

# WMRA 를 위한 Hybrid Gripper 안전 설계 실험 검증 연구

## Experimental Verification of the Hybrid Gripper Safety Design for the Wheelchair Mountable Robotic Arm

○이 재 진<sup>1</sup>, 오 기 뽐<sup>1</sup>, 임 동 원<sup>1\*</sup>

<sup>1)</sup> 수원대학교 기계공학과 (TEL: 031-229-8675; E-mail: [dwlim@suwon.ac.kr](mailto:dwlim@suwon.ac.kr))

**Abstract** The gripper for the Wheelchair Mountable Robotic Arm (WMRA) should be safe and easy to be controlled, because it shares the working space with a disabled human. This study provides the verification of the material design of the soft gripper in terms of the maximum load and pressure difference of the hydraulic system. When the power of the pump is turned off, it was measured that the load is held for 1 hour without any additional support. The experimental results showed that the material can endure the average pressure of 0.016 MPa for 1 hour without being broken. Up to the load of 2.5 kg, the pump could withstand the pressure difference of 0.012 MPa. Thus, it is concluded that the proposed gripper can be safe for the payload up to 2.5 kg.

**Keywords** Hybrid gripper, Operational safety, Silicone, Swash plate pump, EHA

### 1. 서 론

인간의 손 대신 파지 역할을 수행하는 그리퍼는 다양한 작업 분야에서 넓게 사용되고 있지만, OnRobot 이나 Robotiq 와 같이 산업용 그리퍼가 대부분이다. WMRA(Wheelchair Mountable Robotic Arm)에 적용되는 Kinova 의 KG-2 이나 KG-3 는 고가의 센서로 동작하고, 복잡한 메커니즘으로 사용자가 조작하기 어렵다. 기존 제품들은 링크 그리퍼 또는 소프트 그리퍼의 단일한 형태로 설계되어 있다. 링크 그리퍼는 정밀한 대신 비정형 물체 파지에 단점을 갖고, 소프트 그리퍼는 그 반대의 특징을 갖는 등 각각의 단점을 서로 보완하지 못한다. WMRA를 위한 그리퍼는 제조 현장과 달리 다양하고 험한 상황에 노출되기 쉬워 강건한 설계가 필요하고, 또 저렴하게 사용되어야 할 필요가 있다. 이를 위해 그림 1 과같이 링크와 소프트 그리퍼의 혼합 형태로 하이브리드 그리퍼 설계를 제안하고, 이를 통해 저렴한 가격이면서 높은 사용성을 실현하고자 한다.

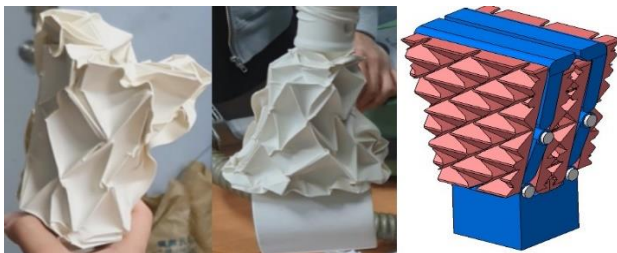


그림 1. 그리퍼의 파지 실험 및 3D 모델링

스켈레톤 구조를 적용한 소프트 그리퍼를 링크 안팎으로 그림 1 모습으로 설계하여 유체 저장과 구동의 역할을 동시에 수행한다. 단일 수압 펌프 하나로 소프트 그리퍼에 양압과 음압을 줄 수 있어 구동부가 간소화된다. 또한 파지하면서 외부의 소프트 그리퍼가 물체에 가해지는 충격을 완화시킨다.

그리퍼의 구동기로 소형 수압 기반 펌프를 선택한다[1]. 이는 힘 제어가 용이하고, 저전력에서 쉽게 구동이 가능하다. 작동 유체로 기름이 아닌 물을 사용해 유출되어도 환경오염이 되지 않고, 저렴하며, 쉽게 공급받을 수 있는 장점이 있다. 사용자의 안전까지 생각했을 때, 피해를 최소화할 수 있어 물을 작동 유체로 선정하여 설계를 진행한다.

