

친환경적인 소형 EHA를 위한 양방향 사판식 액셀 피스톤 수압펌프의 설계

Design of Two Ways Swash-Plate Axial Piston Water Hydraulic
Pump for Eco-Friendly Mini EHA

* 수원대학교 기계공학과

** 한국하이액트 지능기술(주)

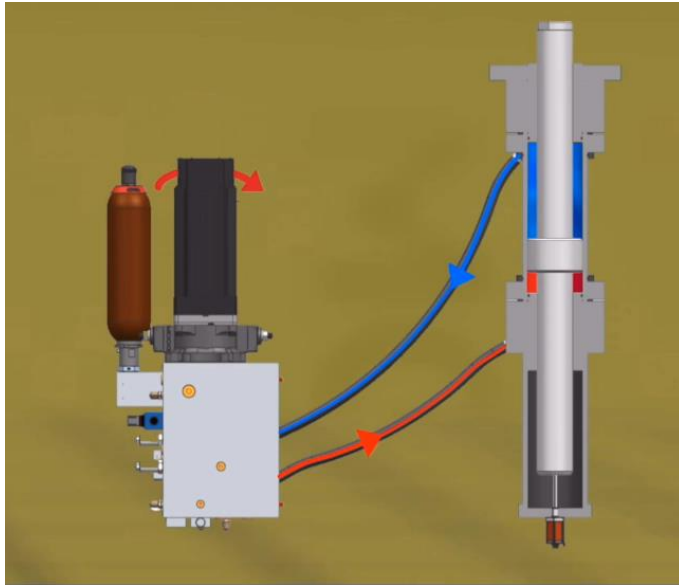
송하권 *, 이용권 **, 임동원 *

차 례

1. 서 론
2. 수압펌프의 설계
3. 스프링 상수 및 구동 토크
4. 이론적인 압력 및 유량
5. 실험 결과
6. 결론

EHA(Electro-Hydraulic Actuator)란 무엇인가?

- 전기, 유압, 액추에이터를 이용하여 구동하는 장치.
- 기존 유압 시스템과 달리 독립적인 운용이 가능한 유압 시스템.



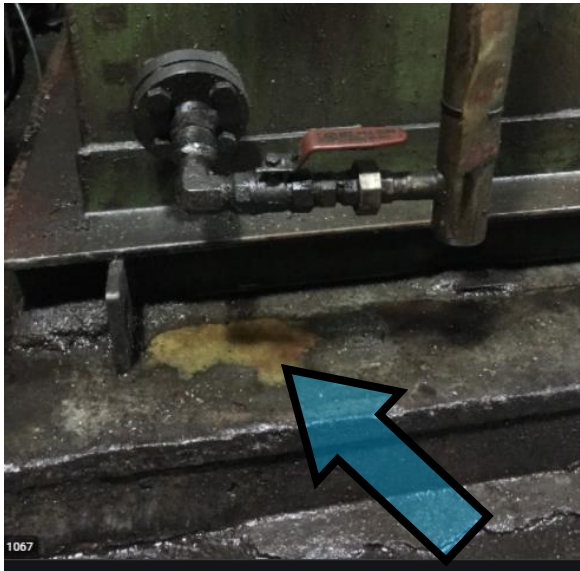
<EHA의 동작>

전기모터의 회전방향	→	유량의 흐름 방향	→	액추에이터 작동방향
전기모터의 토크	→	유압	→	액추에이터 힘
전기모터의 회전수	→	유량	→	액추에이터 속도

<EHA 시스템의 제어 개념>

기존 EHA의 문제점

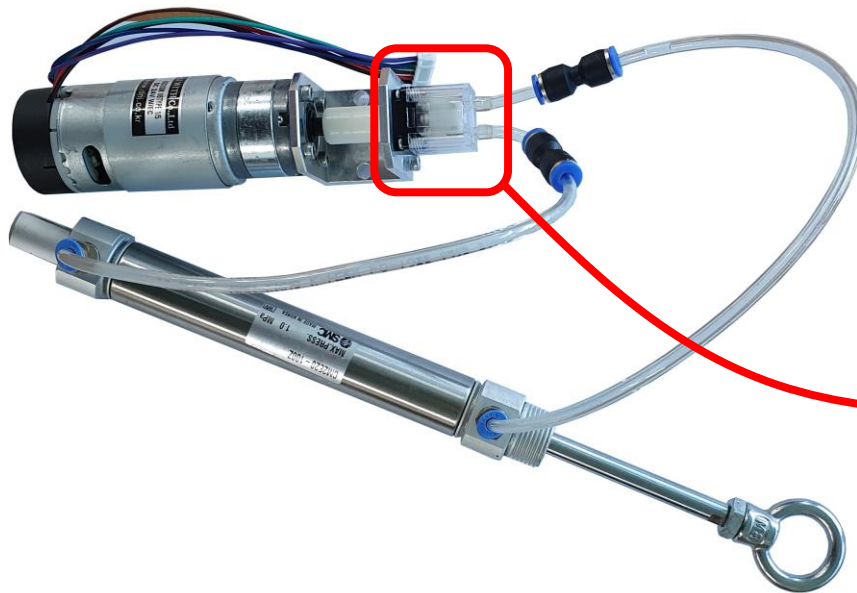
- 기존 EHA는 누유로 인한 환경오염, 화재, 폭발 등의 위험성 내재.



