

가치흐름 분석을 통한 건설프로세스의 낭비제거 방안

Waste Elimination in Construction Process using Value Stream Analysis

- Focused on Waste Elimination of Re-bar Works

문 정 문* · 김 창 덕** · 박동식***

Mun, Jeong-Mun · Kim, Chang-Duk · Park, Dong-Sik

요 약

국내 철근 콘크리트 공사는 철근현장가공조립을 주로 하고있는데 철근공사는 거푸집공사와 더불어 건축물의 구조적 안정성과 내구성 및 공기에 가장 큰 영향을 미치고 있는 공사이다. 이와 같은 철근현장가공조립의 프로세스를 린 생산 원리를 적용하여 가치흐름분석을 하였다. 가치흐름분석은 가치분석과 가치흐름맵핑을 통해서 건설프로세스 상의 가치 창출작업과 비 가치창출작업을 분석하였다. 그 결과 비 가치창출 작업으로 인한 낭비로 많은 작업 단계와 인력, 장비, 자재, 시간 등이 낭비되고 있었다. 또한 밀어내기 생산(Push-driven Production)으로 과잉생산을 하는 등 생산의 낙후성이 조사되었다. 이러한 프로세스상의 문제점을 개선하기 위해 이 연구에서는 부가가치를 창출하는 가치창출 작업을 최대화하고, 비 가치창출작업을 최소화하여 낭비요소를 제거하는데 목적이 있다. 특히 진행간 재고를 최소화하여 흐름생산(Flow Production)과 당김생산(Pull-driven Production)이 될 수 있도록 하였다.

키워드 : 린 생산 원리, 가치흐름분석, 가치흐름맵핑, 가치분석, 흐름생산, 진행간 재고

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 있다고 하였다(김창덕, 2000).

이러한 생산성 저하는 프로세스 내에서 비 가치창출작업(Non Value Adding Activity, 이하 NVAA)으로 인한 낭비요소(waste factor)를 분석하여 제거하려는 노력이 부족했기 때문이며, 최종 결과물에만 초점을 두고 있는 결과 중심적 사고방식으로 프로젝트를 수행해 왔기 때문이다.

특히 생산성 저하부분인 철근 콘크리트 공사는 철근현장가공조립을 주로 하고있는데 철근공사는 거푸집공사와 더불어 건축물의 구조적 안정성과 내구성 및 공기에 가장 큰 영향을 미치고 있는 공사이다(조훈희, 1997). 이러한 철근 현장가공조립은 현장에서 프로세스가 많은 작업으로써 프로세스 내에는 NVAA에 의한 낭비가 발생하고

있으나 가치의 기준을 단지 생산물에 집착함으로써 현장에서 낮은 생산성을 갖고 있는 실정이다. 따라서 본 논문은 철근현장가공조립에서 가치규명과 가치흐름분석(Value Stream Analysis, 이하 VSA)을 통한 흐름생산(flow production)을 가능하게 함으로써 CT단축¹⁾, 재고감소 등으로 생산성을 향상시키는데 연구의 목적이 있다.

1.2 연구 범위 및 방법

철근콘크리트공사는 골조공정 중에서 철근 현장가공조립작업을 린 원리에 입각하여 가치창출개념을 이동, 대기, 처리, 검사 등의 작업으로 분류하여 가치를 분석하고 현장가공조립공정에서 발생하는 문제점을 노출시키며, 린 원리(lean principle)인 가치흐름맵핑(Value Stream Mapping, 이하 VSM)방법을 이용하여 분석한다. 그리고 NVAA인 낭비요소를 최소화하여 작업간에 내재되어 있는 변이를 최소화함으로써 흐름생산(flow production)이 가능하도록 하고, 후속공정의 작업자가 필요로 하는 시간에 필요로 하는 양을 사용할 수 있도록 하는 당김 생산(pull-driven system)이 될 수 있도록 하여 철근공사의 생산성향상을 위한 개선점을 찾고자 한다.

연구의 범위와 방법은 다음과 같다.

(1) 기존연구를 분석(린 건설과 적용사례)한다.

