

커튼월 Life Cycle Process의 효율성 향상을 위한 비효율 요인 및 중요도 도출

An Extraction of Inefficient Factors and Weight for Improving Efficiency of the Curtain wall Life Cycle Process

정 순 오* · 김 예 상** · 윤 수 원*** · 진 상 윤****

Jung, Soon-Oh · Kim, Yea-Sang · Yoon, Su-Won · Chin, Sangyoon

요 약

커튼월은 최근에 고층 건축물에서 공기단축을 위해 가장 많이 활용되고 있는 외장 공법이며, 공사비와 공정관리 측면에서 주요 관리대상의 공종이다. 커튼월 프로세스의 효율적 관리는 전체 프로젝트의 성공적 수행을 위한 주요 대상으로 인식되고 있다. 그러나 기존의 커튼월 공사 관리는 시공 단계 중심의 관리에 초점을 맞추므로써, 공사 수행의 오류, 잘못된 작업으로 인한 재작업, 비효율적 정보관리로 인한 중복·오류·누락 등의 문제가 발생하고 있고, 전체 생애주기 관점에서 효율적 관리가 이루어지지 못하고 있다.

따라서 본 연구는 커튼월 공사 전체 생애주기 프로세스를 분석하여, 프로세스의 효율성 향상을 위한 단계별 관리 포인트를 제시하는데 목적이 있다. 이를 위해 비효율 요인을 도요다 시스템의 무다(muda)방법으로 규명하고, 계층적 분석법(AHP)을 이용하여 비효율 요인의 중요도를 도출하였다. 그 결과 커튼월 생애주기 중에서 건축설계 단계에 가장 많은 비효율 요인이 발생되었고, 주요 세부요인으로는 설계변경 의사결정 지연 및 승인지연, 엔지니어링 능력부족, 발주자의 건축도면 승인지연 등으로 나타났다.

키워드 : 커튼월 생애주기 프로세스, 비효율 요인, 중요도, 계층적 분석법

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

커튼월 공사는 고층 건축물에서 공기단축을 위해 가장 많이 활용되고 있는 외장 공법으로, 전체 프로젝트 비용의 약 10~15%를 차지하여 타 공종에 비해 상대적으로 공사비 비율이 높고, 공정관리 측면에서 일반적으로 주공정(Critical Path) 상에 위치하는 주요 공종으로, 전체 생애주기 동안 약 30여개 이상의 업체가 관여하게 된다.

특히 최근 건축공사가 고층화되고 복잡화됨에 따라 커튼월의

사용이 증가되고 있는 추세에서, 커튼월 공사의 효율적 관리는 원가절감과 공기단축, 생산성 향상 등에 기여하므로, 전체 프로젝트의 성공적 수행을 위한 주요 관리 대상으로 인식되고 있다. 그러나 기존의 커튼월 공사 관리는 주로 시공단계를 중심으로 단계별 주요 수행주체 관점의 관리에 초점을 맞추므로써, 공사 수행의 오류, 잘못된 작업으로 인한 재작업, 비효율적 정보관리로 인한 중복·오류·누락 등의 문제가 발생하고 있다. 최근에 이를 원활하게 수행하기 위하여 적시생산¹⁾(신봉수 외 2003, 안병주 외 2003, 임형철 외 2004 등), 건설 공급사슬관리²⁾(SCM: Supply Chain Management: 진상윤 외 2004, 등) 등의 새로

* 종신회원, 경북대학 건축과 조교수, 기술사
 ** 종신회원, 성균관대 공과대학 건축학과 교수, 공학박사
 *** 학생회원, 성균관대 대학원, 박사과정
 **** 종신회원, 성균관대 공과대학 건축공학과 부교수, 공학박사
 본 연구는 2004년도 한국건설교통기술평가원의 건설기술연구개발사업에 의해 지원된 연구의 일부임.
 과제번호 03 산학연 A 01-03

1) 도요다 자동차에서 개발된 개념으로, 다품종 소량생산, 흐름생산(flow), 당김생산(pull system), 무재고를 목표로 함.(김창덕 외, 2003)
 2) SCM은 고객 및 이해관계자들에게 부가가치를 창출할 수 있도록 최초의 공급업체로부터 최종 소비자에게 이르기까지의 전체 전체 프로세스상의 상품, 서비스 및 정보의 흐름이 이루어지는 비즈니스를 통합적으로 운영하는 전략(Lambert et al., 1998)으로, 이를 건설업에 적용하고자 하는 연구가 시도되고 있다.

운 관리 기법의 적용을 통해 효율성을 높이기 위한 연구가 진행되고 있다. 하지만 기존의 연구로는 커튼월 전체 생애주기(Life Cycle) 관점에서 효율성을 향상시키기 위한 관리 포인트 및 전체 생애주기에 미치는 영향에 따른 효율적 관리방안을 제시하는데 한계를 지니고 있다.

따라서 본 연구는 커튼월 공사의 전체 생애주기를 대상으로, 기존에 사용되고 있는 프로세스(AS-IS Process)를 분석하여, 프로세스의 효율성을 저해하는 비효율 요인을 규명하고, 이들 간의 중요도를 도출하여 커튼월 공사 생애주기 프로세스의 효율성을 향상시키기 위한 주요 관리 포인트를 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

일반적으로 건설 프로세스에는 효율성을 저해하는 많은 비효율 요인이 잠재되어 있고, 어느 한 단계에서 발생하는 비효율 요인은 해당 단계는 물론 다른 단계에도 영향을 미치므로, 커튼월 프로세스의 효율성 향상방안은 전체 생애주기 프로세스를 대상으로 제시되어야 한다. 예를 들면 시공단계는 선행 설계단계의 결과물(설계도면, 시방서 등)에 직접적인 영향을 받게 되며, 유지관리 단계는 건축물이 완성되기 까지 모든 활동에 영향을 받게 된다.

한편 생애주기 프로세스 향상을 위한 관리 포인트를 제시하기 위해서는, 기존 프로세스에 대한 정확한 이해와 분석으로 업무 및 정보흐름, 관련주체 등의 파악이 우선되어야 하며, 이 과정을 통하여 비효율 요인이 규명될 수 있다.

본 연구는 커튼월 중 현재 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 공장조립 현장설치 방식(Pre-assembled Unitized Curtain Wall System)의 커튼월을 대상으로 프로세스의 효율성 향상 방안 수립을 위한 기초 연구로서, 주요 관리 포인트 및 각 관리 포인트별 중요도 도출에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다.

연구 진행 프로세스는 <그림 1>에 나타난 바와 같이, 이론고찰과 현장조사 및 전문가 인터뷰를 통해 업무 현황을 분석하고, 효

율성에 대한 개념과 효율성을 저해하는 비효율 낭비요인의 개념을 정의하였다. 또한 커튼월 프로세스의 효율성을 저해하는 요인을 도출하고, 도출된 각 요인을 계층적 분석법(Analytical Hierarchy Process: 이하 AHP)을 활용하여 전문가들의 의견을 수렴해 각 항목에 대한 중요도(weight)를 도출하였다.

2. 예비적 고찰

2.1 커튼월 공사관리에 관한 연구 동향

기존 커튼월 공사관리 효율화를 위한 연구는 <표 1>에 나타난 바와 같이, 적시생산(JIT: Just In Time), 공급사슬관리(SCM) 등의 새로운 관리 기법의 적용을 통해 커튼월 공사의 물류 및 정보를 원활하게 관리하기 위한 방향으로 진행되고 있었다. 그러나 건축설계, 커튼월 설계(Mock up 포함), 제작(압출, 도장, 조립, 그레이징), 운반, 양중, 시공, 유지관리의 단계로 이루어지는 커튼월 공사의 전체 프로세스를 다루기보다는 주로 양중·조달 단계 관리에 초점을 맞추거나 전체 생애주기 관점에서의 관리방안의 필요성을 제시만 하고 있을 뿐, 구체적인 관리 방안은 제시되지 않고 있는 실정이다.

