

Web-Based 커튼월 부재 양중조달관리 시스템



안 병 주*

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 초고층 건축이나 도심지 대형공사를 중심으로 현장 물류관리의 중요성이 강조되고 있다.^{1),2)} 초고층이나 도심지 대형공사는 현장에 반입되는 자재의 종류와 수량은 증가된 반면, 현장 내 야적공간의 한정, 장비의 제한 등의 문제를 안고 있다. 이로 인해 자재들이 제때 공급되지 못할 경우 공정수행에 제약을 받게 되며 이로 인하여 공기지연, 공사비 증대, 작업 효율 저하 등의 문제들을 발생시킬 수 있다.⁸⁾ 이러한 현장 내 물류관리의 문제점들을 해결하기 위하여 적시생산(just-in-time, 이하 JIT)관리개념에 대한 관심이 높아지고 있으며 건설자재의 기존 물류흐름 프로세스를 개선한 양중 및 조달의 다양한 시도가 이루어지고 있다.^{4),9)}

현재 콘크리트와 같은 구조체 공사의 주요 자재에 대한 JIT적용 연구는 일부 실무에 적용되고 있으나, 마감자재에 대한 연구는 미미한 실정에 있다. 특히 여러 마감자재 중에서 커튼월은 내부 마감공사를 위한 필수 선행공정으로서 전체 공사에서 중요한 위치를 차지하고 있으며, 양중량 비교 시 타 자재에 비해 큰 비중을 차지하는 주요 마감자재라고 할 수 있다.¹⁾ 커튼월은 공장에서 제작된 후 현장에 반입되어 조립되기 때문에 제조업의 조립공정과 유사한 특징을 가지고 있다. 그래서 커튼월 자재는 JIT관리가 절실히 요구되는 자재들

중 하나라고 할 수 있다.

본 연구의 목적은 커튼월 공사의 적시생산 관리를 지원할 수 있는 양중조달 시스템 개발 방향을 제시하고 이를 바탕으로 양중조달 시스템의 모델을 제시하는 것이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 커튼월 공사의 여러 공법들 중에서 유니트 시스템 공법만을 대상으로 하고 있다. 이는 유니트 시스템 공법을 적용할 경우 스택 월 시스템 공법보다 상대적으로 공장 생산의 비율이 높은 관계로 JIT 관리 시스템 적용이 용이하고 공기단축의 효과도 기대할 수 있기 때문이다. 그림 1은 본 연구의 내용과 진행 과정을 보여주고 있다.

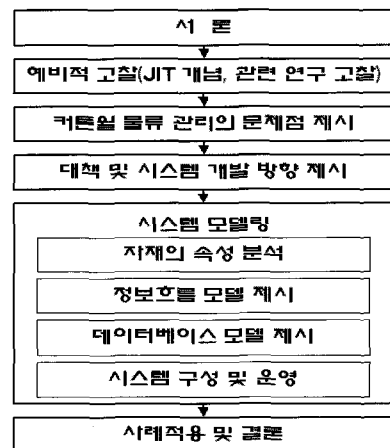


그림 1 연구내용과 절차

* 전주대학교 공학부 건축공학전공 전임강사 공학박사

먼저 JIT의 일반적인 개념과 기존 관련 연구 및 사례를 고찰하였다. 다음으로는 커튼월 물류관리 현황을 조사하여 현장 물류관리의 문제점을 파악하고 그에 대한 대책을 수립하여 커튼월 양중조달 관리시스템의 개발방향을 제시하였다. 다음으로 시스템 모델링을 위해서 자재의 속성을 설계, 발주, 공정, 양중 단계로 나누어 파악하고 자재정보흐름 모델을 제시하였다. 이를 토대로 데이터베이스모델과 시스템 구성체계 및 프로토타입 시스템을 개발하였다. 그리고 이 시스템을 사례현장에 적용하였으며, 그 결과를 정리하여 기대효과와 활용방안 등을 제시하였다.

2. 예비적 고찰

2.1 JIT의 개념

JIT는 1970년대부터 일본 기업들이 적용하고 있는데, 낭비요소가 최소화된 효율적인 생산의 운영 및 통제 시스템을 지칭하는 용어로서 1980년대 이후 미국 등에서 활발하게 연구되었다. 적시생산 시스템은 모든 생산 과정에서 필요할 때, 필요한 것만을, 필요한 만큼만 생산함으로써 생산시간을 단축하고 재고를 최소화하여 낭비를 줄이기 위한 시스템으로 정의된다.¹⁰⁾

2.2 건설업의 JIT

2.2.1 제조업과 건설업의 차이

제조업에서는 생산라인이 결정되면 그에 따라 주요 장비 및 설비 배치가 결정되고 자재, 인력 등이 움직이므로 시간의 흐름에 따라 그 배치는 거의 변하지 않는다. 이에 반해 건설 현장에서는 장비, 자재 보관소, 임시 창고, 작업장 등의 위치가 시간의 흐름에 따라 변하기 때문에 배치는 동적이라고 할 수 있다.¹¹⁾ 또한 건설의 공급 사슬(supply chain)은 참여주체가 건설업체 및 전문 건설업체, 자재공급자, 완제품 공급자, 부품공급자, 원자재

공급자 등이며 건설 프로젝트가 진행되는 동안 수만 개 부품에 대한 구매가 이루어지면서 공급사슬의 대상이 변화되고 복잡해지는 경향이 있다. 또한 프로젝트 수행방식의 다양화, 프로젝트의 일회성, 프로젝트 수행조직의 임시성, 참여주체간의 신뢰와 공조체제 구축의 어려움 등의 특수성 때문에 다른 산업의 모델을 그대로 이용하는 것은 쉽지 않다.

2.2.2 건설업의 JIT 적용

JIT생산 방식에서는 생산성 향상의 방안으로 낭비작업(불필요한 작업)의 배제를 들고 있다.¹²⁾ 낭비작업이란 재고와 과잉생산, 작업대기, 운반 작업, 작업 중 실수로 인한 재작업 등을 의미한다. 이를 건설 현장에서 찾았다면, 후속작업을 고려하지 않은 선행 작업(과다한 선행 작업), 선행 작업 미비로 인한 후속작업 지연(선행 작업 미비), 과다한 자재 야적 및 잦은 이동, 시공 잘못으로 인한 재작업 등을 의미한다고 할 수 있다. 따라서 건설업에 있어서 JIT란 공정의 순조로운 진행을 위해 필요한 시간에 필요한 물량을 필요한 곳에 제공하고 그 자재가 타 공정에 간섭을 주지 않도록 계획하고 수행해 나가는 것이라고 할 수 있다.

2.3 기존 연구와 기존 물류관리 시스템 고찰

표 2는 기존연구 결과를 정리한 것으로서, 송영석(2001)은 적시생산을 고려한 자재의 관리 포인트 운용 모델을 제안하고 이를 효과적으로 제어하기 위한 관리 도구 및 인터페이스 개발을 제시하였지만, 연구대상이 콘크리트만으로 한정된 단점을 가지고 있다.

이태식(2001)은 모바일 컴퓨팅(mobile computing)을 통한 PDA기반의 건설정보관리 시스템을 사용하여 건설 산업에서의 PDA 활용방안과 기대효과를 제시하였다. 그러나 이 연구는 공정관리 측면에서의 PDA 활용 방안이며, 시스템과 통합된 구체적 활용 방안으로서는 한계를 가지고 있다.

