

RFID 기술을 이용한 철골공사 자재관리 사례분석 및 개선방안제시

A case study on the resource management of the steel structure construction project using RFID technology

박 창 욱*
Park, Chang-Wook,

권 오 철**
Kwon, O-Cheol

윤 석 현***
Yun, Seok-Heon

Abstract

Steel structure construction is the construction method which is plentifully used with reason of air shortening or the earthquake-proof efficiency improvement back. It is caused by with the feature which is a shop fabrication, it is more accurate than ferroconcrete construction when is a possibility of doing a materials supply and a crane work. From the research which it sees The instance analysis which uses the RFID it leads, A study is proposed an improvement plan of the RFID technology and an application plan of GPS.

키워드 : 철골공사, RFID, GPS, 자동화

Keyword : Steel structure, RFID, GPS, Automation

1. 서론

1.1 연구의 목적

최근 건축되어 지는 건축물들을 보면 철골 또는 철근콘크리트 공법과 철골 공법을 혼용하여 사용하는 경우가 빈번해지고 있다. 건축물이 대형화·고층화 되어 감에 따라 건축물의 내진성 향상 및 공기 단축의 목적으로 초고층 건축물과 주상복합아파트 등에 철골구조를 사용하여 신축되는 건축물의 사례 또한 증가 하고 있다. 철골 구조물은 개별적인 부재들의 결합으로 이루어지므로, 철골부재에 대한 설계정보와 시공정보를 연계시키면 부재의 집합, 양중에 필요한 기술정보와 일정, 비용, 품질 관리 등에 필요한 관리정보를 정확하고 신속하게 제공받을 수 있을 것이다. 철골공사는 공장제작에서 현장반입, 양중 및 설치 과정을 거쳐 시공되며, 공장제작 및 현장 조립이라는 차원에서 자동화를 통하여 시공성을 향상시킬 수 있는 가능성이 많은 공종이다. 이미 타 연구에서 철골공사의 시공성을 향상시키기 위한 여러 가지 자동화 방안을 제시하고 있으며, 이번 연구에서는 최근 주목받고 있는 RFID와 GPS를 통해 자재조달을 자동화 할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 우선, 문헌 고찰을 통하여 철골 공사의 시공 및 양중 프로세스의 자동화에 대한 기존 연구 문헌들을 조사하였다. 그리고 실제 RFID를 적용하여 철골공사를 수행한 두개

현장의 데이터를 수집, 분석하여 현장에서의 RFID 기술 적용상의 문제점을 분석해보았다. 마지막으로, 현장 사례 조사를 통해 밝혀진 문제점을 RFID 기술을 이용한 개선 방안을 제시해 보았다.

2. 철골 공사 시공 현황

2.1 철골 공사 프로세스

철골 공사 작업순서는 크게 부재의 연결, 운반, 분리 및 타워 크레인의 복귀 작업으로 나누어진다.

2.1.1 부재 연결

부재 적하장으로 유도된 타워크레인은 대기하던 작업자를 통해서 와이어와 사클을 이용하여 철골 부재와 연결된다.

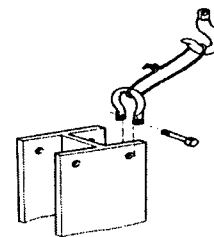


그림.1 부재와 인양고리 연결

2.1.2 부재 인양

크레인에 연결된 부재는 건물 상부의 작업 현장으로 유도되어 인양, 이동되고 대기하던 작업자가 위치를 조정하여 조립될 위치에 정확히 이동시킨다.

* 경상대학교 건축공학과 석사과정, 정희원

** 삼성물산 건설부문, 공학박사, 정희원

*** 경상대학교 건축공학과 교수, 종신회원

2.1.3 부재 설치

타워 크레인과의 연결부는 기둥의 상부에 사클 등이 채워져 있거나 와이어로 감겨있으므로 작업자는 기둥의 상부로 올라가 와이어와 사클 등을 풀어낸다. 이와 같은 방법으로 모든 기둥이 세워지면 각 기둥을 보로 연결한다. 모든 보가 연결된 후에는 각 기둥과 보의 수직, 수평을 조정한 후 완전한 조립을 한다.

