

축압기를 사용하는 브레이크 시스템의 유체-다물체 동역학 해석

Fluid and Multi Body Dynamics Coupling Analysis for the Brake System with Accumulator

최원혁¹, 서용호², *김남석³, 변영환³, 이재우³, #김창환

W. H. Choi¹, Y. H. Seo², *N. S. Kim³, Y. H. Byun³, J. W. Lee³, #C. W. Kim(goodant@konkuk.ac.kr)

¹건국대학교 항공우주공학과, ²삼성전자, ³건국대학교 기계공학과, #건국대학교 항공우주공학과, #건국대학교 기계설계학과

Key words : Accumulator, Meter valve, Fluid and Multi body dynamics coupling analysis

1. 서론

유압장치(hydraulic system)는 작동유를 이용하여 기계적인 일을 하게 하는 장치를 말한다. 이러한 유압장치가 적용된 항공기용 휠브레이크 시스템(whell brake system)은 이동 중 주기 상태에서 제동 압력을 유지하는 기능과 이동 중에 정지하기 위해 사용되는 기능을 수행하며, 크게 유압을 축적하는 축압기(accumulator)와 제동 압력을 조절하는 제어장치로 구성되어 있다. Fig. 1과 2는 휠브레이크 시스템에 사용되는 유압장치의 하나인 비상 및 주기용 축압기와 그 구성을 나타낸 것이다. 휠브레이크용 축압기는 비상시 제동유압을 공급할 수 있는 기능과 더불어 주기 시 일정시간 이상 제동압력을 유지할 수 있는 기능을 보유한다. 또한 제어장치 내부의 미터밸브(meter valve)는 휠브레이크용 축압기에서 핵심적인 역할을 하는 것으로 유압 공급원인 축압기로부터 공급되는 유압을 휠브레이크 시스템으로 전달하는 기능을 한다. 즉 기계적인 입력을 받아 브레이크에 공급되는 작동유를 공급 또는 차단하며, 필요시 토출 압력을 조절하고 브레이크의 열팽창과 수축에 따른 보상 작용을 수행한다. 이러한 미터밸브는 주차 모드(parking mode) 시 축압기 라인(accumulator line)으로부터 브레이크 라인(brake line)까지 항상 열려 있어야 하며, 비상 모드(emergency mode)의 경우 브레이크 시스템이 이상이 있을 때 입력 레버(input lever)를 통해 조절하면 브레이크가 그에 상응하게 작동되는 효과를 가지게 된다. 즉 내부에서 축압기 압력과 브레이크 압력 사이의 균형이 이루어지며, 레버가 고정된 위치에서 미터밸브의 토출압력은 일정하게 유지된다. 여기서 미터밸브에서 토출되는 압력은 설계단계에서 결정되어야 하는 주요 변수(variable)로서 축압기 저장 압력과 상관관계에 의해 미터밸브의 특성이 결정되는 것으로 축압기로부터 공급된 유압을 전달하

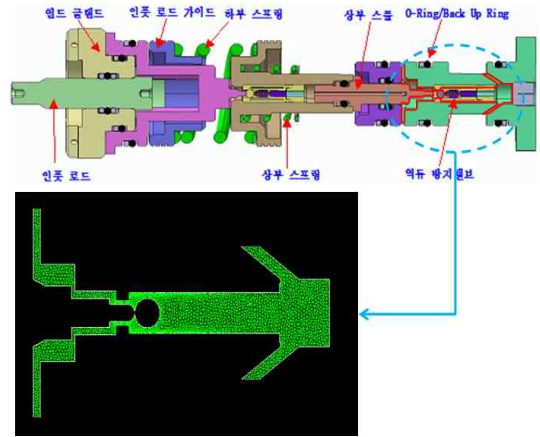


Fig. 3 Unstructured Grid model for CFD analysis

는 과정에서 유체의 유동으로 인하여 그 동역학적 거동에 영향을 받게 된다.