표 1. 커튼월 관련 연구

연구자	연구방향	연구내용/차별성
진상윤 외 (2004)	SCM적용	<ul style="list-style-type: none"> ● 물류·정보 관점에서 SCM을 통한 커튼월 프로세스 관리의 문제점 도출 및 방향 제시 ● Life cycle의 각 단계별 문제점의 체계화 및 각 영향도 분석 미흡
윤수원 외 (2004)	SCM적용	<ul style="list-style-type: none"> ● SCM 관점에서의 커튼월 프로세스 관리의 필요성 및 방향 제시 ● Life cycle에 전반에 관해 다루고 있으나, 구체적 관리 방안 제시 부재
임형철 외 (2004)	정보관리	<ul style="list-style-type: none"> ● 커튼월 공사를 대상으로 협력업체와 공장, 시공 단계의 각 참여주체간의 의사소통을 위해 설치, 자체 현황을 4D-VR 등을 이용한 정보관리 방안 제시 ● 시공단계를 중심으로 특정현장 분석, 일반화된 방안 제시 필요/Life cycle 관점 접근 부재
신봉수 외 (2004)	자재관리 (JIT)	<ul style="list-style-type: none"> ● 건설업에서의 JIT생산방식에 대한 정의 및 커튼월 자재의 양중정보 공유를 위한 요구사항 정의 ● 조달 및 입고 단계에 국한된 관리 방안 제시/참여주체별 관리방안 및 Life cycle 관점 부재
임형철 외 (2003)	자재관리	<ul style="list-style-type: none"> ● 커튼월 양중·조달 관리 시스템 구현 및 현장 적용을 통한 타당성 검토 및 기대효과 제시 ● 자재의 물류 정보를 모니터링 하는데 초점을 맞춤 /Life cycle 관점의 접근 부재
안병주 외 (2003)	자재관리	<ul style="list-style-type: none"> ● 커튼월의 양중·조달의 문제점 도출 및 대안 제시/시스템 개발 방향 제시 ● PDA, 바코드 리더, 유무선 인터넷 등의 IT 도구의 활용 방안 제시 ● 양중·조달 위주의 주요 관리 요소 도출/Life cycle 관점의 접근 부재

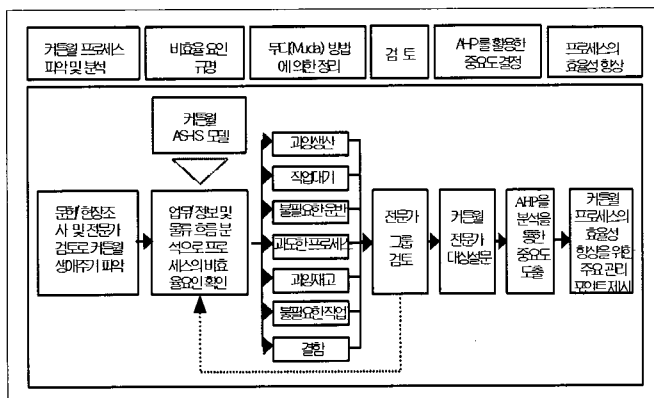


그림 1. 연구진행 프로세스

2.2 프로세스 효율성 향상에 관한 연구 고찰

프로세스는 관심분야 및 관점에 따라 다양한 정의가 존재하나³⁾, 일반적으로는 투입물(input)을 산출물(output)로 변환하는 과정과 활동의 집합(Garvin, 1998)으로, 또는 여러 종류의 투입물을 가지고 고객에게 가치 있는 산출물을 창출하는 활동들의 집합(Hammer and Champy, 1993)⁴⁾이라고 정의되고 있다.

한편 건설 프로젝트 레벨의 프로세스는 산출물을 생산하기 위한 환경 하에서 인력, 재료, 정보, 공법 및 장비를 사용하는 어떤 작업, 활동, 운영으로 설명될 수 있으며, 프로세스의 구성요소는 공급자(supplier), 건축주(customer), 환경(environment), 투입요소(input)와 산출물(output)이 포함된다.(Soares and Anderson, 1997) 이와 같은 건설 프로젝트 프로세스의 관리는 진행 중인 활동을 구체적으로 파악하고 모니터링할 수 있게 하여, 적시에 피드백 및 효율적인 관리를 가능하게하고 산출물 성과를 향상시키는 결과를 가져온다. 이러한 결과를 얻기 위해서는 기존 프로세스에 대한 철저한 분석으로 비효율 요인이 프로세스의 어느 단계에서, 어떤 원인에 의해 누구에 의해 발생하는가에 대한 검토가 이루어져야 한다. 이를 근거로 프로세스 개선 방향, 프로세스 개선작업의 지속화, 프로세스 향상을 위한 업무의 재설계 등을 계획할 수 있다. 특히 건설 프로젝트는 다수의 단위작업(공중)으로 구성되므로, 공중의 프로세스 개선은 프로젝트 프로세스 향상의 기초가 되며, 전체 생애주기 프로세스의 향상이 가능하게 할 것이다.

이러한 프로세스 향상과 관련된 연구를 살펴보면, 국내의 연구로는 자재관리 프로세스와 관련하여 이현수 외(2002)는 공사원가의 비중이 높고, 작업에 직접적으로 영향을 미치는 자재의 관리업무 프로세스 개선안을 제시하였다.

김형만 외(2004)는 건축공사 마감자재 조달 프로세스의 문제점과 개선안을 제시하였으며, 송상훈 외(2003)는 건설현장 공사관리(원가, 공정, 자재) 업무 프로세스를 분석하여 문제점과 개선방안을 제시하였다.

국외의 연구로 Soares와 Anderson(1997)은 TQM기법을 활용하여 프로젝트 프로세스 관리모델을 제시하였고, Serpell과 Alrcon(1998)은 건설현장의 시공단계의 낭비요인을 조사하고 제거하기 위한 방법론을 제안하였다.

3) 송상훈(2003)은 정해진 성과를 성취하기 위해 수행되는 논리적으로 연계된 일련의 활동들의 집합으로 정의하고, 투입물을 산출물로 만들어내는 과정으로 보았으며, 최병진(1994)은 기업에서 업무수행 시 일정한 결과물을 산출하기 위해 기업의 자원을 활용하는 일단의 논리적으로 관련된 활동으로 정의하는 등 다양한 정의가 존재하고 있다.

4) 허문구, "프로세스 조직의 설계와 효과 : 상황적 접근", 경영학연구, pp. 1097~1134, 2004. 8

Gunasekaran(2004)등은 효과적인 업무프로세스의 재설계를 위한 정보기술, 조직 및 인적자원, TQM기법의 활용을 제안하였으며, Freire와 Alrcon(2002)은 건설 프로젝트의 설계단계를 대상으로 디자인 프로세스에서 발생하는 문제점을 해결하여 프로세스의 향상을 도모하였다.

하지만 기존의 연구는 앞서 살펴본 커튼월 공사 관리에 관한 연구와 같이, 전체 생애주기 중 현장 중심의 시공단계 나 일부 프로세스에 관한 연구를 중심으로, 구체적이기 보다는 개념적 또는 방법론의 제시수준에 머무르는 한계를 가지고 있다.