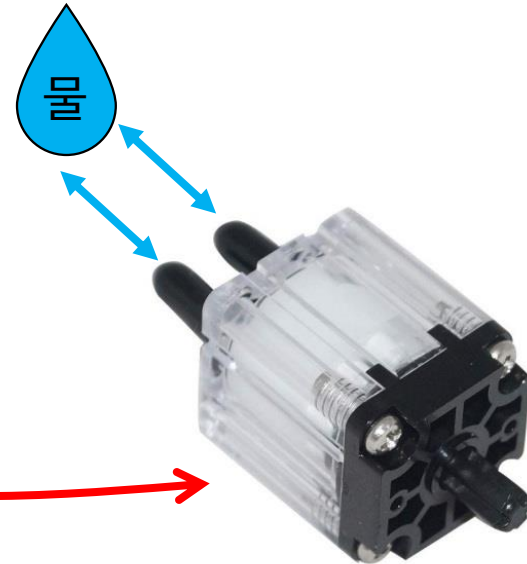
<누유로 인한 환경오염 및 화재위험 내재>

수압 EHA 제안

- 물을 작동유체로 하는 수압 EHA를 제안함으로써 환경 오염 문제 등 해결 가능.
- 물이 광유에 비해 유체의 가용성, 보관용이성이 유리함.



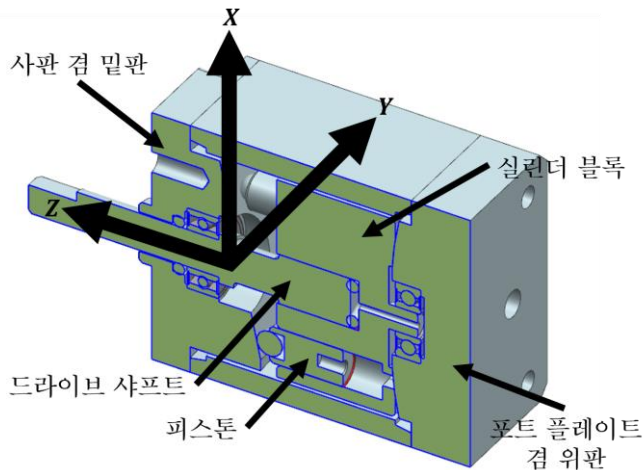
<제안된 수압 EHA>



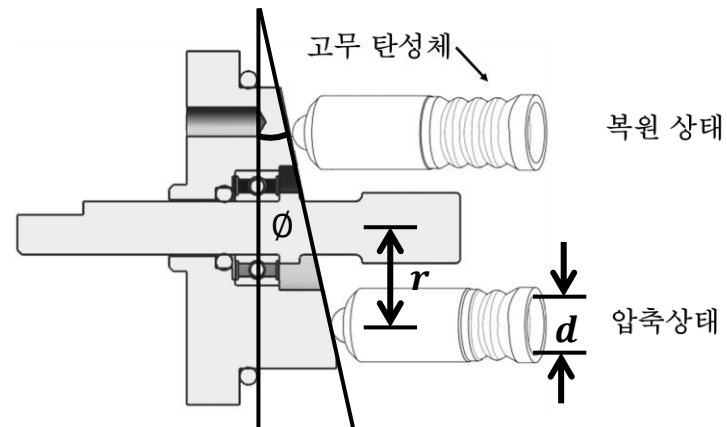
<제안된 수압 EHA에 적용한 펌프>

제안된 수압 EHA 펌프의 주요 특징

- 양방향 토출이 가능한 사판식 액셀 피스톤 펌프.
- 피스톤 끝에 실링을 대체하는 고무 탄성체 존재.
- 사판과 피스톤 사이에 리테이너를 대체하는 볼 베어링 적용.
- 물을 작동유체로 사용하기 위한 플라스틱 재료 적용.



