

# 경주용 카트 조향장치의 기구 해석

장현탁\*

\*아주자동차대학

e-mail: wslong@motor.ac.kr

## A Kinematic Analysis of A Racing Kart Steering Mechanism

Hyun Tak Jang\*

\*Ajou Motor College

### 요 약

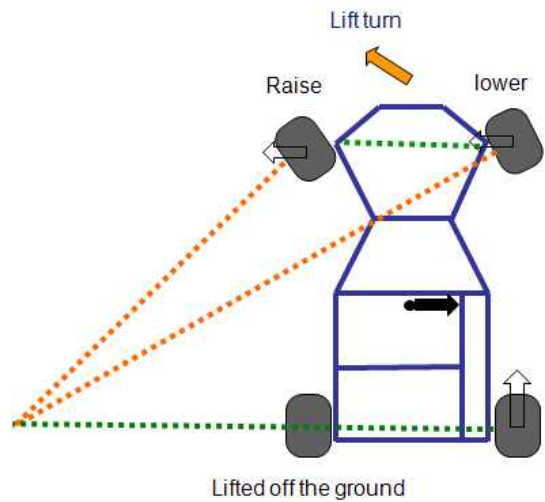
경주용 카트에 현가장치와 차동장치가 존재하지 않으므로 선회 시에 후륜 내측 바퀴가 들리도록 애커먼 조향 기구와 큰 킹핀 경사각, 캐스터로 설계되어 있다. 경주용 카트 드라이버는 고속으로 주행하고 빠르게 선회 시가 가능하도록 충분한 기능을 보유하도록 공학적인 해석이 필요하다. 이 논문에서는 조향기구의 설계 시 가장 중요한자인 애커먼 조향 기구를 평면에서 다양한 인자에 대하여 해석하였다.

### 1. 서론

2010년 전남 영암에서 F1 경기가 개최될 예정으로 국내 모터스포츠의 관심과 수준을 한 단계 끌어 올리는 역할이 될 것이다. 이에 따라 국내에서도 레이싱 드라이버의 육성에 관심이 급격히 높아져 체계적인 드라이빙 교육에 대한 요구가 급증하고 있다. 체계적인 드라이빙 교육에 기초가 되는 것이 카트이다. 드라이빙 기본기술을 배우는데 가장 적당한 카트는 구조적으로 F1의 운전 특성을 익히는데 유사성 때문에 경주 입문용으로 사용된다.

조향 기구의 기능은 기본적으로 카트의 진행 방향을 변경 시킬 목적으로 운전자가 조향입력을 가하면 좌우의 전륜을 일정한 조향각 만큼 회전시킨다. 카트가 선회 할 때 상식적으로 모든 바퀴는 동심원 상을 돌아야한다. 카트의 후륜은 조향되지 않으므로 완벽한 선회조건을 이루기 위해서 전륜 양바퀴의 회전중심이 후차축의 연장선 상의 한 점에서 일치해야 애커먼 기하학을 만족한다. 카트가 직진하고 있을 때 스티어링 너클 암(steering knuckle arm), 타이로드(tie rod), 그리고 앞차축이 함께 사다리꼴 조향기구 또는 애커먼 기구를 가진다. 카트는 미끄럼 없이 원활한 코너링에 요구되는 차동장치, 애커먼 조향장치, 독립형 현가장치 중에서 단지 애커먼 조향장치만을 가지고 있다. 그러나 현가장치, 차동장치가 없어도 코너링이 가능하다. [그림1]에서 보듯이, 코너링 시에 카트의 조향 휠을 돌리게 되면 사다리꼴 조

향기구와 스핀들에 설계된 킹핀 경사각(10°)과 캐스터(14°)때문에 왼쪽으로 코너링 하는 동안에 전륜 내측은 노면에서 상승하고 바깥측은 노면으로 하강한다. 이때에 카트의 원심력에 의해 바깥으로 하중이동으로 후륜 안쪽의 무게가 감소한다. 이 하중이동으로 후륜 내측 타이어가 지면에서 들어 올려 3륜으로 원활히 선회 된다.

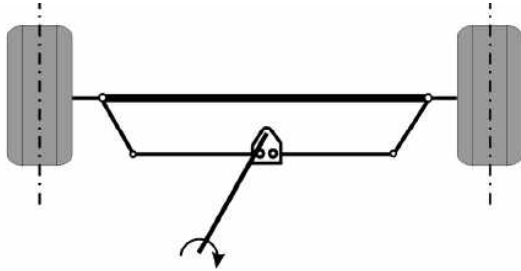


[그림1] 코너링 시 카트의 운동

본 논문에서는 카트의 조향기구 성능에 관련된 수정된 애커먼 기하학(Ackermann geometry), 바퀴의 들리는 양(Wheel Lift), 수직 하중(vertical load) 변화량 해석하고 제안한다.

