

유리창 청소작업의 자동화 장비 도입에 대한 타당성 분석

김군태

한국건설기술연구원 건설산업고도화센터

Feasibility Study for Introducing Window Cleaning Device

Kyoon-Tai Kim

Construction Industry Innovation Center, Korea Institute of Civil engineering and building Technology

요 약 최근에 외부 유리창 청소에 대한 수요는 증가하고 있으나, 이 청소는 매우 위험한 인력 의존형 작업이다. 또한 청결을 중시하는 업장에서 원하는 빈도로 자주 청소하는 것도 용이하지 않다. 따라서 이 작업을 자동화 할 필요가 있다. 본 연구에서는 특정 유리창에 부착하여, 그 유리창을 지속적으로 청소하는 장치의 개념을 제시하고, 이 장치의 경제적 타당성을 분석하였다. 분석 결과, 장비의 예상 제작비 1천만 원 수준이나, 투자 가능비용은 내구연한 5년 기준으로 최소 9.8백만 원, 내구연한 10년 기준으로 최소 103백만 원 수준이었다. 따라서 장비비 보다 예상 절감액이 충분히 커서, 경제적 타당성이 있는 것으로 평가 되었다. 본 연구에서는 정량적 지표만으로 분석하여, 안전성 향상에 의한 노무자 안전 사고 감소, 생산성 향상, 공기 단축, 품질 향상 등으로 인한 원가 절감 기대 값은 고려되지 않았다는 한계가 있다. 따라서 향후 고려되지 않은 기대 값을 추가하여 자동화 장비에 의한 원가절감 효과를 산출하면 경제성이 보다 정확하게 산정될 것으로 예상된다.

Abstract In recent years, the demand for external window cleaning has increased, but the process is a very dangerous manpower-dependent operation. In addition, it is difficult to clean at the desired frequency in a business that values cleanliness. Therefore, there is a need to automate this work. This paper presents the concept of a device that can be attached to a specific window and clean the window continuously. The economic feasibility of this device was analyzed. The estimated manufacturing cost of the equipment was approximately 10 million won, but the possible investment cost was at least 9.8 million won for five years of endurance and 103 million won for 10 years of endurance. Therefore, the expected savings well exceed the equipment cost, and it was evaluated as having economic feasibility. Since this study analyzed only quantitative indicators, the expected cost reduction due to a reduction in safety accidents, productivity improvement, construction time reduction, and quality improvement was not considered. Therefore, it is expected that the calculated economic feasibility will be more accurate if the cost reduction effect by the automation equipment is calculated by adding the expected values not considered in this study.

Keywords : Construction Automation, Window Cleaning, Cleaning Robot, Maintenance, Feasibility Study

1. 서론

1.1 배경 및 목적

건축물을 사용하면서, 다양한 유지관리를 수행한다. 이 중, 외벽에 위치한 유리창은 지속적으로 청소해야 하는데, 유리창이 더러우면 외부 미관이 훼손되고, 더러운 유리창으로 인해 실내가 청결하지 않은 것으로 느끼는 재실자도 생긴다. 이로 인해, 유리창 청소 수요는 꾸준히 증가하고 있다. 특히 국내 건설 환경은 근린생활시설의 비중이 높고, 저층부에 상업시설 등이 위치한 주상복합 건축물도 많다는 특징이 있다. 따라서 주거뿐 만 아니라, 이들 상업시설의 유리창 청소 수요는 매우 높은 것으로 알려져 있다[1].

기존의 유리창 청소작업은 작업원이 로프, 곤돌라 등에 의존하여 고소의 외벽에서 수행한다. 따라서 매우 인력 의존적이며, 위험도가 높다고 평가된다. 특히 고소작업이라는 특성 상 작업원의 추락 위험이 상존하고, 작은 실수가 사망사고까지 이어지기도 한다.

한편 유리창 청소 작업은 노무의존도가 높고 위험하다는 작업 특성으로, 신규인력 유입이 적고 숙련공 확보가 용이하지 않다. 또 안정된 자세로 작업하는 것이 아니므로 균일한 작업품질을 얻기 어렵고, 작업원의 숙련도나 작업여건에 따라 생산성의 차이가 큰 상황이다. 이러한 기존 유리창 외부 청소작업의 문제점들은 자동화·로봇을 도입하는 데에 이점으로 작용될 수 있다. 그러나 자동화 장비를 도입함에 있어서 경제적 타당성이 담보되지 못한다면, 현실적으로 자동화 장비의 개발과 운용이 곤란할 수 있다.

