

# 건설공정의 낭비제거를 통한 생산성 향상 방안

## Productivity Improvement through the Waste Elimination of Construction Process

문 정 문\* · 김 창 덕\*\*

Mun, Jeong-Mun · Kim, Chang-Duk

### 요 약

철근공사는 거푸집공사와 더불어 건축물의 구조적 안정성과 내구성 및 공기에 가장 큰 영향을 미치고 있는 공사이다. 그러나 국내 철근 콘크리트 공사는 철근현장가공조립을 주로 하고 있어 낮은 생산성을 갖고 있는 실정이다. 따라서 본 논문은 생산성 향상을 위해 철근현장가공조립 프로세스를 부가가치 생산성향상을 위한 낭비요소를 분석하였다. 낭비요소 분석은 비가치 창출 작업으로 인해 발생하는 요소로 철근현장가공조립의 가치분석을 통해 부가가치를 극대화 하고자 하였다.

그 결과 가치창출작업들이 비가치창출 작업보다 월등히 적다는 것으로 분석되었다. 특히, 본 논문에서 낭비는 불필요한 작업 단계와 인력, 장비, 자재, 시간 등에서 낭비되고 있었다. 또한 흐름생산이 되지 않고, 과잉생산을 하고 있는 것으로 조사되었으며, 가치의 변화가 필요한 것으로 분석되었다. 본 논문에서는 부가가치 생산성 향상을 위해 프로세스 상에 내재되어 있는 낭비요소를 분석하여 부가가치를 창출하는 가치창출 작업을 최대화하고, 비 가치창출작업을 최소화하는데 목적이 있다.

**키워드** : 가치창출작업, 비가치창출작업, 낭비요소

## 1. 서 론

### 1.1 연구 배경 및 목적

우리건설업 생산성은 1980년대 이후 꾸준히 증가하여 거의 선진국 수준까지 향상되었으나 영국, 미국, 일본 등과 같은 건설선진국에 비해서 단위건설비와 사이클 타임(Cycle Time, 이하 CT) 모두 현저히 뒤떨어지고 있는 것으로 나타나고 있다(김창덕, 2000). 이러한 생산성 저하는 여러요인 중에서도 프로세스 내에 있는 낭비에 의해서 발생한다. 이러한 낭비요소는 가치창출 작업과 비 가치창출 작업 중 비 가치창출작업으로 기인된다. 이러한 생산과정 중 가치를 창출하지 않는 작업들로 인해 발생하는 낭비요소들은 분석을 통해 제거되어야만 한다. 생산활동의 부가가치에 중점을 두는 척도로 가치를 창출하는 작

업과 비 가치창출작업을 측정하여 부가가치를 창출하는 작업을 극대화하고, 낭비를 발생시키는 비 가치창출 작업의 최소화를 통한 생산성향상은 종래의 양적인 생산효율성 보다는 질적인 생산효율성에 주력할 수 있는 하나의 방법일 것이다.

그러나 건설업에 있어서는 생산성을 저해하고 있는 요인과 현재 상태를 향상시킬 수 있는 공정 내에서 비 가치창출작업으로 인한 낭비요소를 분석하여 제거하려는 노력이 부족하였다. 최종 결과물에만 초점을 두고 있는 결과 중심적 사고방식으로 프로젝트를 수행해 왔기 때문이다. 낭비요소들은 작업진행간 많은 변이(variability)를 낳게 하여 후속작업에 많은 영향을 미치게 되어 흐름 생산(flow production)을 하지 못하게 한다. 이러한 요인들에 의해 생산성저하, 작업간 신뢰성 저하, 비용증가와 고객(후속공정, 최종사용자)에게 진정한 가치를 만족하지 못하게 하고 있는 실정이다. 특히 생산성 저하부분인 철근 콘크리트 공사는 철근현장가공조립을 주로 하고있는데 철근공사는 거푸집공사와 더불어 건축물의 구조적 안정성과 내구성 및 공기에 가장 큰 영향을 미치고 있는 공사이다. 이러한 철근 현장가공조립은 현장에서 프로세스가 많은 작업으로써 프로세스 내에는 비 가치창출작업에 의한 낭비가 발생하고 있으나 가치의 기준을 단지 생산물에 집착함으로써 공정간에 있는 비 가치

\* 학생회원, 광운대학교 대학원 석사  
 \*\* 중신회원, 광운대학교 건축공학과 교수, 공학박사  
 † 이 논문은 2002년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었음.  
 †† 본 연구는 2001년도 건설교통부 건설기술연구개발사업 연구비 지원에 의한 연구의 결과임(과제번호 D05-01)

창출 작업들로 인해 공사현장에서 낮은 생산성을 갖고 있는 실정이다.

따라서 본 논문은 철근현장가공조립에서 비 가치창출작업으로 인한 낭비요소를 분석하기 위해 가치흐름분석을 통한 생산성을 저해하고 있는 요소와 현재의 상태를 보다 향상시킬 수 있는 방법들이 무엇인가를 파악하여 중요도가 높은 부분부터 제거하고, 부가가치에 중점을 두어 향상시킬 수 있는 방안을 제시함으로써 건설공정의 생산성향상 방법을 제시하는데 연구의 목적이 있다.

### 1.2 연구 범위 및 방법

현장에서 많은 작업이 이루어지고 있는 철근콘크리트공사의 철근현장가공조립작업을 가치라는 관점에서 분석하여 낭비요소를 발견하고자, 린 원리에 입각하여 가치창출개념을 이동, 대기, 처리, 검사 등의 작업으로 분류하여 가치를 분석하고, 현장가공조립공정에서 발생하는 문제점을 노출시키며, 생산성 저하요소인 낭비요소를 최소화하여 작업간에 내재되어 있는 변이를 최소화함으로써 흐름생산이 가능하도록 하고, 후속공정의 작업자가 필요로 하는 시간에 필요로 하는 양을 사용할 수 있도록 하는 당김 생산이 될 수 있도록 하여 철근공사의 생산성향상을 위한 개선점을 찾고자 한다.

연구의 범위와 방법은 다음 <그림 1>과 같다.

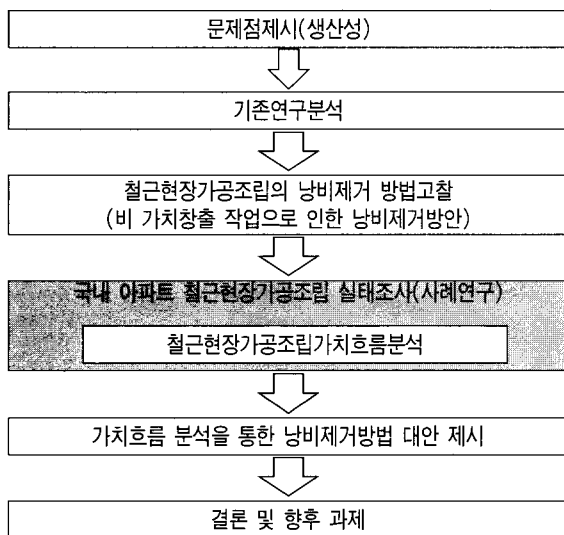


그림 1. 연구의 방법 및 절차

## 2. 예비적 고찰

### 2.1 린 건설(Lean Construction)

린(Lean)이란 '기름기 또는 군살이 없는'이라는 뜻의 형용사로써 린 건설의 뿌리는 LPS(Lean Production System, 이하

LPS)라 할 수 있다. LPS는 일본의 자동차 산업분야에서 혁신적인 생산성 향상을 보여준 도요타 생산 시스템을 Womack 등이 성공 모델로 제시하였고, 이 모델을 개념적으로 분류하여 소개한 개념이 LPS이다(Womack et al., 1991). LPS는 "대량생산에 비하여 무엇이든지 조금 사용하는 생산이다"라는 의미로 린 제조란 용어를 처음 사용한 것이 유래가 되었고, 이런 LPS는 지속적인 생산작업을 개선함으로써 낭비를 최소화하거나 궁극적으로는 제거하는데 있다.

