

# RFID 기술 적용에 따른 유닛타입 커튼월 공사의 효율성 분석

## Efficiency Analysis for RFID-based Curtain Wall of Unit Type Construction

강 현 구\*                      하 영 서\*                      임 철 우\*\*                      김 창 덕\*\*\*                      유 정 호\*\*\*  
 Kang, Hyun-Koo              Ha, Young-Seo              Lim, Chul-Woo              Kim, Chang-Duk              Yu, Jung-Ho

### 요 약

국내 건설 분야 중 고층 빌딩의 공종에서 커튼월 공사가 전체 공사비에서 차지하는 비율이 약 10~15%로서 타 공종에 비해 상대적으로 높은 비중을 차지하며, 커튼월 공사는 주 공정(Critical Path)상에 위치하는 주요 관리 대상이다. 커튼월 공사의 Life-Cycle은 약 30여개 업체가 관여하는 복합공종으로 그 관리가 체계적이어야 한다. 이러한 커튼월 공사의 고층 건축현장은 도심지에 위치하는 경우가 대부분인데, 이러한 도심지 현장은 현장 내 야적공간의 한정, 장비의 사용 제한 등과 같은 커튼월 공사의 공정 수행에 있어서의 자재관리에 대한 문제가 발생하고 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로 RFID(Radio Frequency Identification)를 건설현장에 적용하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 최근에는 RFID를 활용한 유닛타입(Unit Type) 커튼월 관리시스템의 연구가 진행되었다. 이에 본 연구에서는 이러한 RFID 활용기술이 실제 건설 현장에서 어떠한 효과를 가지고 있는지 알아보하고자 한다.

특히 비 가치 작업의 비율이 높은 현장에서 커튼월 공사의 생산성 향상 측면을 가장 중점적으로 분석하였다. 단위 단계별 개선사항을 RFID 기술 적용 전과 적용 후의 비교를 통하여 알아보고 어느 정도의 생산성이 향상되었는지를 정량적으로 표현하고자 한다.

키워드: 커튼월 공사, RFID, 효율성

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

오늘날 건설산업은 점차 대형화, 전문화, 복잡화 되어 가고 있으며 많은 고층 건축과 도심지 대형공사에서 외장 공법으로 커튼월이 사용되고 있다. 이렇게 점차적으로 그 사용이 증가되어 가는 커튼월은 특히 국내 고층 빌딩 공사에서 차지하는 비중이 다른 공종에 비해 높다. 고층 빌딩의 경우 커튼월 공사가 전체 공사비에서 차지하는 비율은 약 10~15%로서 타 공종에 비해

상대적으로 높은 비중을 차지한다. 이러한 비용적 중요성뿐만 아니라 전체 프로세스 상에서도 주 공정(Critical Path)상에 위치하는 주요 관리 대상 공종이다. 한편, 건축설계, 커튼월설계, 제작, 조달, 시공, 유지관리 단계로 이루어지는 커튼월 공사의 전체 Life-Cycle은 약 30여개 업체가 참여하는 복합적인 공종으로 그 관리가 체계적이어야만 한다. 또한 커튼월 공사가 주로 적용되는 고층 건축현장은 도심지에 위치하는 경우가 대부분인데, 이러한 도심지 현장은 현장 내 야적공간의 한정, 장비의 사용 제한 등의 문제로 커튼월 공사의 공정 수행에 있어서 자재관리의 문제가 발생하고 있다.

이러한 커튼월 공사의 자재 관리를 위해 자동데이터수집(Automatic Data Collection)기술의 하나인 RFID(Radio Frequency Identification)를 건설현장에 적용하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 최근에는 RFID를 활용한 유닛타입(Unit Type) 커튼월 관리시스템의 연구가 수행된바 있다. 이에 본 연구에서는 RFID 기술이 적용된 유닛타입 커튼월 공사의 효율성 향상을 현장 데이터 분석을 통해 실증적으로 검증하고, RFID 기술 활용이 유닛타입 커튼월 공사의 낭비제거에 어떻게 기여했

\* 일반회원, 광운대학교 건축공학과, 대학원 석사과정(교신저자), japchae@kw.ac.kr, sagagx@kw.ac.kr

\*\* 일반회원, 광운대학교 건축공학과, 대학원 박사과정, icw34@kw.ac.kr

\*\*\* 종신회원, 광운대학교 건축공학과 교수, 공학박사, stpkim@kw.ac.kr, myazure@kw.ac.kr

본 연구는 교육인적자원부에서 지원받은 2006년 광운대학교 대학특성화사업(차세대 신 성장 동력산업을 위한 실감 IT 전문인력 양성사업)의 일환으로 진행되었으며 이에 감사를 드립니다.

능지를 규명하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

건설교통부(2005)의 연구는 커튼월 공정을 세분화하여 82개의 공정으로 나누었다. 이러한 공정을 이동, 대기, 처리, 검사의 4가지 형태로 구분하여 처리 이외의 작업을 비 가치 작업으로 보았으며 전체 커튼월 프로세스에서 가치창출작업(VAA : Value-Adding Activity)과 비가치창출작업(NVAA : None Value-Adding Activity)의 비중은 그림 1과 같다.

