

토션 바의 런 아웃에 따른 토크 변화 분석

채유진*, 이형욱(교신저자)**, 이승호***

*한국교통대학교 자동차공학과 학사과정

**한국교통대학교 자동차공학과

***(주)태진정공

e-mail: cyj253@ut.ac.kr, hwlee@ut.ac.kr, shlee@tjp.kr

Analysis of Torque Changes according to Run Out of Torsion Bar

Yujin Chae*, Hyoungwook Lee**, Seung-ho Lee***

*Undergraduate School of Automotive Engineering, Korea National University of Transportation

**Dept. Automotive Engineering, Korea National University of Transportation

***Development Team, Taejin Precision Inc.

요약

R-EPS 방식에서는 조작감 향상을 위해 토크 측정이 중요하나, 토션 바가 피니언과 인풋 샤프트에 압입 되는 과정에서 발생하는 토션 바의 런 아웃으로 인해 측정이 정확하지 않을 수 있다는 문제점이 있다. 본 연구에서는 문제점을 해결하기 위해 실제 제품의 비틀림 실험과 유한요소해석을 통해 압입과정에서 발생하는 토션 바의 런 아웃의 한계를 설정하고자 했다. 비틀림 실험과 유한요소해석 결과를 봤을 때 0.8mm 런 아웃까지 대부분 목표 토크 값을 만족하므로 0.8mm 런 아웃까지는 토크 측정 시 문제없을 것으로 생각된다. 그러나 실험에서 목표 토크 값을 벗어나는 일부의 데이터를 확인할 수 있었고 이를 통해 런 아웃 이외에도 토크 값에 영향을 주는 다른 요인이 있다고 판단하였다. 따라서 이 부분에 관해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

1. 서론

전자제어 동력 조향장치(EPS) 중, R-EPS 방식은 랙 기어 쪽에 모터를 장착하는 구조로 동력전달의 안정성 때문에 많은 모델에 사용되고 있다[1]. 개발하고자 하는 제품인 IPA(Input Pinion Ass'y)는 핸들로부터 조향력을 입력받아 랙바의 기어부로 동력을 전달하는 장치로 R-EPS 품질의 핵심적인 역할을 하는 부품이다. R-EPS 방식에서는 조작감 향상을 위해 토크 측정이 중요하다. 핸들 조작 시 모터에 의해 발생하는 토션 바와 인풋 샤프트의 비틀림을 검출하여 토크를 측정할 수 있다. 그러나 토션 바를 피니언과 인풋 샤프트에 압입하는 과정에서 토션 바에 런 아웃이 발생한다.

기존에 사용하던 Dowel Pin 방식은 토션 바의 한쪽만 세레이션 가공하여 압입하기 때문에 물리를 이용한 회전-굽힘 교정방식으로 런 아웃 교정이 가능했다. 하지만 이와 달리 양단 압입형 IPA 모델은 토션 바의 양쪽 모두 세레이션 가공 후, 압입과정을 거치기 때문에 두 번째 압입공정을 통하여 인풋 샤프트에 압입된 후에는 토션 바의 런 아웃 교정이 불가능하다. 압입과정에서 발생하는 과도한 런 아웃은 비틀림 각도와

토크 관계의 정확도 면에서 좋지 않다는 문제점이 있다. 따라서 압입과정에서 토션 바의 런 아웃 한계를 설정할 필요가 있다.

본 연구에서는 실제 제품의 비틀림 실험과 유한요소해석을 통해 일정 각도만큼 회전시켰을 때, 런 아웃에 따른 토크 변화를 확인하고 목표 토크 값을 기준으로 토션 바의 런 아웃 한계를 설정하고자 하였다.

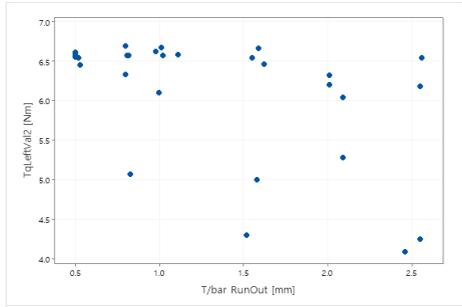
2. 실험 및 해석

2.1 비틀림 실험

런 아웃에 대한 토크를 확인하기 위하여 기존의 Dowel Pin 방식의 토션 바에서 런 아웃을 발생시킨 뒤 실험을 수행하였다. 그림 1은 다양한 수치의 런 아웃을 발생시킨 뒤 기준각도에서 비틀림 토크를 측정한 데이터이다.

그림 1에서 측정 데이터는 런 아웃에도 불구하고 목표 토크 값 기준으로(6.46 ~ 7.40N·m) 많은 데이터가 스펙을 만족하고 있다. 결과적으로 토크가 항상 목표에 벗어나는 것이 아니기 때문에 런 아웃 이외에도 다른 요인이 있는 것으로

생각된다. 하지만 0.5mm 정도의 런 아웃에서는 목표 토크 값을 모두 만족하는 것을 알 수 있다. 0.8mm 정도의 런 아웃에서도 0.83mm인 경우를 제외하면 나머지 4가지 경우는 목표 토크에서 크게 벗어나지 않는다.