린 건설은 LPS개념을 건설산업에 적용하고자 Koskela (1992) 등에 의해서 구체화되기 시작하였다(김창덕, 2000). 린 건설은 최소비용, 최소기간, 무 결점(zero defect), 무재고(zero inventory), 흐름생산, 당김생산(pull-driven production) 등이 핵심 목표이다.

### 2.2 린 원리

#### (1) 가치 구체화(specifying value)

가치창출 작업과 비가치창출작업을 확인하고, 비가치창출 작업의 최소화를 목적으로 각 작업과 생산과정을 정의하는 단계이다.

#### (2) 가치흐름맵핑(Value Stream Mapping, 이하 VSM)

각 작업 단계에서 구체화 된 가치를 명백히 확인할 수 있도록 도식화하여 묘사하는 단계로써 VSM하는 과정은 2.4절과 3장에서 상세히 다룰 것이다.

#### (3) 흐름 생산

가치분석과 VSM을 통해 진행간 재고(Work-In-Process, 이하 WIP)와 비가치창출작업의 최소화로 낭비제거를 통해 변이를 최소화하고 흐름생산이 되도록 개선한다.

#### (4) 당김 생산

생산라인의 각 해당 작업에서 목표량을 생산하는데 목표를 두지 않고, 후속공정의 상황을 고려하여 후속공정에서 자원의 대기가 없도록 하여 필요한 양을 필요한 시간에 정확한 장소로 제공할 수 있는 적시생산(Just-In-Time, JIT)를 구축하는 단계이다.

#### (5) 완성(perfection)

당김 생산을 통해 투명성(transparency)을 제고하여 지속적인 개선을 하는 고객만족의 추구단계이다.

### 2.3 낭비의 이해

건설현장에서 낭비의 연구는 주로 재작업으로 인한 손실, 잉여자재, 부산물 등이었다. 그러나 린 건설에서의 낭비개념은 비 가치창출작업을 지칭하는 것으로써 수행과정 중 목적물의 가치를 창출하지 아니하는 것은 모두 낭비로 분류하고 있다(김창

덕, 2000). 다음은 Womack & Jones(1996)에 의한 낭비의 분류를 제시한 것이다.

(1) 낭비 7가지 분류

① 제품 결함: 제품의 원자재에 의한 결함뿐만 아니라 건설생산 과정 중 생산된 생산물로서 건축구조·기능미·경제성을 충족할 수 없도록 만드는 것들이다.

② 수요 없는 제품의 과잉생산: 후속공정을 무시한 생산활동 등 수요를 예측하지 못한 생산활동은 저장, 보관, 추가 불량품 발생 등의 추가 비용 등을 발생시킬 수 있다.

③ 재고: 재고를 3가지로 구분하면, 부품재고·미완성품재고·완성품 재고로 구분할 수 있다. 부품재고는 현장에서 철근, 인조석 등이며, 작업간 부품재고는 저장공간 확보, 인력, 장비 등 많은 추가 자원을 필요로 하게 되므로 추가 비용이 발생하게 된다. 미완성품 재고는 생산과정 중에 있는 완성품이 되기 이전의 대기상태의 재고를 의미한다. 완성품 재고는 제품이 완성된 후의 재고를 의미하는 것으로 예를 들면, 미분양 아파트 등과 같은 것을 의미한다. 이러한 재고는 불필요한 자재 낭비나 과도한 품질 재고 등으로 묶여 있는 자금으로 인한 손실 등으로 운영상 많은 문제점을 발생시키며, 흐름생산을 저해하는 낭비요소가 된다.

④ 불필요한 제품 처리: 부적당한 공정계획, 작업자간 상호 의사소통부족 등 정보의 단절에 기인하여 발생하는 낭비이다.

⑤ 불필요한 인력 이동: 부적당한 현장배치계획, 작업, 현장 정돈 등으로 인한 작업자들이 비효율적으로 이동하는 것을 말한다.

⑥ 불필요한 자재 제품 이동: 무계획 생산, 비합리적인 장비 배치, 의사소통결여로 인한 부적절한 이동을 의미하는 것으로써 흐름생산을 위한 고찰이 필요한 것이다.

⑦ 대기: 선·후행 공정을 무시한 과잉생산 등에 의한 재고로 발생하는 자재, 장비, 인력의 대기시간 발생으로 전체 공정에 영향을 미치는 요소이다. 대기는 주로 관리부분이 부족함 때문에 작업자의 손이 놓고, 대기 상태(비 가동상태)가 되는 것을 말한다. 작업자의 대기 원인을 보면 다음 <그림 2>와 같다.



그림 2. 대기 원인

이와 같이 낭비요소는 자재, 장비, 인력, 작업단계, 시간 등에 많은 영향을 미칠 수 있으며, 이러한 낭비 외에 불필요한 정보에 기인한 낭비와 정보의 부족에 의한 낭비로 구분될 수 있다.

이러한 낭비는 개개로 발생하는 것보다는 아래 <그림 3>에서 보는 바와 같이 건설공정 상에 개개의 요소로 공정에 영향을 미치는 것이 아니며, 상호 복합적으로 후속작업에 영향을 미치며, 크게는 전체공사의 비용과 시간에 낭비를 초래하게 된다.

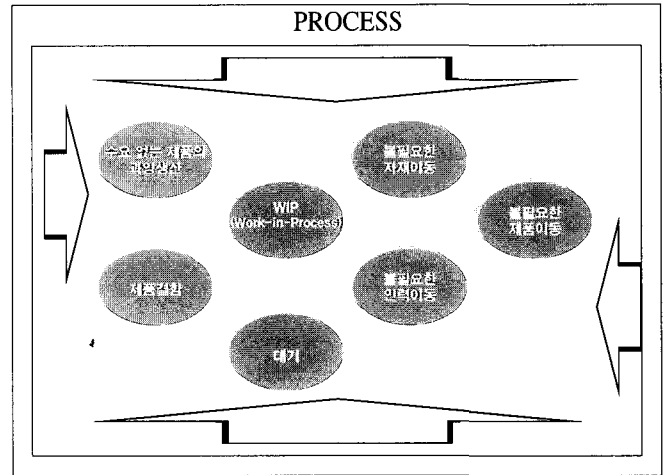


그림 3. 낭비요소

(2) 생산과정의 낭비 정의

가치창출작업(Value-Adding Activity, 이하 VAA)과 비가치창출작업(Non Value-Adding Activity, 이하 NVAA)을 구명하고, NVAA의 최소화를 위해 가치를 보다 구체적으로 하는 단계이다. Koskela(1992)는 생산과정을 다음 <그림. 4>와 같이 이동·대기·처리·검사로 정의하였다.

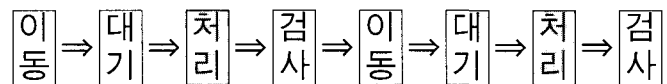


그림 4. 생산과정

생산과정 중에서 <표. 1>과 같이 작업의 4가지 형태중 처리만이 VAA로 부가가치를 창출하며, 이동 대기 검사는 NVAA로써 낭비를 발생시키는 작업으로 정의하였다.

