

장애인용 모노스키 서스펜션 메커니즘의 기구학적 특성 분석 Kinematic Analysis of Suspension Mechanism of Monoski for Disabled

*#조현석¹, 김규석¹, 조웅¹, 문무성¹

*#H. S. Cho(hscho@korec.re.kr)¹, G. S. Kim¹, W. Cho¹, M. S. Mun¹

¹근로복지공단 재활공학연구소

Key words : Monoski, Sit-ski, Kinematics, Suspension, Shock-Absorber

1. 서론

21세기에 접어들면서 국내 경제발전과 생활수준 향상에 따라 장애인 스포츠에 대한 관심과 영역이 확대되고 있다. 스포츠의 종류나 장애의 종류에 따라서 장애인을 위한 별도의 장비가 필요없는 경우도 많으나 일부 스포츠의 경우에는 특화된 장비가 반드시 필요하다. 특히 하반신 마비, 또는 상·하지 절단 장애인의 경우에는 해당 스포츠 활동에 필요한 전용장비가 있어야만 한다.

2018년 동계올림픽을 대한민국에서 개최하게 됨에 따라 동계스포츠에 대한 관심과 더불어 장애인을 위한 동계스포츠 기기의 개발은 동계올림픽 개최국으로써 관심을 가져야 할 분야일 것이다. 동계스포츠의 핵심인 스키종목의 경우 하반신 마비 장애인들에게는 특화된 장비가 필수적으로 요구되는 종목이다.

모노스키(Monoski, 또는 Sit-Ski)는 하반신 마비 장애인을 위한 장비로 McCormick 등은 1985년에서스펜션 장치가 없는 썰매형태를 고안하였다.[1] Loskowski 등은 1991년에 스키어의 안락한 탑승을 위한 버킷을 적용하였으며[2], 2000년대 이후에는 다양한 서스펜션 메커니즘과 버킷의 전후 방향틸팅 메커니즘 등이 적용된 제품이 상품화되었다. Cavacece 등은 (2005년) 다양한 링크 메커니즘에 대한 기구학적 해석을 통하여 모노스키의 성능 최적화를 수행하고자 하였으며, 불균일한 설면 주행 시 동적 안락감을 평가하였다.[3] Langelier 등은 (2013년) 무게중심의 전후방향 위치와 관성 모멘트 변화를 고려하여 서스펜션 메커니즘의 설계 최적화를 수행하였다.[4] 국내에서는 아직까지 모노스키에 관련된 연구 및 개발 내용이 전무한 실정이다.

본 연구는 다양한 구조의 링크메커니즘에 대한 기구학적 해석을 수행하고 장단점을 분석하여 위

산 최신 제품의 성능에 근접하는 국산 모노스키의 개발에 필요한 설계기준을 제시하고자 한다.

2. 연구내용

지금까지 개발되어 상용화된 모노스키용 서스펜션 메커니즘은 크게 단축식과 4축의 두 가지 형태로 분류된다. 단축식은 고정된 회전중심을 가지며 단순한 구조이며 4축 방식은 회전중심이 변화하거나 수평이동이 가능하나 복잡한 구조를 가진다. 모노스키는 주행 중 발생하는 충격흡수를 위하여 속업소버를 장착한다. 충격흡수 과정에서 속업소버에서 거동이 발생하며 이에 따라 탑승자의 2차적인 거동이 발생하게 된다. 2차 거동의 방향 및 변위 등은 주행 성능을 좌우하는 변수가 되므로 2차 거동을 결정하는 서스펜션 메커니즘의 설계 최적화는 모노스키의 중요한 요소 중의 하나이다.

탑승자의 무게중심의 전후 방향 위치는 스키 플레이트에 연결되는 마운트 영역을 벗어나지 않는 것이 좋다. 마운트 영역은 전후 방향에 대하여 중심이 되는 위치이므로 무게중심의 위치가 이 영역을 벗어날 경우 안정성이 떨어지게 된다. 그리고 탑승자의 시야의 방향이 변화하지 않는 것이 좋다. 시야의 방향이 변화할 경우 충격 시에 탑승자의 시야가 순간적으로 상하방향으로 흔들리게 되므로 조종성능이 떨어지게 된다. 이 두 가지 조건과 리프트 탑승 시 링크메커니즘 구동에 따른 탑승자의 자세변화 등에 대한 기구학적 해석 결과를 분석하고 바람직한 메커니즘 조건을 제시하였다.