표 1 제조업과 건설업의 차이점

구분	제조업	건설업
특징	1. 생산라인 결정 후에 그에 따라 주요장비 및 설비가 배치되고 자재와 인력이 움직이며 작업함 2. 배치의 변화가 거의 없음	1. 장비, 자재보관소, 작업장 등의 위치가 변화하며, 건설 공급 사슬(supply chain)이 복잡하게 변화함 2. 프로젝트 수행방식의 다양성, 일회성
낭비작업(waste)	1. 재고와 과잉생산 2. 작업대기 및 운반 작업 3. 재작업	1. 과다한 선행 작업 2. 과다한 자재야적 및 이동 3. 시공 잘못으로 인한 재작업
건설업의 JIT	공정에 지장이 없도록 자재를 반입, 양중하여 필요한 시간에 필요한 물량을 필요한 곳에 공급하는 것	

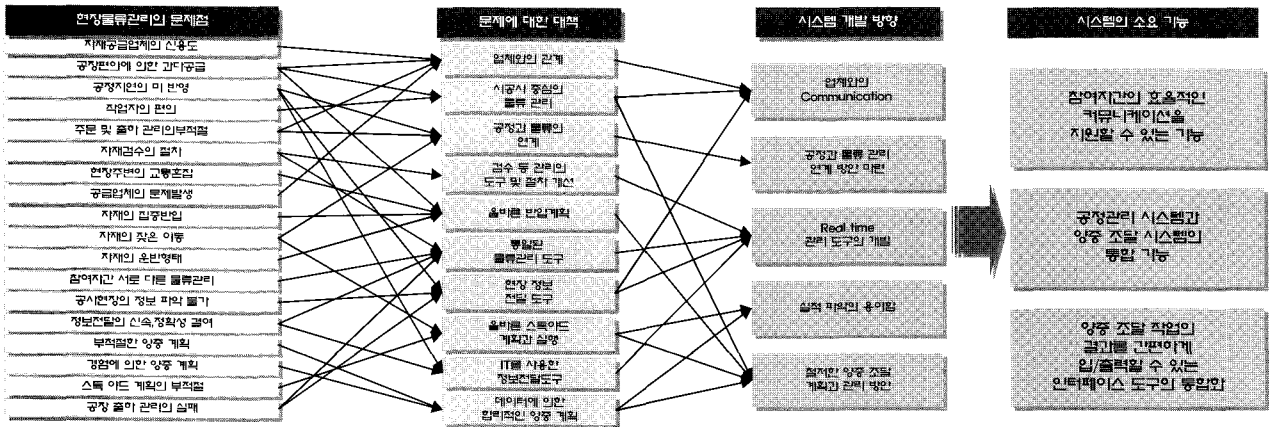


그림 3 현장물류관리의 문제점에 대한 대책과 시스템 개발 방향

보여 주고 있다.

본 연구에서는 현장조사를 통해 도출된 커튼월 자재의 현장 물류 관리의 문제점에 대하여 협력업체와의 관계, 시공사 중심의 물류관리, 공정과 물류의 연계, 검수 등 관리 도구 및 절차 개선, 올바른 반입계획과 스택야드 계획, 통일된 물류관리도구, 현장정보 전달도구, IT를 사용한 정보전달 도구, 데이터에 의한 합리적인 계획 등의 대응책을 제시하였다. 이러한 대책들은 상호 연관성을 기준으로 다시 업체의 커뮤니케이션 문제, 공정과 물류관리의 연계 방안, real-time 관리도구의 개발, 실적 파악의 용이함, 철저한 조달 양중 계획과 관리 방안 등으로 분류할 수 있다.

3.3 커튼월 양중 조달 시스템 개발 방향

시스템 개발 방향으로부터 도출된 커튼월부재의 조달양중관리 시스템의 소요기능들은 다음과 같다.

1) 참여자들 간의 효율적인 커뮤니케이션을 지원할 수 있는 기능

커튼월 양중 조달 관리 시스템은 참여자들의 협조와 커뮤니케이션, 그리고 이를 통한 신속한 의사결정을 지원할 수 있어야 한다. 이 시스템은 인터넷을 기반으로 하여 여러 곳에 흩어져 있는 공사 참여자들이 언제 어디서나 실시간으로 서로간의 의사소통이 가능해야 하며, 의사소통과 공사참여자들 간의 정보의 공유를 위하여 공사참여자들을 대상으로 하는 인터넷 인프라의 구축이 요구된다.

2) 공정 관리 시스템과 양중 조달 시스템의 통합 기능

커튼월의 양중조달관리 시스템의 효율적인 관리를

위해서는 공정 관리 시스템과 양중 조달 시스템의 통합이 필수적이다. 왜냐하면 양중조달관리 업무는 공정 계획상의 각 작업들이 순조롭게 진행되도록 지원하는 것이 가장 궁극적인 목적이기 때문이다. 공정표는 웹을 통하여 공유할 수 있으며, 이를 통하여 참여자들이 능동적으로 공사에 임할 수 있다. 또한 현장 관리자들은 발생할 수 있는 작업지연의 문제들을 신속하게 조정하고 관리해서 이를 커튼월 자재의 양중 조달 관리업무에 반영해야만 한다.

3) 양중 조달 작업의 결과를 간편하게 입출력할 수 있는 인터페이스 도구의 통합화

건축 공사 현장에서는 양중조달작업의 결과를 신속, 정확하게 입력할 수 있고, 사용자가 편리하면서 간편하게 휴대할 수 있는 도구의 개발 및 통합화가 요구된다. 특히, 이 도구는 현장에서 수많은 안전장구들을 구비하고 있는 현장 관리자들의 복장을 고려하여 간편하면서도 취급이 용이해야만 한다.

이를 위한 실시간 정보수집과 전송 도구로는 PDA (Personal Digital Assistant), 바코드, 디지털카메라 등의 IT 정보수집 도구와 입력된 정보들을 축적 및 공유할 수 있는 인터넷 기반의 정보관리 시스템 등의 구비를 들 수 있다.

4. 시스템 모델링

4.1 커튼월 자재의 속성 분석

커튼월 양중조달관리 시스템의 개발을 위하여 먼저 커튼월 자재의 속성을 표 4와 같이 설계, 발주, 양중,

표 4 커튼월의 단계별 자재 속성

단계	커튼월의 자재 속성
설계 단계	1. 설계에 필요한 정보의 반영 - 입면 디자인, 구조, 부위별 커튼월 시스템 검토 - 요구 성능 기준 설정 (내풍, 기밀, 수밀, 내화, 차음, 단열, 결로, 내진 등) - 층간변위흡수대책, 외벽 낙뢰 방지, 클리닝시스템 - 사용재료의 선정, 페이스너 및 접합부 검토 - 부재의 조인트 디테일 처리 등
발주 단계	1. 적시 반입을 위해 커튼월의 형식, 규모, 수량, 범위 등의 충분한 고려 2. 목업 테스트(mock-up test)과정이 필요하므로 그 기간을 고려하여 발주
양중 단계	1. 자재의 반입계획 수립 2. 포장 및 컨테이너 계획 수립 3. 하차 및 소운반 계획 4. 스톡 야드 및 자재 보관 계획 수립 5. 인원 및 장비 계획
공정 단계	1. 작업 가능일과 평균 작업량의 산정 2. 골조공사와 마감공사와의 조화 (골조공사 완료 후 골조 체크) 3. 마무리를 위한 가설재 철거시기 고려

공정 단계로 나누어 단계별로 파악하였다. 단계별 자재 속성을 파악하기 위하여 서울 지역의 초대형 주상복합 건축공사현장 3곳을 방문하여 현장 인터뷰와 문헌조사를 실시했는데, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

커튼월은 설계단계에서 내풍, 기밀, 내화, 차음 등의 여러 요구 성능과 층간 변위 흡수 대책, 입면디자인, 사용 재료 및 접합부 디테일 등 여러 정보들을 설계에 반영해야 한다. 또 발주단계에서는 목업 테스트(mock-up test)과정을 거치기 때문에, 이 기간을 고려하여 발주함으로써 공정에 차질이 없도록 해야 한다. 양중 단계에서는 자재 반입 계획, 포장 및 컨테이너 계획, 하차 및 소운반 계획, 스톡 야드와 자재 보관 계획, 인원 및 장비 계획을 수립하여 적용해야 한다. 공정단계에서는

는 작업가능일과 작업량을 산정하여 공정계획에 반영하고 전 공정인 골조공사와 후속공정인 마감공사와의 조화가 요구되며 최종 마무리를 위한 가설재의 철거시기 등이 고려되어야 한다.

