

압력발생장치를 이용한 유압식 차동제한장치의 유동 해석

최창환¹, 허용¹, *김형익², 구재민³, 석창성³

¹성균관대학교 대학원 기계공학과, ²성균관대학교 대학원 기계설계학과, ³성균관대학교 기계공학부

CFD of the hydraulic limited slip differential system by pressure generator

C. C. Choi¹, Y. Huh¹, *H. I. Kim², J. M. Koo³, C. S. Seok³

¹ Dept. of Mech. Eng., Sung Kyun Kwan Univ., ² Dept. of Mech. Design, Sung Kyun Kwan Univ., ³ Dept. of Mech. Eng., Sung Kyun Kwan Univ.

Key words :Differential gearing device, Limited slip differential, Hydraulic limited slip differentials, Pressure generator

1. 서론

차동장치(differential gearing device)는 동력전달 축으로 들어오는 동력을 양쪽 바퀴 축에 분배해 주며, 두 축 사이의 속도 차이가 있어야 할 때는 자동적으로 구동바퀴 회전 차에 의한 토크(torque)를 분배함으로써 원활한 주행이 가능하도록 하는 장치이다.

그러나 차동장치는 회전 차에 의한 토크를 분배하기 때문에 한쪽 바퀴가 진흙이나 눈길에 빠져 슬립이 일어나면 다른 바퀴는 토크가 전달되지 않아 주행이 불가능해진다. 이와 같은 차동장치의 단점을 보완한 것이 차동제한장치이다. 이 장치는 차의 구동 바퀴 한쪽이 진흙이나 눈길에 빠져 슬립이 일어나게 되면 차동장치의 기능을 일시적으로 제한시켜 줌으로써 다른 구동 바퀴 쪽으로도 토크를 전달하여준다. 따라서 차동제한장치가 설치된 자동차는 한쪽 구동 바퀴가 진흙이나 눈길 등 마찰이 적은 곳에 빠져도 쉽게 빠져 나올 수 있다.

현재 이러한 차동제한장치는 대부분 고가이고 구조가 복잡하기 때문에 일부 고급차량에만 적용되고 있으며, 특히 국내에서는 아직까지 이에 대한 기술 자립도가 거의 없는 실정이다.³

본 논문에서 제안하는 압력발생장치를 이용한 차동제한장치는 기존의 다판클러치 방식 차동제한장치의 스프링을 압력발생장치로 대체 하여 큰 차동이 발생 시에만 작동됨으로써 에너지 손실을 줄이고 마찰클러치의 수명을 향상시킬 수

있는 장치이다.

본 논문에서는 기존 차동제한 장치의 Spring Assay'의 강성을 측정하고 압력발생장치의 유로 형상의 크기와 작동 유체의 점도 변화에 따른 유동해석을 수행하여 설계인자를 평가하였다.

2. 압력발생장치의 작동 원리

본 압력발생장치는 Fig. 1과 같이 트로코이드 기어를 이용한 것으로 Cover Gear 상단의 Oil Tank에 고점도의 Oil이 채워져 있으며, 양 끝이 사이드 피니언 기어와 맞물려 있어 Piston Gear가 회전할 수 있게 되어있다. 따라서 차량의 한쪽 구동축에서 슬립이 발생하면 구동축의 회전 속도 차에 의해 Piston Gear와 여기에 연결이 된 내부의 트로코이드 기어는 회전을 하게 된다. 트로코이드 기어가 회전을 하면 Oil Tank의 Oil이 유로를 따라 Piston Cylinder로 유입되어 Piston Gear를 밀어 내는 유압이 발생한다. 이 압력은 사이드 피니언 기어 후면의 마찰판을 압착시켜 마찰력에 의해 차동제한 기능을 수행하게 된다. Fig.2는 압력발생장치의 구성품을 나타낸 것이다.

