

適時生産 관리시스템에 관한 연구

- 철근공사를 중심으로 -

A Study on Prototype of Just In Time Production Management System

이 규 현*

Lee, Kyoo-Hyun

최 인 성**

Choi, In-Sung

Abstract

This study aims at establishing JIT production management system to enable manage the resources input into from procurement through construction based on correct identification of the process, an analysis on the amount of input materials and information sharing.

This study has focused on the process control and working process of rebar work in domestic apartment house construction where the overall scope of process from the planning phase to the construction phase has been analyzed in this study. Also construction phase was selected for the application of a sample case. A basic model for JIT production was generated with these processes. Furthermore A questionnaire and the on-site survey with process, checklist and control data were prepared and performed for the application of JIT production management model into rebar work. The governing scopes of JIT production management system include process management, material management, yard loading and moving management and inventory control, and the operation of each control item

키 워 드 : 적시생산, 철근공사, 재고관리

Keywords : just in time production, rebar work, inventory management

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

건설 생산성의 향상을 위한 적시생산은 시공과정의 특성상 투입되는 재료가 현장 외부에서 생산되어 발주, 주문, 생산, 반입, 현장설치의 과정을 거치며, 이 과정에서 발생하는 정보는 각각 분산되어 현장 내·외부의 업무 수행에 영향을 끼치게 된다. 건설 단위작업에서 외부발주부터 현장설치까지의 프로세스 흐름은 현장의 조건 및 상황에 따라 그 흐름이 달라질 수 있다.

이러한 현장별 단위작업의 프로세스 변화는 적시생산을 위한 일관성 있는 정보흐름 및 운송/설치 정보의 관리를 어렵게 하며, 각 정보가 해당 담당자별 또는 현장별로 관리되어 정보의 공유를 어렵게 한다. 따라서 현장에서 발생할 수 있는 기본적인 현장조건에 따라 달라지는 각각의 프로세스를 정의하고 정의된 프로세스에 의해 정보관리가 될 수 있는 관리시스템이 필요하다. 이 연구에서는 현장에 맞는 정확한 프로세스 파악과 정확한 투입물량 분석 및 정보공유를 바탕으로 구매에서 시공까지 투입되는 자원을 효율적으로 운영하고 관리할 수 있는 적시생산관리시스템 모델을 제시하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구범위 및 방법

이 연구의 범위는 국내 공동주택 건설현장의 철근공사의 공정관리 및 시공 프로세스를 중심으로 하였으며, 프로세스 분석 범위는 철근공사 계획단계에서 시공단계까지 조사하였으며, 제시한 모델의 적용 범위는 시공단계로 하였다.

연구의 진행은 린 건설 및 적시생산에 대한 이론적 고찰을 한 후 적시생산을 위한 시스템 관리의 기본 모델을 제시하였다. 다음으로 철근공사에서의 적시생산관리시스템 모델 구축을 위해 설문 및 현장조사를 통해 투입자원 및 체크리스트, 관리자료를 분석하였다. 분석된 관리요소를 바탕으로 투입되는 물량의 관리를 통해 건설생산의 효율성을 높일 수 있는 적시생산관리시스템 모델을 구축하였다. 마지막으로 제시한 모델의 경제성을 분석하기 위해 현재 시공 중인 건설현장 중 사례현장과 규모가 비슷한 2곳을 선정하여 철근공사를 중심으로 공정 및 투입자원관리, 업무분석의 요소에 대하여 경제성을 분석하여 모델의 적정성을 평가하였다.

2. 적시생산에 관한 이론적 고찰

2.1 적시생산(Just-In-Time)

1950년 적시생산(Just In Time)은 일본의 도요다 에이지(豊田英二)의 Ford사 방문으로부터 기초가 이루어졌으며, 1960년대에 일본에서 적시생산이 활용되었을 때 적시생산은 재고관

* 공학박사, 정회원

** 명지대학교 건축학과 교수, 정회원

리(Inventory Management) 내지는 품질관리(Quality Control)를 위한 접근방법으로 인식되었다. 적시생산에 의한 재고관리나 품질관리는 기업의 몇몇 부서에 국한되어 적용되기보다는 기업의 모든 부문이 참여하는 전사적인 관점에서 시행되었다. 1970년 후반 이후 미국 및 유럽 제조업체들도 경영성과를 향상시키고 경쟁우위를 회복하기 위해 적시생산의 개념을 도입하였고 미국 및 유럽 경영학계에서는 미국 제조업체의 적시생산 시행효과에 대한 긍정적인 연구결과들이 발표되었다.

Schonberger(1984)는 “적시생산이란 고객에게 판매될 제품과 그제품의 판매될 수량만을 생산하여 고객이 요구하는 시간에 납품을 하는 것이고 그러기 위해서는 모든 제조 공정에서는 제품의 조립공정에 꼭 필요한 자재나 부품만 공급되어야 한다.” 라고 하였다.

또한 Mayer(1984)도 “적시생산이란 제조공정에서 필요한 자재나 부품만 제조공정에 공급되는 생산시스템이다.” 라고 정의하였다.

이러한 적시생산은 린 생산에 있어서 매우 중요한 개념이며 린 건설에 있어서도 광의로는 공기 내 납품을 통한 적시생산과 협의로는 생산단위에서 후속작업에 필요한 자원의 종류와 양을 파악하여 정확하게 조달하여 생산의 흐름이 적시에 이루어질 수 있도록 하는 것이 적시생산의 핵심이다.

2.2 공정관리와 적시생산

공정관리란 현장에서 활용시 일반적으로 높은 레벨의 액티비티에 의해 관리가 되어져 최소단위 업무의 관리를 하는데 한계를 가지고 있다. 따라서 공정관리 최소업무단위를 지원하는 적시생산관리가 필요하며 공정관리의 진행에 따른 적시생산관리의 흐름은 그림 1과 같다.

적시생산관리의 주요 관리요소는 인력, 장비, 자재, 비용, 방법으로 분류하였다.

이 연구에서 사용하는 공정 관리 요소로는 현장 관리 수준의 공정표 액티비티와 공정관리체계를 중심으로 분석하였으며, 생산관리에서의 관리요소는 다음과 같다.

1) 적시생산 흐름(JIT flow) 및 업무분석(Task Analysis)

적시생산 흐름은 공중별로 이루어지는 이동, 대기, 처리, 검사의 업무흐름을 분석하고 그에 따른 투입자원을 분석한다.

2) 자재관리

생산관리에서 낭비가 나타나는 핵심요소가 자재이다. 따라서 린 생산원리를 이용한 자재관리를 위해서는 현장에서 자재가 이동되는 경로를 파악하여야 하며 주문현황, 입고현황, 이동현황, 가공현황, 조립현황을 상세히 기록 관리하여야 한다.

3) 체크리스트(Checklist)

발생되는 낭비의 원인을 규명하여 이 후 생산관리에 참고가 가능한 체크리스트를 작성하였으며, 건설 관련자들 간에 필요사항을 분석하여 체크 타임 분석을 하였다.

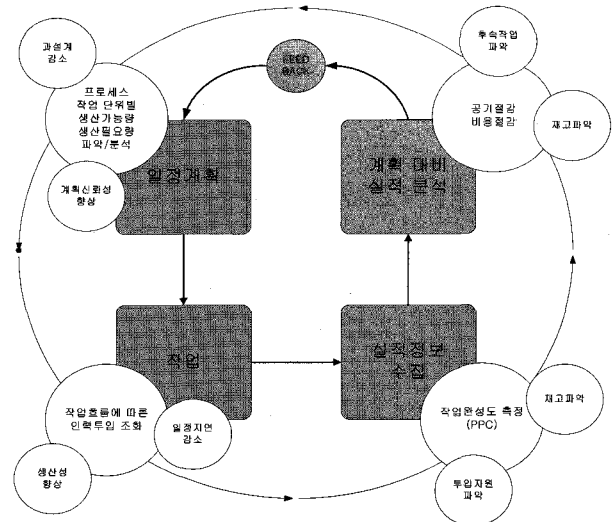


그림 1. 공정관리 진행에 따른 적시생산관리 흐름

3. 건축적시생산 방법 및 적용

3.1 적시생산 관리자료

적시생산을 위해서 적시생산 관리요소의 데이터들을 관리하고 낭비제거를 위해 필요한 체크리스트를 등록하여 그에 따른 관리 및 분석을 함으로서 현재 건축 적시생산의 효율 및 추후 업무계획 수립에 좋은 자료가 될 수 있다.

따라서 이러한 분석을 위해서는 각 적시생산 관리의 요소별 데이터 운용 계획이 수립되어야 한다.

린 건설을 위해 앞에서 정리한 적시생산 관리의 주요요소는 1) 관리공정, 2) 생산업무, 3) 투입자원, 4) 자재관리, 5) 체크리스트로 분류하였다.

각각의 생산관리요소는 정보를 가지고 있으며 관리요소별로 가지고 있는 정보의 유형은 다음과 같이 정리된다.

- 1) 관리공정에는 공정관리를 위한 액티비티 아이디(Activity ID), 액티비티 명(Activity Description), 소요기간(Duration), 투입물량(Quantity), 공정연계(Relationship) 등의 정보가 있다.
- 2) 생산업무에는 업무(Work), 세부업무결정요인(Factors for Decision), 세부업무(Detailed Work), 세부업무별 소요시간(Time), 세부업무별 필요자원(Resource) 등의 정보가 있다.
- 3) 투입자원에는 인력(Man power), 자재(Material), 장비(Equipment), 비용(Cost), 장소(Space) 등의 정보가 있다.
- 4) 자재관리에는 주문(Order)현황, 입고(Warehousing)현황, 이동(Movement)현황, 가공(Processing)현황, 조립(Construction)현황
- 5) 체크리스트에는 세부업무별 체크리스트 및 투입자원 분석정보를 포함하고 있다.