4.2 속성 분석을 통한 자재 정보 흐름 모델

그림 4는 앞에서 분석한 커튼월 자재의 속성을 바탕으로 커튼월 자재의 전체적인 작업의 흐름과 각 작업에 관여하는 정보들을 정리한 커튼월 자재 정보 흐름 모델(material information flow model)이다.

커튼월 자재의 정보흐름 모델을 제시하기 위하여 전체 물류 관리 단계를 발주 및 설계단계, 운반 및 양중 단계, 설치 공정 단계의 3단계로 구분하였다. 그리고 각 단계별 작업들은 각 작업을 담당하는 참여자별로 자재공급자, 시공자, 작업자로 나누어 정리하였다. 또한 화살표를 사용하여 각 작업의 선후관계를 나타내도록 하였으며, 각 단계의 작업을 수행하기 위하여 필요한 정보와 각 작업을 수행하였을 때 발생하는 정보들을 각각 정리하였다.

4.3 데이터베이스 모델

본 연구에서는 도출된 여러 정보들을 활용하여 데이터베이스를 설계하기 위한 개체-관계형 데이터베이스 모델을 사용하였다. 개체-관계형 모델은 개체간의 관계, 부속되는 속성, 참여도, 대응비등에 대한 정의로서 시스템을 구성하는 데이터들을 분석하고 관계형 데이터베이스를 구축하는 논리적 기초를 제공한다.³⁾

표 5는 위에서 제시한 속성 분석과 정보 흐름 모델로부터 파악된 여러가지 필요정보와 발생정보들을 활용하여 실제로 커튼월의 양중조달 관리 시스템 개발에

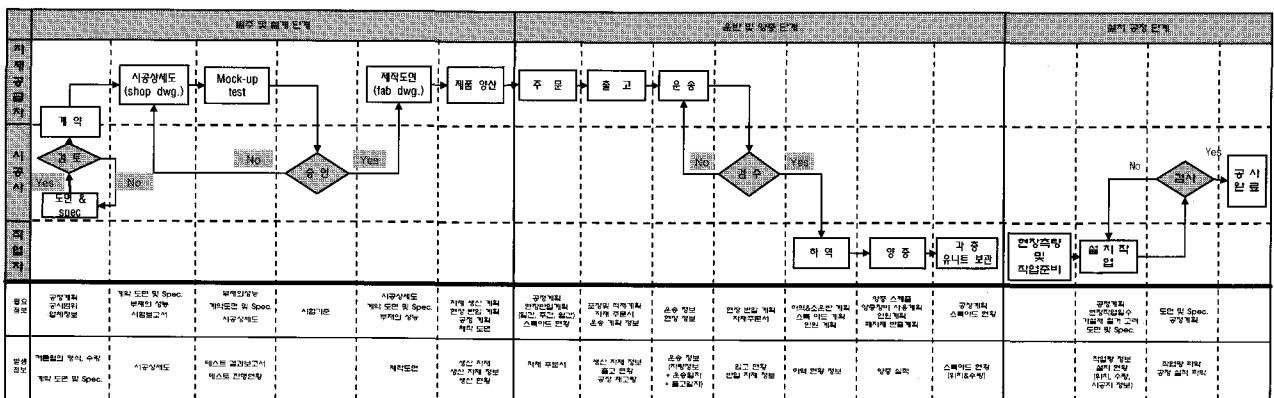


그림 4 커튼월 자재의 정보흐름 모델

필요한 데이터베이스의 설계를 위하여 각 개체와 관련된 주요 정보들을 도출한 것이다. 본 연구에서는 데이터베이스 설계에 필요한 개체로서 현장, 동, 층, 커튼월, 생산, 운반, 양중, 설치, 예약, 주문, 건설회사, 하도급 업체, 자재 공급자의 13개의 개체를 도출하였고, 각

개체들에 속하는 여러 정보들을 제시하였다.

그림 5는 표 5에서 제시한 13개의 개체들과 각 속성들을 가지고 구성한 관계형 데이터베이스 모델이다. 이 모델에서는 데이터베이스를 구성하는 각 개체들과 속성, 그리고 각 개체들 간의 관계가 나타나 있다.