표 1. 가치창출 개념

작업구분	가치창출	부가가치 : 낭비
처 리		
이 동	NVAA	낭비
대 기		
검 사		

2.5 국내 철근가공조립 공정의 낭비

(1) 건설공사의 이해

건설현장의 특성을 보면 다음과 같이사전 준비된 요소들이

건설현장으로 이동되어 공사(조립)에 포함되어져야만 한다. 국내 건설현장에서 이루어지는 조립작업들 중에 철근현장가공조립은 현장에서가공 조립함으로써 사전 준비된 요소들이 이동하여 이루어지는 작업으로 많은 낭비가 발생하고 있는 실정이다.

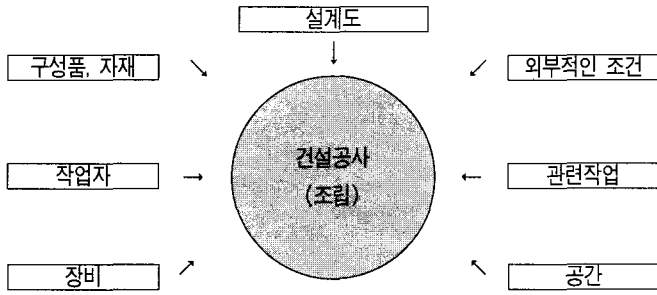


그림 5. 건설공사의 사전조건

출처 : Koskela(2000)

(2) 철근현장가공조립의 낭비

- ① 불필요한 철근량 야적과 철근의 대기(WIP)
- ② 불필요한 자재(철근) 인력 장비 이동
- ③ 추가적인 야적장과 자재관리소홀, 자재손실
- ④ 많은 WIP로 인한 내재된 변이발생
- ⑤ 품질관리 곤란, 배근 정밀도 저하
- ⑥ 샵 드로잉과 바 리스트의 부정확
- ⑦ 인력가공으로 낮은 생산성 인원부족으로 노임상승
- ⑧ 결과중심의 사고방식으로 인한 공사진행

3. 낭비제거를 통한 생산성향상방안

3.1 가치분석

(1) 가치분석정의

작업을 이동·대기·처리·검사의 4가지 형태로 구분하여 건설생산과정을 구성하는 모든 작업을 분류 분석하는 것이다. 건설생산과정에 투입되는 작업과자원을 분석하여 부가가치를 창출하는 작업과낭비를 유발하는 요소들을 분석하는 것이다.

(2) 가치분석도구

표 2. 가치분석도구

구분	가치창출개념	흐름기호	비고
이동	낭비	▶	흐름기호 :
대기	낭비	▼	각 작업의 흐름을
처리	부가가치	●	명확히 하기 위해
검사	낭비	■	사용

3.2 가치흐름맵핑

(1) 정의 및 목적

Rother & Shook(1999)은 가치흐름이란 생산물을 생산하는 과정의 흐름에 따라 현재의모든 생산활동들에 대한 흐름을 이해하기쉽도록 물리적흐름과 정보흐름을 표현하는 것을 가치흐름맵핑이라 하였다. 가치흐름맵핑의 목적은 가치흐름을 볼 수 있으며, 낭비요소를찾는데 도움을 주며, 린 원리 수행의 청사진으로 볼 수 있다.

(2) 가치흐름맵핑 도구

가치흐름의 프로세스와흐름을 시각적으로표현하여 각 작업 단계를 분석 가능하도록 해 주는 도구들이다.

번호	기호(Symbol)	의미
1	작업	작업
2	각 공간안에 쌓여있는 재고를 의미(Work-in-Process, Wip)	각 공간안에 쌓여있는 재고를 의미(Work-in-Process, Wip)
3	현장으로 자재의 이동	현장으로 자재의 이동
4	각 작업자간의 정보의 흐름	각 작업자간의 정보의 흐름
5	재고에 의한 밀어내기식 생산(Push Driven System)	재고에 의한 밀어내기식 생산(Push Driven System)
6	슈퍼마켓(Supermarket)-생산량을 요구에따라 조절	슈퍼마켓(Supermarket)-생산량을 요구에따라 조절
7	공정에서 필요시 슈퍼마켓으로 보내는 인출칸반	공정에서 필요시 슈퍼마켓으로 보내는 인출칸반
8	요구한 양에 알맞은 물품을 생산을 조절하는 생산칸반	요구한 양에 알맞은 물품을 생산을 조절하는 생산칸반
9	슈퍼마켓으로부터 재료의 물리적 당김생산 (Pull-driven System)	슈퍼마켓으로부터 재료의 물리적 당김생산 (Pull-driven System)

그림 6. VSM도구

(3) 가치흐름맵핑 절차

아래 그림과 같이 VSM은 생산그룹을 선정 후 현재상태맵핑(Current State Mapping, 이하 CSM)을 하여 현재의작업진행을구명한후개선단계인미래상태맵핑(Future State Mapping, 이하 FSM)을 하게된다.

생산그룹선정	CSM(as-is)	FSM(to-be)
· 가치기준 선정 · 고객요구사항 · 린 방식설정 · 가치분석	· 현재진행상태 조사 · 물리적흐름 정보흐름 · WIP, CT, LT조사 · 전체 총 시간조사	· WIP CT감소 · 준비시간 단축 · 흐름 당김생산 · 지속적인 개선

그림 7. VSM절차

(3) 칸반시스템(kanban system)

(가) 칸반의 개념

칸반은 간판(看板)을 일본식으로발음한 것을 영어로 표기한 것으로 신호 카드를 의미한다. 칸반은 무엇을, 언제, 얼마만큼 인수할 것인가를 표기하여 선행공정의 생산시기와 양, 그리고 생산품명을 알리는 역할을 한다. 그리고 현장을 눈으로 볼 수 있는 관리상태에 놓이게 함으로써 개선점 확인을 용이하게 하는 시각적 관리개선도구의 기능을 한다.

(나) 칸반 운영

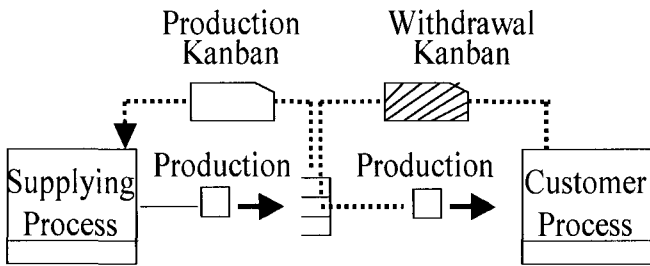


그림 8. 칸반시스템

칸반은 운반(지시)칸반과 생산(지시)칸반으로 구분된다. 그리고 현장에서 WIP를 최소화하기 위해 생산량을 자동적으로 조절해 주는것으로 아래그림은 칸반시스템을 표현해 주는 그림이다.

### 4. 국내 아파트철근공사 낭비제거(사례분석)

#### 4.1 사례조사현장 개요

사례조사현장은 서울시 도봉구에 위치한도심지 아파트로 3개동 13평 15평형(지하 1층, 지상 15층) 철근콘크리트 구조로 철근현장가공조립을 하는 공사이다.

#### 4.2 사례연구 절차 및 방법

사례연구는 <그림 8.>과 같이 진행된다.

