

# 건설공사의 적시생산(Just-In-Time)을 위한 양중시스템 개발

## Development of the lift-up and procurement system for Just-in-Time in the Building Construction

신 봉 수\* · 김 창 덕\*\* · 서 상 욱\*\*\* · 임 형 철\*\*\*\* · 최 윤 기\*\*\*\*\*

Shin, Bong-Soo · Kim, Chang-Duk · Suh, Sang-Wook · Lim, Hyoung-Chul · Choi, Woon-Ki

### 요 약

초고층·대형 현장은 일반 현장관리 방법과는 달리 경험에 의한 의사결정에는 한계가 있다. 특히 도심지 고층 공사의 경우 대지의 여유 공간이 협소하여, 자재적치와 수평 동선을 위한 공간의 확보가 용이하지 않다. 이러한 초대형 프로젝트를 수행하기 위해서는 기존 경험에 의존하는 양중 및 조달 관리의 한계성을 인식하고 새로운 양중 및 조달 관리 방법의 모색이 필요하게 되었다. 따라서 JIT의 개념을 도입하는 것이 필수적이라 하겠다. 현장 내 즉, 반입 이후의 단계는 물리적인 자재의 흐름보다는 정보의 흐름과 의사소통이 중요시 되는 단계로 본 연구에서는 현장 내 물류흐름의 문제점을 분석하여, 자재별 속성을 고려한 양중계획수립, 작업일정과 양중일정의 통합관리, 자재의 위치현황 및 작업의 설치현황 가시화를 통한 정보의 공유, 계획대비 실적의 평가의 부분을 시스템개발 방향으로 설정하여, 커뮤니케이션 도구로서의 역할과 계획 대비 실적 평가를 통한 계획의 신뢰도 확보 등을 주요 기능으로 하는 양중관리시스템을 개발하였다.

키워드 : 적시생산(JIT), 양중관리, 린건설

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

기존의 건설현장에는 자재의 조달 및 양중방식에 밀어내기식 생산 시스템을 적용하여도 현장 규모에 비해 자재 적치장소가 여유롭고, 조달 및 양중량이 그리 많지 않아 큰 문제점이 되지 않았다. 그러나 최근 건설업의 경향은 초고층·대형화 되고 있고 도심지 고층공사의 경우 대지의 여유 공간의 협소하여, 자재 적치와 수평동선을 위한 공간의 확보가 용이하지 않다. 예를 들어 고층 공사는 바닥의 단위 면적당 양중량이 많고 고층 공사를 위한 펌프나 가설리프트 등이 차지하는 면적이 상대적으로 많게

된다. 건설현장에서 이러한 건설업의 특성을 고려치 않고 기존의 밀어내기식 생산방식으로 양중 및 조달 계획이 이루어 질 경우 적치 장소의 부족, 인적 사고, 작업 효율 저하, 공공간 작업 불능, 완성 제품의 손상 등 공기 및 비용 측면에서 심각한 문제를 초래하게 된다. 따라서 과거의 조달 및 양중 시스템 등으로는 이러한 건설 상황변화에 대처하기 어렵다. 그러므로 이러한 문제점을 해결하기 위하여 JIT(Just-In-Time)생산 방식(이하 JIT라함)을 이용한 양중 및 조달 시스템 등의 개발이 필요하다.

그러나 이러한 JIT의 개념이 제조업으로부터 건설업에 도입된 지는 많은 시간이 흘렀으나 현장 적용의 시도 또는 실현은 그리 쉽지 않았다. 여러 가지 이유가 있었겠지만 건설현장이 타산업과 다른 몇 가지 특수성 때문으로 볼 수 있다.

따라서 본 연구는 이러한 특수성을 고려하여 건설현장에 적합한 적시생산 모델을 개발하고 이를 양중단계에 적용하고자 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 앞서 제시한 문제점을 해결하기 위한 시도 중의 하나인 '건설공사의 적시생산을 위한 양중 및 조달 시스템 개발'

\* 학생회원, 광운대학교 건축공학과, 석사과정

\*\* 종신회원, 광운대학교 건축공학과 교수, 공학박사

\*\*\* 종신회원, 경원대학교 건축공학과 교수, 공학박사

\*\*\*\* 일반회원, 대림산업(주) 기술연구소 선임연구원, 연세대학교 건축공학과, 박사과정

\*\*\*\*\* 종신회원, 숭실대학교 건축공학과 교수, 공학박사

본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음.

의 일부로 전체연구 흐름은 그림 1과 같다. 이 중 JIT 생산방식의 2가지 개념 중 하나인 '정시에 정량을 조달한다는 물리적인 자재의 흐름 개선'에 대한 부분인 콘크리트 물류관리 시스템과 커튼월 물류관리 시스템에 관한 연구는 이미 문헌을 통해 발표된 바 있다.<sup>1)</sup> 따라서 본 연구에서는 JIT 생산 방식의 다른 개념의 하나인 '조달상의 흐름을 원활히 하기 위한 불필요한 요소를 제거하고, 물건의 흐름이 아닌 정보의 흐름을 통한 근본적인 문제를 해결' 한다는 의미에서 개발된 양중관리 시스템(Procurement & Lift-Up for material Transport Optimizing system, 이하 PLUTO라함)의 개발에 한해 다루고자 한다.

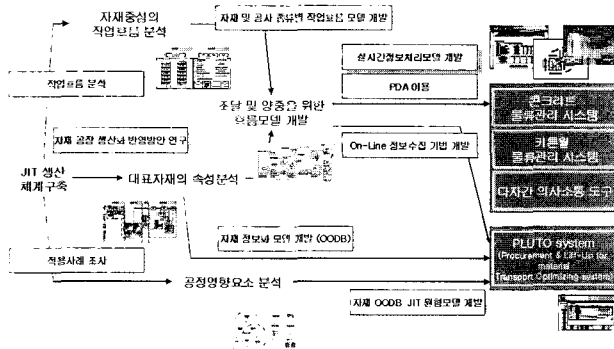


그림 1. 적시생산을 위한 양중 및 조달시스템 개발

PLUTO 시스템은 JIT기법의 현장적용을 위해 선행되어졌던 콘크리트와 커튼월의 물류관리시스템의 현장 적용결과와, 현행 양중관리 체계의 문제점을 분석하여 시스템 개발방향을 설정하였고, RUP방법론에 의해 구체화 하였다. 연구절차는 다음 그림 2와 같다.

