

# 스프링이 적용된 Scotch-yoke 메커니즘의 기하학적 최적화 Geometric optimization for Scotch yoke mechanism with springs

\*권석령<sup>1</sup>, 박용재<sup>1</sup>, 정우석<sup>1</sup>, 인현기<sup>1</sup>, 이대영<sup>1</sup> #조규진<sup>1</sup>

\*S. R. Kwon<sup>1</sup>, Y. J. Park<sup>1</sup>, U. S. Jeong<sup>1</sup>, H. K. In<sup>1</sup>, D. Y. Lee<sup>1</sup>, #K.J.Cho(kjcho@snu.ac.kr)<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>서울대학교 기계항공공학부

Key words : Robotic fish, Scotch yoke mechanism

## 1. 서론

최근 해양탐사와 자원채취 등의 목적을 위하여 물고기를 모방한 생체모사형 수중로봇에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 기존의 수중로봇은 주로 프로펠러형식에 의하여 구동하였으나, 동력 에너지의 효율성향상과 방향을 쉽게 바꿀 수 있는 이점으로 인하여 물고기와 같이 유연하는 로봇에 대한 연구가 진행되고 있다.

최초의 로봇물고기는 MIT에서 여섯 개의 서보모터와 여덟 개의 링크로 구동되는 RoboTuna 로봇을 만들면서 시작되었다[1]. 그러나 기존의 서보모터로 로봇 물고기의 꼬리지느러미를 구동하는 경우, 서보모터의 한계로 인하여 꼬리지느러미의 움직이는 주파수 범위가 한정적이기 때문에 이를 극복하기 위하여 로봇물고기에 Scotch yoke mechanism을 적용한 연구가 시도되었다. 이 메커니즘에 대한 기존연구는 amplitude를 변경하거나 Scotch yoke의 움직이는 궤적을 바꾸려는 연구들이 진행되었다[2-3]. 그러나 기존의 연구들은 Scotch yoke mechanism의 자체의 성능개선에 대해서만 진행되었고 이와 연결된 모터와의 관계에 대한 연구는 부족하였다.

본 연구에서는 Scotch yoke mechanism을 이용하여 구동하는 모터의 필요토크와 실제토크를 모델링하였다. 그리고 Scotch yoke mechanism의 크랭크 휠을 변경하여 모터의 토크를 분석하였고, Scotch yoke mechanism을 사용하는 모터가 토크를 최적화 시킬 수 있는 크랭크 휠의 모델을 제시하였다.

## 2. Scotch yoke mechanism 분석

Scotch yoke mechanism이 사용된 구동부에 대하여 Fig. 1과 식(1)을 이용하여 모터에 걸리는 토크를 분석하였다. 모델링을 위하여 사용한 식에

대한 치수는 이전실험장치를 참조하였다[4].

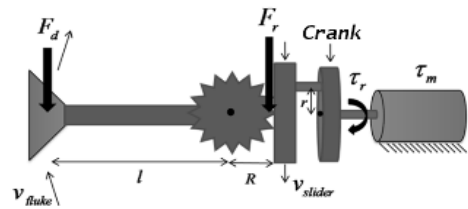


Fig. 1 Free body diagram of Scotch yoke mechanism

$$y_{slider} = r \sin \omega t$$

$$v_{slider} = r \omega \cos \omega t \tag{1}$$

$$v_{fluke} = \frac{l}{R} v_{track} = \frac{r}{R} l \omega \cos \omega t$$

$$F_r = F_d \frac{l}{R} = 2\pi^2 \rho C_d A \cdot \frac{r^2}{R^3} l^3 f^2 \cdot \cos^2(2\pi ft)$$

$$F_d = \frac{1}{2} \rho v_{fluke}^2 C_d A = \frac{1}{2} \rho C_d A \cdot \left( \frac{r}{R} l \omega \cos \omega t \right)^2$$

$$\tau_r = F_r \cdot r \cos \omega t = 2\pi^2 \rho C_d A \cdot \left[ \frac{r}{R} l \cos 2\pi ft \right]^3 \cdot f^2$$

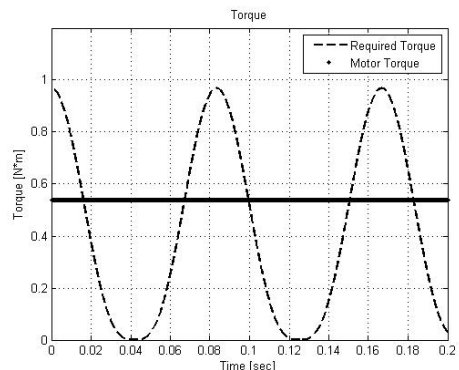


Fig. 2 Comparison between motor torque and required torque (6 Hz)

Fig. 2는 모터가 낼 수 있는 토크와 식(1)을 이용하여 계산한 필요토크에 대한 그래프이다. 로봇물고기의 꼬리지느러미의 구동주파수가 증가할수록 필요토크가 증가하게 되고, 그 결과 필요토크가 실제 모터가 낼 수 있는 최대 토크보다 큰 구간이 나타나게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 필요토크가 상대적으로 높은 부분에서 모터의 토크를 증가시킬 수 있는 방법을 연구하였다.

