

간섭계를 이용한 링레이저 자이로스코프의 플렉서 오차 측정

Interferometric Measurement of Flexure Error in a Ring Laser Gyroscope

김정주, 이동찬*, 이재철*, 조민식**, 권용율**
 대우종합기계, *고등기술 연구원, **국방과학 연구소
 arang@iae.re.kr

링레이저 자이로스코프(Ring Laser Gyroscope-이하 RLG)는 비행기, 유도무기, 선박, 지상무기 등의 관성항법장치(Inertial Navigation System)에 사용되는 가속도 센서로서 항체의 위치와 자세 정보를 제공하는 핵심 구성품 중의 하나이다.⁽¹⁾ 가속도 검출 원리는 삼각형 또는 사각형의 공진기에 He과 Ne을 혼합한 이득매질을 사용하여 서로 반대방향으로 회전하는 두 개의 레이저 빔을 발생시켜서 Sagnac 효과에 의해 외부의 회전 입력을 받을 때 서로 다른 광 경로의 차이로 인한 두 빔의 간섭으로 회전각을 검출한다.⁽²⁾ RLG는 모노블록 조립체 형태의 공진기, 전기적인 에너지를 가해 주기 위한 전극, Lock-in을 제어하기 위한 dither, case 그리고 회전각을 검출하기 위한 신호처리 회로, 고전압 방전회로, 공진기 길이 제어회로 등의 전자모듈로 구성되며, 가속도 감지 축은 빔 경로를 형성하는 평면에 수직한 방향이다. RLG가 감지 축에 수직한 방향으로 가속도 입력을 받는 경우 모노블록 조립체가 관성력에 의하여 아주 미세한 각도로 기울게 됨으로써 외부의 입력 가속도 검출시 오차가 발생하게 되는데 이 오차를 플렉서 오차(Flexure Error)라 하며 보통 0.2~0.5 arc-sec/g의 값을 갖는 것으로 알려져 있다. 아주 높은 정밀도의 위치오차를 요구하는 관성항법장치의 경우 플렉서 오차가 항법 오차에 큰 영향을 미치기 때문에 RLG의 중요한 설계 인자 중 하나로 취급된다.⁽³⁾ 플렉서 오차를 측정하기 위해서 회전 테이블 위에 RLG를 놓고 원심 가속도에 의한 RLG 출력 신호로 평가할 수도 있으나 이 경우 측정 잡음과 RLG 자체의 또 다른 가속도 기인 오차가 함께 검출이 되기 때문에 정확한 플렉서 오차를 측정하기가 어렵다.

본 논문에서는 RLG의 출력 신호를 이용하지 않고 모노블록 조립체에 하중을 직접 가하여 그 처짐각을 피조 간섭계(Fizeau Interferometer)를 이용하여 측정하는 방법을 고안하였고, 유한요소 해석에 의한 결과와 비교하여 간섭계를 이용한 측정 방법의 타당성을 검토하였다. 그림 1(a)에서 보는 바와 같이 RLG가 가속도 a 로 움직이고 있을 때 모노블록 조립체는 처짐각 θ 만큼 기울게 되고, 이는 그림 1(b)에서처럼 베이스를 고정 시키고 모노블록 조립체의 무게 중심에 $W = ma$ 의 하중을 가해도 같은 크기의 θ 를 얻을 수 있다. 이 때 플렉서 오차는