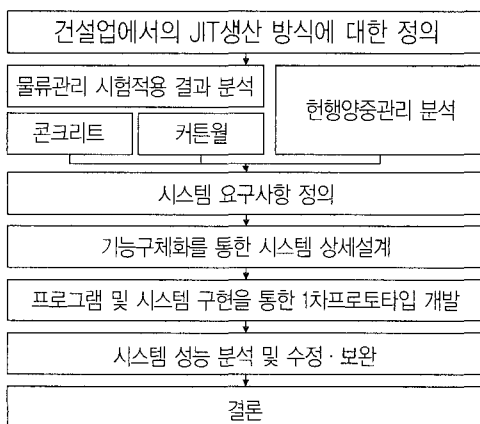


그림 2. 연구절차

1) '커튼월공사의 적시생산관리를 위한 양중조달시스템 개발 방향에 관한 연구' (2002, 한국건설관리학회 학술발표대회논문집) 외 7편

## 2. 예비적 고찰

### 2.1 건설업에 있어서의 JIT 생산방식

건설업에서 행해지고 있는 관리도구들은 거의 제조업에서 도입되었다. 물론 앞에서 제시한 문제점들도 이미 제조업에서 발생하여 그 해결도구들이 제시되어졌고, 그러한 도구들이 건설업에도 도입되고 있으나, 아직까지는 뚜렷한 효과를 얻고 있지는 못하다. 그러한 원인으로서는 제조업과 건설업의 차이를 인식하지 못하고 그 틀들을 도입하고자 하는 것과 문제점에 적합하지 못한 도구를 사용하였기 때문으로 볼 수 있다. 따라서 건설업과 제조업의 근본적인 차이를 분석하고, 물류관리상의 문제를 해결할 수 있는 도구 중의 하나인 SCM(Supply Chain Management, 이하 SCM)과 JIT를 비교하여 적합한 도구를 결정하였다.

#### (1) 제조업과 건설업의 차이

코스켈라(1999)는 제조업과 건설업의 가장 큰 차이를 사용자가 누구냐에서 분석하고 있다. 제조업에서는 사용자(Customer)가 그 물품을 구매하여 사용하는 사람인데 반해 건설업에서는 공급망을 통해 들어온 자재를 사용하는 협력업체로 정의 할 수 있다. 이러한 사용자에 따른 차이는 건설업과 제조업의 공급망의 차이로 나타나고, 제조업의 도구를 그대로 적용하는데 어려움으로 나타나고 있다.

#### (2) JIT와 SCM의 차이

물류관리상의 문제점을 개선할 수 있는 도구로 가장 대표적인 것으로는 JIT와 SCM을 들 수 있다. 기존의 문헌을 보면 대부분 SCM과 JIT는 유사한 개념으로 소개되고 있다. 물론 목적이나 추진방법 등에서 유사한 한 성격을 가지고는 있지만 그 근본적인 개념이나 관점에서는 큰 차이가 있다. 이러한 점을 정리하면 그림 3과 같이 정의 할 수 있다.

특징	JIT	SCM
사용자	공사참여자	경영자
관리단위	현장단위	기업단위
재고를 보는 관점	Waste	Buffer
재고	Remove	Optimize
관리대상	생산정보	관리정보
목표	효율성 향상	효율성 향상

그림 3. JIT와 SCM기법의 차이

건설업과 제조업의 차이는 소비자를 누구로 볼 것인가에 따라 구분할 수 있다. 이러한 관점에서 봤을때 건설업에서의 물류관리상의 문제점을 해결하기 위해서는 소비자 관점 즉, 자재를 사용하게되는 협력업체 중심의 관리가 필요하다고 볼 수 있다. 따라서 경영자 중심의 전체 기업단위의 효율성을 향상하기 위한 SCM 기법보다는 협력업체 중심의 현장단위의 효율성 향상을 목표로 하는 JIT개념의 적용이 적합하다.

## 2.2 시스템 Developing 도구

PLUTO시스템은 UML(Unified Modeling Language)에 기반을 둔 System Developing Tool인 RUP (Rational Unified Process)를 바탕으로 개발되었다. RUP는 일관성 있는 소프트웨어 개발프로젝트 관리 수행, 강력한 온라인 지식 베이스, 소프트웨어 개발팀을 위해 실무에서 검증된 최고의 우수 사례(Best Practices) 여섯 가지의 효과적으로 배치, 공통의 비전과 문화 증진, 도구 통합의 특징을 가지는 방법이다.

UML(Unified Modeling Language)은 모델링을 위한 문법적 요소와 요소에 대한 의미론만을 정의해 놓은 언어이다. 모델링 할 때 사용되는 요소들을 언제 사용하며 어떻게 적용하는지 그리고 누가 주로 사용하며 모델링 결과에 대한 품질을 어떻게 측정하는가 하는 문제는 철저히 사용자의 몫이다. 그러나 UML을 만든 부치, 야콥슨, 럼바 이상 세 과학자들은 개발 프로세스가 갖춰야 할 기본적인 성질 네 가지 - 즉 반복적이면서 점진적일 것, 유스 케이스 기반일 것, 아키텍처를 중심 삼을 것, 다양한 환경을 모두 포괄할 수 있을 것 - 를 강력하게 권고하였으며 UML을 객체기술표준화단체(OMG : The Object Management Group)의 표준으로 등록한 후 이들을 정형화시킨 Unified Process를 탄생시켰다.

UML이 학문적 연구가 아닌 실무 경험에서 탄생되었듯이 Unified Process 역시 철저히 실무 경험을 토대로 하고 있다. Unified Process는 17년 이상의 대규모 소프트웨어 개발과 컨설팅 경험을 토대로 한 래쇼날 접근법, Booch 방법의 Macro 프로세스, Micro 프로세스, OOSE의 Objectory 프로세스, OMT의 OMT 프로세스를 통합시킨 것으로 이해할 수 있다. 또한 분석과 설계 그리고 구현만으로는 효과적인 시스템 구축이 사실상 어려운 점이 고려되어 요구사항 관리 기법, 테스트 기법, 사용자 인터페이스 설계 기법, 형상 관리와 변경 관리 기법, 비즈니스 모델링 기법 등이 추가로 통합되었다. 이로써 Unified Process는 소프트웨어 개발 생명주기 전 과정을 지원할 수 있는 프레임워크로 탄생되었다.

객관적 의미에서 UML에는 프로세스가 없다. 그러나 UML의 기본 원리를 철저히 파악하고 경험하게 되면 UML 적용을 위

한 프로세스가 자연스럽게 스며들어 있음을 알 수 있다. Unified Process는 이러한 기본 원리를 좀 더 알기 쉽게 다듬고 보완한 것이며 이를 제품화한 것이 Rational Unified Process이다.

## 3. 시스템 요구사항 결정

### 3.1 물류관리 시스템 시험 적용에 대한 결과

앞서 기술하였듯이 콘크리트와 커튼월 자재에 대해서 물류관리 시험적용을 실시하여 그 타당성을 검토해 보았다. 그 결과 물류관리 시간 단축과 의사소통 측면에서 큰 효과를 보였으나 적시생산의 초기적용이라는 측면에서 부족한 부분도 발견되었다. 이러한 부분을 분석하여 개발 방향을 결정하였다.

#### (1) 콘크리트 물류관리 시스템 적용결과

콘크리트 물류정보관리 시험적용은 자재를 중심으로 자재의 조달 및 배송부분에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다. 이는 콘크리트 자재 특성상 현장내 양중이나 자재적치보다는 조달 부분이 실무적으로 요구되는 주요한 관리포인트가 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 자료활용 및 유사 공종의 적시생산에 대한 발생정보들에 대한 예측을 원활하게 할 수 있었다.

그러나 콘크리트의 경우 자재의 특성상 현장내부에서 발생하는 소운반이나 반입/설치에 대한 반영이 어려웠기 때문에 이 시스템을 타 자재로 확대하여 실시한다는 것에는 다소 무리가 있었다. 또한 자재의 물리적인 흐름을 중심으로 그에서 발생하는 정보의 공유/처리라는 측면에서 접근하였기 때문에 보다 근원적으로 문제를 해결 할 수 있는 계획이나 일정 등의 조절 부분에서 부족함이 있었다. 이러한 결과 현장의 모니터링 도구로서만 사용되므로 보다 적극적인 의미의 관리에는 어려움이 있었다.

