휠체어 캐스터포크 각도가 구동에 미치는 영향

Effect of the Angle on Driving of the Wheelchair Caster Fork

* #정진석 [1], 황인호 [1], 육선우 [1], 안윤호 [1], 진도훈 [2]

* #J.S.Jung(jsjung@iris.korec.re.kr)[1] , I.H.Hwang[1], S.U.Ruek[1],Y .H.Ahn[1], D.H. Jin[2]

[1] 재활공학연구소, [2] 경남정보대학 기계설계과

Key words : Caster Fork, Steering Column, Negative Camber, Shimmy, Static Balance, Dynamic Balance, Tramping

1. 서론

장애인이 사용하는 휠체어의 구조는 기본적으로 전면구동을 하는 캐스터(caster)와 구동시 체중을 지지하는 핸드림(hand lim) 및 휠(wheel)로 구성되어 있다. 이들 4 개의 바퀴가 정 위치에 있지 않고 변형된 경우와 방향지시를 하는 캐스터포크(caster fork)의 각도가 일정하지 않은 경우에는 조향 축(steering column)에 문제가 발생하여 타이어의 편 마모가 생기는 등 주행에 악 영향을 끼치게 된다. 따라서 휠체어의 구동 휠(wheel)이나 캐스터 포크는 휠체어를 사용하는 장애인들에게 사용시 편리성을 주도록 설계 제작되어야 하여야 한다. 또한 장애인들이 휠체어를 탑승하여 주행시 전면의 장애물이나 충격 등 기타요인에 의해서 캐스터의 기능에 장애를 주었을 경우 복원력을 갖추어야 한다. 이와 같은 조건을 충족하기 위해서는 휠체어 캐스터 포크의 각도와 차축의 거리가 일정하게(바퀴정렬 혹은 캐스터의 얼라이먼트가)되어야 한다.

이러한 캐스터 포크의 각도변형과 캐스터의 얼라이먼트(alignment) 목적은 휠체어 구동시 원활한 조작력과 직진 주행시 안정성을 유지하는데 있다.

따라서 이러한 얼라이먼트를 유지하는데 캠버나 캐스터 포크의 각도는 매우 중요하다고 판단되므로 본 논문에서는 휠체어의 구동시 방향설정을 하는데 중요한 역할을 하는 캐스터 포크의 각도를 분석하고자 한다.

2. 본론

2.1 캐스터의 구조

휠체어의 캐스터를 보면 캐스터를 지지하는 포크각도가 지면과 수직이 아님을 알 수 있다. 이는 4 륜 구동을 하는 모든 기계에서도 조향축과 차축이 연결되는 각도가 수직이 아니다. 이러한 캐스터에 일정한 각도를 주는 것은 캐스터의 각에 의해서 방향성과 주행성이 결정되기 때문이다. 우리가 일반적으로 사용하는 캐스터의 구조는 네거티브 캠버(Negative camber)의 형태인 캐스터를 사용하였다.

Fig 1. Negative Camber Caster

2.2 캐스터의 구동

휠체어의 캐스터를 옆에서 볼 때 조향축의 중심선과 노면에 대하여 타이어의 수직선을 이루는 각도 캐스터는 경사가 뒤쪽으로 기울어져 있는 경우는 정의 캐스터(+)라 하고 중심선과 일치하는 경우는 0 의 캐스터, 앞쪽으로 기울어져 있는 경우를 부의 캐스터(-)라고 칭한다.

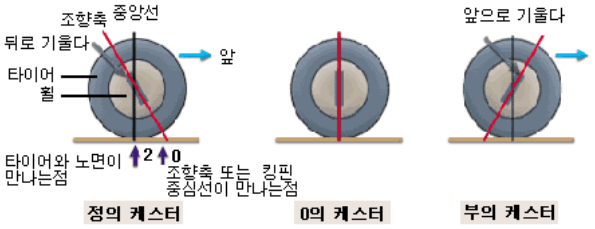

Fig2. Driving shape of the Caster

모든 4 륜 구동에서는 +캐스터 각을 주는데 이런 이유는 휠체어의 직진성을 높이고 방향전환(전,후,좌,우)을 할 때 복원력을 주기 위해서이다. 또한 휠체어의 회전시 쏠림 방지의 역할도 한다. 일반적으로 4 륜 구동에서 캐스터 각은 0.5 ° ~1.0 ° 정도를 유지하지만 장애인이 사용하는 휠체어의 캐스터 포크의 각은 0 ° ~3.0 ° 까지 다양하게 구분되어있다. 단 본 논문에서는 스포츠용 휠체어의 경우는 예외로 본다.

2.3 캐스터의 평형

캐스터의 지지하중이 언밸런스 부분에 있게되면 회전에 따른 원심력의 불균형으로 캐스터는 진동이 발생한다. 원심력은 회전속도의 제곱에 비례하기 때문에 빠른 속도로 회전을 하여도 평형을 유지하도록 되어야 한다.

캐스터의 평형은 정적평형(static balance)과 동적평형(dynamic balance)으로 구분되는데 그림 3 은 정적 밸런스를 나타낸 것으로 그림과 같이 A 부분이 무거운 경우는 캐스터의 중심선에 대하여 반대쪽의 림(lim)원주의 B 에 A 의 언 밸런스에 상당하는 밸런스 웨이트를 부착하여 정적 평형이 유지되도록 하여야 한다. 정적 밸런스가 유지되지 않으면 캐스터는 상하방향으로 진동하는 트램핑(tramping)현상이 발생한다.

