

건설공사 적시생산(Just-In-Time)을 위한 조달시스템 개발

- 콘크리트 타설 공사를 중심으로 -

Development of the procurement system for Just-in-Time Building Construction

신 봉 수* · 김 창 덕**

Shin, Bong-Soo · Kim, Chang-Duk

요 약

도심지의 대형 공사를 그것도 짧은 공기 내에 수행함에 있어 가장 중요한 과제로 부각되는 것은 건설 주요 자원의 효율적인 관리이다. 즉 자재, 인원, 장비 등의 적기적소 조달이 주요 관리 항목이 되고 있다. 또한, 자원의 적기적소 조달을 위한 생산 단계별 생산주체간의 효율적인 정보의 교환은 성공적인 공사 수행에 절대적인 영향을 끼치게 된다. 따라서 이러한 정보를 효율적으로 관리하여 주요 자원을 조달, 운반, 양중, 적치, 설치 각 단계별로 관리할 수 있도록 하는 주요 자원 관리 시스템의 개발이 필수적이다. 본 연구에서는 자동차 제조 산업 등 타 산업분야에서 성공적으로 사용된 적시생산의 기본적인 원리와 정보전달기법, 즉 간판(看板)시스템의 기본개념을 응용하여 건설프로젝트 자원정보관리시스템을 개발하였다. 또한, 이 시스템을 콘크리트 타설 공사에 적용하였다. 현장의 콘크리트 공사 흐름을 분석한 후, 가치흐름맵핑(VSM)을 통해 정보 관리 개선 후 개선모델(FSM)을 제시하고, 이를 실제 초고층주상복합 건물현장의 자원정보관리에 적용하였다. 또한 현장 적용시 도출된 적용성 등 문제점을 보완하여, 시스템의 추후 사용성을 제고하였다.

키워드 : 적시생산(JIT), 조달관리, 린건설, 간판시스템, 간판시스템

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

도심지의 대형 공사를 그것도 짧은 공기 내에 수행함에 있어 가장 중요한 과제로 부각되는 것은 건설 주요 자원의 효율적인 관리이다. 즉 자재, 인원, 장비 등의 적기적소 조달이 주요 관리 항목이 되고 있다. 또한, 도심지 건설공사의 특성상 적치·제작·조립 등 가설공간(staging area)이 부족하게 되는데, 이를 해결하기 위한 방법으로 사전 공장 조립이 가능한 자재를 가급적 프리패브 유니트(unit)로 처리하여 입고와 동시에 양중하고 신속하게 설치 완료함으로써 가설 공간 부족으로 인한 문제점을 해결할 수 있으며 이러한 대표적 예로서 커튼월 유니트 시스템이나 PFP(PreFabricated Pipe Unit) 등을 들 수 있다. 이와 같은 대안을 찾기 위해서는 각 공종별 주요 작업 수행에 필요한 주요 자원에 대한 조달, 운반, 양중, 적치, 설치 각 단계별로 작업 흐름(work flow) 모델이 필요하게 된다. 작업흐름의 각 단계에

서 발생하는 정보의 전달은 설계와 시공을 거쳐 전문 건설사에 이르기까지 많은 시간이 걸리고, 정보 흐름의 속도는 공기에 절대적인 영향을 끼치게 된다. 따라서 이러한 정보는 체계적으로 수집하여 조달, 운반, 양중, 적치의 각 단계에 적시에 도달할 수 있도록 정보를 제공하는 시스템의 개발이 필수적이다.

따라서 본 연구는 이러한 건설현장의 특수성을 고려하여 건설 현장에 적합한 적시생산 모델을 개발하고 이를 조달단계에 적용하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 적시생산방식의 개념과 기법을 응용하여 자원 조달시스템을 개발하였다. 인풋과 아웃풋의 관계로만 평가되던 종래의 시스템은 적기에 적절한 정보를 가져오기 어렵고 그에 따라 많은 낭비를 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 기존의 변환(transformation)의 개념에 흐름(flow)과 가치(value)를 병행하여 고려하였다.

모든 자원에 대한 전 과정에서의 관리가 중요하지만, 이중 조달 단계는 공장-현장간의 의사소통체계가 단순하고 그 적용효과의 측정이 용이하므로 본 연구에서는 우선 조달단계를 분석하였다.

* 정회원, 동부건설 건축사업부, 공학석사

** 종신회원, 광운대학교 건축공학과 교수, 공학박사

본 연구는 2003년도 광운대학교 교내연구비 지원에 의한 연구의 일부임.

특히 콘크리트공사는 전체공사의 성패를 좌우하는 골조공사의 주 공정으로 개선헌 전체 프로젝트에 미칠 영향은 매우 크다 볼 수 있다. 또한, 현장에서 활용성이 상대적으로 높고 현실적으로 범용화 시킬 수 있는 자재라는 점에서 콘크리트를 시스템 시험적용 자재로 선정을 하게 되었다.

우선적으로 콘크리트 타설공사의 각각의 프로세스에서 발생될 수 있는 문제점을 해결하기 위해서 레미콘 펌프 타설 시의 작업흐름 및 계약 및 발주에서 타설 및 양생까지의 작업 흐름을 모델링 하였으며, 단계별 프로세스와 발생 정보를 정리하였다. 이를 토대로 콘크리트 물류관리 시스템을 개발하여 적시 생산이라는 개념이 어떤 프로세스와 시스템으로 구현되고 현장에 적용할 수 있는지 시험 적용하게 되었다. 각 단계별 발생 정보를 근거로 모바일(mobile) 시스템 및 네트워크 도구 등을 이용하여 콘크리트 자재에 대한 적시생산을 위한 양중 및 조달 시스템을 구축하여 현장에 적용하였고 이 결과를 바탕으로 모델을 수정하였다.

2. 예비적 고찰

2.1 국내외 기술현황

도심지 고층공사가 증가하면서 자재의 조달 및 양중에 대한 적시공급체계의 필요성이 대두되고 있다. 그에 따라 사이클타임 감소와 재고감소를 위해 물리적 흐름과 정보 흐름을 기반으로 하는 조달 및 양중 시스템의 관리기법 및 프로그램 개발이 다양한 형태로 연구되고 있다.

국내 조달 시스템에 관한 연구는 광길중(1998)의 공업화 PC 자재의 물류정보관리 시스템을 시작으로 최근 이현수(2002)의 정보 분석을 통한 자재관리 프로세스 재설계에 이르기까지 연구가 활발히 이루어지고 있다. 또한 국외에서는 장비를 이용한 시스템 및 교통시스템과의 연계를 통한 합리적 조달시스템에 관한 연구 등이 이루어지고 있다. 또한 IGLC(International Group for Lean Construction, 국제 린 건설협회)를 중심으로 작업변이의 최소화 및 이를 통한 건설 프로세스 전반의 공정 및 공사비 측면의 개선과 투명성확보를 위한 연구가 진행되고 있다.

이와 같이 국내외의 조달 및 적시생산 관련 연구의 내용을 간략히 정리하면 다음 표 2.1 과 같다.

2.2 기존 기술·연구의 한계점 및 개선방향

국내외에서 진행되고 있는 조달 및 양중에 관한 연구는 인공 지능을 이용하는 방법으로 계속 발전하고 있다. 현재 건설산업은 공장제작부재 사용이 증가함에 비추어 볼때, 부재의 현장까지의 조달과 현장내 설치되기까지 운반 및 양중이 중요시 되고

있다. 특히, 현장외부의 환경은 현장 내 운반 및 양중에 많은 영향을 미치고 있음에도 불구하고, 현장 외부를 고려하지 않은 상태에서 최적해를 구하기 때문에 실제 현장에서의 많은 어려움을 겪고 있다.

