

철골조립공사 자동화를 위한 프로세스 분석 및 평가

Process Analysis & Evaluation for Steel Frame Fabrication Automation

김 백 중*
Kim, Baek-Joong

조 훈 회**
Cho, Hun-Hee

강 경 인***
Kang, Kyung-In

Abstract

The construction industry kept lower level of the technology and productivity improvement than any other kinds of industry. But in most analysis of previous construction work which promoted the productivity of construction, the analysis process has only developed by the economical efficiency or the time studies through work sampling in construction field, So We suggest motion analysis as a tool to solve these problems. Specially, this study find out productivity improvement method of steel frame fabrication works with using motion analysis. If the result of this study were to be applied to the actual construction field, it will be of great help for Building Construction Automation

키 워 드 : 철골공사, 동작분석, 작업평가
Keywords : Steel works, Motion analysis, Evaluating

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설은 노동 중심적인 산업이다. 하지만, 3D 업종이라는 인식하에 현재 작업인력에 대한 수요를 충족시키지 못하고 있으며, 이는 점차 숙련공의 부족으로 이어졌다. 건설현장에서의 숙련공 부족은 건축물의 품질에 악영향을 줄 수 있으며 생산성 저하 및 안전사고 등의 원인이 되기도 한다.

이러한 건설산업의 문제를 극복하기 위해 건설산업에 있어 다양한 변화가 시도되고 있다. 특히, 최근 자동화 기술을 바탕으로 하는 시공의 기계화, 부재의 공장생산, 시공프로세스의 합리화 등의 노력이 지속적으로 추진되고 있다. 하지만, 국내 건설산업에서의 이러한 노력에도 불구하고 선행되어야 할 건설공사에 대한 분석은 공사실적분석 또는 작업시간분석 등에 국한되어 한계성을 가지고 있다. 현재 미국·일본 등의 선진국에서는 공사실적이나 작업측정에 의한 공사분석 뿐만 아니라 동작연구를 통한 공사분석을 실시하여 이를 작업관리에 적용하고 있다.¹⁾ 동작연구에 의한 작업분석은 건설산업에 있어 자동화 기술의 접목을 직접적으로 유도할 수 있다는 점에서 기존

의 작업시간 분석이나 공사실적분석과 차이가 있다.

특히, 철골공사는 초고층화 되는 건설산업의 변화를 고려할 때 자동화가 크게 요구되어지는 공종 중 하나라 할 수 있다. 철골공사는 건축물의 안전 및 내구성에 큰 영향을 줌에도 불구하고 작업환경이 매우 열악하며 만성적으로 숙련기능공이 부족하여 자동화가 크게 요구되어진다.

이에 본 연구는 철골공사 세부공정 중 요소작업의 세분화 및 분석이 용이한 철골 조립 공정을 대상으로 동작 연구를 통한 작업분석을 실시하고 이를 통해 철골 조립 공정의 자동화를 위한 방안을 도출하고자 한다. 또한 도출해낸 방안들을 토대로 세부요소 기술의 개발을 통해 고층건물 시공자동화 연구에 기여하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 절차

본 연구는 철골공사의 작업분석을 위해 건설현장에서 철골 조립 관련 작업자의 동작을 중심으로 연구를 진행하였다. 합리화가 필요한 세부공정 및 요소작업의 도출을 위해 다음과 같은 흐름으로 연구를 진행하였다.

건설 공사의 작업분석을 위한 참고문헌 검토 후, 철골공사가 진행중인 현장을 선정하였다. 작업분석을 위한 대상현장의 상황은 다음과 같다.

1.2.1 현장위치

서울 서초구 C대학교 병원 신축공사현장

1.2.2 공사개요

연면적54,475평(지하6층~지상20층), SRC조

1.2.3 철골조립 인원

건물별 최소 6명 소요

* 정회원, 고려대학교 건축공학과 석사 과정
** 정회원, 한국해양대학교 해양공간건축학부 조교수, 공학박사
*** 정회원, 고려대학교 건축사회환경공학과 정교수, 공학박사

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설기술평가원에서 위탁 시행한 2006년도 첨단융합건설기술개발사업[과제번호 : 06첨단융합 D01]의 지원으로 이루어졌습니다.