소프트 그리퍼가 작동 중 파괴되면 작동 유체가 구동부에 흘러 들어가거나 혹은 주변 상황에 따라 2 차 피해가 발생할 수 있다. 따라서 경도 10, 연신율 1000%의 Platinum cure liquid silicone 을 실험 재료로 선정한다.

WMRA 는 장애인이 일상생활에서 사용하는 것이기 때문에, 유연체가 최대 유량 및 부피를 견디는지, 그리고 펌프를 통해 파지한 물체가 안정적으로 장시간 버티는지에 대한 안전 설계가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 유연체와 사판식 펌프 성능이 그리퍼에 적합한지를 실험을 통해 검증한다.

### 2. 유연체 압력 실험 결과

본 그리퍼 설계의 소프트 몸체에 사용되는 유연체를 사판식 수압펌프와 연결하고, 1 시간 동안 최대 유량을 주입한다. 유연체가 파손되지 않고 그림

\* 본 연구는 중소벤처기업부의 2021 년도 창업성장기술개발사업에서 지원하여 연구하였음. (No. S3055132)

2 형태를 유지하는지, 압력의 수치가 펌프에 적합  
한지 확인하는 실험을 진행한다.

표 1 에서 실험 중 유연체는 설계 유량에 비해  
최대 유량이 40 배 정도 증가하여 부피팽창에 용이  
함을 확인하였다. 또한, 실험 전후로 파괴가 없었고,  
탄성이 잘 유지되었다. 최대 압력 0.038MPa로 수압  
펌프의 허용 압력에 적합했다.

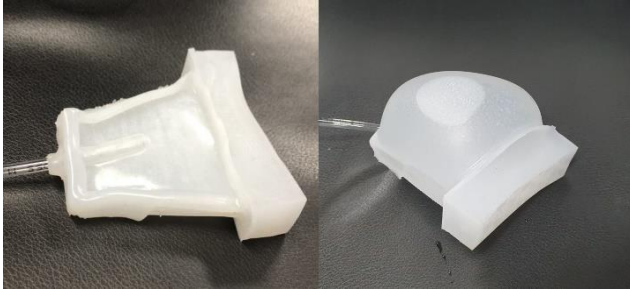


그림 2. 유연체 실험 전 후 비교

표 1. 유연체 실험 유량 및 압력 수치

	유량 [ml]	압력 [MPa]
최소	0.07	-0.104
최대	593.86	0.038

### 3. 펌프 압력 실험 결과

펌프의 장기적인 동작 안정성을 확인하기 위해  
24V, 12.7W 용량의 엔코더 장착형 DC 모터, 직경  
20mm 사판식 수압 펌프, 50mm 선형 구동기를 그  
림 3 과 같이 구성하고 아래의 절차와 같이 실험을  
진행하였다. 본 실험은 그리퍼가 동작 중 전원이  
꺼져도 파지 된 물체가 갑자기 떨어지지 않도록 동  
작을 유지해야 하는 상황을 가정한다.

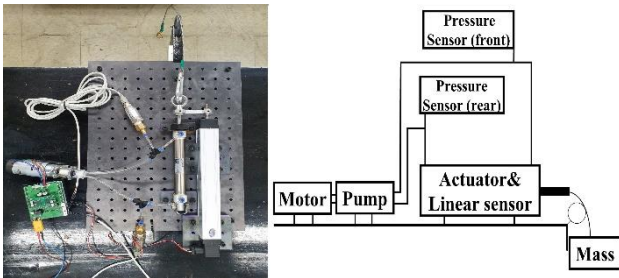


그림 3. 안전설계 실험장치 및 배치도

모터를 구동하여 0.5~3.5kg 범위의 하중이 매달  
린 구동기를 내린 후, 최고점으로 올리고 MCU 전  
원을 차단한다. 이때 하중의 변화에 따라 펌프의  
성능을 측정한다. 성능은 구동부 실린더에 설치된  
길이 센서와 압력 센서 값을 1 시간 동안 측정한다.  
실험 결과 0.5kg 부터 2.5kg 하중까지 1 시간 동안  
길이 센서가 0mm로 유지되는 것을 그림 4 와 같이  
알 수 있다. 이는 펌프가 2.5kg 까지의 하중에는 그  
압력을 버티지만 2.6kg 이상의 하중에 대해 그 압  
력을 이기지 못하고 늘어나는 것을 알 수 있다.

