

철골세우기의 현장생산성 측정 및 영향요인 분석

Productivity Measurement and Analysis on Factors in Steel Erection

이 지 용* 허 영 기** 안 방 루***
Lee, Ji-Yong Huh, Young Ki Ahn, Bang Ryul

Abstract

As buildings becoming higher and more enormous the portion of steel works has been increased, which makes the schedule planning and management more significant. However, in actual construction sites, management is more based on a manager's construction experience than productivity data accumulated in previous projects. Moreover, most of the existing studies also featured a theoretical approach rather than an analysis of data straightforwardly collected in sites.

In this study, a steel-erection site was visited to collect productivity data. The study found that there were significant disparities between aboveground work productivity and underground work. However, the productivities of 'first node on ground' and 'second node on ground' were estimated similar. The productivity data collected and factors affecting the productivity will help managers to plan and control their similar steel-erection works. This study will also be beneficial for those performing related studies.

키 워 드 : 철골세우기, 철골공사, 생산성, 생산성 영향요인
Keywords : Steel Erection, Steel Construction, Productivity, Productive Factor

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

오늘날 건설 산업은 자본의 축적 및 기술력의 증가에 따라 건축물들이 지속적으로 대형화, 고층화 되고 있으며, 이러한 건설 산업에서의 변화로 인해 과거에 대부분의 공사가 철근 콘크리트공법에 의해 이루어지던 것과 달리 최근에는 철골공법의 사용이 크게 증가하였다. 또한 고층건축공사 현장에서는 철골과 철근콘크리트 공법을 동시에 적용하는 공사가 일반적 으로, 건축공사에서 철골공사의 합리적인 공정계획과 관리가 사업성공에 많은 영향을 미치고 있다. 그러므로 철골공사의 생산성측정 및 향상을 위한 다각적인 노력이 필요하며 그 결과를 새로운 공사 계획과 관리에 적용시켜야 한다.

철골공사의 성공여부는 주공정(Critical Path)으로 작용하는 철골설치 공정의 효율적인 관리에 달려있다. 그러나 실제 현장에서는 객관적인 데이터에 의한 관리보다는 과거의 시공 경험에 많이 의존하고 있는 것이 현실이다. 또한, 기존의 관련 선행연구들이 철골공사의 전반적인 공정관리기법이나 관리시스템에 대한 이론적인 접근이 대부분이며, 현장 데이터에 기초

한 분석보다는 설문에 의한 연구가 많아 이러한 결과들을 현장에서 바로 사용하기는 매우 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 철골설치 공정 중에서 철골세우기작업의 생산성을 측정하고 이에 영향을 미치는 영향요인을 분석하여 향후 철골설치 공정을 계획하고 관리하는데 유용한 기초 자료를 제공하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 철골공사의 여러 공정들 중에서 주공정(Critical Path)이 되는 '철골 현장세우기'에서 비계공이 철골부재를 지상 야적장에서부터 지정된 위치까지 보통볼트로 부재를 가체 결하기까지의 철골세우기 작업의 현장생산성 측정과 영향요인 별 생산성 분석으로 그 범위를 한정하였으며, 연구의 진행 방법은 다음과 같다.

- 사전조사로 철골공사의 생산성에 관한 기존 문헌을 조사하였고, 합리적인 생산성 측정 단위와 철골세우기 작업에서 작업자에 대한 명칭 및 작업내용을 정의하였다.
- 철골세우기의 생산성에 영향을 미치는 영향요인별로 생산성을 측정·분석하고자 선행연구를 바탕으로 영향요인을 선정하였다.
- 1차 분석과정으로 현장에서 수집한 자료를 1일생산성 데