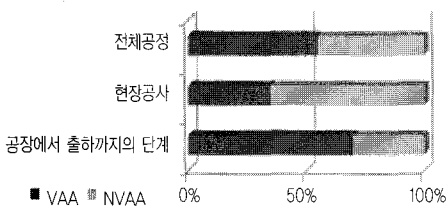


그림 1. 커튼월 프로세스의 가치작업비중

## 2. 관련 이론 및 선행 연구 분석

건설프로젝트 및 CM의 전반적인 진행 과정 안에서, 주요 단계 및 업무를 분석하여 상호연관성을 살펴보고, 참여주체들의 각 수행업무 및 각 과정과의 상호작용이 건설프로젝트의 진행에 끼치는 영향을 알아보았다.

그림 1과 같이 비가치작업의 비율이 높은 현장에서의 커튼월 공사가 RFID 기술 활용으로 인한 생산성 향상의 폭이 넓을 것이

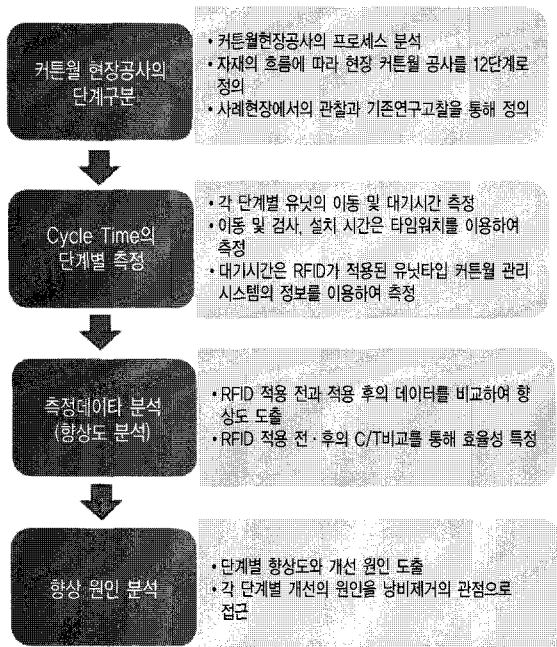


그림 2. 연구의 흐름

라 보고 현장에서의 커튼월 공사 프로세스에 대하여 본 연구를 진행 하였다. 커튼월 공사의 현장 프로세스에 RFID를 활용한 기술이 적용 되었을 때 기존 공사에 비해 생산성이 얼마나 향상 되는지, 어떠한 점이 개선되었는지를 C/T(Cycle Time)의 측정을 통해 분석하고자 한다.

## 2. 예비적 고찰

### 2.1 커튼월 공사 관련 연구 동향

커튼월 관련 연구는 정보관리, 자재관리에 관한 연구들이 이루어지고 있다. 정보관리에 관한 연구로 임형철(2004)은 각 참여주체간의 원활한 의사소통을 위해 4D-VR을 이용한 관리 시스템을 제시하였다.

표 1. 커튼월 공사 연구 동향 분석

저자	연구방향	연구내용	한계점
이상혁 외 (2006)	설계 프로세스 개선	커튼월 설계 프로세스 현황 파악, VSM을 이용하여 가치흐름 파악/무대를 규명하여 커튼월 공사의 문제점과 To-Be 모델 제시	초고층 커튼월 공사의 설계 프로세스에만 국한되어 있고 정량적인 개선효과 미흡
정태식 외 (2005)	공정 리스크 규명 및 대응 방안	커튼월 공사의 공사 프로세스를 분석하여공정 리스크 도출/AHP기법을 이용하여 리스크 요인별 영향도 분석	리스크 요인 확인 및 우선순위 결정과정의 신뢰성 미흡
정순오 외 (2005)	전체생애주기 프로세스 향상	커튼월 전체생애주기 프로세스의 비효율 요인 및 이들 간의 중요도 도출하여 프로세스 효율성 향상을 위한 주요 관리 포인트 제시	비효율 요인으로써 주요 관리 포인트의 세부적 제시 필요
임형철 외 (2004)	정보관리	커튼월 공사를 대상으로 각 참여주체간의 의사소통을 위해 설치, 자재 현황을 4D-VR 등을 이용한 정보관리	정보 관리 시공간계를 중심으로 특정현장 분석, 일반화된 방안제시 필요
이형수 외 (2004)	자재관리	자재 관리자재의 적시공급체계 제시 -참여주체 간 업무별 정보흐름 제시 없음	참여 주체 간 업무별 정보흐름 및 물류흐름 제시필요
안병주 외 (2003)	자재관리	커튼월의 양중·조달의 문제점 도출 및 대안 제시 /시스템 개발 방향 제시	양중·조달만을 위주로 주요 관리 요소 도출

다음으로 커튼월의 자재관리에 대한 연구를 구체적으로 살펴 보면, 이상혁(2006)은 커튼월 프로세스의 낭비를 규명하고 해결점을 제시하였지만 그 범위가 설계프로세스에 한하여 이루어졌다. 정태식(2005)는 커튼월 공사의 프로세스를 분석하여 공정리스크를 도출하였고 각 리스크요인별 영향도 분석을 통하여 대응방안을 제시하였다. 정순오(2005)는 커튼월 전체생애주기 프로세스의 효율성을 향상시키는 방안으로 커튼월공사를 구성하는 각 요인간의 중요도를 도출하여 주요 관리 포인트를 제시하였다. 이형수(2004)는 커튼월 공사 시 커튼월 자재의 적시 공급 체계를 제시하였다. 안병주(2003)는 커튼월 공사의 양중 조달 관리시스템을 제시하고 현 문제점에 대한 대책 및 개발 방향에 대한 방법론을 제시하였다. <표 1>은 앞서 살펴본 커튼월 관련 연구 내용을 분석한 것이다.

