

와이어를 이용한 고중량 부재 이송 매커니즘 개발 Design of Heavy Weight Member Transport Mechanism using Wire rope

*추용수¹, 주백석¹, 배기현¹, 정경모¹, #홍대희¹
*Y. Chu¹, B. Chu¹, K. Bae¹, K. Jung¹, #D. Hong(dhhong@korea.ac.kr)¹
¹ 고려대학교 기계공학부

Key words : Robotic Crane, Transport Mechanism, Wire rope

1. 서론

건설 및 물류 운반분야에서 크레인을 이용한 안정적인 부재 이송에 관한 많은 논의가 있다. 본 논문은 와이어를 이용한 고중량 부재의 안정적인 이송 매커니즘 개발에 대한 연구이다. 고중량 부재의 안전한 이송은 건설현장 및 물류 이송에서 중요한 관심 요소이다. 안정적인 고중량 부재 이송을 위해 본 논문에서는 새로운 방식의 와이어를 이용한 이송 매커니즘을 고안하였다. 고층건물 시공 자동화를 위한 볼트 체결 로봇 개발 연구에서 로봇을 이송하는 모바일 매니플레이터의 안정적인 이동은 작업자와 로봇의 안정적인 시스템 유지를 위해 매우 중요한 요소이다. 따라서 본 연구에서는 와이어를 이용한 고중량 부재의 안정적인 이동을 위한 매커니즘을 고안하였다. [1].

2. 와이어를 이용한 기존 시스템

Fig.1 은 트랜스퍼 크레인의 모습이다. 트랜스퍼 크레인은 컨테이너 야드에 설치되어 야드에 운반된 컨테이너를 적재 또는 반출하는데 사용되는 장비로서 대표적인 고중량 물체의 이송 장치이다. 컨테이너를 지지하는 와이어 로프가 컨테이너의 각 꼭지점 부분에 위치하게 되어 와이어에 미치는 힘을 분산시키는 구조로 되어있다.

3. 기존 시스템 매커니즘 분석

Fig.2 는 트랜스퍼 크레인과 유사한 와이어 구조를 고층 건물 시공 자동화를 위한 모바일 매니플레이터 시스템에 적용하면 다음과 같다. 이 구조에 Twisting Force 가 작용하게 되면 Fig.2 (b) 와 같이 와이어가 움직이게 된다.

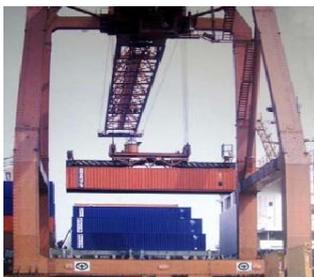


Fig.1 Transfer Crane

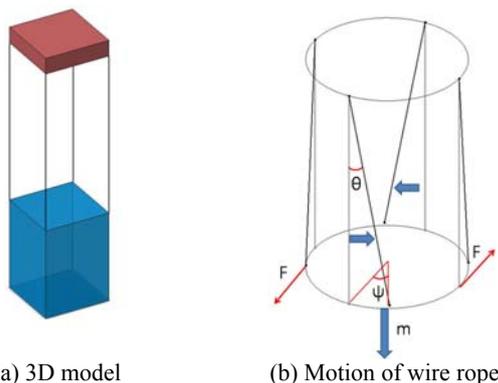


Fig.2 Motion of wire rope by Twisting Force.

와이어가 연결된 양쪽 부분이 정사각형 이라고 가정하고 Twisting Force 가 작용하게 되면 와이어에 의해 연결된 점들은 원기둥의 옆면을 따라서 이동하게 된다. Twisting Force 와 와이어의 움직인 각도 θ 사이의 관계를 구하기 위한 식은 (1)과 같다.

$$2 \int F \cdot r \cdot d\psi = mg\Delta h \quad (1)$$

F : Twisting Force

m : Mass of Member

g : Gravity Force

Δh : Height difference after twisting

ψ : Twisting Angle

Fig.3 은 시뮬레이션을 통한 와이어 길이에 따른 Twisting Force 와 Twisting Angle 의 변화이다. Member 의 중량은 1500kg 으로 가정하였고 와이어의 무게와 마찰력은 무시하였다. Twisting Angle 은 180 도 까지는 증가하다가 그 이후부터 감소하는 것을 볼 수 있다. Twisting Force 는 와이어의 길이가 짧을수록 크게 나타나고 180 도 이후에는 꼬인 와이어의 상대적인 힘 작용으로 인해 Twisting Force 가 감소하는 것을 볼 수 있다.

Fig.4 는 실제 상황에서 일어날 수 있는 20 도 미만에서의 Twisting Force 와 Twisting Angle 의 변화이다. 와이어의 길이가 길어 질수록 Twisting Force 에 급격히 취약해지는 모습을 보이고 있다.

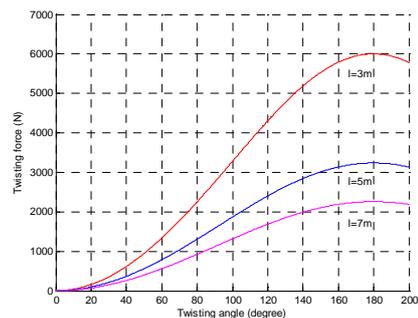


Fig. 3 Simulation result of twisting angle by twisting force

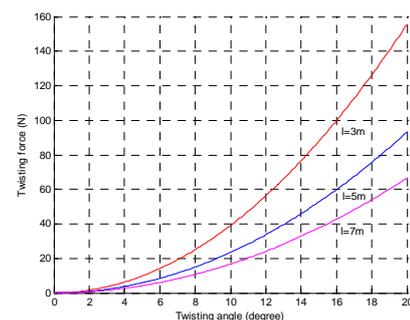
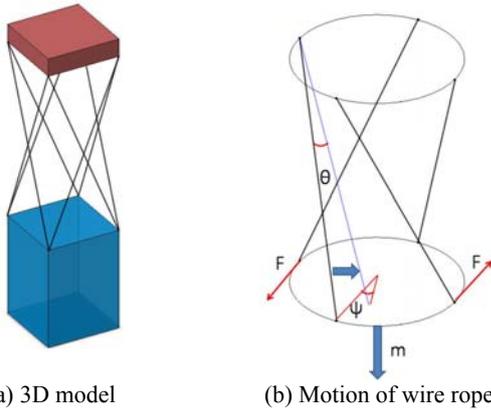