2.3 커튼월 프로세스의 효율성 개념

2.3.1 효율성의 유래 및 개념

효율성(efficiency)은 Koopmans와 Debreu (1951)에 의해

표 2. 효율성의 정의 및 개념

연구자	효율성의 정의 및 개념	비고
조태제 (2004)	● 행정법상의 효율성의 원칙 수단투입과 성과사이-확정된 자원으로 최고의 편익달성(편익최대화)과 결정된 편익을 최소한의 자원으로 달성(비용최소화)	행정효율성은 초과최대화, 비용최소화 원칙
이상규, 김정인 (2003)	● 외환위기 이후 은행점포의 효율성 분석 수익 측면: 수익효율성+기술효율성+배분효율성 비용 측면: 비용효율성+기술효율성+배분효율성	효율성=정량적 요인 + 정성적 요인 변수포함
심동희, 김재준 (2003)	● 호텔산업의 X-비효율성 분석과 기술변화 측정 기술수준이 일정하다는 조건하에 이윤극대화 및 비용최소화	기업 내에 존재하는 비효율 제거로 효율성 향상
전용수, 최태성, 김성호 (2002)	● 효율성 평가를 위한 자료포락 분석 목표에 합당한 수단을 찾는 과정으로 생산조직이 사용한 투입요소의 량에 대한 산출 생산물의 비율	효율성 평가 =과정 효율성 + 결과 효율성
김재홍, 김태일 (2001)	● 공공부문의 효율성 평가와 측정 투입량에 대한 산출량의 비와 주어진 목표의 달성정도를 합한 개념	효율성=능률성 +효과성=(산출물량) *(산출물 질) /투입량
Farrell (1957), Raymond (1981)	● The measurement of productive efficiency 투입과 산출의 변환과정의 물리적 효율성(기술적 요인)과 최적요소의 배당의 경제적 효율성(가격효율성)을 합한 개념	-
Alarcon et al. (1996)	● Modeling Project Performance for Decision Making 일반적으로 똑 같은 산출을 위한 더 적은 노력으로 더 나은 시공법이나 적당한 도구의 사용	-
Hanna et al. (1998)	● Quantifying the effect of Change Orders on Electrical Construction Labor Efficiency 이론적인 최대성과 대비 실제 성과의 비 노동효율성: 계산 또는 표준성과 대비 실제 노동성과의 비로 규정	생산성=산출/투입
Ballestero et al. (2004)	● Object measurement of efficiency 효율성은 다수의 산출물과(또는) 투입물의 관계이며 측정이 어려움	산출물에 정량적, 정성적인 것 포함

제시된 이래로, 다양한 분야에서 각 분야의 특성에 맞게 정의되어 왔다. 효율성에 관한 연구로 Farrell(1957)은 기술적 효율성(technical efficiency)과 배분적 효율성(allocative efficiency)⁵⁾의 개념을 통한 효율성 개념의 정의, Koopmans (1951)의 투입량과 산출량의 비율을 통한 효율성 측정에 관한 연구가 있다. 이외에 Debreu(1951)와 Farrell(1957)의 비효율성 측정을 통한 효율성의 향상에 관한 연구, Berger와 Humphrey(1991)의 기술적 비효율성과 배분적 비효율성의 제거를 통한 효율성 향상 방안에 관한 연구⁶⁾, Leibenstein(1996)의 비효율성(X-Efficiency) 개념 제시⁷⁾ 등이 있다.

국내 경우, 건설 분야에서 효율성은 단순한 사전적 의미로만 사용하고 있으나, 금융업이나 제조업 등 타 산업이나 학문분야에서는 효율성에 관한 정의나 개념을 각 분야에 맞게 규정하고, 각 분야별 효율성을 향상시키기 위해 다양한 연구들이 진행되고 있다.

2.3.2 커튼월 프로세스의 효율성 개념

앞에서 살펴본 바와 같이 효율성의 개념은 기본적으로 투입과 산출과정에 대한 분석을 다루는 것으로, 이를 각 분야 별로 구분하여 살펴보면 <표 3>과 같이 크게 행정학 측면, 경영학·경제학 측면, 기술 관리 측면으로 나눌 수 있다.

이런 개념들 중 건설 산업의 효율성은 외환위기 전후의 우리나라 상장건설회사의 효율성 분석에 관한 연구결과⁸⁾에서 나타난 바와 같이 비효율성의 반대 개념, 즉 기술 관리 측면의 효율성 개념과 동일하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 커튼월 프로세스의 효율성을 향상시키는 방법은 커튼월 프로세스를 진행하는데 불필요하거나 방해가 되는 비효율 요인을 제거함으로써 가능한 것으로 정의하였으며, 기술관리 측면의 효율성 개념에서 나타난 바와 같이 비효율성을

표 3. 효율성에 관한 분야별 관점

연구자	효율성의 개념	비고
행정학 측면	<ul style="list-style-type: none"> ● 효율성=(산출물의 량)*(산출물의 질)/투입량 =능력성+효과성=산출/투입+산출/목표 또는 기준 ● 능력성:산출/투입의 비용대비 산출의 정도 의미, 투입량에 대한 산출량의 비로 양적 측면의 성과 극대화 의미 ● 효과성:주어진 목표의 달성정도로 산출물이 어느 정도 가치가 있는가에 대한 질적인 측면 고려 	양과 질 동시고려
경영학 경제학 측면	<ul style="list-style-type: none"> ● 효율성=기술적 효율성(산출량)/배분적 효율성(가격) ● 효율성은 생산조직이 사용한 투입요소의 수량에 대한 산출물 수량의 비율 ● 경제활동의 평가기준으로 투입과 산출의 원리를 바탕으로 동일한 조건하에서 최대의 효과 추구(경제원칙) 	산출량과 투입 및 산출가격 동시고려
기술 관리 측면	<ul style="list-style-type: none"> ● 효율성≠비효율성, 효율성은 비효율성의 반대 개념 ● 프로세스의 효율성 향상은 프로세스에 존재하는 비효율성의 원인 규명 및 제거로 가능 ● 비효율의 원인은 외적 및 내적인 요인 모두 고려 필요 ● 생산 프로세스의 투입요소를 과잉 또는 과소 이용하거나 비효율적인 투입방지 	프로세스 효율성 향상은 비효율 요인제거로 가능

내적·외적인 낭비(waste)로 파악하였다.

2.4 비효율적 낭비요인의 개념

낭비(waste)란 산출물(product)에 가치를 부여하는데 필요한 절대 최소량의 자원(재료, 장비 및 인력) 이외의 것으로 (Alarcon, 1998), 생산 프로세스의 향상을 통해 줄일 수 있는 개념으로 인식되고 있다. 하지만 경제적 관점에 따라 낭비를 제거하기 위한 투자가 경제적인 생산보다 큰 제거할 수 없는 낭비(avoidable waste or natural waste)와 낭비의 비용이 그 것을 예방하기 위한 비용보다 큰 것은 제거할 수 있는 낭비(voidable waste)로 구분되고 있다.⁹⁾

이런 낭비(Waste)의 개념 중 가장 체계적이고, 대표적인 것으로 도요다 시스템 (Toyota Production System:이하 TPS)의 핵심 개념의 하나인 무다(muda or waste)¹⁰⁾를 들 수 있다. 무다 분석 방법론은 TPS의 창시자인 Ohno(1988)가 생산성을 저해하는 낭비를 제거함으로써 생산성을 획기적으로 향상시킬 수 있다고 판단하여 낭비를 새로운 각도에서 조명한 것이다. TPS 생산 방식의 7대 낭비는 동작의 낭비(unnecessary motion), 작업대기(waiting), 과잉생산(overproduction), 결함(defects), 불필요

5) Farrell(1957)는 효율성 개념을 총효율성을 일정한 투입물을 사용하여 달성 가능한 최대한의 산출물을 생산하는 기술적 효율성(technical efficiency)과 일정한 산출물의 생산을 위해 최소의 투입물을 사용함으로써 낭비를 없애는 능력의 배분적 효율성(allocative efficiency)으로 구분하여 설명하였다.

6) Berger와 Humphrey(1991)는 기술적 비효율성은 정해진 산출물 생산에 투입요소를 과잉 또는 과소로 인해서 발생하고, 배분적 비효율성은 투입요소 결합의 잘못된 배분 즉 생산요소 투입을 효율적으로 하지 않음으로써 발생하는 비효율이라고 정의하였다.

7) Leibenstein(1996)은 동종 기업 간 동질기술 상태에서도 기업간 내적요인에 의해 비효율성(X-Efficiency)이 존재하며, 이의 요인이 크고 이의 개선으로 효율성의 향상이 가능하다고 하였다.

8) 우리나라 상장건설회사의 비효율성의 주된 원인은 금융산업(은행, 보험 등)과는 달리 생산요소의 최적배분의 실패에서 발생하는 배분적 비효율성으로 나타나고 있다.(지흥민, 유태우, 2003)

9) Carlos T. Formoso et al, "Material Waste in Building Industry : Main Causes and Prevention", ASCE. Vol. 128, No. 4, pp. 316~325, 2002.

10) 무다(muda)는 일본식 표기로, 고객의 가치를 추구하지 않고 원가만 높이는 생산요소를 의미한다.

