

건축물 외벽용 가이드레일 청소 로봇의 경제성 분석

Economic Analysis on the Built-in Guide Rail Type Building Facade Cleaning Robot

김 균 태* 한 재 구** 김 창 한***
Kim, Kyoon-Tai Han, Jae-Goo Kim, Chang-Han

Abstract

In recent years, the number of high-rise buildings has been on the rise. As buildings have become larger in scale, significantly different issues related to their construction and maintenance have emerged. In addition, the automation and mechanization of the cleaning work for the curtain wall, one of the most frequently-performed tasks in building maintenance, is required as a fundamental measure. For this reason, a guide-rail type cleaning robot system is emerging as one of the measures in response to external factors, including gust. The major objective of this study is to propose an economic feasibility forecasting model and to apply the a building facade cleaning robot which is now under development.

Keywords : cleaning robot, guide rail, life cycle cost, LCC

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근에 국내에 초고층건축물 개발계획이 급증하고 있다. 이러한 초고층 건축물은 시공방법 뿐만 아니라, 외벽청소 등 유지관리의 방법도 달라지게 된다. 왜냐하면 기존에 건축물 외벽청소 작업은 빗줄에 의존한 인력위주의 작업이었는데, 건축물의 높이가 높아지게 되면서 이러한 인력위주의 작업이 어려워지기 때문이다. 따라서 초고층 건축물 외벽에 작업원 없이 안전하게 작업이 가능한 외벽 청소방식으로 가이드레일(guide rail) 청소로봇 시스템을 제시되고 있다.

가이드레일 청소로봇 시스템이란, 건축물 외벽에 가이드레일을 설치하고, 설치된 가이드레일을 따라 청소로봇이 이동하면서 건축물 외벽을 청소하는 것을 말한다[1]. 하지만 현재 국내에는 가이드레일 청소로봇 시스템을 개발·적용한 사례가 없고, 해외 시스템을 도입·활용한 사례도 많지 않은 실정이므로, 가이드레일 청소로봇 시스템의 경제성을 판단하기 매우 어려운 상황이다. 따라서 본 연구의 목적은 생애주기비용(Life Cycle Cost ; LCC)분석을 통해 가이드레일 청소로봇 시스템의 경제성을 분석하는 것이다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 우선 인력에 의존한 재래식 청소방법을 정리하고, 그 절차를 분석한다. 다음으로 가이드레일 청소로봇 시스템을 고찰하고, LCC분석모델을 설정한다. 그리고 분석을 위한 가정을 설정하여 LCC 분석을 수행한다.

2. 재래식 청소 방법 고찰

국내 건축물의 외벽 청소작업에서 가장 많이 적용되는 방식인 수작업은 그림 1과 같이, 작업원이 빗줄에 직접 매달리거나 곤돌라에 타고 진행한다. 청소작업 프로세스는 1. 청소재료 및 작업도구 준비, 2. 청소작업을 위한 안전장치 설치, 3. 자세잡기 및 작업도구 세팅, 4. 청소작업 실시, 5. 로프철수 및 안전장치 해체로 구성된다[2].



그림 1. 인력에 의한 외벽청소 작업

* 한국건설기술연구원 건설관리경제연구실 수석연구원, 공학박사, 교신저자(ktkim@kict.re.kr)
** 한국건설기술연구원 건설관리경제연구실 수석연구원
*** 포스코A&C 기술연구소 대리

3. 가이드레일 청소로봇

가이드레일 청소로봇은 수평청소로봇과 수직청소로봇으로 구분할 수 있다. 이 중 수평청소로봇은 그림 2와 같이, 건축물 4개의 모서리에 곤돌라와 같은 도킹스테이션(D/S)이 상하로 구동하고 도킹스테이션에서 수평이동하는 로봇이 나와서 청소작업을 수행하는 방식이다. 이러한 가이드레일 청소로봇의 예상도는 그림 3과 같다.