이 연구들은 커튼월 공사의 자재관리·정보관리의 측면에서 여러 방안을 제시하지만 실제 적용사례가 없다는 한계가 있다. 특히 커튼월 관리시스템의 효과를 실제 적용 현장에서의 조사를 통해 입증한 연구는 없었으며, 또한 커튼월 프로세스의 개선효과와 그 효과를 정량적으로 측정·분석한 연구는 이루어지지 않았다.

## 2.2 RFID 기술의 해외사례

〈표2〉와 같이 최근 RFID 적용사례는 주로 자재 및 노무를 중심으로 여러방면으로 적용되어지고 있다. 이러한 RFID 기술의 적용은 프로세스의 소요시간 단축 및 작업의 유비쿼터스화 등의 개선방향을 제시하고 있다.

표 3. 현장 커튼월 공사의 단계

주요사례	내용	사례분석 및 시사점
Bechtel(CI, 2003)	정유시설의 piping 공사에서 pipe와 pipe hanger에 대한 부재반입 및 관리에 적용	-pipe hanger 반입 관리 프로세스에서 30%정도 소요시간 단축
Federal Highway Administration (Cawley, 2003)	고속 도로 공사과정에서 공사 중 RFID를 활용한 콘크리트 온도측정을 통해 콘크리트 양생 상태 파악	-온도 측정 센서 사용 등을 통한 측정대상의 상태 변화 및 유지관리 단계에서의 활용 가능성 제시
S사의 u-Frontier (2006)	건축공사의 주요 자재 및 노무관리를 중심으로 RFID를 적용	-다양한 공종으로 RFID 적용 확대 가능성 제시

## 2.3 커튼월 공사의 현장 프로세스 분석

RFID를 적용한 커튼월 유닛관리시스템의 효율성을 측정하기 위해서 우선 자재의 흐름에 따른 단계를 구분하여야 하며 이러한 단계구분을 위해서는 커튼월 프로세스의 사전조사가 필요하다. 커튼월 공사는 보통 복잡한 프로세스로 이루어져 있으며 보다 정확한 측정을 위하여 커튼월의 현장 프로세스로 연구의 범위를 정하였다. 건설교통부(2005)의 연구의 분석과 실제 현장에서의 관찰, 실무자와의 면담을 통해 〈표 3〉과 같이 현장 커튼월 공사를 12단계로 나누었다.

표 3. 현장 커튼월 공사의 단계

공정	사용장비	처리(●)	이동(▶)	검사(■)	대기(▼)
현장반입	트럭		▶		
하역	지게차		▶		
아작장으로 소운반	지게차		▶		
아작장 대기					▼
양중 위치로의 소운반	지게차		▶		
양중	T/C		▶		
설치 중 소운반			▶		
설치 중 대기					▼
유닛 분리 및 검사				■	
설치위치에 유닛 적치			▶		
설치를 위한 대기					▼
설치	Winch	●			
VAA		!			
NVAA			7	1	3

본 연구에서는 이러한 12단계 별 C/T의 측정에 있어 그 기준을 〈표 3〉에서 나타내고 있는 처리-이동-검사-대기로 나누어 구분하였다.

## 2.4 커튼월 공사현장 낭비의 원인 규명

본 연구에서는 RFID기술 적용에 따른 커튼월 공사의 효율성 향상 정도를 정량적으로 분석하였고, 향상 원인을 각 단계별 낭비제거의 관점에서 분석하고자 한다. 따라서 본 절에서는 커튼월 공사의 각 단계별 주요 낭비요인 및 그 원인을 먼저 고찰한다. 현장조사 중 직접 관찰한 문제점들과 기존 문헌고찰을 통해 얻은 문제점을 통해 커튼월 공사에서 발생하는 낭비의 종류와 원인을 알아보았다. 커튼월 공사에서 현장 조건에 대한 정보수집 부족, 경험에 의한 일상적인 테스트 실행, 현장과 공장 간의 의사소통 부족, 경험에 의존하는 수량 산출, 후속 공정을 고려하지 않음, 의사소통 도구 및 협력체계 미비, 자재반입 후 검사, 잘못된 양중계획, 작업장 협소, 수용량을 초과하는 자재반입 등으로 인하여 낭비가 발생하였음을 사례현장의 사전조사 과정에서 알 수 있었다. 다음 〈표 4〉는 커튼월 공사현장에서 발생할 수 있는 낭비와 이에 대한 원인을 정리한 것으로 사례현장에서의 실제 관찰내용을 Womack & Jones(1996)의 낭비의 분류와 문정문(2002)에서의 낭비제거과정을 연계하여 작성한 표이다.

본 연구는 이러한 낭비가 RFID 기술이 적용된 커튼월 유닛관리시스템의 적용으로 인하여 개선되는지, 개선되어진다면 그 개선의 효과를 정량적인 데이터로 나타내고자 한다. 또한 그 개선의 이유를 〈표 4〉에서 나타내어지는 낭비의 제거라는 관점으로 접근하고자 한다.