한 운반(excessive transportation), 가공의 낭비(inappropriate processing 및 과잉재고/재공의 낭비(unnecessary inventory)로 분류되며, 첫 번째와 두 번째 낭비 요인은 운영(operation, 사람의 작업)과 관련되지만 나머지는 프로세스(process)의 흐름과 관련된다.

3. 커튼월 생애주기 프로세스상의 비효율 요인 도출

3.1 커튼월 생애주기 프로세스의 분석

본 연구에서는 커튼월 생애주기 프로세스 상의 비효율 요인 도출을 위한 선행 작업으로, 문헌 및 현장 조사와 전문가 인터뷰를 통해 도출한 정보에 기초하여 DEFO 방법론을 활용한 커튼월 생애주기의 AS-IS 모델을 도출하고, 전문가 그룹의 자문을 통해 이를 검증하였다.

이러한 커튼월 공사의 생애주기 프로세스는 <그림 2>에 나타난 바와 같이 설계(건축설계, 커튼월 설계, Mock-up test), 생산(압출, 도장, 조립 및 가공, 시공(운반, 양중, 설치), 유지관리 단계로 진행되는 복잡한 생애주기(Life-cycle) 프로세스로 구성된다. 또한 이 프로세스에는 건축주, 건축설계사무소, 건설회사, 구조 설계 사무소, 커튼월 컨설턴트, 감리, 유지관리업체, 커튼월 전문업체, 하자보수업체 등 각 분야별 다양한 주체가 참여함을 알 수 있었다. 이와 같이 커튼월 공사는 여러 단계와 여러 참여주체의 협력을 통해 공사가 이루어지므로, 전체 생애주기 프로세스를 대상으로 업무, 정보 및 물류흐름을 프로세스 진행에 따라 관련주체별로 파악하고 분석하였다.

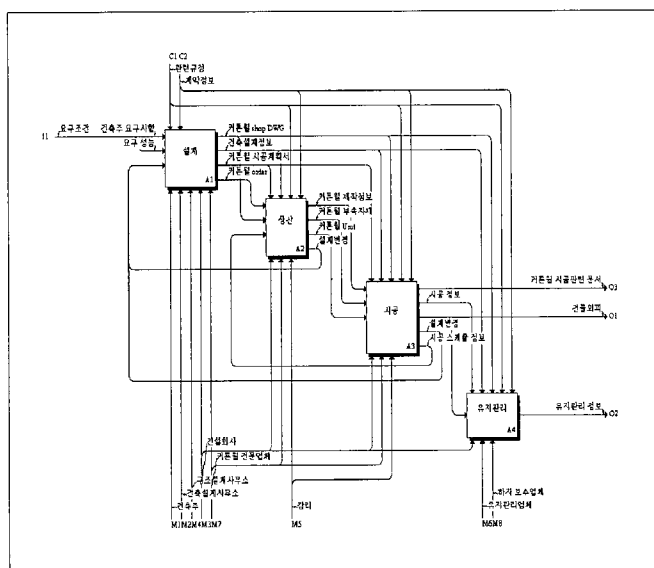


그림 2. 커튼월 생애주기 프로세스 (A1 Level)

3.2 비효율 요인 규명

프로세스를 개선하는 과정에서 현행 프로세스의 문제점을 파악하는 것은 프로세스의 비효율을 일으키는 원인을 추적할 수 있도록 해주며, 향후에 개선된 프로세스를 설계하는 과정에서 고려해야 할 조건이다.¹¹⁾

본 연구에서는 프로세스의 비효율을 유발하는 요인을 규명하기 위해 앞서 도출한 커튼월 생애주기 프로세스의 AS-IS 모델을 중심으로 생애주기에서 발생하는 모든 비효율 요인을 도요다 생산방식의 무다 방법론으로 규명하였다.

조사 결과, 커튼월 프로세스의 비효율적 낭비요인은 생애주기 프로세스 전체에 걸쳐 발생하였으며, 커튼월과 관련한 정보부족, 정보전달 누락, 오류 등 정보관리 부재와 재고, 지연 등 물류관리의 통합부족, 각 주체간의 의사소통 부족 및 전문성 부족 등 각 단계별로 다양한 원인이 발생하는 것으로 파악되었다.

<표 4>는 도출된 낭비요인 중 과잉생산 사례를 나타낸 것으로, 생애주기별로 발생하는 비효율 요인(problems & wastes), 발생원인 및 관련주체를 파악하였다.

4. 비효율 요인의 중요도 도출

본 연구에서는 무다 방법론으로 규명된 비효율 낭비요인이 전체 프로세스에 미치는 영향을 파악하기 위해 커튼월 프로세스 단계별 전문가에게 설문조사를 하였다.

한편 중요도 평가기법으로는 델파이 기법(Delphi technique)¹²⁾, 실수 평가법 및 비율 평가법¹³⁾ 및 계층적 분석법(AHP)¹⁴⁾ 등이 있으나, 본 연구에서는 비효율 요인의 정성적인

- 11) 송상훈, 「건설현장 공사관리 프로세스 재설계」, 서울대 공학 석사학위논문, pp. 4~15, 2002
- 12) 일련의 전문가 집단을 구성하여 응답자가 주어진 문제에 대해 최종적인 결론에 도달하도록 연속적으로 설문(3~4회 정도)을 실시하고 결과를 피드백하여 의견을 수렴하는 기법(최신용 외, 2005)
- 13) 실수 평가법은 평가요인들의 계층과 항목을 분류한 후 어느 정도 중요한가를 실수(점수)로 표현하는 절대평가 기법이며, 비율 평가법은 실수평가법과 마찬가지로 계층과 항목을 분류한 후 중요도를 일정한 비율(예를 들면 총합이 100점)로 표현.(황한철 외, 1999)
- 14) AHP기법은 Thomas Saaty교수에 의해서 개발된 다 기준 결정 분석 방법론(multi criteria decision analysis methodology)이다. 이 기법은 의사결정이 필요한 사항의 여러 속성 중에서 두 가지씩 비교대상을 추출하여 쌍대비교를 실시함으로써 의사결정과정에 참여하는 여러 전문가들의 의사결정 판단자료를 일정한 논리로 쉽고 체계적으로 획득, 분석하게 해줄 뿐만 아니라 의사결정과정에 관련된 평가기준들을 계층적인 구조로 파악할 수 있게 해준다.(Saaty, 1980) 한편 일관성 검증은 Saaty 교수가 제안한 일관성 지수(C. I, Consistency Index)와 무작위 지표(R. I, Random Index)에 의한 일관성 비율(C. R, Consistency Rate)에 의해 표현되는데, 이 때 C. R이 0.1이하의 값일 때 일관성이 확보된 것으로 간주한다.

특성을 고려하여 객관적으로 측정이 불가능한 정성적인 성격을 띠는 경우, 상대적 중요도(우선순위)를 결정하는데 효과적인 AHP방법을 이용하여 각 비효율 요인별 중요도(weight)를 도출하였다.

