

# 초고층 빌딩 유지보수를 위한 클라이밍 메커니즘 설계 Design of Climbing Mechanism for High-Rise Building Maintenance

\*문성민<sup>1</sup>, #홍대희<sup>2</sup>, 김종현<sup>3</sup>

\*S. M. Moon<sup>1</sup>, #D. H. Hong(dhong@korea.ac.kr)<sup>2</sup>, J. H. Kim<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> 고려대학교 기계공학과

Key words : Climbing mechanism, High-Rise building maintenance, Curtain-Wall

## 1. 서론

최근 건축 패러다임의 변화에 의하여 100 층 이상의 초고층 빌딩의 건축이 급격하게 증가하고 있다. 초고층 빌딩은 단독의 경제성도 높지만, 부수적인 효과로 건물의 건설 비용을 만회할 수 있기 때문에 선진국을 중심으로 경쟁적인 초고층 빌딩의 건축이 이루어지고 있는 추세이다. 수평적 도시에 수직적 확장의 형태로 시공되고 있는 초고층 빌딩은 도시와 입체적 만남을 통해 도시의 정체성을 높이고 토지를 효율적으로 이용할 수 있는 긍정적인 효과를 수반한다. 이러한 상징으로써 초고층 빌딩은 그 규모와 도시건축의 기능성으로 볼 때, 도시기능과 환경, 사회문화적으로 미치는 영향력은 매우 크다는 것을 알 수 있다.

하지만 많은 초고층 빌딩의 건축은 시공 및 유지관리를 하는데 있어서 소요되는 비용이 증가하고 있고, 이런 문제점은 외벽 시공 시 경제성, 안정성, 시공성 확보에 많은 어려움을 동반하여 유지 관리에 많은 비용이 든다. 실제 초고층 건물 외벽의 유지보수는 작업환경의 특징상 인력투입에 매우 위험성이 높은 작업들이 대부분이다. Fig.1 에서와 같이 도장/청소, 유지보수 작업은 현재 인력에 의한 로프작업과 곤돌라를 이용한 방법으로 대부분 이루어지고 있으며, 이 모두는 고소지역으로 인한 강한 바람과 돌풍 등의 악천후로 인해 추락재해의 위험에 노출되어 있는 것이 사실이다. 이뿐 아니라 재래식 인력작업의 경우 제한된 공간과 기술능력으로 작업의 반복성 증가와 기능공에 따른 습득능력 차이로 유지보수에 많은 차이를 나타내고 있어 차후 시공 및 유지보수 측면에서 품질의 저하가 우려되고 있다.

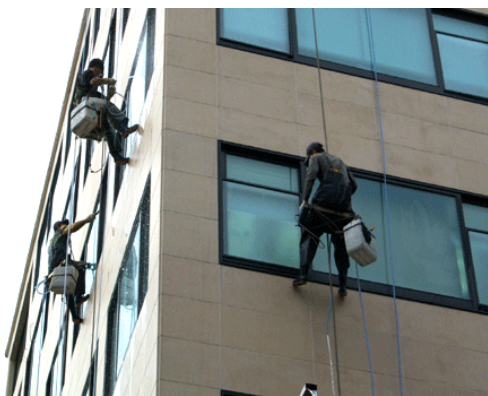


Fig. 1 High-Rise Building Maintenance Worker

이런 문제의 해결책으로 초고층 구조물 외벽의 시공, 유지보수 단계에서 기존 인력이나 특수 공법을 이용하는 방법에 대해서 기술적 장단점을 분석한 유지보수 시스템의 필요성이 요구된다.[1-4]

본 연구에서는 초고층 빌딩의 시공에서 가장 많이 사용되는 Curtain-Wall 시공법에 기준한 유지보수를 위한 클라이밍 로봇 시스템을 설계하도록 한다. 마감재의 고급화와 대형화에 따른 Curtain-Wall 시공법은 넓은 시야확보와 디자인적 요소를 강조함에 따라 건물의 외관이 특이하게 변형하게 되고, 이에 따라 외장재의 시공에 많은 어려움이 따르

게 되므로 기존의 외관을 변경시키지 않는 범위 내에서 Curtain-Wall 수정하여 설계하고, 이에 적용을 위한 클라이밍 메커니즘 개발하여 그 적용성의 타당성을 검증해 본다.

## 2. Modified Curtain-Wall

현재 초고층 빌딩의 외벽 시공을 하는데 있어서 가장 많이 사용되는 시공 방법은 Curtain-Wall 방식이다. 보통 Curtain-Wall 은 건물의 설계와 동시에 설계되어 시공에서 사용되는 것이 보통이다. 이 연구에서는 초고층 빌딩의 외벽등반을 하는데 있어 Curtain-Wall 을 클라이밍 로봇의 등반 방식에 맞도록 수정하여 설계한 후 적용하였다. Fig.2 은 수정된 Curtain-Wall 의 세부 변경 사항을 보여준다. 클라이밍 로봇 시스템이 이동함에 있어서 Gripper 에 의해 고정될 수 있는 구조로 설계되어 있고, Sliding 을 통한 이동을 원활하게 하기 위한 구조로 이루어져 있다.