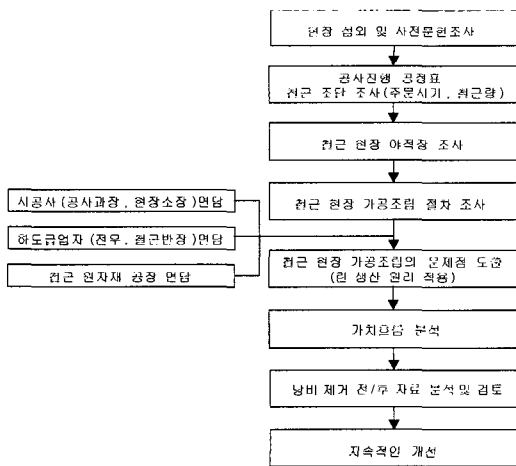


그림 8. 사례연구 절차 및 방법

#### 4.3 가치분석

##### (1) 가치그룹 선정

본 연구에서 사례현장의 가치그룹은기준 총 1개동의 벽체철근조립 품에 소요되는 철근량, 인력, 장비, 시간으로 가치의 기준을 설정하였다. 그 이유는 조사 대상 아파트는 수직 수평타설로 공사를 하기 때문이며, 철근조립이 끝난 후 후행공정은 전기형틀공사자들이기 때문이다. 철근 조립물이 후행공정의 작업을

원활하게수행할 수 있는 품질의 조립품이제공되어야하기 때문에 철근작업의 고객은 전기 형틀공사자로 보수수직철근을 가치그룹으로 선정하였다.

##### (2) 가치 분석

도심지 아파트의 기준층 101동 7개세대(13평 6개, 15평 1개) 기준의 수직근 1층의 철근현장가공조립의 가치를 분석한 것으로 VAA와 NVAA로 분류하여 분석하였다.

표 3. 현장가공조립가치분석

구분	순서	흐름	사용 장비	시간 (H)	인력	철근량	처리	이동	검사	대기			
1	1	▶	트럭(4)	2.0	4	98.1	●	▶	■	▼			
	2	■	-	0.5	1		▲	▶	■	▼			
	3	▶	지게차	4.0	4		▲	▶	■	▼			
	4	▼	-	2,112.0	-		▲	▶	■	▼			
	5	▶	T/C	-	3		▲	▶	■	▼			
	6	▶	T/C	-	1		▲	▶	■	▼			
7	가공장이동(철근작업대)	▼	T/C	-	3	5.6"	▲	▶	■	▼			
	철근절단기트라이동	▶	-	2	▲		▶	■	▼				
	절단	●	절단기	2	2		●	▶	■	▼			
	절단가공종적치	▼	-	1	1		▲	▶	■	▼			
	철근직업대트라이동	▶	-	1	1		▲	▶	■	▼			
	철근절곡기트라이동	▶	-	1	1		▲	▶	■	▼			
	절곡	●	절곡기	1	1		●	▶	■	▼			
	절곡가공종적치	▼	-	24.0"	1		▲	▶	■	▼			
	철근류기	●	-	10"	1		1	●	▶	■	▼		
	철근 라벨부착	●	-	-	1		1	●	▶	■	▼		
8	양중준비	▼	-	1	1	5.6	▲	▶	■	▼			
	양 중/하 연	▶	T/C	1.0	4		▲	▶	■	▼			
	조립준비(대기)	▼	-	1.0	-		▲	▶	■	▼			
9	조립	●	-	12.0	3	5.6	●	▶	■	▼			
	검사	■	-	2.0	2		▲	▶	■	▼			
합 계				21	21	11	2,173.0	36	103.7	5	8	2	6
VAA				5	2	25.0	8	2	5.6	5			
NVAA				16	9	2,148.0	28	96.1		6	2	6	

<표 3>에서 공정순서인 5~14의부분 시간은 실제적으로 완벽하게 1층 7개세대 수직철근에 대해서 조사하기는 어려웠다. 그 이유는 이 단계에서는 각 철근 가공종류별로 바 리스트에 의해 밀어내기생산방식, 즉 7개 세대에 소요되는 철근뿐만 아니라 기타 다른 부위(다른 동의수평, 수직철근)의 철근까지흐름생산이 아닌과잉생산을 하고 있었다. <표 3>과 같이 현장가공조립 공정에서 VAA와 NVAA를 작업개수, 장비, 시간, 철근량, 인력 부분에서 NVAA가 상대적으로 많았다.앞서 기술한 NVAA에 의한 많은 낭비들이 각 공정에 내포되어 상호 복합적으로 발생하고 있는 것이다.

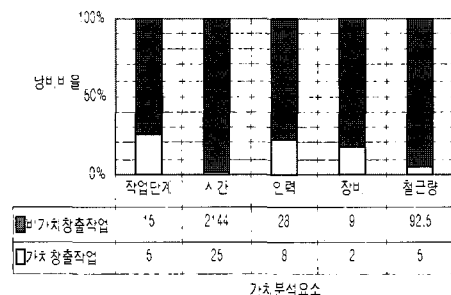


그림 9. 비 가치창출작업 분석

4.4 가치흐름맵핑(VSM)

VSM으로 철근현장가공조립 프로세스를현재진행 작업의 진행상태를 물리적인 흐름과 정보의 흐름을 표현하였으며, WIP, CT2), LT3) 등을 이해하기 쉽도록 표현하였다. VSM은 전체의 흐름을 한눈에 볼수 있도록 해주며 철근가공조립단계에서 문제가 있는곳을 빠르게 찾아낼 수 있도록 해준다.

(1) 현재상태맵핑(CSM)

CSM은 현재의 철근 공정에서 공사의 각 프로세스작업단계를 분석하기 쉽도록표현하는 것으로 현장철근가공조립 프로세스를 표현하였다.

(가) 물리적 흐름과 시간맵핑

CSM의 첫 단계는 고객을 이해하고, 최종적인 가치창출은 후행작업자를 만족해야 하기 때문에 가치기준을 선정하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 101동1층 수직근(5.6톤)의 물리적흐름맵핑을 한 후 CT(각 작업단계에서의 가동시간), LT(원자재 공장~조립/검사)를 맵핑하여 물리적인 흐름에 CT와 LT를 VAA와 NVAA에 통합하였다.

(나) 물리적흐름과 정보의 흐름 통합

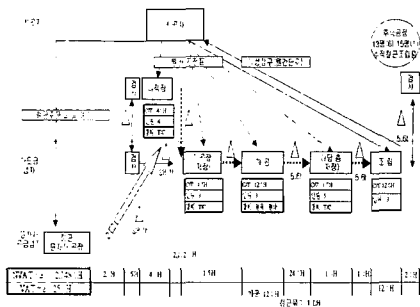


그림 10. CSM

위 그림은 물리적인흐름과 시간맵핑, 그리고정보의 흐름을 통합한 최종적인 단계이다.

<그림 10>에서 보는 바와 같이 시공자는월간단위계획을 하도급업자에게 주게되고 하도급업자는 시공사의 스케줄에 따라 공사를 진행하며 월간단위로 기성(톤당 단가)을 청구하게 된다.

4.5 사례현장 현황 소결(낭비발생 요소)

(1) 불필요한 인력과 장비이동

불필요한 철근의 과잉 주문은원자재공장에서부터 현장에 도착하여 아래 <그림. 11>와 같이3곳으로 분할되어 1차 야적장에 야적되어 진다.

공정에 따라 야적장에 있는 철근은 가공장으로 이동된 후 가공되고, 각 동별 해당 층으로 이동하는 것으로 조사되었다. 위 그림에서 흐름기호는이동(▶)· 대기(▼)· 처리(●)· 검사(■)를

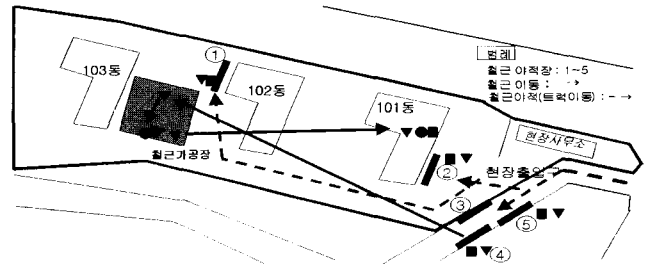


그림 11. 철근 자재의 이동(사례현장)

나타내는 것이다. 위의 그림과 같이 현장에 도착한 철근은 차량 출입구와 우측에 1차 야적장에 야적된다. 공정에 따라 조립철근이 요구되면1차 야적장의 철근은 가공장으로 이동된 후 가공이 되면, 해당 층으로 자재이동을 하고 있었다.