* 학생회원, 광운대 대학원 석사

** 중신회원, 광운대 건축학부 교수, 공학박사

*** 일반회원, 광운대 건축학부 겸임교수, 기술사

1) CT=총공기÷총층수(지하층+지상층)

- (2) 린 건설적용 타당성과 린 원리를 고찰한다.
- (3) 국내 아파트 철근현장가공조직 실태를 조사한다.
- (4) 가치분석과 VSM방법을 적용한다.
- (5) NVAA의 최소화를 통한 생산효율성 증대방안을 제시한다.

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 "대량 생산에 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), 무 재고(Zero Inventory), 흐름생산, 당김생산(Pull-driven Production) 등이 핵심 목표이다.

2.2 린 원리

(1) 가치 구체화(Specifying Value)

가치창출작업(Value-Adding Activity, 이하 VAA)과 NVAA를 확인하고 NVAA의 최소화를 위해 가치를 구체화를 하는 단계이다. Koskela(1992)는 생산과정에서 <표 1>과 같이 작업을 이동·대기·처리·검사 4가지 형태로 구분하여 처리는 VAA로 부가가치이며, 이동·대기·검사는 NVAA로써 낭비로 정의하고있다.

표 1. 가치창출 개념

작업구분	가치 창출	부가가치 : 낭비
처 리	VAA	부가 가치
이 동	NVAA	낭 비
대 기		
검 사		

(2) 가치흐름맵핑(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 진행한 재고(Work-In-Process, 이하 WIP)와 NVAA의 최소화로 낭비의 제거를 통해 변이를 최소화하여 흐름생산이 되도록 개선하는 단계이다.

(4) 당김 생산(Pull-driven Production)

생산라인의 각 해당 작업에서 목표량을 생산하는데 목표를 두지 않고, 후속공정의 상황을 고려하여 후속공정에서 자원의 대기가 없도록 하여 필요한 양을 필요한 시간

에 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.

위와 같이 린 원칙은 크게 5단계로 진행된다.

2.3 낭비

건설현장에서 낭비의 연구는 주로 재작업으로 인한 손실, 잉여자재, 부산물 등이었다. 그러나 린 건설에서의 낭비개념은 NVAA를 지칭하는 것으로써 수행과정 중 목적물의 가치를 창출하지 아니하는 것은 모두 낭비로 분류하고 있다(김창덕, 2000).

다음은 Womack & Jones(1996)에 의한 낭비의 분류이다. ① 제품 결함, ② 수요 없는 제품의 과잉생산, ③ 재고, ④ 불필요한 제품 처리, ⑤ 불필요한 인력 이동, ⑥ 불필요한 자재 제품 이동, ⑦ 대기 등 낭비요소는 개개의 요소로 공정에 영향을 미치는 것이 아니며 상호 복합적인 사슬로 묶여있다.

2.4 가치흐름맵핑(VSM)

Rother & Shook(1999)은 가치흐름이란 생산물을 생산하는 과정의 흐름에 따라 현재의 모든 활동들(VAA, NVAA)에 대한 흐름을 의미한다고 하였다. 이런 가치흐름을 통한 작업들에 대해 물리적 흐름과 정보의 흐름을 이해하기 쉽도록 하는 것이 VSM이다.

(1) VSM절차

아래 그림과 같이 VSM은 생산그룹을 선정 후 현재상태맵핑(Current State Mapping, 이하 CSM)을 하여 현재의 작업진행을 확인한 후 개선단계인 미래상태맵핑(Future State Mapping, 이하 FSM)을 하게된다.

생산그룹선정	CSM(as-is)	FSM(to-be)
<ul style="list-style-type: none"> • 가치의 기준 선정 • 대상물 선정 • 린 방책설정 	<ul style="list-style-type: none"> • 현재진행상태 조사 • 물리적흐름과 정보의 흐름 묘사 • WIP, 각 단계시간조사 • 전체 총 시간조사 	<ul style="list-style-type: none"> • WIP·CT감소 • 준비시간 단축 • 평준화 • 지속적인 개선

그림 1. VSM절차

(2) VSM도구

가치흐름의 프로세스와 흐름을 시각적으로 표현하여 각 작업 단계를 분석 가능하도록 해 주는 도구들이다.

