

# VSM기법을 활용한 커튼월 공사의 설계 프로세스 개선

## The Improvement of Curtain Wall Design Process using Value Stream Mapping Tools

김 창 덕\* · 이 상 혁\*\*

Kim, Chang-Duk · Lee, Sang-Hyuk

### 요 약

국내 건설 공종 중 커튼월 공사는 투자비용 측면에서 전체공사비에서 차지하는 비율이 약 10~15%로서 타 공종에 비하여 상대적으로 높고, 주공정(Critical Path)상에 위치하는 주요 관리대상 공종이며, 건축설계, 커튼월 설계, 제작, 조달, 시공, 유지관리 등 전체 라이프사이클의 각 단계별로 설계업체, 커튼월 제조업체, 시공업체, 유지보수 업체 등 전 공정에 약 30여 개 업체가 관여하는 복합공종으로 이 과정에 있어 각 주체 간의 업무 프로세스를 효과적으로 관리하기 위한 방안이 절실히 요구되고 있다. 그러나 기존의 관리방식은 각 단계별 관리에 초점을 맞추므로서 프로젝트의 프로세스 상에서 발생하는 의사소통의 문제로 인한 오류, 잘못된 정보로 인한 재작업, 비효율적인 정보관리로 인한 작업 중복, 누락 등 결과적으로 비용 및 공기의 증가 생산성 하락, 품질 하락 등의 문제가 빈번하게 발생하고 있는 실정이다.

본 연구는 커튼월 설계·생산·시공·유지관리 등의 전체 라이프사이클 프로세스 현황 파악 후 가치흐름맵핑 기법을 활용하여 As-Is 모델 도출, 이를 바탕으로 설계 단계에서의 설계 프로세스 현황 파악을 통한 설계 프로세스 As-Is 모델 도출, 설계 프로세스에서의 문제점 분석을 통한 설계 프로세스 개선 사항 분석 및 제시, 이를 토대로 한 설계 프로세스 To-Be 모델 개발 및 제시 등을 통하여 현업에서의 무다(waste, 낭비) 제거를 목표로 실무적 관점에서 시도하였다. 본 연구에서는 커튼월 공사의 전체 프로세스 중 개선 효과가 가장 큰 것으로 파악된 커튼월 공사의 설계 프로세스를 대상으로 하였지만 동일한 방법론 및 절차는 커튼월 공사에서의 조달, 시공, 유지관리 프로세스에 적용될 수 있으며, 향후 다양한 건설 환경에서 다른 공종의 공사 프로세스의 현황 분석 및 개선을 위해서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

키워드: 가치흐름맵핑(VSM), 커튼월 프로세스, 낭비(Waste)

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근의 건축공사는 주상복합 빌딩의 등장으로 사무소 빌딩뿐만 아니라 주거 빌딩에 이르기 까지 점차 고층화·복잡화 되고 있으며, 원가절감과 공기단축, 생산성 향상, 그리고 건설인력의 감소와 노령화 등의 문제로 관리기술의 효율화를 위한 시도들이 진행되고 있다. 특히, 국내 건설 공종 중 커튼월은 국내 초고층

빌딩 건축에서 가장 많이 활용되고 있는 외장공법으로 공사비용 측면에서 전체공사비에서 차지하는 비율이 약 10~15%로서 타 공종에 비하여 상대적으로 높으며, 공정관리 측면에서는 일반적으로 주공정(critical path)상에 위치하는 주요 관리대상 공종으로서 설계, 제작, 시공, 유지관리 단계에 걸쳐 세심한 관리가 요구된다. 커튼월 공사의 프로세스는 통상 건축설계, 커튼월 설계, 조달, 양중, 시공, 유지 관리의 단계로 진행되며, 각 단계별로 설계업체, 커튼월 제조업체, 시공업체, 유지보수업체 등 전 공정에 약 30여개 업체가 관여하게 된다. 따라서 이를 유기적으로 연결하여 커튼월을 현장여건에 맞게 제작하고 일정에 맞게 시공하는 것은 대형공사의 경우 가장 중요한 관리대상으로 볼 수 있다.

그러나 기존의 관리방식의 대부분은 설계, 제작, 현장관리, 유지관리 등 각 단계별 관리에 초점을 맞추므로서 프로젝트의 프로세스 상에서 발생하는 의사소통의 문제로 인한 오류, 잘못된

\* 중신회원, 광운대학교 건축공학과 교수, 공학박사, stpkim@kw.ac.kr

\*\* 일반회원, 광운대학교 건축공학과 석사, bread2@kw.ac.kr

본 연구는 2005년도 건설교통부의 산·학·연 공동 연구개발사업에 의하여 지원되었음. (과제번호 R&D/03-산학연 A01-01)

정보로 인한 재작업, 비효율적인 정보관리로 인한 작업 중복 등 결과적으로 비용 및 공기의 증가, 생산성 하락, 품질 하락 등의 문제가 빈번하게 발생하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 커튼월 공사 프로세스 상에 관련된 많은 주체들과의 원활한 협력관계를 구축하고, 각 프로세스 별 의사결정 지원 및 정보·물류흐름의 모니터링을 자동화하는 통합관리 시스템 구축을 목표로 하여 커튼월 설계·생산·시공·유지관리 등의 전체 라이프사이클 프로세스 현황 파악 및 As-Is 모델 제시, 이를 바탕으로 설계 단계에서의 설계 프로세스 현황 파악을 통한 설계 프로세스 As-Is 모델 도출, 설계 프로세스에서의 문제점 분석을 통한 설계 프로세스 개선 사항 분석 및 제시, 이를 토대로 한 설계 프로세스 To-Be 모델 개발 및 제시 등 크게 4가지 목표를 실무적 관점에서 심층적으로 시도하였다.

### 1.2 연구 범위 및 방법

본 연구는 커튼월 공사 프로세스 상의 전체 라이프사이클에 걸쳐 활용할 수 있는 자동화 관리 시스템을 개발하기 위한 기반 연구로서, 커튼월의 설계, 조달, 생산, 시공, 유지관리 등 전체 라이프사이클 상의 프로세스를 분석하여, 각 단계별 개선 사항을 파악하여 개선된 커튼월 라이프사이클 프로세스를 제시하고자 하였다.

구체적으로 연구는 다음과 같은 방법 및 절차에 의해서 수행되었다.

- 1) 커튼월 공사 라이프사이클 프로세스에 대한 관련 연구 및 시공 동향에 대해 검토한다.
- 2) 커튼월 공사 라이프사이클 프로세스에 대해서 현황을 파악하고 분석한다.
- 3) 커튼월 공사 라이프사이클 프로세스에 대해서 IDEF0 기법과 가치흐름맵핑기법(VSM: Value Stream Mapping) 등의 모델링 기법을 활용하여 As-Is 모델과 현재상태맵핑(CSM: Current State Mapping)을 도출하고 제시한다.
- 4) 커튼월 공사 라이프사이클 중 설계 프로세스에 대해서 상세한 As-Is 모델과 CSM을 도출하고 제시한다.
- 5) 커튼월 공사 설계 프로세스에 대한 상세 As-Is 모델에 대해서 Muda(1)<sup>1)</sup> 기법을 이용하여 각 수행주체별 그리고 세부 프로세스별 낭비원인을 규명하고 제시한다.
- 6) 커튼월 공사 설계 프로세스에서 낭비원인을 제거함을 목적

으로 하는 개선된 커튼월 공사 설계 프로세스를 To-Be 모델과 미래상태맵핑(FSM: Future State Mapping)을 도출하고 제시한다.