3.2 건설 사업별 자원 사용현황

적시생산 관리시스템을 도입하기 위하여 가장 중요성이 큰

자재가 투입되는 공사를 우선으로 하여 순차적인 개선을 하는 것이 합리적이다. 따라서 자재의 구매비용 및 재고비용을 파악하여 적시생산의 가장 큰 효과를 얻을 수 있는 자재를 파악하여 적시생산을 위한 중요 관리 자재 리스트를 작성하였다.

설문은 자재의 구매, 재고율 및 관심자재의 분석을 위해 건설업체의 구매담당 부서 10곳을 방문 및 설문하여 조사하였다.

1) 자재 구매비용

각 사업부별로 투입되는 자재 품목들의 구매 금액이 차지하는 비율을 분석해본 결과, 순수 자재의 성격이 강한 철근, 레미콘의 비율이 가장 높았으며, 건축 및 주택사업부의 경우 일부의 설문에서 승강기와 가구류의 비율도 높게 나타났다. 이는 시대에 맞추어 평형의 대형화와 고급화된 가구, 마감재를 사용한 공동주택 및 빌딩의 경우로 사료된다.

위의 분석에서 나타난 각 사업부별 주요 구매자재의 비율은 다음 표 1과 같다.

2) 자재 재고비용

각 사업부별로 투입되는 자재 품목들의 재고가 차지하는 비율을 분석해본 결과, 전 사업부에 걸쳐 철근과 관류의 비율이 가장 높은 것으로 나타났다.

위의 분석에서 나타난 각 사업부별 주요 재고자재의 비율은 다음 표 2와 같다.

표 1. 사업부별 자재 구매 비율

	건축(빌딩)		주택		도목		플랜트		환경	
	품명	비중 (%)	품명	비중 (%)	품명	비중 (%)	품명	비중 (%)	품명	비중 (%)
1	철근	26	철근	34	철근	33	기계	62	기계류	24
2	레미콘	21	레미콘	26	레미콘	16	배관	14	기계	21
3	기계장비	10	가구류	12	도로포장	13	계장	6	기계장비	18
4	수변전기	5	창호재	7	시멘트	12	공정	6	철근	11
5	배선재	5	승강기	4	파일	6	수변전기	4	레미콘	7
6	승강기	5	기계장비	3	골재	4	전기벌크	2	계장	4
7	관류	4	위생기구	3	철강재	4	철근	2	전기Tag	3
8	배관재	4	파일	3	자재비	3	레미콘	1	계측류	3
9	조명기구	4	수장재	2	토목용관	3	철강재	1	도로포장	2
10	금속잡	3	조명기구	2	터널자재	1	토목자재	1	토목용관	1

* 상위 10위까지만 표기

표 2. 사업부별 자재 재고 비율

	건축(빌딩)		주택		도목		플랜트		환경	
	품명	비중 (%)	품명	비중 (%)	품명	비중 (%)	품명	비중 (%)	품명	비중 (%)
1	철근	64.0	철근	54.6	철근	62.3	철근	44.8	철근	66.8
2	관류	6.2	타일	21.3	철강재	8.2	골재	21.2	토목용관	14.6
3	수장재	5.3	조명기구	10.3	토목용관	7.4	관류	10.3	기계	10.4
4	위생기구	3.2	위생기구	5.2	파일	5.4	철강재	5.1	도로포장	7.8
5	창호재	2.0	관류	1.5	골재	5.3	전기벌크	4.8	파일	0.3
6	기계장비	1.9	수장재	1.2	관류	3.2	계측류	3.6		
7	승강기	1.9	기계장비	0.4	시멘트	2.1	시멘트	2.6		
8	골재	0.9	파일	0.7	자재비	1.6	배관	1.8		
9	타일	0.7	자재비	0.7	철강재	1.3	미장재	1.0		
10	자재비	0.3	분전반	0.5	터널자재	0.3	관이음쇠	1.0		

* 상위 10위까지만 표기

표 3. 물량산출방법별 특성 분석

물량산출방법	요구사항	산출단위	기간	정확성
발주처에서 발행	현장적용성 검토 필요 (약식계산)	무게단위	1개월이내	오차가있음
PMS 물량	현장적용성 검토 필요 (약식계산)	무게단위	10일이내	약간의오차
BAS를 이용한 산출	BAS를 이용한 상드로잉 작성 BAS활용가능 인력필요	길이단위 무게단위	10일이내	정확함

표 4. 계획단계 프로세스 업무활동 분석
(도면 및 발주처 제공에 의한 물량산출)

Act.	구분	담당	실행방법 (Method)	소요시간			누적 시간	세부업무 및 비고
				A 현장	B 현장	평균		
	물량산출	공사	-	30d	40d	35d	35d	Shop. DWG. 작성 철근가공도 작성 총별/부위별 수량산출
	BM확인	관리/공부	통합 구매시스템	1d	1d	1d	36d	BM과 일치하지 않을시 수량변경 (소요일수+10일)
	자재구매	구매담당 (본사)	통합 구매시스템	7d	10d	8.5d	44d 5h	업체선정 결재
	공사 물량청구 (입고요청)	공사	Paper	0.5h	0.5h	0.5h	44d 5.5h	월별 시공물량 파악 입고지시
	자재입고 야적	공급사/관리	카고트럭	7d	10d	8.5d	53d 0.5h	입고 야적 협력업체 인수인계
	자재검수	공사/관리 /품질	육안 및 검사기구	2h	1h	1.5h	53d 2h	검수불량일 시 반출 (소요일수 +7일)
	입고서인력	관리	통합 구매시스템	1h	1h	1h	53d 3h	입고서인력

* 1DAY = 업무시간 10시간

단위 : d=Day, h=Hour

표 5. 계획단계 프로세스 업무활동 분석
(PMS 물량을 사용)

Act.	구분	담당	실행방법 (Method)	소요시간			누적 시간	세부업무 및 비고
				C현장	D현장	평균		
	물량산출	공사	-	10d	5d	7.5d	7d 5h	Shop. DWG. 작성 철근가공도 작성 물량검토 (현장적용성)
	BM확인	관리/공부	통합 구매시스템	2h	5h	3.5h	7d 8.5h	BM과 일치하지 않을시 물 량변경 (소요일수 +10일)
	자재구매	구매담당 (본사)	통합 구매시스템	15d	10d	12.5d	20d 3.5h	업체선정 결재
	공사물량 청구 (입고요청)	공사	Paper	1h	1h	1h	20d 6.5h	월별 시공물량 파악 입고지시
	자재입고/야적	공급사	카고트럭	7d	7d	7d	27d 6.5h	입고 야적 협력업체 인수인계
	자재검수	공사/관리 /품질	육안 및 검사기구	2h	3h	2.5h	27d 9h	검수불량일 시 반출 (소요일수 +5일)
	입고서인력	관리	통합 구매시스템	1h	1h	1h	28d	입고서인력

* 1DAY = 업무시간 10시간

단위 : d=Day, h=Hour

따라서 본 연구의 적용 대상 공사를 철근공사로 선정하였다.

3.3 철근공사 프로세스

철근공사의 프로세스 분석을 위해서 계획단계(물량계획/자재청구)와 시공단계(철근가공/조립생산)로 분류하여 프로세스를 분석하였으며, 현장에 따라 프로세스가 달라질 수 있는 요인을 분석하여 요인별 업무분석을 통해 프로세스 도출 및 요인별 프로세스 성능을 분석하였다.

1) 계획단계 업무활동

물량계획에서 자재청구단계까지의 업무활동을 파악하고 그에 따른 프로세스를 파악하였다.

물량을 산출하는 방법으로는 도면에 의한 수작업이나 발주처에서 발행한 수량산출서를 기준으로 물량을 파악하는 경우와 PMS(Project Management System)에서 책정되는 물량을 그대로 사용하거나, BAS(Bar-bending Automation System)를 이용한 샵드로잉을 통해 얻는 방법 등이 있다. 각각의 방법에 따라 산출된 물량의 정확성 및 산출기간에 차이가 발생하며, 각 방법별 특성을 살펴보면 표 3과 같다.

계획단계(물량계획/자재청구) 프로세스에서는 기본적으로 위의 7단계의 업무프로세스를 가지고 있으나, 물량산출방법에 따라 프로세스의 업무구조가 다르게 나타나게 된다.

따라서 정확한 가치분석을 위해 업무프로세스를 물량산출법에 따라 구분하여 작성하였으며, 도면에 의해 산출한 경우 및 PMS의 물량을 그대로 사용하는 경우, BAS에 의한 물량산출의 경우의 3가지 업무프로세스로 분석하였다.

도면에 의한 물량산출의 경우 업무시간 10시간을 하루로 가정하여 표 4와 같이 분석한 결과 계획단계(물량계획/자재청구) 프로세스의 총소요시간은 53일 3시간이 소요되고 세부업무 활동은 13개의 업무로 나타났으며, 물량변경 및 검수불량 발생시 추가로 약 17일의 시간이 더 소요될 수 있는 것으로 나타났다.