표 2.1 국내외 연구동향

저자	구분	연구 내용
광길중외 (1998)	제목	공업화 PC자재의 물류정보관리 시스템
	연구 내용	• 공업화 건축의 대표적인 사례인 PC공법을 대상으로 함. • 아파트 공사에서 PC부재의 수명주기(공사수주 후의 부재생산 → 운송 → 조립)에 대한 고찰 • 논리적 정보모델을 개체-관계형 기법으로 구성도주회
도주희 (1998)	제목	건설통합관리를 위한 자원조달 측면에서의 건설 프로세스 규명
	연구 내용	• 자재 조달 측면에서 건설전반에 발생하는 정보의 활용성을 재고함으로써 통합 관리의 방안을 제시 • 건설공사의 과정을 자재조달 측면에서 프로세스를 규명하고 프로세스 모델을 작성함으로써 새로운 관점에서 건설정보의 통합 • 건설 전반에서 발생하는 정보의 단절을 해소하고 효율적 활용을 통해 통합관리를 위해 수직적 통합관점에서 프로세스 모델 제시
대성 건설 (일본)	제목	자동 반송시스템에 의한 반송합리화에 관한 연구
	연구 내용	• 화물적재에서 하역까지 인력에 의존하는 재래시스템의 개선을 위해 자동반송시스템 개발 • 화물의 적재/하역 작업원과 수평반송 작업원의 제로화를 목적으로 함 • 최적량을 최적의 시간에 효율적으로 공급하기 위해 양중관리 시스템과 반출입 관리 시스템을 별도로 개발
이을범 (2000)	제목	Weekend Reconstruction -Urban Concrete Pavement on Interstate 10
	연구 내용	• 도로포장 공사의 합리화를 위한 Traffic Management 시행 • 교통피해 최소화를 위한 신공법(slab lift-up 공법) 사용 • 작업능률을 위해 시공업체에 인센티브 제공
Low Sui Pheng and Choong Joo Chan (2001)	제목	Just-In-Time Management of Precast Concrete Components
	연구 내용	• 프리캐스트 콘크리트의 Buffer Stock 없는 JIT관리를 위한 방안 제시 • JIT 개념과 관련 이론을 정리 후 부재의 JIT관리를 위한 단계별 고려사항을 설명 후 Flowchart 제시
Tommelein and Li (1999)	제목	Just-In-Time Concrete Delivery : Mapping Alternatives for Vertical Supply Chain Integration
	연구 내용	• 콘크리트 공급에 있어 JIT생산시스템의 개념 설명 • 제조시스템에서 사용한 자원흐름의 맵핑기법 소개 • 소량주문의 공사에서 콘크리트 작업자가 직접 운송/공급하여 공사를 하는 방안 제시
Tommelein and Weissenberger (1999)	제목	More Just-In-Time : Location of Buffers in Structural Steel Supply Construction Processes
	연구 내용	• 산업건설(플랜트)과 도심지 건설에서의 철골프로세스를 분석 • 도심지 공사는 시간/장소의 제약으로 산업건설 보다 치밀한 JIT를 취하여 생산성 향상, 비용절감 등을 위한 방안 제시

국내 기술동향을 보면 국내 건설에 적시생산개념의 전반적인 인식 및 그에 따른 건설관리의 구조개선이 필수적인 것으로 파악되며, 건설 프로세스 전반에 걸친 폭 넓은 적용이 요구된다. 건설업에서의 적시생산 개념을 토대로 구현된 시스템인 일본의 시미즈 거설사의 조달/양중관리 시스템은 환경의 차이로 많은 기능등을 상실 및 저하 시킬 수 있다. 국내의 P시스템은 공정계획과 통합되지 못하여 현장 내에서의 조달, 운반, 양중, 적치 작

업관리에 한계를 가지고 있다. 또한 이 시스템의 관리 범위가 자재의 발주, 조달, 현장 반출입 관리 등으로 국한되어 있기 때문에 현장 내에서의 물류이동, 야적 공간의 결정 등과 같이 초고층 건축공사의 적시생산 구현을 위한 핵심 의사결정 사항들에 대해서 한계를 가지고 있다.

앞서 말한 내용에 추가하여 국내의 기술들을 비교·분석하여 간략히 정리하면 표 2.2와 같다.

표 2.2 국내외 기술비교

구분	한계점			본연구의 수행당위성
	작업흐름 분석	관리범위	실시간 정보 처리	
국내 사례	P 시스템	X	공장~현장 반입	O
	모토라코리아	O	구매~입고	X
국외 사례	영국건설교통부	O	유통회사 프로젝트	O
	철공공사가치분석	O	비가치창출 작업 최소화	X
	Ballard 교수	O	생산프로세스 변이	X
	시미즈 건설	X	공장~현장 반입	X
	토요타자동차	O	조립, 부품제조, 서비스	O
	Pratt &Whitney 엔진제조회사	O	차세대엔진 개발, 재정	X
	Lantech회사	O	재고	O

• 작업흐름 모델 : 자재(조달, 설치) → (프로세스, 모듈)개발
 • 관리범위 : 공장 출하 후 현장 설치 및 검사까지
 • 실시간 정보처리 : O

현재의 관리 시스템이 자재의 발주에서 현장으로의 반입까지의 운반과정을 다루는 관리범주에 덧붙여 현장 내에서 설치단계와 연계된 자재의 수평·수직 이동을 포함한 건설공사 프로세스 전반을 관리하는 시스템의 개발이 요구된다. 기존 연구에서 제시한 연구결과를 활용하는데 따른 제약과 한계점을 극복하기 위한 개선방향을 다음과 같이 요약·정리할 수 있다.

가. 건설 프로세스 전반에 걸친 적시생산구현을 위해 자재 및 정보의 흐름에 의한 작업흐름체계를 갖추고, 공정계획과 통합화를 추구하여야 한다.

다. 외국에서 개발된 조달 및 양중 시스템을 그대로 국내에 적용하기에는 한계가 있으므로, 자재별 공장 생산화 및 조달·운반·양중·적치 단계 업무를 대상으로 하는 한국형 적시생산 시스템의 구현이 요구된다.

라. 현장 내·외부의 긴밀한 커뮤니케이션에 의한 조달 및 양중계획 변동에 의한 신속한 대처와 자재의 적시공급 체계 확립을 위한 PDA(Personal Digital Assistant) 등의 기술의 사용이 요구되며, 이를 활용한 실시간 건설정보관리 및 가시화(visual) 기술의 활용을 적극적으로 유도하여야 한다.

마. 시스템은 조직간의 관계들에 의한 결합체이고 정보는 타당성을 제공하는 역할을 하는 것이므로 사용자 중심의 시스템이

개발이 요구된다.

3. 현황분석

3.1 레미콘의 작업흐름 분석

레미콘을 펌프로 타설하는 경우의 시공계획에서 타설·양중까지의 작업흐름은 다음과 같다.