사례현장에서는 자재의 불필요한 이동을초래하고 있어 자재를1차 야적장에서가공장으로 이동시 장비(T/C, 지게차)와 인력이 추가적으로 소요된다. 그러나 시공자들은 이와 같은 장비와 인력을비용의 관점에서 바라보지 못하고 있어 낭비를 초래하고 있는실정이다. 또한, 이러한 불필요한 이동은 타공종 및 공정에 간섭과 안전사고 등의 변이를 내포하고 있다.

(2) 불필요한 철근량 야적

현장에서는 현장 배치계획을 별도로 할 정도로 공간사용이 대단히 중요하다. 특히, 도심지 공사에 있어서 현장에서의 공간은 프로젝트 수행 중에상당한 의미를 갖는다. 그러므로 공간활용이 최적화 되어야 하는것이 절실하다.

그러나 사례현장에서는 과잉철근 주문으로 5곳이나 자재를 1차 야적함으로써 공간사용에 제약을주고 있었다. 필요이상의 자재 야적은 현장 여기저기에 공간활용에 제약을 줄 뿐만 아니라 현장에서 공정에적정한 철근량 보다 더 많은 철근을 야적함으로써 재고관리비용이 소모된다. 자재의 흐름생산이 아닌 밀어내기생산에 의한 자재의 관리는 추가적인 자재의 야적장을 요구하고 있다. <그림 12>는 불필요한 철근 주문과 야적으로 공사 현장 외곽에 철근을 야적함으로써 주변환경에영향을 주어 민원발생의 여지가 있으며, 기타 공사진행간 장애요인이되고



그림 12. 불필요한 철근 야적과 낭비

있는 그림이다.

**(3) 불필요한 자재 대기(WIP)와 과잉생산**

〈그림 10〉에서 보는 바와 같이철근은 사용될 시점, 약 3개월 이전에 주문되어 현장에서 야적되게 되며, 필요 이상의 철근을 야적함으로써 사용되지 않는 많은 철근이 야적장에서 대기하고 있는 실정이다. 즉, 이런 원자재의 많은 WIP로 인한 자본을 철근에선 투입하여 비용손실 가져오고 있는 실정이다. 또한, 가공 단계에서 가공을 사전에 과잉생산을 함으로써 자원의 대기가 발생하고 있다. 실제 13평(6개 세대)과 15평(1개 세대)에 요구되는 철근뿐만 아니라 기타 철근이 혼합되어 수일 전부터 야적장에서 가공장으로 철근이 이동되며 또한, 가공장에서는 7개 세대철근량을 가공하는 것이 아니라 다른 동과 부위의 철근을 혼합 가공하여 가공장에 대기하고 있는 실정이다. 이러한 가공된 철근들이 현장에 노출되어 대기함으로써 기후영향에 따른 녹이 발생하고 있었다.

WIP가 공정간에 많이 존재하게 된다면 문제점을 찾아내기가 어렵다. 유철중(2000)은 5개의현장을 대상으로 설문조사를 하였는데, 골조공사에서 가장재시공이 많이 발생하는 공종은 철근 공사인 것으로 조사되었으며 특히, 조립 상 설계도서에 배근하게 되어있는철근을 제 수량대로 배근하지 않거나철근의 부식방지를위한 도료를 도색하지 않는 등의 아주 기초적이지만주요한 단계를 무시하는 경우가 많이 있다고 하였다. 이렇게 밖에 될 수 없는 이유를 WIP측면에서 보면, 철근현장가공조립은 대부분 가공단계에서 각 부위의 철근을 혼합하여 과잉생산을 하고 있으므로 정확한 부위정보없이 가공된 철근은 가공단계에서 층당 해당 부위에서사용될 정확한 철근량 기준으로 가공을 하고 있지 않아서 해당 층에서 조립 시 가공철근의 사용량을 정확하게 인지할 수없고, 이에 따라 작업자는 조립 시 설계도서상에 배근하게 되어있는 철근을 배근하지 않게 되는 원인이 되고 있다.

**(4) 타 공종 및 공정에 간섭**

많은 철근을 야적하고, 가공품이 대기함으로써공간사용이나 타워크레인의 추가적인 사용으로 타 공종 공정에 간섭을 하게 되며, 안정상에 문제점을 가지고 있다. 예로 타 공정 진행상 야적된 철근을 이동하게 된다면 타워크레인이나 지게차와 인력비용이 추가적으로 소모되며, 이때 타 공정에 또한, 방해할 하게 된다.

**(5) 품질관리 불가능 · 배근 정밀도 저하**

필요 이상의 철근을 야적함으로써 여름철에 특히 품질관리가 어렵게 되며, 사전에 가공된 철근은 조립 · 검사 시 가공품에 문제가 발생하게 되면 신속히대응할 수 없게 된다. 또한, 재사용이 불가능 하게되어 철근의 낭비를 발생시킬 수 있으며, 공기의 자연으로 귀결될 수 있다. 그리고 현장에서 인력에 의한 수가공

으로 배근 시 가공품의 품질이 정확하지 못하여 배근정밀도가 저하되게 된다.

**(6) 자재 손실 과다**

자재 이동 중 철근 손실을 입게 될 수 있으며, 철근공에 의한 가공시 명확한 바-리스트에의한 철근가공이 아니라 경험에 의한 가공으로 자재손실이 발생하게 된다.



그림 13. 철근 낭비

〈그림 13〉를 보면, 가공후 자투리(낭비 손실)를볼 수 있을 것이다. 실제 현장에서 자투리라고하는 철근은 개구부나 기타 건축물의 균열이 발생할 수 있는 곳에 배근을 하게되어 자투리의 발생, 즉 자재의 손실이 없다고 한다. 그러나 이 모든 것이 불필요하게 배근 되는 자재의 손실인 것이다. 또한, 철근의 낭비는 이렇게 자투리로 발생하는 것보다는 구조체에 구조설계도서 이상으로 배근 되는 철근량, 또한 많은 철근 낭비가 발생하고 있는 것이 현실이다.

**(7) 자재관리 결점**

철근조달은 시공자가 하지만, 실제 사용자는 철근 하도급업자가 실시한다. 이런 이원화로 철근 부족 시 하도급업자는 시공자에게 무작정철근의 수급을 원한다. 이때 시공자는 철근이 주 공정을갖고 있기 때문에 어쩔 수 없이 자재를 제공해주는사례도 발생하게 된다. 따라서 철근이 현장에 야적되어 있을 시에 주인의식결여로 관리에 결점이 발생하며, 하도급업자는 철근 사용 시 현장에 직경에 따른 많은 철근이 야적되어있기 때문에 무작위로 사용하게되어 계획과 다른 철근관리가 된다.

**(8) 샵드로잉과 바-리스트의 부정확성**

샵드로잉과 바-리스트는 현장에서의 경험에 의해 부정확하게 작성된다. 소요철근의 정확한수량과약과 계획적인 생산을 어렵게 만들며, 현장에서는 철근반장이 오더(order)판이라고 하는 판에 각 부위별 바 리스트를 작성하여 경험에 의한 가공을 하고 있었다. 이에 따른 철근의 낭비, 배근의 정확성이 저하되고 있는 실정이다.