## 2.5 RFID를 적용한 유닛타입 커튼월 관리시스템

최근 건축공사의 고층화로 인해 요구되는 원가절감과 공기단축, 생산성 향상 등의 관리 효율화와 건설인력 감소와 노령화 등의 문제로 인해 요구되어지고 있다. RFID를 적용한 유닛타입 커튼월 관리시스템은 이러한 건설 관리 차원의 자동화를 지원하기 위한 시스템이다. RFID를 적용한 유닛타입 커튼월 관리시스템은 SCM 관점에서 원활한 정보 공유를 위한 web 기반의 시스템이다. 이러한 시스템을 기반으로 공장 및 현장에서 발생하는 정보를 관리하기 위해 PDA 프로그램을 활용하며 정보 수집의 지연 및 오류를 해결하기 위한 정보 수집의 도구로써 RFID를 활용한다. 본 연구는 커튼월 공사 과정상의 여러 단계에서 발생하는 문제점들을 관리자동화를 통해 해결하고, 각 단계별 활동 주

표 4. 현장 커튼월 공사 낭비의 원인

구분	낭비	원인	관련된 자재의 흐름
과잉 생산	-재고의 증가 -야적장 대기 자재의 증가	-현장과 공장 간의 의사소통 부족 -경험에 의존하는 수량 산출 -수용량을 초과하는 자재반입	야적장 대기 설치 중 대기 설치를 위한 대기
재고	-잘못된 양중계획으로 인한 야적장 재고 -적치되지 못한 자재의 설치중 대기 -물량 발생가능성 증가	-반입 후 즉시 양중의 미실시 -후속 공정을 고려하지 않음 -변이의 증가	야적장 대기 설치 중 대기 설치를 위한 대기
불필요한 제품 처리	-사이클타임의 증가 -잘못된 시공가능성	-잘못된 공정계획 -정보의 누락 및 중복 -참여주체들의 독단적 행동 -경험에 의한 의사 결정	설치 중 대기
불필요한 인력 이동	-현장의 복잡으로 인한 우회 이동 -과다 인원 투입 -인원부족으로 인한 작업 지연	-후속 공정을 고려한 현장 정리 미실시 -적절하지 못한 인력 관리	하역 야적장으로 소운반 설치 중 소운반
불필요한 자재제품이동	-자재의 적절하지 못한 이동 -장비 및 인력의 낭비 -부품 결함으로 인한 반품	-의사 소통도구 및 협력체계 미비 -자재관리 미흡 -자재 반입 후 검사	현장반입 하역 설치 중 소운반 설치 중 대기 유닛 분리 및 검사 설치위치에 유닛 적치
대기	-현장 게이트 앞 대기 -현장주변교통 상황으로 인한 대기 -현장반입 시 검사로 인한 대기 -잘못된 양중계획으로 인한 대기 -기상 악화로 인한 대기 -작업장 공간 부족으로인한 대기 -야적장 부족으로 인한 대기	-공장과 현장간의 의사소통 부족 -자재 반입 후 검사 -잘못된 양중 계획 -예기치 못한 기상 악화 -작업장 협소, 작업장 미 정리 -수용량을 초과하는 자재 반입	현장반입 하역 야적장으로 소운반 야적장 대기 양중 위치로의 소운반 설치 중 소운반 설치 중 대기 설치를 위한 대기

체들 간의 정보교환을 원활히 하여 생산성 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서의 커튼월 공사 효율성 향상 분석을 위해 수집된 데이터들 중 일부는 이 시스템을 통해 수집되었다.

### 3. RFID 기술 적용에 따른 커튼월 공사 효율성 분석

#### 3.1 사례현장 소개

사례 조사 현장은 서울시 마포구 상암 DMC 지구에 위치한 업무교육연구 시설로 지상 21층 지하5층의 철골·철근 콘크리트 조현장이다. 외장마감으로 유닛타입의 커튼월을 사용한다.

#### 3.2 사례현장 데이터 수집 방법

C/T분석을 위한 데이터 수집은 2.2에서 구분한 커튼월 현장 공사의 12단계에 따라 수행되었다. 각각의 데이터의 신뢰수준을 높이기 위하여 층별로 50개의 대상유닛을 선정하였으나 6층과 7층의 경우 전체 유닛의 수가 각 41, 39개인 관계로 <표 5>와 같이 각 층에 따라 측정 대상 유닛을 정하였다. 지정된 대상 유닛의 12단계에 걸친 이동 시간을 측정하여 각 단계별 C/T를 산

정 하였다.

각 단계별 C/T 측정은 타임워치를 이용한 현장에서의 직접조사와 RFID를 적용한 유닛타입 커튼월 관리시스템상의 데이터를 이용한 간접조사로 이루어졌다.

표 5. 각 층별 측정 대상 유닛의 수

측정 대상 유닛(개)	RFID 적용 전			RFID 적용 후		
	3층	4층	5층	6층	7층	8층
	50	50	50	41	39	50

실제 유닛의 이동 및 검사, 처리 시간은 직접적인 현장조사로 입수하였고 다른 단계에 비하여 C/T가 긴 각 대기 시간은 현장에 적용된 커튼월 유닛관리 시스템상의 정보를 토대로 측정하였다. 그림 3은 커튼월 현장 프로세스의 12단계에 따른 데이터 수집방법을 도식화 한 것이다.

RFID 태그의 리딩은 현장입고, 양중위치로의 소운반, 설치 중 소운반, 유닛 분리 및 검사, 설치 완료 시에 이루어져있다. 이러한 RFID 태그 리딩의 시점을 이용하여 야적장 대기시간, 설치 중 대기시간, 설치를 위한 대기시간은 다음 <표6>와 같은 방법으로 측정하였다.