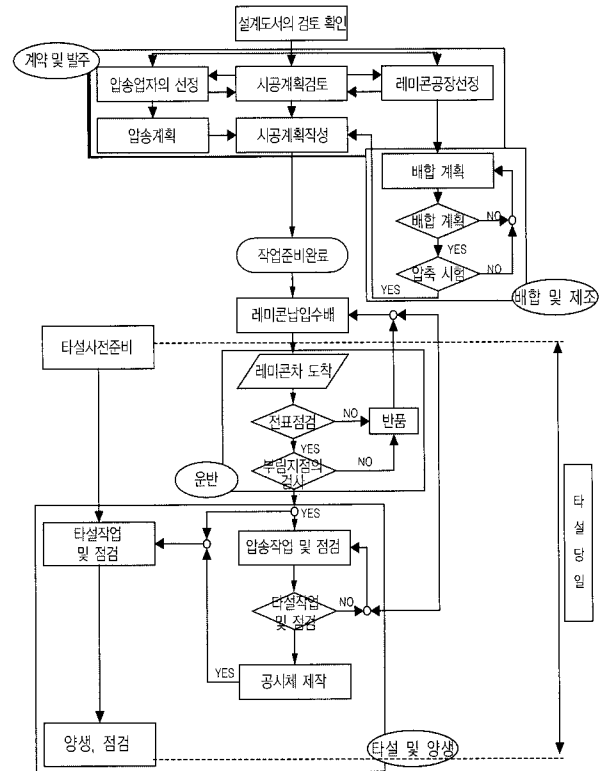


그림 3.1 콘크리트 공사의 공정 프로세스

여기에 작업흐름 모델의 범위를 레미콘의 계약 및 발주에서부터 콘크리트 품질관리 및 검사까지로 한정하고, 그 작업의 수행주체별 수행내용을 분석 도식화하고, 각 작업별로는 투입되는 정보와 처리과정, 그리고 산출되는 정보로 분류하여 작업의 흐름을 명확히 하고자 하였다.

레미콘의 계약 및 발주에서부터 타설·양생까지의 프로우를 각 단계별 사용자를 중심으로 작업흐름을 도식화하였다. 계약에서부터 양생까지의 각 작업을 계약 및 발주, 배달 및 제조, 운반, 타설 및 양생의 4단계로 나누고, 작업의 주체를 시공사, 골조업자, 운송업자, 배치플랜트의 4개로 구분하여 표현하였고, 정보의 흐름은 점선으로 레미콘의 물리적 흐름은 실선으로 표기하여 정보와 물류의 흐름을 따로 파악, 서로 다른 형태로 관리 운영하고 있는 물류와 정보의 현상을 파악 그 통합방안을 모색하였다.

그림 3.2와 같이 현재 운반에서 타설까지 물리적인 순환이 이루어지고 있고, 레미콘 공장의 선정에서 현장의 품질관리까지는

정보의 수직적 이동이 이루어지고 있다. 물론 이들 사이의 정보의 피드백 과정이 이루어지고는 있지만, 상호 정보의 교류라는 수평적 의사소통보다는, 일방적으로 한쪽으로 전달되어지는 수직적 정보전달만이 이루어지고 있다.

이러한 불합리한 정보전달에 대해 각 단계별 프로세스를 상세히 분석, 발생하는 정보를 규명하여 효율적인 적시생산에서의 활용을 도모하고자 하였다.

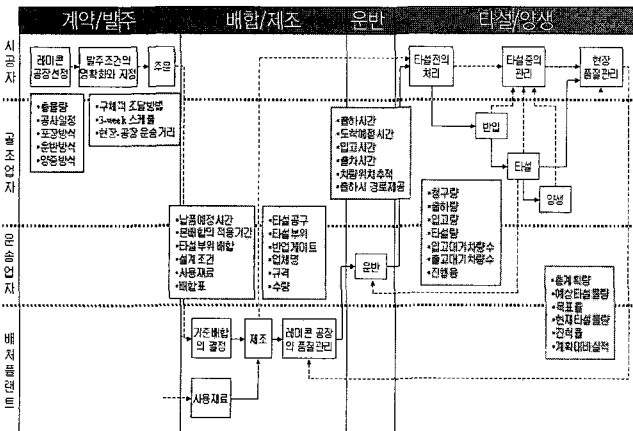


그림 3.2 단계별 프로세스와 발생정보

다. 그림 3.4는 측정 당시의 사례현장 타설 현황이다. 측정시간은 1분 단위로 기록하였고, 기록된 시간은 운반, 대기, 타설의 작업시간과 대수로 각각 나누어 변환하여 분석하였다. 분석항목은 운송시간, 현장 외부 대기시간, 현장 내부 대기시간, 타설 기간에 대해 그 평균과 편차를 구하였고, 시간대별 변화추이를 평균과 비교하여 변이치를 확인하였다. 표 3.1은 타설 시간 측정의 일부이다.

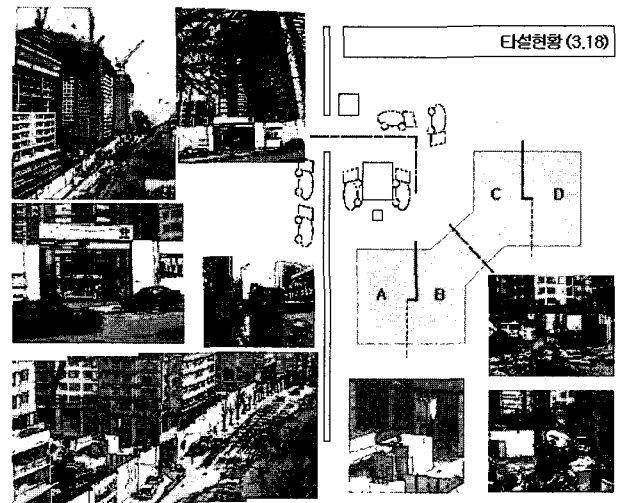


그림 3.4 타설현황

3.2 레미콘 타설 현황 측정

콘크리트 물류관리 시스템 개발에 앞서 시스템의 주된 기능인 레미콘 운송/대기/타설의 시간을 측정함으로써 시스템 요구사항의 구체화 및 적용 시 발생될 문제점을 사전에 제거하고자 하였다. 그림 3.3은 공장 발차에서 타설 완료까지의 단계를 총 다섯 개의 포인트로 나누고 그 사이를 운반, 현장 외부 대기, 현장 내부 대기, 타설의 4단계로 나누었다. 대기의 경우 현장내부에서 일어나는 경우와 밖에서 일어나는 경우가 서로 다른 영향을 미치고 있으므로 게이트를 중심으로 현장내부 대기와 외부대기로 나누었다.

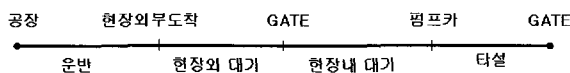


그림 3.3 레미콘 시간측정의 관측 포인트

사례현장 B동 골조에 사용되는 레미콘만을 대상으로하여 3월 한달간 총 6회에 걸쳐 레미콘 차량 175대(몰탈 제외)의 반입 및 타설을 측정하였다. 이때 사용된 레미콘은 두개 업체에서 반입되었으나 B사 레미콘의 경우 총 12대로 샘플의 빈도수가 부족하였기 때문에 B사의 레미콘을 제외한 A사의 레미콘 163대에 대해 분석하였다.