PMS 물량을 그대로 사용하는 경우 업무시간 10시간을 하루로 가정하여 표 5와 같이 분석한 결과 계획단계(물량계획/자재청구) 프로세스의 총 소요시간은 28일이 소요되고 세부업무 활동은 13개의 업무로 나타났으며, PMS의 물량을 그대로 사용함으로써 대체로 물량변경을 하는 경우가 발생하지 않으나 면밀히 검토하지 않을 경우 후에 물량수급에 차질을 빚을 위험성을 가지고 있다.

반면 관리자가 면밀한 검토를 통해 물량에 오차를 발견하여 물량을 변경할 경우 및 검수불량 발생시 추가로 약 15일의 시간이 더 소요될 수 있는 것으로 나타났다.

표 6. 계획단계 프로세스 업무활동 분석

(BAS로 물량산출)

구분 Act.	담당	실행방법 (Method)	소요시간			누적 시간	세부업무 및 비고
			E현장	F현장	평균		
물량산출	공사	-	7d	10d	8.5d	8d 5h	Shop. DWG. 작성
BM확인	관리/공무	통합 구메시스템	1h	2h	1.5h	8d 6.5h	BM과 일치하지 않을시 물량변경(소요일수+7일)
자재구매	구매담당 (본사)	통합 구메시스템	7d	10d	8.5d	17d 1.5h	업체선정 결재
공사 물량청구 (입고요청)	공사	Paper	1h	1h	1h	17d 2.5h	월별 시공물량 파악 입고지시
자재입고 야적	공급사	카고트럭	10d	7d	8.5d	25d 7.5h	입고 야적 협력업체 인수인계
자재검수	공사/관리 /품질	육안 및 검사기구	2h	2h	2h	27d 9.5h	검수불량일 시 반출 (소요일수 +5일)
입고서입력	관리	통합 구메시스템	1h	1h	1h	28d 0.5h	입고서입력

* 1DAY = 업무시간 10시간 단위 : d=Day, h=Hour

BAS를 이용한 물량산출의 경우 업무시간 10시간을 하루로 가정하여 표 6과 같이 분석한 결과 계획단계(물량계획/자재청구) 프로세스의 총소요시간은 약 28일이 소요되고 세부업무 활

동은 11개의 업무로 나타났으며, 이는 BAS로 작업시 샵드로잉에서 길이별 및 무게별 물량산출이 하나의 시스템으로 작성되어 업무활동 수가 줄어들었으며, 길이별 산출이 가능해 정확한 물량 파악이 가능한 장점을 가지고 있다.

물량변경 및 검수불량 발생 시 추가로 약 12일의 시간이 더 소요될 수 있는 것으로 나타났다.

2) 시공단계(철근가공/조립생산) 업무활동

철근공사 생산 프로세스에서 철근가공에서 조립생산단계까지의 업무활동을 파악하고 그에 따른 프로세스를 파악하였다.

업무분석 및 성능 분석은 설문 이외에 철근가공 방법(현장가공, 공장가공)이 다른 현장을 각 2개씩 방문하여 프로세스 업무활동을 분석하였으며 그 결과는 다음과 같다.

표 7. 시공단계 프로세스 업무활동 분석

(현장가공)

구분 Act.	담당	실행방법 (Method)	소요시간			누적 시간	세부업무 및 비고
			G현장	H현장	평균		
자재입고 /야적	관리	장비사용	10d	15d	12.5d	12d 5h	자재야적 재고누적시 야적기간(+15d) 협력업체 인수인계
자재운반	시공 협력사	장비	3h	2h	2.5h	12d 7.5h	현장정리로 인한 운반 (+2회)
철근가공 (1개층 기준)	시공 협력사	절곡, 절단기	2d	3d	2.5d	15d 2.5h	철근가공 철근잔량 처리
부위별 철근배치	시공 협력사	장비	1h	1h	1h	15d 3.5h	부위별 철근배치 가공후 야적기간(+2d)
철근조립 (1개층 기준)	시공 협력사	인력	2d	2d	2d	15d 5.5h	양중 조립
검수 및 완료	발주처 /공사	Paper	2h	1h	1.5h	15d 7h	검수불량 시 재작업, (소요일수 +1d)
기성/출고 입력	공사	PMS	1h	1h	1h	15d 8h	기성입력 출고입력

* 1DAY = 업무시간 10시간 단위 : d=Day, h=Hour

표 8. 시공단계 프로세스 업무활동 분석

(공장가공)

구분 Act.	담당	실행방법 (Method)	소요시간			누적 시간	세부업무 및 비고
			I현장	J현장	평균		
자재입고 /야적	관리	장비사용	10d	5d	7.5d	7d 5h	자재야적 재고누적시 야적기간(+10d) 협력업체 인수인계
부위별 철근배치	시공 협력사	장비	2h	3h	2.5h	7d 7.5h	부위별 철근배치
철근조립 (1개층기준)	시공 협력사	인력	2d	2d	2d	9d 7.5h	양중 조립
검수 및 완료	발주처 /공사	Paper	2h	2h	2h	9d 9.5h	검수불량 시 재작업 (소요일수 +1일)
기성/출고 입력	공사	PMS	1h	1h	1h	10d 0.5h	기성입력 출고입력

* 1DAY = 업무시간 10시간 단위 : d=Day, h=Hour

시공단계(철근가공/조립생산) 프로세스에서는 기본적으로 위의 7단계의 업무프로세스를 가지고 있으나, 철근가공유형에 따라 프로세스의 업무구조가 다르게 나타나게 된다.

따라서 정확한 가치분석을 위해 업무프로세스를 철근가공유형에 따라 구분하여 작성하였으며, 현장가공한 경우 및 공장가공한 경우의 2가지 업무프로세스로 분석하였다.

현장가공의 경우 업무시간 10시간을 하루로 가정하여 표 7

과 같이 분석한 결과 시공단계(철근가공/조립생산) 프로세스의 총 소요시간은 약 16일이 소요되고 세부업무 활동은 11개의 업무로 나타났다.

또한 현장정리 및 청소의 이유 등으로 철근의 이동이 추가로 2회정도 발생할 수 있는 것으로 나타났으며, 재고누적 및 가공후 야적, 검수불량으로 인한 재작업의 이유로 약 18일의 시간이 더 소요될 수 있는 것으로 나타났다.

시공단계(철근가공/조립생산) 프로세스에서는 기본적으로 위의 7단계의 업무프로세스를 가지고 있으나, 철근가공유형에 따라 프로세스의 업무구조가 다르게 나타나게 된다.

따라서 정확한 가치분석을 위해 업무프로세스를 철근가공유형에 따라 구분하여 작성하였으며, 현장가공한 경우 및 공장이공한 경우의 2가지 업무프로세스로 분석하였다.

공장가공의 경우 업무시간 10시간을 하루로 가정하여 표 8과 같이 분석한 결과 시공단계(철근가공/조립생산) 프로세스의 총 소요시간은 약 10일이 소요되고 세부업무 활동은 8개의 업무로 나타났다.

또한 재고누적 및 가공후 야적, 검수불량으로 인한 재작업의 이유로 약18일의 시간이 더 소요될 수 있는 것으로 나타났다.

3.3 철근공사 체크리스트 및 관리항목

철근공사의 체크리스트를 작성하기 위해 현장방문을 통해 낭비요인 및 철근공사의 현황을 분석하였다.

조사의 내용은 철근공사에서의 낭비요인 및 철근공사 프로세스에서의 상세업무를 정의하였으며, 그중에서 적시생산개념의 적용대상이 되는 항목을 선정하였다.

1) 계획단계(물량계획/자재청구)

(1) 물량산출(계획물량파악/실행물량청구) 업무

물량산출방법은 도면을 이용한 수작업 및 PMS의 물량활용, BAS 샵드로잉을 이용한 산출의 3가지 유형으로 나누며 각각의 유형에 따라 다른 업무 프로세스를 가지고 있어 물량산출방법별 체크리스트 작성이 필요하다.

i. 도면을 이용한 수작업으로 물량산출의 경우 대부분이 철근 정착길이에 대해서 활중율을 곱해서 산정을 하나 이러한 경우 오차가 많이 발생하게 되므로 정착길이에 대한 정확한 검토가 필요하다. 또한 철근배근 상세를 나타내는 샵드로잉(Shopdwg.)작성을 통해 정확한 철근물량파악이 검토할 수 있으나, 상세도면작성을 하지 않은 현장의 경우 물량의 정확한 검토 또한 약한 것으로 나타났다. 대부분의 현장이 물량산출 단위를 약식산정을 통해 무게(t)단위로 작성하고 있어 오차가 발생하는 것으로 나타났으며, 철근 길이별 검토가 필요하다. 단, 길이(m)단위로 물량을 산출할 경우 소요기간이 너무 길어지게 되어 현장에서는 기피하는 실정이다. 물량의 파악은 이후 시공과정에서 자재주문 시 주문량의 기준이 되므로 총별, 부재별 투입물량 파악 또한 매우 필요하다.

ii. PMS의 물량을 그대로 사용하는 경우 또한 시스템 내부에서 도면에 의한 자동 약식산정이 이루어지므로, 도면을 이용한 수작업의 경우와 고려사항은 같다.

