

# 고층 건축을 위한 수직외벽 청소로봇의 작업 시나리오 개발

## Development of a Vertically Moving Scenario of Robotic Exterior Wall Cleaning for High-rised Building

김 균 태\*

김 창 한\*\*

한 재 구\*\*\*

Kim, Kyoon-Tai

Kim, Chang-Han

Han, Jae-Goo

### Abstract

Recently, the number of high-rise buildings has been on the rise, which has meant that maintenance cost has increased by two and three times, along with the increase in the construction cost. It is suggested that the use of an auto-cleaning robot could increase the productivity and safety of cleaning work, which is mostly done outside of a building. In particular, the guide rail on a high-rise building could be useful in this capacity, as it has the advantage of not being significantly influenced by factors of the external environment, including wind pressure. For this reason, this research is preliminary research into a cleaning automation for a high-rise building, and aims to draw up a scenario for the vertically moving robot.

키 워 드 : 초고층 건물, 외벽, 유지관리, 청소, 재해예방, 건설자동화

Keywords : high-rise building, exterior wall, maintenance, cleaning, disaster prevention, construction automation

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

최근에 건설 프로젝트가 점차 고층화·대형화되면서, 이들에 대한 유지관리 문제가 제기되고 있다. 초고층 건축물 외벽의 유지관리 작업은 주로 청소작업이라 할 수 있는데, 이 분야에서도 기능공 고령화, 신규인력 유입부족 등의 문제가 나타나고 있기 때문이다.<sup>1)</sup> 이러한 국내의 기존 외벽청소 작업은 대부분 인력에 의존하고 있으므로, 노무자의 추락 등의 위험에 항상 노출되어 있고 작업생산성을 향상시키는데 한계가 있는 실정이다.<sup>2)</sup> 따라서 자동화된 초고층건축물 외벽 청소 기술의 개발이 시급한 것으로 판단된다.

본 연구의 목적은 초고층건축물 외벽 청소를 위한 자동화로봇 기술 개발의 선행연구로서, 로봇 시스템의 작업방향의 장단점을 분석하고, 이에 근거한 외벽청소 작업의 시나리오를 개발하는 것이다. 이를 통하여 초고층 외벽 청소용 로봇 개발의 기반을 제공하고, 궁극적으로는 건설 유지관리 작업의 생산성, 품질, 안전도 향상에 기여하는 것이다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구의 범위는 Guide Rail형 로봇 시스템의 작업시나리오

에 한정한다. 이를 위하여 우선 외벽 유지관리 시스템관련 문헌고찰을 통해 작업시나리오를 위한 가정 등 고려사항을 도출한다. 그리고 수직과 수평의 로봇 작업방향을 선정하여, 선정된 방식에 따른 외벽청소로봇의 작업시나리오를 도출하도록 한다.

## 2. 기존연구의 고찰

초고층 외벽청소 시스템과 관련된 기존의 연구는 표 1.과 같다. 본 연구와 유사한 수평청소로봇에 대한 작업시나리오는 제안된 바 있으나, 곤돌라 등 기존장치 이용이 가능하고, 청소작업에 중력을 활용하는 등 효율이 더 높고 안전할 것으로 예상되는 수직 청소로봇에 대한 시나리오는 없다.

표 1. 외벽청소시스템 관련 주요연구

구분	발표자	내용요약
유지관리 작업절차 분석	김대건 외(2011) <sup>1)</sup>	-외벽청소 공정절차를 분석하고, 공정별 요소기술을 도출함
	Kim et al(2011) <sup>2)</sup>	-외벽청소 공정절차를 분석하고, 수평청소로봇의 작업시나리오 제안
비용증가 요인분석	김창한 외(2011) <sup>4)</sup>	-고층건축물 외벽청소를 위해 Guide Rail형 유지관리 시스템을 제안하고, 이에 따른 비용증가요인을 분석
로봇의 성능분석	김창한 외(2011) <sup>3)</sup>	-초고층 건축물 외벽유형을 분류하고, 이에 따른 청소로봇의 성능조건을 도출함

\* 한국건설기술연구원 건설관리·경제연구실 수석연구원, 공학박사, 교신저자(ktkim@kict.re.kr)

\*\* 한국건설기술연구원 건설관리·경제연구실 연구원

\*\*\* 한국건설기술연구원 건설관리·경제연구실 수석연구원

### 3. 시나리오 고려사항 설정

Built-in Guide형 청소로봇 개발을 위해서는 실질적인 작업범위와 작업방법 및 순서, 로봇의 구성품 등에 대한 사전 설정 필요하다. 본 연구는 이러한 설정을 위한 기초자료를 마련하는 방법으로 외벽 청소작업의 시나리오를 개발하였다. 외벽 청소 샘플시나리오는 1.작업준비, 2.본작업, 3.작업마무리 등 크게 3단계로 구분된다. 그리고 청소로봇의 활용도를 높이기 위하여 로봇에 대한 소유권은 건축주가 갖지 않고, 전문업자로부터 임대하여 사용하는 것으로 가정하였다. 이럴 경우 세부작업은 a.청소로봇 하역, b.운반, c.청소로봇 부착설치, d.청소로봇 세팅·예비가동, e.청소수행, f.로봇 회송, g.로봇 수평이동, h.청소용품보충, i.청소로봇 탈착·뒷손질, j.운반, k.상차 등으로 정리된다. 이때 e.~h.의 작업은 건물의 청소가 종료될 때까지 반복된다. 청소속도는 버즈 두바이 빌딩의 수작업 외벽 청소 사례에서 면적과 시간을 산출하여 속도를 약산하였으며, 이를 근거로 최소 작업속도를 1.25m/min, 작업시간은 약 1hr/회로 설정하였다.