1) 彰國社 편집부, 平成建築生産 事典, 동경 : 주식회사 彰國社, 1995 p.234

(건물별 철골조립공 2명, T/S볼트 조립공 1명, 용접공 1명, 야적장내 인원 2명)

1.2.4 1차 현장조사

- 조사기간 : 2007. 3. 15
- 조사내용 : 철골조립작업의 작업실태 조사
- 조사방법 : 현장관리자 및 작업원에 대한 면담조사

1.2.5 2차 현장조사

- 조사기간 : 2007. 3. 16~17
 - 조사내용 : 작업분석을 위한 자료수집
 - 조사방법 : 현장작업의 비디오 및 사진 촬영
- 작업분석은 철골공사 중에서도 작업환경이 가장 취약한 철골조립공의 작업을 중심으로 분석하였다. 철골조립공의 작업내용은 현장 CCTV, 캠코더 및 사진기를 이용하여 촬영한 후, 각 공정에 소요되는 작업을 세분화하였다. 또한, 세분화된 각 작업의 동작을 전문가 면담을 통해 난이도, 위험도, 전문성 등의 요소로 평가하여 합리화가 방안 도출하였다.

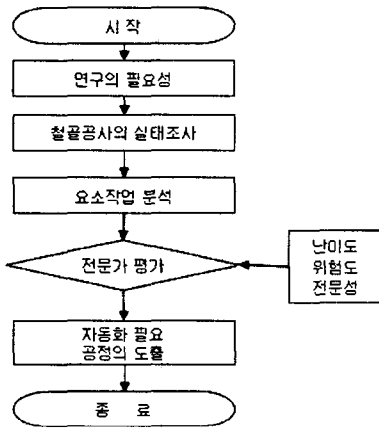


그림 1. 연구의 절차

2. 이론적 고찰

2.1 동작 및 시간연구의 배경²⁾

동작연구는 1880년대 후반 Gilbreth가 개발한 방법이다. 이 방법은 벽돌공의 동작분석을 통해 주어진 작업을 수행할 수 있는 최선의 방법을 발견하려는 목적으로 시작되었다. 이것은 Tayler에 의해 공장운영 시스템의 개선을 목적으로 제안된 시간연구가 작업의 표준시간을 결정하는데 이용된다는 것에 반해 동작연구는 작업의 개선방안을 도출하는데 이용되고 있다. 초창기에는 동작연구보다 시간연구가 중요하게 이용되었지만, 1930년대 이후 작업수행에 있어 개선방안을 발견할 목적으로 시간연구와 동작연구가 상호보충적인 관계로 인식되어 이후 동작 및 시간연구(motion and time study)로 사용되게 되었다. 원래 동작 및 시간연구는 주로 공장에서의 직접 노동 분야에만 한정적으로 적용되었으나, 현재에는 전산업으로 그 분야가 확

2) 조훈희, 국내철근공사의 작업분석에 관한 연구, 고려대학교 대학원 석사학위 논문, 1997.2

대되어 연구가 활발히 진행되고 있다.

동작 및 시간 연구의 목적은 ① 보다 나은 시스템을 개발하고, ② 새로 개발된 시스템과 방법을 표준화 ③ 숙련된 작업자가 정상속도로 정해진 작업을 완성하는데 요구되는 시간을 설정하며, ④ 새로 개발된 방법을 작업자들에게 훈련하는 것이다.

2.2. 건설공사의 작업분석을 위한 측정기법

건설공사의 분석에 있어 작업전체를 동시에 파악하는 것은 불가능하므로 각 작업을 세분화하여 각각의 내용을 명확히 하는 것이 필요하다.

작업분석을 위해서는 우선 작업을 계통적으로 나누어 구성요소를 명확히 하여야 하는데, 구성요소의 계통구분에 있어 각 작업의 한계가 명확한 것이 아니며, 작업의 규모와 내용 및 투입물의 성격에 따라 구분 범위가 변할 수 있다. 이교선(1989)은 작업분석을 위한 계층구분을 다음과 같이 구분하여 각 계층별로 작업분석 기법을 다음 그림 2과 같이 예시하였다.³⁾

작업분할단계	공사	공종작업	세부작업	단위작업	요소작업	단위동작	요소동작
작업측정관계 (FU)	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁴	10 ³	10 ²	10 ¹	10 ⁰
작업측정기법	Work Sampling 법						
	Time - Study 법						
	Memo - Motion 촬영법						
	PTS 법						

그림 2. 작업시간의 크기에 따른 측정기법

본 연구에서는 철골조립공정에 대한 세부작업분석을 동작연구방법을 통해 진행하였으며 이는 철골공사의 세부작업을 단위동작으로 구별하기 위한 작업측정기법으로 그림 3의 Memo-motion 촬영법을 기반으로 한다.

3. 철골 조립 공정의 작업분석

3.1 작업분석의 개요

본 연구는 전문가의 면담과 현장 CCTV, VTR촬영 및 사진촬영을 이용한 현장조사를 통하여 철골조립 공정의 요소동작을 세분화하여 평가를 실시하였다. 분석을 실시한 현장의 철골조립의 경우 철골조립 작업의 평균작업인력은 철골조립공 2명, T/S볼트 조립공 1명, 용접공 1명, 야적장내 보조인원 2명으로 총 6명이다. 이중 본 연구에서는 작업환경이 가장 취약한 철골조립공의 작업 동작을 중심으로 요소동작을 분석하였다. 또한, 철골부재 조립을 크게 Column부재 조립작업과 Girder 부재 조립작업으로 구별하여 분석을 실시하였다. 요소동작의 선정 및 구분은 비반복적 작업 특성을 고려하여 일반적인 조건에서의 평균적인 동작을 대상으로 하였다.