표 9. 계획단계 업무활동별 체크리스트 및 관리 Data

주요업무	체크리스트	비고
1. 물량산출	<input checked="" type="checkbox"/> 길이(m)단위 파악 <input type="checkbox"/> 정착길이 활중 검토 <input type="checkbox"/> 철근배근상세도(Shop dwg) 적정성 검토 <input type="checkbox"/> 철근배근상세도의 적정성 검토	수작업 및 PMS 물량산출의 경우 BAS를 이용한 물량산출의 경우
2. 자재구매	<input checked="" type="checkbox"/> 총별 소요물량 파악 <input checked="" type="checkbox"/> 부재별 소요물량 파악 <input checked="" type="checkbox"/> 공급업자의 자재수급 및 수용능력 파악 <input checked="" type="checkbox"/> 반입일정 협의	
3. 공사물량 입고요청	<input checked="" type="checkbox"/> 월별 투입량 파악 <input checked="" type="checkbox"/> 공정관리 단위별 투입량 파악 <input checked="" type="checkbox"/> 재고물량 파악	
4. 입고/야적	<input checked="" type="checkbox"/> 자재야적장 위치선정 <input checked="" type="checkbox"/> 자재 규격별 야적계획 <input type="checkbox"/> 간판설치 <input type="checkbox"/> 야적장 정리 (평활도, 바닥비닐, 각목, 보양천막) <input type="checkbox"/> 배수로 설치	
5. 자재검수	<input type="checkbox"/> 시험성적서 검토 <input type="checkbox"/> KS인허증 확인 <input type="checkbox"/> 입고량, 규격, 사양, 포장 등 확인	

■ : 적시생산관리를 위한 분석 Data 항목

iii. BAS를 사용하는 경우에는 현장 철근배근의 상세도면을 작성하므로써 상세도면에 따른 철근의 물량이 자동으로 산정되는 시스템이며, 길이별, 무게별 파악이 자유롭고, 손실율(Loss)을 가장 효율적으로 절감할 수 있는 철근길이의 파악 또한 용이하다. 따라서 작성되는 철근 배근 상세도(Shop dwg)에 대해서 검토가 필요하다.

(2) 자재구매업무

자재구매업무에서는 이 후에 자재 공급업자와의 반입일정 협의를 위해서 현장 공정진행에 따른 소요물량 파악이 필요하며, 총별, 부재별 파악이 필요하다. 또한 공급업자의 자재수급 및 수용 능력 파악 또한 필요하다. 이러한 일련의 과정을 통해 적시에 정량 투입을 유도하는 것이 매우 중요하다.

(3) 공사물량 입고요청업무

일반적으로 입고요청은 월(月)단위로 주문/협의하는 것으로 나타났다. 따라서 월별 자재투입량, 자재가공 소요시간 및 능력, 각 공정관리 단위별 투입량 등의 파악이 필요하다. 또한 현장에서 보유하고 있는 재고물량파악을 하여 주문시 참고할 필요가 있으며, 적정 재고량을 유지하는 것이 필요하다.

(4) 자재입고/야적업무

자재입고 전에 자재야적장 위치 선정, 자재의 규격별 야적 계획이 이루어져 있어야 한다. 철근의 야적장은 평활하게 정지된 바닥에 비닐을 깔고 지면에서 20cm이상 떨어지도록 각목 등을 놓고 규격별로 구분 적재하고 간판을 설치하여 야 하며, 우천에 대비하여 천막지 등으로 덮고, 주변에 배수로를 설치한다.

(5) 자재검수업무

자재검수 시 고려사항은 입고된 자재가 청구서상의 재조건(시험성적서, KS인허증, 자재의 소요량, 규격, 사양, 납기,

포장, 운송 등)과 차이가 있는 지 검토하고, 자재일지 및 시험대장에 기록한다.

이상으로 계획단계(물량계획/자재청구) 프로세스 업무활동별 체크리스트를 정리하면 표 9와 같다.

2) 시공단계(철근가공/조립생산)

(1) 자재입고/야적업무

자재입고 전에 자재야적장 위치 선정, 자재의 규격별 야적 계획이 이루어져 있어야 한다. 철근의 야적장은 평활하게 정지된 바닥에 비닐을 깔고 지면에서 20cm 이상 떨어지도록 각목 등을 놓고 규격별로 구분 적재하고 간판을 설치하여야 하며, 우천에 대비하여 천막지 등으로 덮고, 주변에 배수로를 설치한다.

(2) 자재운반업무

일반적으로 현장 자재관리는 밀어내기식 생산관리의 형태가 강하며, 잦은 이동과 위치변경이 일어나, 자재의 정확한 위치파악이 어려운 문제를 가지고 있다. 따라서 자재의 이동 경로를 파악하고, 각 현장 부위별 지정장소로 야적함으로써 자재의 정확한 관리에 혼선이 빚어지지 않도록 하는 것이 중요하다. 또한 정리되지 않은 자재야적은 이후 불필요한 이동 및 정리 작업을 유발하여, 시간 및 장비, 인원의 낭비를 초래하고 있다.

(3) 철근가공업무

철근가공업무는 현장가공의 경우와 공장가공의 경우의 2가지 유형으로 나뉘며, 공장가공의 경우 현장 시공에 필요한 철근이 가공된 형태로 현장에 입고되어 바로 양중하여 설치할 수 있는 장점이 있다. 반면, 가공후의 철근자재의 부피가 증가하여 운반비용이 증가하며, 입고량을 정확하게 조절하지 않을시 야적공간의 증가를 유발할 수 있다. 또한 수급 지연으로 인한 공정지연 발생가능성을 고려해 공장가공업체와의 원활한 정보공유가 필요하다.

현장가공의 경우 절단길이에 맞는 정확한 가공이 필요하며, 작업자 편의를 위해 가공길이 외의 잔여길이를 절단하지 않고 가공길이 내에 포함시켜 과도한 철근이음 길이로 인한 낭비가 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났다.

또한 현장가공의 경우 가공철근의 경우 부피가 증가하여 야적장의 증가를 초래할 수 있으므로 이후 투입물량을 파악하여 당김식 생산을 하여 적정량을 가공하여 공급하는 것이 매우 중요하다.

따라서 매일중순에서 말경에는 익월 투입물량을 파악하여 가공계획을 미리 수립하여야 한다.

(4) 시공부위별 가공철근 배치업무

철근 현장가공 후 또는 공장가공 철근의 입고 후 가공된 철근은 각 시공부위별 지정 야적장소로 이동하여, 바로 설치가 될 수 있도록 하며, 또한 각 시공부위별 담당자는 철근의 이동 경로를 정확히 파악하여 이후 작업 시 혼선을 일으키지 않도록 하여야 한다.

표 10. 시공단계 업무활동별 체크리스트 및 관리 Data

주요업무	체크리스트	비고
1. 입고/야적	<ul style="list-style-type: none"> 자재야적장 위치선정 자재 규격별 야적계획 간판설치 야적장 정리 (평활도, 바닥비닐, 각목, 보양천막) 배수로 설치 	계획단계 프로세스의 입고/야적과 동일 (프로세스 연결점)
2. 자재운반	<ul style="list-style-type: none"> 이동물량 파악 이동위치 파악(양중가능지역) 이동사유 파악(철근가공, 현장정리) 	
3. 철근가공	<ul style="list-style-type: none"> 익월 설치량 파악(당김식 생산) 익월 투입물량 정보 전달 가공철근 입고일 협의 현장 가공철근 재고 파악 	공장가공
	<ul style="list-style-type: none"> 정확한 가공길이 계산 확인 익월 가공량 및 설치량 파악(당김식 생산) 익월 투입물량 정보 전달(현장가공업자) 익월 가공계획 수립(당김식 생산) 	현장가공
4. 시공부위별 가공철근 배치	<ul style="list-style-type: none"> 시공부위별 야적 위치 지정 시공부위별 야적현황 파악(야적량, 설치량) 간판설치 	
5. 철근조립	<ul style="list-style-type: none"> 설치면 청소상태 확인(이물질 삼입 방지) 이음부 확인(견고한 설치) 도면 및 시방서 비교 확인 철근 조립(시공)량 파악 	
	<ul style="list-style-type: none"> 기동중심선 및 벽체중심선, 각종개구부, 박스위치 확인 기동철근수량, 위치, 이탈여부, 띠철근간격, 배근상태 확인 벽체수직 및 수평철근 간격, 수직철근 이탈여부 확인 벽 교차부 배근, 폭고정근 배근상태 확인 내벽벽 단부 띠기동 띠철근 보강상태 확인 벽체, 기동의 규격 변화부위 배근상태 확인 각종 벽체 개구부 보강근 배근상태 확인 전기, 설비박스, 슬라브 및 배관설치상태 확인 스페이샤 및 타공중 매입철물 설치상태 확인 	기동, 웅벽 철근배근 완료 후
5. 자재검수	<ul style="list-style-type: none"> 슬라브및 각종박스 보강철근 규격및배근 상태 확인 매설물 위치확인 (드레인, 슬라브, 양카철물, 전기/설비박스등) 보및슬라브 철근규격, 배근간격, 이음, 정착상태 확인 스페이샤 설치 및 철근 결속상태 확인 각종박스 보강 및 매설물 위치 확인 기동, 웅벽 철근의 변형방지 시공 상태확인 	보 및 슬라브 철근배근 전
	<ul style="list-style-type: none"> 철근 및 철근 스페이샤 등의 이동 여부 확인 	콘크리트 타설 과정 중
	<ul style="list-style-type: none"> 철근노출 등 상태 확인 	거푸집 제거 후

■ : 적시생산관리를 위한 분석 Data 항목

(5) 철근조립업무

철근조립과정에서는 철근 이음부를 견고히 하여야하며, 철근이 도면과 시방서대로 조립되어 있는지 확인하여야 한다.

(6) 검수업무

검수시점은 기동, 웅벽 철근배근 완료 후와 보 및 슬라브 철근배근 완료 후에 하며, 콘크리트 타설 과정 중이나 거푸집 제거 후에도 철근의 이동 및 노출 등의 상태를 확인하여야 한다.