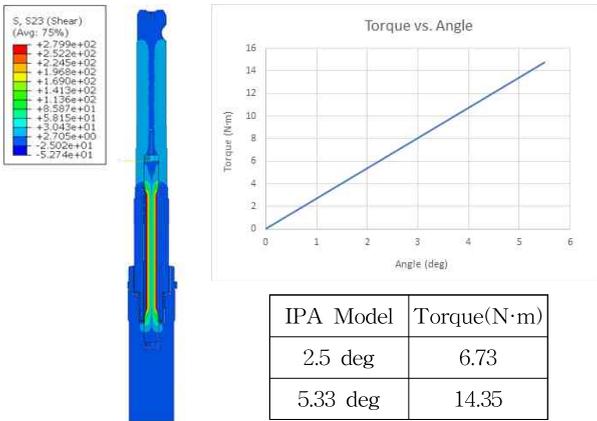
[그림 1] 비틀림 실험의 런 아웃에 따른 토크 변화

2.2 유한요소해석

유한요소해석을 통해서 런 아웃 양에 따른 비틀림 해석을 수행하여 토크의 변화를 확인하였다. 여기서는 양단 압입형을 기준으로 해석을 수행하였다. 두 모델은 비틀림 시험에 대한 해석모델상으로는 크게 차이가 없는 것으로 판단하였다.

2.2.1 비틀림 각도와 토크 관계

정확한 비틀림 각도와 토크의 관계를 확인하기 위해 런 아웃이 발생하지 않았을 때의 비틀림 해석을 수행하였다. 이때, 최대 5.33° 까지 회전하도록 설정하였다.



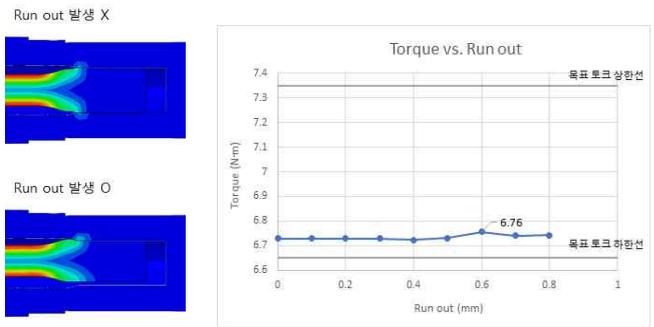
[그림 2] IPA에 걸리는 전단응력 분포와 비틀림 각도 관계

그림 2는 비틀림 시 IPA의 전단응력 분포를 도시한 그림이다. 거의 모든 응력이 내부 토션 바에만 걸리는 것을 확인할 수 있고, 비틀림에 의한 응력계산(294.2MPa)과 거의 같음을 알 수 있다. 비틀림 각도와 토크는 비례 관계인 것을 확인하였다. 또한 지정 각도인 2.5° 와 최대 각도인 5.33° 의 토크 값을 확인하였으며 지정 각도에서의 토크 값이 6.73 N·m

로 목표 토크 값(6.65 ~ 7.35 N·m)을 만족하였다.

2.2.2 런 아웃에 따른 토크 변화

압입과정에서 과도하게 런 아웃이 발생했다고 가정했을 때, 토크 변화를 확인해보고자 토션 바의 런 아웃을 0.8mm까지 0.1mm 간격으로 설정하여 해석을 수행하였다. 지정 각도인 2.5° 만큼 회전했을 때, 런 아웃에 따른 토크 변화를 확인하였다. 그 결과, 런 아웃에 따른 토크 변화는 거의 없었다. 0.6mm 런 아웃일 때 토크 값이 6.76 N·m로 가장 높게 나타났으며 0.8mm까지 목표 토크 값(6.65 ~ 7.35 N·m)을 모두 만족하였다. 런 아웃이 발생하지 않았을 때와 가장 높은 토크 값을 가진 0.6mm 런 아웃이 약 0.4% 비율로 나타났다.



[그림 3] 런 아웃 현상 유무에 따른 응력분포 및 토크 변화 선도

3. 결론

비틀림 실험 결과, 0.8mm 정도의 런 아웃까지 1가지의 경우를 제외하고 모두 목표 토크 값을 만족하였다. 또한 유한요소해석을 통해 0.8mm 런 아웃까지 해석한 결과, 모두 목표 토크 값을 만족하였다. 따라서 0.8mm 런 아웃까지 대부분 목표 토크 값을 만족하므로 0.8mm 런 아웃까지는 토크 측정 시 문제없을 것으로 생각된다. 그러나 실험에서 목표 토크 값을 벗어나는 일부의 데이터를 확인할 수 있었고 이를 통해 런 아웃 이외에도 토크 값에 영향을 주는 다른 요인이 있다고 판단하였다. 따라서 이 부분에 관해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

후 기

본 연구는 중소벤처기업부에서 지원하는 지역주력산업육성사업(S3267964)의 지원을 받았습니다.

참고문헌

[1] 이태영 외 2인, “48V 시스템 R-EPS의 정차 조향 성능에 대한 실험적 연구”, 2017 한국자동차공학회 춘계학술대회, pp. 309-312, 2017.