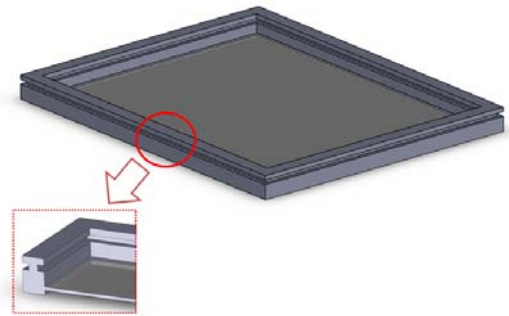


Fig. 2 Modified Curtain-Wall

실제 Curtain-Wall 은 설계에 있어서 기능성과 시공성이 가장 중요한 요소를 담당하고 있지만, 디자인 측면이 강조되고 있는 최근의 추세에 따라 외형의 변화를 최소화하는 설계 방식을 택하였다.

## 3. Assistant Climbing Mechanism

초고층 유지보수 로봇시스템의 설계에서 등반 부분의 메커니즘은 크게 Curtain-Wall 간의 이동 역할을 수행하는 Assistant Climbing Mechanism(ACM)과 ACM 의 이동경로 제어 및 Curtain-Wall 내부에서 유지보수 유닛의 활동을 제어하는 Main Maintenance Control System(MMCS)으로 나눌 수 있다.

여기서 ACM 은 크게 Grip 과 Slide 의 2 가지 역할을 수행한다. 일반적인 모바일 로봇과 같이, 지면을 이동하는 로봇은 중력(G)의 영향을 크게 고려할 필요가 없지만 초고층 빌딩과 같이 지면과 수직하는 면에 대한 작업을 수행하는 시스템의 개발에 있어서 중력은 중요한 고려 요소 중 하나이다. 외벽의 수직적 이동과 수평적 이동을 하는데 있어서 클라이밍 로봇은 Gripping 과 Sliding 을 번갈아 수행함으로써 벽면 이동의 역할을 수행하게 된다. Fig.3 에서 보듯이 ACM 에 달린 Gripper 부분은 수직 또는 수평으로 Curtain-Wall 을 이동함에 있어서 한 방향의 움직임을 고정해 주는 역할을 담당한다. 이는 초고층 유지보수 로봇 시스템의 작업 수행에 있어서 로봇이 미끄러지거나 벽면에서 떨어질

수 있는 위험 요소를 예방할 수 있다. 그리고 Sliding 부분은 Gripper 와 연동하여 바퀴와 Curtain-Wall 간에 일정한 마찰력을 유지함으로써 수직/수평적 이동을 원활하게 해주는 역할을 수행하게 된다. 또한, 두 부분으로 나누어진 ACM 은 곡선형태의 Curtain-Wall 을 이동하는데 도움을 준다.

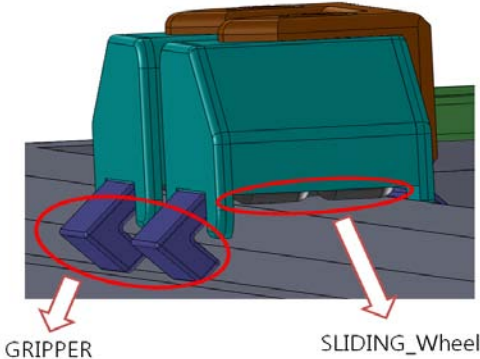


Fig.3 Assistant Climbing Mechanism

#### 4. Main Maintenance Control System

유지보수를 위한 클라이밍 로봇 시스템에 있어 Main Maintenance Control System(MMCS)은 크게 ACM 의 이동경로 제어를 통한 Curtain-Wall 간의 이동과 Curtain-Wall 내부에서의 MMCS 이동을 담당하는 부분, 유지보수를 위한 Tool 과 Sensor 등의 제어를 담당하는 부분 2 가지로 역할을 나눌 수 있다. ACM 과의 연동을 통한 제어를 수행하기 위한 내부 시스템의 구성은 Fig.4 에서 나타난다.