- 7) 커튼월 공사 설계 프로세스 As-Is 모델의 CSM과 To-Be 모델의 FSM의 가치흐름을 비교 분석하여 개선효과를 제시한다.

## 2. 예비적 고찰

본 연구에서는 초고층 빌딩 커튼월 공사의 라이프사이클 프로세스 및 설계 프로세스 현황 파악을 통해 현행 커튼월 프로세스의 가치흐름과 프로세스에 존재하는 낭비를 규명 및 분석한다. 그리고 제안 프로세스의 가치흐름을 제시하기 위해서 사용한 기법은 IDEF0와 가치흐름맵핑기법(VSM)이 있는데, IDEF0 기법은 프로세스를 시스템화하여 표현하는 기법으로써 일반적으로 사용되는 기법이나 VSM은 비교적 생소한 기법이므로 다음에서는 이 기법을 간략히 소개하고 아울러 커튼월 공사 관리에 관한 기존 연구 동향을 살펴본다.

### 2.1 가치흐름맵핑(VSM)

가치흐름맵핑은 Rother and Shook(1999)이 제안한 방법으로 분석하여 개선하려고 하는 공중의 생산 프로세스의 핵심 자재와 정보의 흐름을 측정하여 도식적으로 나타낸 것이다. 따라서 이를 자재·정보 흐름맵핑(Material and Information Flow Mapping)이라고도 한다. 이 기법은 자재와 정보의 흐름을 저해하는 요소를 개선함으로써 가치를 제고하려는 흐름개선(Flow Innovation)과 인력과 프로세스 진행흐름을 개선하여 상세 프로세스 진행 중 발생하는 낭비를 제거하려는 낭비제거(Waste Elimination)가 그 주요 목적이다.

VSM은 우선 가치 분석할 대상을 선정하여 가치의 기준을 선정한 후 현재의 생산 프로세스를 자재, 장비, 인력 등 물류의 흐름과 의사결정, 문서, 지침 등 정보의 흐름으로 도식화한다. 도식화할 때 사용하는 기호를 아이콘이라 하는데 아이콘은 (1)조립·재고·운반·당김 등 자재 아이콘, (2)주문·전자주문·칸반·배치형 칸반·재고확인 등 정보 아이콘, (3)버퍼·관리자·시급개선 등 일반 아이콘이 있다.

현재의 생산 프로세스를 도식화한 것을 현재상태맵핑(CSM: Current State Mapping)이라 한다. 현재상태맵이 도출되면 이를 분석하여 앞서 정의된 가치의 창출(또는 부가) 여부에 따라 가치창출에 보다 기여할 수 있는 방안을 제시하는 동시에 가치창출에 기여하지 못하는 모든 작업을 무다(낭비)로 규정하고 이

1) 무다(むだ) - 일본 토요타 자동차에서 개발한 토요타생산시스템에서 사용 용어로서 낭비, 쓸모없음, 불필요함 등을 의미함.

의 원인을 분석한 후 이를 제거하거나 감소시킬 수 있는 개선안을 도식화하여 제시한다. 이때 가치창출에 기여하는 기준으로 가장 핵심적인 항목은 재공품재고(WIP: Work-In-Process)감소, 사이클 타임(CT: Cycle Time)단축, 준비시간(Setup Time) 단축, 표준화(또는 변이의 감소) 등이다. 도식화된 개선안을 미래상태맵핑(FSM: Future State Mapping)이라 한다.

다음 <그림 1>은 가치흐름맵핑 절차를 표현한 것이다.

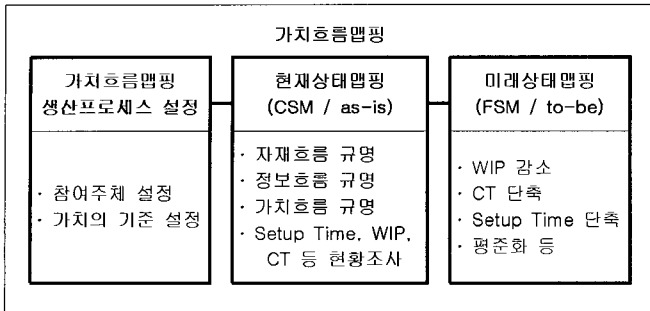


그림 1. 가치흐름맵핑 절차

## 2.2 커튼월 공사 관련 연구 동향

커튼월은 장막벽이라고도 하며 건축구조상 커튼 모양으로 공간을 구획하여 막아주는 기능을 갖는 벽을 말하는 것으로 알루미늄, 철제, 유리, 석재, PC등의 재료를 사용하여 창, 마감재, 부속품 등의 벽 구성부재를 공장에서 제조하여 현장에서는 볼트 또는 이와 유사한 접합재료를 이용하여 설치하는 외벽을 뜻한다. 커튼월은 외벽을 표준화 및 경량화하고, 다양한 외장 마무리 구현이 가능하며, 공업화 제품 사용과 현장시공의 기계화, 가설비계의 생략 및 절감으로 공기단축 및 공사비절감의 효과가 있는 장점이 있어 초고층 빌딩에 널리 사용되고 있다.

커튼월 관련 연구는 정보관리, 자재관리, 공법, 구조에 관한 연구들이 수행되어왔으며, 연구의 흐름 측면에서 나누면 크게 두 가지, 즉 1) 공사관리에 관한 연구, 2) 기술 효율화에 관한 연구로 나누어 볼 수 있다. 첫째, 커튼월 공사관리에 관한 연구는 주로 도심지 대형공사에서 발생하는 커튼월 현장 내 물류관리의 문제점들을 해결하기 위하여 적시생산(Just-In-Time) 관리개념을 중심으로 한 자재관리에 대한 연구가 진행되어왔고, 둘째, 커튼월 기술 효율화에 관한 연구는 커튼월의 조립공법에 따른 구조계산 방법을 위주로 연구되어왔다.

먼저, 커튼월의 공사관리 관점에서 정보관리와 자재관리에 관한 연구를 구체적으로 살펴보면, 임형철(2004)은 대상 자재(콘크리트, 커튼월)의 물류흐름상의 관계자 및 공정 관계자 상호간의 공정 의사소통을 위하여 공정 커뮤니케이션에 대한 정의를

내리고, 의사소통을 위한 필요정보와 주체, 대상에 대한 분석을 수행하였고, 이형수(2004)는 커튼월 공사의 공사 참여주체간의 의사소통 체계 구축 및 양중계획 업무 개선방안을 제시하였으며, 신봉수(2003)는 커튼월 자재별 속성을 고려한 양중계획 수립, 작업일정과 양중일정의 통합관리, 자재의 위치현황 및 작업의 설치현황 가시화를 통한 양중관리시스템을 개발하는 방안을 제시하였다. 또한 임형철(2003)은 커튼월 자재의 적시생산을 위한 양중 및 조달 시스템 등의 정보를 보다 신속하고 효율적으로 처리하기 위해서 현장 작업프로세스를 분석하고, 자재객체 데이터베이스의 적시생산 시스템 프로토타입의 완성과 이를 현장에 적용/검증하였으며, 안병주(2003)는 커튼월 자재를 대상으로 적시생산개념을 도입한 커튼월 양중조달 관리시스템의 개발방향 및 시스템 모델링을 위한 자재정보 모델을 제시하였다.

