리버스 엔지니어링을 통한 디젤엔진 흡기포트의 분석

박성영*, 김용태**

*공주대학교 기계자동차공학부
**자동차부품연구원
e-mail : sungyoung@kongju.ac.kr

Diesel Engine Intake-Port Analysis Using Reverse-Engineering Technique

Sung-Young Park*, Yong-Tae Kim**

*Div. of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University
**Korean Automotive Technology Institute

요 약

본 논문에서는 3차원 설계데이터가 부재한 디젤엔진 실린더 헤드의 흡기포트 데이터를 확보하기 위하여 리버스 엔지니어링 기법을 적용하였다. 획득된 해석 모델을 이용하여 디젤엔진 흡기포트에 대한 유동해석을 수행하였으며, 텀블 유동과 스월유동의 존재를 해석 결과로서 확인할 수 있었다. 이러한 기법의 적용은 향후 3차원 설계데이터가 부재한 엔진이나 경쟁엔진의 분석에 유용하게 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

1. 서 론

디젤엔진에 있어서 흡입공기의 유동은 연료와 공기의 혼합하는 필수적인 요소이며 엔진의 성능과 직접적인 관계가 있다. 일반적으로 디젤엔진에서 공기의유동은 크게 스월과 텀블로 분류된다. 엔진의 특성에 따라 스월 포트 또는 텀블 포트를 적용하며, 필요에 따라서는 두가지 방식을 모두 적용하기도 한다. 최근 디젤엔진 인젝터의 발달로 인하여 흡기포트의 성능 민감도가 감소하기는 하였으나 여전히 엔진의 성능에 직접적인 영향을 미치는 주요 성능 인자이다[1].

디젤엔진의 흡기포트에 대한 분석은 다양하게 진행되어 왔으며, 특히, 흡기포트의 형상과 스월의 상관관계 등에 대한 연구 등이 신규엔진을 위주로 진행되었다[2,3]. 이러한 흡기포트의 개발은 인젝터 등의 신기술과 병행하여 엔진의 성능을 향상시키기 위하여 수행되었다. 하지만, 최근 들어 재제조 분야의 관련 규정들이 확립되면서 3차원 설계데이터가 부재한 단종된 엔진들의 기초 데이터가 필요하게 되었다.

본 연구에서는 3차원 설계기법이 적용되기 이전의 디젤엔진 흡기포트를 역설계 기법을 적용하여 3차원 모델을 구축하고, 흡기포트에 대한 성능을 유동해석을 통하여 예측하고자 한다. 이러한 예측 방법은 디젤엔진 헤드의 재제조 분야에 직접적으로 적용될 수 있을 것이며, 엔진 부품의 제작을 위한 기초 데이터로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

그림 1은 본 연구에 적용된 디젤엔진의 실린더 헤드를 보여주고 있다. 본 연구에 사용된 엔진은 2900cc 디젤엔진으로 직렬 4 형태로 각 실린더별로 2개의 흡기밸브와 2개의 배기 밸브를 가지고 있다. 2개 흡기포트 중 하나는 스월유동을 유발하는 스월포트이며, 다른 하나는 텀블유동을 유발하는 텀블포트이다.

[그림 1] 디젤엔진 실린더 헤드

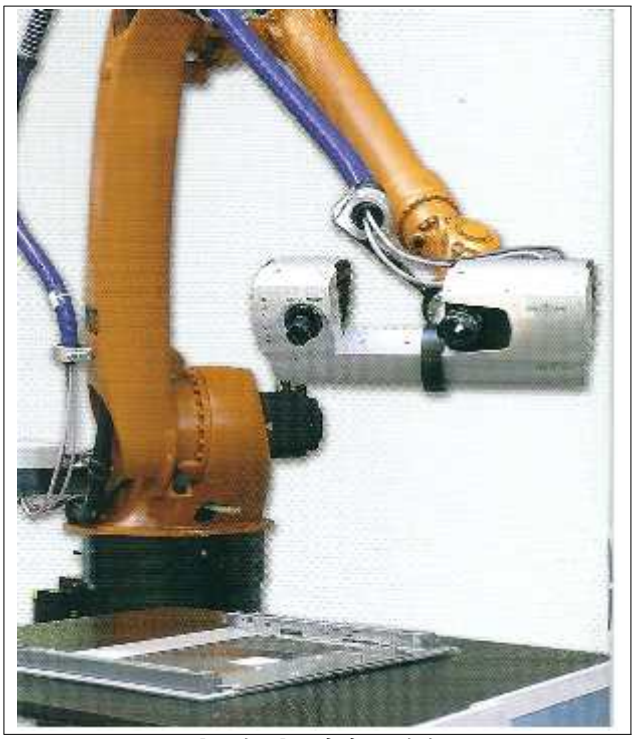
2. 본 론

2.1. 실린더 헤드의 절개 및 3차원 스캔

그림 2는 본 연구의 역설계를 위하여 절개된 실린더 헤드를 보여주고 있다. 실린더 헤드는 편의상 엔진 전면부의 2개의 실린더를 절개하여 포트의 중심선을 따라 절개하였으며, 절개 실린더는 1번 실린더이다. 그림 2에서 흡기포트의 중심부를 따른 절개선을 볼 수 있으며, 이 절개는 와이어 커팅에 의한 것이다.