현장에서 도착시간, 게이트 반입시간, 타설 개시시간, 타설 완료시간을 측정하였고 공장 발차시간은 송장을 통하여 수집하였

표 3.1 측정기록지

NO.	레미콘 정보	공장		현장시간정보				
		업체명	발차 시간	현장 도착	GATE 반입	타설 대기	타설 개시	타설 완료
0	5828	신일	10:47	11:26	11:26	11:27	11:53	12:05
1	8144	신일	10:52	11:30	11:30	11:57	12:05	12:15
2	6210	신일	10:58	11:33	11:59	12:13	12:15	12:26
3	6564	신일	11:00	11:39	12:12	12:21	12:26	12:36
4	5675	신일	11:05	11:46	12:22	12:32	12:36	12:44
5	5677	신일	11:13	11:53	12:32	12:36	12:44	12:54

표 3.2 기록된 측정 시간을 차량 대수로 변환

	발차	도착	반입	타설준비	타설개시	타설완료	운송중지	현장외부	현장내부	타설준비	현장대기	대기합	타설
12:01	1	1					2	5	3	1	8	9	1
12:02	2						4	5	3	1	8	9	1
12:03				1	1		4	5	3	0	8	8	1
12:04			1	1			4	4	3	1	7	8	1
12:05							4	4	3	1	7	8	1
12:06							4	4	3	1	7	8	1
12:07		1					3	5	3	1	8	9	1
12:08							3	5	3	1	8	9	1
12:09							3	5	3	1	8	9	1
12:10							3	5	3	1	8	9	1
12:11							3	5	3	1	8	9	1
12:12							3	5	3	1	8	9	1
12:13					1	1	3	5	3	0	8	8	1
12:14				1			3	5	2	1	7	8	1
12:15			1				3	4	3	1	7	8	1

표 3.3 기록된 측정 시간을 작업시간으로 변환

차량간격		운송 시간	대기시간					타설 시간
배차 간격	도착 간격		현장 외부	현장 내부	타설 준비	현장 대기	합계	
0:05	0:04	0:39	0:00	0:01	0:26	0:01	0:27	0:12
0:06	0:03	0:35	0:26	0:27	0:08	0:27	0:35	0:10
0:02	0:06	0:39	0:33	0:09	0:05	0:42	0:47	0:10
0:05	0:07	0:41	0:36	0:10	0:04	0:46	0:50	0:08
0:08	0:07	0:40	0:39	0:04	0:08	0:43	0:51	0:10
0:05	0:03	0:38	0:42	0:10	0:06	0:52	0:58	0:09

다음의 그림 3.5는 현장외부대기, 내부대기, 대기의 합을 차량별 시간으로 나타낸 그래프이고, 그림 3.6은 시간대별 대기대수의 변화추이를 나타낸 그래프이다. 아래의 예에서도 볼 수 있듯이 레미콘의 대기(재고)량은 일정한 수준을 유지하지 못하고 있음을 보여준다. 이는 곧 레미콘의 품질저하와 타설 중단이라는 형태로 나타나고 있다. 이러한 원인은 그림 3.7에서 보이듯이 현장에서의 타설 시간이 일정한데 비해 도착간격은 불규칙한데서 볼 수 있다.

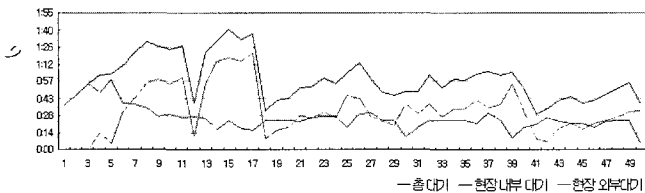


그림 3.5 차량별 대기시간의 변화추이

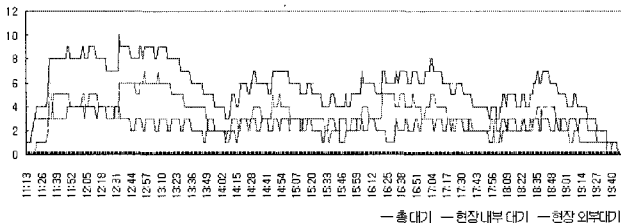


그림 3.6 시간별 대기대수의 변화추이

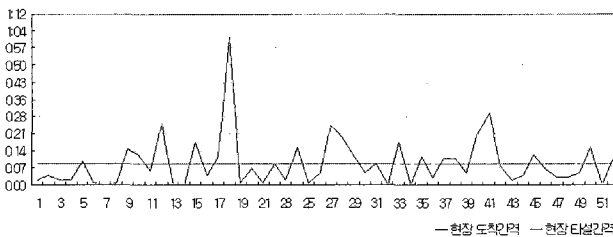


그림 3.7 현장 도착간격과 타설간격

총 181회의 관측 수 중 몰탈 6대와 B사의 레미콘12대를 제외한 163대의 레미콘 타설 상황을 집계하면 다음 표 3.4, 표 3.5와 같다. 운송시간의 경우 평균 35분정도 소요되었는데 그 편차는 4분 정도로 예상했던바 보다는 그리 큰 편차를 보이고 있지 않다. 대기의 경우 총 평균이 39분인데 반해 편차가 25분으로 변

동이 매우 심함을 보이고 있다. 그 중 현장외부대기(평균 17분, 편차 20분)는 현장내부대기(평균 13분, 편차 10분)보다 더 큰 편차를 보였는데 이는 현장내부 대기의 경우 현장 대기 공간 협소로 인해 제한된 범위 안에서만 대기할 수 있었기 때문으로 분석되었다. 현장내부대기와 외부대기는 그 발생하는 문제점이 다르기는 하지만 이를 따로 나누어 관리할 필요가 없음을 말해주고 있다. 타설 시간은 평균 9분인데 반해 편차는 2분으로 작업시간에 비해 변이가 큰 상황이다. 이는 기존의 타설 장비의 성능은 일정하므로 프로세싱타임 또한 일정 할 것이라는 통념에서 벗어난 데이터로 타설 시간의 관리 또한 필요하다는 것을 보여주고 있다.

표 3.4 측정기간 중 타설 현황 통계(작업시간)

단위(시:분)

	운송 시간	대기시간				합계	타설 시간
		현장 외부	현장 내부	타설 준비	현장 대기		
평균	0:35	0:17	0:13	0:07	0:31	0:39	0:09
편차	0:04	0:20	0:10	0:04	0:24	0:25	0:02
최대	0:50	1:15	0:47	0:35	1:24	1:32	0:16
최소	0:26	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:05
범위	0:24	1:15	0:47	0:35	1:24	1:32	0:11

운영시간에 대한 대수의 분석 자료를 보면 운송의 경우 평균적으로 4.6대가 온로드상에 있으나 그 편차 3대로 현행으로는 일정한 차량의 유지가 어려움을 볼 수 있다. 대기 또한 평균이 3.63대인데 반해 편차는 2.52대로 큰 편차를 보이는데 이는 운송대수의 편차가 큰 것이 대기로 반영되고 있었다. 따라서 대기 차량의 관리를 위해서는 타설 현황에 맞춘 운송대수의 관리가 필요함을 나타내고 있다. 타설은 평균이 0.92대로 사용 타설 장비의 특성상 1대 타설을 운영을 100%로 봤을 때 총 타설 시간에서 8%정도의 타설 중단이 있음을 알 수 있다.

표 3.5 측정기간 중 타설 현황 통계(차량대수)

단위(대)

	운송중	현장외부	현장내부	타설주입	현장대기	대기합	타설
최빈값	3	0	2	1	0	1	1
평균	4.60	1.61	1.27	0.75	2.70	3.63	0.92
편차	3.00	1.82	0.98	0.46	2.30	2.52	0.26
최대값	12	7	4	2	9	10	1

위의 결과에서도 나타났듯이 가장 큰 문제로 대두되고 있는 대기 시간 및 대수의 감축을 위해서는 운송대수 및 타설 현황의 관리가 우선적으로 행하여져야 한다는 것을 볼 수 있다. 이러한 관점에서 타설 현황에 따른 운송대수의 조정으로 당김 생산을 수행하는 것이 우선되어야 한다. 따라서 공장의 발차시간 정보공유 및 운송시의 운송정보 수집 그리고 타설 개시/완료 시간의 공장과의 공유 등을 시스템의 요구사항으로 정의 하고 이에 따라 시스템을 개발하였다.

