

토션바 중력보상기를 적용한 하지용 외골격 장치 실험연구

최형식⁺ · 이동준¹ · 윤종수²

Experimental Study of a lower body exoskeleton applying a torsion bar gravity compensator

Choi hyeung-sik, Lee Dong-June, Yoon Jong-soo

Abstract : This paper is about the study of a new exo-skeleton device applying a gravity compensator. The exo-skeleton devices is to reduce the external torque applied to the human body joint for the purpose of helping the disabled, reducing heavy payload for industry workers or military soldiers. Most of the exoskeleton devices are actuated by the motors, but motors are limited in energy such that a short durability is always a big problem. In this paper, an exoskeleton device using a new gravity compensator based on a torsion bar is proposed to reduce the torque load applied to human body joints. The exoskeleton device is designed for the lower body of human. Analyses on the torsion bar spring and link of the exoskeleton device using FEM method were performed. To reduce the applied torque to the human joint, a torsion bar gravity compensator is applied to the exoskeleton. The effect of the torsion bar compensator for the exoskeleton device was verified through load test using developed test equipment.

Key Words: torsion bar, gravity compensator, exoskeleton

1. 서론

인체의 신체능력은 제한적이고 한정적이다. 이러한 신체능력을 향상시키기 위한 기술들은 국가의 산업 전반에서 생활에 이르기까지 긍정적인 영향 및 국가경쟁력이 될 것이다. 미국과 일본을 비롯한 선진국들은 이미 수년전부터 이러한 분야에 대한 큰 관심을 가지고 의료 및 군사, 노동 분야에 걸쳐 연구가 진행하고 있는데, 미국의 록히드 마틴사의 "HULC"나 일본의 HAL(Hybrid Assisted Limb)이라고 불리는 모터 구동식 엑소스켈레톤이나 지금까지 개발된 엑소스켈레톤들의 가장 큰 문제점의 하나는 배터리의 문제이다. 큰 힘을 내기 위해서는 그 만큼의 외부에너지가 필요하지만 힘과 지속시간은 반비례하여 고풍력을 낼수록 지속시간은 짧아지게 되는 단점들이 있다. 우리가 연구 개발 중인 하지용 외골격 장치의 연구는 외부동력을 줄이기 위해 내부적인 기구부 설계를 통해 이 문제를 해결하기 위한 접근방법을 제시하고자 한다.

2. 토션바의 특성 및 성능실험

2.1 비틀림 관계식

토션바에 가해지는 토크의 크기는 회전각도 $\Delta\theta$ 비례하여 보상력이 발생하며 관계식은 다음과 같다.

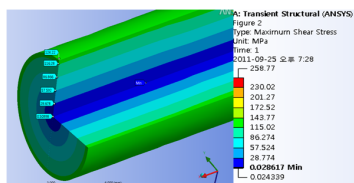
$$\theta = \frac{32}{\pi d^4} \cdot \frac{T \cdot L}{G} \quad (1)$$

여기서 T는 보상토크로서 토션바의 직경에 따라 그 크기가 달라진다.

$$T = FR\cos\theta \quad (2)$$

2.2 토션바 성능 해석 및 실험

KS-D3501 SWB의 물성치를 바탕으로 길이 335mm, 지름 6mm의 원형봉 형태의 토션바에 대한 응력해석을 실시하였다. 540.40Kgf·mm의 토크를 가하였을 때 선형적으로 비틀림 각은 3.86도 표면부에서의 최대 등가응력은 약 537kgf·mm를 확인하였다. 표 1은 하중별 비틀림각이다.



Load (kgf)	이론값 θ (°)	T (kgf·mm)	τ (Kgf/mm ²)	실험값 θ (°)
2.5	3.86	540.40	12.74	3.88
5	7.72	1094.02	25.80	7.86
7.5	11.58	1678.33	39.57	12.06
10	15.44	2301.42	54.26	16.53
12.5	19.31	2987.58	70.44	21.46
15	23.17	3727.67	87.89	26.78

Fig.1 Result of Torsion bar for Table.1 Results of Torsion bar Test analysis

+ 최형식(한국해양대학교 기계공학과), E-mail:hchoi@hhu.ac.kr, Tel: 051-405-4969

1 이동준 한국해양대학교 기계공학과

2 윤종수 한국해양대학교 기계공학과

3. 하지용 외골격장치의 구성 및 성능실험

3.1 중력보상기 구조

중력보상기는 Fig.2에서 보는바와 같이 SWB(경강선 혹은 토션바)라고 불리는 스프링강에 베벨기어를 연결하여 무릎관절을 굽힐 때 연결된 베벨기어가 회전을 통해 고정된 토션바를 비틀다. 이때 비틀림 각만큼의 보상력이 생기게 되고 그 반발력으로 신체가 가지는 중량을 경감시켜주는 역할을 한다.

