

유압장치를 이용한 추락방지 메카니즘의 실험적 연구

최정훈¹, 최창환¹, 허용¹, 구재민², *석창성²

¹성균관대학교 대학원 기계공학과, ²성균관대학교 기계공학부

Experimental Study on Mechanism of Drop-prevention using the oil pressure Device

*J. H. Choi¹, C. H. Choi¹, Y. Huh¹, J. M. Koo², C. S. Seok²

¹Mech. Eng. Dept., SKKU, ²Mech. Eng. Dept., SKKU

Key words : Mechanism of Drop-prevention, Oil pressure Device, Trochoid gear, Main Pulley, Support Pulley

1. 서론

현대 건축물의 고층 대형화에 따라 건물의 신축 시 건축자재를 상층으로 운반하기 위해서는 타워크레인의 상층부로 작업자가 직접 올라가야 한다. 작업자가 타워크레인의 운전실에 오르기 위해서는 구비된 수직사다리를 통해 운전실로 이동하게 되는데, 작업자가 수작업으로 오르기에는 높이가 너무 높을 뿐 아니라, 높은 고도에서 부는 바람 등으로 인한 풍력 하중의 발생으로 인해 오리내리는 과정에서 추락할 수 있는 안전사고의 위험성이 크다. 따라서 타워크레인 작업자의 불편 및 위험 요소의 제거와 이에 따른 관련 작업자의 안전사고를 예방하기 위해서는 타워크레인의 안전 승강보조 장치의 개발이 시급하다. 또한 이러한 안전사고의 위험성 때문에 도르래와 무게추를 이용한 승강보조 장치가 사용되고 있지만 많은 위험을 내포하고 있으며 전기장치의 경우 고비용으로 인해 활용도가 저조한 상태이다. 현재 작업자의 추락에 대비하는 국내·외 개발 장치로는 캠방식을 응용한 안전승강 보조 장치와 브레이크 패드와 기어를 사용해 추락시 제동과 함께 충격을 최소화 시켜주는 Safety Block등이 대표적이다.¹ 이상에서 살펴본 바와 같이 국내·외 연구개발 사례는 기계식 방식을 이용한 사례가 대부분이며 유압식 작동방식을 적용한 사례는 극히 드물다. 본 논문에서는 석창성² 등의 압력발생장치에 사용되는 트로코이드 기어펌프의 원리를 기반으로 추락방지 메카니즘 장치인 유압피스톤식 Pulley를 설계 및 제작하고 테스트를 통해 성능을 평가하여 실제 적용 가능성 유무를 알아보았다.

2. 유압피스톤식 Pulley의 작동원리

Fig. 1은 유압피스톤식 Pulley 설계 단면도로서 트로코이드 기어펌프의 원리를 적용 및 변경하여 압력발생을 유도하였다. 작동원리는 Pulley가 천천히 돌아가는 경우 즉, 서서히 하강하는 동안에는 트로코이드 기어치 사이의 체적변화로 인해 발생한 작은 양의 압력은 Pulley 내부의 일방향 체크밸브를 통해 실린더로 이동되며 이동된 압력은 트로코이드 기어와 연결된 Shaft를 밀어 내기 전에 Return hole로 복귀하므로 Pulley의 회전으로 인해 압력이 발생하여도 압력이 일정 방향으로 계속 순환하므로 안정적인 속도로 회전할 수 있다.

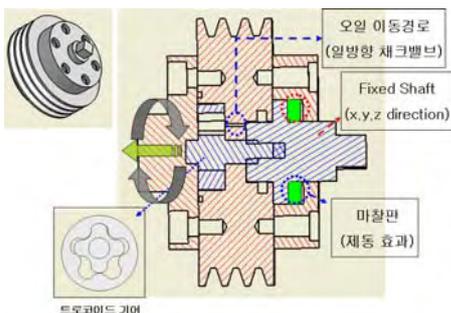


Fig. 1 유압피스톤식 Pulley 설계 단면도

급격한 회전시 압력이 발생되면 발생한 압력은 실린더로 이동하게 되는데 이때는 이동된 압력이 Return hole로 복귀하는 압력보다 일방향 체크밸브로 유입되는 압력이 더 크기 때문에 복귀하지 못한 잔여의 압력이 실린더내 Shaft를 밀어내게 되지만, Shaft는 고정되어 있기 때문에 상대적인 운동효과로 인해 Pulley가 밀려나게 된다. 이때 밀려나는 Pulley는 Shaft의 마찰판과 Pulley에 체결된 마찰 커버와 접촉하여 제동효과가 발생되어 고속 회전을 하지 못하게 된다.