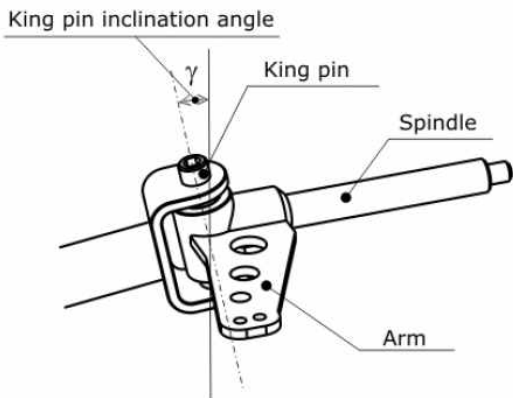
## 2. 경주용 카트 조향기구

카트의 사다리꼴 조향기구는 전통적인 사다리꼴 조향기구를 약간 변형한 형태이다. 좌우 바퀴는 독립적으로 조향작용을 한다. [그림3]에서 보듯이, 조향 휠과 축을 중심으로 타이로드는 2개로 분할되어 각각 볼 조인트로 연결되어 있다. 2개의 길이를 서로 같거나 다르게 분할할 수 있다. 토우(toe)는 각각의 양단에서 조정 할 수 있는 구조이다. 중앙에 조향 축과 조향 휠이 설치되어 있다. 카트의 스티어링 너클 암(steering knuckle arm), 타이로드(tie rod), 그리고 앞차축이 함께 사다리꼴 조향기구를 형성한다.



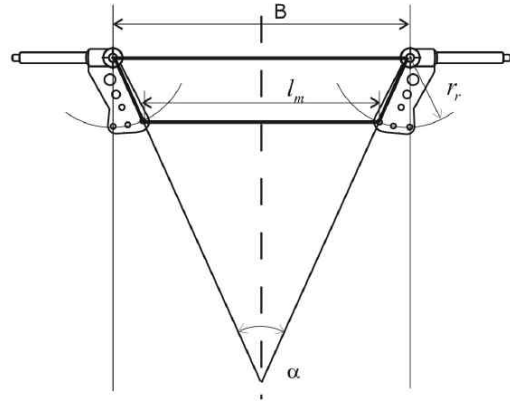
[그림2] Kinematic Schemes of Kart Steering wheel

카트의 새시 프레임은 원형 파이프를 사용하며 일체형 앞 차축을 대신하며 앞바퀴는 독립식이다. [그림 2]에서 보듯이, 카트 새시 프레임의 양끝 부분은  $\pi$  자 모양의 요크로 된 형식이며 이 요크에 조향 너클을 끼워지고 킹 핀은 조향 너클에 고정된다. 조향 너클은 앞바퀴의 허브가 설치되는 스피들(spindle) 부분과 사다리꼴 조향기구를 구성하는 암(arm) 부분으로 구성된다. 조향 너클은 킹핀 축을 중심으로 회전하면서 조향한다.



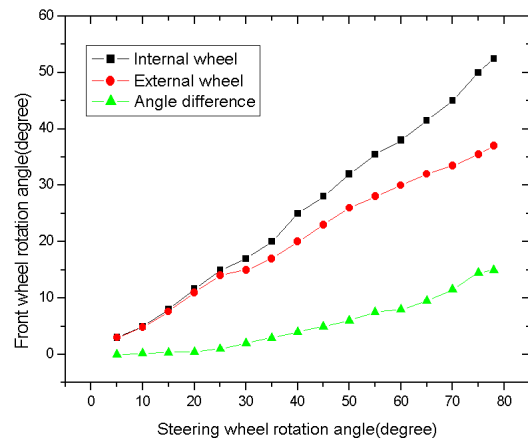
[그림3] Steering Knuckle of kart

조향 휠을 돌리면 조향 너클에 킹핀 각과 캐스터이 존재하므로 조향 휠에 비선형적 함수이다. 실제 사다리꼴 조향기구의 치수는 직선방향에서 너클 암의 길이와 각도에 의해서 결정된다. 너클 암의 길이는 짧게 또는 길게 조정이 가능하도록 설계되어 있다. 좌우 너클 암의 길이를 연장선의 교점이 에커먼 각도이다. 비렐(Birel) 카트의 경우, 앞바퀴 양쪽 조향 너클 사이 거리( $B$ )는  $680\text{mm}$ , 너클 암의 길이( $r_r$ )는  $105\text{mm}$  경우에 에커먼 각도는  $32^\circ$  이다.



[그림4] Ackermann angle in steering trapezoid

[그림 5]에서 비렐 카트의 에커먼 각의 이론적인 해석의 결과를 그래프로 보여 준다. 조향 휠 각도가 60도 까지 증가하면서 좌우 바퀴의 회전각도의 차이가 15도 까지 증가함을 알 수 있다.