표 4. 과잉생산(Overproduction)의 비효율 요인 사례

구분	내용	Problems & Wastes	Cause	비고
1. 건축 설계	과다한 설계도면	-발주자의 부정확한 설계의뢰	-발주자 요구를 정확히 반영할 수 있는 도구/엔지니어링 능력부족	O-A
		-발주자의 다양한 대안 요구	-생산성, 비용 등 엔지니어링을 고려하지 않은 설계	A-E
		-많은 양의 detail, type이 요구되는 설계 -건축설계에서 요구되지 않는 상세도면	-발주자의 불필요한 요구	O-A
2. 커튼 월 설계	과다한 커튼월 설계도면	-설계자의 부정확한 설계의뢰	-불완전한 설계도서 및 엔지니어링 능력부족	A-E
		-많은 양의 detail, type이 요구되는 설계 -다양한 Mock up test 가 요구되는 설계	-생산성, 시공성, 비용 등 엔지니어링을 고려하지 않은 설계	A-E
3. MOC-K-UP TEST	과다한 Mock-up test 실시	-과다한 Mock up test 에 따른 비용증가 및 일정 지연	-다수의 경험없는, 특이한 설계 -많은 양의 Mock up test가 요구 되는 설계	A-E A-E
4. 커튼 월 생산 및 제작	커튼월의 과다생산	-부적절한 생산, 제작계획	-참여자간의 협력체계 및 커뮤니케이션 미비	A-G-E
		-납입일정을 고려하지 않은 과다생산(공장 생산성 향상 고려/공장편의에 의한 생산) -하자대비 추가 자재생산/구매	-현장정보 반영 및 커뮤니케이션 미비 -적절한 자재물량의 기준 부재	G-E E
5. 커튼 월 검사/출하	과다한 작업	-검사 및 출하에 과다한 문서, 서류(중이) 발생	-전산화 및 정보시스템의 미비	A-G-E
6. 커튼 월 부속 자재 조달	과다한 생산	-커튼월 부자재의 부적절한 주문 및 생산	-참여자간의 협력체계 및 커뮤니케이션 미비	E-S
		-생산일정을 고려하지 않은 과다주문(공장 편의) -하자대비 추가자재 과다 구매	-현장정보 반영 및 업체간 커뮤니케이션 미비 -적절한 자재물량의 기준 부재	G-E-S E
7. 커튼 월 양중	과다한 반입	-공장편의 및 공정지연의 미반영에 의한 커튼월 부재 과다반입 -현장정보를 반영하지 않은 커튼월의 반입	-현장정보 반영 및 업체간 커뮤니케이션 미비	G-E
8. 커튼 월 시공	과다한 작업	-복잡한 설치공정 및 현장 작업량 과다	-시공성을 고려하지 않은 설계	A-G-E
		-유지관리 작업을 과다	-참여자간 협력체계 및 커뮤니케이션 미비	A-G-E
9. 커튼 월 유지 관리	과다한 작업	-유지관리 작업 과다	-유지관리를 고려하지 않은 설계	A-E-M-E

(발주자 : O, 건축가 : A, 엔지니어링업체 : E, 건설업체 : G, 컨설팅업체 : C, 자재납품업자 : S, 유지관리업체 : M)

4.1 설문조사

설문대상은 <표 5>와 같이 질문의 내용을 고려하여, 계층1과 계층2에 관한 설문은 커튼월 전체 프로세스를 이해하고 많은 경험을 한 건설업체와 커튼월 전문업체의 경력 15년 이상의 전문가로 응답자를 구성하였으며, 비효율 요인의 발생정도를 조사하는 계층 3에 관한 설문은 각 단계별 전문가를 대상으로 하였다.

표 5. 전문가 설문조사 현황 () 전체조사업체 수

설문대상	설계 사무소	커튼월 업체	컨설팅 업체	건설 업체	계
계층 1(Life-cycle 상의 중요도)	-	9(13)	5(7)	-	14(20)
계층 2(계층 내의 무다 중요도 도출)	-	9(13)	5(7)	-	14(20)
계층 3 (비효율적 낭비요인 발생정도 조사)	건축설계단계	8(12)	-	-	8(12)
커튼월 설계단계	-	9(13)	5(7)	-	14(20)
커튼월 생산/제작단계	-	9(13)	5(7)	-	14(20)
커튼월 시공단계	-	9(13)	5(7)	9(12)	23(32)
커튼월 유지관리 단계	-	9(13)	5(7)	9(12)	23(32)

설문지의 구성은 각 단계별로 규명된 비효율적 문제점 및 낭비요인을 전문가 면담 및 자문을 통하여 수정 보완 하였다. 설문은 <그림 3>과 같은 계층적 구조와 분석단계를 고려하여, 건축 설계, 커튼월설계, 커튼월 생산/제작, 커튼월 시공, 유지관리단계로 구성된 계층1에 관한 설문과 그 하위의 계층인 무다 방법에 의해 각 단계별로 발생하는 문제 유형을 쌍대비교(pairwise comparison)하는 설문, 그리고 계층2의 단계별로 발생하는 비효율 낭비요인의 발생정도를 파악하기 위해 계층3에 관한 설문으로 구성하였으며, 계층(level)별 쌍대비교는 9점 척도¹⁵⁾를 활용하였다.

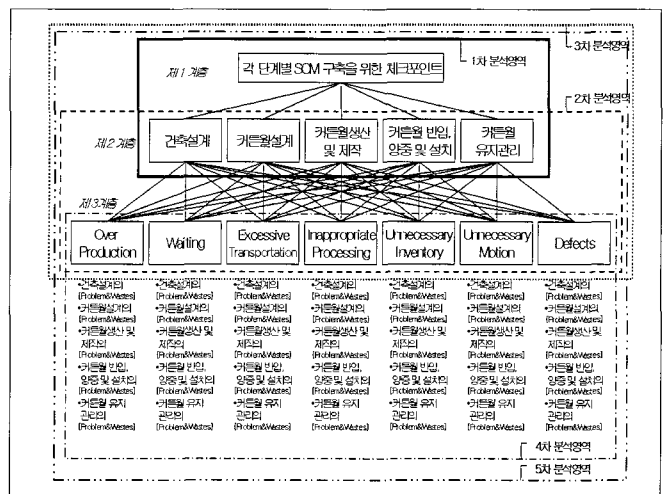


그림 3. 커튼월 생애주기 프로세스의 비효율 요인 중요도 도출을 한 계층구조와 분석단계

15) AHP분석을 위해서는 신뢰할 만한 평가척도(scale)가 필요하며, 일반적으로 Saaty가 제안한 9점 척도를 가장 많이 사용한다.

4.2 계층적 분석법(AHP)을 활용한 분석

설문의 분석은 전문가 설문을 바탕으로 비효율 요인의 중요도 도출에 계층적 분석법 AHP를 활용하였으며, 보다 효과적인 분석을 위해 <그림 4>와 같이 AHP분석의 전문 Tool인 Expert Choice 2000을 이용하여 설문의 일관성을 평가하였다. 또한 본 연구에서는 설문결과의 신뢰성을 확보하기 위하여 일관성 지수 CR>0.1 이상인 설문은 분석에서 제외시켰으며, 전체분석을 위해 기하평균(geometric mean)을 이용하여 다수의 설문결과를 취합하고 이를 분석하였다.

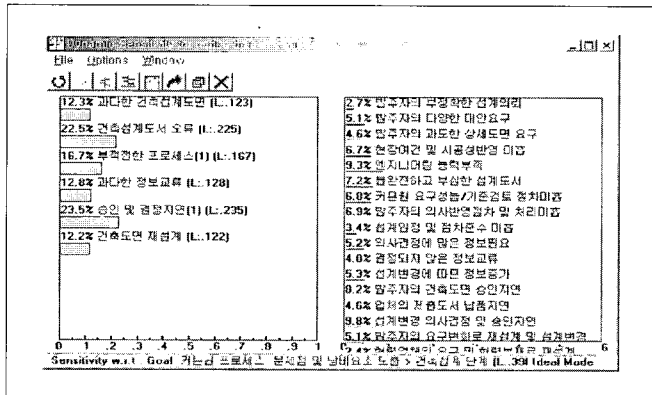


그림 4. 건축설계 단계 분석(2차 분석)

4.3 각 단계의 비효율 낭비요인의 도출

4.3.1 1차 분석

커튼월 공사의 생애주기 프로세스 중에서 가장 많은 비효율 낭비요인이 발생하는 단계를 찾아내는 것으로, 조사결과 건축설계 단계가 가장 많은 문제점이 발생하는 것으로 나타났으며, 그 결과는 <표 6>과 같다.

표 6. 커튼월 Life cycle의 문제점 발생 빈도 및 순위

커튼월 Life cycle	중요도 (문제 발생 빈도)	순위
건축설계 단계	0.396	1
커튼월설계 단계	0.128	4
커튼월생산 및 제작단계	0.250	2
커튼월 시공단계	0.141	3
커튼월 유지관리 단계	0.085	5

4.3.2 2차 분석

커튼월 생애주기 각 단계별로 발생하는 문제 유형의 발생빈도를 <표 7>과 같이 분석하였다. 건축설계 단계는 승인 및 결정지연, 커튼월 설계단계는 커튼월 설계도서 오류, 커튼월 생산 및 제작단계는 부적절한 프로세스, 커튼월 시공단계는 대기 및 지연 그리고 유지관리 단계는 커튼월 하자의 문제가 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다.