<제안된 수압펌프의 단면도>



$r : 4.8mm$
 $d : 2.7mm$
 $\phi : 12^\circ$

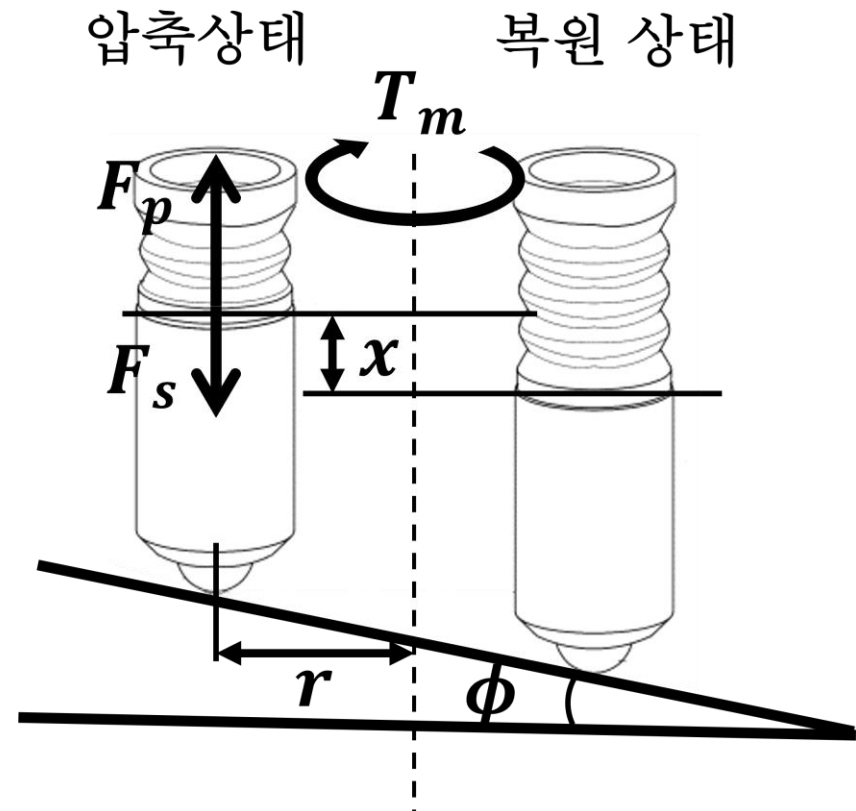
<제안된 수압펌프의 주요 상태 및 치수>

연구 목표

- 제안된 EHA에 적용한 펌프의 설계가 압력 및 유량에 미치는 영향 분석.
- 제안된 펌프의 설계를 고려한 이론적인 압력 및 유량식 유도.
- 실험을 통한 펌프의 이론적인 압력 및 유량식 검증.

제안된 수압펌프의 압력 발생

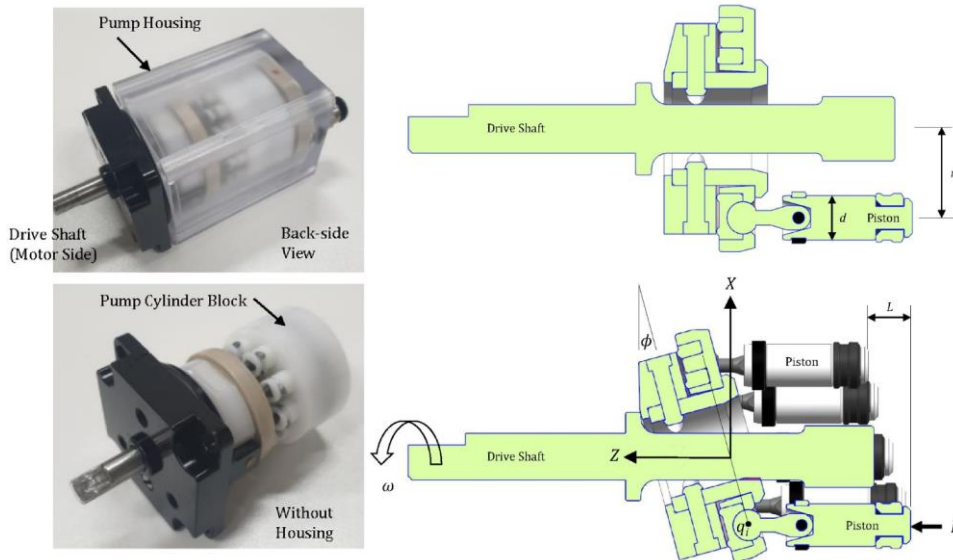
- 압력에 영향을 미치는 주요 원인.
 - F_p : 사판에 따라 피스톤이 물을 미는 힘.
 - F_s : 피스톤 고무 탄성체에 의한 반발력.
 - T_m : 전기 모터의 회전에 의한 토크



<제안된 수압펌프의 자유물체도>

기존 수압펌프의 이론식 적용

- 기존 압력식을 적용시 문제점.
 - 고무 탄성체를 고려하지 않은 압력식이므로 실제 압력과 오차 존재.
- 기존 유량식에는 고무 탄성체에 의한 영향이 없으므로 그대로 적용 가능.



$$P = \frac{4}{6d^2r(2 \sin \phi + \pi \mu \cos \phi)} T_m$$

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \frac{6r\omega \sin \phi}{\sqrt{2}}$$

<기존 수압 펌프의 형상>

제안된 수압펌프의 압력식

- F_p 에 의한 미는 힘과 고무 탄성체에 의한 F_s 의 합이 토크 T_m 과 일치.

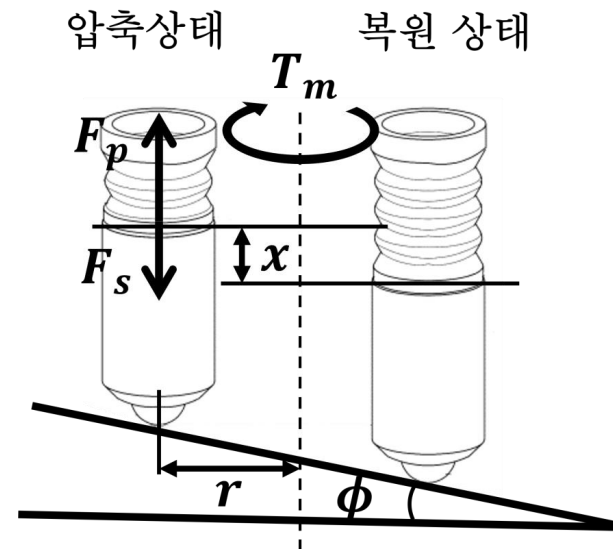
$$P = \frac{4}{6d^2r(2\sin\phi + \pi\mu\cos\phi)} T_m - \frac{4 \cdot (2r\sin\phi)^2}{4\pi d^2r(2\sin\phi + \pi\mu\cos\phi)} k$$

$$= \left(\frac{1}{d^2r(2\sin\phi + \pi\mu\cos\phi)} \right) \left(\frac{2}{3} T_m - \frac{(2r\sin\phi)^2}{\pi} k \right)$$