4. 시스템모델링

콘크리트는 자재의 특성상 배치플랜트에서 제조된 후 1시간 이상이 경과하게 되면 유동성이 급격히 저하된다. 따라서 콘크리트는 제조 후 60분내(최대 90분내)에 공사현장에 운반, 타설을 완료시키는 것이 필요하며, 90분 내에 타설하지 못한 제품은 적절한 조치가 강구되지 않는 한 폐기하는 것이 바람직하다. 이와 같이 콘크리트는 생산 후 90분 가량이 경과되면 상품으로서의 가치가 상실되므로 재고가 존재 할 수 없는 특성을 가진다. 때문에 콘크리트는 필요시 사용일자 및 시간, 수량 등을 지정하여 주문하게 되며, 공급자는 주문자가 요구한 일자 및 시간에 맞추어 현장에 공급하는 시스템을 갖추게 된다.

따라서 이러한 콘크리트의 한시적인 특성을 반영한 조달에서 타설까지의 흐름관리가 무엇보다 중요하다고 볼 수 있다. 따라서 현행 콘크리트 타설 공사의 흐름을 분석하고 이에서 발견한 문제점을 보완한 대안을 제시하였다. 모델 개발 도구로는 가치흐름맵핑(Value Stream Mapping, 이하 VSM)을 사용하였다.

VSM은 생산물을 생산하는 과정의 흐름에 존재하는 모든 활동에 대한 가치흐름을 통해 관련 작업들의 물리적인 흐름과 정보의 흐름을 이해하기 쉽도록 가시화하는 것을 말한다. VSM에 사용되는 기호¹⁾는 표 4.1과 같다.

표 4.1 VSM 기호

기 호	의 미	기 호	의 미
○	관리자	→	현장 내 정보흐름
▭	작업(Process)	↗	현장 외 정보흐름
⌒	외부자원	□	정보(Information)
△	재고(Inventory)	▨	인출 칸반
▶▶▶	밀어내기식 생산 (Push-driven system)	▭	생산 칸반 (Production Kanban)
▶	현장으로 자재이동	▽	신호칸반 (Signal Kanban)
≡	Supermarket: 생산량을 요구에 따라 조절	⌒	정보 분석을 위한 칸반 수집
⊙	물리적인 당김 생산 (Pull-driven system)	* 칸반 (Kanban) : 선행공정의 생산시기와 양, 생산품명 등을 신호 또는 카드로 알리는 기능	
→FIFO→	First In First Out		

4.1 현재상태의 가치흐름 맵핑(Current State Mapping, 이하 CSM)

그림 4.1은 현행 콘크리트 타설 공사의 생산에서 타설까지의 흐름을 CSM으로 도식화한 것이다. 그림에서도 볼 수 있듯이 현

재의 레미콘 출하시스템은 현장에서 첫차 도착시간을 공장에 제시하면, 이에 따라 공장에서 임의로 배차간격을 결정하여 출하하고 현장에서 관리자가 대기차량의 양부에 따라 출하의 지연/독촉을 하는 체제로 되어있다. 이는 운송 및 타설 시간이 항상 일정하다는 가정 하에서는 흐름생산이 가능하나, 운송의 경우 많은 불확실성을 가지고 있으므로 타설 중단 및 대기차량의 과다로 인한 품질저하 등의 문제를 유발하고 있다.

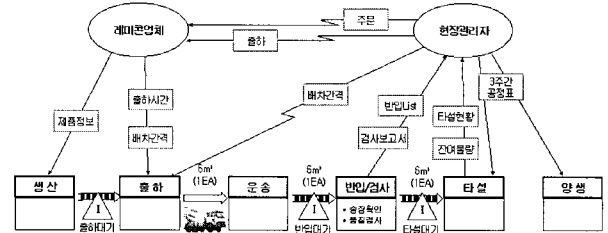


그림 4.1 콘크리트의 CSM

이러한 문제점은 도심지 고층공사의 경우 현장 대기 장소 협소라는 제약사항 때문에 타 공정의 운영에 영향을 미칠 수 있는 현장내부의 타설 대기, 교통과 민원의 문제가 될 수 있는 현장 외부의 대기 등의 많은 재고가 발생하고 있다.

또한 현장관리자가 현장의 대기차량의 유무를 지속적으로 체크해서 출하간격을 조정해야하므로 업무의 과중과, 공장과의 의사소통 부족에 의한 정보 손실 등의 문제가 발생하고 있다.

4.2 미래상태의 가치흐름 맵핑(Future State Mapping, 이하 FSM)

앞서 제시한 콘크리트 타설 공사의 문제점을 요약하면 '운송 시간의 불확실성으로 인한 타설 중단 및 과다재고', '현장과 공장간의 의사소통부재', '현장관리자의 업무과다' 등으로 요약할 수 있다. 이러한 문제점들은 종래 타설 공사의 밀어내기식의 생산이 가져오는 결과로 볼 수 있다. 따라서 이러한 문제점을 보완하기 위해서는 생산에서 타설까지의 흐름생산 확보, 타설 상황과 운송상황에 맞추어서 생산할 수 있는 당김 생산의 확보 등이 필요하다.

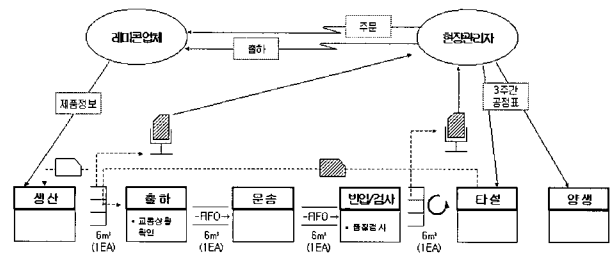


그림 4.2 콘크리트의 FSM

그림 4.2는 이러한 사항을 반영한 모델로 종래의 공장 출하실에서 직감에 의해 출하하던 방식을 운송시간을 예측할 수 있는

1) Make Rother and John Shock, "Learning to see", version 1.2 June, 1999

정보와 타설 상황의 정보에 의해 생산을 조정하는 방식으로 전환하여 당김 생산과 흐름생산을 확보한 것이다. 공장 출하실에서는 공장-현장간의 교통정보를 활용하여 운송시간을 예측하고, 현장의 타설 상황에 맞추어서 배차한다. 종래의 공장의 발차 정보와 현장의 반입 및 타설 정보가 분리되어 관리되어지고, 정보의 분석이 관리자의 직관에 행해졌던 종래의 방식에 비해, 현장의 정보(후속공정)가 직접적으로 공장(선행공정)으로 전달됨으로서 정보의 손실 및 오류방지 등의 효과와 직관에 의한 판단이 아닌 정확한 의사결정을 내릴 수 있게 된다.

운송에서 반입까지의 재고와 반입에서 타설 단계의 재고 등이 감축됨으로써의 콘크리트 품질확보와, 타설 상황과 운송시간의 불확실성제거로 인한 타설 중단 등이 이의 직접적인 효과로 볼 수 있다. 또한 현장관리자의 업무부담감소로 인한 관리의 품질 확보, 타설 개시/완료 등의 계획의 신뢰도 확보 등의 간접적인 효과도 얻을 수 있다.