야적장에서의 대기시간은 양중위치로의 소운반완료시각(B)과 입고시각(A)의 차이를 이용하여 산출하였다. 설치중 대기시간은 검사완료시각(D)에서 설치중 소운반완료시각(C)의 차이, 그리고

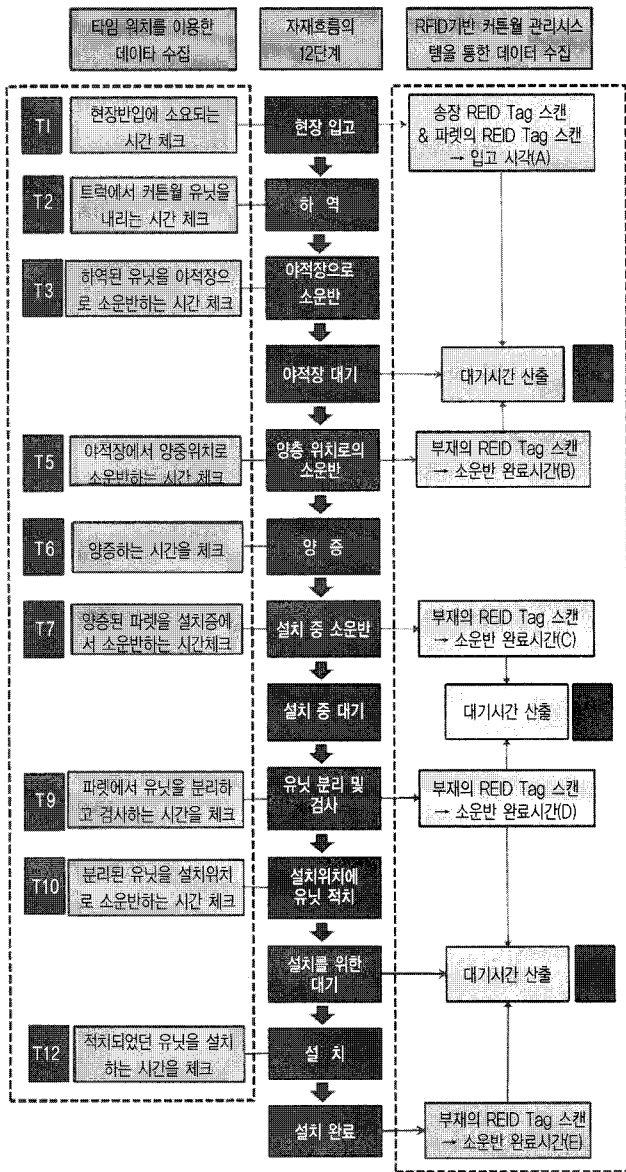


그림 3. 데이터 수집방법

표 6. 대기시간 측정방법

대기시간	산출근거	
T4	야적장 대기시간	B - A
T8	설치중 대기	D - C
T11	설치를 위한 대기	E - D

설치를 위한 대기는 설치완료시각(E)와 검사완료시각(D)의 차이를 이용하여 산출하였다. 하역, 야적장으로의 소운반, 양중, 설치위치에 유닛 적치의 단계는 타임워치를 이용하여 측정하였다.

### 3.3 현장 측정 결과 및 단계별 개선사항

<표 7>는 각 층별로 각 단계별 C/T의 분석한 내용이다. 또한 2.2절에서 고찰한 12단계별로 측정·분석한 결과는 다음과 같다. RFID 태그의 인식률은 약 90%이었다.

#### (1) 현장 반입 -T1

송장에 RFID 태그를 붙여 송장의 확인과 전달을 웹상에서 이루어질 수 있도록 함으로서 설치 업체와 시공사 간의 신속한 정보전달이 가능하게 되었으며 현장반입에 필요한 확인절차가 최소화되었다.

#### (2) 하역 -T2

적용 전과 후의 차이가 0.8분여 가량 나는 것으로 측정되었으며 이러한 차이의 이유로 크게 두 가지 측면을 고려할 수 있다. 첫째, 트럭에서의 검사단계에 걸리는 시간이 RFID 태그를 이용하여 감소하였다. 이전에는 송장에 기재된 물량과 동일여부를 직접 눈으로 확인하였지만, RFID 태그를 이용하여 짧은 시간 안에 해결 할 수 있었다.

둘째로, 전체 공사가 후반에 이르러 현장 공간이 비교적 여유가 있었다.

#### (3) 야적장으로의 운반 -T3

6층 이상 공사가 진행되면서 하역 후 즉시 양중이 잘 이루어지게 됨으로서 9분이라는 비교적 큰 차이가 나왔다. 또한 RFID 태그의 활용으로 자재의 이동위치의 파악에 소요되는 시간이 줄어 전체적인 이동 시간이 감소하게 되었다.

#### (4) 야적장 대기 -T4

설치 층으로 올라간 자재와 야적장에 있는 자재의 파악이 되지 않았던 공사 초기에는 야적장에서 존치하는 자재들의 대기시간이 길게 측정되었다. 야적장에 존치되어있는 자재의 파악이 되지 않은 상황에서 설치 층으로 올려 보낸 자재를 우선으로 설치 작업을 진행하였고 자연스레 야적장 존치 시간이 길어졌다. 하지만 RFID 태그의 도입이후로는 자재의 위치를 PDA를 통해 실시간으로 알 수 있기 때문에 자재위치파악에 낭비되는 시간을 줄일 수 있었으며 또한 야적장 존치 자재의 양이 줄어들었다.