번호	기호(Symbol)	의 미
1		작업
2		각 공정에 쌓여있는 재고를 의미 (Work-In-Process, WIP)
3		현장으로 차재의 이동
4		각 작업자간의 정보의 흐름
5		재고에 의한 일대기식 생산 (Push-driven System)
6		슈퍼마켓(Supermarket) - 생산량을 요구에 따라 조절
7		공정에서 필요 시 슈퍼마켓으로 보내는 인출칸반
8		요구한 양에 일맞은 물품을 생산을 조절하는 생산칸반
9		슈퍼마켓으로부터 재료의 물리적인 당김생산 (Pull-driven System)

표 2. VSM도구

(3) 칸반시스템(kanban system)

(가) 칸반의 개념

칸반은 간판(看板)을 일본식으로 발음한 것을 영어로 표기한 것으로 신호·카드를 의미한다. 칸반은 무엇을, 언제, 얼마만큼 인수할 것인가를 표기하여 선행공정의 생산 시기와 양, 그리고 생산품명을 알리는 역할을 한다. 그리고 현장을 눈으로 볼 수 있는 관리상태에 놓이게 함으로써 개선점의 확인이 용이하여 개선도구의 기능을 한다.

(나) 칸반의 운영

칸반은 운반(지시)칸반과 생산(지시)칸반으로 구분된다. 아래의 그림은 칸반시스템을 표현해 주는 그림이다.

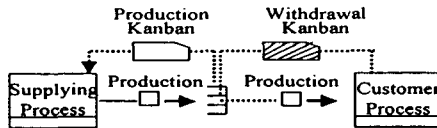


그림 2. 칸반시스템

2.5 린 생산시스템 적용사례(국외)

(1) 미국 Pratt & Whitney 사례(제조업)

Pratt & Whitney는 미국의 항공기 엔진 제조회사로써 다음 표는 린 생산 시스템의 적용 전·후의 비교표이다.

표 3. 미국Pratt & Whitney의 LPS 적용 후 개선 효과

개선 대상	개선 전	개선 후	개선효율(%)
작업공간 (sq. ft.)	6,430	2,480	61.4
제품 이동거리 (ft.)	2,500	80	96.8
재공량 (생산단위 당 평균)	1,640	15	99.0
작업 처리 시간	480 min	100sec	99.7
CT	10 days	75 min	99.9

출처: Womack & Jones (1996)

(2) 브라질의 Plano100(다가구주택 건설) 사례(건설업) 이 사례는 조달체계·생산디자인·생산·조직을 흐름생산과 가치관리관점의 린 원리를 적용하여 개선한 사례이다.

표 4. 브라질의 Plano 100(다가구주택건설) 개선사례결과

구분	건설비용 감소('92~'97)	생산시간향상	기타
개선효과	35%(5년간)	30%-->45%	자재손실감소

출처: Koskela(2000)

(3) Lee et al(1999)은 철골공사 중 보의 조립프로세스를 가치창출 개념으로 비가치창출 작업을 최소화 함으로써 이동단계는 7단계에서 5단계로 줄었으며 CT는 39%단축, 조립비용은 38%를 절감하였다.

위 린 원리를 이용하여 개선한 사례들은 생산체계에서 LPS의 활용 성을 입증한 사례라고 볼 수 있다.

본 논문에서는 건설현장에서 원자재를 이용하여 현장에서 작업이 주로 이루어지는, 즉 각 작업간에 이동·대기·처리·검사 등의 절차가 현장에서 많이 이루어져 NVAA로 인한 낭비요소로 많은 변이들이 존재해 있는 공정을 분석하였다.

3. 국내 아파트철근공사 가치흐름분석

3.1 사례조사현장 개요

사례조사현장은 서울시 도봉구에 위치한 도심지 아파트로 3개동(지하 1층, 지상 15층) 13평·15평형 철근콘크

리트 구조로 철근현장가공조립을 하는 공사이다.