3) 이교선, 건설시공의 생산성 향상을 위한 현장작업측정기법, 한국건설기술연구원, 1989, p29

이렇게 분석된 자료는 합리화가 필요한 공정의 도출을 위해 전문가 면담을 통해 위험도, 난이도, 전문성 등의 요소를 기반으로 평가가 이루어졌다.

3.2 철골조립작업 분석결과

3.2.1 Column 부재 조립작업 분석

Column 부재 조립작업은 철골조립공 2명에게 할당된 작업이 개별적으로 상호협조하여 진행되므로 철골조립공별로 구별하여 동작분석을 실시하였다.

Column 부재 조립작업의 분석결과는 표 3와 같다.

철골 조립작업시 주로 고층에서 이루어지는 철골 조립 작업의 특성상 작업자의 안전상의 문제에서 기인하여 한쪽 손은 철골조립공의 균형유지를 위해 부재를 잡아 지지하는데 지속적으로 이용되고 있다. 이로 인해 실제 조립에 이용되는 손동작

의 비율의 감소를 유발하여 철골조립공의 작업효율성 저하의 원인으로 작용하는 것으로 사료된다.

Column과 Column의 연결시 조립부의 위치가 작업자의 가슴 높이에 유지되는 것이 철골조립공의 작업진행에 있어 작업자의 허리동작 등에 영향을 주고 있으며, 적합한 연결부위 선정이 작업의 효율성을 높이고 작업의 난이도를 낮추는데 기여하고 있다고 사료된다.

철골조립공 1의 경우 타워크레인과의 연결철물 해체를 위한 수직이동발생시 위험도 및 난이도의 증가를 크게 유발했다. 이는 철골조립공이 가조립 상태에서 철골의 상부로 이동해야 하는 작업의 특성상 발동작의 착지불안 및 Column 부재의 불확실한 고정에 의한 철골조립공의 균형유지의 어려움 등에 기인한다고 사료된다. 또한, 수직 이동시 작업자의 안전을 위해 사용되어야 하는 추락방지용 로프의 연결에 어려움이 있어 위험도가 크게 증가하였다.















표 3. Column 부재 조립작업 분석표

순서	철골조립공1 요소동작	작업분석							철골조립공2 요소동작	순서	
		전문가 평가			작업사진	전문가평가					
		위험도	난이도	전문성		위험도	난이도	전문성			
1	크레인에 의한 Column 이동/ 철골조립공이동	중	하	하			중	하	하	크레인에 의한 Column 이동/ 철골조립공이동	1
2	Column 찾기	하	하	하			하	하	하	Column 찾기	2
3	Column 잡기	중	하	하			중	하	하	Column 잡기	3
4	Column 위치조정	중	하	하			중	하	하	Column 위치조정	4
5	양중된 부속철물잡기	하	하	하			중	하	하	Column 위치조정	5
6	부속철물내리기 /부속철물획득	중	하	하			하	하	하	부속철물 (볼트)획득	6
7	상부철골 너트돌리기(손조립)	중	중	중			중	중	중	하부철골 볼트끼우기(손조립)	7
8	하부철골너트(일부) 돌리기(손조립)	중	중	중			중	중	중	하부철골 볼트끼우기(손조립)	8
9	작업자 위치 바꾸기	중	중	하			중	중	하	작업자 위치 바꾸기	9
10	상부철골 위로 이동	상	상	중			중	중	중	하부철골너트(일부) 돌리기(손조립)	10
11	상부철골 위에 앉기	상	상	중			중	상	상	상부철골 너트 조립(본조립)	11
12	크레인과의 연결철물 해체	상	상	상			하	하	하	조립 후 대기	12
13	Column 하부로이동	상	상	중			하	하	하	부속물품 정리	13
14	부속물품정리	하	하	하			하	하	하	부속물품 정리	14
15	철골조립공 이동	중	하	하			중	하	하	철골조립공 이동	15

3.2.2 Girder 부재 조립작업 분석

Girder 부재 조립작업은 철골조립공 2명에 의해 작업이 진행되지만 보의 양단부에서 작업이 대칭적으로 이루어지므로 두 명의 작업동작을 단일화하여 분석하였다. Girder 부재 조립작업 분석결과는 표 4와 같다.