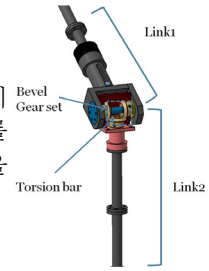


Fig.2 Joint Link with gravity compensator

3.2 하지용 외골격장치의 실험장치 구성

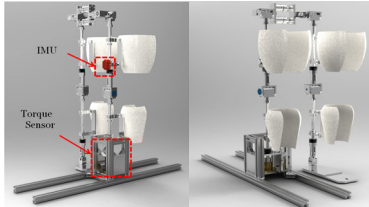


Fig.3 Shape of the test equipment hardware

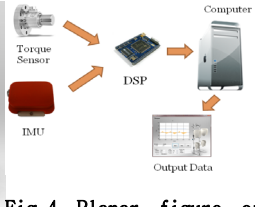


Fig.4 Planar figure of hardware



Fig.5 GUIO program for Torque test equipment

Fig.3 은 하지용 외골격 장치의 전체 모습이고 Fig.4와 같이 부착된 토크센서와 IMU센서로부터 각각 실시간으로 토크와 각변위의 아날로그 신호를 DSP로 받아 실시간으로 데이터를 축적하였다. Fig.5는 자체 개발한 GUIO program으로서 센서의 신호 값을 실시간으로 도식화 한다.

4. 실험 및 고찰

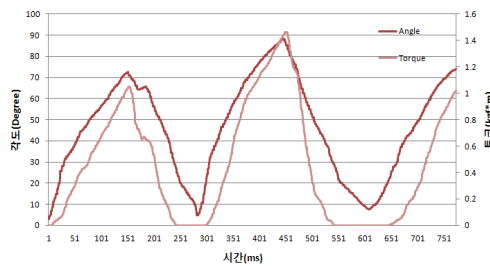


Fig.6 result of the real-time performance

하지용 외골격 실험장치의 성능 실험 시에 최대각 90도 부근에서 1.4kgf·m의 보상력을 가졌는데 기구부 간의 유격조절 및 설계 개선을 통해 토션바가 보다 효율적인 성능을 낼 수 있도록 개선하고 토션바를 기초로한 모터가 추가된 기구부 설계를 통해 저전력 고토크의 엑소스켈레톤의 개발을 위한 기초자료로서 본 연구 자료는 활용 될 것이다.

5. 결론

- (1) 토션바의 특성실험 결과 비틀림 각에 따른 보상력의 크기를 Table.1에서와 같이 정량적 수치로 확인하였다.
- (2) 비틀림 각도별 토크를 확인해본 결과 Fig.6와 같이 최대각 90° 부근에서 1.4Kgf·m의 보상력을 확인하였고, 기구부적 접근만으로 하지용 인체 보조 장치의 개발이 가능함을 확인하였다.

6. 후 기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.2010-0004372).

참고문헌

- (1)H. Kazerooni, Ryan Steger and Lihua Huang, 2006, "Hybrid Control of the Berkely Lower Extremity Exoskeleton(BLEEX)", *The International Journal of Robotics Research* vol. 25, no.5-6, pp. 561-573
- (2)Hirokazu Seki and Susumu Tadakuma, 2004 "Minimum Jerk Control of Power Assisting Robot Based on Human Arm Behavior Characteristic", *International Conference on Systems Manand Cybernetics*, Hague, Netherlands, pp.722-727.
- (3)Yoshiyuki Sankai, 2006, "Leading Edge of Cyernics: Robot Suit HAL", *Proceedings of SICE-ICASE International Joint Conference 2006*, Bexco, BuSan, Korea, pp. 1-2,