3.2 사례연구 절차 및 방법

사례연구는 <그림 3>과 같이 진행된다.

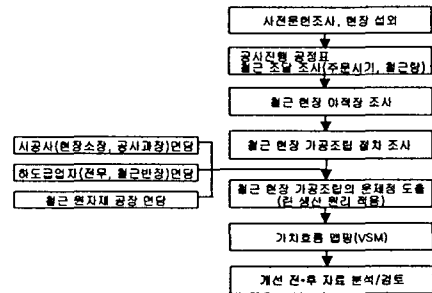


그림 3. 사례연구 절차 및 방법

3.3 문제점 제기

아래에 제시한 문제점은 문헌조사, 면담, 현장조사를 통하여 철근현장가공조립의 문제점을 분석하였다.

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

3.4 가치분석

(1) 가치그룹 선정

본 연구에서 사례현장의 가치그룹은 기준 층 1개동의 벽체철근조립 품에 소요되는 철근량, 인원, 장비, 시간으로 가치의 기준을 설정하였다. 그 이유는 조사 대상 아파트는 수직·수평타설로 공사를 하기 때문이며, 철근조립이 끝난 후 후행공정은 전기·형틀공사자들이기 때문이다. 철근 조립물이 후행공정의 작업을 원활하게 수행할 수 있도록 조립품이 제공되어야하기 때문에 철근작업의 고객은 전기·형틀공사자로 보고 수직철근을 가치그룹으로 선정하였다. 다음 그림은 사례현장의 가치흐름 분석 시 가치그룹의 흐름을 그림으로 묘사한 것이다.



그림 4. 가치그룹의 흐름

(2) 가치창출 작업 분석

도심지 아파트의 기준층 7개세대(13평 6개, 15평 1개) 기준의 수직근 1층의 철근현장가공조립의 가치를 분석한

것으로 VAA와 NVAA로 분류하여 분석하였다.

표 5. 현장가공조립가치분석

공정	순서	흐름	사용 장비	시간 (H)	인력	철근량	처리	이동	검사	대기
1	철근 공급	1	트럭(4)	2.0	4		●	▶		
2	검사(시공자/하도급자)	2	-	0.5	1	98.1		▶		
3	야적	3	지게차	4.0	4			▶		
4	야적장 저장	4	-	2,112.0	-					▼
5	상차	5	T/C		3			▶		
6	소운반	6	T/C	1.5*	1			▶		
7	가공	가공장이동(철근작업대)	7	T/C	3					▼
		철근철단기이동	8	-	2			▶		
		철단	9	●	2	56*	●			
		철단가공용적치	10	▼	1					▼
		철근작업대이동	11	▶	1	12.0*		▶		
		철근철착기이동	12	▶	1			▶		
		철착	13	●	1		●			
		철착가공용적치	14	▼	1	24.0*				▼
		철근용기	15	●	1		●			
		철근 리벨부착	16	●	1	1.0*	●			
8	양중	양중운반	17	▼	1					▼
		양 중/하역	18	T/C	4			▶		
9	조립	조립운반(대기)	19	▼	-					▼
		조립	20	●	3	12.0	●			
		검사	21	■	2	2.0			■	
		합계	21	21	11	2,173.0	36	103.7	8	2
		VAA	5	12	25.0	8	5.6	5		
		NVAA	16	9	2,148.0	28	98.1	8	2	6

<표 5>에서 공정순서인 5*14의 시간은 실제적으로 완벽하게 1층 7개세대 수직철근에 대해서 조사하기는 어려웠다. 그 이유는 이 단계에서는 각 철근 가공종류별로 바리스트에 의해 밀어내기생산방식 즉, 7개 세대에 소요되는 철근뿐만 아니라 기타 다른 부위(다른 동의 수평, 수직철근)의 철근까지 흐름생산이 아닌 과잉생산을 하고 있었다. 위 표에서 보는 바와 같이 현장가공조립공정에서 VAA와 NVAA를 작업개수, 장비, 시간, 철근량, 인력부분에서 NVAA가 상대적으로 많았다. 앞서 기술한 NVAA에 의한 많은 낭비들이 각 프로세스에 내포되어 있는 것이다.