4. 유동해석을 통한 설계 인자 평가

4.1 스프링 장력 시험

본 연구에서 구현하려는 차동제한장치는 기존의 다판클러치 방식의 차동제한장치의 스프링을 압력발생장치로 개선하는 것이다. 따라서 압력발생장치에서 발생하는 압력은 기존의 차동제한장치에서 사용되는 스프링의 장력과 동일하거나 더 큰 힘을 발생시켜야한다. Fig. 3와 Fig. 4는 기존 다판클러치 방식의 차동

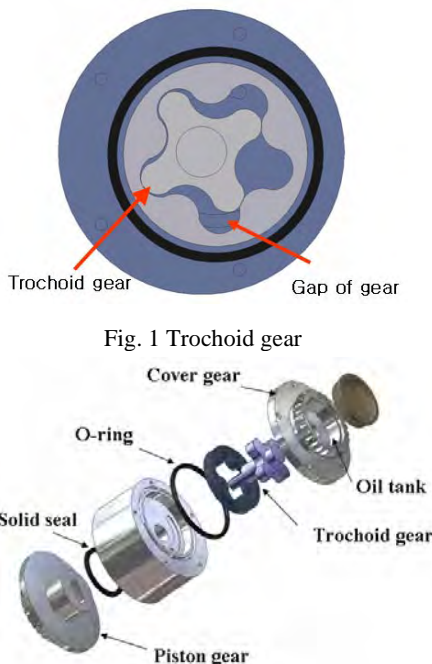


Fig. 1 Trochoid gear



Fig. 2 Pressure generator



Fig. 3 Disk Clutch type LSD



Fig. 4 Spring Assay'

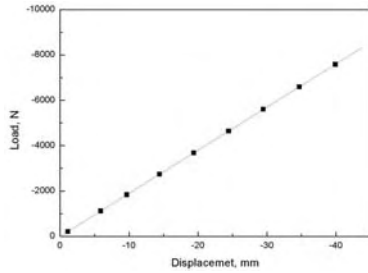


Fig. 5 Result of spring's stiffness test

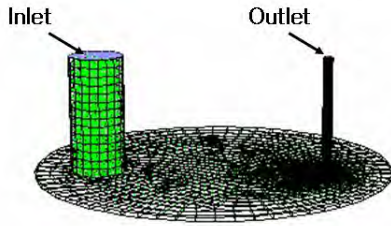


Fig. 6 3D model for Computational Fluid Dynamics

제한장치와 피니언기어 사이에 장착되는 Spring Assay'를 나타낸 것이다. 압력발생장치에서 발생하는 압력을 힘으로 환산한 값과 비교하기 위하여 스프링의 압축 시험을 수행하였고, 스프링의 강성을 측정하였다. Fig. 5에 스프링의 압축 시험 결과를 나타내었다. 측정된 스프링의 강성은 190N/mm이다.

4.2 압력발생장치의 유동해석을 통한 설계 인자평가

본 연구에서 구현하려는 압력발생장치는 토로코이드 기어의 작동에 의해 발생하는 압력이 기존의 다관 클러치 방식 차동제한장치에 사용되는 스프링의 장력과 동일하거나 더 큰 하중을 가할 수 있어야 한다. 따라서 Piston Cylinder에서 발생하는 압력과 유로의 형상과 사용 Oil의 점도에 따른 영향을 평가하기 위하여 유동해석을 수행하였다. 유동해석 Tool은 Fluent 6을 사용하였으며, Fig. 6은 유동해석을 위한 모델을 나타낸 것이다.

5. 해석 결과 및 고찰

Fig. 7는 토로코이드 기어 토출량 1.5cc/rev, 차륜의 회전속도차 100 RPM, 점도 400cSt 조건의 Outlet 유로 크기 변화에 따른 유동해석결과이고, Fig.8은 Outlet 유로 크기 0.4mm의 조건에서 점도 변화에 따른 유동해석결과를 나타낸 것이다. Outlet 유로 직경 0.2mm에서 1mm로 변화함에 따라 발생압력은 174MPa에서 0.65MPa로 비선형적으로 감소하는 경향을 보였으며, 점도 200cSt에서 500cSt로 변화함에 따라 발생압력은 6.2MPa에서 12.7MPa로 선형적으로 증가하는 경향을 보였다.