$$C_f = \frac{\theta}{a} = \frac{\theta_m - \theta_f}{mg} \tag{1}$$

가 된다. 여기서 m 은 모노블록 조립체의 질량, g 는 중력가속도, θ_m 은 모노블록 조립체의 작용 하중에

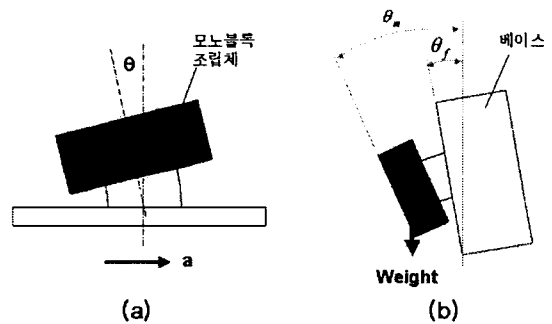


그림 1 플렉서 오차 측정 원리

의한 처짐각, θ_f 는 베이스의 작용 하중에 의한 처짐각이다. RLG 구조에서 플렉서 오차는 디더 구동부와 이를 지지하는 디더 지지부 및 케이스의 구조적인 강성과 마운팅 방법에 의해서 대부분 결정이 된다. 여기서는 두 가지 모델의 디더 구동부와 지지부에 대해서 측정을 하고 비교 검토 하였다. θ_m 과 θ_f 의 측정은 4가지 Weight로 하중을 가하여 각각 6회 반복 측정을 한 후 이를 1차식으로 Curve Fitting 하여 계수를 구한다. 이 때 구해진 계수는 단위 하중에 의한 처짐각으로 표현이 되고 이 값에 모노블록 조립체의 무게를 곱하면 플렉서 오차가 된다. 그림 2는 ZYGO사의 GPI-XPBR 모델의 간섭계로 측정했을 때의 출력화면이고, 그림 3에서 5까지는 두 모델의 θ_m -Weight 선도와 베이스의 θ_f -Weight 선도이다.

측정된 플렉서 오차의 평균값은 각각 0.71과 0.23 arc-sec/g이고 표준 편차는 0.06과 0.04 arc-sec/g 이다 이는 유한요소 해석에 의한 결과와 잘 일치하고 있다.

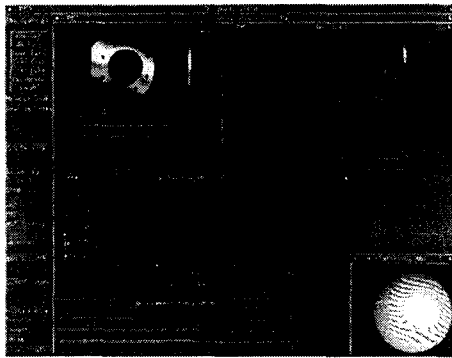


그림 2 간섭계 출력 화면

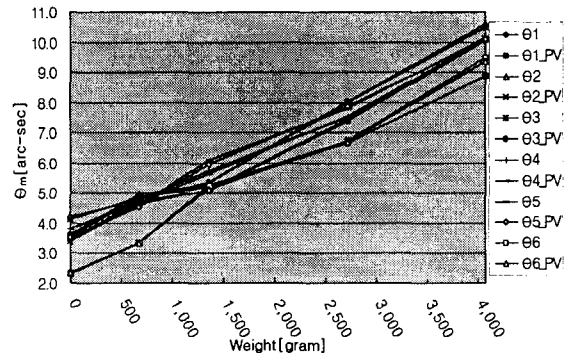


그림 3 모델 1의 θ_m -Weight 선도

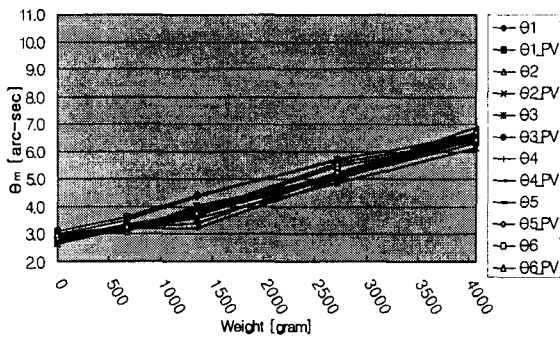


그림 4 모델 2의 θ_m -Weight 선도

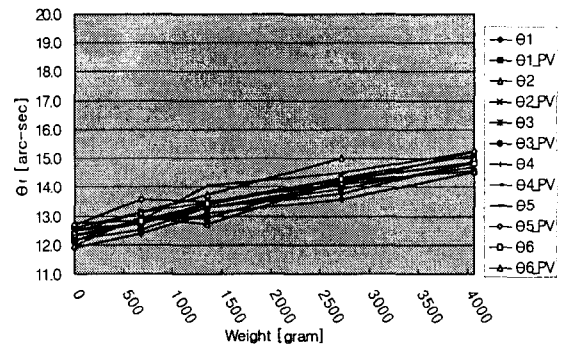


그림 5 베이스의 θ_f -Weight 선도

참고문헌

1. D.H. Titterton, J.L. Weston, "Strapdown Inertial Navigation Technology"
2. R.A. Patterson, B. Ljung and D.A. Smith, "The Laser Gyro", Laser Application voll, Academic, New York, 1971, pp.133-200
3. P. Gallon, H. Millet, "Three Axis RLG Inertial Sensor Assenbly", Symposium Gyro Technology 1995, Stuttgart, Germany