따라서 본 연구는 건축물 유리창 청소작업 자동화와 관련하여, 장비개발 이전 단계에서 장비도입의 타당성을 예측하기 위한 수치모델을 유도하고, 이 예측모델을 이용하여 장비의 경제적 타당성을 분석하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 내용 및 범위

본 연구에서는 건축물 유리창 청소에 자동화 장비를 활용하는 경우에 대해, 생산성, 품질, 안전성 등 정성적 요인보다는, 노무인원, 작업일수 등 정량적 변수를 적용하여 타당성 예측모델을 도출한다. 또 예측모델에 필요한 여러 변수의 값을 다양하게 산정하여, 각각의 상황에 대한 경제적 타당성을 예측하고자 한다.

장비가 유리창을 청소하는 방식을 대상범위를 기준으로 구분하면, 벽면 전체를 이동하며 입면 전체의 유리창

을 청소하는 방식과 특정 유리창만을 청소하는 방식이 있다. 본 연구에서는 건물 전체가 아닌, 깨끗해지기를 희망하는 특정 유리창만을 청소하는 장치를 대상으로 한다. 왜냐하면 클리닉, 에스테틱, 뷰티샵 등 청결도가 중요한 특정 공간들은 자신들의 공간에 있는 유리창이 깨끗하게 관리되기를 희망하고, 이를 위해 비용을 투자할 의지를 보이기 때문이다[1].

2. 유리창 청소 작업

2.1 인력에 의한 유리창 청소 방법 및 절차

건축물 유리창 청소 작업은 대부분 인력에 의존하고 있다. 그리고 인력에 의한 청소에는 로프에 연결된 달비계, 곤돌라, 차량형 고소작업대, 사다리 등이 활용된다. 이 중 로프와 달비계를 이용한 유리창 청소작업이 가장 많이 사용되는 데, 다른 방법들은 장비를 동원하므로 비용이 많이 들고 장비의 하강속도도 느리기 때문이다. 청소방식을 물의 사용여부에 따라 구분하면, 물을 사용하는 습식공정(Fig.1. (a))과 물 없이 구조대와 걸레를 사용하는 건식공정(Fig.1. (b))이 있다[2].

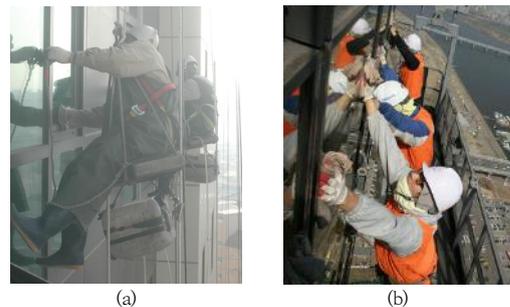


Fig. 1. Windows cleaning method by workers
(a) Wet process using scaffolds[2] (b) Dry process using a gondola[3]

가장 많이 사용하는 방식은 습식인데, 물, 세제, 붕대, 스퀴지 등의 도구로 유리면에 고착된 오염물질을 제거한다. 절차는, 우선 건물의 옥상에서 청소도구를 준비하고, 로프를 안전하게 묶는다. 다음으로 작업원이 청소도구를 지니고 설치된 로프에 매달린 채, 상부에서 시작하여 하부로 이동한다. 그리고 붕대에 청소용수와 세제를 적시고 유리면의 얼룩이나 먼지 등을 1차로 제거한다. 다음으로 물로 세제와 오염물질을 2차 제거한다. 마지막으로 고무 스퀴지를 사용하여 유리면의 물기를 완전히 제거한다. 또

청소과정에서 강하게 부착된 오염물은 칼로 제거하기도 한다. 작업 환경에 따라, 한 명의 작업원이 2~3열의 유리창을 청소하기도 한다. 이 경우, 작업원은 시계추처럼 왕복운동 하여 로프에 인접한 유리창까지 청소하는 것이 된다(Fig. 2.).