표 1. 커튼월 관련 연구

구분	저자	연구내용/한계점	본 연구의 차별성
정보관리	임형철 2004	- 각 참여주체간의 원활한 의사소통을 위하여 입고/설치 현황을 4D-VR 과 관리 시스템으로 파악	- 본 연구는 관리단계 및 참여주체가 설계/조달/생산/설치/유지관리 등 전체 라이프사이클로 확대함
	이형수 2004	- 커튼월 자재의 적시공급체계 제시 - 참여주체 간 업무별 정보 흐름 제시 없음	- 본 연구는 참여주체간 업무별 정보흐름 및 물류흐름 제시 - 설계 프로세스를 상세 분석하고 개선안을 제시함
	신봉수 2003	- 건설업에서 적시생산에 대한 정의, 콘크리트와 커튼월 분석을 통해 시스템 구현을 위한 요구사항 정의 및 프로그램 구현을 통한 프로토타입 제시 - 시스템 구현을 통해 관리 효율성을 증대시켰으나 분석대상 자재의 양중정보를 공유하기 위한 참여 주체별 관리운영체계의 구체화가 필요하고 타 프로젝트의 일련화 검토 필요	- 본 연구에서는 커튼월 관리정보의 생성이 이루어지는 건축설계, 커튼 월 설계 프로세스를 상세분석하고 개선안을 제시함
	임형철 2003	- 커튼월 양중조달 관리시스템의 제시와 현장적용으로 시스템의 타당성 검토 및 기대효과를 구체적으로 제시 - 자재의 이동 정보를 단순 모니터링 함	- 본 연구는 자재의 이동정보에 따른 관리보다는 커튼월공사의 설계부터 유지관리 단계까지의 프로세스, 참여주체별 정보흐름을 규명하고 특히 설계프로세스를 상세분석한 후 개선안을 제시함
공법	안병주 2003	- 커튼월 공사의 양중조달 관리시스템의 제시와 현 문제점에 대한 대책 및 개발 방향의 방법론적 접근	- 본 연구는 참여주체간 업무별 정보흐름 및 물류흐름 제시 - 설계 프로세스를 상세 분석하고 개선안을 제시함
	손영주 2001	- 커튼월의 구조적 요구 성능을 정량화하여 분석하였으나 각 참여주체간의 프로세스 진행 단계별 정보 교환체계 미흡 - 초고층 건축물의 커튼월 시스템 공법선정방안을 제시	- 본 연구는 참여주체간 업무별 정보흐름 및 물류흐름 제시 - 설계 프로세스를 상세 분석하고 개선안을 제시함 - 유니트 시스템을 대상으로 함
구조	장교관 2000	- 국내에서의 커튼월 실물대실험에 대한 기준 분석에 관한 연구임	- 커튼월 설계프로세스를 상세분석하고 정보 및 물류 흐름을 제시하고 개선안을 제시함

다음으로, 커튼월의 기술효율화에 관한 연구를 살펴보면, 손영주(2001)는 커튼월의 이론적 분석과 시공사례를 통해서 커튼월 시스템을 비교하여 커튼월의 구조적 요구 성능을 정리하고, 각 단계별 업무진행에 초점을 맞추어 프로세스를 분석하였으며, 장교관(2000)은 실물대 실험의 실험절차, 방법, 허용기준에 대하여 연구소 실험에서 행하여지고 있는 실 사례를 대상으로 미국 ASTM을 근거로 건축물에 사용될 커튼월에 대한 실물대실험을 실시하여, 시공 상 문제점과 디자인 개선을 위한 기초 자료를 제시하였다. <표 1>는 앞서 살펴본 커튼월 관련 연구 내용을 분석한 것이다.

### 3. 커튼월 공사 프로세스 As-Is 모델

커튼월 설계/생산/시공/유지관리에 관한 라이프사이클 As-Is 프로세스 분석 및 모델을 구축하기 위해, 사전 조사와 현장 방문 및 설문조사(김예상의(2005)참조)를 통해 도출된 내용을 바탕으로 먼저 각 단계별 업무의 절차와 정보를 분석하고, 각 업무별 정보를 알기 쉽게 도식화하고 각 정보의 기능 분해와 기능 간 분류 절차를 통해 시스템에 적용하기 위해 IDEF0 방법론을 이용하여 이를 도식화하였다. 각 단계별 적용 방법론을 도식화하면 다음 <그림 2>와 같다.

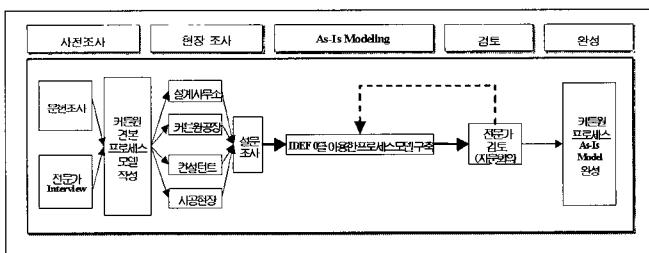


그림 2. 커튼월 공사 라이프사이클 프로세스 As-Is 모델 구축방법

#### 3.1 커튼월 공사 프로세스 개요

커튼월 공사는 보통 건축설계, 커튼월설계, 실물대실험, 커튼월 생산 및 제작, 커튼월 검사 및 출하, 커튼월 부속자재 조달, 커튼월 양중, 커튼월 시공, 커튼월 유지관리단계로 진행되는 복잡한 라이프사이클 프로세스를 가진다.

<그림 3>은 가장 상위 레벨인 커튼월 프로세스를 나타내고 있으며, 그림의 Mechanism에 나타난 바와 같이 건축주, 건축설계사무소, 건설회사, 구조설계사무소, 컨설턴트, 감리, 유지관리업체, 커튼월 전문업체, 하자보수업체 등 다양한 주체가 참여함을 알 수 있다.

<그림 4>는 <그림 3>의 하위 단계의 프로세스를 나타내고 있다. <그림 4>에 나타난 바와 같이 본 연구에서 조사된 커튼월 라

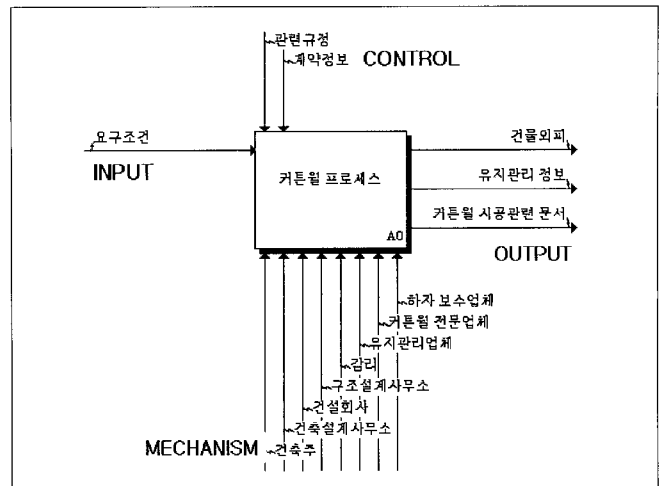


그림 3. 커튼월 공사 라이프사이클 프로세스 (A0 Level)

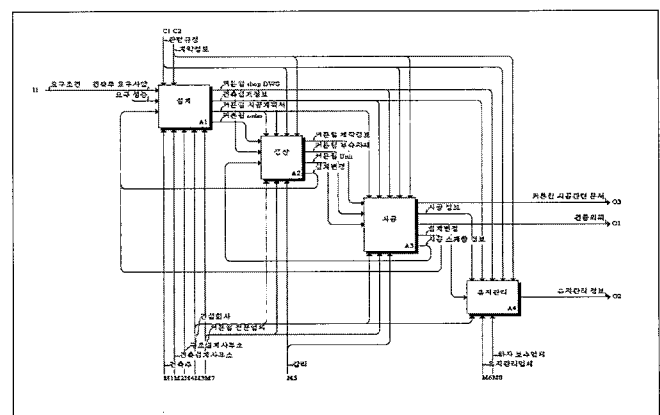


그림 4. 커튼월 공사 라이프사이클 프로세스 (A1 Level)

이프사이클은 크게 설계, 생산, 시공, 유지관리단계로 구분되며, 설계 단계는 다시 건축설계, 커튼월설계로, 시공단계는 양중, 설치단계로 세분화된다.