이상으로 시공단계(철근가공/조립생산) 프로세스 업무활동별 체크리스트를 정리하면 표 10과 같다.

4. 철근공사 적시생산관리 시스템

적시생산 관리모델을 철근공사를 중심으로 적용하여 철근공사에 적합한 적시생산 관리시스템 모델을 제시하였다.

4.1 철근공사 적시생산 관리요소

철근공사의 생산업무는 크게 계획단계(물량계획/자재청구)와 시공단계(철근가공/조립생산)로 분류하였으며, 이는 구매계획과 시공관리를 분리하여 체계적인 관리가 가능하게 하기 위해서이다.

표 11. 철근공사 계획단계 적시생산관리요소 분석

업무	ID	업무유형	ID	세부업무	후속 작업	담당자	투입자원						
							소요시간	인력	자재	장비	작업 공간		
물량산출 및 청구 (계획단계)	110	BAS	P1-1	Shop DWG 및 물량추출	P4	공사	8d 5h	2					
			P4	BA확인	P5	관리/공무	1.5h	1					
			P5	업체신청	P6	본사구매담당	8d 5h						
			P6	자재구매결재	P7	본사구매담당							
			P7	월별시공물량피와	P8	공사	1h	1					
			P8	입고지시	P9	공사관리	1h	1					
			P9	입고	P10	공급사	1h	1			1		
			P10	이력	P11, C1	관리	8d 5h	2			1	●	
			P11	협력업체 인수인계	P12	공사관리	2h	2					
			P12	시제검수	P13	공사관리/품질	2h	2					
			P13	입고서작성	관리	관리	1h	1					
						총 세부작업수	11회	총 소요일수	26d 0.5h	13		2	1
			120	PMS	P1	Shop DWG 작성	P2	공사	7d 5h	2			
	P2	철근/공도 작성			P3	공사	1h	1					
	P3	총량부위별 물량산출			P4	공사	1h	1					
	P4	BA확인			P5	관리/공무	3.5h	1					
	P5	업체신청			P6	본사구매담당	12d 5h						
	P6	자재구매결재			P7	본사구매담당							
	P7	월별시공물량피와			P8	공사	1h	1					
	P8	입고지시			P9	공사관리	1h	1					
	P9	입고			P10	공급사	1h	1			1		
	P10	이력			P11, C1	관리	7d	2			1	●	
	P11	협력업체 인수인계			P12	공사관리	2h	2					
	P12	시제검수			P13	공사관리/품질	2.5h	2					
	P13	입고서작성			관리	관리	1h	1					
				총 세부작업수	13회	총 소요일수	28d	15		2	1		
	130	도면	P1	Shop DWG 작성	P2	공사	35d	2					
			P2	철근/공도 작성	P3	공사	1h	1					
			P3	총량부위별 물량산출	P4	공사	1h	1					
			P4	BA확인	P5	관리/공무	1d	1					
			P5	업체신청	P6	공사	8d 5h						
			P6	자재구매결재	P7	본사구매담당							
			P7	월별시공물량피와	P8	공사	0.5h	1					
			P8	입고지시	P9	공사관리	1h	1					
			P9	입고	P10	공급사	1h	1			1		
			P10	이력	P11, C1	관리	8d 5h	2			1	●	
P11			협력업체 인수인계	P12	공사관리	2h	2						
P12			시제검수	P13	공사관리/품질	1.5h	2						
P13			입고서작성	관리	관리	1h	1						
			총 세부작업수	13회	총 소요일수	53d 3h	15		2	1			

생산업무는 다시 세부업무로 구성되는데 이는 해당공사의 프로세스를 구성하는 최소단위이다. 이러한 세부업무는 1) 업무도구(Work Tools), 2) 공법(Work Methods), 3) 자원의 종류(Resource Types), 4) 사용장비(Equipments), 5) 계약유형(Contract Types) 등에 따라 그 작업흐름(Work-flow)이 바뀌게 되며, 철근공사 계획단계(물량계획/자재 청구)에서는 물량산출 도구에 따라 변화하는 것으로 나타났다.

표 12. 철근공사 시공단계 적시생산관리요소 분석

업무	ID	업무유형	ID	세부업무	후속 작업	담당자	투입자원							
							소요시간	인력	자재	장비	작업 공간			
철근가공 및 시공 (시공단계)	210	공차/공	C1	자재이력작성	C3	관리	7d 5h	2		1	●			
			C2	협력업체 인수인계	C3, P11	시공협력사	2.5h	2						
			C3	부위별철근배치	C7	시공협력사	2.5h	1		1	●			
			C7	인출	C9	공사	2d	1		1	●			
			C8	철근조립(1개층 기준)	C9	시공협력사	2d	16			●			
			C9	검수 및 완료	C10	발주처/공사	2h	2						
			C10	기성인력	C11	공사	1h	1						
			C11	총고인력	공사	공사	1h	1						
						총 세부작업수	8회	총 소요일수	10d 0.5h	26		1	3	2
			220	현장/공	C1	자재이력작성	C2	관리	12d 5h	2		1	●	
					C2	협력업체 인수인계	C3, P11	시공협력사	2.5h	2				
	C3	자재운반			C4	시공협력사	2.5h	1		1				
	C4	철근가공(1개층 기준)			C5	시공협력사	2d 5h	4		1	●			
	C5	철근진행차리			C8	시공협력사	1h	1						
	C6	부위별철근배치			C7	시공협력사	1h	1		1	●			
	C7	인출			C9	공사	2d	1		1	●			
	C8	철근조립(2개층 기준)			C9	시공협력사	2d	16			●			
	C9	검수 및 완료			C10	발주처/공사	1.5h	2						
	C10	기성인력			C11	공사	1h	1						
	C11	총고인력			공사	공사	1h	1						
				총 세부작업수	11회	총 소요일수	15d 8h	32		1	5	3		

따라서 철근공사 계획단계(물량계획/자재 청구)에서 세부업무 결정요인은 물량산출방법의 유형에 따른 프로세스 성능을 표 11과 같이 분석을 하였다.
철근공사 시공단계(철근가공/조립생산)에서는 철근의 가공

유형에 따라 세부업무의 작업흐름(Work-flow)이 변하는 것으로 나타났다.

따라서 철근공사 시공단계(철근가공/조립생산)에서 세부업무 결정요인은 철근가공 유형으로 1) 공장가공, 2) 현장가공의 2가지 유형에 따라 세부업무 프로세스를 작성하였으며, 각 유형에 따른 프로세스 성능을 표 12와 같이 분석을 하였다.

4.2 적시생산 관리 모델

1) 프로세스 선택

공정계획에 대하여 정확한 투입물량 시점을 파악하고, 적시생산관리를 위해서 단위 Activity의 세부 업무활동을 표현한 정확한 프로세스를 수립하여야 한다. 따라서 현장의 조건에 프로세스를 변하게 하는 프로세스 결정요인을 파악하였으며, 철근공사의 계획단계에서는 물량산출방법에 의해 프로세스를 결정하고, 시공단계에서는 철근가공법에 의해 프로세스를 결정하였다. 따라서 현장의 조건에 맞게 선정된 프로세스는 철근공사 공정계획과 맞물려 정확한 시점별 투입물량 정보를 산출하는 데 기초가 된다.

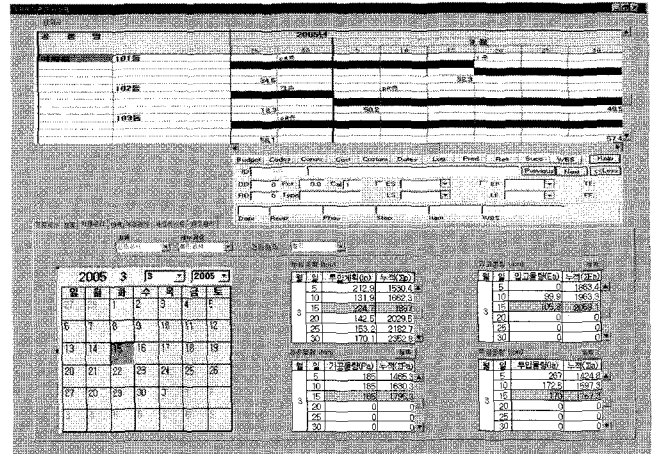


그림 2. 철근공사 자재관리 화면

2) 자재 관리

프로세스 결정 모델에서 선정된 프로세스와 공정계획에 의해 얻어진 투입계획(Ip)물량 정보는 자재관리의 기초 데이터가 되며, 이를 바탕으로 철근입고, 가공, 시공의 정보를 파악함으로써 현장 내에 철근물량의 위치정보를 파악할 수 있는 기본 정보가 된다. 또한 파악된 입고물량(Ea), 가공물량(Pa), 투입(시공)물량(Ia)의 정보는 이후 재고파악을 위한 기본 정보가 된다. 그림 2는 위에서 설명한 투입계획(Ip), 입고물량(Ea), 가공물량(Pa), 투입(시공)물량(Ia)의 관리 시스템 모델을 나타낸 것이다. 공정표와 프로세스에 의해 산출되는 투입계획(Ip)물량 정보를 제외하고 입고물량(Ea), 가공물량(Pa), 투입(시공)물량(Ia)의 정보는 현장에서 실시된 물량에 대해서 담당자가 등록을 한다. 입고물량(Ea)의 등록 정보는 품목, 입고일, 입고시간, 공급업체, 야적장, 입고물량의 시공장소, 철근종류별 물량 파악의 정보를 등록하며, 그림 3과 같다.