3. 추락방지 메카니즘의 설계

3.1 제동 메카니즘

마찰판을 이용한 제동방식은 다량의 마찰판을 필요로 하며 상당한 유압의 힘이 가해지지 않는 한 완전한 Locking 효과를 구현하기 힘들다. 이에 제작이 용이하며 보다 확실한 제동효과를 보증하도록 제동핀을 사용하여 제동효과를 높이도록 설계하였다.

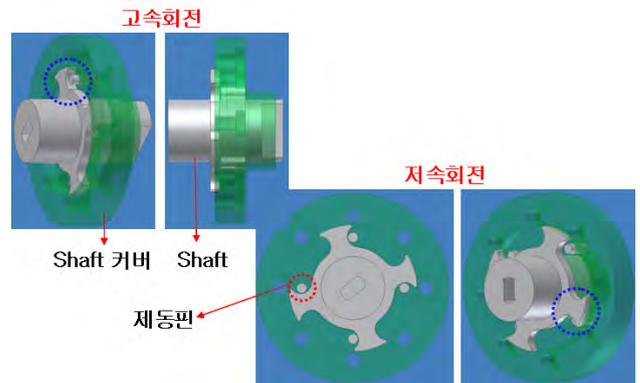


Fig. 2 유압피스톤식 Pulley 설계 단면도

Fig. 2는 Shaft 커버에 장착된 제동핀으로 총 4개의 핀이 약 1mm 정도로 돌출된다. 저속 회전시 Fig. 2와 같이 Shaft와 Shaft 커버내 제동핀이 일정거리 만큼 떨어진 상태로 회전하다가 고속회전이 되면 압력이 발생되고 발생한 압력으로 Shaft가 밀려나오면 Fig. 2와 같이 Shaft의 날개와 제동핀이 맞물려 확실한 Locking이 발생된다.

3.2 와이어로프 미끄럼 및 이탈방지 메카니즘

접촉면 사이에 수직력이 작용하는 경우의 마찰력은

$$F = \mu N \quad (1)$$

와 같다. 여기에서 μ 는 마찰계수이고, N 은 수직력이다. 마찰력을 증대시키기 위하여 일반적으로 마찰계수가 큰 재료를 사용하거나, V홈을 사용하여 마찰면적을 증가시키고 있다. α 의 사이각을 갖는 V홈의 경우 마찰력은

$$F = \mu' N \quad (2)$$

와 같으며, μ' 는 상당마찰계수로서

$$\mu' = \frac{\mu}{\sin(\alpha/2) + \mu \cos(\alpha/2)} \quad (3)$$

의 관계가 있다. 이때 $\mu' > \mu$ 의 관계가 항상 성립하기 때문에 V홈의 경우 마찰력이 증가한다.

본 연구에서는 이와 같은 원리를 이용하여 Fig. 3과 같이 사다리꼴 모양의 홈을 갖는 보조 Pulley를 장착하여 와이어로프와 Pulley 사이의 마찰력이 증대되도록 하였다.