5. 프로토타입 현장적용

이러한 현황의 문제점과 작업플로우별 정보흐름을 바탕으로 시스템 정보 플로우를 구현하면 다음 그림과 같다. 먼저 현장에서 공장으로 별도의 주문 인터페이스를 통해 입력하면 공장에서는 별도로 자체 운용중인 출하시스템과 연동시켜 타설 물량의 생산가능 여부를 판단한다. 타설 당일에는 레미콘 업체에서 자체 운용중인 출하시스템의 발차시각을 본 시스템과 실시간 연동이 되어 공장 측 실무자가 본 시스템으로 들어와 별도의 입력함이 없이 공장-현장 시스템간의 발차시간 데이터베이스가 실시간 연동됨으로써 자료에 대한 신뢰도를 증가시킬 수 있었다. 이렇게 실시간 연동된 발차정보 데이터베이스를 통해 출하시각 및 타설 물량, 발차간격을 현장 측에서는 조절할 수 있고, 공장에서 출발된 레미콘 차량은 별도의 위치 추적시스템을 통해 차량 위치 및 도착 예정시각을 PDA 및 인터넷을 이용하여 파악할 수 있다. 일단 현장 내 반입된 레미콘 차량은 공구별 현장 출입구에서 자재 반입사항을 체크하고, 현장 시공담당자는 타설이 완료된 차량에 대해서도 타설 완료를 체크한다. 이 때, 출입구에서의 자재 반입사항을 체크하는 담당자는 공장 측의 귀책사유²⁾로 인한 레미콘 차량에 대해서는 회차시킨다. 이 부분에서는 앞서 설명한바와 같이 각 타설 공구별 출입구, 타설위치 2곳에 대해 실무자가 PDA를 이용하여 장소 및 위치에 구애됨이 없이 워크플로우(Work Flow) 정보들을 입력할 수 있도록 하였다.

기존 모델은 현장에서 공장으로의 콘크리트 물량을 주문하면

2) 배송시간의 지나친 지연, 현장측에서 요구한 콘크리트 강도 및 품질에 문제가 발생한 경우, 주문한 콘크리트의 물성 기준치에 미달하는 것을 말한다.

타설 당일 업체에서 자체적으로 운용중인 프로그램에 발차정보를 입력하고, 별도로 본 시스템에 다시 입력함으로써 이중작업과 발차시각의 신뢰도가 많은 문제점이 발생하였다. 이에 본 모델에서는 업체에서 운영중인 출하 프로그램과 실시간 출하시각을 연동할 수 있도록 하여 자체 프로그램에 출하시각을 입력하면 별도로 본 시스템에 입력할 필요가 없도록 하였으며, 출하정보에 대한 신뢰도가 많이 향상시킨 장점이 있다고 할 수 있다.

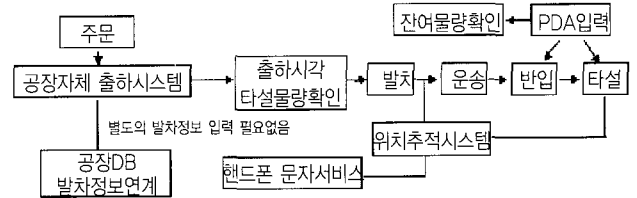


그림 5.1 시스템 정보 플로우

본 절에서의 물류정보관리 시험적용은 콘크리트 자재를 중심으로 자재의 조달 및 배송부문에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다. 이는 콘크리트 자재 특성상 현장 내 양중이나 자재적치보다는 조달 부분이 실무적으로 요구되는 주요한 관리 포인트가 되기 때문이었다. 또한 자재의 생애주기에 따른 각 부분별 정보들을 시스템과 연동, 연계시키는 모델을 제시함으로써 경험이나, 관례에 의존하는 물류정보들을 네트워크 도구와 이동식(Mobile) 도구 등을 이용하여 정보화시킴으로서 자료 활용 및 유사 공종의 적시생산에 대한 발생정보들에 대한 예측을 원활하게 할 수 있었다.

이러한 모델을 바탕으로 물류정보관리 시험적용을 통한 효과를 알아보기 위해 현장 타설을 위한 레미콘 대기 차량을 시스템 적용 전과 적용 후로 나누어 조사해 보았다. 먼저 시스템 적용 전 D건설 초고층 공사 현장 A 현장을 대상으로 2002년 1월 7일 B동 매트 콘크리트 타설을 오전시간대에 현장 내 대기차량 및 타설 시간을 각 출입구(Gate)별로 실시하였다. 출입구-1과 출입구-2에 측정 장비를 배치하고 시간대별로 타설 반입 차량, 타설 차량, 타설 후 회차 차량을 조사하였다. 조사결과 오전시간대의 현장 내 대기차량은 총 6.9대로 나타났다. 시스템 적용전과 비교하기 위해서 시스템 적용 후, 2002년 6월1일 같은 위치에서의 매트 콘크리트 타설을 대상으로 시스템 적용전과 같은 시간대에 현장 내 대기차량 대수를 측정하였다. 그 결과 레미콘 차량의 위치추적에 의한 현장 내 도착시간을 인터넷을 이용해 조회할 수 있음으로 해서 현장 내 대기차량이 3.2대로 현저히 줄어드는 것을 볼 수 있다.

이러한 현장타설을 위한 대기차량수의 감소는 현장의과도로 변의 대기차량으로 인한 민원문제, 장시간 타설대기로 인한 레미콘 품질저하, 현장 타설장비의 고장 및 돌발상황에 대한 공장으로의 실시간 통보 및 시간대별 교통상황의 변화에 따른 일정

한 이동중인(on-load) 차량의 적정대수를 유지할 수 있는 장점을 가져왔다.

표 5.1 시스템 메뉴 및 세부기능

* S : 조회, I : 입력, U : 변경, D : 삭제 (S는 리포트 기능 포함)

구분	기능명	현장	공정	본사	기능 개요	
기본 사항 입력	자재품목 코드 관리	S//U/D	-	S	- 현장담당자 : 자재코드를 등록 관리한다.	
	WBS 코드 관리	S//U/D	-	S	- 현장담당자 : Work Breakdown Code를 등록 관리한다.	
	현장정보 관리	S//U/D	S	S	- 현장담당자 : 현장정보를 입력관리한다. - 레미콘업체 : 현장에 관한 정보를 조회한다.	
	표준물류 시간정보 관리	S//U/D	S	S	- 현장담당자 : 업체별 사업장에서 현장까지의 시간대(5분단위) 평균 운송시간을 등록 관리한다. - 레미콘업체 : 해당 업체공장에서 현장까지의 현재 소요시간을 조회한다.	
	업체정보 관리	S//U/D	S//U/D	S	- 현장 담당자 : 레미콘업체의 정보를 등록 관리한다. * 업체에서 사용자 등록과 함께 업체정보를 입력할 지 여부는 협의하여 결정함	
	물량스케줄 정보	S//U/D	-	S	- 현장담당자 : 공구에 따른 소요자재(레미콘 국한)를 소요일자별로 등록 관리한다. (공구별, 자재품목별, 소요일자별 물량을 관리한다.)	
	업체별 물량배정 정보	S//U/D	S	S	- 현장 담당자 : 물량스케줄된 계획물량을 업체가 현장에 입고하기 전(통상 3 Week Schedule 관리)에 업체별로 물량을 배정한다. - 레미콘 업체 : 해당업체에 배정된 물량을 조회한다.	
	업체출하 정보 관리 (업체의 송장정보)	U/S(필요시 D)	S//U/D	S	- 레미콘업체 : (전산시스템이 미비된 업체의 경우에 해당) 레미콘 출하시 시스템에 접근하여 해당차량의 송장정보를 입력한다. → 송장입력시 업체별 배정물량의 Actual 수량에 Update 수행 - 현장담당자 : 업체의 차량이 현장 도착시 현장도착시간을 입력한다. (PDA) - 레미콘 타설시 타설시간을 입력한다. (항후 PDA에서 입력수행 예정)	
	조회 리포트	콘크리트 물량집계	S	-	S	- 현장담당자 : 업체별 물량배정현황(즉, 당일 타설예상물량) 대비 실 주문량(타설량)을 조회한다.
		금일타설 현황	S	-	S	- 현장담당자 : * 업체별 금일 타설누계 현황 * 금일타설 현황 (업체별, 차량번호별, 물량 리스트)
현재차량 현황		S	-	S	- 현장담당자 : 업체별 차량 상황 집계 (업체별 출하차량 - 이동차량 - 현장내 차량)	
출하시항 집계		S	S	S	- 총예정 물량 대비 월별, 일별 출하시항 집계	
금일출고 현황	S	S	S	- 자재 규격별 출하 현황 (규격별 예정물량 대비 타설량) 업체 출하 내역 리스트 조회		

