

FSI기법을 이용한 선박엔진용 3/2-Way 밸브의 구조 안전성 평가

The structural safety evaluation for 3/2-way valve for marine engine using FSI

*박시범¹, #강경호², 이철재¹

*S. B. Park¹, #J. H. Kang(kangjh@dau.ac.kr)², C. J. Lee¹

¹동아대학교 대학원 기계공학과, ²동아대학교 기계공학과

Key words : 3/2-Way Valve, Poppet Valve, Fluid Structure Interaction, Safety Evaluation

1. 서론

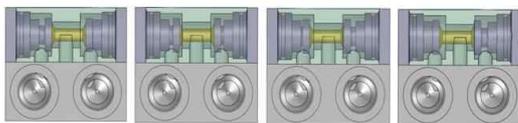
국내의 밸브 기술은 부가가치가 낮은 일반 밸브류에 집중되어 있는 편이며, 특히 국내 초고유압용 밸브는 독일제품이 시장의 거의 80% 이상을 차지한다. 국내는 조선업이 세계 일류업에도 관련 초고압 유압 밸브의 기술에 대한 투자가 미흡하므로, 기반 기술 확보 노력이 필요하다.

본 연구에 사용된 밸브는 선박엔진용 3/2 Way 파일럿(pilot)식 방향제어밸브로써, 선박의 메인엔진을 시동(starting)시키기 위해 시동신호(starting signal)를 받으면 입력단에 대기하고 있던 30 bar의 공기를 시동 공기 분배기(starting air distributor)로 공급하여 메인엔진을 동작시키는 중요한 역할을 한다.

본 논문에서는 3/2-Way 밸브의 디스크 시트 개도 길이(opening length)에 따른 유동-구조 연성해석(fluid structure interaction)기법을 이용하여 밸브 주요 구성품의 강도를 평가하였다.

2. 3D CAD 모델링

밸브의 모델링은 상용프로그램과 3D 스캐너(scanner)를 이용하여 Fig. 1과 같은 각각 4가지 모델을 제작하였다.



(a) close (b) 3 mm (c) 6 mm (d) open
Fig. 1 3D valve model moved disc-seat to valve opening conditions

3. FSI기법을 이용한 안전성 검토

본 연구대상인 밸브의 유동-구조연성해석은

Ansys 12.1의 CFX와 Static-Structural의 상호작용을 이용한 단방향 FSI (Fluid-Structure Interaction) 기법을 이용하였다.

3.1 유동 경계조건 설정 및 격자계 구성

정확한 유동해석을 위해서 기존의 3D 밸브모델의 유체가 유입되는 입구에서 직경의 8배, 출구로부터 20배 도출시킨 영역을 포함하여 Fig. 2와 같은 유동영역을 모델링하였다.

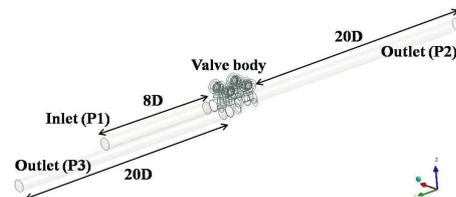


Fig. 2 Fluid flow area of opened 3mm disc-seat in 3/2-way valve

이는 밸브로 유입되는 유체가 완전 발달된 유동(fully developed flow)의 형태를 나타내야하기 때문이다.

격자계의 구성은 형상의 제한 없이 비교적 쉽게 우수한 격자를 생성할 수 있는 사면체(tetrahedral) 격자로 생성하였다.

유동해석에 사용된 경계조건(boundary condition)은 입구조건에 질량유량(mass flow) 13620 N to l / m 을 설정하였으며, 출구조건은 대기압으로 설정하였다. 유동장을 해석하기 위한 난류모델은 SST(shear-stress transport) 모델을 적용하였다.

3.2 유동해석 결과 및 분석

Fig. 3은 밸브의 CFD 해석을 통해 내부에 흐르는 유체의 유동특성을 나타낸 것이다.

