

고하중용 TR가이드 레일의 체결조건에 따른 압입방식의 영향

Effect of fixing method on different connection types of TR guide

*배윤경¹, #주정우¹, 김상열¹, 이택원²

*Y. K. Bae¹, #J. W. Joo(jwjoo@wm.ktl.re.kr)¹, S. Y. Kim¹, T. W. Lee²

¹ 한국산업기술시험원 산업표준본부, ²(주)윈에스티

Key words : TR guide, Finite element method, Fixing method, Profile block, Shaft

1. 서론

TR가이드는 10 m/s 이상의 고속 정밀 직선운동이 가능한 시스템으로서 Gantry Robot System 등에 사용되어 자동화, 로봇산업 및 FA산업등의 장비의 대형화 추세에 의하여 그 수요가 증가하고 있는 기계요소이다. 기존 많이 사용되고 있는 LM가이드에 비하여 고속주행이 가능하고 로울러 베어링의 사용으로 저소음의 장점을 가질 수 있는 시스템이다. 트랙롤러 가이드는 알루미늄 프로파일에 열처리 및 정밀 연삭된 샤프트가 삽입된 가이드 레일과 이 가이드 레일을 따라 직선운동하는 롤러 유니트로 구성되어 있는 직선운동 베어링이다. 롤러 유니트가 샤프트를 따라 직선 왕복운동하는 구조로 인하여 샤프트의 크기에 따라 사용용량이 결정되게 되는데 고하중용 샤프트와 가이드 레일을 체결할 경우, 반복왕복운동에 의하여 프로파일 블록으로부터 샤프트의 체결부위가 느슨해져 샤프트의 이탈현상이 발생할 수 있으며, 주행정밀도의 저하로 인하여 시스템 성능에 영향을 끼칠 수 있다.[1] 따라서 샤프트의 궤도이탈을 방지하기 위하여 가능한 큰 전하중을 가하는 것이 필요하나 이에 의한 운동궤적의 변형을 고려하여 적절한 압입방식을 선택하는 것이 중요하다.

현재 샤프트의 크기가 $\varnothing 10$ 이하의 소용량 TR가이드가 대부분 사용되고 있으며, 그 이상의 고하중용 TR 가이드는 압입정밀도 확보에 대한 우려와 생산성 문제로 상용화에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 샤프트의 크기 증가는 압입부분의 면적 증가 및 압입용량의 증가와 직접적으로 연결되어 이로 인하여 공정상의 시스템 정밀도를 확보가 어렵게 된다. 또한 압입용량의 증가는 프로파일 블록의 변형을 유발할 수 있어, 가이드 레일 전체의 주행 정밀도에 영향을 주게 되며, 고하중 적용에 의한 제품의 신뢰성 및 성능평가에 어려움이 있다.[2] 따라서 본 연구에서는 고하중 TR가이드 프로파일 블록의 구조적 형태에 따른 샤프트의 체결시 압입방식에 의한 롤러 유니트와 샤프트간의 주행정밀도에 미치는 영향을 FEM해석을 통하여 평가하고자 한다.

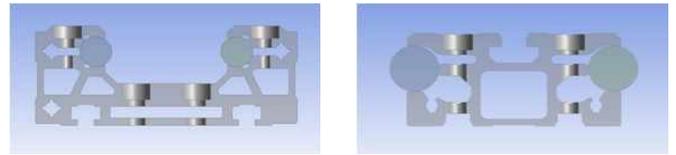
2. 본론

2.1 연구방법

본 연구에서는 트랙롤러 가이드의 왕복운동을 지지하는 프로파일 블록의 고하중 적용을 위하여 $\varnothing 16$, $\varnothing 20$ 의 샤프트를 적용한 TR가이드에 대하여 프로파일 블록의 압입방식에 따른 주행정밀도와 내구성에 영향을 주는 변위 분포를 확인하고자 하였다.[3] Fig. 1과 같이 프로파일 블록과 샤프트의 결합위치에 따라 내측과 외측결합으로 나누어 변위분포를 구하였고, 프로파일 블록의 샤프트를 중심으로 롤러 사이의 선 접촉을 이루는 접촉결합부의 접촉각에 따른 운동궤적의 변형정도를 분석하였다. Fig. 2는 운동궤적을 구성하는 샤프트와 롤러의 접촉각을 나타낸 것이다. 이를 위하여 (주) 윈에스티에서 제시한 모델에 대하여 유한요소해석을 수행하였으며, 모델링과 해석결과의 처리를 위하여 FEM 상용프로그램인 ANSYS 11.0을 사용하였다.

2.2 유한요소해석 적용

트랙롤러 가이드의 제작시 압입방식에 따른 레일의 변형을



(a) inside type

(b) outside type

Fig. 1 Schematic drawing showing two different types of TR Guide according to shaft position.