현장 적용도구로서 사용되었던 무선네트워크는 그 기능성과 필요성에 대해서는 그 중요성이 인식되었으나, 건설현장의 적용이라는 측면에서 아직 기술적인 측면이 뒷받침 되지 못하였고, 또한 콘크리트 물류관리의 경우 실시간 정보처리가 주요 관건이었으나, 양중관리는 실시간 관리보다는 건설현장의 주요관리단위인 일(daily)과 주(weekly)의 시간단위로 이루어지므로 양중관리시스템에서는 현재 기술로 쉽게 적용이 가능한 웹과 PC를 사용하기로 한다.

#### (2) 커튼월 물류관리 시스템

커튼월 물류관리시스템은 자재이동 가시화기법, 부속자재 관리시스템의 두 부분으로 개발되어 적용하였다. 자재이동 가시화를 통한 모니터링 시스템의 경우 협력업체-현장-본사와의 특정 공종 및 자재에 대한 진도율을 자재 속성별로 파악, 공정회의나 협력업체와의 자재 설치 여부 등에 관한 의사소통에 효과를 볼 수 있었으며, 자재 각각의 속성을 부여하여 관리하는 이러한 프로세스는 앞으로 초고층 건축공사에 있어서 자재의 고급화 경향에 맞춘 새로운 관리기법으로서의 제안이라고도 할 수 있겠다.

하지만 자재의 적시생산이라는 개념에서 본다면 이러한 자재의 이동 정보를 단순히 모니터링 하는 것만으로는 자재의 생산에서부터 운반, 반입, 설치에 이르는 유기적인 사이클을 통제, 관리, 정보화하기에는 많은 제약이 있다고 볼 수 있다. 따라서 적시생산을 위해서는 현장내부에서의 소운반, 특히 반입에서부터 양중까지의 정보들의 흐름을 어떠한 방법으로 정보화를 시키고 일원화를 시켜서, 타공종 및 자원과의 충돌을 방지하게 하는 것과 일정 등의 계획자료와 실적자료 등의 관리가 동시에 이루어져야 한다는 것이 필요하다.

3.2 현행 양중관리 체제의 문제점

현재의 자재양중흐름은 그림 4.에서도 보이듯이 각 협력업체들이 양중기 사용신청서를 제출하면 이를 현장관리자가 취합하여 양중계획을 설립한다. 그러나 이때의 기준이 명확하지 못하여 주로 현장관리자의 직관에 의해 양중계획이 세워지고, 이렇게 세워진 양중계획은 공정과의 연계가 이루어지지 못하였기 때문에 자재를 적시에 공급함에 있어 장애요인으로 작용하고 있다. 또한 자재의 양중시간 및 양중시기의 결정 등 양중계획을 실시함에 있어 각 자재가 가지는 속성을 고려하지 않고, 현장관리자와 협력업체 사이의 커뮤니케이션이 원활하지 못한 상태에서 결정되므로 관계자 사이의 불화의 원인이 되기도 한다.

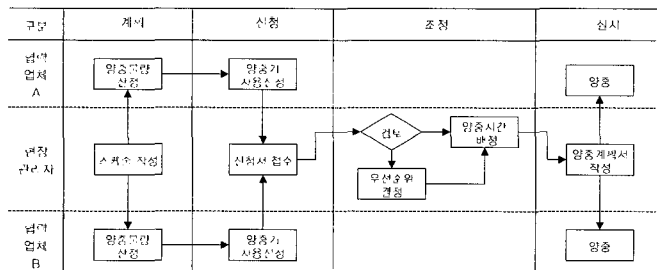


그림 4. 사례현장의 양중관리 플로우

따라서 자재의 설치일정과 양중 및 반입계획과의 연계성과 자재별 속성을 고려한 양중계획의 타당성확보가 우선되어야 되고, 충분한 커뮤니케이션을 통해 양중계획을 수립함으로써 작업일정의 신뢰성을 확보가 필요하다.

2.3 반영요소 도출

물류관리 시험 적용결과와 양중관리 문제점 분석을 통해 나온 시스템의 최종 요구사항과 그에 따른 시스템 개발 방향은 다음과 같다.

- (1) 자재별 속성/현장의 특수성이 반영된 양중 정보를 수집하고, 이를 기반으로 양중계획을 수립한다.
- (2) 자재의 위치정보 및 작업의 설치현황을 가시화함으로써 협력업체-현장간의 의사소통기능 향상과 현재의 재고 파악 등을 통한 조달 등의 의사결정 지원수단으로 활용한다.
- (3) 3주간 공정표와 주간 양중 계획을 통합하여 관리함으로써 양중 계획의 타당성 확보 및 공정계획의 신뢰도 향상을 도모한다.
- (4) 계획과 실적의 비교를 통하여 작업 진행의 양부를 판단·조치 할 수 있는 기본 정보 제공하고 지연원인에 대한 분석을 통하여 조기에 지연원인을 통제한다.

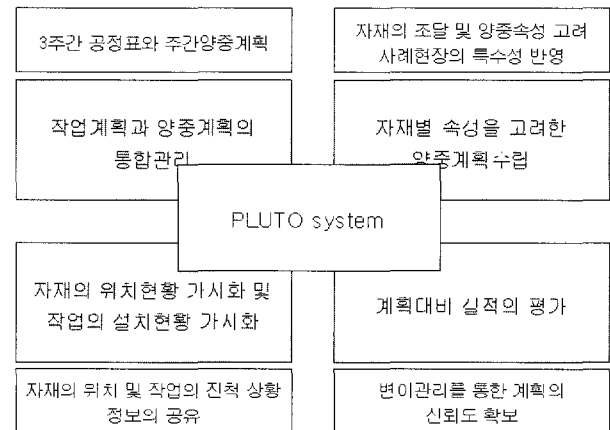


그림 5. 양중관리 시스템 개념도

3. 모델구축

3.1 자재별 속성을 고려한 양중계획 수립

일반적인 초고층 주상복합 건축에서 사용되어지는 대표자재를 7개로 선정, 그에 대한 조달 및 양중 속성에 대하여 분석하고 적시생산을 위한 흐름모델을 제시하였다.<sup>2)</sup>

이를 다시 공종 단위로 구분하고, 그 양중부하와 공정의 우선순위를 고려하여 13개 공종으로 나누었다. 여기에 작업자의 양중과 기타자재의 양중부하, 공용부분 마감공사의 3개 항목을 추가하여 양중부하 및 단위양중 수량 및 시간을 계산하였다. 여기

2) '건설공사의 적시생산을 위한 양중 및 조달 시스템 개발 연구보고서' 2003, 참조

서는 시스템의 적용범위를 리프트 카로 한정하였기 때문에 콘크리트 자재는 생략하였다.

