

# 초고층 외벽 청소로봇의 성능조건 분석

## Analysis of Performance Requirements of a Wall-cleaning Robot

김 창 한\*      한 재 구\*\*      김 균 태\*\*\*

Kim, Chang-Han    Han, Jae-Goo    Kim, Kyoon-Tai

### Abstract

External wall cleaning is a task that is currently being performed by human workers. The recent surge in the number of high-rise buildings has led to such problems as difficulties in cleaning the wall, high risk to the specialized workers, and increased maintenance expenses. As a fundamental measure to perform external wall cleaning work in a safer manner, automation/mechanization has been on the rise. This research aims to classify façade types and analyze the performance requirements of a wall-cleaning robot, as preliminary research to develop a wall-cleaning robot. The replacement of specialized workers with robots is expected to improve both safety for workers and quality of cleaning.

Keywords : Skyscraper, External Wall, Built-in Guide, Cleaning Robot, Performance Requirement

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 초고층 건축물이 급증하는 추세이며, 이런 초고층 건축물 시공에 따른 각종 첨단기술에 특수 자재가 사용되어 건축비가 일반 빌딩보다 2~3배 이상 들면서 유지관리비도 함께 상승되고 있다.

현재 건축물의 유지관리 중 외벽 청소작업은 경제성, 생산성 등으로 인하여 국내에서는 대부분 인력을 활용하고 있다. 그러나 초고층 건축물의 높이는 인력에 의한 외벽 청소의 최대 범위인 200m를 초과하기 때문에, 작업의 어려움이 발생하며, 옥상에 설치된 로프에만 의지해야하는 위험한 작업이기도 하다. 이에 초고층 건축물의 외벽청소를 보다 경제적이고, 안전하게 수행하기 위한 근본적인 대책이 마련되어야 한다. 이러한 안전대책 중 하나로, 초고층화 건축물의 외벽청소를 자동화/기계화하여야 한다는 주장이 힘을 얻고 있다.[1]

본 연구의 목적은 초고층 건축물의 외벽 청소로봇을 개발하기 위한 선행연구로써, 외벽유형을 분류하고 청소로봇의 성능조건을 분석하는 것이다. 이를 통하여 기존의 외벽 청소작업을 초고층 외벽 청소로봇으로 대체하기 위한 기반을 마련하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 초고층 건축물을 대상으로 연구를 수행하기 때문에, 유지관리업무 중 가장 빈번하게 수행되는 청소작업에 목표를 두고 연구를 진행한다. 또한 다양한 건축물 외벽 청소방식 중 초고층 건축물의 외벽 청소는 돌풍 등 외부환경에 영향을 적게 받는 Guide Rail 시스템이 적합하기 때문에, Built-in Guide형 로봇 개발에 한정한다. 연구방법은 Built-in Guide형 로봇현황 조사를 기반으로 관련전문가 자문을 통해 초고층 외벽유형을 분류하고 청소로봇의 성능조건을 도출하는 것으로 한다.

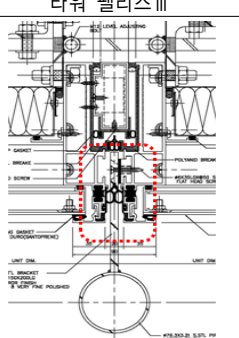
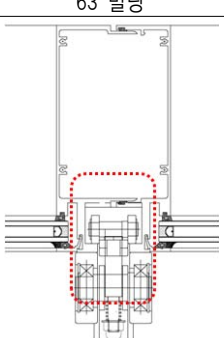
## 2. Built-in Guide형 로봇현황

국외에서는 일본 Nihon Bisoh사를 필두로 유럽 등 곤돌라 및 Guide Rail 시스템을 기반으로 외벽청소에 대한 상용화 연구가 많이 진행된 상황이다. 그 중 Built-in Guide를 적용한 수평이동 로봇은 Nihon Bisoh사[2]의 사례가 대표적이며, 일본 요코하마 랜드마크 타워 등 다수의 건축물에 적용되었다. 그리고 Built-in Guide를 적용한 수직이동 로봇은 유럽 iku사[3]의 iku시스템 등이 있으며, 창문외부에 부착된 와이퍼가 멀리인 내부에 설치된 벨트에 의해 수직이동하며, 커튼월 외벽을 청소하는 방식이다.

현재 국내에는 Built-in Guide형 로봇이 적용된 건축물은 없으며, 이와 유사한 곤돌라 레일시스템이 적용된 건축물로는 63빌딩, 무역 센터, 포스코 센터 등이 있으나, 시공오차나 변형관리 미흡으로 활용도가 저조하다.

