# 공동주택 SYSTEM FORM 공사의 생산성 분석 및 향상방안 제안

## Productivity Analysis and Improvement of the System Form Construction in the Apartment Housing Project

김 도 형* · 김 경 래**
Kim, Do-Hyeong · Kim, Kyung-Rai

요 약

벽식 구조 공동주택(고층아파트)은 수평, 수직구조체가 동일하게 연속되므로 시스템거푸집 시공이 효율적이다. 그런데 현재 많은 고층 건축물 시공현장에서 사용되고 있는 시스템 거푸집은 전용횟수의 증대와 콘크리트 품질향상의 장점을 가지고 있지만, 공장 제작되어 현장 반입된 후 2차 조립 과정중의 공기지연 및 시공초기의 인력과다투입 등으로 초기 계획공정달성에 많은 애로점을 가지고 있다. 이러한 측면에서, 각각의 노무자들이 실제 생산적인 작업에 소비하는 시간 비율과 공사지연의 정도 및 원인 등을 평가대상으로 생산성저하의 원인을 찾아내어 개선방안을 찾아보고자 한다.

본 연구는 시스템거푸집 공정을 수행하고 있는 아파트 신축현장을 선택하여, 다양한 생산성 분석방법 중의 하나인 워크샘플링(Work Sampling)를 통하여 생산성을 분석한 후, 크루발런스스터디(Crew Balance Study)를 통하여 생산성 향상방안을 현장조립공정과 내부 폼(form)작업, 외부 폼(form)작업으로 구분하여 제시하였다.

**키워드** : 생산성(Productivity), 시스템 폼, 워크 샘플링, 크루발런스스터디

## Ⅰ. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설산업연구원의 연구결과에 따르면, 1991년부터 1999년까지 건설업의 연 평균 종업원 1인당 부가가치 증가율은 4.8%로, 전 산업 평균인 10.5%의 반에도 못 미치고 있는 고비용 저효율의 고질적인 문제를 가지고 있는 실정이다. 또한 국내건설업체들의 해외시장 점유율도 1998년 이후 지속적인 감소세를 나타내고 있다. 과거 근로자의 성실성과 저 임금에 의존하여 왔던 국내 건설산업의 경쟁력이 이제는 더 이상 그 효과를 발휘할 수 없는 상황이 된 것이다. 이러한 측면에서, 일반 시공 업체들은 현장기능인력의 절감과 현장작업의 단순화를 위해 기계화 시공, 조립식 공법 채용, 건식공법 확대 등의 노력을 경주하고 있다. 이와 함께 공동주택 구조체의 거푸집공사에서 기존의 유로폼(euro form)대신 거푸집을 체계화한 시스템거푸집(일종의 대형거푸집)이 사용되는 단계에 있다.

* 학생회원 한양대학교 대학원 건축공학과, 석사과정
**일반회원 한양대학교 건축학부 조교수, 공학박사
본 연구는 (주)대우건설의 연구비지원으로 수행되었음.

벽식 구조 공동주택(고층아파트)은 수평, 수직구조체가 동일하게 연속되므로 시스템거푸집 시공이 효율적이다. 그런데 현재 많은 고층 건축물 시공현장에서 사용되고 있는 시스템 거푸집은 전용횟수의 증대와 콘크리트 품질향상의 장점을 가지고 있지만, 공장 제작되어 현장 반입된 후 2차 조립 과정중의 공기지연 및 시공초기의 인력과다투입 등으로 초기 계획공정달성에 많은 애로점을 가지고 있다.

이러한 측면에서, 각각의 노무자들이 실제 생산적인 작업에 소비하는 시간 비율과 공사지연의 정도 및 원인 등을 평가대상으로 생산성저하의 원인을 찾아내어 개선방안을 찾아보고자 한다. 따라서 본 연구에서는 공동주택건설현장에서 현재 시행되고 있는 시스템거푸집공법의 생산성분석 및 향상과 이를 통한 공기단축을 위한 방안을 제시하고자 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

시스템폼(System Form)의 시공과정은 업체선정 및 폼(form)공장제작, 현장반입, 현장조립, 양중, 세팅(setting), 부대작업으로 이루어진다. 업체선정 및 폼(form)공장제작과정은 업체선정에 따른 생산성의 변화도 미비하기 때문에 본 연구에서는 현장반입, 조립, 양중, 세팅(setting), 부대작업으로 한정하여 조사하

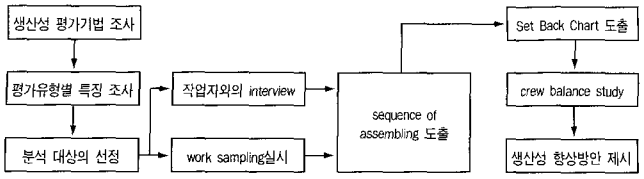



그림 1. 연구진행 방법

였다. 이 조사는 현장에 실제로 투입한 작업인력을 정확하게 조사하는 것이 가장 중요한 일이다. 따라서 일반적으로 사용되고 있는 출역표상의 인원을 그대로 받아 들이지 않고 현장의 작업장소에 직접 가서 작업을 하고 있는 인원을 일일이 조사하는 방법을 택하였다. 본 연구의 구체적인 방법의 절차 및 과정은 다음과 같다.

1) 현재 국내에서 시행되고 있는 생산성 분석의 model조사
2) 생산성 분석을 위한 대상현장 선정 및 방문
3) 예비관측을 실시하여 대상 및 항목을 결정.
4) 워크샘플링의 관측양식을 결정하고 관측을 실시하면서, 작업자와의 인터뷰(interview)실시
5) 관측 데이타(data)를 정리하고 분석.
6) 문제점(sequence of assembling)도출
7) 크루발런스스터디(Crew Balance Study)를 통한 분석
8) 생산성향상을 위한 중점관리 항목 및 생산성 향상방안 제시

## 2. 예비 고찰

### 2.1 System Form의 개요

시스템 폼(System Form)이란, 거푸집의 각 부재를 선 제작하여 현장에서 대형 유니트(Unit)로 설치 해체하는 거푸집으로, 종류는 표1과 같다.