**(9) 인력가공의 낮은 생산성**

현장가공조립은 숙련공의 숙련도에 의해 좌우되기 때문에 생산성이 떨어지게 되며, 기후에 영향을 많이 받게 된다. 기능인력의 부족현상으로 기능 수준이 저하되어 부실시공이 우려되고 있다.

(10) 기능공의 인원부족 및 급격한 노임상승

건설산업의 불안정한 고용조건 등으로 기능인력이 타 산업으로 진출되고 있으며, 기능공의 노령화와 3D업종의 기피현상으로 젊은 층이 부족한 실정이며, 또한 노임상승으로 현장가공조립이 많은 문제점을 갖고있다.

(11) 진행간 많은 재고(WIP)로 내재된 변이발생

현장가공조립은 진행간 많은 WIP로 내재되어 있는 많은 변이들이 있어 품질,철근사용, 조립단계의 배근상태 등에 문제점을 항상 내포하고 있다.

Shingo(1989)는 “변이에 의해서 발생한 조정과 수정은 사이클 타임을 증가시키며, 공기지연에 따른 추가적인 비용을 가져온다”고 정의를내리며, 변이조절에 중요성을 강조했다. 더욱이 변이 자체가 미치는 영향은 비용적 문제보다 공정간 상호 생산 신뢰도란 부분에 있어서 더 큰 문제가 되고 있는 실정이다. 철근공사는 골조공정 중 주요공정을 차지하고 있어 이러한 상호 신뢰도 문제는 전체 공기에 많은 영향을 주게 되며, 낭비를 유발한다.

(12) 부적절한 조립정보

각 부위의 조립량 정보는 시공자에게 가지 못하고,가공품 요구 정보가 바로 하도급 업자에게 가게 된다. 가공은 이미 계획 없이 가공단계를 거쳐 저장된 가공품으로 가기 때문에 정보의 단절이 되고 있는 실정이다. 그래서 시공자는 더욱이 철근의 주문량, 또한 면밀한계획 없이 주문을 하게 되는 것이다.

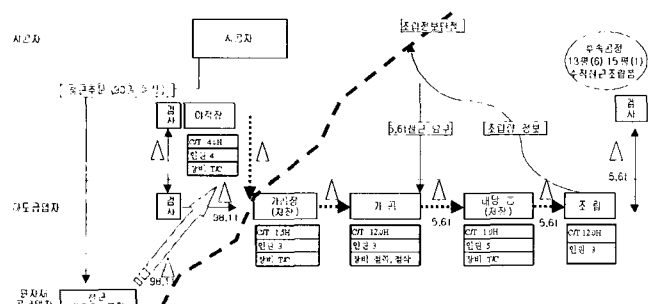


그림 14. 조립정보의 단절

따라서 조립정보는 시공자에게 정보가 가야하며, 그에 따른 철근 주문이 이루어 져야 한다. 또한, 가공단계에서도 조립정보는 가공장으로 가서 조립정보에 따른 가공을 해야 한다. 그렇게 된다면, 명확한 철근의 흐름생산과 고객(후속공정) 요구에 따른 당김생산을 할 수 있는것이다. 당김생산의 의미는 진행간재고

의 최소화이며, 변화에 신속히 대응할 수 있으며, 생산의 효율성을 향상시킬 수 있는 생산방식인 것이다.

4.6 흐름생산과 당김생산

CSM을 통해 개선하는 단계로써 사용자가원하는 양,즉 주문(후속공정)과 생산의 일치를 위해서 비 가치창출 작업을 통합하고, 많은 주문으로 재고가 쌓이게되는 부분을 최소화하며, 흐름생산이 되지 않았던 가공단계의 과잉생산이 되는 곳을 개선하는 단계이다. 이 단계에서는 지속적인 비 가치창출 작업의 최소화에 중점을두며, 지속적인 흐름생산이 되도록 프로세스를 개선한다.

흐름생산을 위해서는 프로세스 내에 내포되어 있는 결함을 제거하여야 하는데, 방법으로는 WIP를 최소화 시켜문제점을 노출시키고, 이러한 방법으로 반복적인 수행을 통해 흐름생산이 가능해 진다. 위에서 제시한 가치흐름분석을 통해 흐름생산과당김생산이 되지않는 문제점은 아래 <그림 15>와 같다.

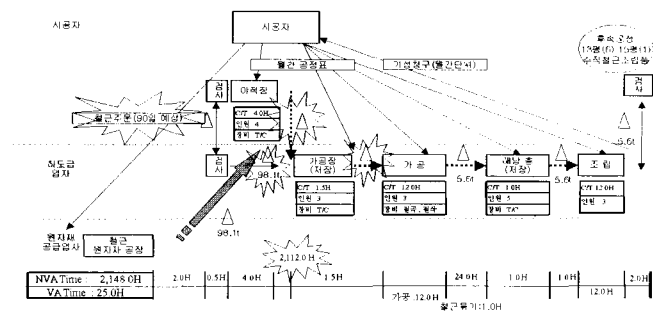


그림 15. 철근현장가공작업의 낭비

본 논문에서는 2가지미래상태맵핑을 제안하는데,첫 번째, 현재진행하고 있는 작업의개선대안인 FSM- I 이며, 두 번째, 현재 서서히 활성화되고 있는 공장가공으로 흐름생산을 할 수 있는 FSM- II를 대안으로 제시한다.

(1) FSM- I

FSM은 철근현장가공조립 프로세스에서 낭비를 제거하여 흐름생산 WIP 최소화 당김생산이 가능하도록 하는 단계이다. 사례현장에서의 문제점은 아래 그림과 같다.

<그림 15>에서 보는 바와 같이 시공자가 88일(약 3개월)을 예상하고 과도한 철근주문으로 98.1톤이 현장에 야적되고 있어 불필요한 야적장이요구되며, 가공단계에서 하도급자는 7개세대 수직철근량에 대한 철근가공이 아니라 여러 부위 철근들이 한꺼번에 가공되는 대량생산이었다. 대기시간은 무려 7개세대의 수직철근(5.6톤)이 2,151.5시간을 대기한 것이다.

위와 같은 문제를 해결하기 위해서는 철근의 주문량이 공정에 맞추어 적정량의 철근만을 주문해야 하며, 가공단계에서도 생산그룹에 따라 흐름생산을 해야 한다. 사례현장은 3개동이 있



으므로 3개동에 알맞은공정에 따른 철근을 주문한다면 1차 야작장을 거치지 않고 바로 가공장(저장지역)으로 이동할 수 있다.

〈그림 16〉은 사례현장의 7월 공정표를 토대로 분석하였다. NVAA작업의 최적화를 위해 철근현장도착시기를 산정 한 그림이다.

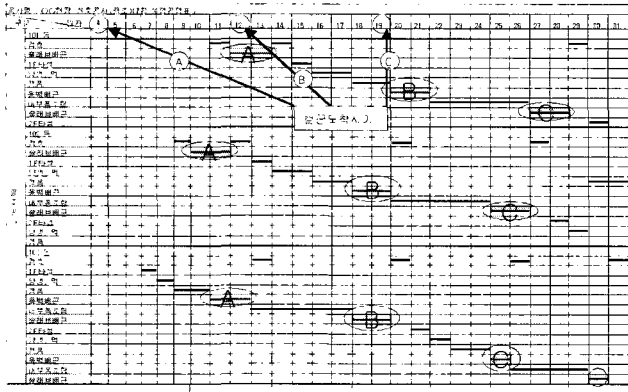


그림 16. 철근 도착시기 산정표

A, B, C그룹 모두 6일전에 주문(A그룹 4일, B그룹 12일, C그룹 19일)하게된다면 가공장으로 직접저장되어 〈그림. 15〉에서 나타나는 NVAA으로 인한 낭비를제거할 수 있다. 또한, 가공단계에분제가 되는 부분은 정확한 가공도에 의해 그룹별로 가공을하게 된다면 가공시간이 짧아져 정확한 품질과 전체공기를 단축할 수 있다.