6. 프로토타입 보완

모델의 현장 적용에 있어 대기차량 감소라는 효과를 얻기는 했지만, 기대했던 값보다는 약간 못 미치는 결과를 가져왔다. 그러한 원인으로 물량관리에 초점을 맞추어 개발했기 때문에 물량 외적인 측면에 대한 관리부족과 시스템의 하드웨어적인 결함 등이 원인인 것으로 분석되었다. 라는 측면에 포커스를 부고 개발함으로써 물량외적인 측면에서 관리 부족과 아직까지 네트워크 기술의 부족 등으로 분석되었다.

6.1 시스템의 하드웨어적인 보완

시스템의 하드웨어적인 문제로 발생한 것은 정보수집도구의 한계였다. 현재 사용한 시스템 도구는 PDA를 활용하여 무선네트워크방식으로 정보를 전달하는 방식이었다. 그러나 이러한 방

식은 건설현장이라는 특수성 상 정보의 방해 현상이 자주 발생하여 정보수집의 어려움이 있었다. 또한 이러한 정보수집 방식은 인력에 의한 정보수집 방식으로 그 효율성과 정확성이라는 부분에서 그 사용성이 떨어졌다.

따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 RFID를 활용하여 정보를 수집하는 것으로 결정하고 현재 이부분에 대해 연구를 진행하고 있다. 그림 6.1은 이러한 정보수집 방법으로 연구하고 있는 시스템의 개념도이다.

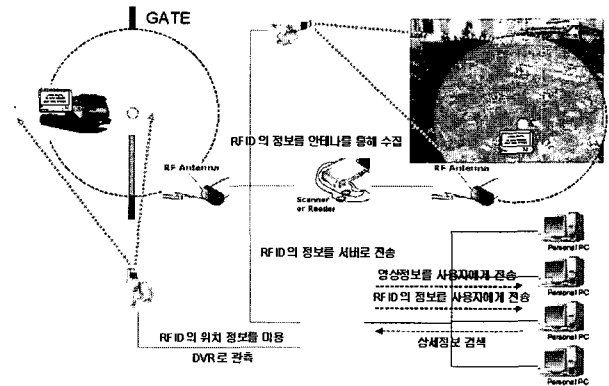


그림 6.1 RFID와 DVR을 활용한 정보수집

6.2 정보수집 범위의 확대

현장 정보입력의 용이성을 위해 시험 적용 시에는 운반과 타설의 두 단계로 구분하여 총 세 개의 포인트에서 정보를 입력하였다. 그러나 이미 레미콘 타설 현황 데이터에서도 분석한 바 있듯이 레미콘 타설 공사의 발차에서 타설까지의 전 과정을 관리하기에는 한계가 있었다. 따라서 시스템 보완 시에는 운반, 대기, 타설의 세 단계로 나누고 네 개 포인트(공장출하, 현장도착, 타설 개시, 게이트반출)에서 정보를 수집하기로 한다.

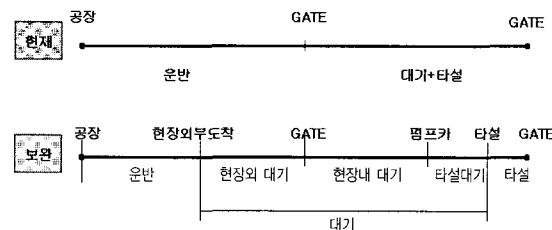


그림 6.2 정보수집 범위

6.3 모니터링 부분 추가

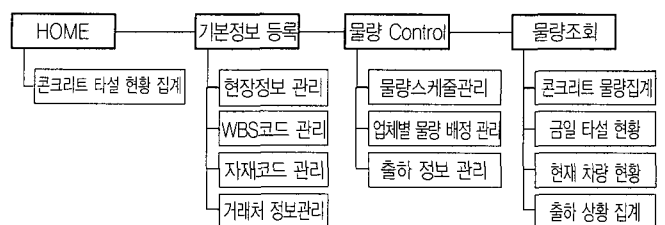


그림 6.3 시험적용 시의 레미콘 물류관리시스템 구조

시험적용시의 시스템은 레미콘의 시간관리에 초점을 맞추어서 개발하였다. 이러한 시간관리(Time Management)는 현장 내 재고(대기차량)이 50%정도 감소하는 효과를 보였다. 그러나 무재고라는 적시생산의 개념에 좀 더 다가가기 위해서는 이러한 물량관리 외에 관리적인 측면의 개선이 요구된다. 이러한 관리적인 측면의 개선을 합리적 의사결정 지원 수단으로 생산성 지표의 활용, 예측 및 진단기능 강화, 당김 생산 시스템으로의 변환 등 총 세 가지 부분으로 정의하였다.



그림 6.4 시스템 보완시의 추가 항목

(1) 대기차량 및 타설관리

대기차량 및 타설 관리는 현황을 분석하여 현재시간을 기준으로 현재까지의 타설 현황과 앞으로의 예측에 대한 정보를 제공하고자함이 그 목적이다. 운송 중 차량은 운송차량의 현장 도착 시간을 예상함으로 타설 중단을 미연에 방지하는 기능을 수행하고, 대기 중 차량은 대기차량의 타설 개시 시간을 예측함으로 시간지연으로 인한 레미콘 품질저하를 방지하게 된다. 여기서 예상운송시간은 발차시간 당시의 예상운송시간을 교통정보 웹사이트에서 입력하거나 시간대별 운송정보를 수집 통계치를 활용하여 입력하는 방식을 사용한다.

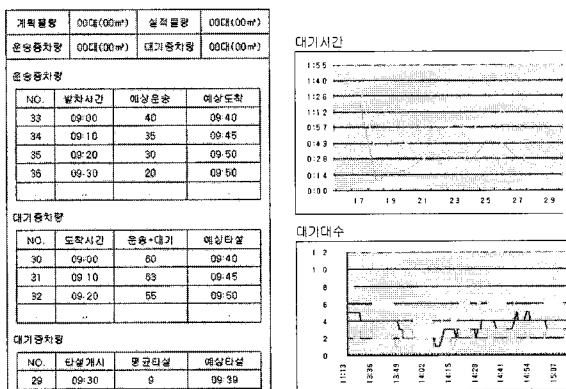


그림 6.4 시스템 보완 계획화면

그림 6.4은 대기차량 및 타설 관리의 시스템 보완 계획 화면이다. 그림에서 텍스트 부분이 현재 상황을 표현한다면, 그래프 부분은 오늘의 타설 개시 시간부터의 현재까지의 현황을 표시하게 된다. 여기에는 현재의 상황, 누적평균치, 목표 대기차량(버퍼, 2대(18분)예상) 표기되어 각 값들을 동시에 비교할 수 있게 한다. 대기시간은 레미콘의 품질 및 타설 중단과 관련있는 항목으로 차

량대수에 따른 대기시간의 변화로 표기된다. 여기서 (+)값은 대기시간으로 (-)값은 타설 중단 시간으로 표현함으로써 시각적 효과를 볼 수 있다. 대기대수는 현장 사이트 운영 및 민원과 관련있는 항목으로 시간에 따른 대기차량의 변화로 표현한다.