#### (5) 양중 위치로 소운반 -T5

적용 전의 경우는 야적장을 거쳐 양중 위치로 이동한 것이라 운반에 소요되는 시간이 길었으나, 적용 후에는 자재의 입고 시 바로 양중할 것을 감안하여 양중위치에 자재를 하역하였기 때문에 시간이 감소하였다.

#### (6) 양중 -T6

층별 양중으로 인하여 양중 높이의 증가로 인하여 양중 시간이 증가하였다.

#### (7) 설치 중 소운반 -T7

도면을 통한 위치파악이 아닌 PDA를 통해 위치를 파악함으로써 운반시간이 감소하였다.

#### (8) 설치 중 대기 -T8

설치 중 대기는 설치 층의 유닛들이 파렛에서 분리되지 않은

표 7. 단계 별 C/T 측정

단계	단계 별 C/T 측정 (m : 분)								개선 효과 ((1-(B/A))		비고
	RFID 기술 적용 전				RFID 기술 적용 후						
	3층	4층	5층	3~5층 평균(A)	6층	7층	8층	6~8층 평균(B)			
현장반입	6.2m	6.6m	6.2m	6.3m	5.1m	5.1m	5.3m	5.2m	1.1m	17.2%	
하역	5.4m	5.3m	5.2m	5.3m	4.5m	4.7m	4.5m	4.6m	0.8m	14.2%	지게차 1대
야적장으로 소운반	10.8m	9.8m	9.5m	10.0m	1.0m	0.7m	1.5m	1.1m	8.94m	89.1%	인부 4명
야적장 대기	2592.0m	3715.2m	4665.6m	3657.6m	0.0m	0.0m	1123.2m	432m	3225.6m	88.1%	-
양층 위치로의 소운반	10.8m	9.2m	8.9m	9.7m	1.0m	0.7m	1.5m	1.1m	8.6m	88.7%	인부 4명
양층	16.7m	16.8m	17.3m	16.9m	18.3m	19.3m	23.4m	20.6m	-3.6m	-21.3%	트럭크레인 1대
설치 층 소운반	3.2m	3.7m	3.2m	3.4m	1.7m	2m	2.2m	2.0m	1.4m	40.7%	인부 4명
설치 층 대기	4147.2m	8520m	4521.6m	5729.4m	1440m	1920m	1267.2m	1517.4m	4212m	73.5%	-
유닛 분리 및 검사	5.9m	5.7m	5.3m	5.6m	3.8m	3.5m	3.4m	3.6m	2.1m	37%	인부 4명
설치 위치에 유닛 적치	5.5m	5.6m	5.5m	5.5m	3.0m	3.0m	3.1m	3.0m	2.5m	45%	인부 4명
설치를 위한 대기	17625.6m	33177.6m	21283.2m	24028.8m	10115.4m	11040m	2361.6m	7410.6m	16616.4	69.1%	-
설치	36.3m	35.6m	32.5m	34.8m	26.0m	31.0m	27.9m	28.2m	6.6m	18.8%	인부 4명
Total C/T	24465.6m	45510.6m	30564m	33513.6m	11619.6m	13030.2m	4824.6m	9429m	24084.6	71.9%	-

상태로 대기하는 시간이다. 적용 전의 경우 원활하지 않은 정보 공유로 인하여 자재가 공사 계획과 맞지 않게 많이 들어와 많은 대기시간이 발생 하였다. 공사 진행에 따른 자재반입량 산정이 이루어지지 않았음을 알 수 있게 해주는 데이터이다. 반면에 적용 후의 경우는 RFID를 통한 현장 자재현황 상황의 명확한 파악이 가능하였고 이를 통하여 사전에 유닛의 과다 반입을 방지할 수 있었으므로 대기 시간이 대폭 감소하였다.

(9) 유닛 분리 및 검사 -T9

RFID 태그를 활용한 웹상의 체크리스트 사용으로 유닛 검사 시간이 크게 감소하였다.

(10) 설치 위치에 유닛 적치 -T10

보통 하나의 파렛에 유닛을 3~4개 씩 담는데 적용 전의 경우 설치위치가 틀린 유닛들이 같은 파렛에 있는 경우가 있었다. 이런 경우 불필요한 자재의 이동이 발생하게 된다. 적용 후에는 공장에서부터 유닛들의 설치위치에 맞추어 파렛에 담기 때문에 현장에서의 불필요한 유닛의 이동을 최소화하게 되었다.

(11) 설치를 위한 대기 -T11

설치를 위해 설치위치에 맞추어 펼쳐 놓은 유닛들은 주변 환경에 노출되어 있었고 이러한 대기시간이 길어질수록 유닛의 표면이 많이 오염되었다. 또한 펼쳐놓은 유닛으로 인하여 다른 공정에 방해가 되어 유닛의 불필요한 이동이 발생하였다. 이러한 대기의 발생 이유는 유닛의 과다반입, 무리한 공정계획, 자재 관리계획의 부재 등을 들 수 있다. 설치 능력을 초과하는 유닛을 반입하였다면 파렛에 담겨져 있는 상태로 두는 것이 공간 활용

면이나 유닛 상태를 보존하는 면에서 더욱 효율적이다. 적용 후에는 RFID를 활용한 자재관리를 통해서 유닛의 초과 반입을 초반에 억제하고 설치의 진행 상황을 고려하여 유닛의 반입을 결정하게 되었다. 이러한 점으로 설치 층에서의 대기가 현저히 감소한 것을 알 수 있다.