평가하기 위하여 Press 방식, Bolt 방식, Press와 Bolt를 동시 적용한 방식으로 나누었다. 샤프트와 프로파일 블록과의 안정적인 체결하기 위한 압입롤러의 하중은 프로파일 블록의 항복점 이상되어야 하나 체결방식에 따른 하중 적용시 변형의 차이는 미미한 수준이며 탄성영역의 동일한 조건으로 가정하여 수행하였다. 하중조건은 수직방향으로 90MPa를 가해주었고 프로파일 블록에 사용되는 볼트에 의한 체결력은 ISO 898의 국제규격에 따라 볼트 체결 권장값을 사용하여 M 6의 체결토크값으로부터 나사를 질 때 발생하는 축하중을 구하여 약 27100N을 프로파일 블록에 수직으로 적용하였다.[4] 형태별 체결방식에 따른 변형량 분포를 정확하게 파악하기 위하여 샤프트와 프로파일 블록 결합되는 부분의 메쉬를 조밀하게 수행하였다. 서로 다른 형상을 가진 프로파일 블록은 고정볼트 사용면의 대하여 어떠한 방향으로도 변위가 발생하지 않도록 x, y, z 세 방향으로 구속하여 레일의 변화량은 없는 것으로 가정하였고, Contact 요소는 결합부위에서 샤프트의 Tangential 방향으로 슬라이딩이 가능하도록 No Separation을 사용하였다. 본 연구에서 사용된 물성치 값은 Table 1과 같다.



Fig. 2 Schematic drawing showing angle of contact on the shaft

Table 1 Material Properties

Parts	Materials	Elastic(GPa)	Poisson's ratio
Profile Block	A6063	68.9	0.34
Shaft	SUJ2	208	0.35

3. 해석결과

프로파일 블록과 샤프트의 체결방식은 Bolt 압입과 Press 압입, Bolt와 Press 동시적용한 압입방식으로 나누어 분석하였다. 고하중용 TR가이드는 압입면적과 볼트 체결면적이 넓어지게 되어 변형량이 커질 수 있으므로 유한요소해석을 통하여 샤프트 결합방식별 변위분포를 파악하였다. 우선 $\varnothing 16$, $\varnothing 20$ 샤프트를 적용한 모델에 대하여 샤프트의 결합위치에 따라 Inside type, Outside type으로 나누고 각각 Press 방식, Bolt 방식, Press와 Bolt 동시 적용한 압입방식에 따라 해석을 통하여 변형량을 비교하였다. Fig. 3은 샤프트 결합형태에 따른 모델에 대하여 3가지 압입방식에 따른 변위분포를 나타낸 것이다.

Inside type의 경우는 모든 압입방식에 대하여 Out side type에 비하여 높은 변형량을 발생시켰다. 특히 Press 압입 방향에 대하여 지지부가 취약한 형태이므로 롤러 운동궤적의 바깥 방향으로 변형이 크게 발생함을 알 수 있다. 이에 반해 Bolt 방식은 전하중이 수직으로 작용함에 따라 상대적으로 변형량이 작게 나타났다. 변형부위는 프로파일 블록의 샤프트 결합부위 끝단에서 가장 크게 나타났으며 점차적으로 샤프트 결합부위 반대편 프로파일 블록 방향과 볼트 체결되는 블록 주변을 중심으로 발생하였다.

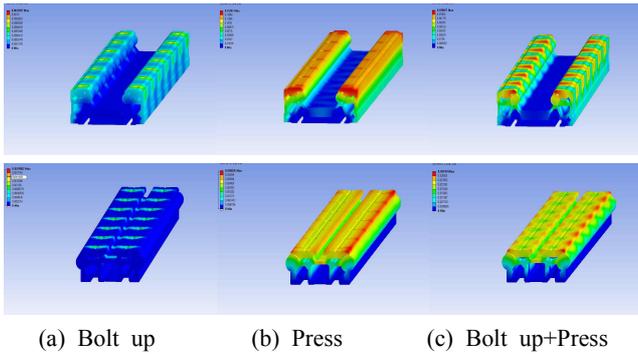


Fig. 3 Deformation distribution for two types of Ø20 models

Fig. 4는 압입방식에 대한 샤프트와 롤러의 선접촉부의 접촉각에 따른 변형량을 나타낸 것이다. Inside type은 접촉각이 증가함에 따라 Press 방식에서 변형량이 크게 증가하였고, 반면 Press와 Bolt 적용방식은 상대적으로 완만한 증가 추세의 경향을 나타냈다. Outside type의 경우 Press방식과 Press와 Bolt 동시 적용방식 모두 접촉각의 증가에 따라 비슷한 값으로 상승하였다. 이는 Inside type에서 Bolt의 체결력이 샤프트 결합과 동시에 Press에 의해 발생하는 변위를 고정시켜 주는 역할을 하는 반면, Outside type에서는 형상 특징에 의하여 Bolt 체결력에 비하여 Press의 압입력의 영향이 지대하다고 판단할 수 있다. 그러므로 샤프트와 프로파일 블록 사이의 접촉각은 0도를 기준으로 대칭각을 이루며 운동하게 되므로 0도 이상의 구간에서 접촉각이 작을수록 압입정밀도에 효과적 일 것으로 판단된다.