2.1.4 타워크레인 복귀

조립작업이 끝나면 부재와 분리된 타워 크레인은 다음 부재의 연결 작업을 위해 다시 지상의 부재 적하장으로 복귀하게 된다.

2.2 철골공사 각 단계별 주요 업무 내용 및 문제점

철골공사는 철골의 제작도면 작성에서부터 현장 설치에 이르는 단계까지 복잡한 과정을 거치게 되며, 이러한 과정상의 오류는 전체 공정의 지연 등을 유발할 수 있으므로 철저한 관리가 필요하다. 표 1은 각 단계별 주요 업무 내용과 예상되는 문제점들을 보여주고 있다.

표 1. 철골공사 각 단계별 주요 업무 내용 및 문제점

	주요 업무	문제점
Shop Drawing	각 부재별 제작도면 작성	제작도면 작성, 검토, 가공, 제작 검사 등 업무프로세스 복잡
가공	도면에 따라 1차, 2차 가공	
검사	육안검사, 도장검사, 최종검사, 출고	자재 조달 관리 체계 미흡
현장 입고	반입된 현장 부재 파악 양중/설치를 위한 자재 적재	부재별 자재 입고 처리 미흡
양중	부재 연결 부재 위치로 양중	정확한 부재 위치 파악 어려움 고소 작업 위험도 높음
설치	가조립 본조립 크레인 해체	크레인 해체시 어려움

3. 철골공사 관련 기술개발 동향

타워크레인 운전원에 대한 작업안전성 문제와 숙련도 높은 운전원 수급이 어려워짐에 따라 무선조종시스템 및 자동제어 시스템, 반자동화 타워크레인 등 같은 장비의 개발에 대한 연구가 수행되었다.

3.1 무선조종시스템

지상에서 타워크레인을 조종하도록 고안된 장치로서 작업시 발생하는 위험으로부터 운전원을 보호하고 작업시야를 확보해 주고 작업판단 오류 발생을 줄일 수 있는 장치이다.

3.2 자동운전시스템

버킷에 의한 콘크리트 타설과 같은 반복적인 작업을 대상으로 개발된 장비로써, 작업 경로를 사전에 입력하여 작업의 시작, 종료 버튼만 누르면 타워크레인이 자동으로 작업을 수행하는 시스템이다.

3.3 반자동 타워크레인

양중작업을 반복경로를 가진 작업과 반복되지 않는 경로를 가진 작업으로 구분하여 전자의 경우에는 경로를 입력하여 이동하게 하는 자동운전시스템 방식을, 후자의 경우에는 조종자가 리모트 컨트롤러를 통해 조절할 수 있는 방식으로 제작되었다.

3.4 타워크레인 반자동 조종 장치

이 장치는 거리측정기술을 활용하여 필요한 이동거리를 파악하고 그 정보에 따라 타워크레인을 제어함으로써 타워크레인의 물체 인양 및 파지에 소요되는 시간을 단축시킬 수 있도록 하였다.

3.5 GPS 활용한 타워크레인 장비개선안

운전원에게 양중작업을 위해 필요한 정보를 제공하기 위해서는 타워크레인 붐의 위치 및 후크 위치 기준이 되는 트롤리의 위치(T)와 인양할 자재 및 자재가 파지될 위치의 좌표값(M, M')이 필요하다. T좌표값은 타워크레인의 중심위치(O)를 기준으로 계산될 수 있으며 이러한 각 좌표 값의 획득을 위해 위치 측정 장비인 GPS를 활용할 수 있다.

4. 철골공사 자재 조달 및 양중 자동화 관련 기술

4.1 건설현장 자료수집 자동화 기술

IT 기술의 발달과 함께 다양한 모바일 정보처리 기술들이 나타나고 있으며, 이러한 기술로는 아래와 같이, 바코드 IC카드, RFID 등이 있다.