표 7. 커튼월 Life cycle 단계별 문제유형의 발생빈도

커튼월 Life cycle	문제의 유형	중요도	순위
건축설계 단계	과다한 건축설계 도면	0.123	5
	건축설계도서 오류	0.225	2
	부적절한 프로세스	0.167	3
	과다한 정보교류	0.128	4
	승인 및 결정지연	0.235	1
커튼월 설계 단계	건축도면 재설계	0.122	6
	과다한 커튼월도면	0.131	6
	커튼월 설계도서 오류	0.204	1
	부적절한 프로세스	0.164	4
	불필요한 정보교류	0.162	5
커튼월생산 및 제작단계	승인 및 결정지연	0.167	3
	재설계 및 불필요한 행위	0.172	2
	커튼월 과다생산	0.110	7
	커튼월 생산결함	0.121	4
	불필요한 재고	0.119	5
커튼월 시공 단계	부적절한 프로세스	0.222	1
	운반시간 및 거리증가	0.114	6
	대기 및 지연	0.156	3
	재생산 및 불필요한 행위	0.159	2
	커튼월 과다반입 및 양중	0.139	3
커튼월 유지관리 단계	커튼월 설치결함	0.164	2
	불필요한 재고	0.123	7
	부적절한 프로세스	0.136	5
	운반시간 및 거리증가	0.133	6
	대기 및 지연	0.166	1
커튼월 유지관리 단계	제작업 및 불필요한 행위	0.139	3
	과다한 유지관리 작업	0.132	5
	커튼월 하자	0.215	1
	불필요한 저장 및 장소	0.115	6
	부적절한 프로세스	0.182	3
커튼월 유지관리 단계	대기 및 지연	0.173	4
	불필요한 행위	0.184	2

4.3.3 3차 분석

1, 2차 분석을 이용하여 커튼월 생애주기 전체에서 각 단계별 문제유형이 커튼월 프로세스에 미치는 중요도를 도출한 것으로 건축설계 단계에 상위순위가 많이 존재하며, 그 결과는 <표 8>과 같다.

표 8. 커튼월 Life cycle 전체에서의 문제유형의 발생빈도

커튼월 Life cycle	문제유형	커튼월 단계에서의 중요도	순위(커튼월 전체 Process)
건축설계 단계	과다한 건축설계 도면	0.048	6
	건축설계도서 오류	0.089	2
	부적절한 프로세스	0.066	3
	과다한 정보교류	0.051	5
	승인 및 결정지연	0.093	1
커튼월 설계 단계	건축도면 재설계	0.048	6
	과다한 커튼월도면	0.017	26
	커튼월 설계도서 오류	0.026	15
	부적절한 프로세스	0.02	18
	불필요한 정보교류	0.021	18
커튼월 유지관리 단계	승인 및 결정지연	0.021	18
	재설계 및 불필요한 행위	0.022	17

표 8. 커튼월 Life cycle 전체에서의 문제유형의 발생빈도(계속)

커튼월 Life cycle	문제유형	커튼월전 단계에서의 중요도	순위(커튼월 전체 Process)
커튼월생산 및 제작 단계	커튼월 과다생산	0.028	12
	커튼월 생산결함	0.030	10
	불필요한 재고	0.030	10
	부적절한 프로세스	0.055	4
	운반시간 및 거리증가	0.0281	2
커튼월 시공단계	대기 및 지연	0.039	9
	재생산 및 불필요한 행위	0.040	8
	커튼월 과다반입 및 양중	0.020	21
	커튼월 설치결함	0.023	14
	불필요한 재고	0.017	26
커튼월 유지관리 단계	부적절한 프로세스	0.019	23
	운반시간 및 거리증가	0.019	23
	대기 및 지연	0.023	15
	재작업 및 불필요한 행위	0.020	21
	과다한 유지관리 작업	0.011	31
커튼월 유지관리 단계	커튼월 하자	0.018	25
	불필요한 저장 및 장소	0.010	32
	부적절한 프로세스	0.015	29
	대기 및 지연	0.015	29
	불필요한 행위	0.016	28

4.3.4 4차 분석

각 단계별로 분류한 문제유형의 구체적인 비효율적 문제점 및 낭비요인의 중요도를 <표 9>와 같이 도출하였다.

표 9. 각 단계 문제유형별 세부항목의 중요도 분석

커튼월 Life cycle	문제 유형	문제 유형의 세부항목(Problem & Wastes)	중요도	순위
건축 설계 단계	과다한 건축설계 도면	· 발주자의 부정확한 설계의뢰	0.222	3
		· 발주자의 다양한 대안 요구	0.410	1
		· 발주자의 과다한 상세도면 요구	0.368	2
	설계도서 오류	· 현장여건 및 시공성 반영 미흡	0.288	2
		· 엔지니어링 능력부족	0.401	1
		· 불완전하고 부실한 설계도서	0.311	2
	부적절한 프로세스	· 커튼월 요구성능/기준검토 절차미흡	0.397	2
		· 발주자의 의사반영 절차 및 처리미흡	0.404	1
		· 설계일정 및 절차준수 미흡	0.199	3
	과다한 정보교류	· 의사결정에 많은 정보필요	0.360	2
		· 결정되지 않은 정보교류	0.274	3
		· 설계변경에 따른 정보증가	0.367	1
승인 및 결정지연	· 발주자의 건축도면 승인지연	0.363	2	
	· 업체의 제출도서 납품지연	0.205	3	
	· 설계변경 의사결정 및 승인지연	0.432	1	
건축도면 재설계	· 발주자의 요구변화로 재설계 및 설계변경	0.501	1	
	· 협력업체의 요구 및 협력부재로 재설계	0.240	3	
	· 엔지니어링 능력부족으로 재설계	0.259	2	
커튼월 설계 단계	과다한 커튼월도면	· 설계자의 부정확한 커튼월 설계의뢰	0.304	2
		· 많은 Mock up Test가 요구되는 커튼월설계	0.243	3
		· 다양한 커튼월 형태 및 상세도면 요구	0.454	1
	커튼월 설계도서 오류	· 현장조건 및 시공성 반영미비	0.308	1
· 불완전하고 불충분한 설계정보		0.248	2	
· 설계자와의 정보교류 및 의사소통 미흡		0.244	3	
· 엔지니어링 능력 부족		0.201	4	

표 9. 각 단계 문제유형별 세부항목의 중요도 분석(계속)