#### 3.2 커튼월 설계단계 As-Is 프로세스

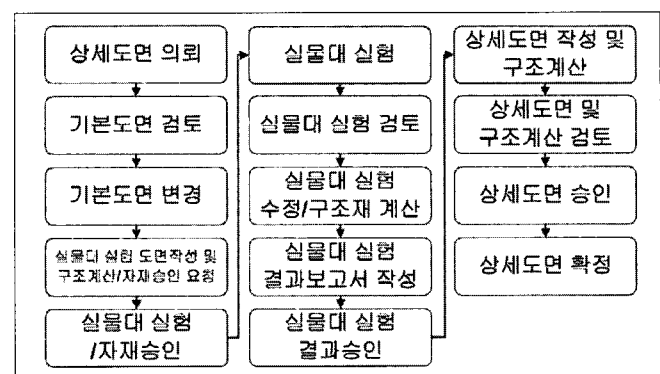


그림 5. 커튼월 실물대 실험 프로세스

커튼월 설계 단계에서 실행되는 업무는 실물대실험을 하는 부위와 실물대실험을 하지 않는 부위로 나누어지며, 일반적으로

표 2. 커튼월 공사 설계 프로세스 정보 분석

커튼월 설계 프로세스						
단계	설명	프로젝트 서술	입력데이터		의사결정 사항/ or 출력 데이터	
			참고 자료	작성자 입력 데이터	검토자 입력 데이터	
기본도면 검토		[계약 정보] [커튼월 전문 업체 정보] [프로젝트 정보] [성능기준] [입면 요구 사항 정보] [건축 도면] [커튼월 Basic shop dwg] [설계 변경 제안 정보] [설계진도 관련 정보] • 상태 정보(설계 변경 의뢰) • 시간	[관련 법규] [시방서 기준] [AAMA 기준] [ASTM 기준] [KS 기준]	[점토 사항]	[점토 사항]	[성능기준] [입면 요구사항] [설계 기간/ 금액] [기타 커튼월 shop dwg 요구사항] • mock up 부위 ... 파일 형식 등 [설계 진도관련 정보] • 상태 정보(커튼월 shop dwg 작성의뢰) • 시간 [설계 변경 지시사항] • 수정 사항 • 기타 description [설계 진도관련 정보] • 상태 정보(설계 변경 지시) • 시간
				• 설계 변경 여부 • 수정항목 • 이유 • 기타 description	• 설계 변경 여부 • 수정항목 • 이유 • 기타 description	

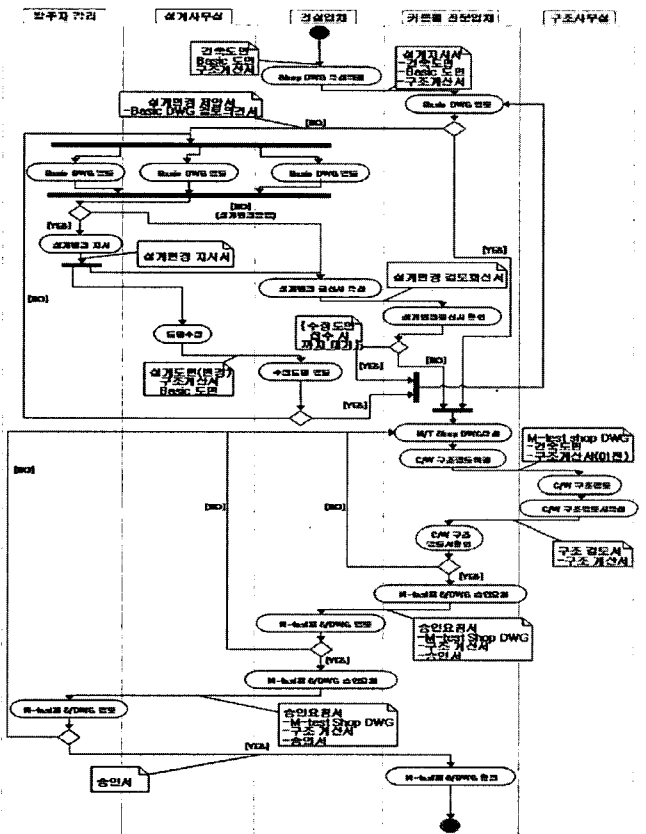


그림 6. 커튼월 공사 설계 As-Is 프로세스

실물대실험을 하는 경우에는 한 달 이상의 긴 기간이 소요되기 때문에 우선 실물대실험 부위부터 설계를 진행한다.

실물대실험을 하는 부위의 프로세스는 <그림 5>와 같이 구성된다.

이 단계에서는 발주자/감리, 설계사무실, 구조사무실, 건설업체, 커튼월 전문 업체, 실물대 실험 시험기관 등이 업무를 수행하게 된다. 그리고 실물대실험을 실시하지 않는 부위는 실물대

실험을 실시하는 프로세스 중 실물대실험과 관련된 단계를 제외하면 동일한 프로세스를 가진다. <표 2>는 실물대실험을 하는 경우를 대상으로 관련 정보를 분석한 것의 일부이다.

분석결과 최근 국내의 몇몇 대형 프로젝트의 경우는 본 연구에서 제안한 표준 프로세스와 다르게 외국의 선진 사례와 유사한 흐름으로 변화하여, 건축설계 단계에서부터 커튼월 컨설턴트를 고용해 커튼월 설계의 초기 단계인 기본도면 검토의 과정에서 발생하는 설계 변경, 비용, 시간을 줄이는 경우가 늘어나고 있는 추세이고, 일부 프로젝트는 건축설계 단계에서 이루어지는 기본도면 대신 커튼월 설계를 건축설계단계에서 실시하는 사례가 발견되고 있다. <그림 6>은 커튼월 설계 단계를 각 주체별 업무 및 정보의 흐름 중심으로 표현한 것이다.

커튼월 설계 각 단계별의 주요 문제점은 설계에 관한 의사결정 지연, 설계인력의 전문성 부족, 현장 정보 부족, 각 주체별 현황 파악의 어려움 등으로, 주로 전문성 부족, 정보의 중복·누락·오류, 의사소통의 부족, 프로세스 전반에 대한 상황정보 부족에 의해 발생하는 것이다.

#### 4. 커튼월 공사 설계 프로세스 개선

커튼월 공사의 라이프사이클 프로세스 개선을 위한 설계 절차는 커튼월 라이프사이클 상의 각 참여주체들이 요구하거나 발생시키는 정보 및 문서를 분석하여 IDEF0 모델링을 통해 커튼월 공사의 As-Is 모델을 구축한다. 그 다음 VSM을 활용하여 <그림 7>과 같이 현재의 가치흐름을 파악하였으며, 무다의 7가지 분류 체계를 기준으로 설계, 생산, 시공, 유지관리 단계에서 발생하는 낭비를 규명하고, 또한 낭비가 발생하는 원인을 확인한다. 이를 토대로 현존하는 커튼월 공사의 문제점과 다수의 관련 주체들을 효과적으로 관리하고 생산성을 높일 수 있는 개선된 초고층 커튼월 공사의 라이프사이클 프로세스 To-Be 모델을 제시한다.

