

# 카트의 곡선주행 시 차체 종류에 따른 비틀림에 관한 연구 A Study on the Torsional Deformation according to the Body Type at Cornering of a Kart

\*최윤종<sup>1</sup>, 안종성<sup>2</sup>, #이준성<sup>3</sup>

\*Y. J. Choi<sup>1</sup>, J. S. Ahn<sup>2</sup>, #J. S. Lee(jslee1@kyonggi.ac.kr)<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(주)청한ETN, <sup>2</sup>경기대학교 대학원 기계공학과, <sup>3</sup>경기대학교 기계시스템공학과

Key words : Torsional deformation, Kart frame, Stress analysis

## 1. 서론

카트는 레저 스포츠를 위해 주행이 가능하도록 고안된 차량이며, 다른 차량에 비해 크기가 작고 합금강으로 이루어진 구조물이다. 이러한 카트는 제작 및 운영비가 저렴하고, 다른 레저 스포츠용 차량 및 동력기구와 비교하여 속도감, 환경친화성이 우수하여 미래형 지상 레저 동력기구로서 점차 부각되고 있다. 하지만 다른 레저 동력기구들처럼 안전성이 요구되어 지며, 경량화에 따른 구조물의 건전성 확보를 위하여 피로강도가 중요한 설계기준으로 고려되어야 한다.

김용호<sup>1</sup>는 카트가 곡선주행 시 하중이동으로 인해 차고가 변화되고 프레임의 주행모드가 변화되는데 차고 변화에 따른 카트의 동적주행특성을 분석하여 차체거동을 연구하였다. 그러나 선행 연구들은 주행 중 발생하는 비틀림 변형과 하중 이동 평가 시 속도 변화에 의한 효과를 고려하지 않았거나 해석 결과를 사용 목적과 재질에 무관하게 단순 적용한 연구이므로 궤적 주행 시 발생하는 동하중의 복합적 효과를 고려하는 데 한계가 있다고 할 수 있다.

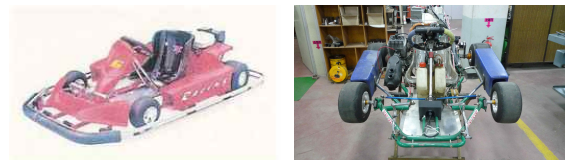
따라서 본 연구에서는 속도에 따른 주행 중 카트 프레임에 발생하는 하중 이동에 따른 비틀림 현상을 평가하고자 한다.

## 2. 카트의 종류 및 프레임

카트는 Fig. 1과 같이 크게 엔진과 새시장치 그리고 프레임으로 구성되어지며, 레저용 카트와 레이싱용 카트로 분류된다. 프레임은 Fe와 Mn으로 이루어졌으며, 특히 레이싱 카트용 프레임 파이프는 Si와 Cr을 포함한 구조물로서 정적강도 및 강성도에 대한 평가를 수행하였다. 이 중 프레임은 차체 자중 및 운전자 하중에 의한 정하중과 곡선주행, 제동 시 발생하는 동하중 등 진폭과 주파수가 변화하는 복합 피로하중을 받는 구조물이므로 이

를 피로강도 평가의 대상으로 선정하였다.

레저용 카트 프레임은 강도와 더불어 재질의 연신율을 높이는 Mn 합금을 사용하였으며, 레이싱용 카트 프레임은 경도와 탄성한계를 높이는 Si와 Cr 합금강으로 제작되었다. 각 재질의 기계적 성질은 Table 1에 나타내었으며 인장시험 결과와 하중효과를 이용하여 비틀림 피로한도를 계산하였다.



(a) Racing kart (b) Leisure kart

Fig. 1 Kart type

## 3. 측정과 분석

실동응력 측정에 앞서 장비만을 탑재한 공차상태와 승차상태에 대한 하중을 측정하였다. 이 때, 레저용 차체의 중량은 각각 102kg, 161kg, 레이싱용 차체의 중량은 각각 112kg, 167kg이다.

카트 프레임의 비틀림 측정을 위하여 동일한 카트를 이용, 주행속도를 변화시키며 프레임의 비틀림을 측정하였다. 측정 장소의 제약으로 인해 카트의 최고 주행속도는 50km/h 정도로 제한하여 다양한 속도에서 곡선주행을 실시, 비틀림 변형을 측정하였다. 주행 중 곡선구간에서는 정속주행을 원칙으로 하였다.

실동응력 측정 시 노이즈에 의한 영향을 제거하기 위하여 보정(calibration)을 수행했으며 다음과 같은 절차에 의해 분석을 한다.