(3) 불필요한 철근의 이동으로 인한 낭비

<그림 5>와 같이 현장에 도착한 대량의 철근으로 가공장에 모두 저장할 수 없기 때문에 1차 야적장(현장 출입구에 3곳, 현장 내에 2곳)에 야적된다. 공정에 따라 조립철근이 요구되면 1차 야적장의 철근은 가공장으로 이동된 후 가공이 되면 해당 층으로 자재이동을 하고 있었다. 이러한 불필요한 자재의 이동은 추가 인력, 장비(Tower Crain, 이하 T/C), 공간 등의 낭비를 발생시키며, 기타 공중 및 공간간에 간섭과 안전사고 등의 변이를 내포하고 있다. 현장에서는 배치계획을 별도로 할 정도로 공간사용이 대단히 중요하다. 특히 도심지 공사에 있어서는 더욱더 공간활용 최적화를 위한 노력이 필요하다.

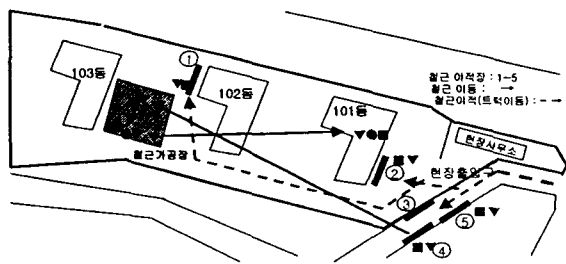


그림 5. 철근의 이동

3.5 가치흐름맵핑(VSM)

VSM으로 철근현장가공조립 프로세스를 현재진행 작업의 진행상태를 물리적인 흐름과 정보의 흐름을 표현하였으며, WIP, CT²⁾, LT³⁾ 등을 이해하기 쉽도록 표현하였다. VSM은 전체의 흐름을 한눈에 볼 수 있도록 해주며 철근가공조립단계에서 문제가 있는 곳을 빠르게 찾아낼 수 있도록 해준다.

(1) 현재상태맵핑(CSM)

CSM은 현재의 철근 공정에서 공사의 각 프로세스 작업단계를 분석하기 쉽도록 표현하는 것으로 현장철근가공조립 프로세스를 표현하였다.

(가) 물리적 흐름과 시간맵핑

CSM의 첫 단계는 고객을 이해하고, 최종적인 가치창출은 후행작업자를 만족해야 하기 때문에 고객을 선정하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 101동 1층 수직근(5.6톤)의 물리적흐름맵핑을 한 후 CT, LT를 맵핑하여 물리적인 흐름에 CT와 LT를 VAA와 NVAA에 통합하였다.

(나) 물리적흐름과 정보의 흐름 통합

다음 단계는 물리적인 흐름·시간맵핑과 정보의 흐름을 통합한 최종적인 단계로 아래<그림 6>은 위의 물리적흐름·시간·정보흐름을 통합하였다.

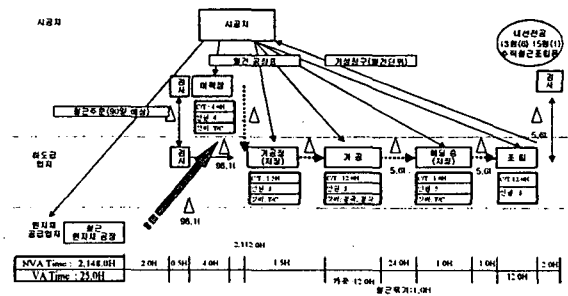


그림 6. CSM

<그림 6>에서 보는 바와 같이 시공자는 월간단위계획을 하도급업자에게 주게 되고 하도급업자는 시공사의 스케줄에 따라 공사를 진행하며 월간단위로 기성(톤당 단가)을 청구하게 된다. 실질적인 철근의 주문은 기성으로 철근 주문이 이루어진다고 볼 수 있으며, 필요시 철근 주문을 요구할 수도 있다.