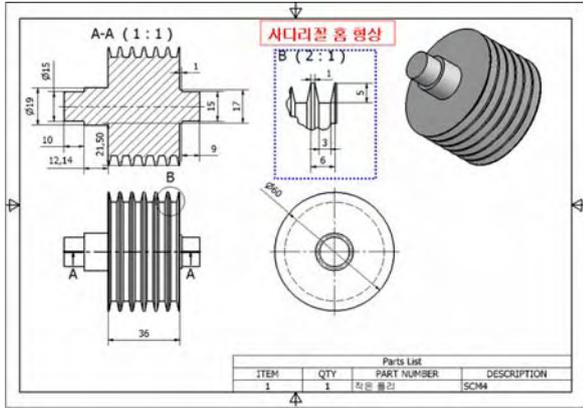


Fig. 3 보조 Pulley 설계도면

한편 보조 Pulley가 유압피스톤식 Pulley(이하 주 Pulley)와 함께 회전할 때 와이어로프의 이탈을 방지하고자 주 Pulley의 축에 대해 약 10° 비틀어지도록 설계하였다.

4. 유압피스톤식 Pulley의 제작 및 성능시험

본 연구에서 설계된 추락방지 메카니즘을 포함하는 유압피스톤식 Pulley의 성능시험을 위해 Fig. 4와 같은 부품들을 Pulley case에 장착(Fig. 5)하여 성능시험을 수행하였다. 와이어로프는 Pulley Case 하부 바닥에 뚫린 2개의 입·출입 구멍을 통해 감겨 들어가도록 제작하였으며, 보조 Pulley의 비틀어진 축이 원활한 회전을 하도록 Fig. 5에 나타난 바와 같이 자동중심 베어링을 사용하여 축을 잡아줌으로서 축의 비틀림에 대한 불안정한 회전을 제거하였다.



Fig.4 제작된 Pulley 구성요소

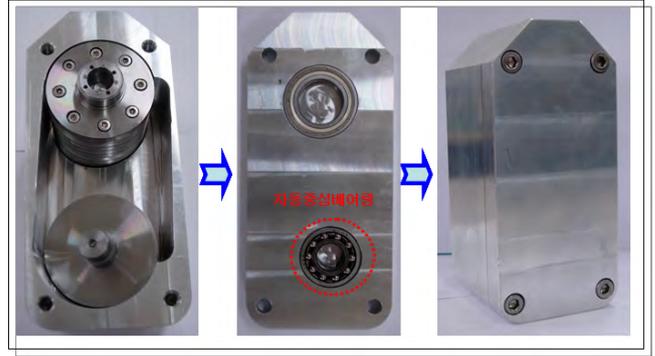


Fig. 5 Pulley case 조립형상

추락 상황을 묘사한 성능 시험을 수행하기 위해 작동 오일은 M사의 점도 46 cst 인 DT25를 사용하였다. 조립된 Pulley Case를 10m 높이 호이스트에 장착하기 위해 I-볼트를 Pulley Case상부 중앙에 부착하여 공중에 매달았으며 일정 높이에서 직접 하강하였다.

5. 시험결과

정방향 및 역방향 회전 시 압력발생 유무와 회전 속도에 따른 제동력의 발생 유무를 평가하였다. 시험결과 정방향, 역방향 모두 원활히 회전하였으며 중속에서는 제동력이 발생하지 않았다. 중속의 경우 샤프트의 밀림과 복귀현상의 반복으로 인해 다소 부드럽지 못하였으나, 고속에서는 확실한 제동력이 발생됨을 확인하였다. Table. 1에 시험결과를 나타내었다.

Table 1 성능시험 결과

회전방향	고속	저속
정방향	제동력 없음	제동력 발생
역방향	제동력 없음	제동력 발생

5. 결론

본 연구에서는 추락방지 메카니즘을 이용한 유압피스톤식 Pulley를 개발하였으며, 이를 제작하고 성능시험을 통해 추락발생시 인명을 구조할 수 있을 만큼의 충분한 제동력이 발생됨을 확인하였으며, 실제 적용 가능성 또한 확인하였다. 따라서 타워 크레인 등의 상층부로의 승하강시 작업자의 부주의로 인한 안전사고를 미연에 예방할 수 있을 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 BK21사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. H.W Heinrich, 산업재해 방지론, 청문각 pp. 121~132, 2004
2. C. S. Seok, "Differential Gearing Device With Capacity of Limiting Differential", International Patent, No. PCT/KR01/67111, 2001.