\* 한국건설기술연구원 건설관리경제연구실 연구원  
\*\* 한국건설기술연구원 건설관리경제연구실 수석연구원  
\*\*\* 한국건설기술연구원 건설관리경제연구실 수석연구원, 공학박사 (ktkim@kict.re.kr)

표 1. 국내 건축물의 곤돌라 레일시스템 Profile 도면

구분	타워 펠리스 III	63 빌딩
Profile		
System 구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 외기 차단 시스템 : Thermal Break + Gasket</li> <li>- 수밀, 기밀 성능 : Guide Rail 내측으로 2,3차 Gasket과 Sealant로 차단</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guide Rail이 외기에 직접적으로 노출 됨.</li> <li>- 수밀, 기밀 성능 : Guide Rail 내측의 2중 Gasket으로 차단</li> </ul>
장단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Thermal Break와 외부 Gasket을 통해 외기 차단에 비교적 유리함.</li> <li>- 외부 작업시 Gasket을 제거해야만 작업이 가능함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guide Rail과 Aluminum Frame이 일체형으로 공간 확보에 비교적 유리함.</li> <li>- 비 단열바 사용으로 단열, 결로 성능 확보가 어려움.</li> </ul>

### 3. 초고층 건축물의 외벽유형 분류

초고층 건축물의 외벽유형은 청소로봇운용을 고려해서 평면기준, 입면(측면)기준, 치장기준 등으로 구분할 수 있다.

첫째, 로봇의 수평이동을 고려한 평면기준의 고려요소는 곡률, 모서리 돌출 및 함몰(90도, 135도, 270도 등), 단거리 모서리 변화, 이질재 결합 등이 있다. 둘째, 로봇의 수직이동을 고려한 입면(측면)기준의 고려요소는 곡률, 모서리 돌출 및 함몰(90도, 135도, 270도 등), 이질재 결합, 상이한 기능 공간 결합(벨트트러스) 등이 있다. 셋째, 로봇의 수직수평동선을 고려한 치장기준의 고려요소는 기능(컨틸레버, 외부루버), 디자인(2중 외피, 광고)등이 있다.

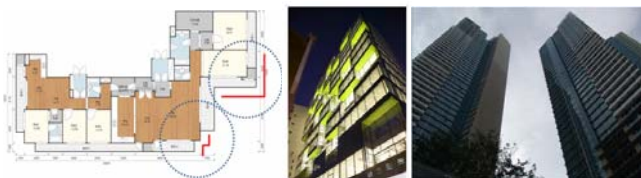


그림 1. 커튼월 건축물의 평면, 입면(측면), 치장

### 4. 초고층 외벽 청소로봇의 성능조건

초고층 건축물의 외벽유형에 따른 Built-in Guide형 청소로봇의 개발을 위해 성능조건을 분석하였으며, 그 성능조건으로 다양한 커튼월 Unit, 건축물의 Non-Typical 구간, 외벽(C/W)의 허용오차(시공, 변위) 등이 도출되었다.

첫째, 외벽(C/W) 입면의 다양한 Size의 Module과 외부 돌출 장식물과의 간섭에 대한 대응력 마련이 필요하다. 둘째, 건축물의 Typical(평면)구간에서 곡면 및 경사부에도 범용으로 사용가능하며, Corner 및 돌출부, 함몰부와 같은 Non-Typical구간에도 적용 가능한 로봇개발이 필요하다. 셋째, 외벽(C/W) 설치 후 시공 오차 및 온도변화에 따른 변위, 건축물의 기동축소에 의한 변위 발생하기 때문에, 허용오차(시공, 변위)를 극복할 수 있는 로봇이 필요하다.

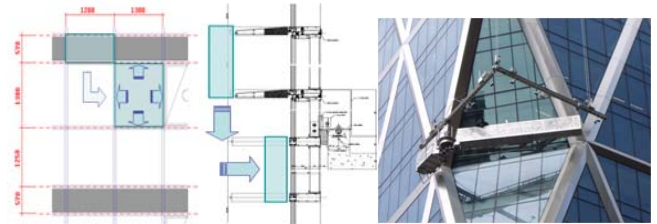


그림 2. 외벽(C/W)의 다양한 제한요소

### 5. 결 론

최근 초고층 건축물이 급증하는 추세이다. 이런 초고층 건축물은 유지관리의 비용 및 작업위험도가 기존 건축물보다 크게 증가하는 것으로 예측되고 있다. 따라서 초고층 건축물의 위험한 외벽 청소작업을 안전하게 수행하기 위해서 자동화/기계화가 필요하다. 이에 본 연구에서는 국내외 Built-in Guide형 로봇의 현황을 조사하였으며, 현재 국내는 적용사례가 없는 것으로 파악되었다. 또한 관련전문가 자문을 통해 초고층 외벽유형을 분류하였으며, 그에 따른 청소로봇의 성능조건을 도출하였다. 이를 통하여 기존의 외벽 청소작업을 초고층 외벽 청소로봇으로 대체하여 외벽청소의 안전 및 품질을 향상시킬 것으로 기대한다.

### 감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2010년도 건설기술혁신사업(과제번호: 10기술혁신E03)의 지원으로 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. 김군태, 한재구, 김창한, 초고층 건축물 외벽 유지관리 작업의 분석 및 개선, 한국건설관리학회 추계학술발표대회 논문집, pp.359~360, 2010,11
2. <http://www.bisoh.co.jp>
3. <http://www.iku-windows.com>