[그림 2] 3차원 스캔을 위한 실린더 헤드의 절개

그림 3은 본 연구에 적용된 3차원 스캔장비이며, Steinbichler Vision Systems사의 COMET 5를 사용하였다. 3차원 스캔 장비로 흡기포트 내부의 곡면을 스캔하고 이를 조합하여 흡기포트 형상을 역설계 한다.



[그림 3] 3차원 스캔너

2.2. 실린더 헤드의 모델링 및 계산 격자

3차원 스캔이 완료된 데이터는 설계툴을 이용하여 해석이 가능한 모델을 재구성한다. 그림 4는 스캔 데이터를 적용하여 재구성된 3차원 모델을 보여주고 있다. 모델에서 흡기부의 유동을 실험과 동등하게 유지하기 위하여 벨마우스를 설치하였으며 해석을 위한 버섯 모양의 흡기부를 추가하였다.

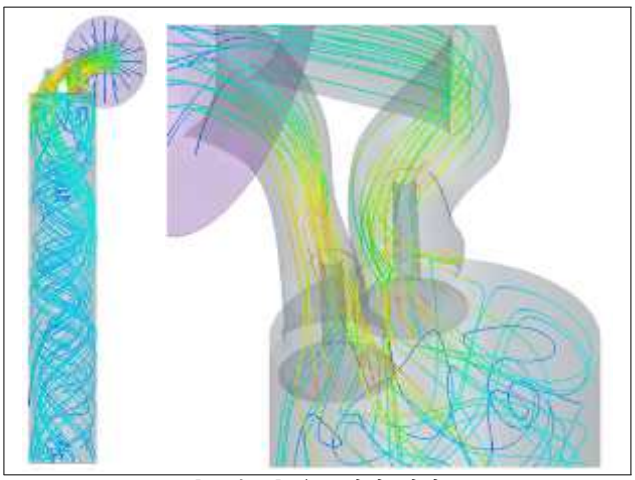
[그림 4] 흡기포트의 모델링

그림 5는 유동해석을 위하여 구성된 격자를 보여주고 있으며, 약 150만개의 유동계산용 격자를 사용하였다. 유동해석은 압축성 정상상태 유동으로 가정하였으며, 표준 k-e 난류모델을 적용하였다. 또한 포트하면의 출구에서 발생하는 역 유동을 방지하기위하여 실린더의 길이를 보어크기의 5배로 연장하여 해석을 진행하였다.

[그림 5] 수치해석을 위한 격자 생성

2.3. 해석 결과

그림 6은 밸브리프트 8mm의 경우의 해석결과를 보여주고 있다. 포트 중에서 긴 것이 스월 포트이며, 짧은 것이 텀블 포트이다. 전체적으로 스월 유동과 텀블 유동이 원활히 형성되고 있는 것을 확인할 수 있다.



[그림 6] 유동해석 결과

3. 결 론

3차원 설계데이터가 부재한 디젤엔진 실린더 헤드의 흡기포트 데이터를 확보하기 위하여 리버스 엔지니어링 기법을 적용하였다. 획득된 흡기포트 모델의 유동해석을 위한 추가적인 해석용 모델링이 수행되었다. 획득된 해석 모델을 이용하여 디젤엔진 흡기포트에 대한 유동해석을 수행하였으며, 텀블 유동과 스월유동의 존재를 해석 결과로서 확인할 수 있었다. 이러한 기법의 적용은 향후 3차원 설계데이터가 부재한 엔진이나 경쟁엔진의 분석에 유용하게 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

향후 본 모델을 이용하여 리프트별 공기유량계수와 스월강도를 계산하고 분석할 예정이다.

후 기

본 논문은 지식경제부 산하 한국에너지기술평가원에서 지원되는 “에너지기술개발사업”의 일환으로 수행되고 있는 “노후 디젤엔진의 커먼레일, 터보차저 재제조 기술개발” 사업의 연구비로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

[1] 이지근, 강신재, 노병준, “4밸브 디젤기관의 흡기포트 편심과 두 흡기포트 사이의 격막이 실린더 내 선회 특성에 미치는 영향에 관한 연구”, 대한기계학회 논문집(B), 제21권, 제7호, pp. 948-961, 1997.

[2] 박상찬, 류재덕, 이기형, “고속 직접분사 디젤엔진의 실린더내 유동 해석”, 대한기계학회 논문집(B), 제26권, 제9호, pp. 1276-1283, 2002.

[3] 이기형, 한용택, 정해영, 임영철, “직접분사식 소형 디젤엔진의 실린더내 스월 유동장에 미치는 흡기포트의 형상에 대한 연구”, Transactions of KSAE, 제12권, 제6호, pp. 38-45, 2004.