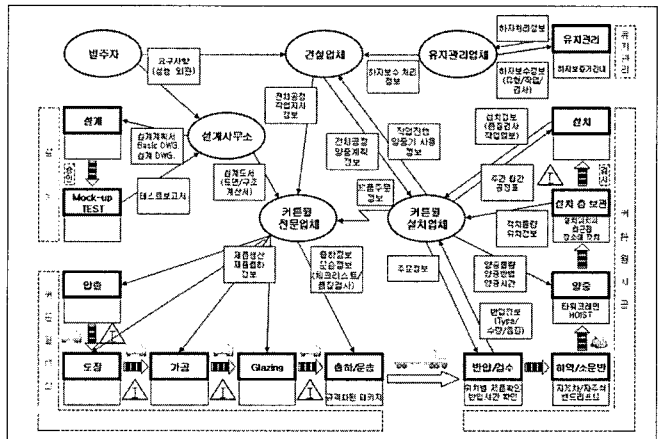


그림 7. 커튼월 공사 라이프사이클 프로세스의 CSM

표 3. 커튼월 설계단계 7가지 무다

구분	내용	무다
과잉생산	-과다한 커튼월 설계도면 -과다한 Mock up test 실시	-발주자의 부정확한 설계의뢰 -과다한 상세 및 규격을 필요로 하는 설계 -건축설계단계에서 요구되지 않는 상세도면 -설계자의 부정확한 설계의뢰 -과다한 실물대실험에 따른 비용 증가 및 일정 지연
대기	-대기	-건축도면 승인에 대한 발주자의 의사 결정 지연 -제출도면의 지연 -설계변경 요청에 대한 의사결정지연 -커튼월도면 작성 지연 -커튼월도면 승인에 대한 발주자의 의사 결정 지연 -커튼월 설계변경 요청에 대한 의사결정 지연 -테스트 준비 미비로 인한 대기 -실물대실험 자체 및 도면 승인에 대한 발주자의 의사결정지연 -실물대실험 리포트 승인 지연 -시험체 제작 및 테스트 도면/리포트 작성 지연
불필요한 교통	-과다한 교류 -운반거리 및 시간의 증가	-정리되지 않은 정보의 교류로 인한 혼란 -잡은 설계변경에 따른 과다한 보고 업무 -해외에서의 실물대실험 실시
부적절한 프로세스	-부적절한 프로세스	-요구 성능 및 검토절차가 무시된 건축입면 디자인 -발주자의 의사반영절차의 무계획 및 무시된 설계프로세스 -부적절한 설계비용 및 일정계획에 따른 설계변경 -부적절한 일정계획에 따른 설계절차 무시 및 졸속 설계 -우수한 성능을 가진 신소재 및 기술의 배제 -테스트와 병렬 진행되는 커튼월 유니트 제작 -부적절한 일정계획에 따른 테스트 또는 절차 무시 및 졸속 테스트
불필요한 재고	- 부적절한 주문	-과다한 현장 적치 -부적절한 유니트 또는 부속물 적치
불필요한 행위	-재설계 -불필요한 행위	-발주자 요구변화에 따른 재설계 -잡은 설계변경 -불필요한 실물대실험 실시
결함	-설계도서의 오류 -커튼월설계도서 오류 -실물대 실험의 오류 -유니트 결함	-불완전한 설계도서(불충분한 설계정보) -현장조건의 반영이 미비한 설계 -시공성, 시공계획을 고려하지 않은 설계 -엔지니어링 능력부족으로 인한 설계 품질 저하 -커튼월 설계도서의 자체 오류 -실제 설치 상황을 반영하지 못한 시험체 제작 -테스트 전 시험체 검사 미비 -시험기준에 미치지 못하는 테스트 도구

(O:발주자, A:설계자, G: 건설회사, E: 커튼월 엔지니어링 업체)

4.1 설계 프로세스에서의 무다 도출

토요타 생산시스템(TPS: Toyota Production System)은 이론적인 분석보다는 한 가지의 실천을 완제품에 대한 평가보다는 생산 과정의 효율성을 일회적인 반짝 개선보다는 지속적인 개선을 중요한 관리사항으로 삼고 있다. 물론 TPS의 궁극적인 목적은 회사 전체의 이익을 증대하는 것이지만, 기존 생산시스템과 달리 TPS는 생산 프로세스에 존재하고 있는 가치를 제고하고, 낭비를 제거함으로써 원가절감과 경쟁력 제고 및 고객만족 등을

통해서 추가적인 자원의 투입을 하지 않고 수익 극대화를 필연적으로 성취할 수 있다는 것이다. 생산 프로세스 중 가치를 창출하지 못하는 것은 모두 무다(Muda)로 규정하고 이를 제거해야 할 시급성에 따라 등급을 설정해서 단계별로 제거해 나간다. TPS에서 무다는 성격에 따라 7가지로 분류하였는데, 다음 <표 3>은 커튼월 공사 설계단계에서의 무다를 TPS에서 제시한 7가지 분류 체계를 통해서 나타낸 것이다.

4.2 무다(낭비, waste)의 원인 규명

커튼월 설계프로세스에서의 무다에 대한 원인은 설계자의 엔지니어링에 대한 고려 미흡, 커튼월 설계 능력 미흡 등으로 인하여 과다한 커튼월 설계, 실물대 실험단계에서는 검증되지 않았거나 특이한 형태의 커튼월 시도로 인한 과다한 실물대 실험의 실시 및 이로 인한 비용증가 및 일정지연, 불완전한 설계도서 및 현장조건의 반영이 미비한 설계로 인한 설계도서의 오류발생, 실물대 실험단계에서 실제 설치 환경이 충분히 반영되지 못한 시험체 제작 및 시험 전 시험체 검사 미비로 인한 실물대 실험의 오류, 경험에 의한 일상적인 테스트 시행 및 현장조건에 대한 정보수집 부족, 부적절한 일정계획에 따른 설계절차 무시 및 졸속 설계, 일정계획 및 전체 프로젝트에 대한 마스터플랜 미비, 참여주체간의 적대적 관계로 인하여 커튼월 설계변경요청에 대한 의사결정지연, 정보누락, 중복, 설계기간 부족 등으로 인하여 잡은 설계변경이 발생하였다. <표 4>는 이외의 무다에 대한 원인을 정리한 것이다.

표 4. 설계프로세스 무다 원인 규명

구분	원인	관련 주체
과잉생산	-발주자의 요구를 정확히 반영할 수 있는 시스템 부재 및 엔지니어링 능력 부족	O-A
	-생산성, 비용 등 엔지니어링을 고려하지 않은 설계	A-E
	-발주자의 불필요한 요구	O-A
	-엔지니어링 능력 부족	A-E
	-시공성 등 엔지니어링을 고려하지 않은 설계	A-E
	-다수의 경험이 없는, 특이한 설계 -많은 양의 실물대실험이 요구되는 설계	A-E
대기	-발주자의 의사결정 기준 및 설계관리 시스템의 미비	O-A
	-부적절한 일정관리 및 일정계획	O-A-E
	-발주자의 전문성 부족 및 설계관리 시스템 미비	O-A
	-다수 참여자간의 원활치 못한 의사소통	O-A-G-E
	-발주자의 의사결정 기준 및 설계관리 시스템의 미비	O-A-E
	-부적절한 커튼월 설계 일정관리 및 일정계획	O-A-E
	-다수 참여자간의 적대적 관계	O-A-G-E
	-발주자의 전문성부족 및 설계관리시스템 미비	O-A-E
	-미흡한 사전점검 및 관리	A-E
	-시험업체와의 커뮤니케이션 부족	E-E
-발주자의 전문성부족	O-A-G-E	