시뮬레이션은 다물체 동역학 해석 솔루션인 RecurDYN™을 사용하여 2차원 조건에서 해석을 수행하였다. 탑승자는 구체로 단순화하여 모델링하였으며 더미의 중량은 100kg(몸통 90kg, 다리 10kg)으로 설정하였다. 해석을 위한 모노스키 서스

편선 모델은 단축식과 4축 메커니즘 2종류에 대하여 수행하였다. 4축 메커니즘은 링크의 두 축이 평행한 모델과 평행하지 않은 모델로 구분하였다. 해석 조건은 주행 조건과 리프트 탑승 조건이다. 주행 조건에서는 스키 플레이트 마운트를 고정하고 속업소버에 의한 시트부의 수직변위량이 40mm를 최대치로 설정하여 이 때의 더미의 전후 변위량과 시상면에 수직인 축의 회전량을 측정하였다. 리프트 탑승 조건에서는 탑승을 위한 높이인 약 150mm만큼 시트의 높이를 높인 상태에서 측정하였다.

3. 연구결과

기구학 시뮬레이션 수행 결과를 표 1과 표 2에 나타내었다. 주행 조건의 경우, 전후방향 변위는 평행하지 않은 4축 모델이 가장 작게 나타났으며(4.9mm) 단축 모델이 가장 크게 나타났다.(41.1mm) 평행한 4축 모델은 더미의 회전이 발생하지 않았으며 단축 모델은 상방향으로 5.2°의 회전량이 발생하였다. 리프트 탑승 조건의 경우, 전후방향 변위는 역시 평행하지 않는 4축 모델에서 가장 작게 나타났으며(3.1mm) 단축 모델의 경우 상당히 큰 변위량이 발생하였다.(258.3mm). 단축 모델은 회전량도 상당히 크게 나타났으며(-26.8°) 평행한 4축 모델은 역시 회전량이 발생하지 않았다.

단축 모델은 두 가지 조건에서 모두 가장 나쁜 결과를 나타냈다. 특히 탑승조건의 경우 뒤쪽이 들리는 상태가 되어 리프트 탑승 시 매우 불편함을 초래할 수 있다.(그림 1) 회전 중심을 전방으로 더 멀리 위치시킨다면 변위와 회전량을 모두 감소시킬 수 있으나 메커니즘의 크기와 중량이 증가한다는 단점이 발생한다.

4축 모델은 평행한 모델과 평행하지 않은 모델이 전후방향 변위와 회전량에서 서로 상반되는 결과를 보이고 있으나 두 가지 경우 모두 단축 모델에 비하여 바람직한 결과를 보여주고 있다.(그림 2) 두 모델의 설계 조건 사이에서 최적화된 링크의 각을 설정한다면 각도와 변위를 모두 최소화하는 조건을 찾을 수 있을 것이다.

Table 1 Position of dummy at skiing condition

Properties	Single Axis	Parallel 4-bar	Non-Parallel 4-bar
X Disp. (mm)	-41.1	21.1	-4.9
Z Rot. (deg.)	5.2	0	2.7

Table 2 Position of dummy at lifting condition

Properties	Single Axis	Parallel 4-bar	Non-Parallel 4-bar
X Disp. (mm)	258.3	-149.2	3.08
Z Rot. (deg.)	26.8	0	-10.7

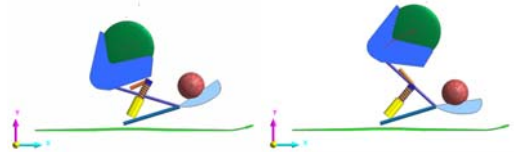


Fig. 1 Before and after lifting dummy with 140mm of height (single axis model)

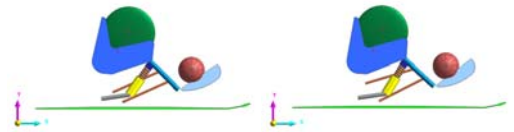


Fig. 2 Deformation of mechanisms at skiing condition (left: parallel 4-bar, right: non-parallel 4-bar)

4. 결론

기존에 사용되는 모노스키 서스펜션 메커니즘에 대한 기구학적 분석을 수행하였으며 본 연구결과는 향후 서스펜션 메커니즘의 최적화된 상세설계에 유용한 자료로 활용 가능할 것이다.

후기

위 논문은 문화체육관광부의 스포츠산업기술 개발사업에 의거 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금을 지원받아 연구되었습니다.

참고문헌

- McCormick, D. P., "Handicapped Skiing: A Current Review of Downhill Snow Skiing for the Disabled," *Physical and Occupational Therapy in Pediatrics*, **4**, 27-44, 1985.
- Laskowski, E. R., "Snow Skiing for the Physically Disabled," *Mayo Clinic Proceedings*, **66**, 160-172, 1991.
- Cavacece, M., "Kinematic and Dynamic Analysis of a Sit-Ski to Improve Vibrational Comfort," *Sports Engineering*, **8**, 13-25, 2005.
- Langelier, E., "A Sit-Ski Aimed at Controlling Centre of Mass and Inertia," *Journal of Sports Sciences*, 2013