커튼월 Life cycle	문제 유형	문제 유형의 세부항목(Problem & Wastes)	중요도	순위	
커튼월 설계 단계	부적절한 프로세스	· 커튼월 요구성능 확인 및 검토절차 미흡	0.258	2	
		· 발주자 및 설계자의 의사반영 절차미비	0.231	3	
		· Mock up Test와 병행하여 유닛제작	0.204	4	
		· 커튼월 설계일정 및 절차미비	0.307	1	
	불필요한 정보교류	· 잦은 건축설계도면 변경	0.379	1	
커튼월 시공 단계	승인 및 결정지연	· 해외에서 Mock up Test실시로 시간/비용증가	0.290	3	
		· 정리되지 않은 정보교류	0.331	2	
		· 발주자의 커튼월도면 승인지연	0.288	2	
	재설계 및 불필요한 행위	· 업체의 제출도서작성 및 납품지연	0.169	4	
		· 커튼월 설계반경 의사결정 및 승인지연	0.322	1	
커튼월 생산 및 제작 단계	과다생산	· Mock up Test결정 및 승인지연	0.222	3	
		· 발주자의 요구변화로 재설계 및 설계변경	0.288	2	
		· 설계자의 요구변화로 재설계	0.289	1	
		· 정보누락 및 현장여건 변화로 설계변경	0.259	3	
	행위	· 해외에서 Mock up Test실시	0.164	4	
커튼월 생산 및 제작 단계	부적절한 프로세스	· 부적절한 생산 및 제작계획	0.239	3	
		· 생산성을 고려한 공장편의에 의한 생산	0.307	1	
		· 결함 및 파손에 대비한 커튼월 추가생산	0.184	4	
		· 품질 및 출하검사에 과다한 문서 발생	0.271	2	
	커튼월 생산결함	· 커튼월 원자재 자체결함	0.259	3	
커튼월 시공 단계	불필요한 재고	· 부적절한 품질 및 출하검사	0.340	2	
		· 야적, 적재 및 운반과정의 파손	0.401	1	
		· 부적절한 주문생산 및 출하	0.302	3	
		· 참여주체간의 상이한 물류관리	0.320	2	
	공정별로 다른 공장에서의 분산생산	0.378	1		
커튼월 시공 단계	부적절한 프로세스	· 참여주체별로 정보 중복 발생	0.160	4	
		· 생산일정을 고려한 급속생산	0.315	1	
		· 형식적이고 중복된 품질 및 출하검사	0.240	3	
		· 커튼월 설계의 비표준화로 비용 및 시간증가	0.284	2	
	운반시간/거리증가	· 생산공정의 분산에 따른 이동거리 및 시간증가	0.564	1	
커튼월 시공 단계	대기 및 지연	· 불합격 및 파손으로 인한 유닛 추가운반	0.436	2	
		· 공장의 생산능력 부족	0.144	5	
		· 도면확정 및 승인지연	0.312	1	
		· 자재공급지연의 생산대기	0.201	2	
	· 운송업체로 인한 출하 및 운반대기	0.178	3		
· 생산품질 및 출하검사 지연	0.164	4			
커튼월 시공 단계	재생산 및 불필요한 행위	· 제작불량, 자재파손 및 결함	0.298	2	
		· 정보전달 오류에 의한 재생산	0.272	3	
		· 다양한 형태의 유닛생산으로 생산성저하	0.431	1	
	커튼월 설치결함	· 커튼월	· 현장공정 정보를 미반영한 커튼월 반입	0.302	3
		· 과다반입 및 양중	· 공장편의에 의한 과다반입	0.359	1
커튼월 시공 단계	불필요한 재고	· 과다반입에 따른 양중량 증가	0.339	2	
		· 골조공사의 시공오차	0.343	1	
		· 반입, 보관, 양중 및 설치과정의 파손	0.234	2	
		· 작업자의 기능부족	0.199	4	
	부적절한 프로세스	· 부적절한 검사 및 품질검사	0.223	3	
커튼월 시공 단계	불필요한 재고	· 설치순서 오류에 의한 유닛반입 및 보관	0.373	1	
		· 참여주체간의 의사소통 잘못으로 유닛반입/보관	0.308	3	
		· 현장공정을 고려하지 않은 유닛반입 및 보관	0.320	2	
	부적절한 프로세스	· 참여주체별 검사 및 정보생성 중복	0.280	3	
		· 신·후행 공정 간섭에 의한 작업생산성 저하	0.397	1	
커튼월 시공 단계	불필요한 재고	· 형식적인 검사절차와 과다한 문서발생	0.323	2	
		· 설치순서 오류에 의한 유닛반입 및 보관	0.373	1	
		· 참여주체간의 의사소통 잘못으로 유닛반입/보관	0.308	3	
		· 현장공정을 고려하지 않은 유닛반입 및 보관	0.320	2	

표 9. 각 단계 문제유형별 세부항목의 중요도 분석(계속)

커튼월 Life cycle	문제 유형	문제 유형의 세부항목(Problem & Wastes)	중요도	순위
커튼월 시공 단계	운반시간/거리증가	· 부적절한 야적 양중계획으로 자재의 젖은 이동	0.553	1
		· 필요수량 이상의 자재양중 및 이동(JIT실현미흡)	0.447	2
	대기 및 지연	· 양중인력 및 양중장비의 효율성 저하 · 타 공정의 간섭으로 양중 및 작업지연 · 작업인력 부족으로 작업지연 · 유닛반입 지연에 의한 작업대기	0.216 0.314 0.239 0.231	4 1 2 3
커튼월 유지관리 단계	과다한 유지관리 작업	· 유지관리를 고려하지 않은 설계	1.000	1
	커튼월 하자	· 커튼월 설계오류	0.357	2
		· Mock up Test미실시 및 미비	0.277	3
		· 작업자의 실수 및 기능부족	0.366	1
	불필요한 저장/장소	· 하자 및 파손 등에 대비한 추가자재 구매	0.553	1
		· 하자발생에 대비한 금형보유 및 보관	0.447	2
	부적절한 프로세스	· 커튼월 유닛의 이력정보 확인 불가	0.470	2
		· 하자발생에 대비한 절차 및 대책미흡	0.530	1
	대기 및 지연	· 소량의 하자보수용 유닛 신청시 납품지연	0.454	2
· 외산자재 사용시 운반 및 납품지연		0.546	1	
불필요한 행위	· 하자발생으로 인한 유닛재생산/재설치 작업	1.000	1	

표 10. 각 단계의 문제유형별 세부항목의 중요도 순위(계속)

커튼월 Life cycle	문제 유형	문제 유형의 세부항목(Problem & Wastes)	중요도	순위
커튼월 설계도서 오류	커튼월 설계도서 오류	· 현장조건 및 시공성 반영미비	0.008	38
		· 불안전하고 불충분한 설계정보	0.006	61
		· 설계자와의 정보교류 및 의사소통 미흡 · 엔지니어링 능력 부족	0.006 0.005	61 78
부적절한 프로세스	부적절한 프로세스	· 커튼월 요구성능 확인 및 검토절차 미흡	0.005	78
		· 발주자 및 설계자의 의사반영 절차미비	0.005	78
		· Mock up Test와 병행하여 유닛제작 · 커튼월 설계일정 및 절차미비	0.004 0.006	93 61
커튼월 설계 단계	불필요한 정보교류	· 잦은 건축설계도면 변경	0.008	38
		· 해외 Mock up Test실시로 시간/비용증가	0.006	61
		· 정리되지 않은 정보교류	0.007	49
승인 및 결정지연	승인 및 결정지연	· 발주자의 커튼월도면 승인지연	0.006	61
		· 업체의 제출도서작성 및 납품지연	0.004	93
		· 커튼월 설계반경 의사결정 및 승인지연 · Mock up Test결정 및 승인지연	0.007 0.005	49 78
재설계 및 불필요한 행위	재설계 및 불필요한 행위	· 발주자의 요구변화로 재설계 및 설계변경	0.006	61
		· 설계자의 요구변화로 재설계	0.006	61
		· 정보누락 및 현장여건 변화로 설계변경 · 해외에서 Mock up Test실시	0.006 0.004	61 93
커튼월 과다생산	커튼월 과다생산	· 부적절한 생산 및 제작계획	0.007	49
		· 생산성을 고려한 공장편의에 의한 생산	0.008	38
		· 결함 및 파손에 대비한 커튼월 추가생산 · 품질 및 출하검사에 과다한 문서 발생	0.005 0.007	78 49
커튼월 생산결함	커튼월 생산결함	· 커튼월 원자재 자체결함	0.008	38
		· 부적절한 품질 및 출하검사	0.010	32
		· 야적, 적재 및 운반과정의 파손	0.012	23
불필요한 재고	불필요한 재고	· 부적절한 주문생산 및 출하	0.009	35
		· 참여주체간의 상이한 물류관리	0.009	35
		· 공장별로 다른 공장에서의 분산생산	0.011	28
부적절한 프로세스	부적절한 프로세스	· 참여주체별로 정보 중복 발생	0.009	35
		· 생산일정을 고려한 금속생산	0.017	14
		· 형식적이고 중복된 품질 및 출하검사 · 커튼월 설계의 비표준화로 비용/시간증가	0.013 0.016	20 16
운반시간 거리증가	운반시간 거리증가	· 생산공정 분산에 따른 이동거리/시간증가	0.016	16
		· 불합격 및 파손으로 인한 유닛 추가운반	0.012	23
		대기 및 지연	대기 및 지연	· 공장의 생산능력 부족
· 도면확정 및 승인지연	0.012			23
· 자재공급지연의 생산대기 · 운송업체로 인한 출하 및 운반대기 · 생산품질 및 출하검사 지연	0.008 0.007 0.006			38 49 61
재생산 불필요한 행위	재생산 불필요한 행위	· 제작불량, 자체파손 및 결함	0.012	23
		· 정보전달 오류에 의한 재생산	0.011	28
		· 다양한 형태의 유닛생산으로 생산성저하	0.017	14
커튼월 과다반입 및 양중	커튼월 과다반입 및 양중	· 현장공정 정보를 미반영한 커튼월 반입	0.006	61
		· 공장편의에 의한 과다반입	0.007	49
		· 과다반입에 따른 양중량 증가	0.007	49
커튼월 설치결함	커튼월 설치결함	· 골조공사의 시공오차	0.008	38
		· 반입, 보관, 양중 및 설치과정의 파손	0.005	78
		· 작업자의 기능부족 · 부적절한 검수 및 품질검사	0.005 0.005	78 78
불필요한 재고	불필요한 재고	· 설치순서 오류에 의한 유닛반입 및 보관	0.006	61
		· 참여주체간 의사소통 잘못으로 인한 유닛반입/보관	0.005	78
		· 현장공정을 고려하지 않은 유닛반입/보관	0.006	61
부적절한 프로세스	부적절한 프로세스	· 참여주체별 검사 및 정보생성 중복	0.005	78
		· 선후행 공정 간섭에 의한 작업생산성 저하	0.008	38
		· 형식적인 검사절차와 과다한 문서발생	0.006	61