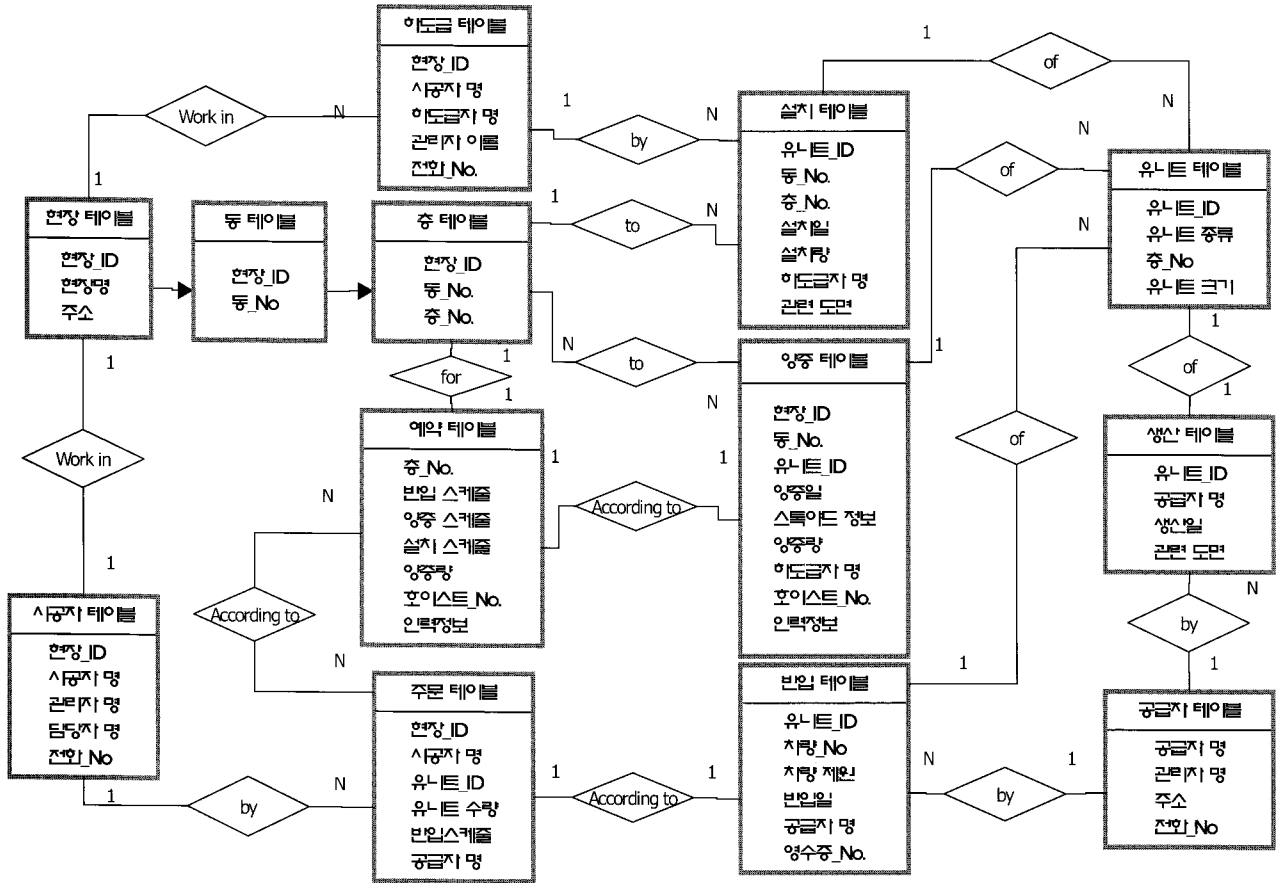


그림 5 데이터베이스 모델(개체-관계형 모델)

표 5 양중 조달에 관여하는 주요 정보들

개체	정보
현장	현장 식별번호, 현장 명, 주소, 공사 개요, 발주처, 설계자, 감리자, 착공일, 전화번호
동	현장 식별 번호, 동 번호
층	현장 식별 번호, 동 번호, 층 번호
커튼월	유니트 일련번호, 유니트 형태, 설치 층 번호, 유니트 사이즈
생산	유니트 일련번호, 생산자 이름, 생산일, 관련 도면
운반	유니트 일련번호, 차량 번호, 차량의 용량, 운반일자, 자재 공급자 이름, 송장 일련 번호
양중	현장 번호, 동 번호, 층 번호, 유니트 일련번호, 양중일, 양중량, 하도급 업체 이름, 호이스트 번호, 하도급 업체 이름, 인원수
설치	유니트 일련 번호, 동 번호, 층 번호, 설치 일자, 하도급 업체 이름, 관련 도면
예약	층 번호, 반입 예정일, 양중 예정일, 설치 예정일, 예정 반입량, 예정 양중량, 예약 호이스트 번호, 예상 인력
주문	현장 식별 번호, 건설회사 이름, 유니트 일련번호, 유니트 주문 수량, 운반 예정일, 공급자 이름
건설회사	현장 식별 번호, 건설회사 이름, 현장 소장이름, 담당자 이름, 전화번호
하도급 업체	현장 식별 번호, 하도급 업체이름, 관리자 이름, 전화번호, 건설회사 이름
자재 공급자	자재 공급자 이름, 관리자 이름, 주소, 전화번호

4.4 시스템 구성과 운영 방법

그림 6은 위에서 제시된 관계형 데이터베이스를 구현 했을때 나타나는 인터페이스들의 구성체계를 보여주고 있다. 이것은 크게 예약 및 계획 시스템, 양중 조달 관리 시스템, 실적 관리 시스템의 세부분으로 구성되어 있다. 그리고 각 시스템은 주문, 운송, 반출입, 양중, 공정, 예약조정 인터페이스 등으로 각각 구성되어 있다.

그림 7은 예약 및 계획, 양중조달 관리, 실적관리로 구성된 시스템을 현장관리자, 하도급 업체, 자재공급업체와 본사가 어떻게 정보를 입력, 조회하고 조정하는지를 보여주는 시스템 활용도이다. 현장관리자와 하도급 업체에서 계획을 입력하면 현장관리자는 이를 조회하고 공정과 현장 여건에 맞게 조정을 한다. 조정된 정보는 다시 모든 참여자들이 조회할 수 있으며 이를 바탕으로 양중조달업무를 수행하게 된다. 업무 수행 후에는

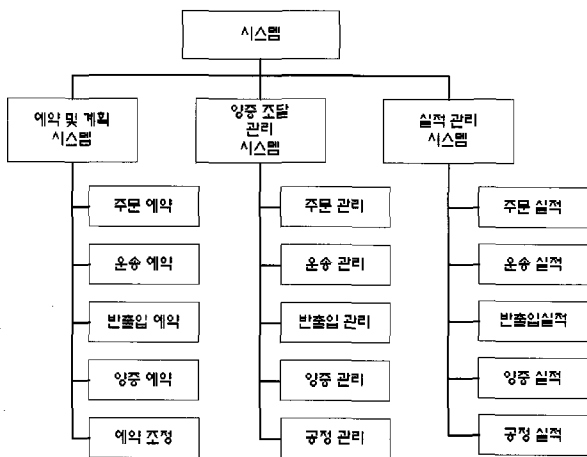


그림 6 시스템 인터페이스의 구성도

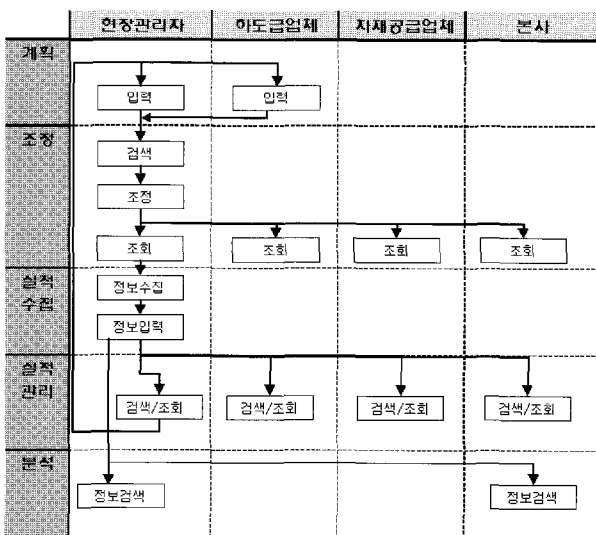


그림 7 시스템 활용도

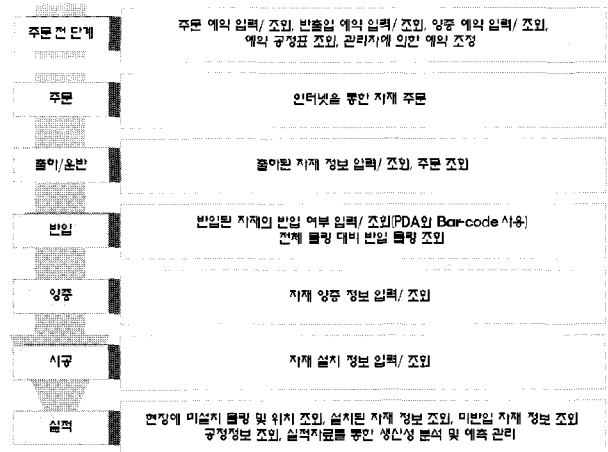


그림 8 시스템의 운영방법

실적이 수집되고 수집된 정보는 모든 참여자들이 조회 가능하며 분석된 정보들은 현장관리자와 본사에 의해서 조회될 수 있다.

이 시스템은 주문단계에서부터 실적 조사 단계에 이르는 프로젝트 각 단계에서 활용되는데, 그림 8은 사용자 입장에서 시스템 운영 방법을 보여주고 있다.

