공급압력과 개구면적에 따른 브레이크 밸브의 특성

The characteristics of the brake valve according to the supply pressure and the open-area of spool

*정다운[1], #김수태[2], 김용길[1], 하은경[1], 고광욱[3]
*D.W.Jung[1], #S.T.Kim(stkim@changwon.ac.kr)[2], Y.G.Kim[1], E. K.Ha[1], K.W.Ko[3]
[1] 창원대학교 기계공학과 대학원, [2]창원대학교 기계공학과, [3](유)현대기공

Key words : brake valve, supply pressure, open-area

1. 서론

유압 굴삭기는 크게 세 가지 부분으로 나뉘는데 상부체(UpperFrame), 하부체(LowerFrame), 작업장치(Attachment)이다. 운전실과 엔진, 펌프, 실린더 및 모터 메인압력을 보내주는 MCV는 상부체에 위치하고 붐, 암, 버킷으로 이루어지는 작업 장치는 상부체 끝단에 장착된다. 주행을 위한 모터와 무한궤도 또는 바퀴가 장착된 하부체는 굴삭기의 이동을 담당한다. 또한 스윙모터에 의해 상부체가 회전하게 된다.

굴삭기의 유압 장치에는 여러 종류의 밸브가 사용되고 있으나 기계의 특수성이나 경량 소형화하기 위하여 그 기계에 가장 적당한 밸브를 만들 필요가 있다.[1] 그의 종류는 여러가지 있으나 본 연구에서는 굴삭기의 선회 모터로의 유압을 제어하여 상부체의 회전을 가능하게 해주는 브레이크 밸브를 대상으로 한다.그러한 브레이크 밸브를 유압 해석용 상용 프로그램을 이용하여 브레이크 밸브를 구성하는 스풀 밸브를 모델링하여 시뮬레이션을 통해 브레이크 밸브의 제트 각도와 공급압력이 브레이크 밸브의 동적 거동에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 브레이크 밸브의 작동원리

브레이크 밸브는 유압모터의 급정지 또는 회전방향을 전환할 때 유압펌프에서 유압모터로의 압유의 흐름이 닫히는데 유압모터는 자신의 특성이나 부하의 특성 때문에 그대로 회전을 계속하려한다. 이때 유압 모터가 펌프 역할을 하므로 공기 흡입의 방지 및 브레이크 장치로서의 보상회로, 즉 브레이크 회로가 필요하다. 4개의 체크밸브와 하나의 릴리프 밸브를 조합한 기름 보충회로라 생각할 수 있는 브레이크 밸브 작동원리는 Fig.1와 같이 4포트 텐덤 센터형 방향제어로 ⓐ측에 일정한 파일럿 압을 가하면 유압모터는 일정한 회전을 하고 파일럿 압을 제거하면 펌프로 부터의 토출유는 유입되지 않지만 유압모터는 그 자체와 부하 관성에 의해 회전을 계속하므로 체크밸브 ①을 통해서 기름을 흡입한다. 토출유는 체크밸브 ②와 오버로드 릴리프 밸브를 경유하여 기름탱크로 흐르며 체크 밸브 ②와 오버로드 릴리프 밸브의 제동압에 의해 정지한다.[1,2]

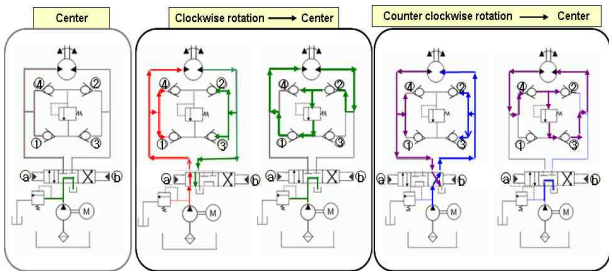

Fig.1 Operation process of swing system

3.브레이크 밸브의 모델링

브레이크 밸브의 방향제어 역할을 하는 스풀형 밸브의 모델링 및 시뮬레이션을 하기 위해서는 스풀의 개구선도를 파악해야한다. 스풀 변위에 따른 각 구간별 개구면적을 구하는 식은 참고문헌[3] 을 토대로 계산하였으며 행정별 개구면적은 Fig.2에 나타내었다. 선 1은 A,B측에서 탱크로의 개구면적, 선 2는 펌프에서 A,B측으로 유입되는 엑츄에이터인 모터로의 개구면적, 선 3은 스풀이 중립상태에서 펌프에서 탱크로 귀환하는 개구면적을 나타낸 것이다. 각 구간별 개구면적을 Fig.3와 같이 매칭 시켜서 파일로 스풀 밸브 모델링에 입력하였으며 스풀밸브를 중심으로 대칭임을 이용하여 스풀 밸브의 모델링을 수행하였다.