3.6 흐름생산과 당김생산

CSM을 통해 개선하는 단계로써 사용자가 원하는 양 즉, 주문(후속공정)과 생산의 일치를 위해서 비 가치창출 작업을 통합하고 많은 주문으로 재고가 쌓이게 되는 부분을 최소화하고, 흐름생산이 되지 않았던 가공단계의 과잉생산이 되는 곳을 개선하는 단계이다. 이 단계에서는 지속적인 비 가치창출 작업의 최소화에 중점을 두며 지속적인 흐름생산이 되도록 프로세스를 개선하여야 한다.

흐름생산을 위해서는 프로세스 내에 내포되어 있는 결함을 제거하여야 하는데 방법으로는 WIP를 최소화 시켜 문제점을 노출시키고 이러한 방법으로 반복적인 수행을

- 2) CT(Cycle Time)=각 작업단계에서의 가공시간
- 3) LT(Lead Time)=원자재 공장에서 이동~조립/검사

통해 흐름생산이 가능해 진다.

본 논문에서는 2가지 미래상태맵핑(FSM)을 제안하는데 첫 번째, 현재진행하고 있는 작업의 FSM-I이며, 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.

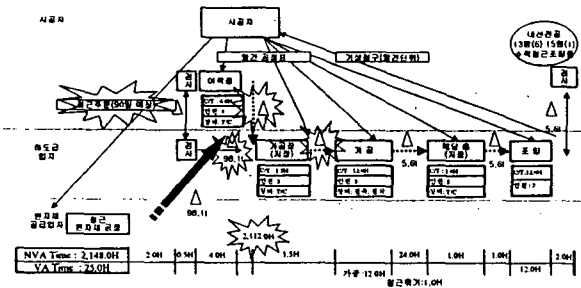


그림 7. 철근현장가공작업의 낭비

<그림 7>에서 보는 바와 같이 시공자가 88일(약 3개월)을 예상하고 과도한 철근주문으로 98.1톤이 현장에 야적되고 있어 불필요한 야적장이 요구되며, 가공단계에서 하도급자는 7개세대 수직철근량에 대한 철근을 가공하는 것이 아니라 여러 부위의 철근들이 한꺼번에 가공하는 대량생산이 이루어지고 있었다. 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 있으므로 3개동에 알맞은 공정에 따른 철근을 주문한다면 1차 야적장을 거치지 않고 바로 가공장(저장지역)으로 이동할 수 있다.

<그림 8>은 사례현장의 7월 공정표를 토대로 분석하였다. NVAA작업의 최적화를 위해 철근현장 도착시기를 산정한 그림이다.

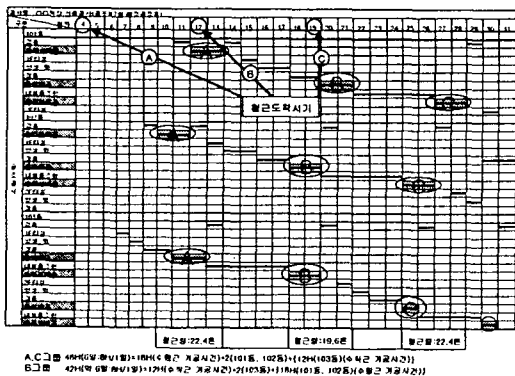


그림 8. 철근 도착시기 산정표

A, B, C그룹 모두 6일 전에 주문(A그룹 4일, B그룹 12일, C그룹 19일)하게 된다면 철근의 흐름생산에 의해 가

공장으로 직접 저장되어 <그림 7>에서 나타나는 NVAA으로 인한 낭비를 제거할 수 있다. 또한, 가공단계에 문제가 되는 부분은 정확한 가공도에 의해 그룹별로 가공을 하게 된다면 가공시간이 짧아져 정확한 품질과 전체 공기를 단축할 수 있다. 위와 같은 분석으로 개선한 대안은 다음과 같다.