주문 전 단계에서 사용자는 주문 예약사항, 반입 예약 입력과 조회, 양중 예약의 입력과 조회, 공정정보의 조회 등의 입력과 조회를 수행할 수 있다. 주문단계에서는 시스템에 주문 사항을 입력함으로써 자재의 주문, 출하/운송 단계에서는 출하된 자재의 정보 입력과 주문 사항의 조회, 반입단계에서는 반입정보의 입력과 조회 등을 수행할 수 있다. 양중단계에서는 양중 정보의 입력과 조회, 시공단계에서는 자재 설치 정보의 입력 및 조회, 실적수집 단계에서는 미설치 물량과 자재의 위치 조회, 설치된 자재의 정보의 조회, 공정정보의 조회 등을 수행할 수 있다.

4.5 시스템의 운영 개념

그림 9는 본 연구에서 개발하고자 하는 web-based 커튼월 부재의 양중조달관리 시스템의 운영개념을 보여주고 있다.

공장에서는 인터넷을 활용하여 주문 정보를 조회하고 그 정보에 따라 자재를 출하하면서 동시에 출하정보를 입력한다. 현장 입구에서는 바코드 리더기를 사용하여 자재의 운송, 반입정보를 자동입력하게 되고, 자재는 검수, 하차, 양중, 보관, 설치, 검사의 과정을 거친다. 그리고 작업책임자 또는 현장 담당자는 PDA를 사용하여 모든 정보를 실시간으로 무선 인터넷으로 메인 서버에 전송하며, 이미 전송된 정보들을 실시간으로 검색하면서 작업을 관

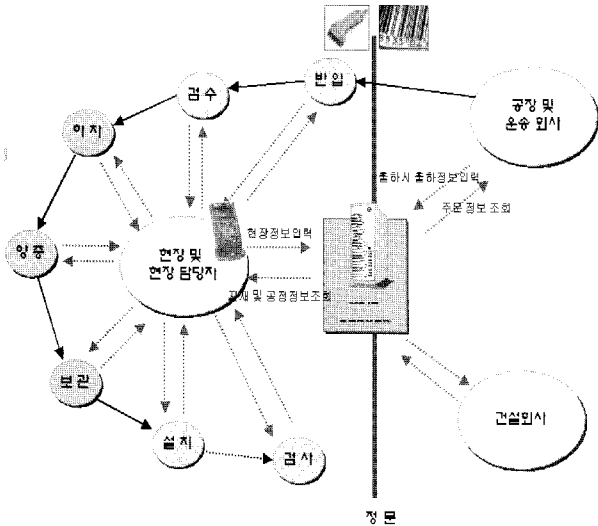


그림 9 시스템의 운영 개념

표 6 시스템의 운용 도구

구분	도구 및 인터페이스	기능
네트워크 운용도구	유무선 인터넷, PDA	정보입력, 조회 및 공유
정보 입력 도구	PDA, 바코드 리더	현장 내 정보 입력

리하게 된다. 이와 같이 입력된 정보들은 본사, 공장, 협력업체 등에서 의사결정을 위한 정보로서 활용된다.

현장에서 이 시스템이 적용되기 위해서는 표 6과 같은 시스템 운용도구들이 필요하게 되는데 인터넷, PDA, 바코드 리더 등은 정보 수집, 입력, 정보 공유 등을 위해 사용된다. 이중 바코드 리더는 현장 입구에 고정되어 사용되며, 자재의 반입 정보와 운송 정보를 입력하게 되고, PDA는 적치 및 설치 정보의 입력 외에 이미 입력된 자재정보와 공정정보의 검색에 활용된다.

5. 프로토타입 시스템의 개발과 적용 사례

5.1 사례현장의 개요

사례 현장의 개요는 다음과 같다.

- (1) 위치 : 서울시 서초구 서초동
- (2) 시공사 : D사
- (3) 건축면적 : 2,679 평
- (4) 연면적 : 78,137 평
- (5) 대지면적 : 6,870 평
- (6) 건폐율 : 35.3 %

- (7) 건물 규모 : A동-지하 6층, 지상 29층
B/C동-지하 5층, 지상 28층 + 37층
- (8) 용도 : 아파트, 오피스텔, 업무시설, 상가, 커뮤니티
- (9) 구조 : 철근콘크리트
- (10) 높이 : 119.63 m
- (11) 주요 건축 시공법 : 코아 동시 시공법, S/C 플랫폼(platform) 사용, 부분 톱-다운(top-down) 공법, 철근 공장 가공, 유니트 커튼월 시스템(unitized curtain wall system) 등
- (12) 현장 주변 상황
공사현장은 30m폭의 우면로를 접하고 있으며, 이곳에 주 출입구가 위치하고 있다. 현장 좌우로는 18m와 20m의 도로와 면하고 있으며 이곳에도 각각의 출입구가 위치하고 있다.
- (13) 자재 물량과 반입수량

커튼월 자재의 현장 반입수량은 커튼월의 작업 속도에 좌우된다. 보통 한 층의 작업 소요일은 4~5일이며, 한 층의 커튼월 물량은 약 212개의 유니트(109가지 종류)로 구성되는데, 이중 198개가 유니트화 된 것이다. 표 7은 이 현장에 반입되는 커튼월 자재의 수량을 보여주고 있다. 트럭 한대는 보통 4개의 팔레트를 운반하며, 팔레트 1개는 4~5개의 유니트로 구성된다. 따라서 트럭 1대는 20여개의 유니트를 운반한다. 하루에 보통 45~50개의 유니트가 반입되며 4~5일 동안에 한 층 분량이 반입된다. 이 현장에서는 3개동에서 동시에 커튼월 작업이 진행되는데, 현장 내 일일 반입수량은 130~150개 정도이다. 또한 원활한 작업의 수행을 위해 보통 1개 층 정도의 여유자재를 현장에 보관하고 있다.

표 7 사례 현장의 커튼월 자재 반입 수량

트럭 당 팔레트 수	팔레트 당 유니트 수	1트럭 당 유니트 수	1일 평균 반입량	1개 층 당 반입소요일
4개	4~5개	16~20개	40~50개	4~5일

5.2 사례현장의 물류관리 현황(As-Is)

그림 10은 사례 현장의 가설계획도를 보여주고 있다. 총 4개의 출입구가 있는데, 2번과 4번 출입구를 통하여 콘크리트 및 마감자재가 반입된다. 특히 30m 도로와 면하고 있는 2번 출입구를 통하여 자재들이 집중적으로 반입되기 때문에 이곳이 물류관리의 주요 포인트가 되고 있다.