μ : 피스톤의 마찰계수

k : 고무 탄성체의 스프링 상수

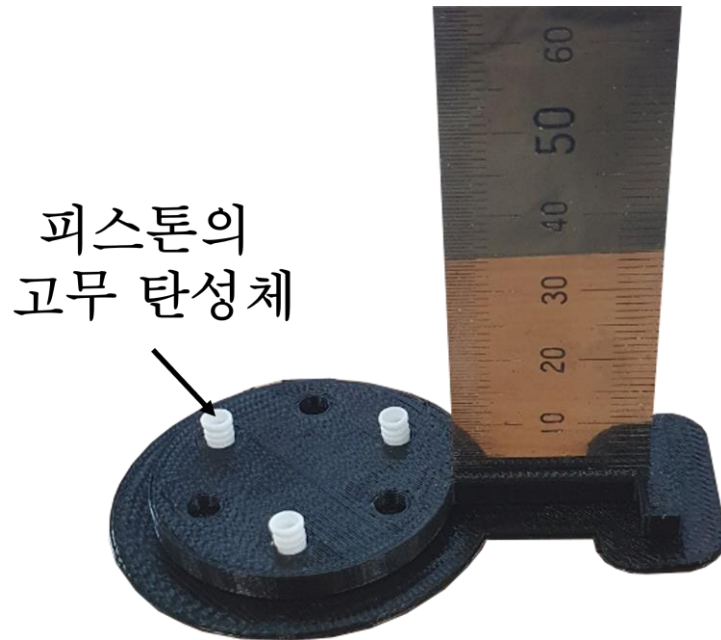
T_m : 전기 모터의 회전에 의한 토크



<제안된 수압펌프의 자유물체도>

스프링 상수 k 측정

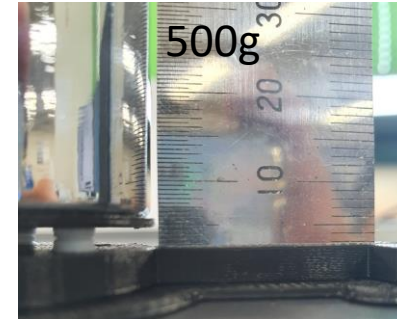
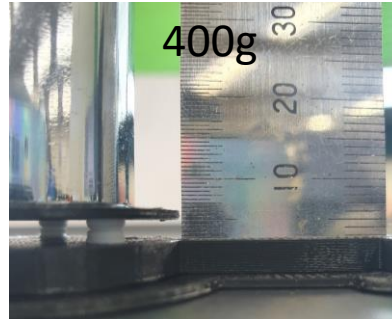
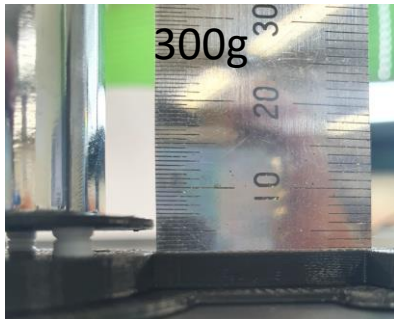
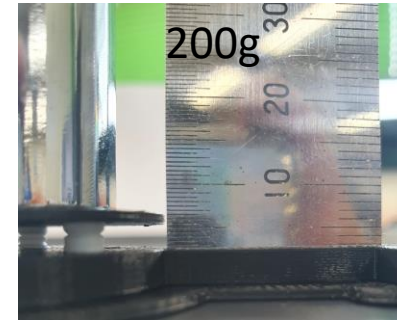
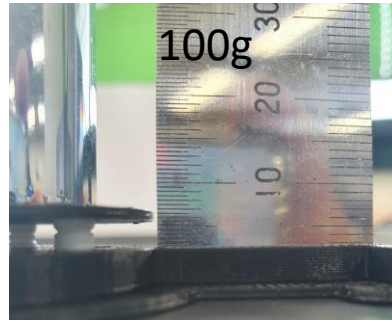
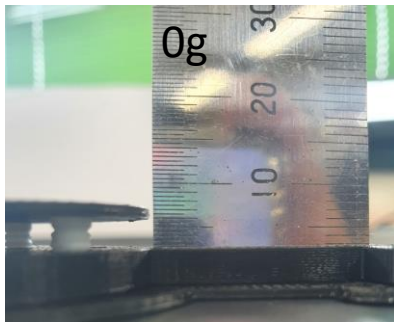
- 피스톤의 고무 탄성체 3개를 병렬로 고정 후 100g ~ 500g 분동을 이용하여 높이 측정.