(1) 1-lap 주행 시 GPS 궤적과 조향각의 변화와 시간을 기준으로 전체 주행로 및 특정 지점에서의 프레임 비틀림 변형을 분석

(2) 시간에 따른 곡선구간의 비틀림 변화를 분석

(3) 주행속도에 따른 곡선구간의 비틀림 변화를

분석

Fig. 2의 (a)는 레이싱카트로서 곡선주행 시 상대적으로 레저카트보다 비틀림 응력의 크기가 크고 변화량도 크게 나타나고 있다.

(b)는 주행 시 두 카트의 프레임에 작용하는 비틀림 응력을 동시에 나타낸 것으로 레이싱카트가 레저카트보다 약 2배 이상 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 굵은 실선으로 표시된 부분은 특정속도에서 두 카트 프레임의 최대 비틀림 응력을 나타낸 것이다.

4. 카트 프레임의 피로강도 평가

일정한 재료는 내구한도 또는 피로한도  $S_e$ 를 갖는데, 그 응력 이하에서는 재료가 무한수명을 갖는다. 비틀림과 회전굽힘 상태의 피로한도비는 0.5-0.6의 범위에 있다. 이론치인 0.577은 Von Mises 파괴기준으로 설명되어 왔다. 합리적인 평가는 다음과 같다.

$$S_{e(torsion)} = 0.577 S_{e(bending)} \quad (1)$$

이와 같은 하중효과를 적용하여 비틀림이 작용하는 카트프레임 강의 비틀림 피로한도를 구할 수 있다. 인장시험 결과와 하중효과를 이용하여 비틀림 피로한도를 Table 3과 같이 계산하였다. 부재의 비틀림 피로한도  $\tau_e$ 와 측정된 비틀림 한도  $\tau$ 의 비를 비틀림 피로한도계수  $K$ 로 정의하며,  $K \leq 1$ 일 경우 실제 작용하는 비틀림 응력은 부재의 비틀림 내구한도보다 작은 범위에서 발생하며 이는 부재의 피로에 의한 변형 및 손상에 영향을 미치지 않으며 무한수명을 가질 것으로 예상된다.

5. 피로강도 평가결과

Table 4는 40km/h의 속도로 주행 시 측정된 비틀림 작용응력과 비틀림 피로한도와 피로한도계수  $K$ 를 나타낸다. 속도별 비틀림 피로한도계수  $K$ 의 경향을 나타냈으며, 속도에 따라 증가하는 경향을 보였다.

Table 1 Mechanical properties of materials

Material	Yield Strength (MPa)	Ultimate Strength (MPa)	Elongation (%)
Steel	431.3	447.2	6.4
Leisure kart	471.9	558.0	27.0
Racing kart	598.9	754.0	13.1

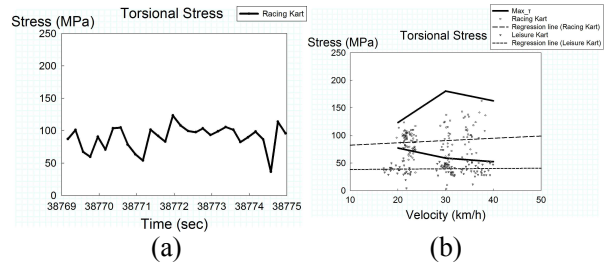


Fig. 2 Torsional stress in the curve section

Table 3 Fatigue limit for the both Frames

MPa	$S_u$	$S_e$ (axial)	$S_e$ (bending)	$\tau_e$ (torsion)
Leisure kart	558	279	398.57	229.97
Racing kart	97.37	1.04	0.48	1.15

Table 4 Stress-based fatigue limit evaluation results(40km/h)

(a) Leisure kart

$\tau_e$ (torsion)	229.97			
Section	1	2	3	4
$\tau$	52.391	68.138	58.172	59.169
$K$	0.235	0.306	0.261	0.265

(b) Racing kart

$\tau_e$ (torsion)	310.75			
Section	1	2	3	4
$\tau$	162.774	193.492	206.928	202.449
$K$	0.524	0.623	0.666	0.651

6. 결론

본 연구에서는 곡선주행 시 측정된 실동응력을 바탕으로 피로강도평가를 실시한 결과 카트의 프레임에 작용하는 비틀림 응력의 크기가 프레임과 주행속도에 따라 변화하고 있음을 확인하였다. 레저카트와 레이싱카트 모두 정상적인 궤적주행 시 비틀림 내구한도보다 작은 크기의 비틀림 응력이 작용하고 있으므로 피로에 의한 소성변형이 발생하지 않음을 예측하였다.

참고문헌 [생략]