시스템 폼(System Form)의 문제점을 시공업체측면, 발주자측면, 공사관리 측면으로 나누어 분석하여 보면, 시공업체측면에서는, 내부폼(form)과 외부폼(form)의 제작업체가 달라서 거푸집 상호간 연결/긴결 부분이 취약하여 상호불일치가 시공도중

표 1. System Form의 종류

| | |
|---|---|
| Gang form | 광의로 system 거푸집으로 통용되나 협의로 벽체용 거푸집을 말한다. |
| Climbing form | 거푸집과 벽체 마감공사를 위한 비계틀이 일체로 조립된 거푸집 |
| Euro form | Module화된 벽체용 거푸집 |
| 대형 복합패널 | 거푸집과 지보공을 일체로 제작한 바닥 전용 거푸집 |
| Sliding form | 거푸집을 이동시키며 concrete를 경화시키는 거푸집공법 |
| Flying form(Table form) | 거푸집과 지보공을 일체로 제작한 바닥전용 거푸집 |
| Traveling form | 일정 구간 콘크리트 타설 경화 및 해체후 다음 구간으로 거푸집을 traveler(moving frame)를 이용하여 이동, 작동하는 공법 |

에 다반사 발견되고, 내부 폼(이음/코너 폼)의 훼손 도난이 잦다.

발주자측면에서는, 발주자/감리자/시공자의 대다수가 처음 시도하는 공법이라 공정의 문제점이 일어났을 경우 효율적인 해결책 제시가 미흡하다.

공사관리측면에서는, 현장에서의 거푸집제작기간이 매우 길고, 폼(form) 제작업체와 골조 시공업체 상호의견교환(communication)부족으로 발주자/시공자(협력업체)/폼(form) 제작자간의 이질화 발생이 심하고, 외부 발코니/창/리브(Rib)/문양 등의 치수와 위치가 실제 도면과 다를 경우가 빈번히 발생하여 활석과 미장공기의 증가를 가져온다.

### 2.2 생산성

#### (1) 생산성의 정의

생산성을 한마디로 정의하자면 그림2와 같이 어떠한 생산체계를 통해 일련의 생산품을 일정기간 동안 생산해 낼 때 투입된 자원의 양과 그로 인해 발생된 결과물 또는 산출물의 비로 표현할 수 있다.[1)]

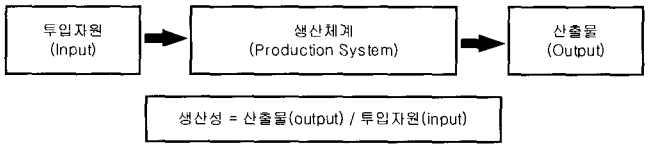



그림 2. 생산성의 정의

#### (2) 생산성 측정방법

생산성의 측정 및 평가는 투입자원과 산출을 어떻게 정의하고 선정하는가에 따라 달라진다. 구체적으로는 학자에 따라 세분된 방법들이 있을 수 있지만 가장 보편적인 개념으로는 다음 네 가지 방법을 들 수 있다.[2)]

1) 부분생산성
2) 종합생산성
3) 부가가치생산성
4) 조합생산성

이러한 방법들 중 어느 것을 선택해 생산성을 측정할 것인가는 각각의 방법이 나름대로의 장점을 가지고 있으므로 측정대상이 되는 조직의 성격, 자료의 가용성, 활용용도, 생산체계 및 투입자원과 산출물의 특성 등을 고려하여 결정하여야 한다. 각 종류별 특징은 다음의 표2와 같다.

어떠한 형태의 측정방법을 선택하든간에 잊지 말아야 할 생산성 측정의 가장 주된 목적은 무엇보다도 건설산업의 생명인 시공능력 향상에 있다는 것이다.

1) 한국건설산업연구원, (건설관리 및 경영), 보성각, 1997.
2) 한국건설산업연구원, (건설관리 및 경영), 보성각, 1997.

표 2. 생산성 평가 기법

| 분 류 | 대 상 |
|---|---|
| 부분생산성(Partial Productivity Measure) | 전체 투입자원들 중 한 두개의 자원이 다른것들과 비교해 그 중요도가 높을 경우, 또는 산출결과를 상세하게 분류해 내기 어려운 경우 주로 사용 |
| 종합생산성(Total Productivity Measure) | 비교적 복잡한 방법으로 모든 투입자원과 산출물을 생산성 측정에 고려하는 방법 |
| 부가가치 생산성 (Value-Added Measure) | 생산조직이 생산을 위해 구매한 자재나 노동력에 부가된 가치에 근거한다. |
| 조합생산성 (Aggregation Measure) | 물리적 생산보다는 항공사, 병원, 학교, 은행 등과 같이 서비스를 주 업종으로 하는 조직이나 연구직종과 같은 화이트칼라 근무자들을 대상으로 할 때 적합한 방식 |

### 2.3 Work Sampling의 개요

생산성의 향상을 이루기 위해서는 생산현장의 현상을 정확하게 파악해야 하는데 현실적으로 규모가 큰 현장 전체를 파악하는 것은 용이하지 못하다. 우선 시간적, 경제적으로 부담이 적어야 하고, 고도의 지식을 요구해도 안 된다.

따라서 현장에서 간편하게 사용하여 정확한 판단이 될 수 있는 생산성 분석 방법이 가장 바람직하다.

이러한 의미에서 가장 효과적으로 사용할 수 있는 기법으로 워크샘플링(Work Sampling)기법을 들 수 있다. 이 기법은 통계적인 샘플링 방법을 이용하여 작업자의 활동, 기계의 활동, 대상물의 시간적 추이 등의 상황을 통계적, 계수적으로 파악하는 작업측정의 한 수단으로 영국의 티펫(Tippett)에 의해 1934년 처음으로 고안된 기법이다. 이때 티펫은 순간관측법(snap reading)으로 이름을 붙혔으며 그후 1941년 뉴욕대학의 모로우(Morrow)교수에 의해 워크샘플링으로 소개되면서 계속 통칭하게 되었다.[3]