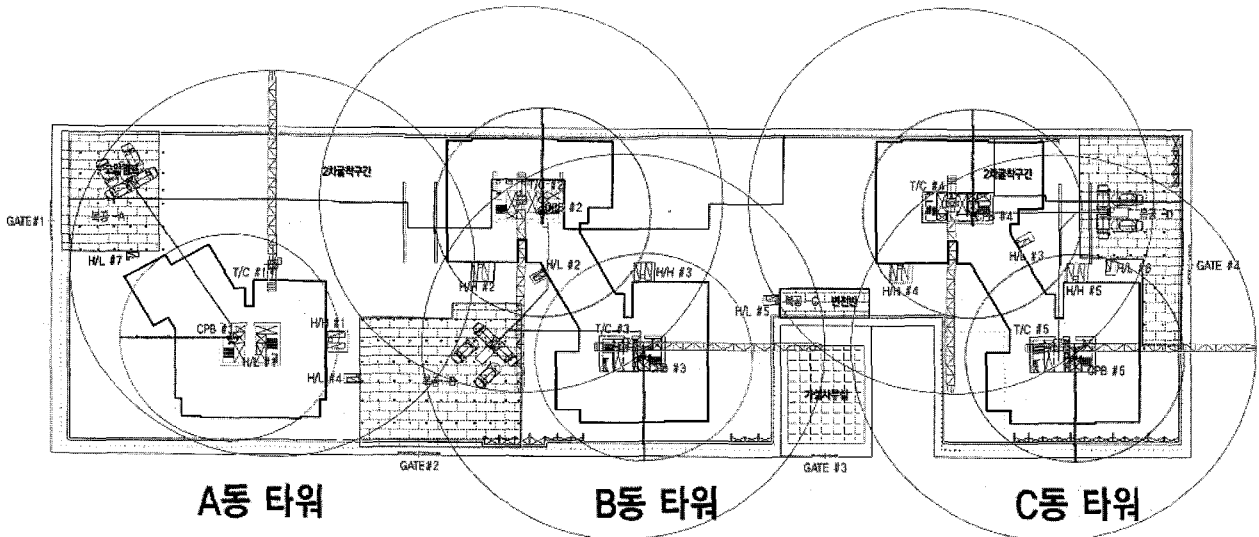


그림 10 사례현장의 가설계획도

표 8 사례현장에서의 물류관리 현황(As-Is)

단계	수집/전달 방법	물류관리 현황
출하 및 운반단계	제품 송장	1. 자재가 현장에 도착하기 전까지 아무 정보를 얻을 수 없음 2. 공장에서 출하되는 자재의 수량 및 부위에 대한 통제가 불가능함
반입단계	제품 송장, 도면, 문서화된 서류, 전화, 팩스	1. 자재 검수에서부터 후속조치에 이르는 일련의 과정이 길어짐 2. 자재의 누락이나 작업의 지연에 대한 대처가 느림
양중 및 적치단계	일정한 양식 없음	1. 수많은 부재에 대하여 변동사항을 일일이 파악하고 추적하기 어려움 2. 이러한 변동 사항에 대하여 일정한 기록 양식이나 전달 방법이 없음
설치단계	문서화된 서류	1. 정보의 전달과 재활용을 위하여 문서화 작업을 반복해야 함
재고관리 단계	문서화된 서류	1. 많은 종류와 수량을 가진 커튼월 부재를 문서로 관리하기 어려움

커튼월 자재는 주문에 의해 반입예정일의 바로 전날 저녁에 공장에서 출발하여 반입 예정일 아침 7시까지 현장입구에 도착한다. 도착된 자재는 주로 A동과 B동 사이의 2번 출입구를 통하여 반입되며 반입된 커튼월은 현장 야적 없이 곧바로 양중 된다. 표 8은 사례현장에서의 물류관리 현황(As-Is)을 정리한 것이다.

5.2.1 자재의 출하 및 운반 단계

공장에서 커튼월 자재를 출하할 때 자재의 정보 전달을 위하여 제품 송장을 사용하고 있다. 송장은 공사명, 차량 번호, 출고처, 발주처, 제품 일련번호와 수량에 대한 정보와 출발 일시와 도착 일시 등 여러가지 정보를 가지고 있다. 하지만 현재와 같이 송장을 통하여 정보가 전달되는 경우, 출하된 자재가 현장에 도착하여 송장이 전달될 때까지 현장 관리자는 자재의 수량, 일련번호 등에 대한 정보를 얻을 수가 없다. 따라서 현장 관리자는 현장에 반입되는 자재의 부위와 수량에 대하여 통제가 불가능하며 공장에서 임의로 출하하는 자재를 반입해야만 하는 한계를 가지고 있다.

5.2.2 자재의 반입 단계

현장에 반입된 자재는 전문건설업체의 관리자에 의해 검수가 이루어지고, 입고된 부재의 품질과 누락 여부를 검토하게 된다. 자재의 검수결과를 문서로 정리하여 현장사무실의 담당자에게 보고하고 파손 혹은 누락된 자재에 대하여 공장에 재주문을 하게 된다. 이러한 일련의 과정들-반입된 자재들을 검수하고, 검수결과를 정리하여 보고하고, 이를 다시 공장에 재 주문하는데까지는 비효율적인 과정으로서, 누락되거나 파손된 자재들과 이를 해결하기 위한 일련의 과정들로 인해 작업지연, 공기연장 등을 야기 시킨다. 그리고 현장에서는 즉시 양중 되어야 할 자재보다는 여유시간이 있는 자재가 먼저 반입됨으로 인하여 현장 내 야적공간의 부족을 초래하고 있다. 이 단계에서의 주요 정보전달도구는 도면, 송장, 문서, 전화, 팩스 등이 사용되고 있다.

5.2.3 자재의 양중 및 적치 단계

반입된 자재들은 전문건설업체 관리자의 지시에 따라 작업장으로 이동하게 된다. 이때 일부 자재들은 예정된

위치로 이동하지 못하는 경우가 발생하게 된다. 예를들면, 현재 설치작업을 하고 있는 층에서 일부 자재가 누락되어 다른층으로 양중 되는 경우, 이것들을 찾아내어 원래의 작업층으로 이동시켜야만 하는 상황이 발생하곤 한다. 그러나 수많은 자재에 대하여 이러한 변동 사항을 일일이 기록하고 추적하는 것은 매우 어려우며, 많은 시간을 소요하게 된다. 뿐만 아니라 이러한 변동사항에 대한 일관된 기록 양식이나 전달 방법도 존재하지 않는다.

5.2.4 자재의 설치 단계

전문건설업체의 관리자는 각 층별로 커튼월의 설치 현황을 파악하여 문서로 작성한 뒤 현장사무실의 담당자에게 보고한다. 건설회사의 담당자는 전달된 문서를 토대로 작업을 확인하고 공정관리 및 정보 공유를 위하여 문서화 작업을 반복하게 된다. 이 단계에서 주요 정보전달 도구는 문서이며, 정보 전달과 재 활용을 위하여 문서화 작업을 반복해야 하는 한계가 있다.

5.2.5 자재의 재고 관리

반입된 자재의 현황과 설치된 자재의 현황을 토대로 현장에 보관 중인 자재의 재고를 파악할 수 있다. 하지만 한 층의 109종류나 되는 212개의 커튼월 유니트를 단지 문서로만 관리하는 것은 비효율적이다. 현재 이 현장에서는 층 단위 혹은 그룹 단위로 대략적인 관리를 하고 있으며, 자재의 수량과 종류가 다양하기 때문에 변동사항을 추적하는데 한계를 가지고 있다.

5.3 프로토타입 시스템의 개발

그림 11은 커튼월부재 양중조달관리 시스템의 프로토타입 시스템 개발에 사용된 자원들을 보여주고 있다. 현장 관리자가 휴대하게 될 PDA의 사양은 Compact iPAQ H3870이며, OS(operating system)은 Windows CE 3.0이고, 네트워크 방식은 유선동기화 방식을 사용하고 있다. 시스템 개발 언어는 eMbedded VC++ 3.0, Visual C++6.0이고, PDA 내장 DB(database)는 ADOCE 3.0, SQL Server CE 2000을 사용하였다.