가공물량(Pa)의 등록 정보는 가공일, 가공장, 협력업체명, 가공물량의 시공부위에 대한 작업내용, 총작업시간, 작업투입인

원, 당일 작업계획량, 실 작업량의 정보를 등록하며, 그림 4와 같다. 투입물량(Ia)의 등록 정보는 투입(시공)일, 협력업체, 투입(시공)위치별 물량의 정보를 등록하며, 그림 5와 같다.

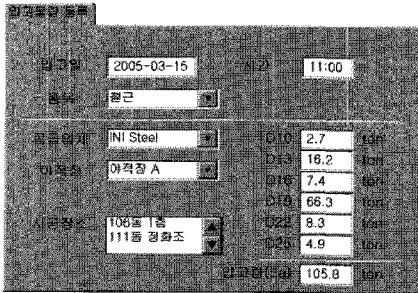


그림 3. 자재관리 입고물량 등록 화면

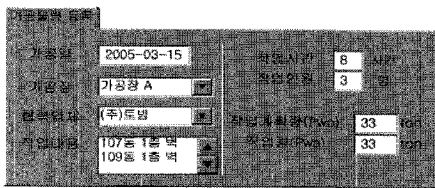


그림 4. 자재관리 가공물량 등록 화면

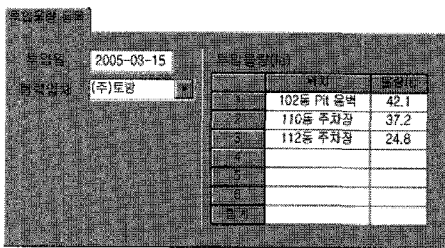


그림 5. 자재관리 투입(시공)물량 등록 화면

3) 야적 및 이동관리

철근이 입고된 후 야적과 이동의 관리는 자재관리에서의 관리항목과 더불어 현장에 투입되어 있는 철근물량의 위치파악을 위한 정보가 되며, 장기야적과, 과이동으로 인한 불필요한 낭비를 파악하고 조절하는데 필요한 정보를 제공한다.

야적장의 위치 선정은 입고시 운반장비의 접근이 용이한 곳에 선정하며, 그 외에는 가공장 주변으로 선정하여 최소의 이동이 가능하도록 한다.

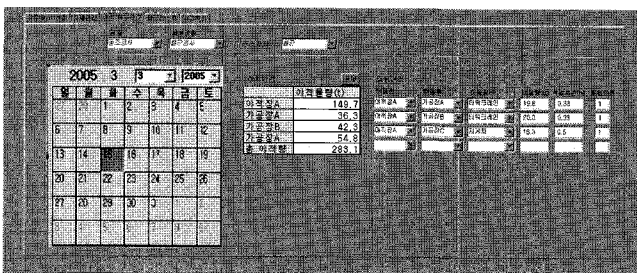


그림 6. 철근공사 야적 및 입고관리 화면

선정된 야적장별 철근야적량의 정보를 파악하고, 철근 운반시 운반물량과 출고지, 도착지의 정보를 파악함으로써 철근자

재의 이동경로 및 야적에 의한 낭비의 효율적인 관리를 할 수 있도록 한다. 또한 작성된 야적 및 이동 정보는 이후 재고관리 시 파악된 재고량과 비교함으로써 정확한 재고관리를 할 수 있는 기초자료로 사용한다.

그림 6은 야적 및 위치관리를 위한 등록 화면이다.

4) 체크리스트관리

철근공사 프로세스에 의해 세부업무별 체크리스트 관리를 함으로서 관리자의 부주의로 업무가 누락되는 것을 방지하며, 계획대비 지연의 요인을 파악할 수 있게 한다.

체크리스트는 공정계획에 대한 프로세스 세부 업무에 의해 제공되며, 그림 7과 같다.

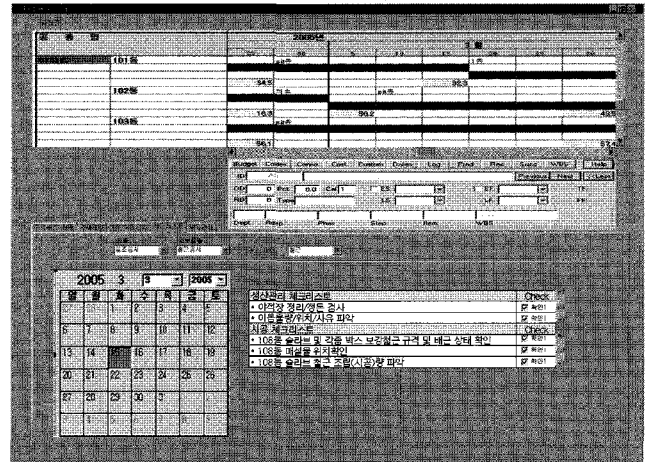


그림 7. 철근공사 체크리스트관리 화면

5) 재고관리

정확한 재고관리는 건축 적시생산과정에서 발생하는 자재의 낭비와 과구매로 인해 발생하는 불필요한 금융비용을 절감할 수 있게 하며, 이후 자재구매시 적정구매량을 파악하기 위한 자료로 사용되어 진다.

적시생산을 위해서는 정확한 재고물량을 파악하는 것이 매우 중요하다.

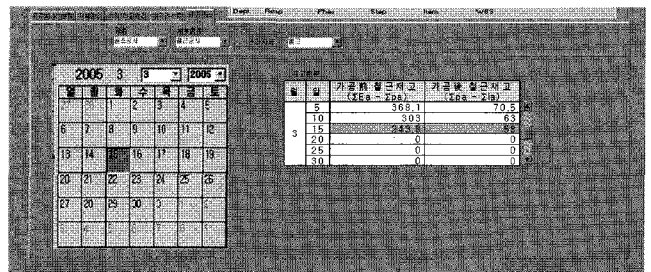


그림 8. 철근공사 재고관리 화면

이 시스템에서는 그림 8과 같이 재고파악을 가공前철근 재고량과, 가공後철근 재고량을 구별하여 파악하였다.

이는 가공前철근에 비해 가공後철근의 부피가 커지며, 야적기간이 길어질수록 야적효율 및 불필요한 이동발생시 가공前철근보다 더 큰 낭비를 초래하게 되므로 적정가공량을 유지하는 것이 중요하여 분리하여 파악하였다.

재고량 파악 산식은 다음과 같다.

가공前재고량=입고물량누적($\sum I_a$)-가공물량 누적($\sum Pa$)

가공後재고량=가공물량누적($\sum Pa$)-투입(시공)물량누적($\sum Ia$)

이상의 전체 시스템은 다음 플로우차트의 과정에 의해 구동되며 그림 9와 같다.

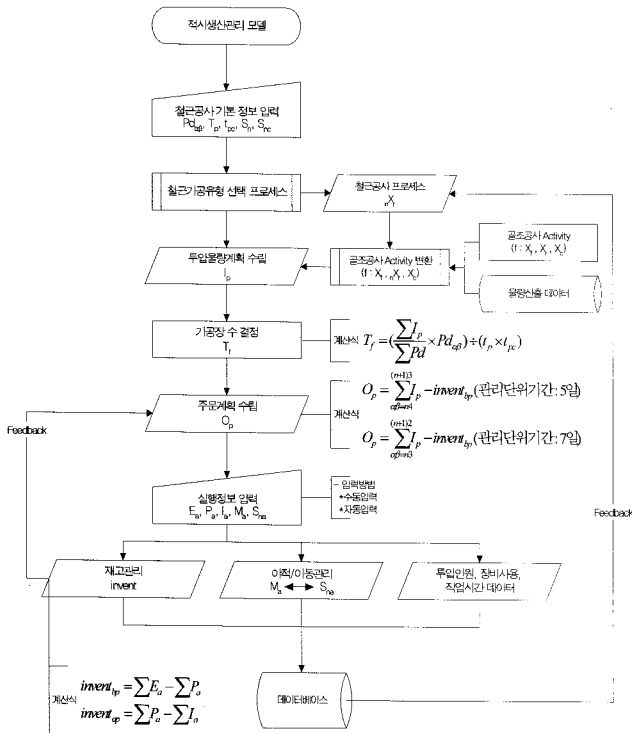


그림 9. 철근공사 적시생산 관리 모델(Prototype)

4.3 사례현장 적용

철근공사에 적시생산관리 모델 적용의 경제성 검토를 위해 공동주택 건설현장을 선정하여 적시생산 관리요소에 의해 철근 구매에서 조립(시공)까지 과정을 측정/조사하였으며, 조사된 자료(Data)를 중심으로 철근 재고 관리 및 구매관리 활동을 하였다.

경제성 평가를 위해서 타 현장의 구매현황 및 현장별 재고 파악을 통해 발생하는 금융비용 및 그 외 낭비요인을 분석하여 평가하였다.

1) 현장개요

사례현장은 공동주택 건설현장으로 2004년 10월 착공하여 2006년 9월에 준공일이 계획되어 있으며, 지하1층, 지상 17층의 공동주택 9등으로 구성되어 있으며, 자세한 현장개요는 다음 표 13과 같다.

적시생산관리 모델 관리형식을 이용하여 관리를 시작한 시점은 공동주택 기초 철근 투입시점부터 관리하였으며, 2005년 1월 10일 이후 최초 철근 반입에서부터 야적, 이동, 가공, 조립(시공)의 과정을 측정하였다.

2) 적용 및 분석

사례현장에 철근공사 적시생산 관리 시스템 모델을 적용하여 관리하여 모델의 적정성을 검토하고 적용에 따른 경제성 분석을 위해 다음과 같은 순서에 의해서 적용·관리 하였다.