표 2. 자료수집 자동화 기술¹⁾

	바코드	자기카드	IC카드	RFID
인식방법	비접촉식	접촉식	접촉식	비접촉식
인식거리	0~50Cm	리더기삽입	리더기 삽입	0~27m
인식속도	4초	4초	1초	0.01~1초
인식률	95%이하	99.9%	99.9%	99.9%
투과력	불가능	불가능	불가능	가능
사용기간	-	1만번	1만번	10만번
데이터저장	1~100byte	1~100byte	15~64Kb	64Kb
데이터기록	불가능	가능	가능	가능
카드손상률	매우낮음	낮음	낮음	거의없음
태그비용	가장저렴	저렴	높음	보통
보안능력	거의없음	거의없음	복제불가	복제불가
재활용	불가능	불가능	가능	가능

4.1.1 RFID 기술

RFID(Radio Frequency Identification)는 자동인식(Automatic Identification)기술의 하나로써 데이터 입력장치로 개발된 무선(RF: Radio Frequency)으로 통하는 인식 기술이다. Tag안에 물체의 ID를 담아 놓고, Reader와 Antenna 를 이용해 Tag를 부착한 동물, 사물, 사람 등을 판독, 관리, 추적 할 수 있는 기술이다.

미국의 경우, 카네기 멜론 대학(Carnegie Mellon University)에서 RFID를 이용한 자재관리 시스템을 제시하였다. 태그의 총 비용은 \$178,000(7,120의 작업시간과 상응)이지만, 자재를

파악하기 위해 소요되는 실제 작업시간을 절반으로 단축시킬 수 있었다.

4.1.2 건설 분야의 RFID 기술 개발 사례

최근 RFID등과 같은 무선의 정보화 기술 발전과 더불어 건설현장에서도 이들을 응용한 기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 표 3은 최근들어 국내외 개발되고 있는 건설 분야의 RFID 적용기술 개발 사례들이다.

표 3. RFID 기술 적용에 관한 기존 연구²⁾

연구동향	주요연구	연구내용
국내	RFID 적용방안제시	장문석 (2004) 커튼월공사를 대상으로 RFID적용 방안 및 시나리오 제시
국외	RFID 적용분야 제안	Suchart Nuntasunit (2004) RFID기술을 이용한 실시간 자재, 장비 인력의 위치추적을 통해 정보 교환이 가능한 Website 모델 제안
	RFID 적용 pilot test	Navon (2002) 골조공사에서 노무자의 안전모에 tag를 부착하여, 노무자 위치정보를 바탕으로 노무자 관리, 공정관리, 생산성 파악
		Tomihiro Umetani (2003) RFID 위치정보를 3각측량법을 이용하여 건설장비 자동화에 이용
	RFID 적용모델 제안	Goodrum (2005) active RFID tag를 건설공구에 부착하여 공기관리 및 활용도를 향상시키기 위한 인식성능 테스트
		Jaselskis (2003) Bechtel Red Hills Project와 Baytown pilot test 진행하는 과정에서 RFID 기술선택모델 제시
	JongchulSong(2006) GPS를 활용하여 자재의 위치파악을 위한 모델	

표 4. 위치파악 시스템³⁾

구분	위치 인식 시스템	인식기술 특성
매크로 위치인식 시스템	GPS	삼각측량의 원리를 사용하여 위성에서 발생시키는 후호신호의 시간차를 측정하여 위치 계산
	이동통신 망 기반	이동통신에서의 위치인식은 이동 단말기 신호의 세기, 신호의 도달시간, 신호의 도달 시간차, 신호의 입사각 등과 같은 파라미터를 이용하여 위치 계산
마이크로 위치인식 시스템	Active Badge	적외선 센서를 설치하고, 적외선 발신기에서 발신하는 적외선을 감지하여 위치계산
	Active Bat	사람 또는 사물에 초음파 발생기를 부착하고 수신기를 통해 위치를 계산하는 시스템
	RADAR	무선 LAN의 AP기기들에서 수신되는 RF신호의 세기를 이용하거나 RF신호의 전달지연을 이용하여 위치 파악
	Easy Living	3차원 카메라를 이용하여 영상인식을 통한 위치 파악

2), 3) 이남수, 송제홍, 윤수원, 진상운, 권순옥, 김예상, RFID와 무선 네트워크 기술을 이용한 자재위치 파악 방안, 2006.11, 건설관리학회 학술발표논문집

4.2 위치추적기술

건설현장에서의 효율적인 자재조달을 위해서는 자료 수집을 위한 자동화 기술뿐만 아니라, 자재의 위치를 실시간으로 추적할 수 있는 기술도 필요하다. 이러한 위치추적기술로 활용될 수 있는 기술은 표 4와 같다. 철골공사의 자재 조달 및 양중이 실외에서 진행된다는 점과 시스템 구성 용이성, 실용성 등을 감안하면 GPS 기술이 가장 타당한 것으로 판단된다.