### 3. Design of crank wheel with springs

모터에 연결되는 크랭크 휠을 Fig. 3과 같이 설계하였다.

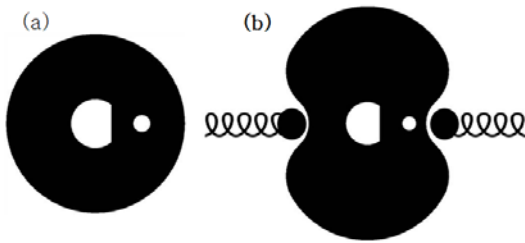


Fig. 3 (a) a original crank wheel, (b) Novel design of a crank wheel

크랭크 휠의 형상을 (a)에서 (b)처럼 변경하고 크랭크 휠의 표면을 따라 움직이는 물러를 좌우로만 움직일 수 있게 고정된 스프링에 연결하였다. 따라서 모터가 회전하면서 물러와 접촉하는 부분이 크랭크 휠의 형상에 따라 변화하게 하였다. 단 물러와 크랭크 휠의 마찰력은 마찰계수가 작다고 가정하여 모델링에서 제외하였다. 물러가 크랭크 휠의 표면을 따라 좌우로 움직이면서 물러와 연결된 스프링에 모터의 토크를 저장시켰다가 필요토크가 높은 부분에서 방출시켜 최종적인 모터의 토크를 필요토크이상으로 낼 수 있게 하였다. 그 결과 필요토크와 같은 형상의 토크 그래프를 얻을 수 있었고, 스프링의 강성을 변화시켜가면서 최종적인 토크를 조절하였다.

### 4. 결론

스프링이 적용된 크랭크 휠을 사용하면서 모터가 낼 수 있는 최대 토크를 증가시켰다. 기존의 모터가 낼 수 있는 토크와 스프링이 적용된 크랭크 휠이 내는 토크가 더해져서 필요토크보다 높은 토크를 낼 수 있었다.

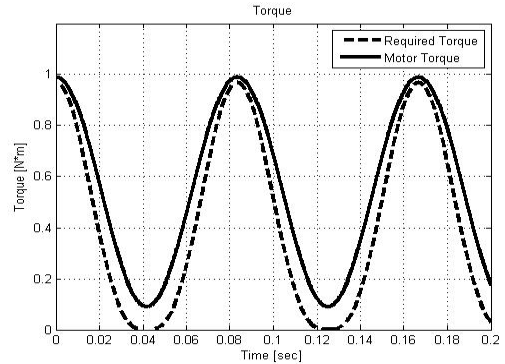


Fig. 4 The results of motor torque with springs and required torque

Fig. 4를 보면 기존에 일정한 값을 나타내던 모터의 토크에 대한 그래프가 필요토크와 같은 형상으로 변하였고, 스프링이 적용된 크랭크 휠에 의하여 토크가 추가되어 최종적인 토크의 크기가 필요토크보다 커진 것을 확인할 수 있다. 위와 같은 결과를 바탕으로 스프링이 적용된 새로운 크랭크 휠을 이용하여 기존 원형의 크랭크 휠만으로 구성된 장치보다 효율적으로 모터를 사용할 수 있게 되었다. 또한 모터가 낼 수 있는 최대토크가 증가하게 되면서 물고기 로봇의 꼬리지느러미의 구동주파수를 증가시킬 수 있을 것이다. 향후 스프링이 적용된 크랭크 휠에 대한 실험 장치를 구성하여 꼬리지느러미의 추력실험을 진행하면서 꼬리지느러미의 추력변화에 대한 연구를 진행하고자 한다.

### 참고문헌

1. D.S. Barret, "Propulsive efficiency of a flexible hull underwater vehicle," Ph.D. Thesis, Dept. of Ocean Institute of Technology, Boston, USA, 1996.
2. J. Yu, Y. Hu, J. Huo, and L. Wang, "Dolphin-like propulsive mechanism based on an adjustable Scotch yoke," Mechanism and Machine Theory, vol. 44, Mar. 2009, pp. 603-614.
3. W.D. Sauerwein, "Scotch yoke having a curved track," U.S. Patent 4,272,996, June 1981.
4. 박용재, 정우석, 조규진, "물고기 유연운동의 파라미터가 추력에 미치는 영향에 관한 연구," 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 53-54, 2010.