* 부산대학교 대학원 건축공학과 석사
** 부산대학교 건축학부 조교수, 공학박사
*** 한국건설기술연구원 건설코스트연구센터 연구원

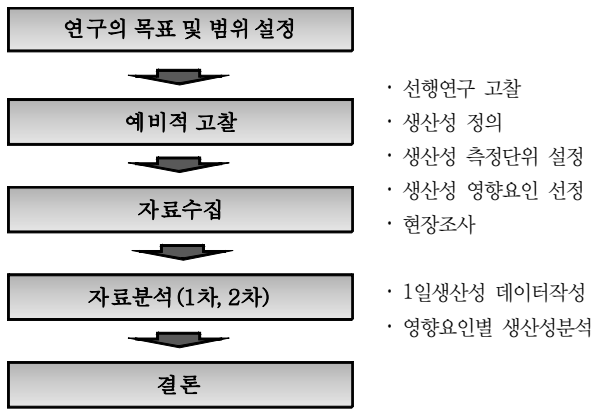


그림 1. 연구의 절차

이터(1일 DP; 1일 Data Point)로 작성하였다.

- 2차 분석으로 1일DP를 이용하여 앞서 선정한 생산성 영향요인별 철골세우기 공종의 생산성을 비교, 분석하였다.

2. 예비적 고찰

2.1 문헌 조사

장명훈(1999)은 ‘철골공사 일정 및 비용관리 시스템 개발’에서 개별적인 철골부재의 설계정보와 시공정보를 포함하는 데이터베이스를 구축하여 효율적인 공사관리 시스템을 제안하였고, 김경훈(2007)은 철골골조공사의 실시간 진도관리 시스템 구축에 관해 연구하고 그 결과로 철골공정 실시간 진도관리 및 분석 프로세스를 제시하였다. 또한 이은석(2003)은 철골공사 현장의 노무실태를 조사하고 절의 구분(5,6,7,8절)에 의한 피스당 공수(인·시/pcs)로 시공 생산성을 측정하였으며, ‘주상복합 건물의 철골설치 공정계획 및 시공생산성 분석’에서 박영석(2002)은 철골설치작업의 구체적인 물량과 작업일수 데이터에 의해 작업의 생산성을 산출했다. 생산성 영향요인과 관련하여 ‘공동주택 건축공사의 생산성 향상요인 선정 및 적용성 분석(손창백 외, 2005)’에서는 건축공사의 생산성 향상요인의 분류체계를 제안하고, 적용의 용이성과 효과를 분석하여 생산성향상을 위한 실천방안을 제시하였고, ‘건설공사 생산성 측정방법에 관한 연구(손정욱 외, 2003)’에서는 시뮬레이션을 통해 구체적인 사례를 바탕으로 생산성을 측정, 분석, 개선하는 방법을 제안하였다.

그러나 이러한 기존의 연구들을 살펴보면 생산성 측정방법, 생산성 관리를 위한 시스템 구축 및 모델제시, 그리고 생산성 영향요인 분류 등에 관한 연구가 대부분이며, 일부 실제적인 현장자료에 의한 생산성 관련 연구 또한 단순히 작업일수와 작업인원에 근거한 생산성을 산출하는데 한정된다. 이에 본 연구에서는 현장에서 연구자가 직접 육안으로 수집한 자료를 이

용하여 생산성을 측정하고 이에 영향을 주는 영향요인을 분석하였다.

2.2 철골세우기 작업에서 생산성

2.2.1 생산성 개념

생산성은 생산 활동의 효율성을 가능하는 가장 기본적인 척도로서, 기본적인 개념은 투입량에 대한 생산량의 비(Ratio)로 나타낼 수 있다. 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$Productivity = \frac{Output (unit\ of\ products)}{Input (resources)}$$

위의 식은 Input의 종류(labor, capital, 등)와 Output에 따라 노동생산성, 자본생산성, 원재료생산성 등으로 정량화 시킬 수 있다. 가장 보편적으로 쓰이는 방법은 Input에 시간에 대한 노동을 투입하는 것이다. 이는 시간의 흐름에 따른 측정이 가장 쉬운 측정방법이며 시간당 노동력은 건설 측면에서 가장 중요한 자본(resource)요소이기 때문이다.

따라서 본 연구에서도 철골세우기 작업의 생산성을 시간(일)에 따른 투입인원수에 대한 생산량으로 정의한다.