<스프링 상수 실험 장치>

스프링 상수 k 측정

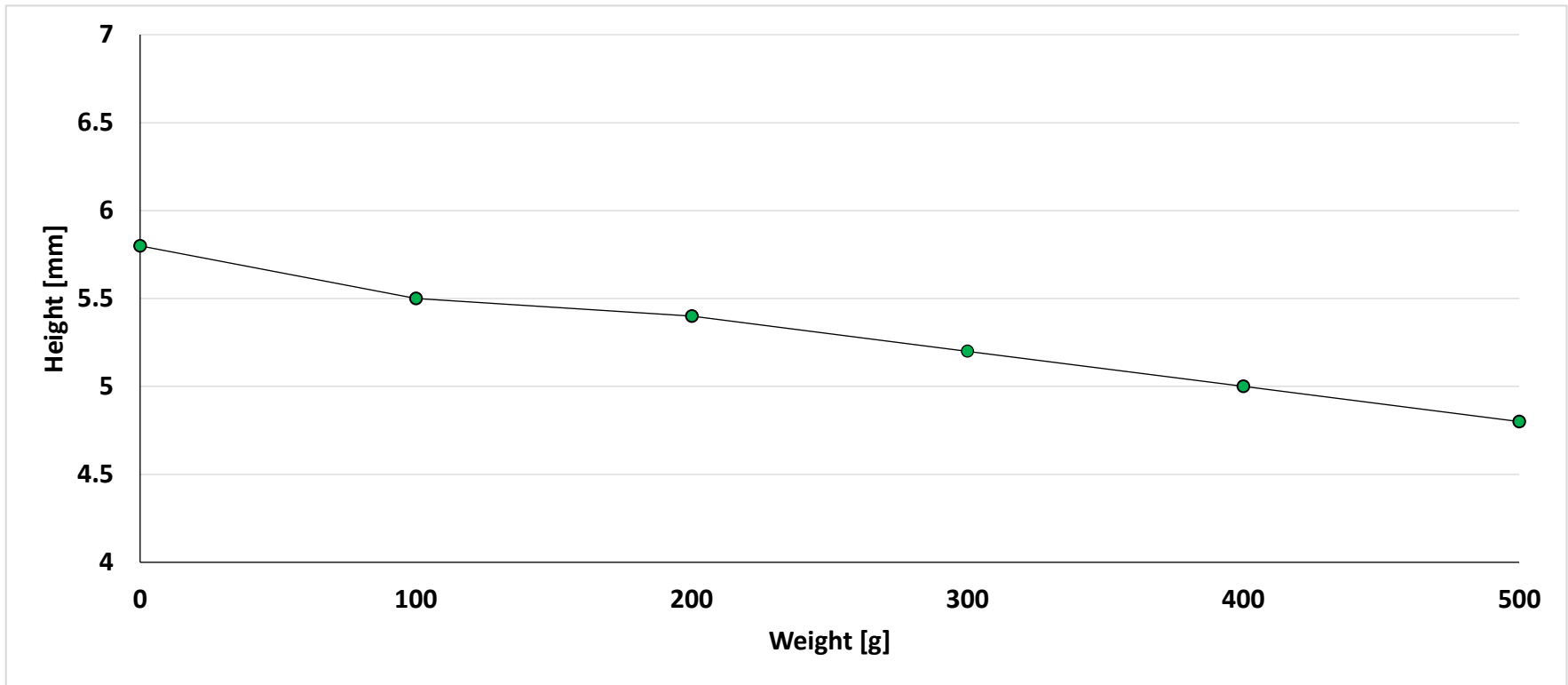
- 측정 결과 100g 당 약 0.2mm씩 이동 확인.



<분동 무게에 따른 탄성체 높이 측정>

스프링 상수 k 측정

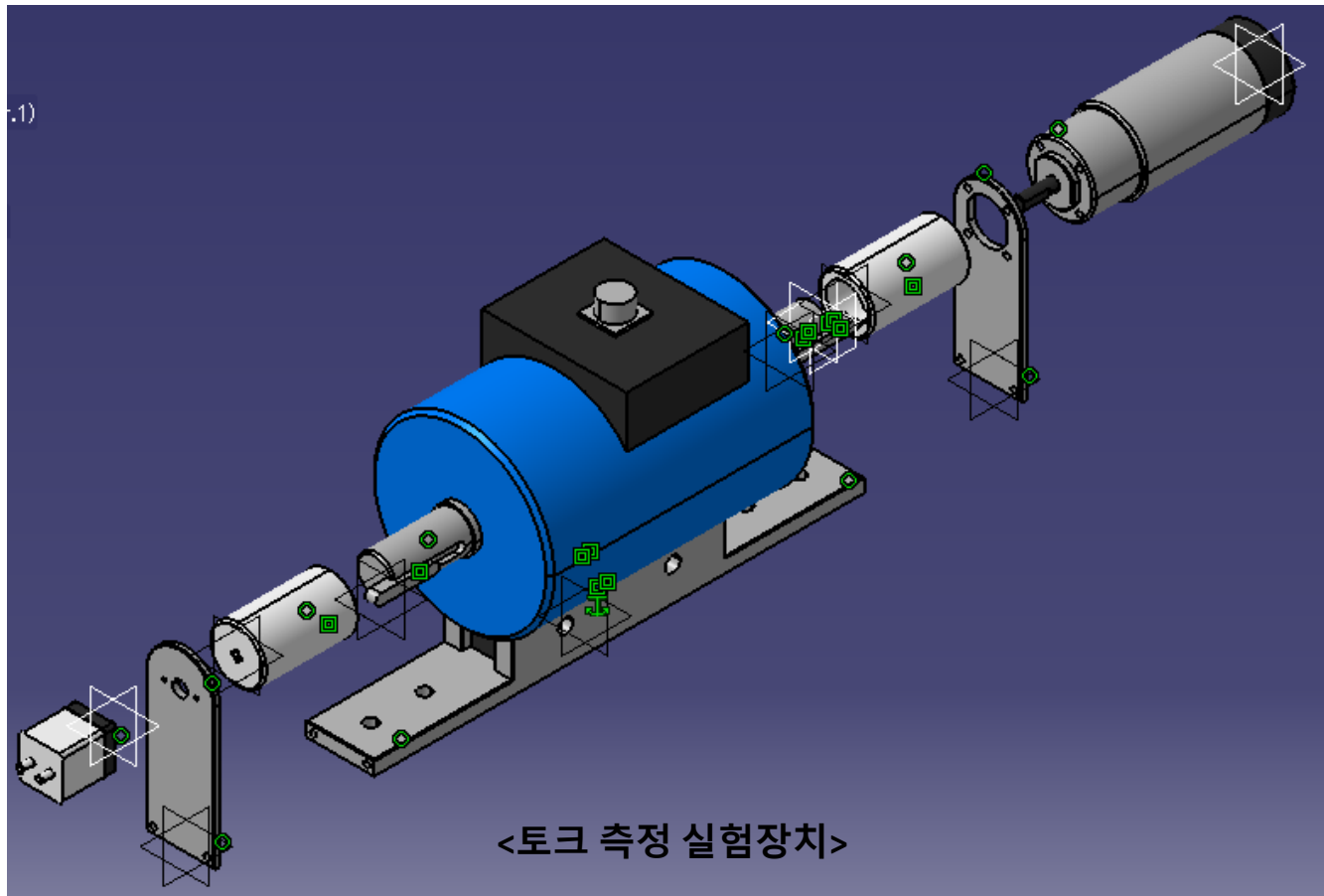
- 측정 데이터를 후의 법칙에 적용하여 k 의 값이 1633 N/m 로 환산 됨.