### 2.4 Crew Balance Study

크루발런스스터디(Crew Balance Study)란, 작업관찰을 통해 해당 작업에 필요한 각 작업조 구성원과 사용 장비간의 상호관계를 단위 주기안에서 시간비율로 나타내고 불필요한 인원 및 작업과정을 분석, 도출하여 작업의 효율을 높이기 위한 기법으로, 역시 대상작업이 짧은 작업주기를 갖는 작업, 작업조의 구성원수가 적은 작업, 매우 반복적인 작업일 때 효과적이다. 크루발런스스터디(Crew Balance Study)를 수행하기 위한 첫 단계는 크루발런스(Crew Balance)를 작성하는 것이다. 크루발런스스터디(Crew Balance Study)는 반복적인 작업을 1주기 또는 그 이상의 주기에 걸쳐 관찰하고 작업조 구성원 각각의 작업내용과 장비의 운전내용을 막대그래프상에 표시한 것으로 이때 각 구성원에 대해 1개의 막대그래프를 작성하고 작업의 1주기를 100%로 하여 작업내용에 대한 시간을 구별한다. 그러므로 한 사이클의 작업을 진행하는 동안 각자의 작업이 동일 시간대에 어떻게 진행되고 있는가를 한눈에 알 수가 있다.[4]

## 3. Work Sampling에 의한 생산성 측정

본 연구와 관련된 관측대상은 시스템거푸집 공정을 수행하고 있는 아파트 신축현장을 선택하여 조사 검측하였다.

워크샘플링(Work Sampling)을 위한 시스템 폼(System Form)공법의 작업 절차 가운데 폼(form)의 현장조립공정과 폼세팅(form setting)과정을 중심으로 생산성(공기단축방안)을 측정하였다. 생산성관측항목은 다음과 같다.

- 시스템 폼(system form)현장 조립 공정
- 시스템 폼 세팅(system form setting)
- 내부형틀 제작 시공
- 형틀해체

### 3.1 작업유형의 구분

생산성측정을 위하여 대상작업의 작업유형을 표3에서와 같이 직접작업(Direct Work), 지원작업(Support Work), 비작업(No work)으로 구분하였다.

표 3. 작업유형의 구분

| | |
|---|---|
| Direct Work | 거푸집설치, 콘크리트타설, 철근배근 등 |
| Support Work | 이동, 운반, 작업지시 등 |
| No Work | 휴식, 배회, 이동, 식사, 대기 등 |

### 3.2 대상작업의 평가

대상작업이 얼마나 효율적으로 이루어지고 있는가를 판단하는 기준으로 작업효율계수(Labor-utilization factor)를 활용할 수 있다.

이때 작업효율계수란,

작업효율계수 = 직접작업샘플수 / 전체샘플수 이고,[5] 본 연구의 조사는 이를 기준으로 작업의 효율을 비교평가 하였다.

### 3.3 Work Sampling를 통한 생산성 측정 결과

워크샘플링(Work Sampling)의 관측양식을 살펴보면,

1) Sample 크기 : 날짜는 1Day(AM 7:00 ~ PM 6:00) 중에서 오전(am)과 오후(pm)로 나누어 하루에 2회로 나누어 산정하였고, 작업량은 해당층의 거푸집 설치에서 해체까지이다.

3) 김예상, 건설산업의 생산성 향상을 위한 건설생산성의 이해, 한국프로젝트관리학회, 통권 제28호, 1998.

4) 한국건설산업연구원, (건설관리 및 경영), 보성각, 1997.

5) 한국건설산업연구원, (건설관리 및 경영), 보성각, 1997.

2) 작업원 구성 : 모두 4 조(내부 폼 3조, 외부 폼 1조)

- 1조 : 내부 형틀 시공 유로폼(euro form)
- 2조 : 내부 형틀 시공 유로폼(euro form)
- 3조 : 내부 형틀 시공(계단코아부분)
- 4조 : 외부 형틀 시공 시스템 폼(System Form)

관측 데이타(data)는 범위를 정하여 조사한 대상사례의 샘플(sample)로서, 폼(Form)의 현장조립공정과 아파트 골조공사의 3개층을 대상으로 현장 조사함으로써 시공초기의 계획공정달성의 문제점을 찾고, 개선방안을 제시하고자 한다. 다음에서 나타내는 도표의 순서는,

1) 폼(Form) 현장조립작업의 워크샘플링데이타(Work Sampling Data)
2) 1층 워크샘플링데이타(Work Sampling Data)
3) 2층 워크샘플링데이타(Work Sampling Data)
4) 3층 워크샘플링데이타(Work Sampling Data) 이다.

작업량은 1개층 거푸집공사 착수에서 완료일 까지 하고, 1층은 총1260개, 2층은 총1008개, 3층은 총603개, 조립부분은 총50개의 샘플을 연속식으로 구하였다. 작업인력구성은, 부호 D는 직접작업(direct work)로 주작업이고, 부호 S는 지원작업(support work)로 보조적인 작업으로 구분하였다.

(1) Form 현장조립작업의 Work Sampling Data

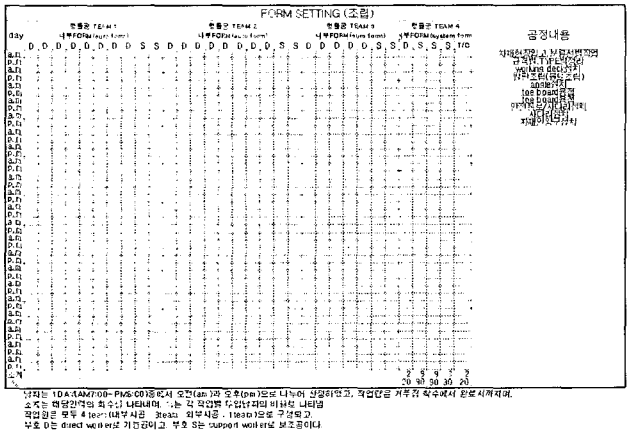



그림 3. Form 현장조립작업의 Work Sampling Data

그림3에서 보여주는 바와 같이 위 데이타(Data)는 공장에서 제작한 폼(form)이 현장에 도착하여 현장조립하는 공정을 워크샘플링(Work Sampling)기법을 통해 조사한 결과이다.

표3에서 제시한 작업유형에 따라 작업효율계수를 이용하여 측정한 결과는 표4와 같다.