5. RFID를 적용한 철골공사 현장 사례 조사 및 개선 방안

5.1 현장 사례 조사

본 연구에서는 RFID를 적용한 철골공사의 현장 사례를 분석하여 향후 철골공사의 자재조달 및 양중의 자동화를 위한 개선 방안을 제시하고자 한다. 사례 조사는 서울과 기흥의 오피스 철골 공사 현장의 사례이다. 그림 2는 사례 현장에서의 철골공사 프로세스와 자료 수집 방식이다.

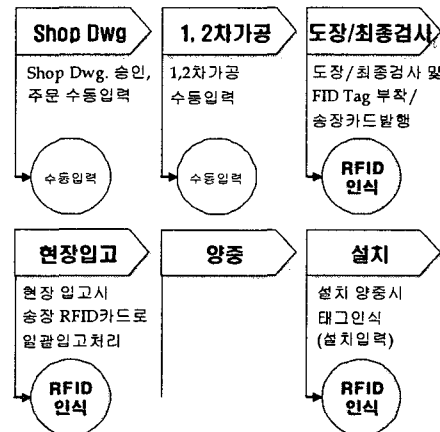


그림 2. 철골공사 관리 프로세스

사례 현장에서는 철골가공 검사와 입고, 설치 시점에서 각 부재에 부착된 태그를 읽어서 자재의 흐름을 관리하고 있다. 그림 3은 현장입고와 설치시 RFID 자료를 읽는 방법을 보여준다.



그림 3. 입고 및 양중시 RFID 데이터입력

각 현장에서는 현장의 필요에 따라 철골부재 조달에 대한 정보를 표 5와 같이 정의하여 사용하고 있다. 표에서 볼 수 있듯이, 각 현장에서는 부재에 대한 규격 정보와 함께 철골 부재의 자재 조달에 대한 시간 정보를 추적 관리할 수 있도록 하고 있다.

표 5. RFID 수집 정보 구성

	A현장	B현장
부재규격	CAD번호 부재ID RFID번호 무게 삽 승인 여부(Y/N) 메모	증번호 부재번호 RFID번호 부재크기 길이 수량 무게
자재 조달	주문일자 1차 검사 2차 검사 입고일자 설치예정 설치일자	1차 검사 2차 검사 최종검사 입고 설치

각 사례 현장에서 수집된 자재 조달에 관한 정보의 수집 현황은 표 6과 같다. 표 6에서 볼 수 있듯이, 현장에 따라 자재 조달 정보의 수집 시점이 차이가 있는 것을 알 수 있다.

표 6 RFID 데이터 수집 현황

현장	부재 수/ (%)	Shop 승인/ (%)	주문/ (%)	1차 검사/ (%)	2차 검사/ (%)	최종 검사/ (%)	입고/ (%)	설치 예정/ (%)	설치/ (%)
A	3741	3623	3622	3716	3187		3382	3181	2
	100	96.85	96.82	99.33	85.19		90.40	85.03	0.05
B	3191			3133	3151	3139	3061		2155
	100			98.18	98.75	98.37	95.93		67.53

그림 4는 각 현장에서 RFID로 수집한 철골 부재의 조달 정보의 데이터 수를 비교한 것으로, 대부분의 데이터들이 Reader를 통해서 수집되고 있고, 입고와 설치에 대한 데이터의 수집율이 약간 떨어지는 것을 볼 수 있다.