관 종 명	1월			2005년												4월							
	20	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30		
101동																							
102동						12.1		34.5							32.3								26.8
103동							18.3			50.2						49.5							
104동							22.9		56.1							57.4							
105동	15.6		39.8																				
106동							23		59.1														
107동																							
108동							22.8		58.4							55.3							46.9
109동							15.6		40.5														31.7
110동							15.5		39.8							37.2							31.7
111동(정좌조)																							
112동							134.3		105.6							35.9							
113동																							
114동							146.9		116.7							36.7							
118동(기.전)																							
							79.3		89.3							45.4							23.4

그림 10. 공정에 따른 철근물량 투입계획 분석

표 13. 적용 사례현장 개요

구분	내용	비고	
대지면적	47,386㎡	금융이자 복리 6%	
연면적	지상층		77,248㎡
	지하층		12,485㎡
	계		89,733㎡
용적율	163%		
건폐율	14.15%		
건축개요	지하1층, 지상 17층- 9개동 (25평형-147세대, 33평형- 572세대) 부대 복리시설		
착공일	2004년 10월		
준공예정일	2006년 9월		

(1) 산출물량 분석

산출물량 분석은 각 해당동의 건축기사가 본인이 관리해야 할 물량을 정확하게 파악하고 그에 따라 추후 공정에 따른 주문물량 파악 시 기준이 될 수 있도록 각 동별 기사별 정보공유가 매우 중요하다.

따라서 적시생산 관리를 위해서는 정확한 물량파악에 앞서 현장 기사 간에 원활한 의사소통이 선행되어야 한다.

PMS에서 산출물량 정보는 층별, 부재층별, 부재별, 평형별로 구분되어 제공되어 지며, 이에 따른 공정계획별로 물량을 분배하여 파악하는 것은 공정관리와 적시생산관리의 연계에 있어 가장 기본이 된다.

(2) 공정계획에 따른 물량 계획 수립

주문을 위한 후속 공정의 파악의 경우 골조공사에서 철근조립 후 콘크리트 타설 후 양생기간에 맞추어 후속작업에 필요한 자재의 투입시점을 선정하며, 본 사례현장의 경우 골조공사 기간이 여름기간과 맞물려 한개 층 골조 양생기간이 10일로 되어 있으며 공정표관리의 단위기간이 5일 간격으로 되어 있다. 따라서 공정표에서 5일 간격으로 엑티비티별로 투입되는 철근물량을 분배하였으며 그림 10과 같다.

(3) 야적장 및 가공장 계획수립

표 14. 사례현장 철근공사 작업능력

야적능력	개수 4곳 (가공장별 간이야적장 3곳 포함)	면적	저장능력					
			500t					
가공능력	가공장 수	가공인원	인당가공능력			일일(一日)가공능력		
			최소	평균	최대	최소	평균	최대
	1	2명	4t	6t	8t	8t	12t	16t
관리단위기간별(5일) 가공능력			20t	50t	40t	40t	60t	80t

현장에서 야적장의 위치선정에 있어서 가장 중요한 요소는 이동의 용이성이다. 크레인을 사용한 이동이 가능한 지역의 경우 장비사용으로 인한 비용을 절감할 수 있으며, 장비를 사용하여 이동할 경우 크레인에 비해 파손율이 높아 낭비를 초래하게 된다. 가공장 계획 수립을 위해서는 현장에서 가동할 가공장 수를 선정하고 관리단위기간별 평균 가공능력을 파악하여, 이를 기준으로 철근이 투입되는 공사기간동안의 가공계획을 수립한다. 가공장 수의 계산은 공정에 따른 물량 분배후 작성된 관리단위기간별 평균투입물량 대비 현장 가공장 능력의 비교를 통해 산정한다.

사례현장의 철근공사 작업능력은 표 14와 같고, 평균 투입물량은 146.8톤으로 그림 11과 같다.

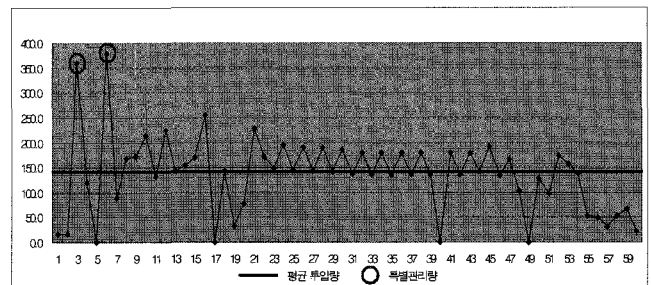


그림 11. 철근투입계획에 따른 평균투입량 및 특별관리량

표 15. 적시생산 관리 적용을 통한 사례현장 철근공사 분석 및 관리

일정 내용	2005년																							
	1월					2월					3월					4월								
	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30	
투입계획 물량 (Ip)			15.6	15.6	359.3	119.8	0.0	378.5	89.3	168.0	171.4	212.9	131.9	224.7	142.5	153.2	170.1	255.6	0.0	143.6	131.7	178.6	227.3	
투입계획물량 누적 (ΣIp)			15.6	31.2	390.5	510.3	510.3	888.8	978.1	1,146.1	1,317.5	1,530.4	1,662.3	1,887.0	2,029.5	2,182.7	2,352.8	2,608.4	2,608.4	2,752.0	2,883.7	3,062.3	3,289.6	
원별주문계획 (Op)			888.8					998.2					865.0					727.3						
월별주문계획물량 누적 (ΣOp)			888.8					1,887.0					2,752.0					3,479.3						
입고물량 (Ea)	55.3	152.8	233.2	79.7	283.0	77.5	0.0	503.8	91.6	386.5	0.0	99.9	105.8	189.3	106.8	95.7	199.3	131.0	156.6	77.2	79.3	130.0	135.0	
입고누적 (ΣEa)	55.3	208.1	441.3	521.0	804.0	881.5	881.5	1,385.3	1,476.9	1,863.4	1,863.4	1,963.3	2,069.1	2,258.4	2,365.2	2,460.9	2,660.2	2,791.2	2,947.8	3,025.0	3,104.3	3,234.3	3,369.3	
가공물량 (Pa)	55.3	150.0	150.0	150.0	165.0	165.0	0.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	150.0	150.0	165.0	165.0	150.0	85.0	75.0	150.0	150.0	150.0	
가공물량 누적 (ΣPa)	55.3	205.3	355.3	505.3	670.3	835.3	835.3	1,000.3	1,165.3	1,330.3	1,495.3	1,660.3	1,825.3	1,975.3	2,125.3	2,290.3	2,455.3	2,605.3	2,690.3	2,765.3	2,915.3	3,065.3	3,215.3	
실투입물량 (Ia)			30.5	52.5	348.0	180.0	0.0	346.5	147.3	53.0	267.0	172.5	170.0	121.5	204.0	151.5	130.8	215.8	45.0	65.4	121.5	143.5	138.5	
실투입물량 누적 (ΣIa)			30.5	83.0	431.0	611.0	611.0	957.5	1,104.8	1,157.8	1,424.8	1,597.3	1,767.3	1,888.8	2,092.8	2,244.3	2,375.1	2,590.9	2,635.9	2,701.3	2,822.8	2,966.3	3,104.8	
입고누적-가공물량누적 가공前 철근재고	0.0	2.8	86.0	15.7	133.7	46.2	46.2	385.0	311.6	533.1	368.1	303.0	243.8	283.1	239.9	170.6	204.9	185.9	257.5	259.7	189.0	169.0	154.0	
가공물량누적-실투입누적 가공後 철근재고	55.3	205.3	324.8	422.3	239.3	224.3	224.3	42.8	60.5	172.5	70.5	63.0	58.0	86.5	32.5	46.0	80.2	14.4	54.4	64.0	92.5	99.0	110.5	
철근 규격별 주문량	D10	23.7	59.1	0.0	0.0	9.4	0.0	0.0	121.3	29.2	131.9	0.0	8.9	2.7	43.8	62.5	8.5	45.1	29.7	35.5	6.9	18.4	29.4	12.0
	D13	15.5	38.2	0.0	0.0	56.7	0.0	0.0	246.5	19.6	109.1	0.0	53.4	16.2	92.5	37.3	51.2	97.1	63.8	76.3	41.3	38.7	63.3	72.2
	D16	0.7	1.8	3.4	1.0	24.9	1.0	0.0	78.3	1.4	17.0	0.0	21.5	7.4	30.3	2.6	20.6	31.8	20.9	25.0	16.6	12.7	20.8	29.0
	D19	15.4	53.7	246.7	70.0	155.5	68.0	0.0	0.4	41.3	102.7	0.0	0.0	66.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	D22	0.0	0.0	30.9	8.7	19.5	8.5	0.0	0.3	0.1	18.5	0.0	0.0	8.3	1.1	4.4	0.0	2.4	1.6	1.9	0.0	0.5	1.6	0.0
	D25	0.0	0.0	0.0	0.0	17.1	0.0	0.0	57.0	0.0	7.3	0.0	16.1	4.9	21.6	0.0	15.4	22.9	15.0	18.0	12.4	9.0	14.9	21.7

따라서 가공장 수는 아래의 식에 의해 산정한 결과 가공장 3곳을 운영하는 것으로 하였다.