아래 그림에서 192.0H는 〈그림. 16〉에서 B그룹의 101동 1층 옹벽철근에 소요되는철근의 주문에서부터 사용되기 이전까지의 대기시간을 의미하는것으로 8일 이전 주문하여 대기하는 것을의미한다. 위와 같은분석으로 개선한 대안은 다음과 같다.

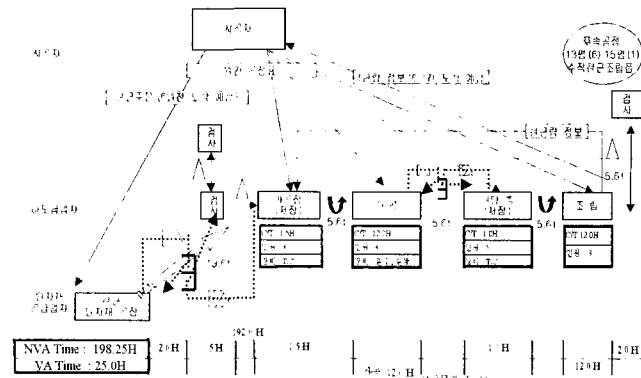


그림 17. FSM-I

(2) FSM-II

FSM-II는 공장가공·현장조립을 할 수 있어 현장가공장이

필요가 없어져 NVAA가대폭적으로 감소됨으로써 흐름 생산과 당김 생산이 되는 대안이다.

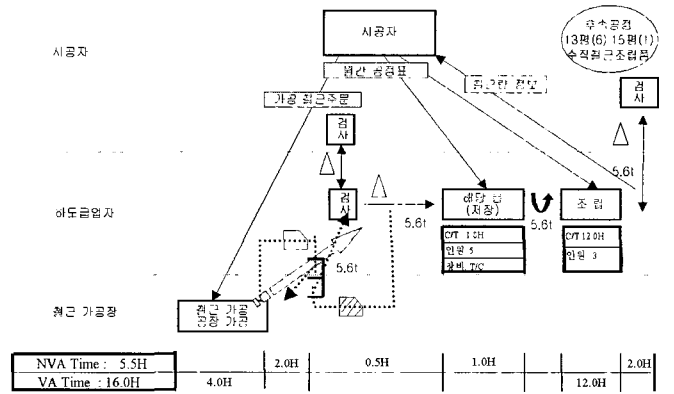


그림 18. FSM-II

CSM과 다른 점은 현장에서의 저장과 가공작업이 제거됨으로써 공정간에 WIP(철근, 인원, 장비), CT, LT가 감소하게 되어 FSM-I 보다 프로세스 내에 내재되어있는 변이와 낭비가 감소하게되어작업간 신뢰성이 확보되고 있음을 알 수 있다. 또한 칸반시스템은정확한 철근량과 무결점, 재고감소 등 JIT를 실현할 수 있다. 그러나 공장가공현장조립은 현실적으로 많은 문제점을 가지고 있다.

(1) 국내 공장가공조립이 현실적인 어려운 점

- ① 설계변경, 현장 변화에 신속한 대처가 어렵다.
- ② 현장가공조립에서는 인건비 극대화를한다는 생각을 하고 있어 현장가공을 고집하고 있다.
- ③ 공장가공 시 Loss비용이 절감되나 현재 철근가공과 조립을 총괄 맡주하기 때문에 철근조립비를 따로 책정해야하는 어려움이 있다. 현장가공조립과 공장가공조립간의 Loss를 비교를 보면 일반적으로실제 공사에서 발생하는 철근 Loss율은 토목공사인 경우 7~10%, 건축공사인 경우 6~8%인것으로 알려지고 있다(신형화,2001). 그래서 실제 건축공사에서 Loss발생율을3%로 보고 있지만 평균 8.4%로 Loss가 발생하고 있다. 만약 공장가공 시 3%이내의 Loss율을 달성한다면, 9,000원~24,000원(30만원/톤 3~8%)의 절감효과가 있어 5.4%의 철근을 낭비하지 않을 수 있다는 의미이다. 자원이 부족한 국내 건설산업에 있어서 이러한 낭비를 없앨 수 있다면, 우리의 건설산업에 있어서 자원의 낭비를 줄일 수 있을 것이다.

④ 가공 조립을 동시 시행함으로써도급 시공이 용이하여 개선의 의지가 부족하다.

⑤ 바스케줄 바리스트 배근시공도(placing drawing)<sup>2)</sup>의 기술이 부족하여 현장에서 수정사항이 발생함으로써 공장가공을 꺼려하고 있는 실정이다.

현재 철근을 공장에서 가공하여 현장에서 조립하는 비율은 약10%로써 계속적인증가 추세에있다(안희규, 2001). 공장가공은 지하철 공사처럼 복공판위에 철근을 비치해 놓고 가공하는 현장 안전상 사고발생가능성이 매우 높은 경우와 기타 도심지 공사, 대형 국책공사 등에서만 철근공장가공을 선호하고 있다. 그러나 공장가공조립의 조기정착을 위해서는 인식의 전환이 요구될 것이다.

(2) 공장가공을 위한 제언

- ① 가공예산을 공사에서 자재구매예산으로 변경하는 정책적인 결단이 필요하다.
- ② 공사 시방서에 철근가공은철근가공공장에서 우선적으로 하도록 명시하여야 한다.
- ③ 시공회사는 가공을 조립과 분리하여 가공공장과 적정 가격으로 직접계약을 하는 체계를 갖추어야 한다.
- ④ 정부주도 철근가공 설계표준화를제도적으로 마련해야 하며, 철근시공도 등 프로그램 활성화가 요구된다.
- ⑤ 철근공장가공으로 생산성 향상 및 로스율을 최소화해야 한다.
- ⑥ 국산화 프로그램 보강 및 상용, 활성화를추진해야 하며, 국내건설여건을 감안한 공장가공시스템 개발 및 정착을 유도해야 한다.

4.7 가치 이동(value shifting)

Barnard(1995)는 가치(value)를이익(benefits)과 가격(price)으로 정의하였다. Cook(1997)은 이러한가치를 측정·정의하기 위한 방법은 고객이 생산물에 대해서 지불한 가격의 관점으로 가치를 바라보는 것이라고 하였다.

따라서 고객의 요구사항을 명확히 이해하고,대처해야 한다. 현재 국내 철근현장가공조립은선진국보다 생산성이 낙후되어 있다. 위에서 분석한 내용을보면 불필요한 야적장과 장비·인력의 이동, 가공단계에서 과잉생산에 의한 품질확보 미비, 공기 지연 등으로 가공단계의 생산시간이 전체 공기에 영향을 미치게 된다. 그러나 시공사는 이러한 가치의 기준을 고려치 않고 공사를 하고있는 것이다. 국내공사 중 공장가공은 야적장이 전혀없는 도심지 공사, 공기단축, 복잡가공조립인 공사등에 있어 적용하고 있다. 건설선진국은 <그림 20>에서 제시하는 것과 같은이유로 이미 공장가공을하고 있는 실정이다. 그러나 국내에서는 위에서 제시하는문제점과 가치기준을 공급단가, 조달단가만을 측정하고 실행하는데 문제가 있는 것이다. 국내 건설회사

는 전체공사비를 바라보지 못하고 있는 실정이다. 즉, 공간사용비, 장비비(T/C, 지게차),인력비, 조달시간, 조립공기 등을 비용으로 보지 않는 가치기준설정에 문제가 있는 것이다.