양중부하 및 양중 소요시간의 산정은 사례현장의 리프트 캐이지 크기 및 속도, 사용 부재의 크기 및 패키지형태, 그리고 양중시의 속성 등을 고려하여 산정하였다. 예를 들어 유니트 커튼월 공사의 경우 사례현장의 커튼월 사이즈가 2.0×3.15이고, 고속 리프트 카의 사이즈가 1.5×4.5임을 고려하고, 파손방지를 위해 반드시 세워서 양중해야 한다는 속성을 고려하여, 양중시 설치 인원과 카트 그리고 백업제 및 Sealing 자재를 동시에 운반한다고 했을 때 1회 양중수량을 4개로 산정하였다. 층당 소요수량은 층별 외피면적을 커튼월 사이즈(2.0×3.15)로 나누어서 기준층의 경우 층별 수량을 40개로 산정하였다. 표 1.은 커튼월을 대상으로 분석한 자료로 사례현장의 설치 일정과 소요시간 그리고 층별 양중부하와 양중소요시간 등을 계산한 결과이다.

이러한 자재의 양중 및 조달의 속성은 자재의 현장 입고에서 설치에 이르는 양중 프로세스 지식기반을 위한 기초자료로 활용됨으로 기존의 직관에 의하여 행하여졌던 양중기 사용 계획을 세우는데 있어 그 근거로 사용한다.

표 1. 사례현장의 커튼월 양중부하

구분	지상												
	2F ~ 4F	5F ~ 7F	8F ~ 10F	11F ~ 13F	14F ~ 16F	17F ~ 19F	20F ~ 22F	23F ~ 25F	26F ~ 28F	29F ~ 31F	32F ~ 34F	35F ~ 37F	
수량	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	
1회 양중시간 (분)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
양중회수	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	
양중소요 시간(시간)	24	24	25	25	26	26	27	28	28	29	30	30	

### 3.2 자재의 위치현황 가시화 및 작업의 설치현황 가시화를 통한 정보의 공유

이미 커튼월 물류관리 시스템에 적용한 바 있는 자재반입 및 설치의 가시화는 이미 그 효과가 검증된 바 있다. 커튼월 물류관리 시스템이 위치정보를 가지고 있는 부재의 반입여부 확인 및 설치 현황 정보의 공유를 목적으로 하고 있다면, 본 시스템에서는 위치정보를 가지고 있지 않은 자재의 현재 야적 및 적치 위치와 수량을 확인하여 자재의 재고량 및 현황을 조달체계에 반영하는 것이 그 목적이다.

자재 및 작업의 가시화는 크게 작업의 설치정보를 공유함으로써 선·후행 공정과의 의사소통 기능 향상을 목적으로 하는 작업 설치현황가시화와, 자재의 위치 및 수량 등을 가시화하여 재고의 관리 및 조달과정에 반영을 목적으로 하는 자재현황 가시화 이렇게 둘로 나누어 볼 수 있다.

설치현황가시화는 3주간 주간작업계획에 의해서 실행된 작업

의 완료여부를 표기한다. 작업의 완성을 보다는 타 공정에 의미가 될 수 있는 작업 이행여부로 입력함으로써 타 공정 작업자와의 의사소통기능을 향상시킬 수 있다. 그림 6.은 설치현황가시화의 시스템'계획화면으로, 텍스트화 된 정보와 도면으로 가시화된 자료를 혼용하여 공유함으로써 정확한 의미전달을 가능하게 하였다.

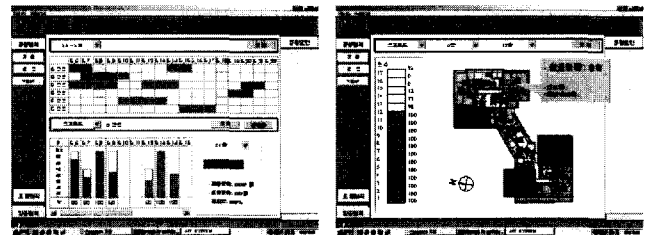


그림 6. 설치현황 가시화 계획화면

자재현황 가시화는 자재의 야적 및 적치 위치를 표기하고 현재 보유 물량을 확인함으로써 조달과정에 반영하게 된다. 적시생산이 가능하기 위해서는 재고의 파악이 중요한 요소로서 작업일정과 현장 내 재고의 유무를 확인하여 주문 및 반입을 하게 되므로 현장내 재고는 적정수준을 유지 할 수 있게 된다. 이러한 개념의 적용은 차츰 재고 수준을 낮추어서 무재고의 적시생산의 이념을 실현할 수 있게 된다. 그림 7.은 자재현황 가시화의 계획화면으로, 자재현황 가시화에 반입 및 조달계획을 추가시킴으로써 설치에서 조달의 일관된 흐름을 유지 할 수 있게 하였다.

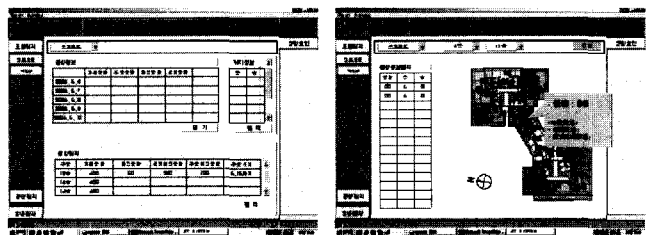


그림 8. 자재현황 가시화 계획화면

### 3.3 작업일정과 양중일정의 통합관리

작업일정과 양중일정은 서로 제약조건이 되는 사항으로 작용하게 된다. 예를 들어 자재의 양중여부 또는 양중가능여부가 확인되지 않은 상태에서 작업계획을 세울 경우 실제 작업의 지연이 결과로 돌아 올 수 있다. 마찬가지로 설치일정을 고려하지 않은 양중 계획의 수립은 무리한 야간양중 등을 불러 올 수 있다. 물론 이러한 사항이 기존에도 고려되어지고 있었으나, 서로간의 커뮤니케이션이 없이 관리자의 직관에 의해 수행되어져 왔다. 따라서 본 시스템에서는 이러한 사항을 고려하여 각 일정들이 계획의 수립시 서로의 제약사항이 되는 체계를 구상하였다.

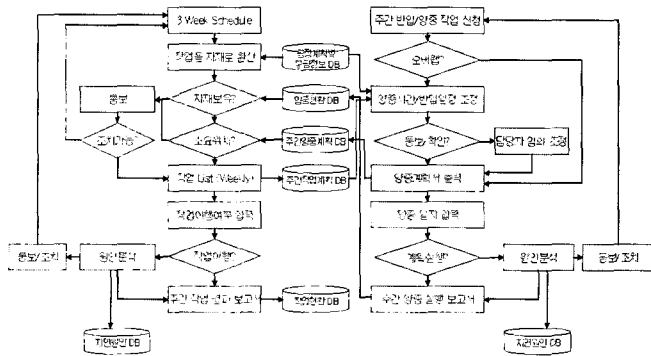


그림 8. 양중관리 시스템의 Master Flow

그림 8.은 시스템의 작업계획 및 양중계획의 마스터 플로우이다. 작업계획의 주간 작업계획 리스트는 주간 양중계획의 양중 일정 조정단계에서 자재의 양중우선순위 결정에 반영되게 된다. 또한, 주간 양중계획서는 양중일시 등의 확인을 함으로써 주간 공정계획 수립 시 소요일에 자재가 설치위치에 놓일 수 있는가를 확인하고, 주간 양중결과 보고서는 소요물량을 보유하고 있는지를 확인 할 수 있게 한다.