표 4. 현장조립공정에서의 작업유형별 생산성의 차이

| | Direct Work | Support Work | No Work |
|---|---|---|---|
| 조립공정 | 2/50 (4%) | 23/50 (46%) | 25/50 (50%) |

(2) 1층 Work Sampling Data

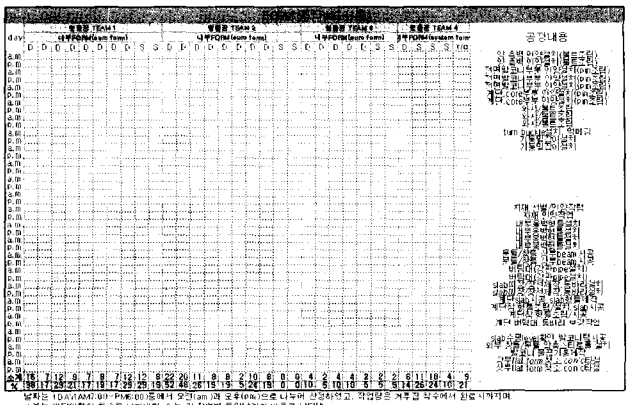


그림 4. 1층 Work Sampling Data

그림4에서 보여주는 바와 같이 위 Data는 1층 거푸집설치부터 콘크리트 타설까지의 공정을 워크샘플링(Work Sampling)기법을 통해 조사한 결과이다.

표3에서 제시한 작업유형에 따라 작업효율계수를 이용하여 측정한 결과는 표5와 같다.

표 5. 1층작업에서의 작업유형별 생산성의 차이

| | Direct Work | Support Work | No Work |
|---|---|---|---|
| 1층 | 189/420 (45%) | 58/420 (13.8%) | 173/420 (42%) |

(3) 2층 Work Sampling Data

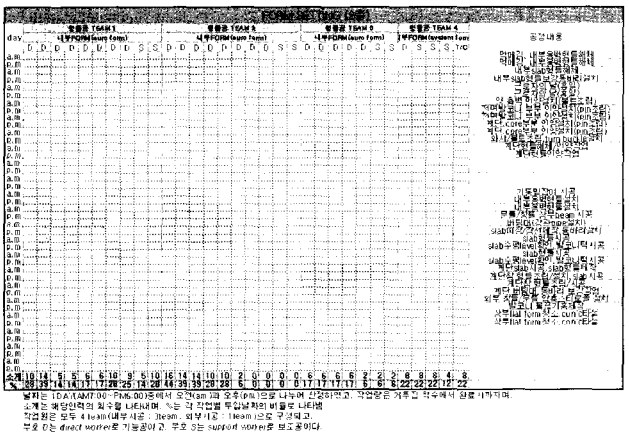


그림 5. 2층 Work Sampling Data

그림5에서 보여주는 바와 같이 위 데이타(Data)는 2층 거푸집설치부터 콘크리트 타설까지의 공정을 워크샘플링(Work Sampling)기법을 통해 조사한 결과이다.

표3에서 제시한 작업유형에 따라 작업효율계수를 이용하여 측정한 결과는 표6과 같다.

표 6. 2층작업에서의 작업유형별 생산성의 차이

| | Direct Work | Support Work | No Work |
|---|---|---|---|
| 2층 | 165/336 (49%) | 47/336 (13.9%) | 124/336 (37%) |

(4) 3층 Work Sampling Data.

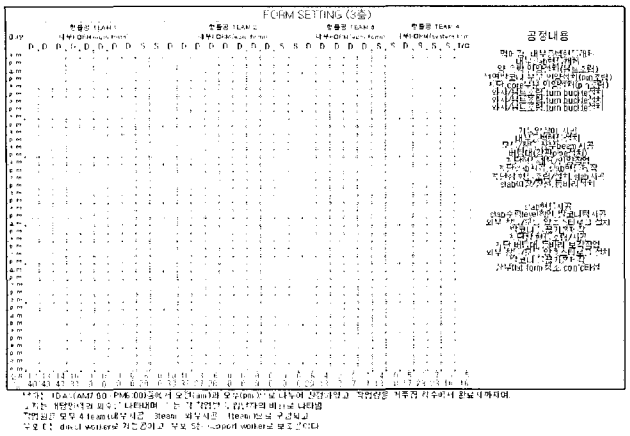


그림 6. 3층 Work Sampling Data

그림6에서 보여주는 바와 같이 위 데이타(Data)는 3층 거푸집 설치부터 콘크리트 타설까지의 공정을 워크샘플링(Work Sampling)기법을 통해 조사한 결과이다.

표3에서 제시한 작업유형에 따라 작업효율계수를 이용하여 측정한 결과는 표7과 같다.

표 7. 3층작업에서의 작업유형별 생산성의 차이

| | Direct Work | Support Work | No Work |
|---|---|---|---|
| 2층 | 103/201 (51%) | 24/201 (112%) | 174/201 (36%) |

다음 표8은 대상작업의 워크샘플링(Work Sampling) 결과의 요약으로 직접작업(Direct Work)은 459회로 전체작업 샘플(Sample) 1007개의 45.4%에 해당하며 지원작업(Support Work)은 152회로 전체작업 샘플(Sample) 1007개의 15.2%이고, 비작업(No Work)은 385회로 전체작업 샘플(Sample) 1007개의 38.2%임을 알 수 있다.

직접작업(Direct Work), 지원작업(Support Work)과 비작업(No Work)의 수치적인 큰 차이는 습식공사인 골조공사(벽체 철근공사 → 벽체/슬라브(Slab) 거푸집공사 → 슬라브(Slab) 철근공사 → 콘크리트 공사 → 콘크리트 양생 및 거푸집 해체공사)의 특성상 작업간의 단속으로 작업의 대기상태를 무시할 수 없는 요소였다.

표 8. 각 작업에서 작업유형별 생산성의 차이

| | Direct Work | Support Work | No Work |
|---|---|---|---|
| 1층 | 189/420 (45%) | 58/420 (13.8%) | 173/420 (42%) |
| 2층 | 165/336 (49%) | 47/336 (13.9%) | 124/336 (37%) |
| 3층 | 103/201 (51%) | 24/201 (12%) | 74/201 (36%) |
| 조립 | 2/50 (4%) | 23/50 (46%) | 25/50 (50%) |
| 합계 | 459/1007 (45.4%) | 152/1007 (15.2%) | 385/1007 (38.2%) |

## 4. 작업유형별 문제점 분석

대상작업의 유형에 따라 각 층마다의 생산성의 차이를 그래프를 통하여 분석하였다.