### 4. 청소로봇의 작업 시나리오

#### 4.1 수직청소로봇 구동방법 정의

Built-in Guide형 청소로봇은 청소방향에 따라 그림 1과 같이 수평청소로봇, 수직청소로봇으로 구분할 수 있다. 수평청소로봇은 건축물 4개의 모서리에 곤돌라와 같은 도킹스테이션(D/S)이 상하로 구동하고 도킹스테이션에서 수평이동하는 로봇이 나와서 청소작업을 수행하는 방식이다. 수직청소로봇은 옥상바닥을 따라서 D/S가 수평으로 구동하고, D/S에서 나온 로봇이 하향이동하며 청소작업을 수행하는 방식이다. 수직청소로봇은 청소작업에 중력 활용, 로봇운영자의 안전도, 기존 시설활용 등의 장점이 있다. 따라서 본 연구는 수직청소로봇의 작업시나리오를 개발한다.

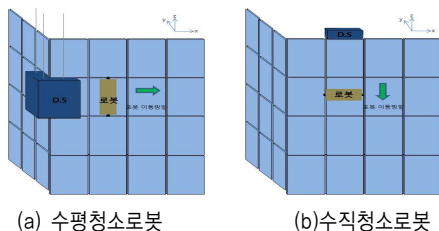


그림 1. 청소 방향에 따른 청소로봇의 구동방법 비교

#### 4.2 수직청소로봇의 작업 시나리오

수직청소로봇의 작업시나리오는 표 2와 같이, 첫째, 로봇을 옥상으로 운반하여 D/S에 부착 후 셋팅하는 작업준비 단계를 거치고, 둘째, 로봇이 D/S로부터 나와 건축물 외벽에 부착되어 수직이동하며 물분사, 세제분사, 스키징 등의 청소작업을 수행하고, 1개 열 청소가 종료되면 D/S로 회송되어 옆열로 수평이동하는 본

작업 단계를 수행한 후, 셋째, 청소완료 후, D/S에서 로봇을 탈착하고 세척배수 등 뒷손질하여, 다시 트럭에 상차하는 작업마무리 단계를 거친다.

표 2. 수직이동 로봇의 작업 시나리오

작업명	작업자		작업장소		로봇이동방향	
	사람	기계	실외	실내	수평	수직
a.청소로봇을 트럭에서 하역	C		○			
b.청소로봇을 옥상으로 운반	C		○	○		ELV
c.청소로봇을 D/S에 설치	C		○			
d.청소로봇 세팅·예비가동	○	R	○			
e.외벽청소수행(옥상→바닥)		R	○			○
f.로봇회송(바닥→옥상)		R	○			○
g.옆 열문으로 수평이동		R	○		D/S	
h.청소용품 보충	○	R	○			
i.로봇탈착·뒷손질	○		○			
j.청소로봇을 트럭으로 운반	C		○	○		ELV
k.청소로봇을 트럭에 상차	C		○			

C: 청소로봇 운반용 전용캐리어 활용      ○: 해당됨  
 ELV: 건물의 엘리베이터 활용              R: 청소로봇  
 D/S: 청소로봇의 수평이동을 위해 옥상에 설치된 도킹스테이션

### 5. 결 론

최근 초고층 건축물이 급증함에 따라 유지관리비 절감, 작업 안전성 확보 등을 위한 기술적 대안으로, Guide Rail 기반 유지관리 시스템의 개발요구가 제기되고 있다. 본 연구는 초고층 건축물 외벽 청소 자동화/기계화의 선행연구로서, 작업시나리오를 위한 가정 등 고려사항을 도출하고, 수직청소방식을 선정하여, 수직 청소로봇의 작업시나리오를 도출하였다.

### 감사의 글

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

### 참 고 문 헌

- 김대건, 김복규, 고층건물 외벽 유지보수 건설로봇 시스템 개발을 위한 청소공정 작업절차 분석, 2011년 춘계학술발표대회논문집(산업계), 한국건축사공학회, 제11권 제1호, pp.79~81, 2011.5
- 김창한, 한재구, 김균태, 초고층 외벽 유지관리용 Guide Rail 설치에 따른 커튼월 공사비 증가요인 분석, 2011년 춘계학술발표대회논문집(산업계), 한국건축사공학회, 제11권 제1호, pp.99~100, 2011.5
- 김창한, 한재구, 김균태, 초고층 외벽 청소로봇의 성능조건 분석, 2011년 춘계학술발표대회논문집(산업계), 한국건축사공학회, 제11권 제1호, pp.91~92, 2011.5
- Chang-Han Kim, Jae-Goo Han, Kyoon-Tai Kim, Building of a Sample Scenario of a Built-in Guide Type Robot for External Wall Maintenance Work of a Skyscraper, ISARC2011, 2011.6