Fig. 4 Simulation result of twisting angle by twisting force (Under 20 degrees of angle)

4. 새로운 시스템 매커니즘 분석



(a) 3D model (b) Motion of wire rope
Fig.5 Motion of wire rope by Twisting Force.

Fig.5 는 와이어를 이용해서 새롭게 고안한 시스템의 모습이다. 부재의 한쪽 꼭지점에서 인접한 양쪽 모서리의 끝부분으로 와이어를 x 자 형태로 연결하였다. 앞서 말한 기존 시스템과 비교하면 와이어가 45 도 각도로 양쪽으로 Twisting 된 모습을 하고 있다. 이와 같은 구조에 Twisting Force 가 작용하면 작용방향으로 기울어진 와이어에만 장력이 작용한다.

Fig.6 은 시뮬레이션을 통한 새로 고안한 매커니즘의 와이어 길이에 따른 Twisting Force 와 Twisting Angle 의 변화이다. 같은 조건에서 기존 매커니즘과 비교해서 Twisting Force 에 약 2-3 배 증가한 것을 알 수 있다. 하지만 90 도 이후에는 Twisting Force 가 감소하는 것을 볼 수 있는데 이는 새로운 매커니즘의 90 도 회전과 기존 매커니즘의 180 도 회전이 같은 형태이기 때문이다.

Fig.7 은 실제 상황에서 일어날 수 있는 20 도 미만에서의 Twisting Force 와 Twisting Angle 의 변화이다. 와이어의 길이가 길어 질수록 Twisting Force 에 급격히 취약해지는 모습을 보이고 있지만 기존 매커니즘과 비교하면 약 30 배 이상 증가하였다. 또한 일정 힘 이하에서는 부재가 Twisting 되지 않는 것을 볼 수 있다.

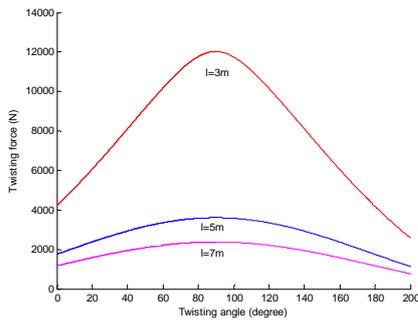


Fig.6 Simulation result of twisting angle by twisting force

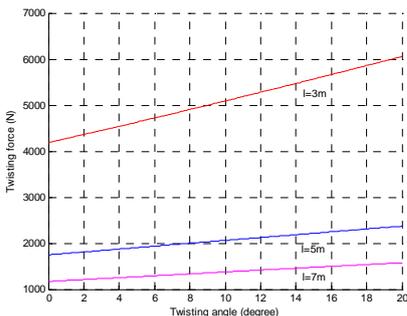


Fig.7 Simulation result of twisting angle by twisting force (Under 20 degrees of angle)

5. 실험



Fig.8 Experimental setting of transport mechanism using wire rope

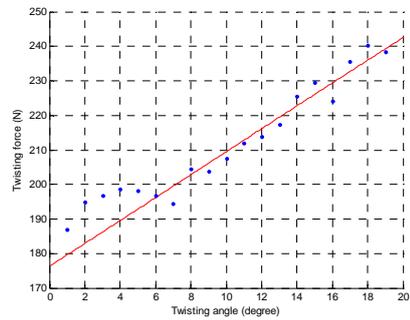


Fig.9 Experimental result of transport mechanism using wire rope

Fig.8 은 새롭게 고안한 매커니즘의 실험을 위해서 제작한 실험 모형이다. 실험을 통해 시뮬레이션 결과와 비교하였다. Member 에 해당하는 부분의 무게는 100kg 이고 와이어의 길이는 1m 이다.

6. 결론

Fig.9 는 새롭게 고안한 매커니즘의 실험을 통해서 시뮬레이션 결과와 비교한 그래프이다. 각도를 변화시키면서 측정된 Twisting Force 의 값을 시뮬레이션 결과와 비교하였다. 처음 10 도 미만에서는 시뮬레이션 결과보다 높은 측정값을 기록하였고 10 도 이후에는 비교적 시뮬레이션 결과와 비슷한 측정값을 얻었다. 실험을 통해서 새롭게 고안한 매커니즘을 이용하면 Twisting Force 에 강한 부재 이송장치의 개발의 가능성을 확인할 수 있었다. 와이어를 이용한 새로운 부재 이송 매커니즘을 고층건물 시공 자동화 모바일 매니플레이터 개발에 활용하면 보다 안정적인 로봇의 이송과 작업자의 안정성을 도모할 수 있을 것이다.

후기

본 연구는 2009 년 국토해양부가 지원한 “로보틱 크레인 기반 고층 건물 구조체 시공 자동화 시스템 개발(과제 번호: 06 첨단융합 D01)”사업을 통해 수행되었습니다.

참고문헌

1. B. Chu, K. Jung, Y. Chu, D. Hong, Y. Lee and K. Ko “Robotic Automation System for Steel Beam Assembly in Building Construction,” International Conference on Automation Robots and Agents 2009 .