본 연구에서는 비상 및 주기용 축압기 브레이크 시스템에서 사용자의 필요에 따라 축압기에서 휠 브레이크 시스템으로 유압을 공급하고 이를 해압하는 역할을 하는 미터 밸브에 대한 유체-다물체 동역학 연성해석을 수행하였다. 유체해석을 통해 체크밸브 볼(check valve ball)의 변위에 따라 그에 가해지는 외력을 구한 후 그 데이터를 함수화하여 체크밸브 볼에 가해지는 외력함수를 도출하고, 이를 바탕으로 유동의 흐름을 고려한 다물체 동역학 해석을 실시하였다.

2. 미터밸브의 해석 방법

유압장치의 하나인 미터밸브는 유압공급원인 축압기로부터 공급되는 유압을 휠브레이크 시스템으로 전달하게 된다. 이에 유체유동으로 인하여 미터밸브의 동역학적 거동에 영향을 주게 된다. 본 연구에서는 이러한 미터밸브의 해석을 위하여 상용 CFD 소프트웨어인 FLUENT와 상용 다물체 동역학 소프트웨어인 ADAMS를 사용하였다.

FLUENT를 이용하여 체크밸브 볼의 변위에 따른 유동해석을 정적인 경우로 나우어 분석을 선행하고, 이에 따른 데이터를 함수화하여 동역학 해석 프로그램인 ADAMS에 적용할 수 있도록 구성한다. 최종적으로 도출된 유동흐름에 따른 외력 함수를 ADAMS에 적용하여 유동의 흐름을 고려한 동역학적 해석을 수행한다.

3. 전산유체해석

FLUENT 해석을 통하여 유동 흐름에 따라 체크밸브 볼에 가해지는 외력을 분석 하였다. 해석은 축압기 라인에서부터 브레이크 라인으로 전달되는 부분을 2D 모델링(modeling) 하여 수행하였고, 격자는 비정렬격자계(unstructured)로 구성되었다. Fig. 3은 유압의 이동이 나타나는 부분의 격자 모델을 나타낸다.

해석에 적용된 유체는 MIL-PRF-83282D에 따른 것으로 다음과 같이 적용되었다. 열전도율(thermal conductivity)의 경우는 MIL-PRF-83282D와 유사한 MIL-PRF-5606의 수치를 사용하였다. 또한 유동은 축압기 라인으로부터 3000psi로 공급되며, 브레이크 라인의 초기 압력은 1500psi이다.