그림 5 는 1 시간 후 실린더의 전면부와 후면부  
압력 차의 데이터에 2 차 적합(fitting) 곡선을 나타

낸 그래프이다. 0.5~2.5kg 의 압력 차이는 0.012MPa  
이하로 값이 작고 일정하게 측정되지만, 2.6kg 부터  
압력 차이의 크기가 증가하는 것을 보였다.

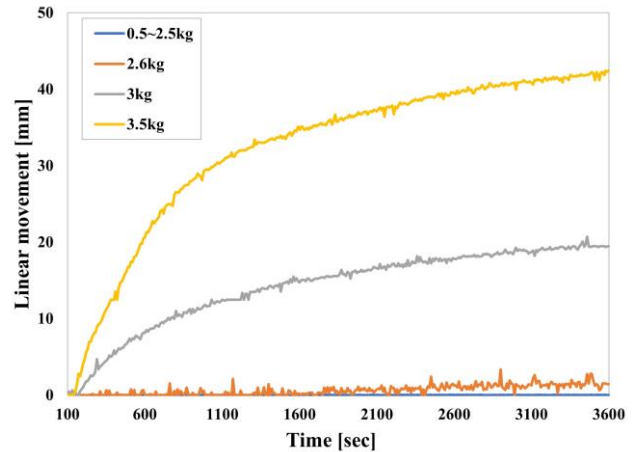


그림 4. 각 하중에 따른 길이 센서 움직임 그림

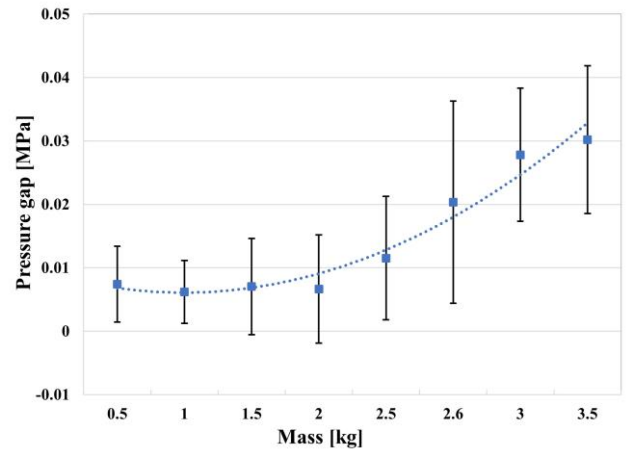


그림 5. 각 하중에 따른 압력 차이 적합 곡선

### 4. 결 론

본 논문에서 WMRA 에 적용되는 소프트 그리퍼  
의 재료가 최소 1 시간 동안 파괴 없이 건전함과  
펌프와의 압력 적합성을 실험을 통해 검증하였다.  
또한 2.5kg 의 가반 하중까지 수압 펌프가 최소 1  
시간 동안 자세를 일정하게 유지할 수 있었다. 이  
를 바탕으로 Platinum cure liquid silicone 과 수압 기  
반 사판식 펌프가 안전하고 가격경쟁력 있는 하이  
브리드 그리퍼에 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

향후 연구에서는 하이브리드 그리퍼의 전체 개  
념설계를 진행하고, 안전한 구동을 위해 제어기를  
설계한다. 또 해당 펌프의 해석적 연구를 통해  
2.5kg 의 가반 하중을 역계산하고, 보다 높은 하중  
요건을 만족하는 펌프 설계를 진행한다.

### 참고문헌

- [1] 송하권 외, “소형 EHA 시스템을 위한 사판식 수압  
펌프의 소형화 설계”, 제어로봇시스템학회 국내학  
술대회 논문집, 제50권, 제6호, pp. 44-45, 2021.