서 언급한 유압변화와 같이 유량변화도 에어백 초기 전개 시에 급격한 충격력 흡수가 가능하도록 하기 위하여 일차 함수적으로 급격한 유량증가를 유발하였다.



[Fig. 9] Mass flow of gas in examination

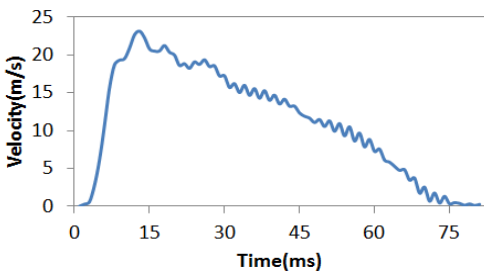


[Fig. 10] Mass flow of gas in simulation

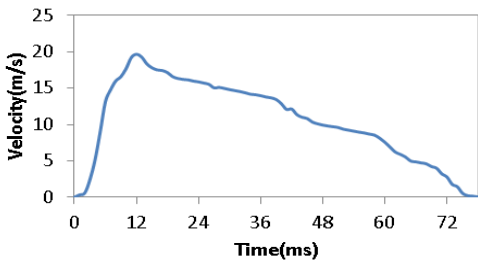
[Table 7] Area of filter.

샘플	면적(m <sup>2</sup> )
1	0.0042573
2	0.0031739
3	0.0042573
4	0.0003971
5	0.0017354
평균	0.0028158

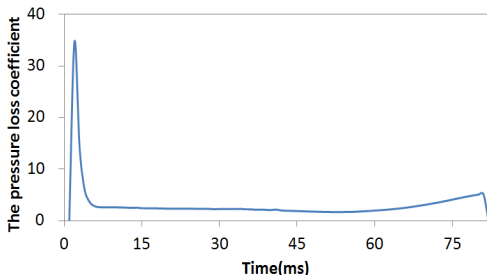
Fig. 11 및 12는 필터 전단의 가스의 평균적인 속도를 계산한 것이다. 속도는 유체의 유량에 대한 공식을 통하여 구할 수 있다. 계산 결과 실험과 이론해석의 속도가 비슷한 양상으로 진행되는 것을 볼 수 있다. 속도는 압력과 밀도의 영향을 받고 있는데, 실험과 이론에서 각각의 압력과 밀도가 10 : 1의 동일한 비율을 가지고 있기 때문에 비슷한 속도 양상을 보이는 것으로 판단된다.



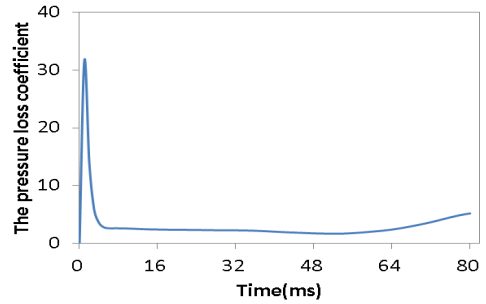
[Fig. 11] Gas velocity of inflator filter in examination



[Fig. 12] Gas velocity of inflator filter in simulation



[Fig. 13] Press loss coefficient of filter in examination



[Fig. 14] Press loss coefficient of filter in simulation

에어백 필터에 작용하는 압력손실계수를 구하기 위하여 식 (5)에 나타난 것과 같이 압력차, 밀도, 속도에 대한 데이터가 요구된다. 상기 연구를 통하여 구한 정보와 식(5)를 활용하여 압력손실계수를 구하였다. Fig. 13,14에서와 같이 압력손실계수가 시간이 흐름에 따라 폭발이 발생하는 지점에서 급격히 증가 하였다가 일정 시간 어느 정도 유지되는 것을 알 수 있다. 이는 필터가 초기 발생 하는 고압의 압력을 효율적으로 감소시켜 에어백이 안정적으로 작동하는데 큰 영향을 미친다고 판단할 수 있다.

이론해석 결과, 평균 압력손실계수는 2.343으로 압력손실계수가 2.547인 실험 결과 값과 약간의 차이가 발생되었다. 이와 같이 약간의 오차가 발생한 주된 이유는 인플레이터 내부에서 가스 발생 시 가스 잔사가 발생하여 필터가 일부분 막히기 때문에 차이가 발생될 것이라 판단된다.

따라서, 에어백 필터를 설계단계에서 압력손실계수는 2.5 내외를 얻을 수 있도록 해야 할 것이다. 본 압력손실계수를 과도 또는 과소하게 설정하여 설계, 제작이 된다면 인명피해를 가져올 수 있다. 따라서, 본 연구에서 제시한 자동차 에어백 필터의 압력손실계수는 최적의 에어백 인플레이터 설계, 제작에 활용할 수 있을 것이다.

## 5. 결론

본 연구에서는 FEA를 활용하여 인플레이터용 필터의 성능 및 설계인자 도출을 위한 실험 및 이론해석을 실시하였다. 일반적으로 에어백 인플레이터 실험평가가 현실적으로 어려움이 존재하였는데, 이의 대안으로서 이론해석을 통한 필터 성능 및 설계인자 도출 가능성을 제시하였다.

또한, 에어백 필터에서 발생하는 초음속 상태의 유동 해석은 일반 상용 해석 Tool로서는 한계성이 존재한다.



이는 수치해석 기반의 CFX 특성상, msec 단위 대비 약 200bar 정도의 급격한 압력 변화는 수학적 계산을 통한 해석이 불가능 하여 오류가 발생되기 때문이다. 이를 해결하기 위하여 축척 축소법을 적용하여 타당성을 확인하였다. 자동차 에어백 필터 설계를 위해서는 평균 압력손실계수가 2.5내외가 되도록 이에 부합되는 기공비율 제어가 요구되었다.

자동차 에어백 필터에 작용하는 유량, 압력, 밀도, 속도 등의 특성값은 10msec 내외에서 선형적인 급증상태를 나타내고 있었는데, 이는 에어백 시스템에서 요구하는 전개압력 조건을 만족시키기 위한 것이라 판단된다.

향후 연구에서는 본 연구에서 제시한 압력손실계수 해석방법을 활용하여 세부적인 필터사양을 결정을 진행하고자 한다.

## References

- [1] Byeong Woo Kim, Optimizing design of side airbag inflator using DOE method, KSPE, Vol. 28, No. 10, pp. 1189, 2011.
- [2] Seok Jae Chu, Developing of a pab disk type inflator, KSME, pp. 571, 2009.
- [3] Yang-Hwan Oh, A study of the thermal stability of polymer mixtures using air bags, KSTLE, Vol. 20, No. 4, pp 353~357, 2003.
- [4] MoonGeun Hong, Pressure loss coefficient measurements of pyrostarter filters, KARI, 2005.
- [5] Tae Sung Software, Ansys workbench, pages. 1~109, Sigma press, 2006.

## 김 병 우(Byeong-Woo Kim)

[정회원]



- 1990년 2월 : 한양대학교 정밀기계공학과 졸업(석사)
- 2002년 2월 : 한양대학교 정밀기계공학과(박사)
- 1989년 4월 : 일본 KOSAKA 연구소 초빙 연구원

- 1994년 1월 ~ 2006년 2월 : 자동차부품연구원 전장기술연구소 연구원
- 2006년 3월 ~ 현재 : 울산대학교 전기공학부 부교수

<관심분야>

자동차 전자제어, 지능형 자동차, 친환경 자동차

## 유 일 훈(Il-Hoon Yoo)

[준회원]



- 2012년 2월 : 울산대학교 기계자동차 공학부 졸업(학사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 울산대학교 전기공학부 석사 과정

<관심분야>

전자제어