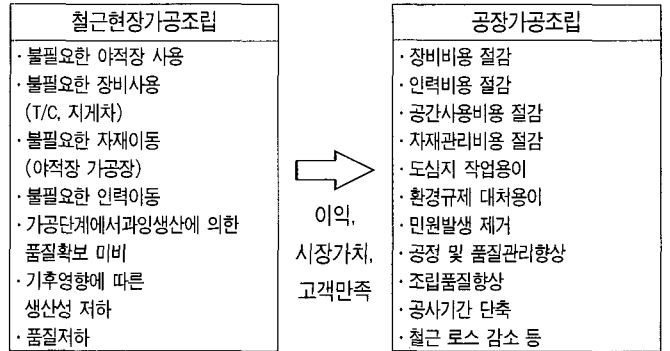


그림 19. 가치이동

4.8 낭비요소 제거 결과

위에서 제시한 낭비요소제거 결과 CSM과 FSM(I, II)을 비교해 보면 다음과 같은 명백한 차이를 알 수 있다.

표 4. 결과분석을 통한 개선효과

구분	단계	사용장비	시간	인력	철근량
CSM	21	11	2173.0	36	103.7
FSM-I	17	6	53	29	5.6
FSM-II	7	3	31.5	15	5.6

즉, 시공자가 철근주문 시 철근량을 줄이게되던 현장의 야적공간이 감소하게 되고, 절차, 사용장비, 인력부분에서 린 효율을 얻을 수 있다. 또한 공장가공시 현장관리 상 발생할 수 있는 NVAA를 최소화하여 낭비를 제거한다면 생산효율성은 증대 될 수 있다는 결론을 얻게 되었다.

5. 결론

본 논문에서는 건설생산성을 향상시키고자 건설현장에서 작업공정이 많은 철근현장 가공조립의 프로세스를 분석하였다. 분석 방법은 제조업에서 이미 성공한LPS를 건설에 적용한 린 건설원리를 이용하여 아파트철근현장가공조립의 공정의 낭비요소를 분석하였다.

본 연구에서 조사된 철근현장가공조립은 원자재를 이용하여 현장에서 작업들이 주로 진행됨으로써 인력·장비·자재 그리고 기후의 영향에 막대한 영향을 받게되며, 이것은 건축공사에서의 생산성 저하에 막대한 영향을 미치게 된다.

2) 철근의 배근과 조립에 필요한 철근의 개수, 크기, 길이, 위치를 나타내는 시공도이다.

건설생산성 향상을 위해서는 생산성에 영향을 주는 요소분석이 중요하다. 생산성을 저해하고 있는 요인과 현재의 상태를 보다 향상시킬 수 있는 부분들에 대한 파악과 중요도가 높은 부분부터 그 방지책 및 향상방안을 강구해야 한다.

본 논문에서는 생산성에 영향을 미치는 요인을 분석하여 그 대처방안을 제시하였는데, 그 결과로써 현장가공 조립의 문제점 분석과 2가지대안으로 개선된 현장가공조립과 공장가공조립을 제안하였다.

이상 연구에서 철근가공조립의 생산성 향상을 위해 분석 및 대안은 다음과 같다.

첫째, 철근현장가공조립의 가치분석을 인력·단계·장비·철근량·시간이라는 요소로 구분하여 분석한 결과 VAA보다 NVAA가 상대적으로 많아 프로세스내에서 많은 낭비가 발생하고 있는 것으로 조사되었다.

둘째, 가치분석을 한 요소들을 토대로 가치흐름매핑을 통하여 현장의 현재 진행을 묘사해봄으로써 진정한 가치가 흐르지 못하고 있는 부분을 명확히 하였다.

셋째, 공정 상의 낭비요소를 분석, 즉 낭비발생 부분을 규명하여 흐름생산과 당김생산이 되지 못하고 있는 부분의 파악과 진행간 낭비가 발생하고 있는 부분을 종합하였다. 그 주요 문제점은 불필요한 철근량야적과 철근의 대기(WIP), 불필요한 자재(철근) 인력 장비 이동, 추가적인 야적장과 자재관리소홀, 자재손실, 품질관리곤란, 배근정밀도 저하, 과도한 WIP로 인한 내재된 변이발생, 조립정보의 단절로 인한 과잉생산 등이다.

넷째, 현장에 야적되거나 진행 중에 있는 자재와 장비·인력 등 WIP의 낭비가 생산시스템에서 미치는 영향정도를 밝혔다.

다섯째, 철근현장가공조립의 개선대안으로 WIP의 최소화와 비 가치창출작업을 최소화하여 인력·장비·자재·시간의 생산요소를 최적화 하여 흐름생산이 될 수 있는 대안(FSM-I)과 현장에서 낭비를 최소화 하고자 작업공정을 최소화하여 품질과

현장관리를 향상시켜 생산성을 향상시킬 수 있는 공장가공조립에 대한 대안(FSM-II)제시하였다. 그리고 국내에서 공장가공이 초기에 정착의 제한요소와 활성화 방안을 제시했다.

향후 연구과제로는 현장가공조립으로 인한 낭비요소를 제거하기 위한 공장가공조립에 대한 초기정착을 위해 제반요건 등의 제한 요소를 분석하여 향상시킬 수 있는 방안들에 대한 연구가 필요할 것이다. 그리고 철근공사 뿐만 아니라 현장에서 반복공정이 많고, 작업공정이 많은 부분에 대한 낭비요소분석 및 제거를 통한 생산성 향상에 관한 연구가 필요할 것이다.

## 참고문헌

1. 김창덕, 건설생산시스템의 새지평, 건축 3월호, 대한건축학회, 2000.3.
2. 김창덕, A New Construction Production Paradigm, 광운대학교 건설관리연구실, 2000.2.
3. 대한건축학회역, “건축표준화분과 학술세미나: Negative Prefab 표준화”, 2001.11.8.
4. Lauri L. Koskela, “Application of the New Production Philosophy to Construction,” Technical Report No.72, CIFE, Stanford University, CA, 1992
5. Lauri Koskela, “An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction”, VIT Technical Research Centre of Finland, ESPOO, 2000.
6. Mike Rother and John Shook “Learning to see”, version 1.2 June, 1999.
7. Womack and Jones, “Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation”, Simon & Schuster, New York, NY, 1996.

## Abstract

The reinforcement concrete work is the work affected by structural safety, durability, and schedule with form work. The domestic reinforcement concrete works have mainly worked the process of re-bar fabrication/assembly on site. Finally it has low productivity. Then this paper analyzed waste factors and the process of re-bar fabrication/assembly on site for the productivity improvement and value-added productivity improvement. Waste factor analysis aims at maximizing value-added by the value analysis of re-bar fabrication and assembly on site. Finally, Value-Adding Activity (VAA) is much less than non-value adding activity. Especially, Non-Value-Adding Activity (NVAA) generates waste such as the activity steps, labors, equipments, materials, time, and soon. And it was non-flow production, over production, and analyzed into having to shift value. This paper aims at maximizing value-adding activity and minimizing non value-adding activity through waste factor analysis in process for the improvement of value added productivity.

**Keywords** : value-adding activity(VAA), non value adding activity(NVAA), waste facto