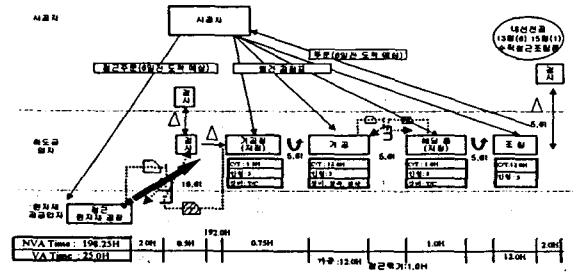


그림 9. FSM-I

(2) FSM-II

FSM-II는 공장가공·현장조립을 할 수 있어 현장가공장이 필요가 없어서 NVAA가 대폭적으로 감소됨으로써 흐름 생산과 당김 생산이 되는 대안이다.

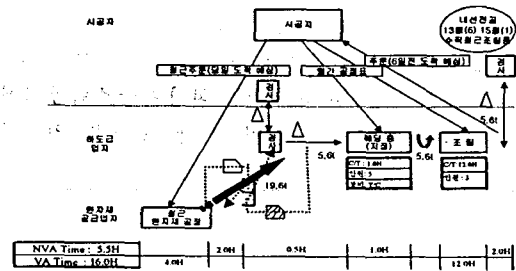


그림 10. FSM-II

CSM과 다른 점은 현장에서의 저장과 가공작업이 제거됨으로써 공정간에 WIP(철근, 인원, 장비), CT, LT가 감소하게 되어 FSM-I보다 프로세스 내에 내재되어 있는 변이와 낭비가 감소하게되어 작업간 신뢰성이 확보되고 있음을 알 수 있다. 또한 칸반시스템은 정확한 철근량과 무결점, 재고감소 등 JIT를 실현할 수 있다.

3.7 가치 이동(value migration)

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

현재 국내 철근현장가공조립은 선진국보다 생산성이 낮아져 있다. 본 논문에서 분석한 내용을 보면 불필요한 야적장, 불필요한 장비·인력의 이동, 가공단계에서 과잉생산에 의한 품질확보 미비, 공기지연 등으로 가공단계의 생산시간이 전체 공기에 영향을 미치게 된다. 그러나 현장가공조립현장은 이러한 가치의 기준을 고려치 않은 채 공사를 하고있는 것이다. 국내공사 중 공장가공은 야적장이 전혀 없는 도심지 공사, 공기단축, 복잡가공조립인 공사 등에 있어 적용하고 있다. 건설선진국은 자재관

리, 도심지 작업, 환경규제, 민원, 공정 및 품질관리, 조립 품질향상, 공사기간 단축, 철근 로스감소 등을 위해 이미 공장가공을 하고 있는 실정이다. 그러나 국내에서는 부정확한 샵드로빙, 가공도와 공장가공정밀도 등이 미비한 실정이며 적용이 미비한 실정이며, 또한 결정적인 요인은 가치의 기준을 공급단가, 조달단가만을 측정하고 실행하는데 문제가 있는 것이다. 국내 건설회사는 전체공사비를 바라보지 못하고 있는 실정이다. 즉, 공간사용비, 장비비(T/C, 지게차), 인력비, 조달시간, 조립공기 등을 비용으로 보지 않는 가치기준설정에서 문제가 있는 것이다.

3.8 가치흐름분석(VSA)을 통한 낭비제거 결과 위에서 제시한 VSA를 통해 CSM과 FSM(I,II)을 비교해 보면 다음과 같은 명백한 차이를 알 수 있다.

표 6. 결과분석을 통한 리효율*

구분	흐름·단계	사용장비	시간(H)	인력	철근량
CSM	21	11	2173.0	36	103.7
FSM-I	17	6	53	29	5.6
리효율	19.0	45.1	97.6	19.4	94.5
FSM-II	7	3	31.5	15	5.6
리효율	66.7	72.7	98.6	58.3	94.6

* 리 효율(%)=개선수/원총수*100

즉, 시공자가 철근주문 시 철근량을 줄이게 되면 현장의 야적공간이 감소하게 되고, 절차, 사용장비, 인력부분에서 리 효율을 얻을 수 있다. 또한 공장가공 시 현장관리 상 발생할 수 있는 NVAA를 최소화하여 낭비를 제거할 수 있다는 결론을 얻었다.