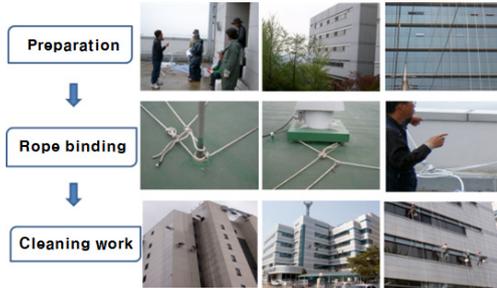


Fig. 2. Windows cleaning work process using rope[4]

2.2 인력작업의 위험성

2014년 11월 21일 16시35분경, 충남 천안시 ○○○ 아파트의 107동 옥상(20층)에서, 달비계를 고정하는 로프의 매듭이 풀리면서 청소작업원인 조○○(39세)이 추락하여 사망하였다. 산업안전보건법 제23조 제3항에는 ‘사업주는 작업 중 근로자가 추락할 위험이 있는 장소...(중략)...에는 그 위험을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.’라고 규정되어 있다. 따라서 현장 안전관리 책임자는 근로자에게 작업을 시키기 전에 달비계를 고정하는 로프의 부착상태 및 매단 장치의 흔들림 상태 등을 점검하고, 이상이 발견되면 즉시 보수했어야 했다. 또 추락 위험을 방지하기 위하여 안전대 및 구명줄을 설치하고, 안전모를 지급하여 근로자가 착용하도록 지휘·감독했어야 했다.

그러나 안전관리책임자가 이를 게을리 하였고, 작업 중에 로프의 매듭이 풀리면서 달비계의 작업발판이 한쪽으로 쏠려 조○○이 균형을 잃고 추락하여 사망한 것이다 [5]. 이 예에서와 같이, 고소(高所)에서 이루어지는 유리창 청소작업은 매우 위험하고 인력의존적이므로, 작업원이 추락하여 사망하는 등 인명피해가 빈번하게 발생되고 있다. 이러한 인력의존적인 재래식 방법의 한계점과 위험성들은 건축물이 고층화될수록 더욱 심화되고 있다.

3. 유리창 청소 자동화 장비

3.1 유리창 청소장치 개념 도출

본 연구에서 경제성 분석 대상은 건물 전체가 아닌, 깨끗해지기를 희망하는 특정 유리창만을 청소하는 장치이다. 구체적으로는 사전에 특정 유리창들의 상·하부에 수평 가이드레일을 부착하고, 그 가이드레일에 청소장치를 설치하여, 설치된 청소장치가 대상 유리창들을 지속적으로 청소하는 것이다.

제안된 장치는 유리창의 상부 및 하부에 장착되는 고정형 가이드 레일과, 이 레일을 따라 좌측 또는 우측으로 수평 이동하는 본체를 포함한다(Fig. 3. 및 Table 1.). 건물 외벽면의 좌측부와 우측부는 각각 본체의 이동 경로의 시점과 종점이 된다. Fig. 3.에는 2x2 매트릭스 형태의 유리창을 도시하고 있으나, 이에 대해 한정하는 것은 아니며, 창문이 수평적으로 연장될 수 있다. 청소틀은 상·하부로 분리되어, 유리창의 상부 영역과 하부 영역이 서로 다른 형태일지라도 대응하도록 한다. 그리고 브러쉬 및 와이퍼는 유리창쪽으로 근접하거나 멀어지는 구동으로 창틀을 회피한다.

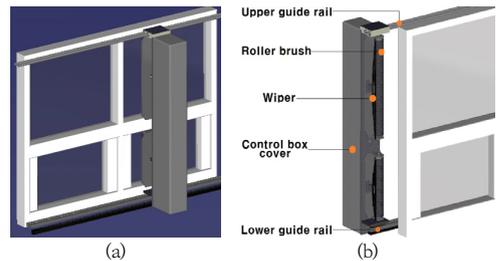


Fig. 3. A concept of a guide rail fixed cleaning device (a) Outer view (b) Inner view

Table 1. Function by component

Component	Function
Upper guide rail	It is fixed on the upper and lower part of the specific window to support the cleaning device
Lower guide rail	
Roller brush	Dust off the window (sunny day)
Wiper	Removes contaminants adhering to the window with water (rainy days) Obstacle avoidance function minimizes uncleaned areas
Control box	Built in the body of the cleaning device to control the movement of the body, wiper and brush