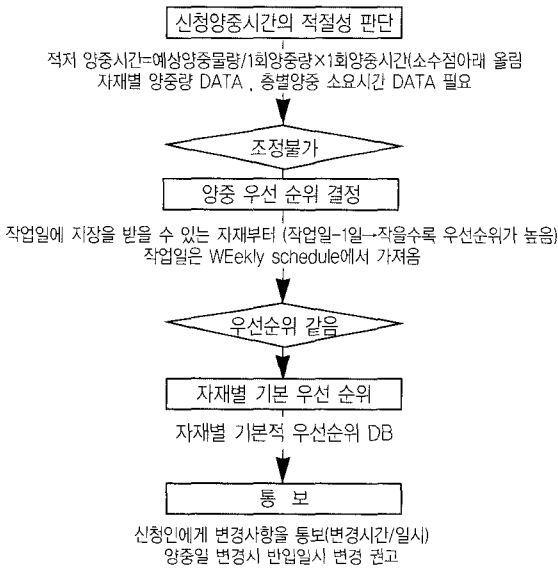


그림 9. 시스템 양중일정 조정 플로우

시스템에서 양중기 사용신청을 받은 후 양중일시가 겹칠 때 조정을 하는 단계는 그림 9.와 같이 설정하였다. 여기서 주간작업계획은 양중우선순위 결정을 통해 자재의 양중여부를 판단하는데 사용된다. 작업일에 지장을 받을 수 있는 자재를 우선 양중하고 설치일 하루 전에 양중한다는 원칙 하에 작업일에서 하루를 뺀 값이 적은 자재가 양중우선순위가 높게 되어 우선 양중하게 된다.

3.4 계획대비 실적 평가를 통한 계획의 신뢰도 확보

‘작업’이라는 것은 생산라인이나 생산 네트워크 상에서 서로 다른 자재와 서로 다른 정보를 가지고 각기 다른 처리과정을 수행하면서 다중 생산 그룹을 통해 흘러간다. 특히 대규모의 복잡하고 신속성을 요하는 프로젝트에 있어서 자재나 관련정보의 조달 및 양중 예측은 작업 그룹의 생산성과 생산라인의 처리량에 중요한 요인이 된다. 따라서 선행 작업 그룹의 생산계획은 후행 작업 그룹의 작업 흐름에 대한 중요한 정보라 할 수 있다.<sup>3)</sup>

이와 같은 작업의 관점으로 계획대비 실행의 평가를 위한 방법중의 하나가 작업성취도의 측정이다. 작업성취도를 평가측정 기준으로 사용하는 목적은 프로세스의 생산 신뢰도를 제고하기 위함이며 지속적인 작업성취도 평가에 의한 생산 시스템 개선에 의해서 궁극적으로 작업성취도를 100%로 하여 프로세스간 변이의 전이를 완전히 0으로 하기 위한 것이다.

작업 성취도를 측정된 후에 작업수행 100%를 달성하지 못한 작업에 대해서는 작업실패원인을 분석하는데 ‘5why’s’의 기법을 사용한다. 이것은 토요다 생산 시스템 개념의 필수요소로 문제의 근본원인을 파악하는데 사용된다.

그러나 기존의 작업계획 시스템에서는 이러한 작업성취도에 대한 분석이나 작업실패원인에 대한 분석이 전혀 이루어지지 않고 설정된 공정스케줄만을 단순히 따라가는 공시수행방식을 사용하였다. 이 경우 작업을 실패하여 후행작업에 영향을 미치거나, 자재 조달 및 양중계획에 문제를 발생시키고, 전체적인 작업성취도가 떨어지고, 공지지연의 문제 까지 초래하게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 단순히 공정상에서 계획된 작업계획을 따라가는 것이 아니라 3주단위의 작업계획 목록에서 작업실패원인, 작업성취도, 공지지연원인, 자재의 반입 및 양중저해요인 등을 고려하여 작업계획을 작성함으로써 작업수행시 발생하는 여러 불확실한 요소들을 사전에 제거 할 수 있다. 이러한 불확실성을 제거할수 있는 변이관리는 계획 대비 공시수행 실적을 평가하고 계획대로 실행되지 못한 결과의 원인을 분석하여 작업 수행 이전에 작업 계획상에서 문제들을 제거하고, 실행가능한 작업만을 계획하게 되므로 적시 적소에 자재의 조달 및 양중이 가능하게 된다. 따라서 본 시스템에서는 이러한 작업성취도 및 작업 실패원인에 대한 분석을 통해 평가함으로써 좀더 상세하고 작업계획의 작성과 공지지연을 방지하고, 이에 연계된 반입 및 양중계획의 불확실성을 줄여 현장내의 자재의 반입 및 양중 작업의 불확실성을 줄이고자 하였다.

3) 김찬현(2001), 린건설 원리에 기초한 건설 생산 공정 분석 모델에 관한 연구, 광운대학교 석사학위 논문

주간 작업계획의 경우 공정계획별 물량정보를 통해 작업을 자재로 환산하고, 이에 따라 자재의 보유현황과 적치 현황을 확인하는 제약조건 분석과정을 거쳐 주간작업계획을 작성하고, 이를 실행/평가하여 가시화하고 완료되지 못한 작업의 경우 원인분석과정을 거쳐 피드백 되게 된다. 양중계획 절차는 협력업체가 양중기 사용 신청을 하면 사용일정 중복여부를 확인하여 중복시 공정계획별 물량정보와, 작업현황 정보 그리고 주간작업계획 정보를 통하여 양중 소요시간 재조정 및 양중우선 순위에 의한 양중 일정 재조정에 들어가게 된다. 이렇게해서 나온 주간양중계획을 실행/평가하여 가시화하고 완료되지 못한 작업의 경우 원인분석과정을 거쳐 피드백 되게 된다.

3.5 적용범위

통합물류관리시스템의 전체 플로우는 그림 10.과 같다. 기존의 계획(마스터 스케줄)에 의해 조달을 하고 이렇게 반입된 자재에 의해 생산을 한다는 밀어내기식 생산시스템에서 벗어나, 설치된 양과 구체화된 설치 일정(주간일정)에 따라 조달 및 반입을 하게 되는 당김 생산시스템이 본 시스템의 근간을 이루고 있다. 이러한 당김생산을 이루기 위해 자재의 조달에서 설치의 창구를 일원화하고, 제약조건이 사전에 분석된 주간 공정계획을 사용하고, 계획대비 실적의 분석을 통해 현황을 평가하는 구조를 이루고 있다. 또한 자재의 속성 분석 자료를 근거로 조달 및 양중계획 수립하므로 그 계획의 신뢰도 향상을 도모하고자 한다.

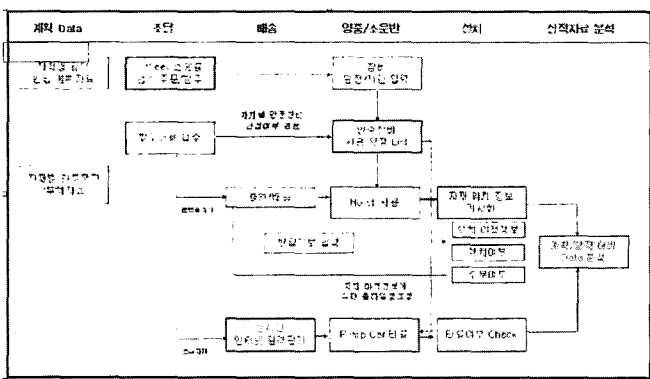


그림 10. 자재의 작업흐름에 따른 시스템의 기능

4. 시스템 개발

4.1 시스템 개발 방법 및 표준

이렇게 정의된 요구사항을 RUP방법의 7가지 절차를 통해 의해 구체화 시켰다.