가공장 수=평균투입물량(146.8ton)÷평균가공능력(60ton)=2.46
소수점이하 무조건 올림으로 가공장수 = 3개

가공장 수를 선정한 후에는 현장 가공장 3곳의 관리단위기간(5일) 기준으로 평균 가공 능력이 180톤이며, 평균투입물량이 146.8톤이므로 평균하향으로 150톤을 기준으로 가공계획을 수립하였으며, 투입대비 가공계획의 비교를 통해 투입오류 발생 부분에 대해서 조정을 하여 최종가공계획을 작성하였다.

(4) 물량주문계획 수립

주문계획은 현장에서 발생할 수 있는 여러 가지 상황에 대처할 수 있는 융통성이 필요하므로 월단위로 계획하며, 관리단위기간별로는 현장재고 및 가공물량 파악을 통해 매월 계획 관리한다. 매월 주문량 선정은 현재 일반현장의 적정 재고량이 1개월간의 물량으로 잡고 있으나, 그에 따른 금융비용의 절감을 위해 0.5개월 물량을 적정 재고량으로 선정하여 관리하며, 매월 주문량 선정은 다음과 같다.

관리단위기간이 7일인 경우 : 해당월 3째주부터 익월 2째주까지의 투입물량

관리단위기간이 5일인 경우 : 해당월 16일부터 익월 15일까지의 투입물량

이상으로 계획된 주문계획 정보는 공급업자와 공유하여 관리하며, 매월 수시주문이 가능하도록 협의한다.

철근공사의 당김식 생산의 중심에 있는 것이 가공단계이며, 현장의 가공 능력을 파악하고 가공된 철근의 수량을 파악하여, 후작업에서 필요한 가공량 및 선가공기간을 선정할 때 기준으로 삼는다.

이것은 철근의 가공량이 많을 경우 철근의 부피가 커져 야적량이 증가하여 공간활용에 어려움이 있고, 잦은 이동을 유발하게 되어 불필요한 장비의 사용을 초래하게 되므로 현장가공시 철근 가공 계획 수립도 매우 중요한 요소로 나타나고 있다.

이상의 투입계획에서 가공계획 및 관리를 통해서 적시생산 활동의 효율을 높일 수 있으며, 지속적인 현황 파악과 관리가 요구된다. 표 15는 적시생산 관리 적용을 통한 사례현장 분석 및 관리 내용이다.

3) 평가

사례현장의 적시생산 관리의 경제성을 평가하기 위해 기존의 규모가 비스한 현장 2곳을 선정하여 현장개요, 철근투입량, 야적현황, 평균재고량을 파악하여 사례현장과 비교분석하였다.

비교를 위한 기존현장 2곳 모두 현장에서 철근 가공을 하고 있으며, PMS의 물량을 그대로 사용하는 현장으로 선정하였다.

사례현장의 철근공사에서 적시생산 관리 시스템 모델에 의한 관리를 한 결과 자재의 운반 빈도와 야적 공간의 활용, 재고관리를 통한 비용절감을 통해 타 현장에 비해 효율적인 현장관리가 가능한 것으로 나타났으며, 사례현장의 성과는 표 16과 같다. 기존 현장의 경우 입고된 철근량의 약 13%정도가 계획된 야적장 외에 야적되는 것으로 나타났으며, 적시생산 관리를 적

용한 사례현장의 경우 계획된 야적공간을 여유롭게 사용할 수 있었으며, 가공을 위해 임시 야적한 철근 약 2%만 야적장 외에 야적되었다.

월평균 철근 이동 횟수는 비슷했으나, 운반에 소요되는 시간은 월 평균 21시간 정도 소요되어 개선사례현장의 9시간에 비해 많은 시간이 소요되고 있는 것으로 나타났다. 운반에 소요되는 시간의 산정은 월 평균 철근 이동에 의한 장비사용 비용을 시간당 비용으로 나누어 산출하였다.

재고율 비교에서는 기존현장의 경우 평균 840t정도의 철근 재고율을 가지고 있었으며, 최고 1300t까지 재고를 보유한 적도 있는 것으로 나타났다. 사례현장의 경우에는 평균 222t의 재고율을 보였으며, 재고량이 가장 많았을 때의 양이 약 533t으로 나타났다. 과도한 재고량은 적시생산과정에서 야적공간 활용에 어려움과 잦은 이동을 유발하여 낭비를 일으키는 요인이 되고 있으며, 과도한 재고보유로 인한 금융비용 발생도 상당히 큰 것으로 나타나고 있다.

표 16. 사례현장의 경제성 평가

현장	개선전(타현장)		개선후(사례현장)	절감효율
	A현장	B현장		
대지면적	16,152㎡	27,459㎡	47,386㎡	
연면적	52,615㎡	110,610㎡	179,466㎡	
철근 총투입량	3089ton	4966ton	6953ton	
야적장	392.47㎡	412.53㎡	465.14㎡	465.14㎡
야적장의 야적율	12%	14%	2%	초과 야적율 2%
철근이동으로 인한 평균 장비사용시간	17시간/월	25시간/월	9시간/월	이동율 57% 감소
재고관리	최소	평균	최대	재고율
	500t	800t	1100t	
	640t	880t	1300t	222t
	46t	533t		56% 감소

5. 결 론

건설 시공과정의 특성상 투입되는 재료가 현장 외부에서 생산되어 발주, 주문, 생산, 반입, 현장설치의 과정을 거치며, 이 과정에서 발생하는 정보는 각각 분산되어 현장 내·외부의 업무수행에 영향을 끼치게 된다.

건설 단위작업에서 외부발주부터 현장설치까지의 프로세스 흐름은 현장의 조건 및 상황에 따라 그 흐름이 달라질 수 있다.

이러한 현장별 단위작업의 프로세스 변화는 적시생산을 위한 일관성 있는 정보흐름 및 운송/설치 정보의 관리를 어렵게 하며, 각 정보가 해당 담당자별 또는 현장별로 관리되어 정보의 공유를 어렵게 한다. 따라서 현장에서 발생할 수 있는 기본적인 현장조건에 따라 달라지는 각각의 프로세스를 정의하고 정의된 프로세스에 의해 정보관리가 될 수 있는 관리시스템이 필요하다.

이 연구에서는 현장에 맞는 정확한 프로세스 파악과 정확한 투입물량 분석 및 정보공유를 바탕으로 구매에서 시공까지 투입되는 자원을 효율적으로 운영하고 관리할 수 있는 적시생산 관리시스템 모델을 구축하는데 그 목적이 있다.

적시생산관리 시스템의 관리범위는 프로세스관리, 자재관리, 야적 및 이동관리, 재고관리이며, 각 관리항목의 운영을 위해 다음과 같은 조건이 바탕이 되어야 한다.

- 1) 프로세스 관리를 위해서 현장현황에 따라 프로세스를 변하게 하는 요인을 파악하고 파악된 요인별로 프로세스를 정의하여 현장에 적용하며, 이를 통해서 현장현황에 맞는 정확한 프로세스를 구축한다.
- 2) 자재관리를 위해서 입고, 투입물량 외에 가공물량 정보를 정확하게 파악하여야 하며, 현장기사는 정확한 물량정보를 파악하여 정확한 물량관리와 정보공유가 가능하게 한다.
- 3) 야적 및 이동관리를 위해서 과야적량 및 이동, 장비사용 빈도를 측정하여 관리효율의 검토를 한다.
- 4) 재고관리를 위해서 가공前물량만을 관리하는 것이 아니라 가공後물량 및 투입물량을 정확하게 파악하여 정확한 재고정보를 구축한다.(철근공사) 이를 통해서 주문계획의 기초자료로 활용한다.
- 5) 체크리스트 관리를 위해서 관리단위기간별로 진행되는 공정에 맞는 체크리스트를 측정하여 보고하여 관리상에 누락되는 업무가 없이 객관적인 통제가 가능하게 한다.
조사·분석을 통해 도출된 내용과, 앞서 제시한 적시생산관리 기본 모델을 바탕으로 철근공사 적시생산관리 모델을 제시하였으며, 제시한 철근공사 적시생산관리 모델의 적정성 평가를 위해 타 현장의 정보와 벤치마킹 하여 경제성 평가를 통해 모델의 적정성을 검증하였으며, ① 철근야적의 효율성, ② 철근의 장비사용에 의한 이동 빈도 감소, ③ 재고율 감소의 효과가 있는 것으로 나타나 제시된 생산관리 모델이 철근공사의 효율적인 관리에 효과가 있는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 김찬현, 김창덕 (2001), “건설 원리에 기초한 건설 생산 공정 분석 모델에 관한 연구”, 한국건설관리학회논문집.
2. 신봉수, 김창덕, 서상욱 외 2인 (2002), “건설공사의 적시생산(JIT)을 위한 양중시스템 개발”, 한국건설관리학회논문집
3. 장대성 (1995). “적시생산의 정의와 그 시행방법 및 효과에 관한 고찰”, 산업연구집.
4. 조훈희 (1997), “국내 철근공사의 작업분석에 관한 연구”, 고려대학교, 석사학위논문.
5. Bartezzaghi, E. & Turco, F. (1989), “The Impact of Just-In-Time on Production System Performance : An Analytical framework”, International Journal of Operations and Production Management.
6. Choo, H. J. & Tommelein, I. D. (1999), “Space Scheduling Using Flow Analysis.”, Proceedings 7th Conference of the International Group for Lean Construction, University of California at Berkeley. pp. 299-312
7. Ebrahimpour & Schonberger (1984), “The Japanese Just-In-Time/Total Quality Control Production System: Potential for Developing Countries”, International Journal of Production Research.
8. Mayer, R.R. (1984), “A Critical Look at Kanban, Japan's Just-In-Time Inventory System”, Management Review.