표 4. Girder 부재 조립작업 분석

순서	요소동작	작업분석			작업사진
		전문가평가			
		위험도	난이도	전문성	
1	크레인에 의한 Girder의 이동/철골조립공이동	중	하	하	
2	Girder 찾기	하	하	하	
3	Girder 잡기(로프)	상	중	중	
4	로프풀기	중	하	하	
5	Girder에 부착된 TS볼트풀기(획득)	중	중	중	
6	Girder 위치조정	중	중	중	
7	Girder 임시고정 쇠파대 끼기	상	중	상	
8	Girder에 T/S볼트 끼기(손조립)	상	상	상	
9	Girder에 너트 조립	상	상	상	
10	Girder 임시고정 쇠파대 빼기	상	중	상	
11	로프 찾아들기	중	하	하	
12	로프들고 Girder 중앙으로 이동	중	하	하	
13	크레인 연결강선에 로프 묶기	중	하	하	
14	크레인 연결철물 해체	중	중	중	
15	이동	중	하	하	

타워크레인에 의한 Girder 철골부재의 양중에 의한 부재의 위치조정시 이미 조립이 완성되어 있는 Column 부재와의 간섭이 발생할 우려가 있었고, 철골조립공이 Girder 부재에 연결된 로프를 잡으려는 동작시 로프의 위치가 작업자의 무릎 아래에 위치하게 되어 발을 이용해 로프를 끌어오는 동작이 필요하다. 이는 고충작업을 하는 작업자의 균형유지를 위한 발동작에 있어 불안전 착지 요소를 내포함으로써 작업의 위험도를 증가시켰다.

Girder 철골 부재의 임시고정 및 볼트조립은 Girder 철골 부재에 철골조립공이 매달린채 작업을 진행되었다. 특히 이 동작시 대부분의 발동작이 Girder 철골의 하부플랜지의 상부쪽 면에 발을 착지하게 된다. Girder 철골을 잡고 작업을 진행해야

하는 철골조립공에게 있어 균형유지에 필요한 착지면이 부족하게 된다. 이는 철골조립공 작업에 있어 위험도의 크게 증가시키는 것으로 사료된다.

개별 작업자의 작업 범위는 대부분 Girder의 한쪽 단부에 대부분 한정되어 이동없이 일련의 조립과정이 지속되어지는 경우가 많았으며, 철골조립공의 이동은 타워크레인과의 연결철물 해체를 위한 이동시에만 나타났다. 철골조립공의 이동시 Girder 부재의 가조립만 완성되어 있는 상태여서 잠재적인 위험도가 큰 것으로 사료된다.

4. 결 론

동작연구는 작업방법의 설정하는데 있어 보다 나은 작업방법을 발견하는데 그 목적이 있다. 이를 위해서 본 연구에서는 철골조립작업과 관련해 공정의 자동화를 위한 방안 도출을 위한 문제를 정의하고, 이를 분석하여 결론을 도출해 냈으며 그에 따른 결론은 다음과 같다.

Column 부재 연결작업 작업의 자동화를 위한 방안은 Column 철골의 조립에 있어서는 1) 철골조립공의 수직이동에 따른 위험도 감소를 위하여 국내 건설현장의 실정에 부합하는 Column철골과 타워크레인간의 연결철물의 자동 해체기술의 개발 2) 시공의 자동화를 위한 Column 과 Column간 효율적인 조립위치 선정 등이 요구된다.

Girder 철골의 조립에 있어서는 1) 타워크레인에 의해 Girder 철골이 양중되면서 발생하는 철골 부재의 수평유지 및 회전에 의한 타 부재와 충돌을 줄일 수 있는 요소기술 개발 2) Girder 철골 부재의 볼트 조립을 위한 철골의 초기 위치 고정을 위한 요소기술의 개발 3) 가조립 되어있는 Girder 철골 위에서 이루어지는 작업이 이루어지는 연결철물 해체 문제 해결을 위한 연결철물의 자동 해체기술의 개발 등이 요구된다.

본 연구는 차후 진행되어질 철골 조립 작업의 자동화 기술을 위한 선행 연구로 진행되었다. 본 연구에서 도출해낸 방안들을 기반으로 필요한 요소기술개발을 통해 철골공사의 자동화를 위한 연구를 차후 진행하도록 하겠다.

참 고 문 헌

1. 彰國社 편집부, 平成建築生産 事典, 동경 : 주식회사 彰國社, 1995 p.234
2. 조훈희, 국내철근공사의 작업분석에 관한 연구, 고려대학교 대학원 석사학위 논문, 1997.2
3. 조훈희, 강경인, 건축공사 작업분석 및 평가모델 개발에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 구조계 v.17 n.10, 2001.10
4. 이교선, 건설시공의 생산성 향상을 위한 현장작업측정기법, 한국건설기술연구원, 1989, p29
5. 일본건축학회, 작업능력측정지침, 일본건축학회, 1991