2.2.2 생산성의 측정단위

생산성을 투입량과 생산량의 비(Ratio)로 나타낼 때, 투입량과 생산량에 대한 단위 설정이 선행되어야 한다. 첫째, 철골공사의 생산량(Output)의 경우 건설업계에서는 철골부재의 중량(Ton)과 피스(Piece) 수를 혼용해서 사용하고 있다. 공사의 규모에 따른 공사비 산정이나 협력업체와의 기성금 책정 시에는 설치 물량의 중량을 기준으로 하지만 철골세우기 공정 관리 측면에서는 부재의 중량보다는 피스 수에 의한 공정관리가 이루어지고 있다. 또한 이은석(2005)은 철골세우기 작업에서 세우기공 공수와 상관관계가 강하다고 판단되는 요소는 철골 중량보다는 부재 피스 수라고 밝힌 바 있다. 따라서 본 연구는 철골세우기의 생산량(Output)을 철골 부재의 피스 수를 기준으로 측정하였다.

둘째, 투입량(Input)은 하루 동안 비계공의 투입인원으로 기준하였다. 현장에서는 철골 세우기에 투입되는 작업자의 직종을 세우기공, 비계공, 철골공, 도비공 등으로 혼용하여 사용되고 있으며(표1), 본 연구에서는 철골세우기에 투입되는 직종을 비계공으로, 포함되는 작업내용을 지상의 야적장에서 철골부재에 대한 와이어 체결, 크레인유도, 그리고 양중된 철골부재를 설치(가체결)하는 작업으로 정의하였다.

표 1. 철골세우기 직종과 작업내용

기존 논문 및 표준품셈	직 종	작업내용
이은석 (2003)	세우기공	· 지상의 야적장에서 철골부재에 대한 와이어 체결, 크레인 유도 작업 · 양중된 철골 부재를 볼트로 가체 결과 안전네트 설치작업
이은석 (2005)	비계공 (세우기)	· 철골 세우기, 세우기 후 수정작업
	비계공 (가설)	· 작업발판, 안전시설물의 조립과 해체 작업
표준품셈 (2007)	철골공	· H빔 BOX빔등 철골의 가공, 조립 및 해체 등의 작업
본 연구	비계공	· 지상의 야적장에서 철골부재에 대한 와이어 체결, 크레인유도, 및 양중된 철골 부재를 설치(가체결)작업

따라서 이번 연구에서의 철골세우기 생산성 측정단위를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$1\text{일 생산성} = \frac{\text{설치된 부재의 피스수 (PCS)}}{\text{비계공 투입인원} \cdot 1\text{일(인} \cdot \text{일)}}$$

2.2.3 주요 영향요인 선정

자연적, 사회적, 시공 관리적 측면 등으로 건설 생산성에 직접적 혹은 간접적으로 영향을 미칠 수 있는 요인들을 생산성 영향요인이라 할 수 있다. 문우경(2006)은 생산성 영향요인들을 정보 설정 및 수집시기와 정보의 특성별로 프로젝트 관점, 관리적 관점, 작업 관점으로 나누어 각각 세부요인으로 분류하였고, 손창백(2005)은 5개의 요인 대분류와 그에 따른 세부요인으로 분류하여 생산성에 영향을 미치는 주요 요인들을 정의하였다. 선행 연구들을 참고하여 철골세우기 생산성과 직접적으로 관련되고 자료 수집 현장의 특성에 부합하는 두 가지 영향요인을 선정하였다.

표 2. 철골세우기 생산성 영향요인

철골세우기 생산성 영향요인	내 용
지상층 vs. 지하층	지상층 공사의 생산성과 지하층 공사의 생산성 측정
1절 설치 vs. 2절 설치	지상 1절 세우기작업과 지상2절 세우기작업의 생산성 측정

3. 자료 수집

3.1 현장 개요

자료 수집 대상은 부산광역시 해운대구에 소재한 신축백화점 현장을 선정하였으며, 방문조사 기간에는 지하 1층 및 2층, 그리고 지상 1절과 2절의 철골세우기 작업이 진행되었다. 전체 현장은 동관, 서관으로 나누어지는데 본 연구는 서관을 대상으로 자료 수집을 실시하였다. 자세한 공사 개요는 표3와 같다.