Use Case Diagram은 사용자의 입장에서 본 시스템의 행동을 일컫는다. 쓰임새 다이어그램에서 쓰임새를 나타내는 기호는

타원이며 행위자를 나타내는 기호는 막대인간이다. 행위자와 쓰임새 사이는 실선으로 연결되며, 쓰임새는 대개 시스템 경계를 나타내는 사각형에 둘러싸여 있다. 그림 11.은 본 시스템의 Use Case Diagram이다. 그림에서 볼 수 있듯이 시스템의 주요 구조를 기본정보 관리시스템, 계획조정 시스템, 실적관리 시스템으로 나누고 현장관리자, 협력업체 담당자, 본사관리자, 공장 출하 담당자 간의 시스템에서의 역할을 규정하였다.

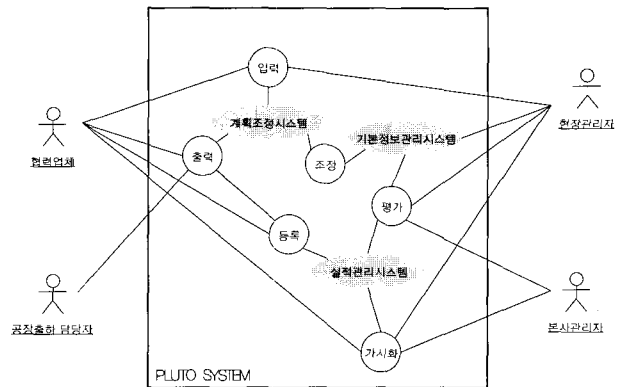


그림 11. 시스템 Use Case Diagram

클래스 다이어그램은 Class, Interface, collaboration, Relation을 이용하여 시스템의 정적인 관점들을 가시화하고 구축을 위한 자세한 내용을 명세화한다. 주로 시스템 어휘와 협력, 스키마를 모델링하는 역할을 수행하는 것으로 클래스의 속성과 오퍼레이션을 기술하게 된다. 이러한 클래스간의 연관관계와 제약사항을 선으로 표현한다.

시스템에서는 그림 12.과 같이 총 19개의 클래스로 구분하고 그 연관관계를 지었다. 예를 들어 표준양중부하정보 클래스의 경우 현장코드와 WBS코드, 대표자재코드, 층구분 코드라는 속성을 갖고, 총수량, 1회 양중수량, 1회 양중시간, 착수일자, 종료일자, 기간, 소요대수 등의 오퍼레이션을 가지고 있다. 이러한 클래스는 WBS코드 클래스, 대표자재코드 클래스, 층구분 코드 클래스, 양중장비 정보 클래스와 일대 다의 연관 관계를 가지게

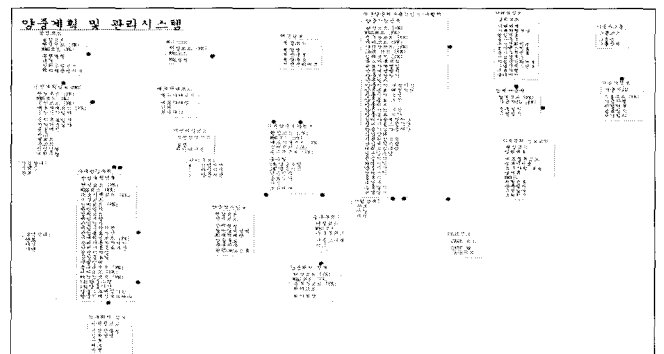


그림 12. 시스템의 클래스 다이어그램

된다. 클래스 다이어그램은 추후 시스템의 전산화 구현시 DB 모델로서 사용되어지게 된다.

시퀀스 다이어그램은 시스템 내의 각 객체들이 시간의 흐름에 따라 어떻게 교류하는지를 보여준다. 객체들은 다이어그램의 윗 부분에 늘어선 채 시간은 위에서 아래로 흐른다. 각 개체마다 쇠 선으로 된 생명선이 붙어있고, 객체의 생명선에 겹쳐있는 좁다란 사각형은 실행 즉, 객체의 오퍼레이션 실행을 나타낸다. 그림 13.은 본 시스템의 시퀀스 다이어그램이다.

현장관리자가 작업 및 자재에 대한 기본정보를 시스템에 입력한 후, 계획조정부분에 3주간 공정계획을 입력하게 되면 시스템에서 제약조건 분석을 통하여 주간 작업계획이 성립되게 되고 이러한 작업계획은 협력업체로 전달되게 된다. 반입계획과 양중기 사용신청은 협력업체에 의해 계획조정 시스템으로 입력되게 되고, 시스템에서 제약조건이 분석된 계획표가 다시 협력업체로 돌아가게 된다. 이러한 계획설에 의해 실행된 실적을 협력업체가 실적관리 시스템에 등록하면 실적관리 시스템은 작업 및 자재 현황을 가시화 하여 자재현황가시화는 협력업체에게 작업현황가시화는 현장관리자에게 전달하게 된다. 계획조정시스템에서는 계획정보를 실적관리 시스템에 전해주고 실적관리 시스템에서는 작업의 수행에 의한 실적 정보를 계획조정 시스템으로 전달해 계획조정시의 제약조건으로써 사용되게 된다. 실적관리시스템에서는 계획과 실적을 비교해 그 결과를 현장관리자에게 전달함으로써 시스템의 한 사이클이 끝나게 된다.

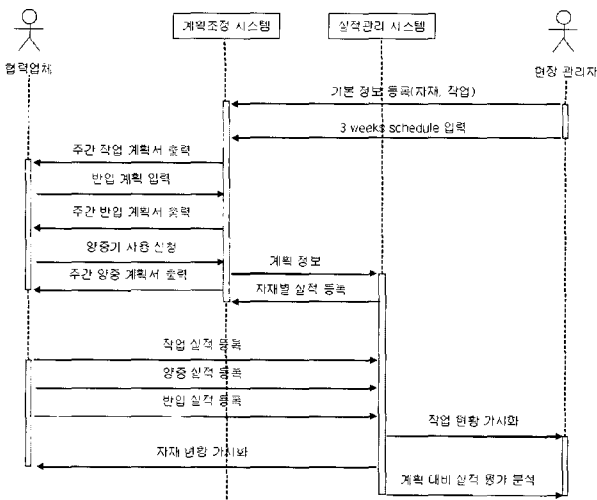


그림 13. 시스템의 시퀀스 다이어그램

4.2 시스템 전산화 구현

앞선 RUP모델링 절차에 의해 작성된 개념적 설계 모델을 시나리오에 의해 전산화 하였다. 기본적인 인터페이스로는 양중계

획부분, 공정계획부분, 계획대비 실적의 평가부분으로 구분하고 그에 따른 계획입력, 실적 등록, 가시화 및 보고서 출력으로 데이터베이스를 구성하였다.