청소성능을 확인하기 위해서는, 청소작업을 완료한 후에 유리면의 오염도를 측정하여야 한다. 일반적으로 표면 오염도를 측정하는 방법은 육안검사, 색차계, IR센서 등 다양한 방법이 있다. 하지만 투과성이 있는 유리의 오염도를 자동으로 측정해야 한다는 점을 감안하여, 본 연구

에서는 색차계 이용하고자 한다. 색차계는 반사 혹은 투과된 빛의 길이 (wavelength)와 반사율(reflectance) 등을 측정하여 노랑(yellow), 빨강(red), 파랑(blue), 그린(green) 색에 대한 데이터 값(L, a, b)을 추출하는 것으로, 추출된 데이터로 물체 본연의 색과의 차이를 알아내는 방식이다.

3.2 변수 선정

유리창 청소장치에 대한 적정 초기투자비용의 최대 한계는, 자동화 장비를 이용함으로써 얻어지는 절감효과 비용에서 자동화 장비를 운용함으로써 추가적으로 투입되는 비용을 제하고 남은 값이다. 다시 말하면 자동화 장비의 투자비용은, 자동화 장비를 사용함으로써 절감되는 노무인원(L)과 인당 노무비(C) 그리고 작업일수(D)의 곱인 노무비 절감효과(L×C×D) 값의 합에서, 자동화 장비의 운전비용(O), 유지관리 비용(M), 운반 및 설치비용(S) 등의 합을 제하고 남은 절감효과비용 값 범위 이내이어야 한다.

즉 자동화 장비의 초기투자비(I)가 자동화 장비의 내구연한(n) 동안에 발생하는 원가절감효과 보다 작거나 최소한 같을 때 경제성이 확보될 수 있는 것이다. 그리고 내구연한(n) 동안 일정하게 환수될 것으로 기대되는 원가절감금액을 할인율(i)로 할인하면, 그 전체의 합에 대한 현재가치(현재)를 구할 수 있다. 그 값을 초기투자비(I)와 비교하여, 원가절감금액을 현재로 환산한 값이 초기투자비(I)보다 크거나 같아지는 경우 경제성이 확보된다고 할 수 있다[6].

3.3 경제적 타당성 예측 모델

산정된 변수를 바탕으로 경제적 타당성 예측모델을 유도하면 Eq. (1)과 같다[6]. Eq. (1)은 자동화 장비에 의한 유리창 청소시 노무비 절감효과에 의한 원가절감 금액만을 고려하여 산출한 것이다. 다시 말하면, 안전성 향상에 의한 노무자 안전사고 감소, 생산성 향상, 공기단축, 품질 향상 등으로 기대되는 비용절감 기대값은 고려되지 않았는데, 실제 데이터가 축적되지 않아, 신빙성 있는 자료를 수집할 수 없기 때문이다.

4. 경제적 타당성 검토

4.1 인자 도출

일반적으로 자동화 장비의 운용과 관련된 비용을 예측

함에 있어서 유사한 장비나 기계의 운영비용을 참고하여, 그 운영 및 유지관리 비용을 유추하여도 별 무리가 없는 것으로 본다[7]. 따라서 본 연구에서도 유사한 기계에 대한 운전 경험 등을 근거로 자동화 장비의 운영 및 유지관리 비용을 도출하였다.

$$\begin{aligned}
 I &\leq \frac{L \times C \times D - (M + O + S)}{1+i} \\
 &+ \frac{L \times C \times D \times (1+j) - (M + O + S) \times (1+\alpha)}{(1+i)^2} \\
 &+ \frac{L \times C \times D (1+j)^2 - (M + O + S) \times (1+\alpha)^2}{(1+i)^3} \\
 &+ \dots \dots \dots \\
 &+ \frac{L \times C \times D \times (1+j)^{n-1} - (M + O + S) \times (1+\alpha)^{n-1}}{(1+i)^n} \\
 &= \sum_{k=0}^{n-1} \frac{L \times C \times D \times (1+j)^k - (M + O + S) \times (1+\alpha)^k}{(1+i)^{k+1}} \\
 &= \frac{L \times C \times D}{i-j} \left[1 - \left(\frac{1+j}{1+i} \right)^n \right] - \frac{(M + O + S)}{i-\alpha} \left[1 - \left(\frac{1+\alpha}{1+i} \right)^n \right] \quad (1)
 \end{aligned}$$