기존의 다관클러치 방식의 차동제한장치에 사용되는 스프링의 장력은 약 1100N이며, 압력발생장치가 장력과 동일한 힘을 가지려면 발생압력은 약 3.6MPa이 발생하여야 한다. 유동해석결과 Outlet 유로 직경의 크기가 0.5mm 초과에서는 필요한 압력이 발생하지 못하고 0.3mm미만의 크기에서는 필요 이상의 압력이 발생하는 것으로 나타났다. 따라서 Outlet 유로의 직경의 크기가 중요하게 고려되어야 함을 알 수 있었다. 또한 점도에 대한 영향으로는 점도가 높을수록 높은 압력이 발생함을 알 수 있었다.

6. 결론

본 연구에서는 기존의 다관클러치 방식 차동제한장치의 Spring Assay'를 대체할 압력발생장치를 제안하고 압력발생장

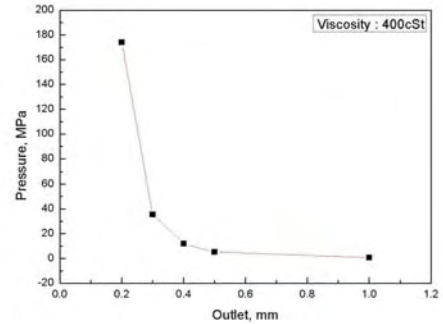


Fig. 8 Result of CFD which classified by the outlet size

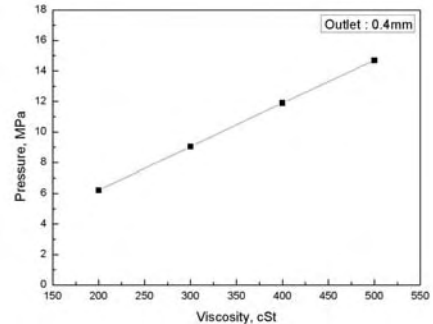


Fig. 9 Result of CFD which classified by the viscosity

치의 유로 형상 크기 변화와 작동 유체의 점도 변화에 따른 유동해석을 통하여 설계 인자를 평가하였다.

유동해석 결과 Outlet 유로의 직경이 0.3mm미만의 크기에서는 필요 이상의 압력이 발생하고 0.5mm초과의 크기에서는 충분한 압력이 발생하지 못하였다. 따라서 압력발생장치 설계 시 Outlet 유로의 직경의 크기에 대한 고려는 매우 중요한 설계 인자임을 알 수 있었다. 또한 Oil의 점도가 높을수록 압력이 높아지는 것으로 압력발생장치 설계 시 고려가 필요한 설계 인자임을 알 수 있었다.

후기

본 연구는 BK21 사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. M. Kenji, "Differential gear", United States Patent, No.5, 1999.
2. C. G. Lee, S. J. Lee, K. S. Lee, "Differential Gear Model and its Influence on Vehicle Dynamics", Fall Conference Proceeding of Korea Society of Automotive Engineer, Vol. 6, No. 2, pp 21~31, 1994.
3. J. S. Lee, K. H. Kim, H. J. Kim, H. S. Kim, "Analysis of 4WD Viscous Coupling Characteristics at Steady State", Transactions of Korea Society of Automotive Engineer, Vol. 6, No. 2, pp 21~31, 1994.
4. Korea Society of Automotive Engineer, "Handbook of Automotive technology", pp. 240-250, 1996.
5. C. S. Seok, "Differential Gearing Device With Capacity of Limiting Differential", International Patent, No. PCT/KR01/67111, 2001.