그림 12는 현장 관리자가 휴대하는 PDA를 사용하여 커튼월 부재 설치 및 양중작업 결과를 전송하는 화면을 보여주고 있다. 이것은 현장에 반입된 커튼월 부재의 반입, 검수, 하차, 양중, 보관, 설치, 검사 등의 일련의 작업 과정에 대한 결과를 현장에 있는 메인서버에 송신하기 위한 도구이다.

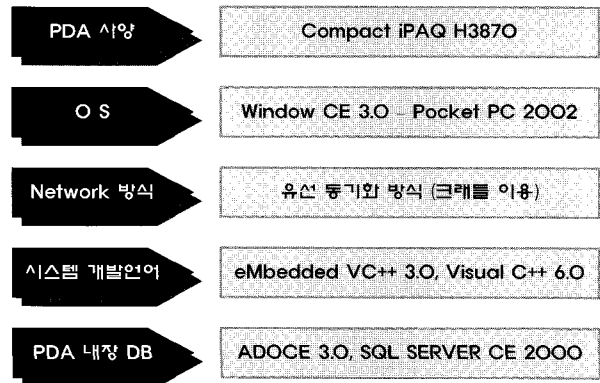


그림 11 프로토타입 시스템의 개발 자원



그림 12 현장 관리자가 휴대하는 PDA를 사용하여 커튼월 부재 설치 및 양중작업 결과를 전송하는 화면

그림 13과 14는 커튼월 부재의 web-based 양중 및 설치 현황관리와 기성관리 화면을 보여주고 있다. 이것은 커튼월 설치 작업이 진행되는 현장의 관리자뿐만 아니라, 도급자의 본사와 협력업체들까지도 인터넷을 사용하여 커튼월 부재의 양중 및 설치 현황과 기성 등을 관리할 수 있음을 의미한다. 그림 13에서는 커튼월 부재의 유닛 번호, 규격, 수량, 양중작업 일시, 설치 작업 일시 등이, 그림 14에서는 커튼월 부재의 계획물량, 기성물량, 기성률 등이 관리되고 있음을 보여주고 있다.

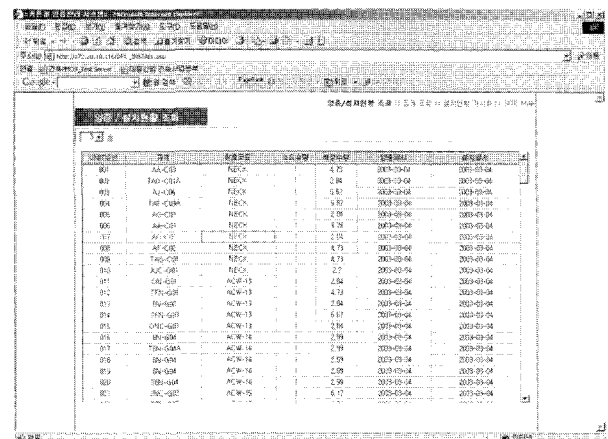


그림 13 커튼월 부재의 Web-based 양중 및 설치 현황 관리 화면

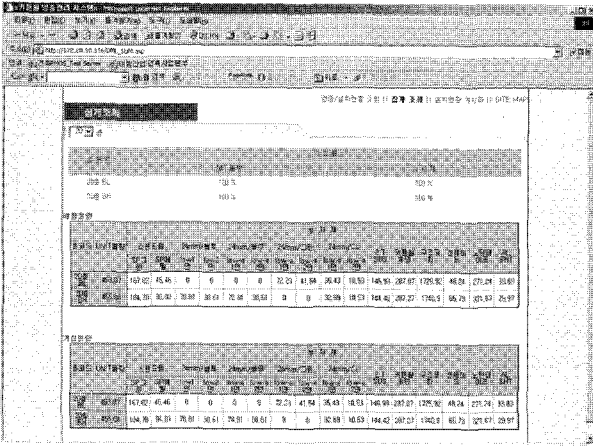


그림 14 커튼월 부재 설치 작업의 Web-based 기성관리 화면

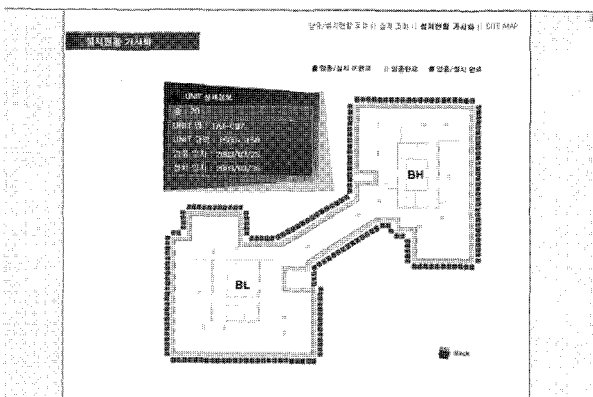


그림 15 커튼월 부재의 Web-based 설치 현황 가시화 화면

그림 15는 커튼월 부재의 설치 현황이 인터넷을 사용하여 가시적(visual)으로 관리되는 화면을 보여주고 있다. 이것은 현장의 메인 서버에 있는 도면정보와 PDA의 문자정보가 링크되어 있기 때문에, 각 커튼월 부재 설치 공사의 진행 상태가 인터넷을 통하여 PC(Personal Computer) 모니터에 보여지는 것이다. 또한 이 기능은 현장 담당자와 본사 유관부서 및 실무자, 협력업체 담당자들이 커튼월 설치작업의 진행상황을 한눈에 파악할 수 있고, 진행상황별 책임소재 파악 등에 효과적으로 사용될 수 있다.

5.4 포토타입 시스템 적용에 따른 기대 효과(To-Be)

5.4.1 주문 단계

현장 사무실의 담당자와 전문건설업체의 작업관리자는 현장의 재고물량과 공정현황을 파악하여 자재의 주문 시기와 수량 그리고 자재의 일련번호를 미리 확인하고 결정한다. 그런 다음 자재가 필요한 시기에 필요

한 만큼 반입될 수 있도록 반입일정과 수량, 필요한 부재에 대한 주문 사항을 시스템의 데이터베이스에 입력하여 주문한다. 이는 커튼월 자재 공장에서 임의대로 자재가 현장에 반입되는 것이 아니라, 현장 관리자가 자재의 출하 및 반입을 통제하는 것을 의미한다.

5.4.2 출하 및 운반 단계

공장에서는 출하하는 자재의 일련번호, 수량, 운반 차량의 정보, 출하시간 및 도착예정시간 등을 인터넷을 이용하여 시스템의 데이터베이스에 미리 입력한다. 또 이러한 자재 정보들은 바코드로 작성되어 제품과 함께 출하한다. 현장에서는 자재의 출하와 운반 작업이 수행되고 있을 때 인터넷을 사용하여 실시간으로 자재정보를 검색할 수 있으며 검색된 정보를 가지고 미리 하역과 양중작업 계획을 수립한다.

5.4.3 자재의 반입 단계

현장에 도착한 자재는 현장 출입구에서 바코드 리더를 사용하여 자재의 정보가 자동 입력되며 검수된다. 이 때 누락 혹은 파손된 자재에 대한 정보는 PDA를 사용하여 검수 결과가 입력되기 때문에 관리가 가능하다. 이는 시스템을 활용하여 단 한번의 입력 작업을 실시함으로써 변동 사항이나 특이한 사항에 대하여 실시간으로 기록하고, 그 정보를 전달하는 것이다. 또한 현장 사무실과 공장은 실시간으로 전송되는 정보들을 바로 확인할 수 있으며 신속한 의사결정과 재 주문, 재출하 등의 즉각적인 후속 조치가 가능하다.