구분	원인	관련주체
불필요한 교통	-설계관리시스템의 미비	O-A-E
	-엔지니어링업체와의 정보교류 및 협력체계 구축 미비	A-E
	-커뮤니케이션 시스템의 미비	O-A-E
	-의사소통도구 및 협력체계 구축 미비	O-A-E
	-발주자의 과다한 요구 및 잘못된 인식	O-A-E
	-국내 테스트 장소 및 설비에 대한 정보 수집 부족 -부족한 국내 테스트 장소 및 설비	A-E E
부적절한 프로세스	-부족한 설계기간, 비용, 엔지니어링 능력	O-A-E
	-설계관리시스템의 미비	O-A
	-참여주체들의 독단적 행태, 설계관리 시스템의 미비	O-A-E
	-일정계획 및 전체 프로젝트에 대한 마스터플랜 미비	A-E
	-경험에 의한 의사결정, 부족한 정보수집 및 의사소통	O-A-G-E
	-부족한 공기, 부적절한 일정계획 -일정계획 및 전체 프로젝트에 대한 마스터플랜 미비 -승인을 받기 위한 형식적인 테스트의 시행	O-A-E O-A-E E
불필요한 재고	-주문 및 관리 시스템의 부재	A-G-E
불필요한 행위	-발주자의 불필요한 요구 및 설계관리 시스템의 미비	O-A
	-건축설계 및 엔지니어링 능력 부족	A-G-E
	-정보누락, 중복/ 설계기간 부족	O-A-G-E
	-다수 참여자간의 적대적 관계	O-A-G-E
	-발주자의 불필요한 요구 및 설계관리 시스템의 미비	O-A
	-건축설계 및 엔지니어링 능력 부족	A-E
	-정보누락, 중복/ 설계기간 부족	A-E
	-다수 참여자간의 적대적 관계	O-A-G-E
	-발주자의 과다한 요구	O-A-E
	-국내 테스트 장소 및 설비에 대한 정보 수집 부족 -부족한 국내 테스트 장소 및 설비	A-E E
결함	-부족한 설계기간, 비용, 엔지니어링 능력	O-A-E
	-정보수집의 부족	A-E
	-커뮤니케이션의 부족	A-G-E
	-설계관리시스템의 미비 및 설계 전문성 부족	A-E
	-부족한 설계기간, 비용, 엔지니어링 능력	A-E
	-정보수집의 부족	A-G-E
	-커뮤니케이션 및 정보수집의 부족	G-E
	-엔지니어링 능력 부족	E
	-구조계산서 검토미비, 건축지식 부족, 건축 도서유류, 부적절한 일정계획에 따른 설계절차무시	A-E
	-현장조건에 대한 정보수집 부족, 불량 시공	A-G-E
-경험에 의한 일상적인 테스트 시행	E	
-사전점검 부족 및 테스트 업체의 미흡한 시설 투자	A-G-E	

(O:발주자, A:설계자, G: 건설회사, E: 커튼월 엔지니어링 업체)

는 커튼월의 라이프사이클 프로세스 전반에 걸쳐 가장 문제가 되고 있는 사항과 그 원인을 파악하여 개선 방안을 제시하는 것이고, 두 번째는 커튼월 설계 프로세스에서 참여주체에 따라 안고 있는 문제점의 개선 방안을 제시하는 것이다.

〈그림 8〉은 첫 번째로 커튼월 라이프사이클 프로세스 전반에 대한 FSM을 나타낸 것으로서, 설계⇒생산⇒시공⇒유지관리 각 단계별로 그림 중앙에 위치한 시스템을 통해서 각 참여주체별로 입출력해야 할 정보와 물류의 흐름을 개략적으로 나타낸 도식이다. 두 번째로 〈그림 9〉는 참여주체별로 구분하여 개선방안을 제시한 것이다. 전체 라이프사이클 프로세스 중 설계프로세스를 대상으로 하여 참여주체별로 개선 방안을 To-Be 모델로서 제시한 것인데, 〈그림 8〉을 그림 상단에 명시된 참여주체별로 구분하여 가로축에 핵심정보를 나열하여 정리한 것이다. 이는 VSM 기법에는 없으나, 본 연구에서 사전 정의된 가치별로(참고로 본 연구에서는 적시 의사결정을 위한 해당 정보의 정확하고 효율적인 소통을 가치로 정의하였음) 개선 전 후의 변화를 보여주기 위해서 개발되었다.

커튼월 설계프로세스는 전체 라이프사이클 프로세스 중 가장 영향도(impact)가 크고 실패요인과 무다가 큰 것으로 분석되었는데, 이는 〈표 3〉과 〈표 4〉에서 정리되어 제시하였다.

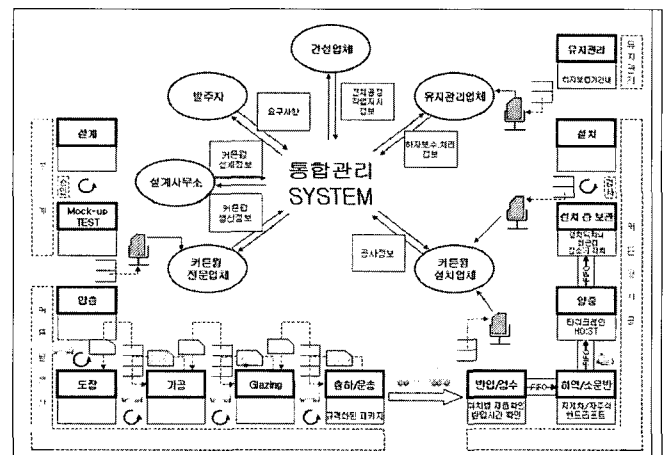


그림 8. 커튼월 공사 라이프사이클 프로세스의 FSM

### 5. 커튼월 공사 설계 프로세스 To-Be 모델

본 장에서는 위에서 제시된 커튼월 공사 라이프사이클 프로세스 중 설계단계에서의 프로세스를 상세분석하고 커튼월 공사 설계프로세스의 To-Be 모델을 제시한다.

#### 5.1 커튼월 공사 설계 To-Be 프로세스

본 연구에서 커튼월 공사 설계프로세스에서 가치를 제고하고 무다를 제거하기 위해서 두 가지 관점에서 접근하였다. 첫 번째

〈그림 9〉는 커튼월 설계 단계 중 실물대실험을 하는 경우를 대상으로 To-Be 모델을 나타낸 것이다. 실물대실험을 하지 않는 프로세스의 경우도 동일한 단계를 거치므로 따로 구별하지 않았다. 〈그림 9〉의 커튼월 공사 설계 To-Be 프로세스를 살펴보면 업무 범위 및 내용은 그대로 있고, 정보 및 의사소통 단계 및 흐름 등이 관리시스템을 통해서 각 단계의 참여 주체가 참여하고 이를 활용하도록 변경되었다. 예를 들어, 기본 설계도면 변경시 모든 관련 참여주체가 동시에 이에 관한 정보를 공유함으로써 신속하고 원활한 의사결정이 될 수 있으며 변경사항을 실