<분동 무게에 따른 탄성체 높이 측정 결과>

구동토크 T_m 측정

- 토크 트랜스듀서를 수압펌프와 전기 모터 사이에 결합하여 구동토크 측정.



3. 스프링 상수 및 구동 토크

구동토크 T_m 측정

- 측정결과 평균 $0.014Nm$ 로 확인.



<정·역방향에 따른 토크 측정>

이론적인 압력 P 와 유량 Q

$$P = \left(\frac{1}{d^2 r (2 \sin \phi + \pi \mu \cos \phi)} \right) \left(\frac{2}{3} T_m - \frac{(2r \sin \phi)^2}{\pi} k \right)$$
$$= \left(\frac{1}{0.0027^2 \times 0.0048 (2 \times \sin(0.209) + \pi \times 0.15 \times \cos(0.209))} \right) \left(\frac{2 \times 0.014}{3} - \frac{(2 \times 0.0048 \times \sin(0.209))^2}{\pi} 1633.3 \right)$$

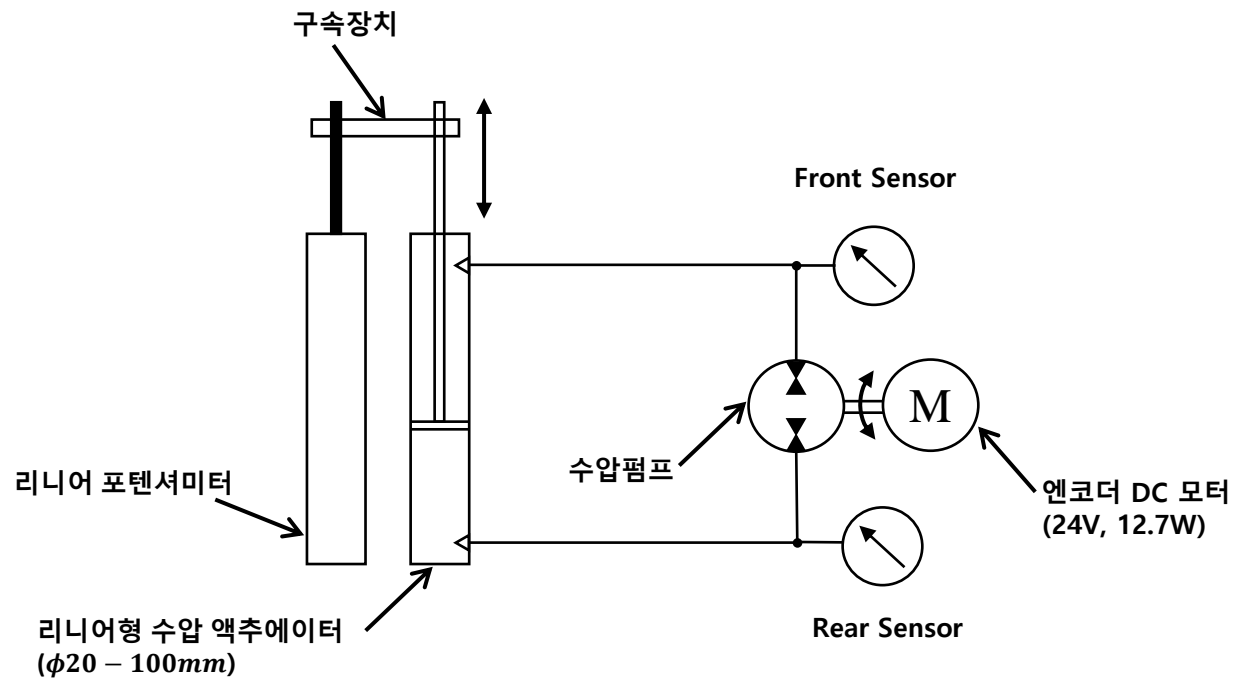
$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \frac{6 r \omega \sin \phi}{\sqrt{2}}$$
$$= \frac{\pi \times 0.0027^2}{4} \times \frac{6 \times 0.0048 \times 59.795 \times \sin(0.209)}{\sqrt{2}}$$

