

유리창 외부 청소용 로봇의 생애주기비용 예측

Life Cycle Cost Estimation of Cleaning Robot for External Windows

김 균 태* 전 영 훈** 김 정 태*** 박 경 호****
Kim, Kyoon-Tai Jun, Young-Hun, Kim, Jeoung-Tae Park, Kyeong-Ho

Abstract

As businesses put a greater emphasis on outward appearances, the demand for external window cleaning has been on the rise. However, with the conventional labor-intensive window cleaning method, it is hard to meet this demand. Therefore, this study proposes a Life Cycle Cost (LCC) analysis model for a guiderail-type cleaning robot, and estimate the LCCs of the conventional method and the cleaning robot. The findings of this research are expected to serve as a guide for future development of a cleaning robot.

키 워 드 : 건설자동화, 생애주기비용, 유지관리, 창문청소, 청소로봇
Keywords : construction automation, life cycle cost(LCC), maintenance, window cleaning, cleaning robot

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라에서는 국민들의 소득과 생활수준이 향상됨에 따라 건축물의 미관과 청결도에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히 클리닉, 휘트니스 센터, 미용샵 등 이미지가 중요한 업종에서는 실내 뿐만 아니라 유리창 외부까지 깨끗하게 관리되기를 원하고 있다. 그러나 기존의 유리창 청소방식은 인력에 의존하여 건물외벽 전체를 청소하는 방식이 대부분이기 때문에, 2층 이상에 입주한 깨끗한 환경을 원하는 고객들의 수요를 충족시키는 것이 용이하지 않았다. 따라서 건축물 외부 중 특정한 위치에 가이드레일 방식으로 설치되어 수시로 유리창을 청소하는 장치 개발의 필요성이 제기되고 있다. 가이드레일형 청소로봇이란 건축물 외벽 중 특정한 위치에 가이드레일을 설치하고, 설치된 가이드레일을 따라 청소로봇이 이동하면서 유리창을 청소하는 것을 말한다. 하지만 현재 국내에는 가이드레일 청소로봇을 개발하거나 적용한 사례가 없고, 해외시스템을 도입하거나 활용한 사례도 거의 없는 실정이다[1]. 따라서 가이드레일형 청소로봇의 경제성을 예측하여 판단하기가 매우 어려운 상황이다. 본 연구의 목적은 가이드레일형 청소로봇 개발의 선행연구로서, 생애주기비용(Life Cycle Cost;LCC) 분석을 통해 가이드레일 청소로봇의 경제성을 예측하는 것이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 우선 인력에 의존한 재래식 유리창 청소방법의 문제점을 정리하여, 청소로봇의 필요성을 확인한다. 다음으로 가이드레일 청소로봇의 LCC분석모델을 설정하고, 분석을 위한 가정을 설정하여, LCC분석을 수행한다.

2. 재래식 유리창청소 방법 및 문제점

재래식 건축물 외부 유리창 청소작업은, 일반적인 건축물 벽면 유지관리보수와 유사하게, 로프에 의존한 인력에 의해서 진행되는 경우가 많다[2]. 이 작업은 우선 청소작업 프로세스는 청소재료 및 작업도구 준비하고, 로프체결 등 청소작업을 위한 보호장구를 설치한 후, 작업도구를 셋팅하고 하강 자세를 준비한 다음, 로프에 매달려서 청소작업을 하며, 모든 청소작업이 끝나면 로프 및 보호장구를 해체한다. 그 중 옥상에 체결된 로프(그림 1 (a)), 하강(그림 1 (b)), 로프에 의존한 작업(그림 1 (c)) 등에서 사고가 발생할 가능성이 높다. 예를 들면, 체결한 로프가 풀리거나, 마찰에 의해 끊어지는 사고가 발생할 수 있고, 체결한 로프를 헛갈려서 체결되지 않은 다른 로프에 매달려서 내려가다가 작업원이 추락하는 사고가 발생할 수 있다. 또한 청소작업을 위해서 하강하거나 청소작업 중에 자세가 불안정한 경우, 작업원이 균형을 잃고 떨어질 수 있다.

* 한국건설기술연구원 연구위원 공학박사, 교신저자(ktkim@kict.re.kr)
** 한국건설기술연구원 연구원
*** (주)에이엠티 대표, 공학박사
**** (주)비엠글로벌산업 대표, 공학박사

3. 생애주기비용 예측

가이드레일형 청소로봇이 시장에 원활하게 진출하기 위해서는 장비도입에 소요되는 비용이 고객의 희망지출비용보다 작거나 같아야 한다. 이러한 판단을 수행함에 있어서, 단순히 초기투자비만 고려하여 도입비용이나 절감금액을 산정하면 결과가 왜곡되게 된다. 따라서 장치의 설치에서 운영 그리고 폐기에 이르는 전체 기간 동안에 소요되는 모든 비용을 고려한 생애주기비용(LCC; Life Cycle Cost)을 분석하였다. 정확한 분석을 위해서는 실제 장비가 일정기간 이상 현장에 적용되어 데이터가 축적되어야 하나, 본 연구는 사전예측 단계이므로, 가정을 설정하여 LCC를 예측하였다. LCC분석을 위한 계산식은 식(1)과 같고, 가정은 표 1과 같으며, 수작업과 로봇작업의 LCC를 비교한 결과는 그림 2와 같다.



(a) 로프 체결 (b) 하강 자세잡기 (c) 청소 작업

그림 1. 청소작업 중 안전사고 위험 공정



그림 2. 수작업 및 로봇작업의 생애주기비용

$$LCC_{\text{청소로봇}} = \text{초기투자비} + \sum_{n=0}^K \left[\frac{\text{유지관리비}_n}{(1+i)^n} \right] + \frac{\text{폐기비용} - \text{잔존가치}}{(1+i)^K} \quad (1)$$

표 1. 분석 가정

항목	가정	항목	가정
청소면적	17.92㎡	연간 인력청소비용	2,830,930
분석기간	20년	청소로봇 초기투자비	10백만원, 9.5백만원
할인율	5.5%	청소로봇 수선비용	초기투자비의 5%
인력청소단가	3.038원/㎡(2013년 표준품셈 기준)	청소로봇 교체비용	초기투자비의 5%
인력청소 빈도	주1회	기타비용	에너지비, 폐기비, 잔존가치 등은 무시함

4. 결 론

최근에 미관을 중시하는 업종을 중심으로 외부유리창 청소에 대한 수요가 증가하고 있다. 그러나 인력에 의존한 청소방식으로 이러한 수요를 충족시키기에는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 가이드레일형 청소로봇의 LCC분석 모형을 제시하고, 인력과 로봇에 의한 청소의 LCC를 예측하였다. 본 연구의 결과는 향후 청소로봇 개발의 가이드가 될 것으로 기대된다.

감사의 글

이 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비지원(과제번호:16CTAP-C117255-01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 김균태, 전영훈, 신은영, 가이드레일형 유리창 청소 장치 개발의 타당성 분석, 한국건축사공학회 2016년 춘계학술발표대회논문집, 제16권 제1호, pp.85~6, 2015.5
- 김균태, 전영훈, 현황분석을 통한 창문청소작업의 문제점 도출, 2016 대한건축학회 추계학술발표대회논문집, 제36권 제2호(통권 제66집), pp.1578~9, 2016.10