(2) 공장 발차시간 결정

현장내 대기차량을 일정하게 유지하기 위해서는 타설 시간과 현장도착간격을 동일하게 하는 것이 필요하다. 그러기 위해서는 도착시간을 중심으로 운송정보를 더하여 발차시간을 조정해야 한다. 따라서 배차시간의 결정은 현장 타설 개시 예상시간에서 예상운송시간과 목표대기시간(2대, 18분)을 뺀으로서 결정되게 된다. 이러한 데이터는 공장으로 피드백되어 배차하게 된다. 예상운송시간은 앞선 대기/타설 관리의 예상운송과는 달리 오늘의 데이터가 아닌 내일의 데이터이기 때문에 실시간 교통정보의 수집이 아닌 요일별, 시간별 운송시간의 통계를 활용하여 정보를 입력한다.

00월 00일 ()차량 배차시간표				
NO.	예상운송	배차시간	예상도착	예상완료
1	40	09:00	09:40	10:10
2	35	09:15	09:50	10:20
3	30	09:30	10:00	10:30
4	20	09:50	10:10	10:40
..

그림 6.5 배차시간 결정 계획화면

7. 결론 및 향후 연구과제

콘크리트 공사는 전체 공기에 미치는 영향이 매우 크고, 공사에 소요되는 주요 자재의 수가 한정되어 있어 본 연구에서 개발한 정보관리 시스템의 적용 효과를 분석하기에 적절할 것으로 판단되어 콘크리트 정보관리 시스템을 우선 개발하여 적용하였다.

시스템 개발에 앞선 타설 현황의 분석 결과 현재 콘크리트 관리의 가장 큰 문제는 대기 차량 대수와 대기시간의 과도한 증가로 인한 콘크리트 자재의 품질저하 우려 및 콘크리트 공사 전체 프로세스의 효율저하, 그리고 조달지연으로 인한 타설 중단 등으로 나타났다. 이러한 원인을 현장 도착간격과 타설 간격의 차가 큰데서 찾을 수 있었다. 따라서 시스템의 개발 초점을 배송 및 조달에 대한 시간관리로 설정하고 각 단계별 정보들을 모바일(mobile) 시스템 및 네트워크 도구 등을 이용하여 콘크리트 적시 공급을 위한 조달 시스템을 구축하여 현장에 적용하였다.

이러한 콘크리트 정보관리 시스템의 현장 적용 결과 현장 내 콘크리트 대기 차량이 50%정도 감소하는 효과를 보았고, 이는

현장 가용 공간의 증가와 민원 등의 감소로 나타났다. 또한 기존의 현장관리자 일인에 의해 관리되어지던 업무가 다자간의 의사소통을 통해 줄어드는 효과도 얻을 수 있었다. 무엇보다 적시생산이라는 측면에서 볼 때 계획의 신뢰도 증가는 건설생산시스템의 변화를 가져올 수 있을 것으로 기대되고 있다.

시스템 적용 후 레미콘 대기 차량의 대수와 대기시간이 줄어들기는 했으나, 무재고(zero inventory)와 무낭비(zero waste)를 성취하기 위해서는 콘크리트 공사 프로세스 전반에 개선되어야 할 사항이 남아 있는 것으로 조사되었다. 합리적 의사결정 지원 수단으로 생산성 지표의 활용, 예측 및 진단기능 강화, 당김 생산 시스템으로의 변환 등을 본 연구에서 제시한 콘크리트 정보관리 시스템의 추후 보완 방향으로 설정하였다. 향후 이러한 면에서 보완된 시스템을 현업에 지속적으로 적용하여 그 활용성을 높이기 위한 방안을 도출시킬 것이며, 향후 주상복합뿐만 아니라 전반적인 현장의 조달 및 양중시스템으로서 활용될 수 있는 일반화, 범용화를 높일 수 있도록 활용할 계획이다.

끝으로 귀중한 현장자료를 공개해 주신 대림산업 최돈구님, 임형철님, 송영석님, 최영락님, 시스템 개발에 도움을 주신 오세용님, 오세환님께 진심으로 감사사를 표한다.

참고문헌

1. 건설공사의 공정 및 생산성 개선모델 개발, 한국과학기술재단 목적기초연구 개발사업, 2002. 8
2. 김찬현, 린 생산원리에 기초한 건설생산공정분석모델에 관한 연구, 광운대석사논문, 2001
3. 김창덕 (2000. B), "린건설", 한국건설관리학회지 건설관리, 1(3), 2000. 9
4. 문정문, 가치흐름 분석을 통한 건설현장의 낭비제거 방안,

광운대 석사논문, 2002

5. 삼성건설, 토요다 생산방식과 린건설의 이해, 2001. 5.
6. 유용규, 건설공사의 흐름생산을 위한 변이성 분석, 경원대 석사논문, 2002
7. 이을범, "Weekend Reconstruction-Urban Concrete Pavement on Interstate 10", Concrete Pavement Technology, IPRF, 2000.5
8. 인텔리전트 작업일보시스템(S-SMART system) 개발, 삼성물산 건설부문, 2003. 6
9. 일본 대성건설(주), "자동 반송시스템에 의한 반송합리화에 관한 연구", 생산 관리 시스템 개발부 보고서, 1997
10. 프리마 시스템, 인터넷을 이용한 현장 자원 및 정보 관리 기술, 삼성물산 건설부문, 2000.12
11. 한국레미콘공업협회, 레미콘 핸드북, 1993. 11.
12. 한상도, 한국 자동차 협력업체 공급관계에서의 정보시스템 활용 및 JIT공급에 관한 연구, 경기대학교 대학원, 박사학위 논문, 1995
13. Iris D. Tommelein & Annie En Yi LI, "Just-In-Time Concrete Delivery :Mapping Alternatives for Vertical Supply Chain Integration", Proceedings 7th Conference of the International Group for Lean Construction, 26-28 July 1999.
14. Iris D. Tommelein & Markus Weissenberger, "More Just-In-Time : Location of Buffers in Structural Steel Supply Construction Processes", Proceedings 7th Conference of the International Group for Lean Construction, 26-28 July 1999.
15. Roberto J. Arbulu and Iris D. Tommelein, "Vale Stream Analysis of Construction Supply Chains", Proceedings IGLC-10, Aug, 2002

Abstract

The effective management of major construction resources is the key to the success in high-rise residential building construction projects. It is even more important and challenging as well especially in CBD(central business district) area under tight project duration since little leeway in interface between construction trades, severe constraints in staging area, and heavy demands for lifting among construction resources. In order to meet high demands among major construction resources, highly effective construction resource management information system is required. This research develops and provides a system which selects and disseminates these information from each phase of procurement, transportation, lift-up and storage for major construction resources This research applies the Kanban system, well recognized material information system technique in automobile manufacturing industry, in concrete work processes. It develops concrete procurement information system utilizing VSM(Value Stream Mapping) and also applies the model in actual super-high rise residential building construction project in order to analyze the benefit of the research model.

Keywords : Just-In-Time, Procurement management, Lean construction, Kanban system