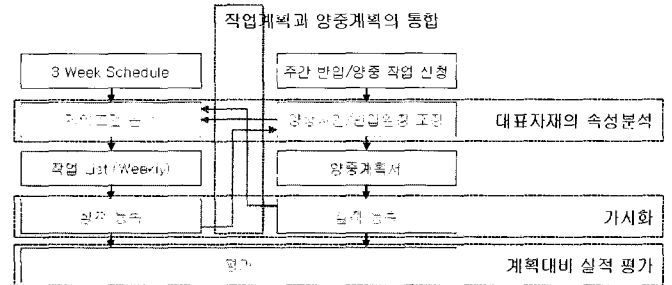


그림 14. 시스템의 운영 플로우

표 2. 시스템의 메뉴트리

구분	메뉴	비고
기본정보 입력	HOME	공지사항(로그인 권한에 따라 정의)
	도면코드 등록	위치정보(작업부위/적치장소)를 코드화
	양중기 기본정보	양중에 사용될 장비의 기본정보 등록
	자재코드 등록	관리 대상의 코드화
	작업코드등록	공정계획시 입력될 요소로 작업별로 자재 코드와 연결
	양중기기본정보입력	자재의 물량을 양중시간으로 치환하기 위한 자료
	자연원인 등록	작업/반입/양중이 계획에서 벗어난 원인의 기본 설정 데이터 등록
계획 입력	작업계획 입력/출력	3주간 공정표 입력, 결과 출력(엑셀, 프린트), 일정 조정(제약사항 표기)
	반입계획 입력	자재 반입계획 입력
	양중기 사용신청	주간 양중기 사용 신청(작업계획의 일정을 양중부하로 계산 참조로 보여줌)
실적 등록	양중계획 조정/ 출력	협력업체별로 신청한 양중계획을 취합하여 조정(기본적인 조정은 시스템의 로직에 의해 결정, 관리자 추가 조정가능)
	작업실적 등록	작업계획서에 '진행중, 완료'를 체크 출력(* 기일이 시작안함 : 흰색 * 진행중=녹색, * 완료=노랑 * 이상=빨강)
	반입실적 등록	'반입계획서'에 반입사항 체크 출력은 완료, 이상 등을 색으로 표기, 지연시 지연원인 선택
가시화	양중실적 등록	'양중계획서'에 양중여부 체크 출력은 완료, 이상 등을 색으로 표기, 지연시 지연원인 선택
	설치현황 가시화	작업별 설치현황가시화, 협력업체별 설치현황 가시화
평가	자재현황 가시화	자재별 적치 현황 가시화, 협력업체별 자재 적치 가시화
	작업성취율	계획대비 실적율(완료된 작업만을 계산)
	작업지연 원인분석	지연원인별 통계(금주,누적 등으로 표기)
	양중기 활용율	계획대비 실적율(양중계획/반입계획을 같이 평가)
	양중지연 원인분석	지연원인별 통계(금주,누적 등으로 표기)
기타인용	양중기 가동율	양중기의 가동율(주간/ 월간/ 야간양중비율)
	양중시간	자재별/ 총별 양중 소요시간 자료 누적
	거래처정보	거래처 정보 입력/수정/삭제, 거래처 찾기 선택창
	사용자등록 및 로그인관리	사용자 등록/수정/삭제, 로그인, 로그아웃처리 외
	각종 선택창	WBS 코드, 양중위치, 지연코드, 양중장비, 총구분의



이러한 기준에 의해 시스템의 기능들을 그룹핑하고 각 모듈에 따라 다음 표 2.와 같이 세부 기능을 설정하였다.

이러한 구조에 의해 전산화된 시스템 화면은 그림 15.등과 같다. 기본정보입력 모듈에서는 다른 모듈에서 사용되는 코드를 등록하고, 자재별 속성에서 분석한 자재 및 공종의 양중정보를 입력하고, 계획이 실행되지 않았을 경우 사용되게 될 지연원인을 등록하게 된다.

계획입력모듈은 3주간 공정표의 입력과 조정 절차에 의해 작성된 주간 작업계획의 출력, 협력업체의 반입 및 양중 계획 신청, 그리고 시스템에 의해 조정된 양중계획서의 출력을 담당하게 된다. 또한 실적등록 모듈은 주간 작업계획과 주간양중계획에 의해 실행된 작업의 실적을 등록하는 부분으로 작업의 진행 여부와 완료여부를 표시하고 계획에 의해 실행되지 못한 작업의 지연원인을 등록하게 된다.