4. 결론

국내 건설생산성은 선진국에 비해 대단히 뒤떨어져 있다. 이것은 종래의 결과중심의 사고방식으로 진정한 가치를 이해하고 프로세스를 분석하려는 노력의 부족에 기인한 것이다.

본 논문에서는 건설생산성을 향상시키고자 제조산업에서 이미 성공한 LPS를 건설에 적용한 리 건설원리를 이용하여 아파트 철근현장가공조직의 프로세스를 분석하였

다. 그 결과 VAA보다 NVAA가 상대적으로 많아 프로세스 내에서 낭비를 발생하고 있었다. 불필요한 철근량 야적과 철근의 대기(WIP), 불필요한 자재(철근)·인력·장비 이동, 추가적인 야적장과 자재관리소홀, 자재손실, 품질관리 곤란/배근 정밀도 저하, 과도한 WIP로 인한 내재된 변이발생 등은 현장의 VSA를 통해 분석된 것이다.

이러한 낭비는 프로세스 내의 WIP를 줄임으로써 개선할 수 있는데, 본 논문에서 제시한 FSM-I,II가 그 대안이 될 것이다. FSM-I은 현장에서의 주문량을 줄여 낭비요소를 제거하였으며, 가공단계에서 밀어내기식(대량생산) 생산방식을 당김생산방식으로의 전환으로 리 건설의 목표인 최소비용, 최소기간, 무 결점, 무 재고, 흐름생산, 당김생산을 할 수 있는 대안이다. FSM-II는 FSM-I보다 비용부담이 있지만 프로세스를 흐름생산과 당김생산이 가능하도록 할 수 있는 대안인 것이다. 그러나 아직 이러한 대안을 설정하는데는 3.7절에서 제시한 가치기준의 설정에 있어서 문제가 많다. 즉, 전체 공사비관점과 최종고객(사용자)관점으로 가치이동이 필요한 것이다.

이와 같이 본 연구에서 제시한 VSA는 국내 건설현장의 생산성향상을 위한 방법론으로 활용될 수 있을 것이다. 특히 결과중심의 사고방식에서 과정중심의 사고방식으로 전환하여 가치흐름을 분석하는 것은 꼭 필요할 것이라고 사료된다. 따라서 철근공사뿐 아니라 현장에서의 프로세스가 많은 공정에 대한 VSA연구가 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 김창덕, 건설생산시스템의 새지평, 건축 3월호, 대한건축학회, 2000.3
2. 김창덕, A New Construction Production Paradigm, 광운대학교 건설관리연구실, 2000.2
3. Lauri L. Koskela, "Application of the New Production Philosophy to Construction," Technical Report No.72, CIFE, Stanford University, CA, 1992
4. Mike Rother and John Shook "Learning to see", version 1.2 June 1999
5. Womack and Jones, "Lean thinking" Banish waste and create wealth in your corporation, 1996

Abstract

The domestic reinforcement concrete works have mainly worked the process of re-bar fabrication/assembly on site and re-bar works affected by structural safety, durability, and schedule with form work. Accordingly, This study analyzes the process of re-bar fabrication/assembly on site to apply lean production principles to construction Value Stream Analysis(VSA) is analyzed into value-adding activity and non-value-adding activity on construction process through value analysis and Value Stream Mapping(VSM).

In the results, non-value-adding activity generates waste such as the activity steps, labors, equipments, materials, time, and so on. Additionally, push-driven production is investigated making low productivity from the overproduction and so on. To resolve the problems in the process, The purpose of this paper eliminates waste factor through maximizing the value-adding activity generating value added and minimizing non-value adding activity. Particularly, it makes flow production and pull-driven production through minimizing work-in-process(WIP).

Keywords : Lean Production Principle, Value Stream Analysis(VSA), Value Stream Mapping(VSM), Value Analysis, Flow Production, WIP