- I: 유리창 청소 자동화 장비에 대한 초기투자 비용
- L: 자동화 장비를 사용함으로써 절감되는 노무인원
- C: 인당 노무비
- D: 작업일수(=자동화 장비의 연간 가동일수)
- M: 자동화 장비의 연간 유지관리비용
- O: 자동화 장비의 연간 운전비용
- S: 자동화 장비의 운반·설치 등 부대비용
- i: 할인율
- j: 노무비 상승률
- α: 연간 인플레이션
- n: 자동화 장비 내구연한

본 연구에서는 실제 현장에 투입될 수 있는 청소장치의 경제성 있는 투자비용(I)을 예측하기 위하여 다음과 같이 변수값을 산정하였다. 우선 노무절감인원(L)은 1인으로 설정하였다. 유리창을 청소하는 데에는 작업원 1인과 작업 및 안전관리인원 1인, 총 2인이 배치되어야 한다. 그러나 현실적으로 특정층의 특정 사무실 유리창을 수평적으로 청소하는 경우가 거의 없는 상황에서, 2인이 절감된다고 가정하는 데에 무리가 있어 보인다. 따라서 본 연구에서는 청소작업원 1인 만을 절감하는 것으로 가정하였다. 인당 노무비(C)는 청소현장 인터뷰를 통해 조사하였으며, 하루 일당은 평균 20만원/인 수준인 것으로 파악되었다.

청소장치의 연간 가동일수는 182일(격일), 104일(주1회), 52일(격주1회), 12일(월1회)의 4가지 상황으로 설정하였다. 개발장비는 한번 부착하면 매일 청소할 수 있다. 따라서 휴한기, 우천 등을 제외하고는 매일 청소하는 것으로 가정할 수도 있으며, 이때에 경제성도 높게 나온다. 그러나 현실적으로 인력에 의한 청소를 매일하지 않는 상황에서 매일 청소하는 것으로 주기를 설정하는 것은

무리가 있다고 판단되어, 위와 같이 가동일수를 축소하였다. 그리고 축소된 가동일수이므로, 추가로 흑한기, 우천 등을 공제하지는 아니 하였다.

다음으로 청소장치의 운전비용(O)과 유지관리 비용(M)의 경우, 예상되는 장비수명을 기준으로 전반기는 장비비의 5%, 후반기는 10%로 가정하는 것이 일반적이다 [8]. 또 운반 및 설치비용(S)은 초기에 설치한 후에는 이동하는 경우가 거의 발생하지 않으므로 실질적으로 0에 가깝다. 따라서 본 연구에서는 청소장치의 운전비용(O), 유지관리 비용(M), 운반 및 설치비용(S)을 모두 합하여, 1~5년은 장비 가격의 5%, 6~10년은 장비 가격의 10% 정도인 것으로 가정하였다. 그리고 기계관련 정부출연연구원에서 20년간 건설자동화장비 연구를 수행한 책임연구원 1인, 21년간 건설자동화장비 연구개발을 수행한 기계설계제작 업체의 대표 1인 및 동 기업 건설기계제작 담당인 21년 경력의 공장장 1인 등 3인의 전문가와 인터뷰하였다. 그 결과, Fig. 3.에 도출된 청소장치의 개념을 구현하기 위해서는 본체 이동용 모터 1개, 상/하부 브러시 이동용 모터 각 1개, 상/하부 브러시 회전용 모터 각 1개, 상/하부 와이퍼 이동용 모터 각 1개, 창틀 등 돌출부 회피 구동용 모터 1개 등 총 8개의 모터와 베이스, 축, 기어, 컨트롤러 등의 주요부품이 필요한 것으로 파악되었다. 본 연구는 설계 전 단계에서 투자여부를 판단하는 것이므로, 주요 부품비와 이에 부가되는 비용을 개략 산정하였다. 산정 결과, 청소장치의 제작비용은 1천만원 이내 일 것으로 추정되었다. 따라서 Won(2002)에 따라, 운전비용(O), 유지관리 비용(M), 운반 및 설치비용(S)의 합을 1~5년 동안은 장비비의 5%인 50만원/년, 6~10년 동안은 10%인 100만원/년으로 설정하도록 한다.