5.4.4 자재의 양중 및 적치 단계

반입된 자재는 작업자들에 의해 작업 층으로 이동된다. 이때 자재들의 이동 여부와 적치장소에 대한 정보들은 PDA를 사용하여 데이터베이스에 저장되며, 자재의 양중과 적치 작업의 변동사항에 대해서도 입력이 가능하다. 입력된 정보들은 곧바로 공유될 수 있으며, 자재의 이동상황에 대한 추적도 가능하다.

2.4.5 설치 단계

커튼월 부재가 설치된 작업 층에서는 PDA를 사용하여 커튼월 설치 상태에 대한 검사 결과 등의 정보를 입력한다. 그리고 커튼월의 설치상태에 대한 결과는 인터넷을 통해서 검색이 가능하다.

표 9 프로토타입 시스템 적용에 따른 기대 효과(To-Be)

단계	활용 도구	적용 후 불류관리
주문단계	데이터베이스, 유선 인터넷	1. 현장의 관리자가 자재의 출하 및 반입을 통제할 수 있음
출하 및 운반단계	데이터베이스, 유선 인터넷 바코드	1. 공장에서 출하되는 자재의 정보를 실시간으로 검색하여 하역 및 양중 작업 계획을 수립할 수 있음
반입단계	바코드리더, PDA 데이터베이스, 무선 인터넷	1. 김수에 대한 정보가 실시간으로 전송되어 신속한 후속조치가 가능함 2. 반복되는 문서 작업으로 인한 소요시간을 단축할 수 있음
양중 및 적치단계	PDA, 데이터베이스 무선인터넷	1. 양중, 적치 작업 수행 후 입력된 정보들을 공유할 수 있음 2. 자재의 이동과 변동사항에 대한 위치파악과 추적이 가능함
설치단계	PDA, 무선 인터넷 데이터베이스	1. 설치 정보의 신속한 공유 2. 문서 작업의 반복을 줄어듦
재고관리 단계	PDA, 데이터베이스 유, 무선 인터넷, 바코드	1. 자재의 반입 후 양중, 적치 및 설치에 이르는 전 과정의 체계적인 관리 및 추적이 용이해짐

2.5.6 재고 관리 단계

본 시스템을 활용할 경우, 커튼월 자재의 반입 후 이동상황과 설치 위치 등의 체계적인 관리와 추적이 가능하다. 그리고 이로 인하여 현장 내 야적공간의 여유 등을 파악하는 것이 용이한 관계로 재고 관리 업무 또한 간편해진다.

표 9는 프로토타입 시스템을 적용했을 때 기대되는 효과(To-Be)들을 정리한 것이다.

6. 결 론

본 연구에서는 커튼월 부재를 중심으로 초고층건물공사 현장물류관리의 문제점을 도출하였으며, 이에 대한 해결방안으로서 커튼월 부재의 양중조달관리 시스템 개발 방향과 소요 기능 등을 제시하였다.

그리고 이 기능들을 구현하기 위하여 먼저 커튼월 부재의 설계단계에서부터 설치단계까지의 프로세스를 분석하였고, 시스템 모델링을 수행하였다. 다음으로 이 모델링 결과를 토대로 web-based 커튼월부재 양중조달관리 시스템의 프로토타입 시스템을 개발하였으며, 이 시스템을 사례 현장에 적용하였다.

본 연구에서는 이 프로토타입 시스템의 적용에 따른 기대효과를 1) 주문단계, 2) 출하 및 운반단계, 3) 자재의 반입단계, 4) 자재의 양중 및 적치단계, 5) 설치단계, 6) 재고관리단계 등으로 구분하여 정리하였다.

본 연구에서 개발한 web-based 커튼월 부재 양중조달관리 시스템은 초고층건물공사 커튼월설치작업의 JIT 관리 능력 및 생산성 향상에 기여할 것이다. 그리고 이 시스템을 건설기업들이 초고층건물공사에서 활용할 경우, 건설기업들의 현장물류관리 능력이 크게 향상될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구를 수행하는 동안 많은 도움과 조언을 주신 한양대학교 김재준 교수님, 광운대학교 김창덕 교수님, 경원대학교 서상욱 교수님, 숭실대학교 최윤기 교수님, 경북대학 정순오 교수님께 감사를 드립니다. 또한 사례 현장 섭외 등의 도움을 주신 대림산업(주)의 임형철님, 송영석님, OO 현장 관계자들, 인터뷰에 응해주신 초고층건물공사들의 현장 관계자들, 그리고 연구 진행과정 동안 수고를 아끼지 않은 ‘건설공사의 적시생산(JIT)을 위한 양중 및 조달시스템 개발(건설교통부, 과제번호 : 2001-D05-01)’과제의 연구원들께도 감사를 드립니다.

이 연구는 건설교통부(과제명 : 건설공사의 적시생산(JIT)을 위한 양중 및 조달시스템 개발, 과제번호 : 2001-D05-01) 연구비 지원에 의한 결과의 일부임.

참 고 문 헌

1. 안병주, 김재준, “고층건물공사 마감자재 양중계획의 타당성 검토,” 대한건축학회 논문집 구조계 17권, 1호, 2001, pp.145~156
2. 김 훈, 안병주, 김재준, “고층빌딩공사의 리프트 선정 프로세스 개선 방안에 대한 연구,” 대한건축학회 학술발표논문집 제19권, 제2호, 1999, pp.774~779
3. 광길중, 손정락, 김경래, 손창백, 김재준, “공업화 PC 부재의 물류정보 관리 시스템,” 대한건축학회 논문집 구조계 14권, 제10호, 1998, pp.87~94
4. 송영석, 김동진, 임형철, “건설자재의 적시생산을 위한 관리 Point 운용모델구축 방안-골조공사 R. C.자재를 중심으로,” 대한건축학회 학술발표논문집 제21권, 제2호, 2001, pp.595~598

5. 이태식, 이성현, “Mobile Computing을 통한 Personal Digital Assistant 기반의 건설정보관리 시스템,” 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집 제2권, 2001, pp.475~478
6. 하용호, 유승훈, 윤학중, 이세준, 김영석, “IT기술을 이용한 건설정보관리효율화 방안,” 한국건설관리학회 학술발표대회논문집, 제2권, 2001, pp.513~518
7. 김창덕, Tommelein, “건설 생산 시스템의 새 지평,” 건축, 제44권, 제3호, 대한건축학회, 2000, pp.41~49
8. 임형철, 송영석, “건설현장 자원조달과 양중의 적시 생산 기법(Just in Time)도입 방안,” 대림기술정보 2002년, 여름호, 2002, pp.56~67
9. 김창덕 외, “건설공사의 적시생산을 위한 양중 및 조달 시스템개발과제 중‘건설공사의 적시생산을 위한 양중 및 조달 시스템개발 연구보고서,’” 건설교통부, 2003
10. Low, S. P. and Chan, Y. M., “Managing Productivity in Construction : JIT Operations and Measurements,” Ashgate Publishing Co., Brookfield, Vt, 1997
11. Choo and Tommelein, “Space Scheduling Using Flow Analysis,” *Proceedings 7th Conference of the IGLC*, 1999, pp.299~312
12. L. S. Pheng and C. J. Chuan, “Just-In-Time Management of Precast Concrete Components,” *J. of Construction Engineering and Management, ASCE*, Vol. 127, No. 6, 2001, pp.494~501 