Fig. 5는 Ø16, Ø20의 샤프트를 적용한 모델에 대한 압입방식에 따른 변형량을 나타낸 것이다. Outside type에서는 Press 방식에 의하여 프로파일 블록의 샤프트 결합부위에서 변형량이 가장 크게 나타났으며, Bolt 방식 적용시 Inside type과 동일하게 상대적으로 미세한 변형이 나타났다. Outside type 에서 Press와 Bolt 압입 동시적용시 Press 방식에 비하여 변형량이 미세하게 줄었을 뿐 큰 차이가 없는 것으로 보아 변형량의 대부분이 Press 압입에 의하여 발생한 것으로 짐작 할 수 있다. 이는 Bolt 압입방식이 프로파일 블록과 샤프트 결합부위의 변형에 대하여 상대적으로 효과적이라고 판단할 수 있다. 반면 Inside type에서는 Press 압입방식에 비하여 Press와 Bolt 동시압입 방식에서 각각 50%, 30% 정도 변형량이 감소하였다. Inside type의 경우 샤프트가 블록 안쪽으로 체결되는 형상으로 Press 압입 하중에 지지면이 적어 취약한 구조의 영향으로 판단된다. 타입별 비교시 Press 압입의 경우 Ø16, Ø20의 모델에 대하여 Inside type이 0.15, 0.11 μm , Outside type은 각각 0.03 μm 로 약 최대 5배 수준의 변형이 발생하였고 Press 및 Bolt 압입의 경우에는 Outside type이 약 1/2 수준으로 효과적으로 나타났다. 또한 Bolt 압입방식이 모든 타입에서 Press 압입을 적용한 방식에 비하여 무시할 만한 수준의 작은 변형량값을 나타내 전하중에 의한 압입정밀도에 효과적으로 판단되었다.

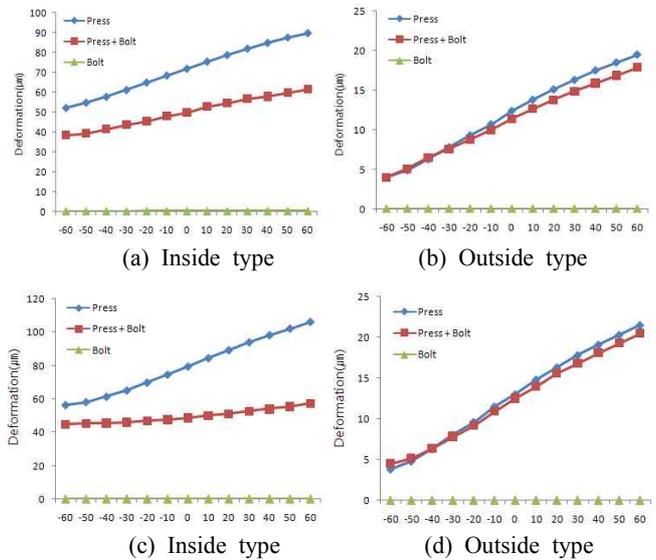


Fig. 4 Schematic drawing showing relationship between deformation and angle of contact for two types of Ø16 model((a),(b)) and Ø20 model((c),(d))

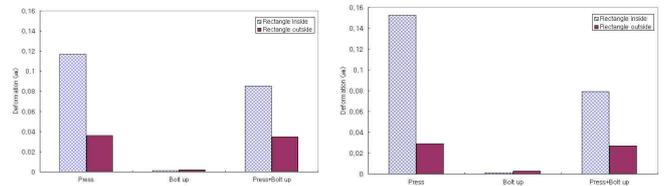


Fig. 5 Schematic drawing showing relationship between deformation and fixing method for two types of Ø16 and Ø20 models

3. 결론

고하중 적용을 위한 TR가이드의 샤프트 체결에 있어 모든 type에 대하여 Bolt 압입방식이 가장 효과적인 변위분포를 보였다. Press 압입방식의 경우 Inside type에서 Bolt 압입을 겸용함으로써 변형량을 줄일 수 있지만 Bolt 압입방식에 비하여 그 효과는 크지 못하며, Outside type에서는 거의 효과가 없었다. Press와 Bolt를 적용한 압입방식은 Outside type에서 접촉각이 증가함에 따라 Press 방식과 거의 비슷한 경향을 보였지만 Inside type에서는 Press 방식에 비해 변형 상승폭이 크지 않아 샤프트 체결에 의한 변형에 유리한 것으로 나타났다. 또한 Bolt 압입방식에서 샤프트상의 운동궤적의 변형을 거의 발생시키지 않으므로 주행정밀도를 높이고 샤프트의 이탈현상을 감소시키는데 효과적일 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 지식경제부 부품소재전문기업 기술지원사업 (200904-51)의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. K.Yoshida and S.Tuihiji, Multiple drawing of rails for linear motion guide, Proc. the 7th ICTP, Yokohama(2002), 367-372
2. Shino Yabe, 'Development of NSK Linear Guides', NSK Technical Journal Motion & Control No.5, 9-18, 1998.
3. WonST Co.Ltd , TR Guide Catalog .
4. "ISO 1472-2 Rolling bearings. Linear motion rolling bearings. Part 2 Static load ratings"