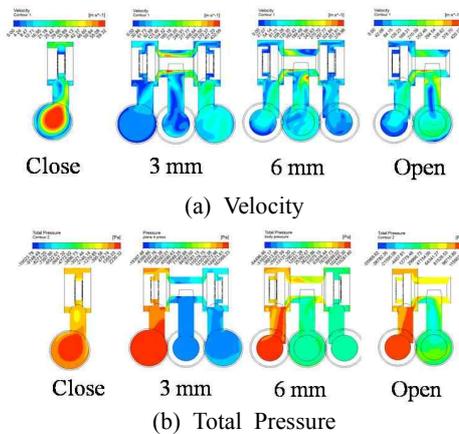


Fig. 3 Characteristic of air flow in each valve body

Table. 1은 유동해석을 통한 압력과 속도의 최대 값을 나타낸 것이다. 최대 압력과 최고 속도는 개도 길이 3 mm에서 발생하였다. 유체온도 253 K에서 최대 전압력(total pressure)은 217528 Pa가, 353 K에서는 최고 속도 501.56 m/s가 발생하였다.

Table. 1 Maximum value of Total Pressure & Velocity

	Max Total Pressure(Pa)	Max Velocity(m/s)
3mm - Opening	2.1753E+05 (at 253 K)	5.0156E+02 (at 353 K)

3.3 유동-구조 연성해석 결과분석

유동 해석을 통한 결과 값을 이용하여 디스크 시트가 3 mm 개도되었을 때의 3/2-Way 밸브 구성품의 구조 안전성 평가를 실시하였다.

밸브를 구성하는 단품의 재료는 전체적으로 Al6061이 사용되었고, 디스크 시트의 중심축은 SS400이 사용되었다.

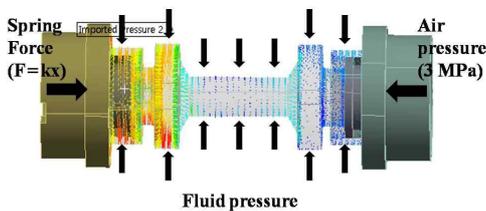


Fig. 4 Boundary condition of analysis by using FSI

Fig. 4는 구조해석에 필요한 하중조건 및 경계조건을 나타낸 것이다. 디스크 시트의 우측은 공압 30 bar에 해당하는 3 MPa를 적용하였고, 좌측은 개도길이에 따른 스프링의 탄성력을 적용하였다.

또한 디스크 시트와 중심축은 유동해석의 상호작용에서 적용된 유체의 압력이 적용되었다.

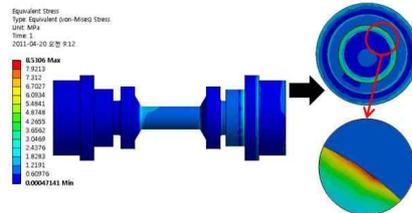


Fig. 5 Result of Fluid-Structure Analysis at 3 mm valve opening

Fig. 5는 연성해석에 의한 밸브의 각 부품에서 최대응력이 발생하는 디스크 시트부분의 응력분포를 나타낸 것이다. 밸브의 응력은 개도 길이 3 mm에서 평균 9 MPa로 나타났으며, 이는 안전율(safety factor)이 15에 해당하므로 구조적으로 매우 안전함을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 유동-구조 연성해석기법을 이용하여 선박의 엔진에 공기를 공급하는 고압용 3/2 way 밸브에 대한 안전성 평가를 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 유동해석 결과 디스크 시트가 3mm 개도되었을 때 253 K에서 2.18E+05 Pa의 최대 전압력이 발생하였고, 353 K에서 501.56 m/s의 최고 유속이 나타났다.
- (2) 유동-구조 연성해석 결과 밸브 내 발생하는 최대 응력은 약 9 MPa로 나타났으며, 이는 압축공기로 제어되는 디스크 시트의 제어부에서 발생하였다.
- (3) 연성해석 결과 안전성 확보에 필요한 각 부품의 안전율이 15.0에 상응하므로, 구조적인 안전성이 확보되었다.

후기

본 연구는 지식경제부 지정 지역혁신센터사업(RIC) 고기능밸브기술지원센터 지원으로 수행되었음

참고문헌

1. “솔레노이드 밸브의 시장 기술 보고서”, 중소기업청 및 중소기업진흥공단, 4~5, 2009.
2. Bonghee Lee, Bohyeon Jeon, Sangmo Kang, "A study on the Flow Characteristics through Industrial Butterfly Valve“, 2009 KSME Spring Conference, 7, 277~283, 2009