(12) 설치 -T12

설치에 있어 시간이 6분가량 차이는 1~5층 커튼월 디자인이 다소 복잡한 반면 6층 이상 층은 디자인 이 단조롭기 때문에 발생하였다. 또한 설치 전 대기하는 유닛의 양이 적어 유닛의 상태가 양호하여 청소나 손질의 필요가 없어졌기 때문이다.

3.4 향상 원인 분석

현장조사 결과로 RFID를 적용하지 않은 3개 층에서의 가장 큰 문제점은 '야적장 대기', '설치층 대기' 와 '설치를 위한 대기' 로 분석되었으며 이는 전체 C/T 중 99.71%를 차지하였다. 이러한 대기시간의 과다로 인하여 다음과 같은 문제점이 발생 하였다.

- ① 커튼월 유닛 상태 오염
- ② 타 공정 및 공중에 간섭
- ③ 펼쳐 놓은 커튼월 유닛으로 인한 타 작업 방해
- ④ 변이의 증가
- ⑤ 품질관리가 힘들
- ⑥ 커튼월 유닛의 사이클 타임 증가
- ⑦ 불필요한 인력이동

⑧타 공정 작업을 위한 유닛 이동

이와 같은 문제점으로 인해 WIP(Work in Process)의 증가와 인력의 낭비, 공기의 증가, NVAA의 증가 등이 발생하였다. RFID가 적용 된 3개 층에서는 이러한 문제점들이 유닛의 반입량 조절과 흐름생산의 유도에 의한 대기시간의 감소로 인하여 상당부분 제거되어짐을 알 수 있다. 이러한 개선은 RFID기술 적용에 따른 실시간 정보의 공유 및 쌍방향 통신으로 인한 시스템의 지원기능의 향상 때문이라 볼 수 있으며 개선사항의 세부 사항은 다음과 같다.

(1)공정 단계 감소

물량의 반입이 현장의 상황을 고려하여 이루어졌기 때문에 자재의 야적장이동이 최소화되었으며 입고와 동시에 양중이 가능해졌다. 부피가 큰 커튼월 유닛의 야적장 이동이 줄어들어 다른 공정의 야적장 사용이 보다 효율적으로 이루어졌다. 또한 설치층에서의 소운반이 최소화되었다.

(2)사이클 타임 감소

현장의 자재보유 현황과 미설치 자재 현황, 설치 현황 등의 데이터가 실시간으로 공유되어 유닛의 과도 반입이 줄어들었다. 이에따라 설치 층에서의 대기 시간이 감소되었고, 유닛에 이물질 발생 가능성이 줄어들었으며, 공정단계의 감소로 인하여 공기가 줄어들었다. <표 8>은 층별 C/T 평균과 설치 전 대기시간을 표시한 것이다.

표 8. 평균 C/T와 설치 전 대기시간의 적용 전과 후

		평균 사이클 타임	설치 전 대기 시간
적용 전	3층	407.6시간	293.76시간
	4층	758.51시간	552.96시간
	5층	509.40시간	354.72시간
적용 후	6층	193.66시간	168.59시간
	7층	217.17시간	184시간
	8층	80.41시간	39.36시간

(3)타 공정을 위한 유닛의 이동 감소

설치 층 유닛의 감소로 여유 공간이 늘어나서 타 공정 작업의 방해 및 간섭이 줄어들어 유닛의 이동도가 최소화되었다.

(4)인력의 감소

커튼월 유닛의 상태 오염과 같은 비 가치 작업의 감소로 투입 인력이 감소하였다. <표 9>는 매일 투입되는 작업인력의 평균을 RFID 적용 전과 적용 후로 나누어 표시한 것이다.

표 9. 투입 인력

	전체 투입 인력	설치 작업 투입 인력	비 가치 작업 투입인력
적용 전	12	8	4
적용 후	10	8	2

(5) 변이 감소

WIP의 감소로 변이의 감소 기대, 변이로 인하여 발생하는 조

정과 수정의 감소 및 변이로 인해 생기는 공정 상호간 불신도 줄어들었다. <표 10>은 각 개선효과를 RFID 적용 전과 적용 후로 나누어 표시한 것이다.

표 10. 개선효과

구분	개선 효과					
	단계	사이클타임 (시간)	인력	설치대기 시간	타공정을 위한 유닛의 이동	NV AA
적용 전	12	558.58	12	400.48시간	4회(1일)	11
적용 후	9	157.15	10	123.51시간	1회(1일)	8
개선 효과(%)	25.0	72.0	16.7	69.2	75.0	27.0

4. 결론

기존 현장에서의 커튼월 공사는 커튼월 유닛의 야적장 대기, 설치 층 대기 등이 많이 내재되어 있었고 커튼월 유닛의 특성상 유닛 하나하나가 많은 공간을 차지하기 때문에 이러한 대기시간 들은 전체 C/T 에 많은 영향을 주었으며 타 작업에 방해요소로 작용하기도 하였다. 기존의 많은 연구들에서 RFID의 효용성을 말하였지만 정량적으로 분석하여 기존 공정보다 개선된 것을 보여 준 사례는 없었다. 이러한 이유로 커튼월 유닛의 관리를 위한 RFID 기술이 실제 현장에서 생산성에 어떠한 영향을 미치는지 정량적 데이터로 분석해보았다. 현장 커튼월 공사 프로세스를 12 단계로 나누었고 같은 현장을 3~5층과 6~8층으로 나누어 적용 전 데이터와 적용 후의 데이터를 비교하였다. 데이터를 토대로 적용 전과 적용 후의 개선 사항과 개선된 점, 그리고 개선된 이유에 대해 알아보았다. 본 연구를 통하여 도출된 개선사항은 다음과 같다.