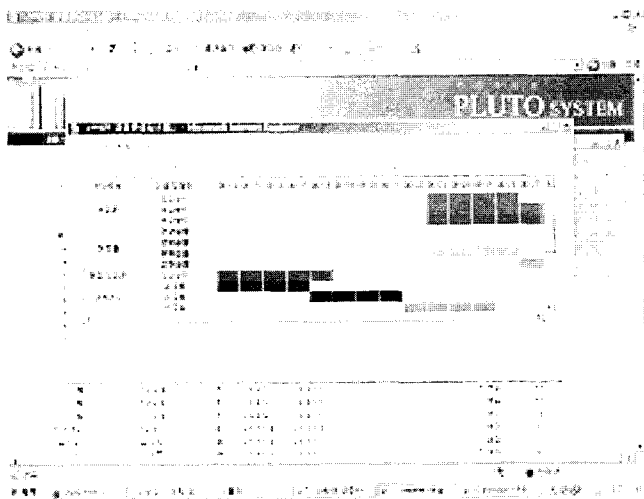


그림 15. 계획입력

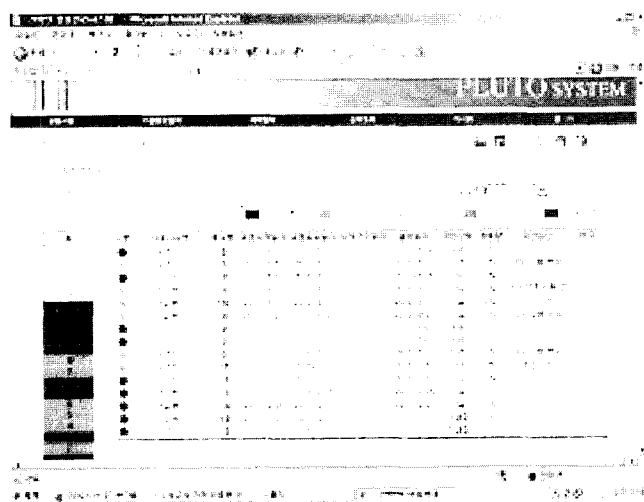


그림 16. 가시화

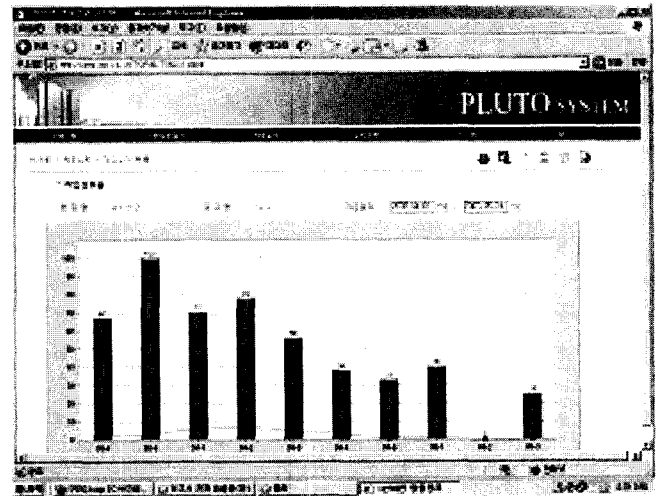


그림 17. 작업성취율

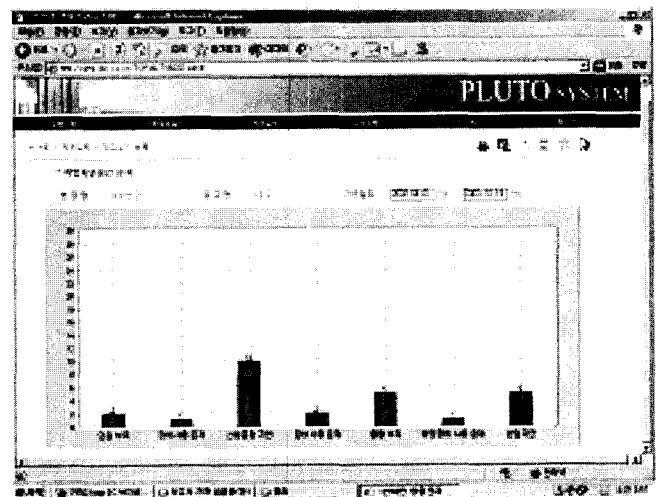


그림 18. 지연원인분석

가시화는 작업현황가시화와 설치현황가시화로 나뉘지고 설치현황가시화에서는 작업의 완료여부를 시각적으로 표시하고 자재현황가시화는 자재의 적치장소와 적치 물량 등을 표현하게 된다. 평가 모듈은 계획대비 실적의 평가를 통해 작업의 양부를 판단하는 과정으로 작업의 성취율(PPC)과 지연원인의 종류 및 분포 통계 등을 보여준다. 또한 양중기 가동율과 양중시간등을 분석하고 이를 바탕으로 기본정보에 입력된 자재별 정보를 실행에 맞추어 수정하게 된다.

### 5. 결론

PLUTO시스템은 적시생산을 위한 공정 및 양중흐름 모델로 물류관리시스템 초기 모델의 적용결과 분석을 통하여 만들어졌다. 기존의 생산 시스템이 작업중심의 관리 모델임에 반해 본 시스템은 작업 및 자재의 흐름을 관리하고자 하였다. 이는 기존의

결과 중심의 평가에서 과정의 평가를 통한 합리적 의사결정에 도움이 될 수 있을 것이다. 이러한 프로세스 중심의 관리를 위해 공장-협력업체-현장간의 정보의 공유와 다자간 협업체계를 구축했다.

시스템을 현장에 적용한 결과를 자재의 측면에서 볼 때 JIT개념을 적용한 조달관리를 통하여 주요자재에 대한 조달시기와 수량 예측을 명확히 할 수 있으며, 현재 자재의 위치와 보유량을 자재의 주문 반입에 영향을 줄 수 있는 정보를 제공함으로써 기존의 관리자의 경험에 의해 행해지던 조달과정에 신뢰도를 높일 수 있었다. 공정 및 작업의 측면에서는 선·후행 공정의 작업 정보를 공유함으로써 자원(인력, 자재)의 활용도의 향상을 볼 수 있었다. 이는 계획대비 실적의 비교를 통해 작업성취도를 측정하고, 지연된 작업에 대한 지연원인 분석함으로써 지속적으로 개선 효과를 보일 것으로 예상된다.

또한 계획의 신뢰도 향상을 위해 계획을 실행하는데 제약사항이 될 수 있는 문제를 조기에 검토 제거하였고, 계획 수립시에 협력업체의 참여로 보다 신뢰도가 높은 계획이 세워질 수 있다. 이러한 결과는 야간양중작업의 감소와 양중작업의 지연으로 인한 작업 중단 횟수가 감소 등으로 나타났다. 이렇게 세워진 계획과 실행한 실적의 비교 평가는 현황과 미래의 상황을 예측할 수 있는 지표로서 의사결정시 주요한 참고자료가 될 수 있다.

그러나, 입력과정이 복잡하여 협력업체의 운영에 어려움을 보일 것으로 예상되는 바, 이는 향후 인텐티브 보너스, 패널티 등의 운영적 측면을 강화하여 보완해 나갈 예정이다. 또한 현재의 시스템은 사례현장에 적합하게 가공되어 개발되어졌으므로 향후 일반적인 타 현장으로 확대 실시될 수 있도록 보완될 예정이며, 대표자재만을 관리하는 것에서 기타 자재로의 확대 적용을 할 예정이다.

끝으로 귀중한 현장자료를 공개해 주신 대림산업 최돈구 소장

님, 최영락님, 시스템 개발에 도움을 주신 오세용님, 오세환님께 진심으로 감사를 표한다.

## 참고문헌

1. 김찬현, 린 생산원리에 기초한 건설생산공정분석모델에 관한 연구, 광운대석사논문, 2001
2. 김창덕, 린건설, 한국건설관리학회지, 2000. 9,
3. 삼성건설, 토요다 생산방식과 린건설의 이해, 2001.
4. 안병주, 초고층건물공사 마감자재의 수직·수평이동계획이 통합된 의사결정모델, 한양대학교 박사학위논문, 2001.
5. 유용규, 건설공사의 흐름생산을 위한 변이성 분석, 경원대 석사논문, 2002
6. 일본 대성건설(주), 자동 반송시스템에 의한 반송합리화에 관한 연구, 생산 관리 시스템 개발부 보고서, 1997
7. 프리마 시스템, 인터넷을 이용한 현장 자원 및 정보 관리 기술, 삼성물산 건설부문, 2000.12
8. Iris D. Tommelein & Annie En Yi LI, Just-In-Time Concrete Delivery :Mapping Alternatives for Vertical Supply Chain Integration, Proceedings 7th Conference of the IGLC, 1999.
9. John Taylor & Hans Bjornsson, "Construction Supply Chain Improvement through Internet Pooled Procurement", Proceedings 7th Conference of the IGLC, 1999.
10. Roberto J. Arbulu and Iris D. Tommelein, "Vale Stream Analysis of Construction Supply Chains", Proceedings IGLC-10, Aug, 2002, Gramado, Brazil

## Abstract

The material lift-up and procurement management for high-rise buildings is complex and critical key to the success of projects. It has been hardly managed by the heuristic or rule-of-thumb techniques which are adapted in usual construction building sites. Especially in downtown high-rise residential building project sites, the limit of heuristic management techniques is critical. It has space constraint for materials loading and site transportation especially in finish work phases in which construction period diverse work trades struggle for their own material and manpower transportation. Hence, it is essential to adapt JIT(Just-In-Time) concept in these particular types of building construction project sites. According to the analysis of the case project sites, the communication and flow of relevant information regarding material lift-up and transportation in project sites is the key factor for successful performance. Therefore, this study analyzes the flow and site transportation of the key materials and provides the system, PLUTO(Procurement & Lift-Up for material Transport Optimizing system). This study also applies the system in the case site and verifies the model validation in actual project.

**Keywords** : JIT, Lift-up management, Lean construction