(1) Direct Work(직접작업)

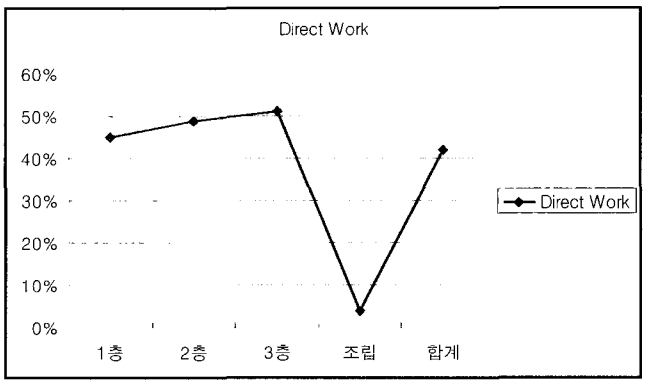



그림 7. Direct work (직접작업)

그림7에서 알 수 있듯이, 조립단계의 직접작업(Direct Work)의 비율이 현저히 떨어짐을 알 수 있다.

그 이유는, 먼저 조립작업에서 살펴보면 조립작업 조의 작업원 구성에서 생산성저하의 원인을 찾을 수 있다.

다시 말하면, 총 5명의 작업원 중에서 직접작업( Direct Work)과 지원작업(Support Work)의 비율이 1 : 4의 불균형이 작업의 지연 및 공기의 지연과 함께 생산성의 저하를 보여주고 있다.

(2) Support Work(지원작업)

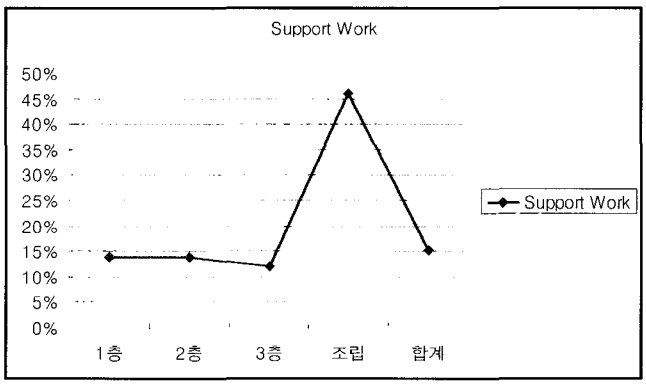



그림 8. Support Work (지원작업)

그림8에서 알 수 있듯이, 조립단계의 지원작업(Support Work)의 비율이 상대적으로 매우 높게 나타나고 있는데, 위의 직접작업(Direct Work)유형의 생산성 그림7에서 나타난 작업구성원의 불균형으로 이러한 현상이 심화되고 있다.

이에 따라 작업 구성원의 조정과 균형으로 생산성의 향상방안을 모색할 수 있겠다.

(3) No Work(비작업)

그림9에서 알 수 있듯이, 1층 작업과 현장조립 작업에서 비작업(No Work)의 비율이 높아 전체 생산성 평가에 저해요인으로 작용하고 있다.

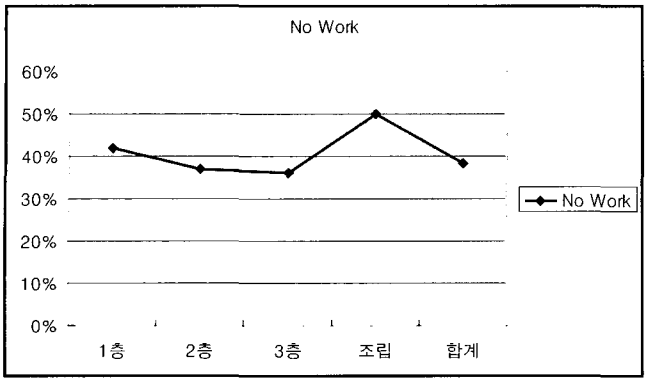



그림 9. No Work (비작업)

1층 작업에서 그 이유를 살펴보면, 지상층 공사의 개시시점의 조정과 작업원의 숙련도 향상 및 작업원의 잦은 변동과 이동에서 그 이유를 찾아볼 수 있다.

또한 3층 작업에서 그 이유를 살펴보면, 모두 공장에서 제작하여 현장에서 사용 조립하는, 내부형틀의 유로폼(Euro Form)과 외부 형틀의 시스템 폼(System Form)을 사용함에 있어서 현장에서 작업자의 부주의와 사소한 설계변경 등으로 폼(Form)자체가 파손/도난되어 제때에 폼(Form)이 현장으로 수급이 안되어 공기의 지연과 함께 지상층 공정 중에서 3층 정도의 시점에서 이와 같은 문제점들이 나타나고 있다.

다음으로 조립공정에서 그 이유를 찾아보면 자재가 한꺼번에 현장으로 반입이 안 되었고, 조립하는 작업자가 제때에 현장에 도착을 안 했기 때문에 폼(Form) 자재의 현장 대기상태가 길었기 때문으로 나타난다.

## 5. 생산성향상 방안 제안

본 연구 조사에서는 위에서 살펴본 여러 벡터(Factor)들을 바탕으로 현장조립공정, 내부 폼(Euro Form)작업, 외부 폼(System Form)작업의 생산성 향상 방안을 크루발런스스터디(crew balance study)를 통하여 제시하고자 한다.

### (1) 현장조립 공정의 생산성향상 방안

- 기존 크루발런스스터디(crew balance study) 결과 :

그림3의 워크샘플링데이타(Work Sampling Data)를 통해 파악된 공정내용을 바탕으로 크루발런스스터디(crew balance study)로 표현하였다.

그림10에서 보여주는 바와 같이 기존의 현장조립공정은 1명(작업자-1)의 주작업자와 4명(작업자-2,3,4,타워크레인기사)의 보조작업자로 구성된다. 대상작업은 공장에서 제작되어 현장에 운반된 뒤 현장작업의 원활한 작업진행과 안전을 위해 조립, 부착되는 현장조립과정을 나타내는 것으로써, 기존 작업에서는 크레인을 포함해서 5명이 한 작업조를 구성하고 있다.