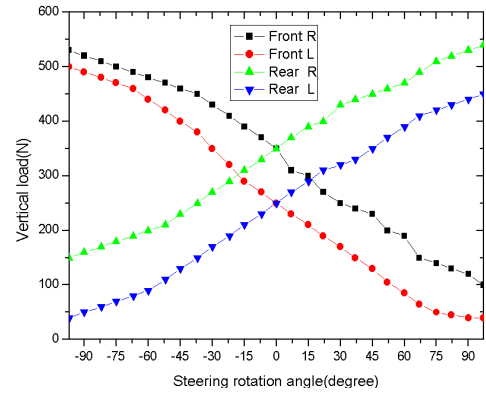
[그림5] Wheel turn angle for steering trapezoid

## 3. 경주용 카트 조향기구 해석

실제 경주용 카트를 각도계가 부착된 회전 테이블 위에 올려놓고 앞바퀴의 조향 각도를 측정하였다. [그림 6] 보듯이 조향 휠의 회전 각도가  $30^\circ$  이상에

서는 좌우 바퀴의 조향각의 차이가 이론적인 애커먼보다 크다는 것을 알 수 있다. 50° 조향 휠을 회전하였을 때 이론적인 애커먼은 5° 정도이지만 실제 카트에서는 8°이며 좌우 바퀴의 조향각도 차이는 2배 정도이다. [그림7]에서 직진 상태에서 좌우 방향으로 조향 휠을 돌렸을 때 좌우 앞바퀴의 지면으로부터 올라간 양을 보여준다. 조향 휠을 오른쪽으로 97도 돌렸을 때 오른 바퀴는 30mm 지면에서 떨어지고, 왼쪽 바퀴는 지면으로 6mm 내려간다.

[그림8]에서 보듯이, 조향 휠을 회전하면 전, 후륜 바퀴의 수직하중이 변한다. 전륜 좌 하중이 후륜 우 하중, 전륜 우 하중이 후륜 좌 하중으로 대각선 방향으로 하중이동을 알 수 있다.



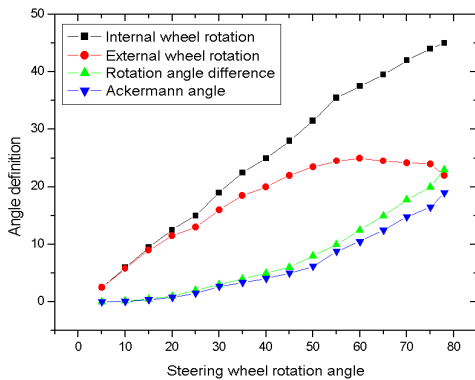
[그림8] vertical load of steering angle

#### 4. 결론

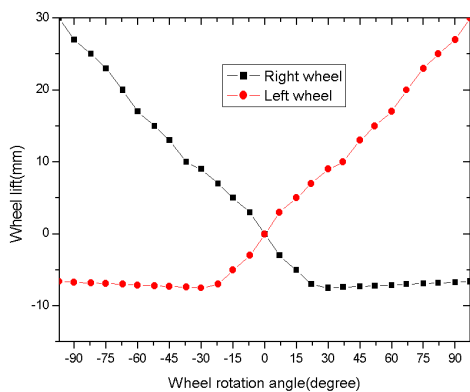
본 논문에서 이론적인 애커먼 조향 장치의 이론을 바탕으로 실제 카트의 변형된 사다리꼴 애커먼 조향 기구의 특성을 분석하였다. 이론적인 것보다 실제로 조향 휠을 30° 돌렸을 때 좌우 조향각도의 차이가 2배에 달하였고, 그때의 좌위 앞바퀴가 지면으로부터 상승, 하강하는 양을 알 수 있었다. 그리고 대각선 방향으로 하중 이동을 분석하였다.

#### 5. 참고문헌

- [1] 최동훈, "조향장치 오차를 최소화하기 위한 Rack-and-Pinion 조향기구 최적설계 프로그램 개발", 한국자동차공학회 1995년 춘계학술대회, 1995.
- [2] E. Vitale, "A Lumped Parameters Model for the Analysis of Kart Dynamics, 7th International Conference Florence ATA 2001, 2001.
- [3] Riccardo Baudille, "Load transfer evaluation in Competition Go-Kart", J. Vehicle Systems Modelling and Testing, Vol.2, No.3, pp208~226, 2007.
- [4] C. Ponzo, "Parametric Multi-Body Analysis of Kart Dynamics, 2004 FISITA



[그림6] wheel turn angle of Birel steering wheel



[그림7] Front wheel lift