$$\therefore P \cong 0.237 \text{ MPa}$$

$$\therefore Q \cong 1449.6 \text{ mm}^3/\text{s}$$

실험장치 구성

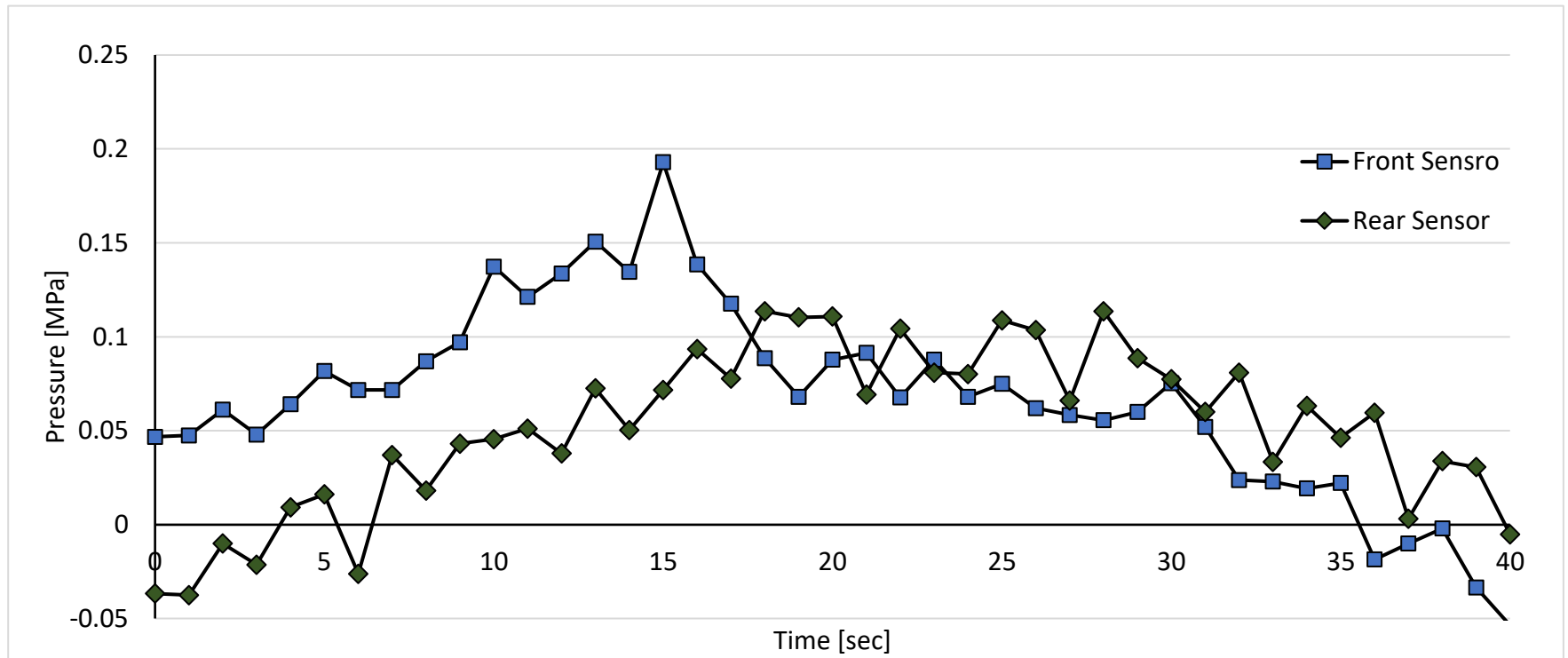
- EHA와 리니어 포텐셔미터, 압력 센서를 이용한 실험장치 구성.



<EHA 실험장치 구성>

실험 결과

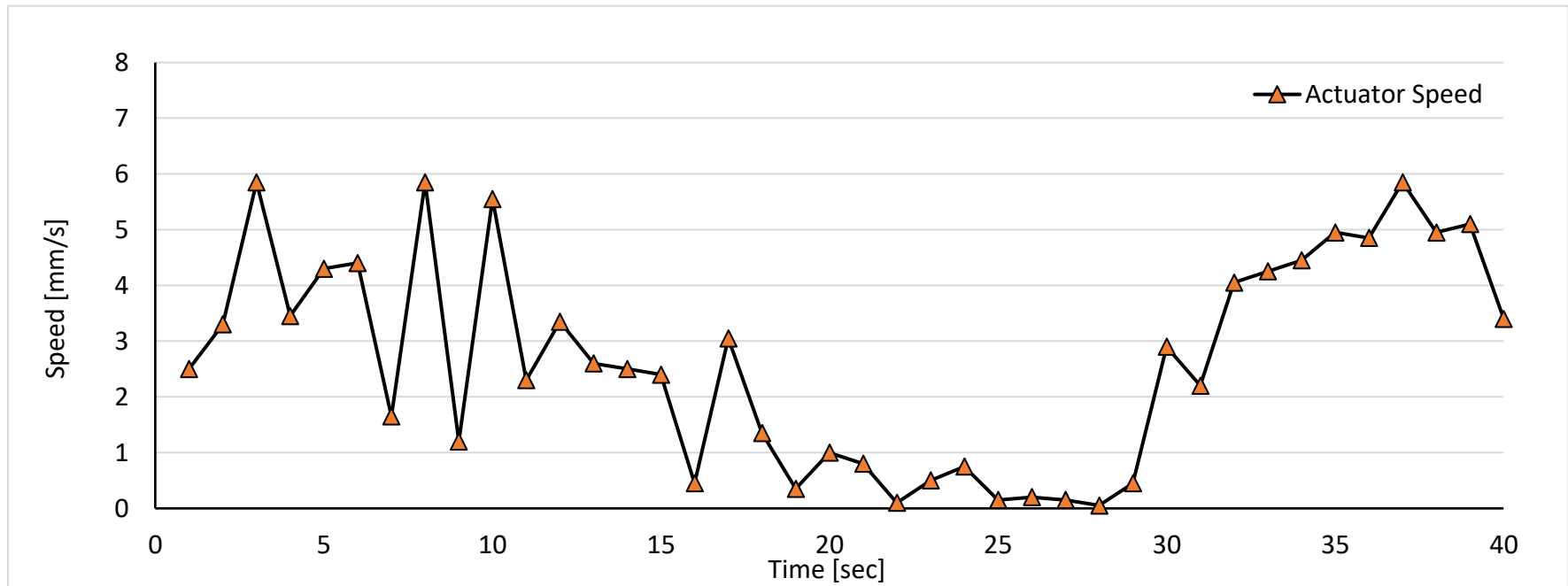
- 최대 압력 P 는 $0.19MPa$ 로 측정 됨.