이때 작업자 4명 중 작업자-2와 작업자-3은 현장조립의 모든 과정에 참여하고, 크레인과 작업자-1과 작업자-4는 자재의 분류 정리, 앵글(angle)과 워킹 덱(working deck)조립작업의 역할만을 담당하고 있다.

작업초기에는 5명의 작업자 모두 투입되지만, 시간이 지남에 따라 작업자-2와 작업자-3을 제외한 나머지 3명의 작업자는 작업에 참여하지 않음으로 해서 비작업(No Work)의 비율이 높음을 알 수 있다.

- 생산성 분석 결과 문제점 :

불균형된 인력배치(1명의 주작업자와 4명의 보조 작업자)에서 문제점을 찾을 수 있다. 그밖에 폼(Form)이 현장에 반입된 뒤, 조립작업자의 현장투입시기의 지연 등을 문제점으로 지적할 수 있다.

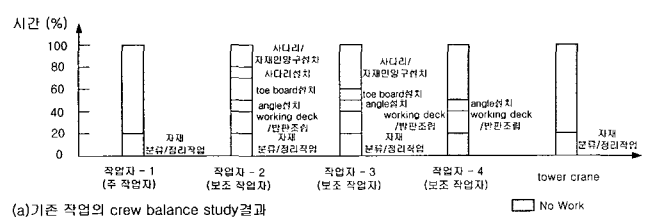
- 크루발런스스터디(crew balance study)를 통한 문제점 해결 방안 :

그림11에서 보여주는 바와 같이 개선 후의 현장조립공정은 기존의 불균형된 인력배치로 인한 생산성저하의 원인을 찾아, 2명(작업자-1,2)의 주작업자와 3명(작업자-3,4,타워크레인기사)의 보조작업자로 구성된다.

현장에 폼(Form)자재가 반입된 뒤, 작업자가 조기 투입된 후 각각의 작업자마다 수행된 작업내용을 살펴보면, 크레인과 작업자-1과 작업자-4의 해당 작업을 40% 증가시켜 앵글(angle) / 토 보드(toe board)와 워킹 덱(working deck), 발판조립까지 하여 비작업(No Work)의 비율을 줄였다.

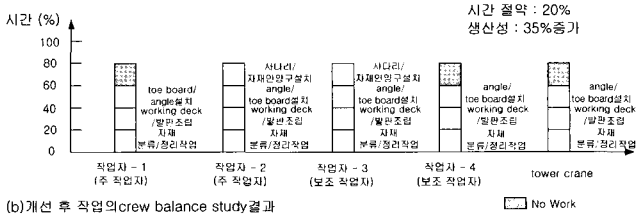
- 개선효과 :

기존의 파악된 결과와 문제점을 바탕으로 크루발런스스터디(crew balance study)를 통한 생산성 향상 방안을 당 현장의 시공 프로세스(process)에 적용하여 본 결과, 다음 그림12와 같이 공기도 1일이 단축 될 뿐만 아니라, 직접작업(Direct Work)의




(a)기존 작업의 crew balance study결과

그림 10. 기존 현장조립공정의 crew balance study




(b)개선 후 작업의crew balance study결과

그림 11. 개선 후 현장조립공정의 crew balance study

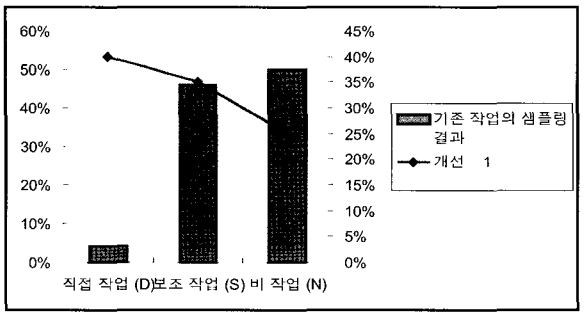



그림 12. 현장조립 공정의 작업유형별 생산성의 변화

생산성이 기존의 4%에서 최대 35%까지 개선효과를 나타낸다.

(2) 내부 폼(form)작업의 생산성향상 방안

- 기존 크루발런스스터디(crew balance study) 결과 :

그림4의 워크샘플링데이타(Work Sampling Data)를 통해 파악된 공정내용을 바탕으로 크루발런스스터디(crew balance study)로 표현하였다.

그림13은 내부폼(Euro Form)작업조(1조와 2조) 중에서 상대적으로 생산성이 떨어지는 1조의 작업결과를 크루발런스스터디(crew balance study)를 통해 보여준다.

10명(주작업자 8명, 보조작업자 2명)이 한 작업조로 구성하고 있으며, 각각의 작업자들마다 자재인양 / 기둥밑잡이 작업부터 청소 / 마감까지 일련의 연속작업에서 작업자 상호간의 잦은 교체와 이동으로 막대 그래프상에 비작업(No Work)의 부분이 군데군데 나타남을 보여 작업의 숙련성을 저해하는 요인이 된다.

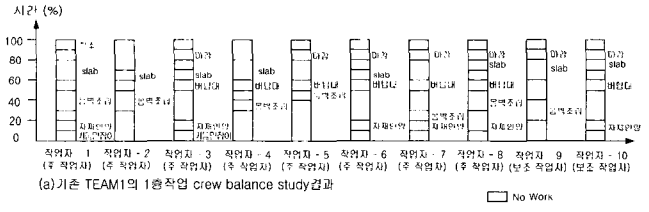



그림 13. 기존 내부 폼(form)작업의 crew balance study

- 생산성 분석 결과 문제점 :

연속된 작업공정에서 작업자 상호간 잦은 교체와 이동으로 작업의 숙련성(생산성)저해됨이 문제점으로 나타난다.