표 3. 조사현장 공사개요

항목	상 세 내 용
공사명	부산시 해운대구 S 신축공사
공사기간	2006. 08 ~ 2009. 03
공사규모	지하 5층, 지상4층(서관 8층)/높이 94m(서관 45m)
대지면적	40,711㎡
건축면적	20,353㎡
연면적	294,010㎡
구조	SRC조

철골부재 수량은 지상공사는 총 4절로 1절은 2개 층(2,3층), 2절부터 4절까지는 3개 층이 한 절로 설계되었으며, 1피스 당 평균 무게는 1절은 1.42ton이고, 2절은 1.18ton이다(표4).

표 4. 철골세우기 공중에 사용된 철골부재의 수량

절	층	피스 수 (pcs)	중량 (ton)	1pcs당 중량 (ton)
1절	2,3층	1,158	1,654	1.42
2절	4,5,6층	1,550	1,829	1.18
계	2-6 F	2,708	3,483	1.29

3.2 자료 수집

자료 수집은 2007년 7월1일부터 2007년 8월30일까지 약 2개월간 현장을 연구자가 직접 방문하여 생산성 자료를 기록하였으며, 방문시마다 철골작업담당자들을 통해 상세한 정보를 추가로 수집하였다. 앞에서 설명한 바와 같이, 실측에 의한 자료는 현장을 방문하여 철골세우기 작업에 투입되는 투입인원과 당일 설치된 철골 물량을 직접 확인하여 기록한 자료이다.

4. 자료 분석

4.1 자료 분석 방법

현장조사에 의해 수집한 자료는 철골세우기 영향인자별 생산성을 분석하기 위해 1차, 2차의 분석과정을 거쳤다. 우선은

철골세우기의 영향요인별 생산성 분석에 앞서 현장에서 수집한 현장데이터를 정리하여 1일 생산성을 구하는 사전작업을 실시했다. 1일 생산성 데이터 값은 1일 동안 철골세우기 작업에만 투입된 비계공 인원들이 설치한 철골 부재의 피스 수를 나타낸다. 1일의 생산성데이터 값은 1개의 데이터 포인트(Data Point)로 2차 분석에 활용하였다.

2차 분석은 앞서 언급한 2가지의 생산성 영향요인별(지상 vs. 지하; 지상1절vs.지상2절)로 앞의 분석에서 얻은 1일 DP를 이용하여 ANOVA(ANalysis Of VAriance) 분석을 실시하였다. 프로그램은 SPSS 14.0K for windows를 이용하였다.

4.2 ANOVA 분석

ANOVA는 두 개 이상의 모집단의 평균의 차이에 관한 가설 검증이다. ANOVA검증에서 통계치 F는 평균오차제곱합에 대한 평균처리제곱의 비율로 표시된다. 통계치 F는 평균처리제곱이 오차처리 제곱에 비하여 훨씬 클 때 큰 값을 나타내고 이 경우 그룹간의 평균치가 동일하다는 귀무가설은 기각된다. p값(유의확률)은 통계치 F의 통계적 유의수준을 결정하는데 도움이 되며, 귀무가설을 수락하느냐 기각하느냐의 가설검증에 사용되어진다. p값은 오류를 일으킬 수 있는 확률을 나타내며 그것이 사실일 때 귀무가설을 기각한다. p값이 작을수록 귀무가설을 기각하는 오류를 발생시킬 확률은 작아진다. 보통 한계치로서 0.05가 사용되어지는데 이는 p값이 0.05보다 작으면 귀무가설을 기각한다는 의미이다.

4.3 DP(Data Point)의 활용 비율

현장실사에 의한 수집한 1일생산성 DP 개수는 총 56개이다. 이중에서 생산성 영향요인별로 지상층과 지하층에 따른 생산성 분석에 이용한 DP는 각각 30개, 25개이고, 지상 1절과 2절에 따른 분석에 이용한 DP는 각각 15개, 15개이다.