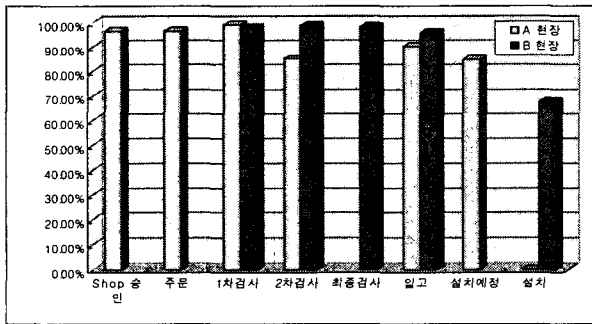


그림 4. A현장과 B현장 비교

A현장과 B현장 모두 각 단계별로 RFID와 같은 최첨단 관리 기법을 도입하여 체계적인 자재관리를 시도하였으나 수집된 데이터의 양이 100%에 미치지 못하는 것으로 나타났다. 그리고 입고단계부터 설치단계로 갈수록 데이터의 수집률이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 이것은 현장 상황이 공장 가공 상황보다 비교적 빠르게 돌아가면서 데이터를 읽는 과정을 빠뜨리거나, RFID의 적용이 초기 단계이기 때문에 현장에 익숙하지 않아 제대로 사용을 못 했던 것으로 보인다. 이것으로 보아 RFID의 데이터 수집 방식의 개선이 필요한 것으로 판단된다.

5.2 철골공사 자재조달 및 양중 정보 수집 개선방안

철골공사의 자재조달 및 양중정보의 관리는 건설현장의 주

요 공정인 골조공사의 지연을 방지하고, 안전하고 정확한 시공 관리를 위해 반드시 필요한 것으로 판단된다.

이를 위한 대안으로 본 연구에서의 사례 현장에서와 같은 RFID 기술이 적합한 것으로 판단되나 현장에서 데이터 수집률이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 현장에서의 번거로움과 초보자들의 사용성의 편의를 위해 쉽고 간편하게 정보를 수집할 수 있는 ADC(Automatic data collection) 방식을 사용하면 초보자들 또한 쉽고 간편하게 데이터를 수집할 수 있다고 판단된다. 그리고 RFID 기술과 함께 자동 위치 추적 기술인 GPS 기술을 병행하여 적용하면 철골 부재의 양중시 정확하고 안전한 공사가 가능할 것으로 판단된다. 이 때 GPS는 크레인 운전자가 부재를 양중하여 설치해야 하는 정확한 위치로 인도하는 역할을 할 수 있으며, 기존의 Passive 방식 외에 장거리의 정확도를 높일 수 있는 Active 방식의 RFID 적용기술을 개발할 필요가 있다.

6. 결 론

본 연구에서는 철골공사 시공 프로세스 중에서 RFID를 이용한 철골 부재의 데이터 수집현황을 분석하였다. 기존의 수작업에 비해 RFID를 도입한 경우 더 많은 데이터를 손쉽게 수집할 수 있는 장점이 있으나, 사례 현장에서처럼 현장 상황에 따라 데이터 수집 방식의 개선이 필요한 것으로 조사되었다. 개선방안으로 ADC 방식을 현장에 적용하고 Antenna를 이용하여 초보자들이 쉽고 간편하게 원거리에서 데이터를 수집할 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 사례 현장에서 사용한 Passive 방식의 RFID 기술외에 Active 방식의 RFID 기술과 GPS 등의 기술을 병행하여 적용한다면 보다 정확하고 신뢰할 수 있는 철골공사의 프로세스 관리가 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부의 2006년 첨단융합건설기술개발사업 "로보틱 크레인 기반 고층건물 구조체 시공 자동화 시스템 개발 (06첨단융합 C02)"의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 이정호, 박성진, 오세욱, 김역석, GPS 및 머신 비전을 활용한 타워 크레인 양중작업 효율화 방안, 2006.9, 대한건축학회 논문집
2. 이승열, 심형준, 최종호, 김진우, 김병화, 한창수, 철골조 공사의 자동화를 위한 로보 핸드, 2006.9, 대한건축학회 논문집
3. 한재구, 이민우, 권순욱, 조문영, 건설공사 마감자재 모니터링 시스템 개발을 위한 RFID 인식능력 실험, 2004.10, 대한 건축학회 학술발표논문집
4. 한재구, 권순욱, 조문영, RFID 기술을 활용한 자재관리 시범시스템 구축 및 현장실험, 2006.10, 대한건축학회논문집
5. 이남수, 송재홍, 윤수원, 진상운, 권순욱, 김예상, RFID와 무선네트워크 기술을 이용한 자재위치 파악 방안, 2006.11, 건설관리학회 학술발표논문집