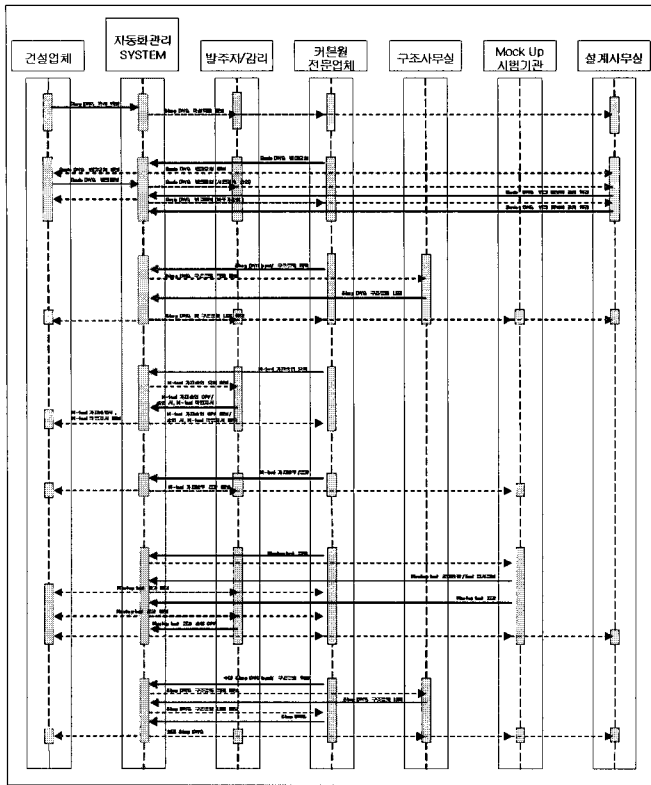


그림 9. 커튼월 공사 설계 To-Be 프로세스

시간으로 알 수 있도록 하였다.

5.2 설계 프로세스 개선 전후 가치 흐름

커튼월 설계 프로세스의 개선 효과를 분석하기 위해서 <그림 6>와 <그림 9>에서 제시한 현재상태와 미래상태 설계프로세스 맵을 다음 <표 5>에서 제시한 기준으로 재 작성하였다. 참고로 앞서 설명한 바와 같이 본 연구에서는 적시 의사결정을 위한 해당 정보의 정확하고 효율적인 소통을 가치로 정의한다. <표 5>에서 제시한 기준은 이러한 가치를 성취하기 위한 설계 프로세스 중 의사결정 요구행위를 작성·전달·요청/지시·승인·검토 등 5개의 행위로 분류하고 개선 전후 설계 프로세스에서 비교하고자 하는 것은 설계 프로세스에서 이와 같은 행위에 대한 소요 회수이다. 이때, 본 연구의 가정은 설계 프로세스에서의 목표를 달성하기 위해서는 적시에 적절한 의사결정을 해당 참여주체가 수행해야 하므로 이러한 설계프로세스의 효율성(설계프로세스 정보관리시스템의 가치)은 위에서 제시한 의사결정 요구행위의 단계 및 회수가 작으면 작을수록 설계 프로세스 중 참여주체들의 의사결정이 효율적이며 이는 궁극적으로 적절한 커튼월 설계를 수행할 수 있도록 해서 커튼월의 가치 달성에 기여한다는 것이다.

개선 전후의 변화를 명료하게 설명하기 위해서 개선 전후의 프로세스를 위에서 제시한 설계 프로세스 중 의사결정 요구행위를 별도로 추출해서 표현한 것이 다음 <그림 10>과 <그림 11>이다. 이를 살펴보면, 작성·전달·요청/지시·승인·검토 등 5개 행위 모두에서 6.7%~100%까지 개선된 것을 알 수 있다. 특히, 위 5개 유형 중 가장 큰 비중을 차지하던 검토 부분에서 30개에서 13개로 감소하여 개선효과가 가장 큰 것으로 나타났다. 이는 현행 프로세스에서 필요한 정보 및 문서들을 각 주체별로 발송하여 검토하여야 했으나, 커튼월 통합관리시스템 기반의 To-Be 프로세스에서는 정보 및 문서들을 시스템상의 한 번의 업로드를 통해 실시간으로 모니터링 함으로써 신속하고 원활한 의사결정이 될 수 있도록 개선했기 때문이다.

표 5. 커튼월 설계 단계의 가치흐름 변화 비교

소요행위유형	개선 전	개선 후	감소율(%)
작성 : ●	18	15	16.7
전달 : →	30	28	6.7
요청/지시 : □	1	0	100
승인 : ■	3	2	33.3
검토 : ○	30	13	56.7

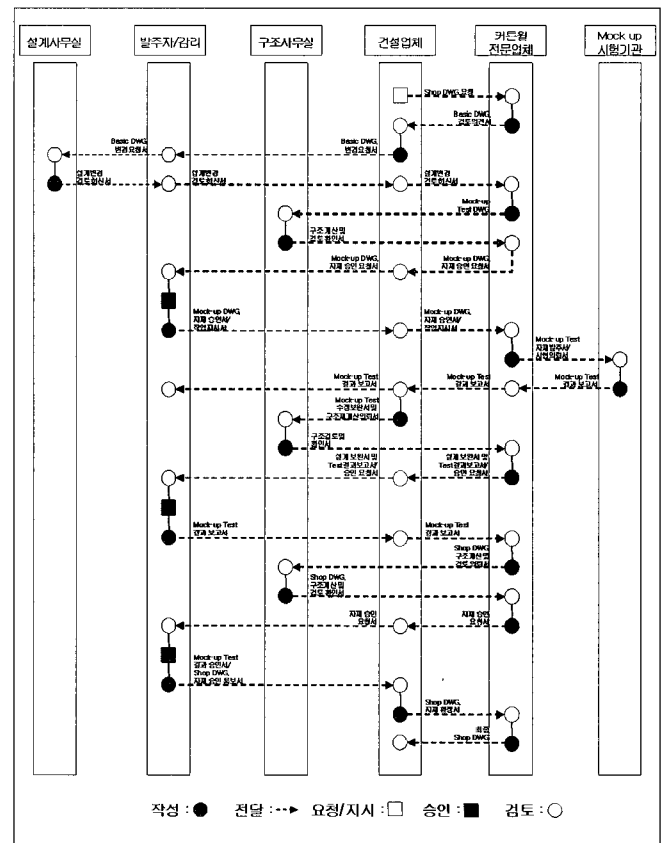


그림 10. 커튼월 설계 프로세스 가치흐름 (개선 전)



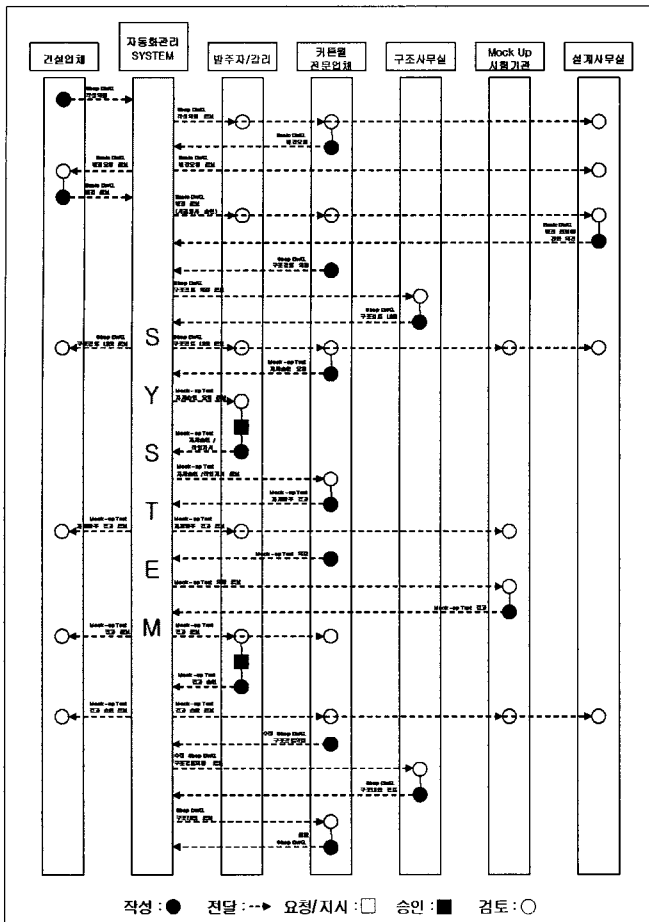


그림 11. 커튼월 설계 프로세스 가치흐름 (개선 후)