내구연한(n) 역시 기존 건설자동화 장비로부터 추정하였다. 전술한 장비 제작 경험이 풍부한 전문가 3인 인터뷰와 Won(2002)의 문헌조사 결과, 유사한 유형의 장비 내구연한을 고려할 때 유리창 청소장치의 내구연한은 10년 이상일 것으로 예상되었다. 따라서 본 연구에서는 내구연한(n)을 최소값인 10년으로 설정하였다.

경제성 분석에 영향을 미치는 요인들 중, 할인율(i)은 기획재정부 지침 제50조 상의 사회적 할인율 4.5%를 적용한다[9]. 또한 노무비 증가율(j)은 '2020년 상반기 적용 건설업 임금[10]'에서 최근 5년간 건설 노임단가 상승률을 계산한 값인 7.22%를 적용한다. 그리고 물가상승률(α)은 e-나라지표[11]에서 최근 5년간 평균 물가상승률을 계산하여 1.20%를 적용한다. 각각의 인자들에 대해 도출된 값을 정리하면 다음과 같다.

- L : 1인
- C : 200,000원/일
- D : 182일, 104일, 52일, 12일
- O+M+S : 50만원/년(1~5년), 100만원/년(6~10년)
- i : 4.5%
- j : 최근 5년간 평균 노무비 상승률인 7.22%적용
- α : 최근 5년간 평균 인플레이션인 1.20% 적용
- n : 10년 적용

4.2 타당성 분석

작업원 1인을 절감하고 청소장치로 청소할 경우, 내구연한, 가동일수, 부대비용 등에 따른 장비가격을 도식화하면 Fig. 4.와 같다. 내구연한 10년일 때, 자동화 투자 가능 비용은 최소 17백만원(연 12일 가동)이다. 또한 주 1회이상 청소할 경우에는 투자 가능 비용은 103백만원(주 1회 가동)에서 383백만원(격일 가동)이다. 만약 보수적으로 보아, 장비의 내용년수를 5년으로 보더라도, 최소 9.8백만원(연 12일 가동)에서 최대 181백만원(격일 가동)이다. 따라서 1천만원 이하의 투자를 한다면, 어느 경우에도 경제성이 있을 것으로 보인다.



Fig. 4. Initial investment available cost by annual operating days

4.3 민감도 분석

Eq. (1)에서, 노무비 증가율(j)이나 물가상승률(α)이 작아지면, 투자가능 비용(I)도 작아진다. 따라서 본 연구에서는 주 1회 작동을 기준으로 하여, 변동가능성이 큰 노무비 상승률을 6~4%로 변화시키면서, 초기투자비에 대한 민감도를 분석하였다. 그 결과, 내구연한 10년일 때, 투자 가능비용은 89백만원(4%)에서 103백만원(7.22%)로 나타났다. 또 내구연한이 5년일지라도, 투자 가능비용은 47백만원(4%)에서 50백만원(7.22%) 수준이었다(Fig. 5). 이 값은 장치 제작비용(1천만원 예상)을 상회하여, 투자 타당성이 있는 것으로 평가된다.

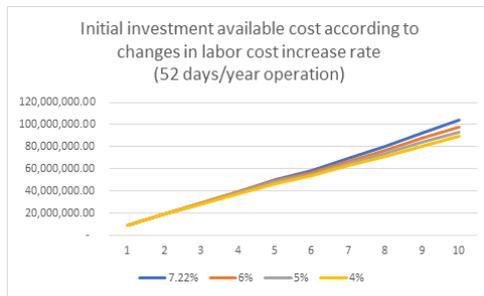


Fig. 5. Initial investment available cost according to changes in labor cost increase rate (52 days/year operation)

5. 결론

최근에 외부 유리창 청소에 대한 수요는 증가하고 있으나, 유리창 청소는 인력 의존형의 매우 위험한 작업이다. 또한 청결도를 중시하는 업장에서 원하는 빈도로 자주 청소하는 것도 용이하지 않다. 이러한 기존 유리창 청소작업의 문제점들은 자동화·로봇을 도입하는 데에 이점으로 작용될 수 있으므로, 유리창 청소작업에 자동화 장비를 도입할 필요가 있다.