- 크루발런스스터디(crew balance study)를 통한 문제점 해결 방안 :

그림 14에서 보여주는 바와 같이 개선 후의 1조의 생산성 저하

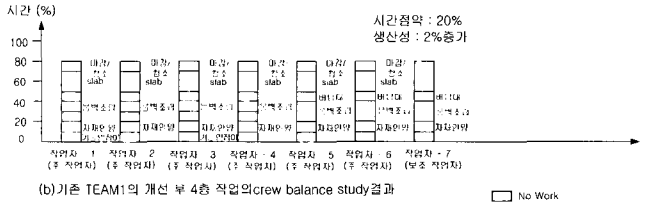



그림 14. 개선 후 내부 폼(form)작업의 crew balance study

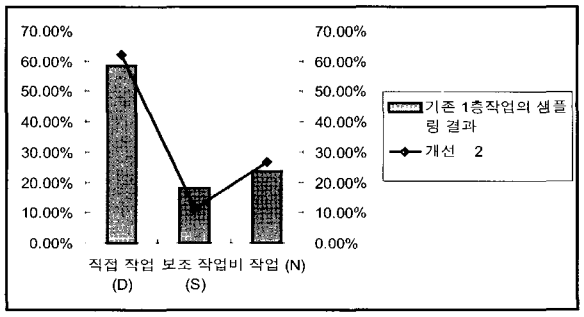



그림 15. 내부 폼(Form) 작업의 작업유형별 생산성의 변화

원인을 일련의 연속작업에서 작업자 상호간 잦은 교체와 이동으로 인한 숙련성 저하에서 찾아, 1조의 전체작업자를 대상으로 기존 10명의 작업자를 7명으로 줄여서 작업조를 재편성 후 자재인양/기둥밑잡이/옹벽/버팀대 보강/슬라브(slab)/마감/청소까지의 일련의 연속작업을 작업자 사이의 이동이나 교체를 최대한 줄여 고정적으로 투입하여 비작업(No Work)의 비율을 줄였다.

- 개선효과 :

기존의 파악된 결과와 문제점을 바탕으로 크루발런스스터디(crew balance study)를 통한 생산성 향상 방안을 당 현장의 시공 프로세스(process)에 적용하여 본 결과, 다음 그림15와 같이 직접작업(Direct Work)의 생산성이 기존의 작업과 비교하여 4% 개선효과를 나타낸다.

(3) 외부 폼(form)작업의 생산성향상 방안

- 기존 크루발런스스터디(crew balance study) 결과 :

그림4의 워크샘플링데이타(Work Sampling Data)를 통해 파악된 공정내용을 바탕으로 크루발런스스터디(crew balance study)로 표현하였다.

그림16에서 보여주는 바와 같이 기존의 외벽 폼(System Form)의 현장 시공과정을 표현한 것인데, 외벽 폼(System Form)의 작업순서는 양 측벽 / 전면 발코니 / 코아(Core)부분 / 턴버클(Turn Buckle) 설치순으로 설치되고, 1명의 주작업자가 트랜시트(Transit)으로 수직 / 연직 확인을 하면서, 크레인(Crane)을 포함한 4명의 보조작업자가 폼(Form)를 인양한 후 너트(Nut)와 볼트(Bolt)의 조립으로 설치되는 연속 작업이다.

- 생산성 분석 결과 문제점 :

일정한 평면을 가진 통일된 규격의 대형 폼(Form)을 타워 크레인(Tower Crane)을 통해 인양한 후 볼트(Bolt)와 너트(Nut)

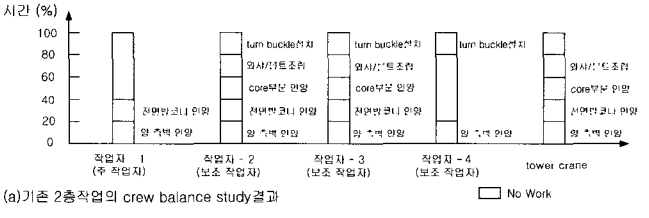



그림 16. 기존 외부 폼(form)작업의 crew balance study

를 통해서 조립되어 1개층의 조립시공이 완성되는 과정 중에 층간 조인트(joint)의 연결부위, 외부로 면한 개구부의 위치 및 수치, 노출된 발코니턱 등의 변경이나 수정으로 인한 작업의 지연이나 대기등을 문제점으로 나타난다.

- 크루발런스스터디(crew balance study)를 통한 문제점 해결 방안 :

그림 17에서 보여주는 바와 같이 개선 후의 외벽 폼(System Form)작업은 본 조사연구의 가장 구체적인 실천계획인데, 시스템 폼(System Form)의 작업능률 방안의 연구에서, 물론 장비의 고장시 비상대책 수립과 충분한 숙련공의 확보, 부속자재의 점검 등 많은 사전 점검과 대책이 필요하겠지만, 본 연구 조사에서는 워크샘플링(Work Sampling)을 통한 작업자의 작업성 분석 및 시공과정의 파악 그리고 관리자와의 인터뷰(interview)를 통해 분석한 결과, 시공 전에 미리 숙지하여야 할 사전 점검 사항을 미리 조치함으로써 시공 중에 나타날 수 있는 생산성 저해요소를 사전에 제거하여 원활한 작업이 되게끔 하였다

첫째, 층간 조인트(joint)의 조기 발견 및 수정작업,

둘째, 리브(Rib)위치확보,

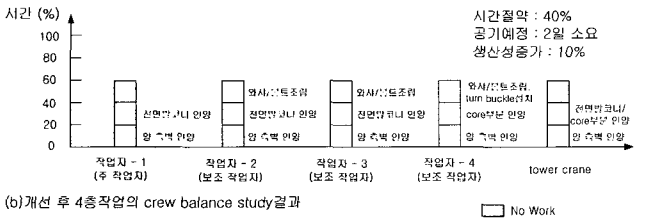
셋째, 개구부 위치 및 수치의 철저한 확인작업,

넷째, 발코니턱 우선시공,

다섯째, 면목의 형태결정 및 위치확보 점검작업 등으로 수직/연직성의 확보와 더불어 공사관리자와 작업자의 상호의견교환이 이루어져야겠다.

위와 같은 개선 사항을 확인하여 다음 작업에 적용시켜 본 결과 차이를 비교하여 개선 후 작업을 크루발런스스터디(crew balance study)를 통해 표현하였다.