### 6. 결론 및 향후과제

본 연구는 초고층건물 커튼월 공사의 통합관리시스템 개발을 위해 전체 라이프사이클 프로세스에 관련된 참여주체들과의 긴밀한 협력관계를 구축하고, 프로세스별 의사결정 지원 및 정보·물류흐름을 모니터링이 가능한 통합관리시스템 구축을 목표로 커튼월 설계·생산·시공·유지관리 등의 라이프사이클 프로세스 현황 파악 및 As-Is 모델 도출, 이를 바탕으로 설계 단계의 프로세스 현황파악을 통한 설계 프로세스 As-Is 모델 도출, 설계 프로세스의 문제점 분석을 통한 프로세스 개선사항 분석 및 제시, 이를 토대로 설계 프로세스 To-Be 모델 개발 및 제시 등 4가지 목표를 실무적 관점에서 심층적으로 시도하였다. 본 연구의 항목별 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 기존 연구 및 사례조사를 통하여 기존 연구에서 제시한 VSM의 정의, 절차, 도구 등의 방법을 고찰하였으며, 현재의 커튼월 건설 프로세스의 특성 및 프로세스 개선에 관한 연구 동향을 살펴보았다. 또한 주 연구 대상인 커튼월의 종류 및 특성 그리고 커튼월 공사관리 및 기술 효율화에 관한 연구를 조사하였

다. 둘째, 현행 초고층 건물 커튼월 공사의 라이프사이클 프로세스의 As-Is 모델을 도출하기 위하여 문헌조사, 전문가 인터뷰 등의 사전조사와 설계사무소, 커튼월 공장, 시공 현장 등의 현장 조사 및 설문 조사를 하였으며, 이를 통해 커튼월 라이프사이클 상의 각 참여주체들이 발생 및 요구하는 정보 및 문서를 분석하였으며, IDEF0를 통해 As-Is 모델을 구축하고 이를 전문가 검토를 통해 As-Is 모델을 확정 제시함으로써 커튼월 프로세스 현황을 보다 쉽게 이해할 수 있도록 하였다. 셋째, 초고층 커튼월 공사의 라이프사이클 프로세스 개선을 위한 절차를 제시하였다. 먼저 VSM을 활용해서 기존 프로세스에서의 가치흐름을 파악하였으며, 무다의 7가지 분류를 기준으로 설계, 생산, 시공, 유지관리 단계에서 발생하는 무다를 규명하였으며, 그 원인을 규명하였다. 넷째, 지금까지의 연구의 결과를 토대로 기존 커튼월 공사의 문제점과 참여주체들을 효과적으로 관리하고 생산성을 높일 수 있는 개선된 초고층 건물 커튼월 공사의 설계 프로세스 To-Be 모델을 제시하였다. 현실적이고 실무적용이 가능한 To-Be 모델을 제시하기 위해 다양한 분석기법을 적용하여 기존의 문제점 개선과 효율성 향상을 목표로 접근하였다. 다섯째, 초고층 건물 커튼월 설계 개선 전·후의 프로세스에 대한 설계 프로세스 중 의사결정 요구행위를 작성·전달·요청/지시·승인·검토 등 5개의 행위로 분류해서 통합관리시스템 활용에 따른 정량적인 개선 효과를 제시하였다.

향후 연구 과제로는 초고층 건물 커튼월 설계 프로세스 To-Be 모델을 기반으로 본격적인 커튼월 공사 통합관리시스템을 개발하여, 이를 효율적으로 지원하기 위한 도구 개발 및 적용, 현장 적용 및 검증을 구체적으로 수행하여야 한다. 그리고 프로토타입 시스템을 현장에 적용하고 현업 적용성을 제고하는 과정이 필요하다. 더불어 이와 같은 통합관리시스템 적용시 정량적인 개선효과에 대한 연구도 필요하다.

### 참고문헌

1. 김창덕(2000), “건설생산시스템의 새지평”, 건축 3월호, 대한건축학회
2. 김창덕(2000), “A New Construction Production Paradigm”, 광운대학교 건설관리연구실
3. 문정문의 2인(2002), “건설공정의 낭비제거를 통한 생산성 향상방안”, 건설관리학회논문집
4. 송상훈(2002), “건설현장 공사관리 프로세스 재설계”, 서울대학교 건축공학과 석사학위논문
5. 김대영 외 1인(2003), “린 건설의 실무현장 적용 및 사례연구

- 구”, 대한건축학회 논문집 구조계, 대한건축학회, 제 19권 제 4호
6. 이형수(2004), “건설공사의 자재관리 효율화를 위한 조달 및 양중시스템 기반구축에 관한 연구”, 한국건설관리학회논문집, pp 133-139.
7. 임형철(2003), “현장 공정 커뮤니케이션을 통한 공장생산자재의 공급 및 생산관리 방안에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, pp 144-152.
8. 송영석외 2인(2001), “건설자재의 적시생산을 위한 관리 Point 운용 모델구축 방안”, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집 구조계, 대한건축학회, 제 21권 제 2호
9. 신봉수(2003), “건설공사의 적시생산(Just-In-Time)을 위한 양중시스템 개발”, 한국건설관리학회논문집, pp182-191.
10. Arbulu and Tommelein(2002), “Value Stream Analysis of Construction Supply Chains: Case Study on Pipe Supports used in Power Plants”, IGLC-10.
11. Lindfors(1999), “Value Chain Management in Construction”, IGLC-7
12. Mike Rother and John Shook(1999), "Learning to See", version 1.2, Lean Enterprise Institute, June.
13. Womack and Jones(1996), "Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation", Simon & Schuster, New York, NY.
14. De la Garza JM(1994). “Value of concurrent engineering for A/E/Ci Industry”, Journal of Management in engineering, May/June.
15. 김예상의(2005). “초고층 빌딩 Curtain Wall의 SCM 기반 Automated Life-Cycle Management System 구축” 2차년도 연구결과 보고서, 한국건설관리학회 (과제번호 R&D/03-산학연 A01-01)

논문제출일: 2006.06.13

심사완료일: 2006.10.11

### Abstract

This paper is to develop curtain wall process life-cycle system in high-rise buildings in order to establish effective cooperation communication channels among the diverse constituents. This paper is to provide a base toward a curtain wall life-cycle management system to support decision making and the effective flow in light of information and materials. The four objectives of the research are 1)the analysis of the current curtain wall life-cycle process, 2)the analysis and development of the curtain wall design process As-Is model, and 3)the Muda analysis of the design process As-Is model and the suggestion of the improvements, 4) the development of curtain wall design To-Be model and comparative analysis of the improvement in terms of value streams. This research indicates the wastes decrease (or the values increase) from 6.7% up to 100% in different decision criteria through the improvement by the comparative analysis between the As-Is and To-Be curtain wall design process. This research suggests the potential improvement by VSM and a curtain wall life-cycle management system in curtain wall construction for diverse constituents be significant.

**Keywords :** Value Stream Mapping, Curtain Wall Process, Muda, Wastes, Curtain Wall Design Process