표 5. 영향요인별 Data Point수

영향요인구분		현장실사 (56)
지상층과 지하층	지상층	30
	지하층	25
절구분	1절	15
	2절	15

5. 영향요인에 따른 생산성 분석

5.1 지상층과 지하층 구분에 따른 분석

지상층과 지하층을 영향요인으로 ANOVA를 실시한 결과,

표6에서와 같이 두 집단 간의 유의확률이 유의수준보다 낮아 지상층 공사의 생산성과 지하층 공사의 생산성에 차이가 없다는 가설을 기각하고 지상층과 지하층의 철골 세우기 작업 생산성은 차이가 있다는 결론을 내릴 수 있다. 지하층 철골세우기 작업의 평균 생산성(2.77)은 지상층(6.60)의 42% 수준으로, 일반적으로 추측 가능한 범위보다 많은 차이가 나므로 분석되었다. 이는 지하층 공사에서의 철골세우기의 작업관리가 매우 중요하며, 지상층보다는 지하층에서 생산성을 높일 가능성이 많다고 할 수 있다.

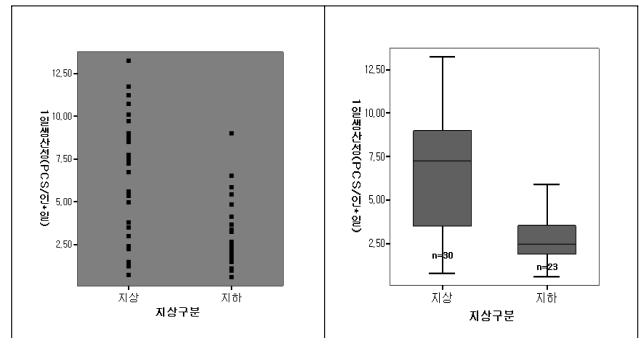


그림 2. 지상층과 지하층 구분에 따른 산점도와 상자도표

표 6. ANOVA 결과

ANOVA					
1일생산성(pcs/인·일)					
	제곱합	자유도	평균 제곱	F	유의 확률
집단-간	191.380	1	191.380	25.32	0.000
집단-내	385.476	51	7.558		
합계	576.856	52			

Descriptives					
1일생산성(pcs/인·일)					
실측구분	N	평균	표준편차	최소값	최대값
지상	30	6.60	3.44	.75	13.25
지하	23	2.77	1.39	.60	5.88
합계	53	4.94	3.33	.60	13.25

5.2 지상 1절과 2절 구분에 따른 분석

지상1절 철골세우기와 지상2절 세우기 구분에 따른 ANOVA 결과 아래의 표7에 나타난 것과 같이 두 집단 간에 유의확률이 0.76으로서 95%신뢰구간에서의 유의수준보다 높아 귀무가설(1절, 2절 생산성 차이가 없다)을 기각할 수 없으므로, 지상1절 세우기 생산성(6.42)과 지상2절 세우기 생산성(6.78)의 수준이 거의 동일하다고 할 수 있다. 이는 3개층 높이로 설계되어 있는 2절이 1절(2개층 높이)에 비해 중량이 많이 나가며, 작업위치도 지상보다 높다는 생산성측면에서의 불

리한 점이 있으나, 1절 세우기에 비해 작업자가 작업환경 등에 익숙해져 생산성이 상대적으로 높아짐으로 서로 이러한 점들이 상쇄되어 나타난 결과라고 판단할 수 있다.

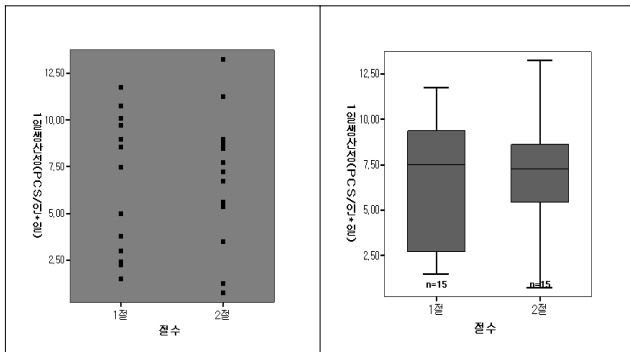


그림 3. 절수 구분에 따른 산점도와 상자도표

표 7. ANOVA 결과

ANOVA					
1일생산성(pcs/인·일)					
	제곱합	자유도	평균 제곱	F	유의 확률
집단-간	1.015	1	1.015	0.083	0.775
집단-내	342.118	28	12.218		
합계	343.133	29			