- 개선효과 :




(b)개선 후 4층작업의 crew balance study결과

그림 17. 개선 후 외부 폼(form)작업의 crew balance study

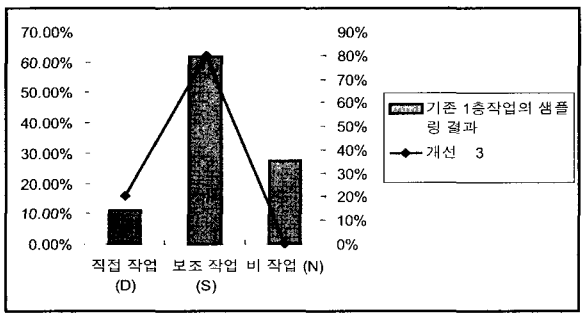



그림 18. 외부 폼(Form)작업의 작업유형별 생산성의 변화

표 9. 작업 개선 전/후의 작업일수 비교

| 층 수 | 기존작업 일수 | 공기 단축 일수 | | | 개선 후 작업일수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 내부Form | 외부Form | 계 | | |
| 조립시공 | 5일 | | | -1일 | 4일 | |
| 1층 | 21일 | -1일 | -2일 | -3일 | 18일 | |
| 2층 | 18일 | -1일 | -2일 | -3일 | 15일 | |
| 3층 | 15일 | -1일 | -2일 | -3일 | 12일 | |
| 합계 | 59일 | -3일 | -6일 | -10일 | 49일 | |

기존의 파악된 결과와 문제점을 바탕으로 크루발런스스터디(crew balance study)를 통한 생산성 향상 방안을 당 현장의 시공 프로세스(process)에 적용하여 본 결과, 다음 그림18과 같이 상당한 작업효율의 개선효과 뿐만 아니라 공기 상에서 탄력적으로 조정가능하며 공기도 1층 작업 때의 5.5일 공정에 비하여 2일 공기단축이 가능하였고, 생산성도 1층 작업에 비하여 10%이상의 향상을 볼 수 있었다.

**(4) 생산성 향상 방안에 따른 작업일수 비교**

이상에서 살펴본 바와 같이 전체적으로 작업일수를 개선 전과 후로 구분하여 비교하면 생산성의 향상 뿐만 아니라, 공기단축의 가능성을 확인할 수 있었다.

작업일수를 개선 전과 후로 비교하여 보면 표9와 같다. 표9에서 보여주는 바와 같이 현장조립시공에서 1, 2, 3층까지 소요작업일수가 기존의 경우에는 59일이었다. 개선방안을 적용하면 49일이 되어 10일의 공기단축효과를 가져왔다.

## 5. 결 론

본 연구을 통하여 소단위 작업에서도 얼마든지 개선의 여지와 작업효율 향상의 기회가 존재한다는 점을 알 수 있다.

즉, 비록 공사의 유형은 다르더라도 공통적이고 반복적인 작업이 존재하며 이러한 작업들을 대상으로 문제점을 해결하고 개선하면, 한 작업에서 개선된 부분이 다음 작업 또는 다른 현장에서도 응용되어 전반적인 생산성향상이 이루어질 수 있다.

이러한 측면에서 본 연구는 단위작업의 개선 방안으로 워크샘플링(Work Sampling)기법과 크루발런스스터디(crew balance study)를 적용하였으며, 아파트 신축공사의 철근콘크리트공사 중 거푸집공사(System Form)에 본 기법을 적용해 기존의 작업효율을 개선시킬 수 있었고, 본 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 상호 균형된 작업원의 구성과 현장조립작업자의 조기 투입으로 현장조립공정의 작업효율개선 및 공기단축.

(2) 각각의 작업조 당 구성인원을 일정한 비율로 고정적으로 투입하여 내부 폼(form)작업의 생산성증가.

(3) 현장 시공상 사전확인 및 점검을 통하여 외부 폼(form) 작업 효율의 향상.

본 연구를 통해 강조할 수 있는 것은 무심코 지나쳤거나 이전에 하던 방식에 문제가 없었기 때문에 그대로 답습했던 부분도 세심히 들여다보면 반드시 개선점이 나타난다는 것이다.

작업효율 향상의 기회는 문제가 있는 부분보다는 오히려 이러한 부분에서 찾아볼 수 있으며, 조그마한 개선안도 반복 활용되다 보면 지속적인 향상효과를 얻을 수 있는 것이다.

이와 같은 작업 개선의 중요한 역할은 작업자와 관리자의 유기적인 상호의견교환 뿐만 아니라 워크샘플링(Work Sampling)과 작업개선 기법을 훌륭히 활용하는데 있다고 본다.

또한 워크샘플링(Work Sampling)의 결과 여러 가지 형태로 작업개선 방법이 나타날 수 있다.

즉, 사례분석에서 제안된 개선안은 유일한 작업개선방법을 의미하는 것이 아니며, 관찰결과와 분석적인 사고력 그리고 합리적인 사고방식을 가진다면 주어진 상황에 맞는 다양한 작업개선과 작업효율 향상의 결과를 얻을 수 있을 것이다.

## 참고문헌


1. 한국건설산업연구원, (건설관리 및 경영), 보성각, 1997.
2. 박홍태, (건설공정관리학), 기문당, 2000.
3. 김인호, (경영학 연구 방법론), 창지사, 1995.
4. 대한주택공사 주택연구소, 건설업의 생산성 향상, 1997.
5. 김태희 외 3인, 데크플레이트 바닥판 공법의 시공성 평가, 대한건축학회 학술발표 논문집 제20권 제1호,2000.4.29.
6. 김예상, 건설산업의 생산성향상을 위한 건설생산성의 이해, 프로젝트관리기술, 한국프로젝트관리학회, 통권 제28호, 1998.
7. Calin Popescu, (Project Planning Scheduling and Control in Construction), A Wiley-Interscience Publication, 1995.
8. Clarkson H. Oglesby, (Productivity Improvement In Construction). McGraw-Hill Seriesin construction Engineering and Project Management, 1989.
9. Donald S. Barrie, (Professional Construction Management), McGraw-Hill Seriesin construction Engineering and Project Management, 1989.



**Abstract**

Application of system form is very effective to continuous horizontal or vertical walls of the apartment housing. Though the system forms that are used in the construction field have the advantage of concrete quality improvement and increasing number of usages, there are some problems in reaching early planning scheduling goal due to schedule delay and low productivity. This study is initiated to solve the problem and suggest some improvements searching for reasons that diminish the productivity.

A case study was done in apartment construction field where system form was used and the productivity is analyzed by work sampling.

Finally, productivity improvements for assembly of the form, internal form and external form are suggested, respectively.


**keyword** : Productivity, System Form, Work Sampling, Crew Balance Study