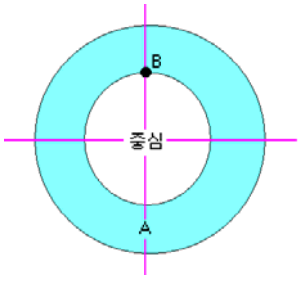

Fig 3. Caster Balance

정적평형의 경우는 세로방향의 진동이 발생하는데 비해서 동적평형은 가로방향에서 발생한다.

그림 4 에서 (a)의 바퀴는 정적인 평형상태에서 ① 및 ②의 개소에 무거운 부분이 형성되면 동적 언밸런스가 가로방향으로 진동하는 시미(Shimmy)현상이 발생하기 때문에 F ＊ a 의 토오크가 축 방향으로 작용한다.

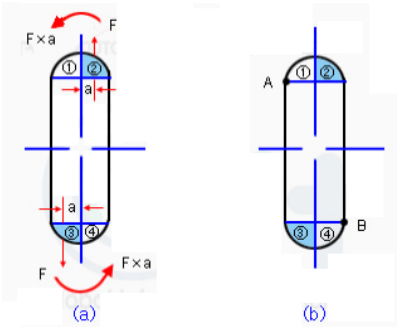

Fig 4. Caster Dynamic Balance

3. 시험고찰

캐스터의 각도변환에 따른 휠체어의 구동(주행성)을 평가하기 위해서는 당 연구소에서 보유하고 있는 휠체어 궤적 시험기를 이용하였다. 시험방법은 KS P 6113 에 준한 휠체어 궤적 및 구동시험방법을 적용하여 실시 하였다.

시험에 필요한 무게는 75kg 의 건강한 성인을 탑승시켜 시험을 실시하였다.

Fig5. The Driving test used by the trace of wheels

3.1 시험방법

시험에 사용한 휠체어는 현재 국내시장에서 유통되고 있는 수동 휠체어를 이용하였으며, 캐스터의 각도는 0~3.0 ° 까지 5 종류를 이용하여 구동 값을 측정하였다. 이때 시험의 정확성을 위해서 캐스터의 각도가 같은 휠체어를 4 회씩 측정하여 그 평균값을 계산하여 결과를 얻었다.

Fig6. Angle of the Caster Fork

3.2 시험결과

궤적 시험기를 이용하여 캐스터의 변환 각도에 따른 구동량의 결과를 다음과 같이 얻었다.

아래 표 1 에서 보는 것과 같이 캐스터포크의 각도가 0~1.0 ° 사이에 구동량의 값은 크게 나지 않는다. 그러나 캐스터 포크의 각도가 1.2 ° 부터 구동거리가 증가되기 시작하여 1.6 ° 에서는 급격히 증가되는 상태를 확인할 수 있으며, 2.0 ° 를 기점으로 그 이상의 각도에서는 구동거리와는 큰 영향이 없음을 알 수 있다. 따라서 현재 사용하고 있는 수동휠체어의 캐스터포크 각도는 1.2~2.0 ° 사이의 각도가 주행거리에 좋은 결과를 얻었다. 이는 캐스터 포크의 각도가 휠체어 구동시 주행에 미치는 영향이 매우 크다는 것을 알 수 있었다.

Table 1. Measurement of the Caster Fork Angle

캐스터 포크각도	구동거리(cm)				평균값 (cm)
	1 회	2 회	3 회	4 회	
0.0	310	309	312	310	**310**
0.5	310	313	313	312	**312**
1.0	313	314	314	313	**313**
1.2	330	335	340	342	**336**
1.6	410	411	415	419	**413**
2.0	480	495	490	499	**419**

4. 결론

수동휠체어의 경우 캐스터의 각도는 일반 4 륜구동의 캐스터보다 각이 큰 것이 일반적이다. 하지만 실제적으로 주행을 하는데 중요한 역할을 하는 캐스터 포크의 각도는 캐스터의 일반적인 각도와는 분명히 다르다. 우리가 이번 실험을 통해서 얻은 것은 캐스터의 각도의 중요성이 아니라 캐스터 포크의 각도에 따라 주행거리가 변하는 구동 량을 측정하였다.

지금까지의 시험내용을 정리하면 수동휠체어의 캐스터 포크의 각도는 1.2 ° 가 주행에 적당하다는 것을 알 수 있다. 물론 각도의 변환에 따라 모든 주행이 성능이 우수하다는 볼 수 없다. 이것은 휠체어마다 구조상 특징이 있지만 본 실험을 통한 결과치는 1.2~2.0 ° 사이의 각도가 가장 적합하다는 결론을 얻었다.

참고문헌

1. 손정현, 박성준, “전륜캠버각 변환기 조종안정성에 미치는 영향, 한국자동차 공학회지” pp970-972, 2009.
2. 성대운, 김진규, 정기섭 “전륜구동차량의 구동 토크영향에 관한연구. 한국자동차공학회” pp 1534-1539, 2009.
3. 한국공업규격” 수동의자차 KS P6113-2007, 주행 및 사행시험” pp 10-11
4. 한국표준협회 “전동의자차 KSP 6114-2001, 내리막 제동시험” pp11