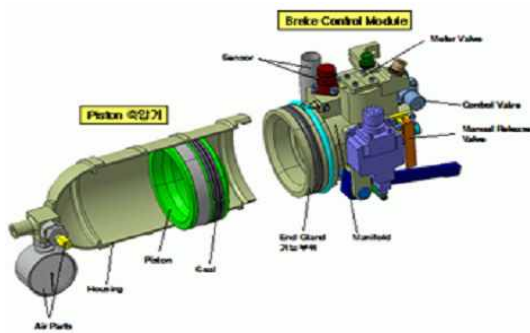


Fig. 1 wheel brake accumulator

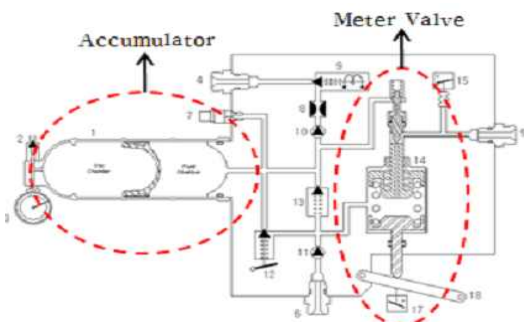


Fig. 2 Composition of wheel brake accumulator

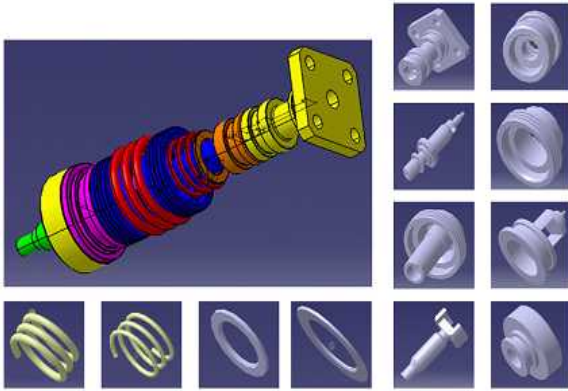


Fig. 4 CATIA model of meter valve

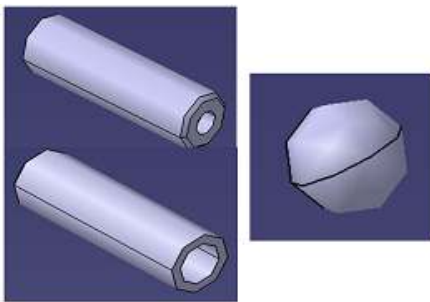


Fig. 5 Check valve model

4. 유체-다물체 동역학 해석

CATIA를 이용하여 미터밸브 시스템에 대한 3차원 모델링을 수행하였으며, 이는 Fig. 4에 나타난 바와 같다. 미터밸브는 내부에 두 개의 역류방지 밸브가 탑재되며, 내부의 볼이 미터밸브의 세부 부품들과 접촉하여 이동하면서 유로가 열리게 된다. 내부에 장착된 역류방지 밸브는 Fig. 5와 같이 모델링 되었다. 구축된 모델에는 두개의 스프링이 장착되어 있으며, 스프링은 편의상 위쪽(upper)과 아래쪽(lower)으로 구분한다.

다물체 동역학 해석은 스프링의 감쇠 계수(damping coefficient)에 따른 변위를 계산하였다. 그 결과로서 미터밸브의 기계적 거동은 0.1초 이내에 이루어짐을 알 수 있었다. 또한 감쇠 계수에 따라 다른 변위 결과 값을 보였으며, 입력 레버의 움직임에는 그 변화가 크게 없었으나 체크밸브 볼의 변위에서 감쇠 계수를 무시 하였을 때 진동이 나타나는 것을 확인 하였다.

5. 결론

본 연구에서는 항공기용 비상 및 주기용 축압기 브레이크 시스템을 개발하는 과정에서 전산해석기법을 사용하여 유체-다물체 동역학 연성해석을 수행하였다. 다물체 동역학의 해석 결과 스프링의 감쇠 계수에 따른 기계시스템의 동역학 거동 차이를 고찰할 수 있었다. 또한 스프링의 감쇠 계수를 무시할 경우 진동이 나타남을 확인할 수 있었으며, 유체-다물체 동역학 연성해석 결과 초기 작동력과 유동 흐름에 따른 외력에 따라 미터밸브가 0.1초 이내에 작동 하는 것을 확인하였다. 또한 작동 후 여타의 외력이 작용하지 않는 한 변화가 없는 것을 확인하였다.

후기

본 연구는 지식경제부 한국형 헬기 민군겸용 구성품 개발사업(KAI주관, (주) 한화 개발) 위탁 연구결과 중 일부이며, 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 서석, 유홍희, 윤준용, "유체유동에 의한 외력을 고려한 회전 블레이드의 동역학적 거동 해석," 대한기계학 논문집, 24

2259-2265, 2000.

2. 서석, 유홍희, "구조 동역학 해석시 유체 유동에 의한 외력을 고려하는 방법에 관한 연구," 대한기계학회 춘계 학술대회 논문집, 1, 661-665, 2000.

3. 이정희, 김재형, 김창완, "유체-다물체 동역학 연성해석을 통한 베어링 윤활해석," 대한기계학회 추계 학술대회 논문집, 430-435, 2008.

4. 함승호, 차주환, 이규열, 노명일, 박광필, 서홍원, "다물체간 상호 작용 및 해양파에 의한 운동 응답을 고려한 해상 크레인의 실시간 시뮬레이션," 한국해양환경공학회 학술대회, 2008