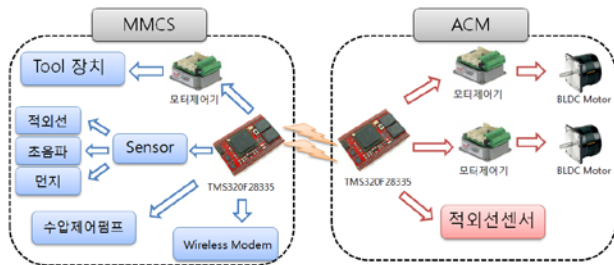


Fig.4 Consist of Main Control System

MMCS 와 ACM 의 제어는 TMS320F28335 를 사용하여 이루어지며, 프로세서간의 통신은 Bluetooth 로 연결되어 있다. ACM 의 프로세서는 모터제어기를 통해 Gripper 와 Sliding 부분의 모터를 제어하고, Curtain-Wall 을 인식하기 위한 적외선 센서신호 처리를 수행한다. MMCS 에서는 통합제어 컴퓨터로부터 받은 제어명령을 Wireless-Modem 을 통해 통신하고, 전달받은 명령에 따른 Autonomous Navigation 신호를 ACM 과 통신함으로써 클라이밍 작업을 수행하게 된다. 또한 유지보수를 위한 Tool 을 제어하기 위한 모터제어를 수행하고, 적외선센서, 조음파센서, 먼지센서 등을 통해 상태정보를 획득할 수 있다. 또한 펌프제어시스템을 통해 청소 시에 물공급을 제어할 수 있다.

Curtain-Wall 클라이밍 메커니즘을 적용시킨 초고층 빌딩 유지보수 로봇 시스템의 전체적인 시스템은 Fig.5 에서 나타난다. 중앙의 MMCS 는 Curtain-Wall 내부에서 유지보수 작업을 수행하기 위해 수직/수평으로 움직일 수 있는 구조로 이루어져 어떤 공간이든지 접근이 용이하다. 또한 Curtain-Wall 간의 이동 시에는 수직축에 있는 2 개의 ACM 의 구동에 의해 상하로 이동할 수 있고, 수평축에 있는 2 개의 ACM 의 구동에 의해서 좌우로 이동할 수 있다.

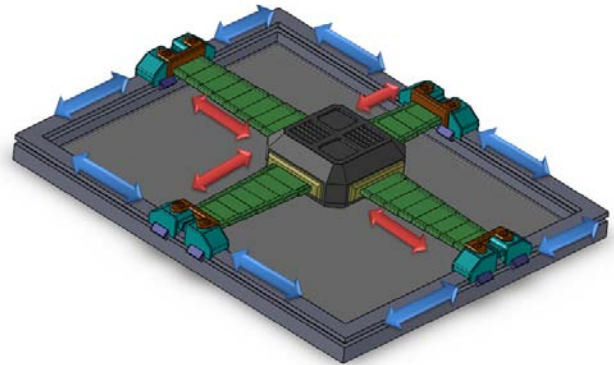


Fig. 5 Curtain-Wall Climbing Mechanism System

MMCS 와 ACM 의 연결부는 레일 구조를 띄고 있어 자유자재의 길이 조절이 가능하여 Curtain-Wall 크기가 변경되더라도 쉽게 적용시킬 수 있다.

#### 5. 결론

초고층 빌딩의 시공을 하는데 있어서 가장 많이 사용되는 방식인 Curtain-Wall 을 기준한 클라이밍 메커니즘 시스템을 설계하였다. Main Maintenance Control System 에 의해 제어되는 Assistant Climbing Mechanism 을 통해 수정된 Curtain-Wall 이 적용되는 초고층 빌딩에서의 외벽등반 및 유지보수를 수행할 수 있도록 하였다. Curtain-Wall 클라이밍 메커니즘 시스템의 설계에 따라 기능 인력에 의해서 이루어지던 초고층 빌딩의 유지보수 작업을 로봇화 또는 자동화함으로써 작업 수행에 필요한 인력을 감소할 수 있고, 전체적인 작업 생산성, 안전성, 시공성의 향상과 비용절감의 효과를 기대할 수 있다.

#### 후기

본 연구는 2009 년 국토해양부가 지원한 “로보틱 크레인 기반 고층 건물 구조체 시공 자동화 시스템 개발(과제 번호: 06 첨단융합 D01)” 사업과 BK21 지원에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. M. Moronti, M. Sanguineti, M. Zoppi, R. Molfino, “Robo climber: proposal for online gait planning”, 7<sup>th</sup> ICCWR CLAWAR04, Madrid, Spain, 2004
2. N. Elkmann, D. Kunst, T. Krueger, M. Lucke, T. Bohme, T. Felsch, and T. Sturze, “SIRIUSc – Façade Cleaning Robot for a High-Rise Building”, Munich, Germany, 2004
3. D. Longo, G. Muscato, S. Sessa, “Simulation and locomotion control for the Alicia climbing robot”, 22<sup>nd</sup> ISARC 2005, Ferrara, Italy, 2005
4. A. Faina, D. Souto, A. Deibe, F. Lopez-Pena, R.J. Duro, X. Fernandez, “Development of a Climbing Robot for Grit Blasting Operations in Shipyards”, ICRA, Kobe, Japan, 2009