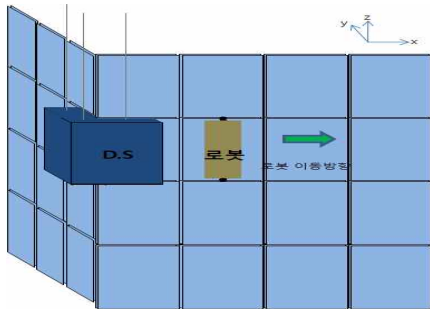


그림 2. 수평청소로봇

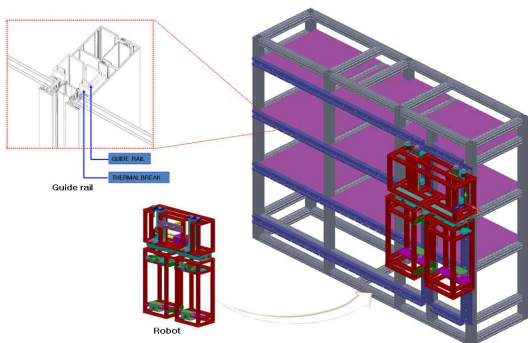


그림 3. 가이드레일 청소로봇의 예상도

4. 경제성 분석

4.1 LCC 분석 모델 설정

가이드레일 청소로봇을 도입하기 위해서는 그림 4와 같이 장비 도입 비용이 원가절감금액보다 작거나 같아야 한다. 이러한 판단을 수행함에 있어서, 단순히 초기투자비만 고려하여 도입비용이나 절감금액을 산정하면 결과가 왜곡되게 되므로, 설치에서 운영 그리고 폐기에 이르는 전체 기간 동안에 소요되는 모든 비용을 고려하여 분석해야 한다. 이러한 분석방법을 LCC분석이라고 하며, 그 계산식은 식(1)과 같다. 정확한 분석을 위해서는 실제 장비가 일정기간 이상 현장에 적용되어 데이터가 축적되어야 하나, 본 연구는 사전 예측단계이므로, 다음과 같이 가정을 설정하여 약식으로 경제성을 분석하도록 한다.

- 초기투자비(레일시공비+장비비): 5천만원~2억
- 기존생산성 : 1,600m²/일(4인 1조 기준)

- 연평균 작업일 : 160일(동절기, 우기 등 제외)
- 기존 노무비 : 보통인부 4인(120,031원/인)
- 자동화 노무비 : 건설기계운전 1인(98,314원/인)

4.2 가이드레일 청소로봇 시스템의 경제성 분석

그림 5와 같이, 가이드레일 청소로봇의 초기투자비가 0.8억 ~ 1.1억일 경우 초기투자비를 내구연한의 50% 이내인 3.5~5년 내에 회수가 가능하므로, 경제성이 확보되는 것으로 판단된다. 만약 초기투자비가 1.4억 ~ 1.7억이라면 초기투자비를 내구연한 전체 기간인 7~10년 만에 회수할 수 있다. 이러한 경우에는 경제성보다는 품질, 안전 등 정성적 이점이 강조되어야 할 것으로 판단된다.

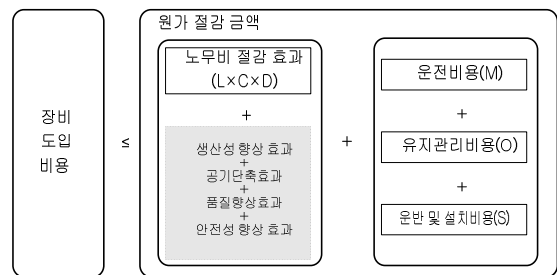


그림 4. 로봇도입비용과 원가절감 금액의 관계

$$P = \frac{L \times C \times D}{i-j} \left[1 - \left(\frac{1+j}{1+i} \right)^n \right] - \frac{(M+O+S)}{i-a} \left[1 - \left(\frac{1+a}{1+i} \right)^n \right] \quad (1)$$

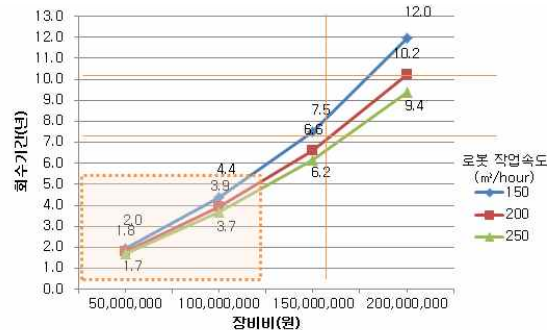


그림 6. 경제성 분석

5. 결론

본 연구에서는 국내 인력에 의한 외벽청소 작업의 한계를 극복하고자하는 노력의 일환으로 도입된 가이드레일 청소로봇 시스템의 경제성을 분석하였다. 분석 결과, 초기투자비가 1억원 전후일 경우에는 가이드레일 청소로봇 시스템 도입에 경제성이 있으나, 이를 초과할 경우에는 경제적 효과를 기대하기 어려울 것으로 판단되었다. 본 연구의 결과는 향후 한국형 가이드레일 청소로봇 시스템 개발에 기초자료를 제공할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에
서 위탁 시행한 2010년도 건설기술혁신사업(과제번호: 10기술혁
신E03)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 김대건, 김복규, 고층건물 외벽 유지보수 건설로봇 시스템 개발을 위
한 청소공정 작업절차 분석, 2011년 춘계학술발표대회논문집(산업
계), 한국건축시공학회, 제11권 제1호, pp.79~81, 2011.5
2. 김창한, 한재구, 김균태, 초고층 건축물 외벽 청소로봇 운용을 위한
가이드레일 개념(안) 개발, 한국건축시공학회논문집, pp220~229,
2012.4
3. Chang-Han Kim, Jae-Goo Han, Kyoong-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