본 연구에서는 특정 유리창에 부착하여, 해당 유리창을 지속적으로 청소할 수 있는 장치의 개념을 제시하고, 그 경제적 타당성을 분석하였다. 분석 결과, 장비의 예상 제작비 1천만원 수준이나, 투자 가능비용은 내구연한 5년 기준으로 최소 9.8백만원, 내구연한 10년 기준으로 최소 103백만원 수준이었다. 따라서 장비비보다 예상 절감액이 충분히 커서, 경제적 타당성이 있는 것으로 평가되었다. 본 연구에서는 정량적 지표만으로 분석하였으므로, 안전성 향상에 의한 노무자 안전사고 감소, 생산성 향상, 공기단축, 품질향상 등으로 인한 원가절감 기대값은 고려되지 않았다. 따라서 향후 고려되지 않은 기대값들을 추가하여 자동화 장비에 의한 원가절감효과를 산출한다면 경제성이 보다 정확하게 산정될 것으로 예상된다.

References

- [1] K. Kim, "Study on the Potential Demand of Windows Cleaning by Survey", International Journal of Innovation, Management and Technology, Vol.10, No.3, pp133-137, June 2019. Available From: <http://www.ijimt.org/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=105&id=1205> (accessed Aug. 10, 2020)
- [2] K. Kim, J. Han, C. Kim, "An Analysis and Improvement of Exterior Wall Maintenance Works for High-raised Building", Proceedings of 2010 Conference, Korea Institute of Construction Engineering and Management, Incheon, Korea, pp.305-360, November 2010.
- [3] J. Park, "63 Building Spring Window Cleaning", International Journal of Innovation, Management and Technology, Yunhap News, April 2009. Available From: <https://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=001&aid=0002029370> (accessed Aug. 10, 2020)
- [4] K. Kim, Y. Jun, "A Problem Deriving of the Window Cleaning Work through Current Status Analysis", Proceedings of 2015 Architectural Institute of Korea's Spring Conference, Architectural Institute of Korea, Seoul, Korea, pp.1578-1579, April 2015.
- [5] J. Choi, "Imprisonment punishment for violation of the Sanitation Act for the case of a worker who died while performing the contract cleaning of the exterior wall of an apartment", Oct 2015 Available From: <https://m.blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=laborpro&logNo=220520679970&proxyReferer=https:%2F%2Fwww.google.com%2F> (accessed Oct. 10, 2020)
- [6] K. Kim, J. Lee, C. Han, S. Kim, "Feasibility Study for Introducing Teleoperated Pipe Manipulator", Journal of the architectural institute of Korea : Structure & construction / Vol.19 No.5, pp105-112, May 2003. UCI : G704-B00167.2003.19.5.004
- [7] K. Park, M. Kim, "A Study on the Feasibility of Introducing Robotics to the Exterior Painting Works of Highrise Apartment Houses", Journal of the architectural institute of Korea, Vol.8 No.3, pp167-176, March 1992.
- [8] Y. Won, S. Son, Y. Kim, J. LEE, "Technical & Economical Feasibility Analysis for the Development of a Hume-Pipe Laying Manipulator", Journal of The Korean Society of Civil Engineers, Vol.22 No.6-D, pp1219-1234, November 2002. UCI : G704-D00042.2002.22.6-D.026
- [9] Ministry of Economy and Finance, "General guideline for conducting preliminary feasibility study", pp1-18, April 2018.
- [10] Korea Specialty Contractors Association, "Construction wages applied in the first half of 2020", pp1-19, January 2020.
- [11] e-Korea Indicator, "Consumer price index", Available From: http://www.index.go.kr/potal/stts/idxMain/selectPoStsIdxSearch.do?idx_cd=1060 (accessed Oct. 10, 2020)

김 균 태(Kyoon-Tai Kim)

[종신회원]



- 1995년 2월 : 경희대학교 일반대학원 건축공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : 경희대학교 일반대학원 건축공학과 (공학박사)
- 1995년 5월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

- 2018년 3월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 한국건설기술연구원캠퍼스 정교수

<관심분야>

건설자동화, 건설-IT융합, 건설관리, 건축시공