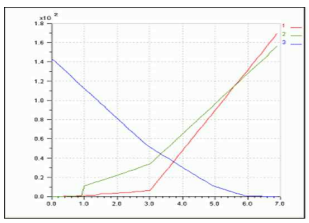

Fig. 2 Open area according to spool displacement[3]

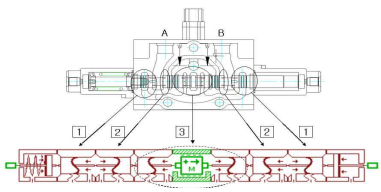

Fig. 3 Simulation model of spool

Fig.4는 해석의 대상인 브레이크 밸브를 유압 해석용 상용 프로그램을 이용하여 모델링 한 것으로서 4개의 체크 밸브, 1개의 오버로드 릴리프 밸브, 방향제어 역할을 하는 스풀밸브, 전체 시스템의 압력을 제어하는 메인릴리프 밸브와 선회모터 시스템을 포함한다.

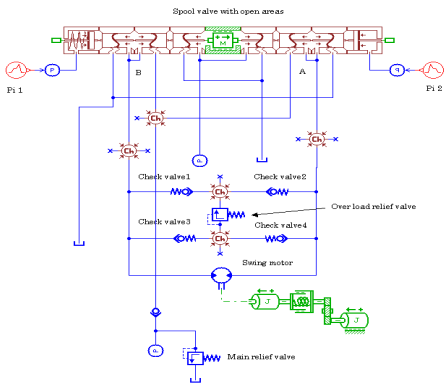

Fig. 4 Brake valve model

4. 브레이크 밸브의 동적특성 파악

브레이크 밸브 각각의 유량과 변위를 살펴보기 위해 파라미터를 입력하고 유량계수는 유체가 비압축성이라고 가정하여 일반적인 유량계수 0.61을 사용하였다.[4,5] 모터의 사양은 S사의 선회 모터의 용량과 최대 회전속도를 이용하였다.

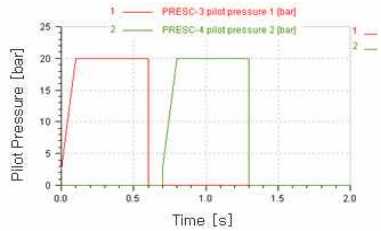

Fig.5 Pilot pressure at port1 and 2

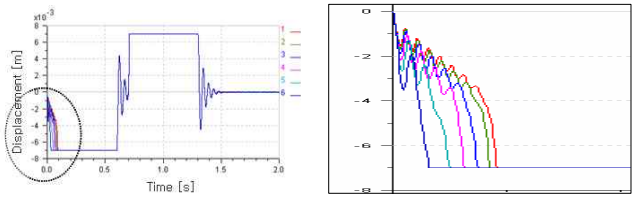

Fig.6 Displacement according to jet angle of spool

Fig.5는 제트각도에 따른 응답특성을 확인하기 위해 스풀 밸브의 파일럿 포트 1에 0.5초 동안 압력을 가하고 0.1초 중립상태 유지하게 한 후 파일럿 포트 2에도 동일하게 압을 입력하고 제트 각도는 69° > 60° > 50° > 40° > 30° > 21° 로 스풀 밸브를[5] 달리하였을 때의 스풀과 포트의 관계를 나타낸 것이다. 입력한 파일럿 압과 제트 각도를 통해서 스풀 변위는 Fig.6과 같이 나타나는데 이를 통해서 제트 각도가 커짐에 따라 초기 스트로크로 도달하는 응답 시간이 빠름을 확인할 수 있다.

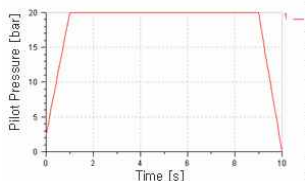

Fig.7 Pilot presure

Fig.7은 공급압력에 따른 스풀 밸브의 동적 특성을 파악하기 위해서 먼저 파일럿 압력을 20kgf/cm^2 을 10초동안 작동하도록 설정하였다. 그리고 브레이크 밸브에 속한 4개의 체크 밸브, 오버로드 릴리프 밸브 및 선회 모터 등의 매개변수의 변화 없이 공급압력만 80kgf/cm^2, 210kgf/cm^{2}로 달리 하였을 때의 스풀밸브의 변위 히스테리시스를 비교한 결과를 Fig.8과 Fig.9에 제시하였다.

