

자이로 스테빌라이저 기술 분석

Gyro-stabilizer Technology Analysis

이선호†
Seon-Ho Lee

1. 서 론

자이로(Gyroscope) 기술은 항공우주, 선박, 자동차, 로봇 등의 다양한 산업분야에 적용될 수 있다. 플라이휠(Flywheel)을 이용한 동요제어 연구는 1880년대부터 연구되어 왔으며 자이로 원리에 의해 토크(Torque)를 발생하는 장치를 자이로 스테빌라이저 (Gyro-stabilizer)로 부른다. 자이로 스테빌라이저는 20세기 초반 우수한 동요제어 가능성에도 불구하고 크기와 무게에 대한 제약, 그리고 다양한 환경에 대한 제어시스템 성능의 한계 때문에 상용화되지 못했다. 하지만 20세기 후반 재료, 기계설계, 전기모터, 컴퓨터 제어시스템 등의 기술 발달로 인해 자이로 스테빌라이저에 대한 관심이 재조명되었다. 우주분야에서는 1970년대 후반부터 대형위성의 자세기동 및 안정화를 위한 제어모멘트자이로(CMG)가 개발되어 왔다. 2000년 이후에는 호주, 미국, 일본 등이 주도적으로 레저선박, 중소형선박 및 전투함 등의 동요 안정화를 위한 자이로 스테빌라이저 연구개발이 활발히 진행되어 현재 상용제품이 출시되고 있으며 해양산업의 발전에 부합하여 그 필요성이 증대되고 있다. 이에 본 연구는 자이로 스테빌라이저에 대한 연구개발 역사 및 기술, 상용 제품의 성능분석 등의 연구결과를 소개한다.

2. 자이로 스테빌라이저

자이로 스테빌라이저 연구는 1888년 Benz의 자동차 안정화 장치 특허출원을 계기로 이후 Brenna(1903), Sperry(1908), Schilovski(1909)가

이 관련한 응용특허를 출원하면서 기술적 관심이 시작되었다. 특히 Schlick(1904)이 처음 선박용 안정화 장치에 대한 특허를 제안하였고 이후 White(1907)에 의해서 독일 어뢰전함 See-Bar 호에 처음 시험되었다. 또한 Sperry(1908)은 능동식 안정화 장치의 적용가능성을 시험하였고 Fieux는 기어로 결합된 이중 자이로를 이용한 안정화 장치를 고안하였다.

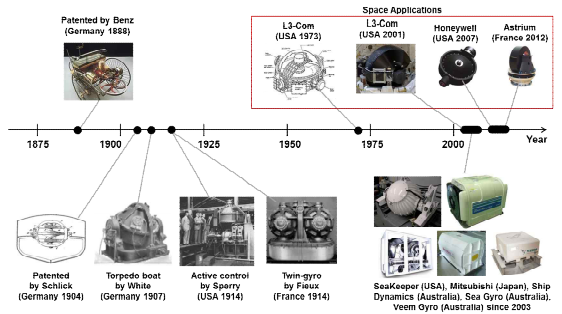


Figure 1. History of Gyro-stabilizer

1912년에 미전투함 Worden에 능동식 안정화 장치가 적용되었고 이후 민간 요트에도 사용되었다. 하지만 1950년 이후 자이로 스테빌라이저의 적용 사례는 보고되지 않은 반면 2000년에 들어 호주, 미국, 일본에서 상용제품에 대한 개발연구를 활발히 수행하여 현재 민간 또는 군용 중소형 선박에 적용할 수 있는 제품을 출시하고 있다 (Figure 1 참조).

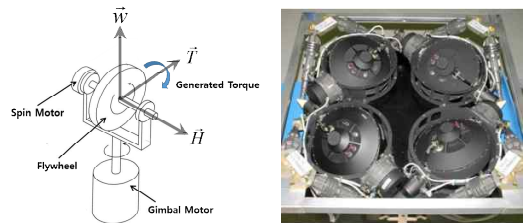


Figure 2. Operational Principle CMG for Spacecraft Attitude Control

† 교신저자; 한국항공우주연구원
E-mail : shlee71@kari.re.kr
Tel (042) 860-2035, Fax : (042) 860-2898