Descriptives					
1일생산성(pcs/인·일)					
실측구분	N	평균	표준 편차	최소값	최대값
1절	15	6.42	3.63	1.50	11.75
2절	15	6.78	3.36	0.75	13.25
합계	30	6.60	3.44	0.75	13.25

6. 결 론

현장을 직접 방문하여 수집한 자료를 기준으로 철골세우기 작업의 생산성을 측정하였으며, 생산성 영향요인을 분석하였다. 그 결과 지상1절과 지상2절의 항목에 대해서는 생산성에 차이가 없는 것으로 나타났다. 지상층과 지하층 항목에서는 지상층의 생산성이 지하층보다 약 2.5배 높은 생산성을 보여 지상층에 비해 지하층의 철저한 공정 계획·관리가 필요한 것으로 분석되었다.

본 연구는 철골세우기 공종의 실사에 근거한 현장데이터를 수집, 생산성을 산출하여 제시하였고 이에 영향을 미치는 주요 영향요인들을 분석하여 정량적인 결과를 제시하였다. 본 연구

를 기반으로 철골공사의 전반적이고 체계적인 생산성 자료의 축적 및 분석을 통한 데이터베이스가 구축이 되면, 철골공사를 계획하고 관리하는데 유용하게 사용되어 질 것으로 기대한다. 또한, 본 연구에서 분석한 영향요인 외에 철골세우기의 생산성에 영향을 미치는 요인을 선정하여 추가요인에 대하여 분석하는 지속적인 노력이 필요하다.

참고문헌

1. 김경훈, 김경환, 이운선, 김재준 (2007), 철골골조공사의 실시간 진도관리 시스템 구축에 관한 연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, pp.886-891
2. 김예상 (1994), 건설 생산성에 영향을 미치는 요인 분석에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 제10권 제10호
3. 김창덕, 이덕형, 유정식, 유재길, 정재훈, 정희경, 유정호 (2006), 기후요소에 의한 철골공사 작업불가능일 산정에 관한 연구, 한국건설관리학회 논문집, 제7권 제4호
4. 김하정, 이영대, 장병훈 (2007), 건설 분야에서 팀워크의 효율성 요인 도출, 한국건설과니학회 학술발표대회 논문집, pp.469-472
5. 문우경, 한성훈, 김예상, 김영석, 김상범 (2006), 건설 생산성 정보 관리를 위한 생산성 영향요인 분석, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집
6. 박영석 (2002), 住商複合 建物の 鐵骨設置 工程計劃 및 施工 生産性 分析, 대한건축학회 학술발표논문집, 제22권 제2호
7. 손정옥, 윤준선, 백준홍 (2003), 건설공사 생산성 측정방법에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 제19권 제10호
8. 손창백, 이덕찬 (2005), 공동주택 건축공사의 생산성 향상요인 선정 및 적용성 분석, 대한건축학회 논문집 제21권 제4호
9. 손창백, 이덕찬 (2002), 건축공사의 생산성 저하요인 분석, 대한건축학회 논문집 제18권 제12호
10. 손치수, 김경환, 이운선, 김재준 (2007), 철골공사에서의 실시간 모니터링 시스템 데이터 모델 개발에 관한 연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집
11. 이은석 외1인 (2003), 鐵骨工事 現場의 勞務實態에 관한 研究, 대한건축학회 학술발표논문집, 제23권 제1호
12. 이은석 외1인 (2001), 鐵骨工事 施工에 관한 現況 研究, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집 구조계, 제21권 제1호
13. 이은석 (2005), 日本 現場의 鐵骨工事 生産시스템과 鐵骨組立 日程에 관한 研究, 대한건축학회 논문집, 제21권 제7호
14. 장명훈, 이재용, 이광호, 이현수 (1999), 鐵骨工事 日程 및 費用管理 시스템의 開發, 대한건축학회 논문집, 제15권 제7호
15. SPSS 14.0K for windows