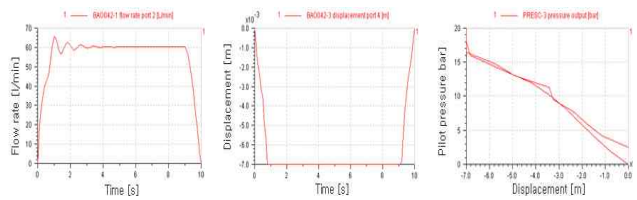

Fig. 8 80kgf/cm^2 flow rate, displacement, hysteresis of spool

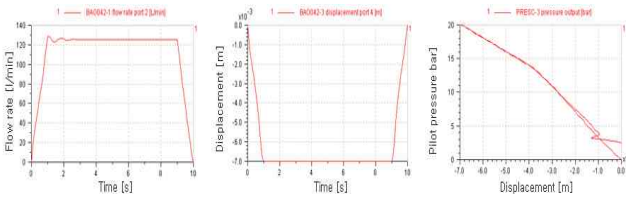

Fig.9 210kgf/cm^{2}flow rate, displacement, hysteresis of spool

Fig.8과 Fig.9의 결과에서 보듯이 공급압력이 커짐에 따라 유량이 증가함을 확인할 수 있고, 두 공급 압력 모두 시간에 따른 스풀의 변위가 7mm를 수행함을 확인할 수 있다. 스풀의 히스테리시스는 파일럿 압력이 20kgf/cm^{2}로 공급될 때 스풀에 공급되는 압력이 80kgf/cm^2 보다 210kgf/cm^{2}의 경우에 안정적임을 알 수 있다. 이 결과에서 보듯이 파일럿 압과 공급압력이 스풀 히스테리시스에 상호 영향을 미침을 확인할 수 있다. 스풀의 히스테리시스 발생 원인은 스풀밸브 내 스프링 영향과 양단의 파일럿 압과 스풀의 공급압력이 영향을 미치는 것으로 사료된다. 브레이크 회로의 핵심 작동원리인 공기 흡입 방지 및 브레이크 장치로서의 보상회로가 작동됨을 분석하기 위해서 공급압력을 210kgf/cm^{2}로 하고 파일럿 압을 20kgf/cm^2 로 하여 체크 밸브를 통과하는 유량을 해석한 결과를 Fig.10에 제시 하였다.

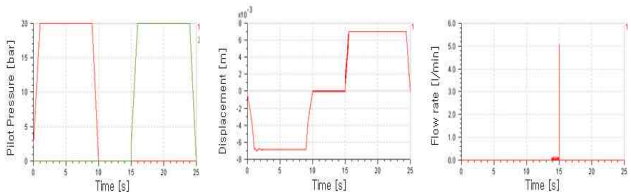

Fig.10 Pilot presure and displacement characteristics of check valve

Fig.10의 결과에서 보듯이 스풀의 이동이 전환되는 시점에서 유압 모터가 부하의 특성과 관성력에 의해 계속 회전하려고 할 때 부족한 유량을 2번 체크 밸브를 통해서 유량이 공급되어 회로를 보호함을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 해석을 통해서 브레이크 밸브의 중요 동작인 보상회로의 역할을 원활히 이루어짐을 확인할 수 있었다. 브레이크 밸브의 스풀밸브 변위에 따른 개구선도를 고려한 특성해석을 수행하여 브레이크 밸브의 제트 각도가 커짐에 따라 스풀의 응답특성이 빨라짐을 확인할 수 있었고, 공급압력과 파일럿 압의 관계에 따라 브레이크 밸브의 스풀 히스테리시스에 영향을 끼침을 확인할 수 있었다. 그리고 향후 공급압력과 파일럿 압력이 스풀 히스테리시스에 미치는 영향을 구체적이고, 상세하게 분석하는 연구가 수행될 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 장인국, 성안당, “중장비 유압기술”. pp.184~186
2. 이징구, “ 신편 알고싶은 유압”, 기전연구사 pp.37~ 45
3. 김병수, “굴삭기 메인 컨트롤 밸브 개구면적 설계에 관한 연구” 울산대학교 석사논문, 2007 pp.14~18
4. 김동수, 배상규, 김정수, “굴삭기 시뮬레이터의 설계”, 유공압시스템학회지. Vol(3) pp.14~19 2006.09
5. 양협, 태훈출판사, “유압공학” pp.177~183