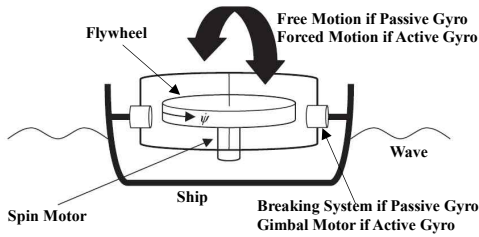


Figure 3. Operational Principle of Passive/Active Gyro-stabilizer for Ship Motion Control

자이로 스테빌라이저는 기본적으로 플라이휠 (Flywheel), 스핀모터(Spin Motor), 김벌(Gimbal) 등으로 구성된다. 동작원리에서 따라 수동형과 능동형으로 구분된다 (Figure 3 참조). 수동형의 경우 브레이킹 메커니즘을 구비하여 자유운동이 가능한 김벌을 이용하여 선박에 외력이 입력되면 자이로의 원리에 의해서 김벌이 회전하며 이때 발생하는 복원력을 이용하여 선박 동요를 안정화한다. 능동형의 경우 제어가능 모터를 구비한 김벌을 능동적으로 구동하여 외력을 보상할 자이로 토크를 발생시킨다.



Figure 4. Commercial Gyro-stabilizer

2000년대 후반에 들어 호주(ShipDynamics 사, Sea Gyro 사, Veem 사), 미국(ShipKeeper 사), 일본(Misaki Engineering 사)을 위주로 선박 동요제어용 자이로 스테빌라이저를 상용화하였다. 이들 제품군에 관한 정보는 Figure 2와 Table 1과 같다.

Table 1. Ship Gyro-Stabilizer

Company (Country)	Specification	Applicable Vessel
SeaKeeper (USA, since 2003)	Single/Passive Momentum: 5.5~35 kNms Torque: 9.6~73 kNm Mass: 0.5~1.7 tons	Displacement: ~140 tons
Misaki Engineering (Japan, since 2011)	Single/Passive Momentum: 2.5~7.5 kNms Torque: 13~38 kNms Mass: 0.3~0.9 tons	Length: 14~23 m Displacement: 18~57 tons
ShipDynamics	Dual/Active	Length:

(Australia, since 2004)	Momentum: 118~2195 kNms Torque: 204~1945 kNm Mass: 4.9~57 tons	35~100 m Displacement: ~10 Mtons
Sea Gyro (Australia)	Single/Passive Momentum: 3~200 kNms Mass: 0.3~7.1 tons	(Price: 20~300 kUSD)
Veem (Australia, since 2012) (*Halcyon Int.)	Single/Active Momentum: 40~500 kNms Torque: 120~917 kNm Mass: 2.3~160 tons	

Figure 5-6는 상용 자이로 스테빌라이저에 대한 무게대비 생성 모멘트와 토크 성능 분석결과를 도시한다. 제작업체별 사양을 서로 다르지만 성능관점에서는 선형적인 관계를 보임을 확인하였다. 이에 향후 자이로 스테빌라이저 기반의 안정화 장치를 개발할 때 요구사항 분석에 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

$$\text{Momentum [kNms]} = 10 \times \text{Mass [ton]}$$

$$\text{Torque [kNms]} = 10 \times \text{Mass [ton]}$$

참고 문헌

- (1) N.C. Townsend, A.J. Murphy, and R.A. Sheno, A New Active Gyrostabiliser System for Ride Control of Marine Vehicles, *Ocean Engineering*, 34, (11-12), 2006, pp. 1607-1617
- (2) S. H. Lee, Technology of Control Moment Gyroscope and its Industrial Trend, *J. of Korea Society for Aeronautical & Space Sciences*, Vol. 40, No. 1, 2012, pp. 86-92

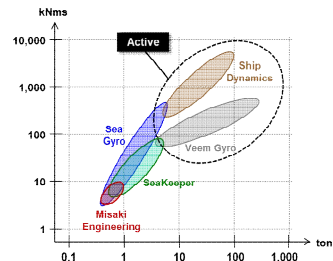


Figure 5. Generated Momentum versus Mass of Commercial Gyro-stabilizers

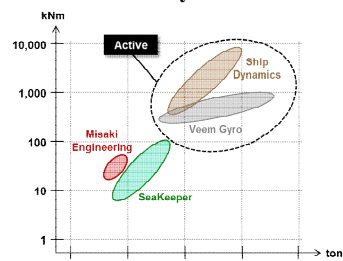


Figure 6. Generated Torque versus Mass of Commercial Gyro-stabilizers