<측정된 압력 그래프>

실험 결과

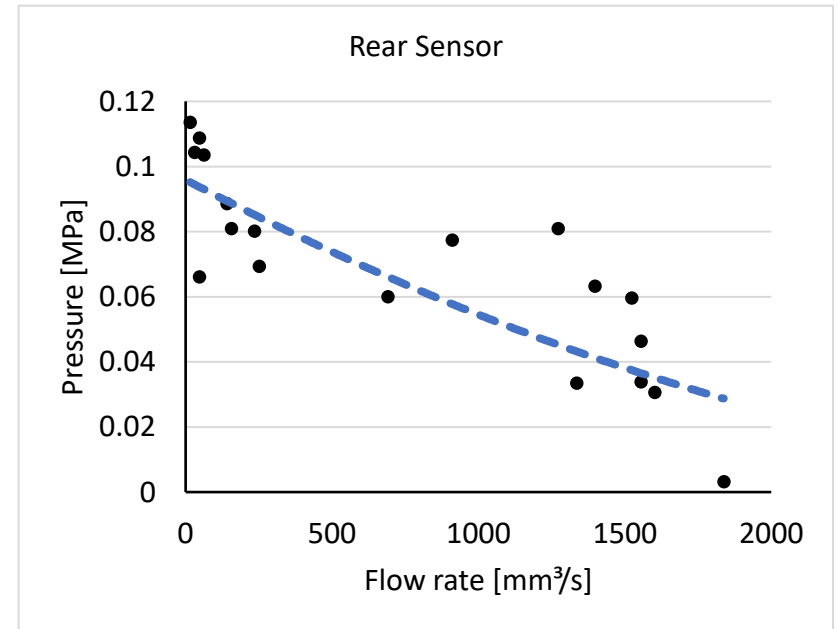
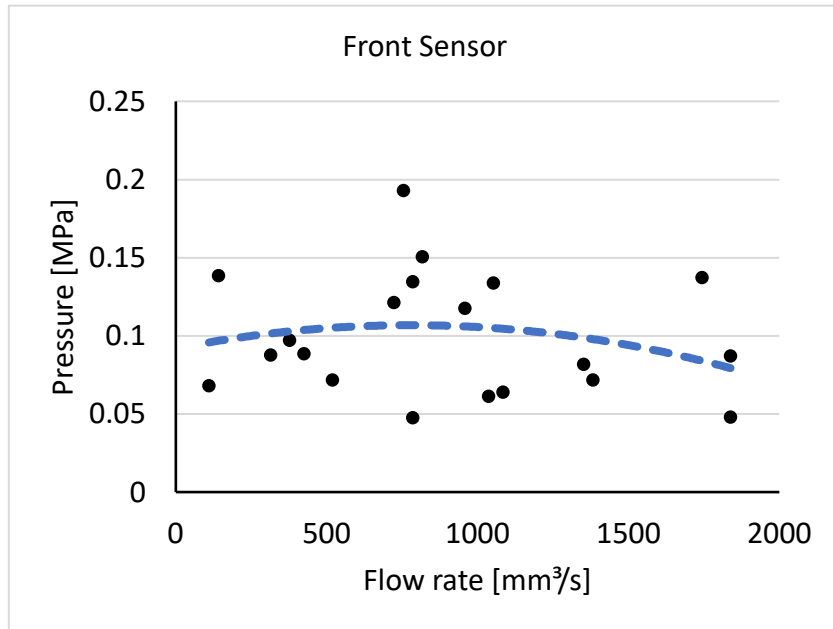
- 액추에이터 로드 속도는 평균 3.841mm/s 이므로 유량 Q 는 $1206.6\text{mm}^3/\text{s}$ 로 환산 됨.



<측정된 로드의 속력 그래프>

P-Q 곡선

- EHA는 내부 압력이 낮을 때 빠르게 구동하며, 내부 압력이 높으면 느리게 구동 함.



<제안된 펌프의 P-Q 곡선>

- 제안된 EHA의 펌프 내 피스톤 고무 탄성체의 영향을 고려한 수정된 압력식 제안.
- 제안된 펌프의 이론적인 압력은 0.237 MPa 이며, 이론적인 유량은 $1449.6\text{mm}^3/\text{s}$ 임.
- 실험 결과 펌프의 최대 실제 압력은 0.19 MPa 이며, 유량은 $1206.6\text{mm}^3/\text{s}$ 이므로 이론적인 압력 및 유량 검증.
- 향후 추가 연구를 통해 피스톤의 마찰계수 및 동역학 모델링 제시.
- 제시한 동역학 모델링을 이용한 고장탐지 등에 적용할 예정.

감사합니다.