- ① 공장과 설치 업체 그리고 시공사간의 정보전달이 빠르고 간단해졌다.
- ② 자재의 설치위치, 종류, 추가정보 등의 습득이 빨라졌다.
- ③ 현장의 자재현황, 설치현황을 바로바로 알 수 있기 때문에 자재의 과다 반입이 억제되었고 현장 설치진행 상황에 맞는 자재의 반입이 가능해졌다.
- ④ RFID 기술 도입에 따라 정보의 전달 및 습득에 소요되는 시간이 감소하였고 설치나 양중을 하기 위해 대기하는 시간이 감소하였다.

본 연구는 데이터 수집 기간이 3개월로 제한적 이었다는 점에 그 한계가 있다. 그로 인해 본 연구의 데이터는 8층까지 조사됨에 따라 개선된 데이터들이 100% RFID 기술적용에 대한 데이터인지에 대한 신뢰도의 문제가 발생하였다. 실제 공사 진행에 따라 층별 C/T 가 감소한 부분을 감안한다고 해도 RFID 기술 적용이 커튼월 공사의 생산성에 많이 기여했다고 판단된다. 8층까지의 데이터가 아닌 그 이상의 데이터 수집을 해서 도입



후 공사 진행을 분석하였다면 습속효과를 충분히 고려한 RFID 기술을 적용한 커튼월 유닛관리 시스템의 효율성을 더욱 구체적으로 정의할 수 있었을 것이다.

향후 건설산업의 효율성 향상을 위해 RFID 기술의 적용이 보다 보편화되기 위해서는 타 공종에서의 RFID 기술 적용에 관한 연구가 보다 활성화되어야 할 것으로 판단된다. 이와 더불어 RFID 기술 자체에 대한 개선과 신기술을 접하는 실사용자들의 인식개혁에 관한 연구가 필요하다. 또한 아직 RFID 기술을 적용한 커튼월 유닛관리 시스템은 그 초기비용이 높아 쉽게 적용하기 힘들다. RFID Tag나 리더기의 보급화와 휴대성, 설치의 용이함 등이 갖추어져야 할 것이다.

### 참고문헌

1. 건설교통부(2005), "초고층 빌딩 Curtain Wall의 SCM 기반 Automated Life-Cycle Management System 구축" 2차년도 연차보고서
2. 문정문 · 김창덕(2002), "건설공정의 낭비제거를 통한 생산성 향상방안." 한국건설관리학회 논문집 3권 4호, pp. 93-103
3. 안병주 · 양종엽 · 백종건 · 김재준(2003), "커튼월 공사의 적시생산(JIT)관리를 위한 양중 조달 시스템 개발에 관한 연구." 대한건축학회 논문집 구조계 19권 8호, pp. 153-162
4. 이상혁 · 김창덕(2006) "VSM기법을 활용한 커튼월 공사의 설계 프로세스 개선." 한국건설관리학회 논문집 7권 5호, pp. 128-137
5. 이형수 · 윤유상 · 서상욱(2004), "건설공사의 자재관리 효율화를 위한 조달 및 양중시스템기반구축에 관한 연구." 한국건설관리학회 논문집 5권 1호, pp. 133-139
6. 임형철 · 송성진(2004), "현장 공정 커뮤니케이션을 통한 고장생산자재의 공급 및 생산관리 방안에 관한 연구." 대한건축학회 논문집 구조계 20권 4호, pp. 143-152
7. 정순오 · 김예상 · 윤수원 · 진상운(2005), "커튼월 Life Cycle Process의 효율성 향상을 위한 비효율 요인 및 중요도 도출." 한국건설관리학회 논문집 6권 4호, pp. 101-112
8. 정태식 · 김창덕, 커튼월 공사의 착공 전 단계에서 공정 리스크 규명 및 대응 방안, 건설관리학회 논문집 6권 4호, 2005, pp. 71-79
9. Womack & Jones, "LeanThinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation", Simon & Schuster, New York, NY, 1996

논문제출일: 2007.06.01

심사완료일: 2008.04.14

### Abstract

Due to the following reasons, the management of curtain wall parts and material is very important. Firstly, curtain wall work is one of the main works in high-rise building construction for it takes about 10~15% of the total construction cost. Secondly, the whole process of curtain wall work including manufacture, delivery, storage, installation and maintenance is very complicated and sometimes more than 30 companies involve in the process. Thus there are many control points for curtain wall units. Thirdly, there are not enough space on site for material storage and this situation is more serious for sites in urban area.

The purpose of this research is to validate an information systems using RFID technology that is developed to manage the curtain wall units following the process of curtain wall work. For the validation, the cycle times of curtain wall work before and after the system was used. The results show that using the systems shorten the cycle time of the curtain wall work. Thus it is concluded that the system can increase the efficiency of managing curtain wall work.

**Keywords** :RFID, Curtain Wall Work, Efficiency