4.3.5 5차 분석

1차, 2차 및 4차 분석을 이용하여 각 단계의 비효율적 문제점 및 낭비요인이 커튼월 생애주기 전체 프로세스에 미치는 중요도 순위를 도출하였으며 그 결과는 <표 10>과 같다. 결과를 살펴보면, 상위를 차지하는 요인은 건축설계 단계에서 발생하는 것으로 분석되었다.

표 10. 각 단계의 문제유형별 세부항목의 중요도 순위

커튼월 Life cycle	문제 유형	문제 유형의 세부항목(Problem & Wastes)	중요도	순위
건축설계 단계	과다한 건축설계 도면	· 발주자의 부정확한 설계의뢰	0.011	28
		· 발주자의 다양한 대안 요구	0.020	9
		· 발주자의 과다한 상세도면 요구	0.018	18
	설계도서 오류	· 현장여건 및 시공성 반영 미흡	0.026	6
		· 엔지니어링 능력부족	0.036	2
		· 불안전하고 부실한 설계도서	0.028	4
	적절한 프로세스	· 커튼월 요구성능/기준검토 절차미흡	0.026	6
		· 발주자의 의사반영 절차 및 처리미흡	0.027	5
		· 설계일정 및 절차준수 미흡	0.013	20
	과다한 정보교류	과다한 정보교류	· 의사결정에 많은 정보필요	0.018
· 결정되지 않은 정보교류			0.014	19
· 설계변경에 따른 정보증가			0.019	10
승인 및 결정지연			승인 및 결정지연	· 발주자의 건축도면 승인지연
	· 업체의 제출도서 납품지연	0.019		10
	· 설계변경 의사결정 및 승인지연	0.040		1
건축도면 재설계	건축도면 재설계	· 발주자의 요구변화로 재설계 및 설계변경	0.024	8
		· 협력업체의 요구 및 협력부재로 재설계	0.012	23
		· 엔지니어링 능력부족으로 재설계	0.013	20
커튼월 설계 단계	과다한 커튼월 도면	· 설계자의 부정확한 커튼월 설계의뢰	0.005	78
		· 많은 Mock up Test가 필요한 커튼월설계	0.004	93
		· 다양한 커튼월 형태 및 상세도면 요구	0.008	37

표 10. 각 단계의 문제유형별 세부항목의 중요도 순위(계속)

커튼월 Life cycle	문제 유형	문제 유형의 세부항목(Problem & Wastes)	중요도	순위
커튼월 시공 단계	운반시간 거리증가	· 부적절한 야적/양중계획- 자재 잦은 이동	0.010	32
		· 필요 이상의 자재양중/이동(JIT실현미흡)	0.008	38
	대기 및 지연	· 양중인력 및 양중장비의 효율성 저하	0.005	78
		· 타 공정의 간섭으로 양중 및 작업지연	0.007	49
재작업 불필요한 행위	· 작업인력 부족으로 작업지연	0.006	61	
	· 유닛반입 지연에 의한 작업대기	0.005	78	
과다한 유지관리	· 주문 오류에 의한 유닛 재주문	0.006	61	
	· 부적합한 유닛반입	0.006	61	
커튼월 유지 관리 단계	과다한 유지관리	· 자재파손에 의한 유닛 재반입/재설치 작업	0.007	49
		· 유지관리를 고려하지 않은 설계	0.011	28
	커튼월 하자	· 커튼월 설계오류	0.007	49
		· Mock up Test미 실시 및 미비	0.005	78
		· 작업자의 실수 및 기능부족	0.010	32
	불필요한 저장/장소	· 하자 및 파손 등에 대비한 추가자재 구매	0.005	78
		· 하자발생에 대비한 금형보유 및 보관	0.004	93
	부적절한 프로세스	· 커튼월 유닛의 이력정보 확인 불가	0.007	49
		· 하자발생에 대비한 절차 및 대책미흡	0.008	38
	대기 및 지연	· 소량의 하자보수용 유닛 신청시 납품지연	0.007	49
· 외산자재 사용 시 운반 및 납품지연		0.008	38	
불필요한 행위	· 하자발생으로 인한 유닛재생산/재설치 작업	0.016	16	

5. 커튼월 각 단계별 체크포인트

위에서 분석한 비효율 요인을 고려하여 커튼월 생애주기 프로세스의 효율성을 향상시키기 위한 각 단계별 관리 체크 포인트를 아래와 같이 도출하였다.

5.1 건축설계 단계

건축설계단계는 커튼월 프로세스에서 가장 문제점이 많은 단계로, 그 원인은 건축주의 의사결정 및 승인지연과 건축가의 전문성 부족, 발주자의 의사반영 절차의 미흡으로 나타났다. 이것은 건축주의 커튼월과 관련된 지식이나 이해 부족, 설계자의 전문지식 부족 등 때문으로, 이를 해결하기 위해서는 전문 컨설턴트 또는 커튼월 전문가와의 협업이 필요하고, 다른 단계와 달리 초기 프로젝트 정보를 생성하는 건축설계 과정에서 많은 의사결정이 발생함으로써 이를 관리할 수 있는 효과적인 의사소통 수단이 요구된다.

Freire와 Alarcon은 설계단계의 영향은 건설프로젝트 산출에 경제적이거나 기술적으로 매우 중요하다고 보고¹⁶⁾, 설계단계의 문

제점으로 부족한 의사소통, 적절한 서류의 부족, 압력정보의 누락이나 오류, 불균형적인 자원배당, 참여자간의 협조부족, 갑작스런 의사결정을 지적하고 계획과 관리로 해결할 수 있다고 하여 참여자 간의 효과적인 의사소통 도구의 필요성을 제기하여, 본 연구의 결과와 유사한 내용을 지적하고 있다.

5.2 커튼월 설계단계

커튼월 설계 단계는 전문적인 엔지니어링 기술이 필요한 시기로, 문제점으로는 다양한 커튼월 형태와 현장조건 및 시공성이 반영되지 않은 설계, 잦은 건축설계 도면 변경, 정리되지 않은 정보교류 등으로 나타났다. 이것은 커튼월 설계 시에 프로젝트의 특성에 맞는 입면과 디테일의 반영, 설계 전에 현장여건 및 시공성의 검토로 공사 중에 비용이나 공기측면에 많은 영향을 미치는 설계변경이 자주 일어나지 않도록 해야 한다는 것을 의미한다. 따라서 이를 위해서는 발주자, 설계자 등 각 주체 간 업무 및 정보를 모니터링하고, 적시에 반영하여 승인하거나 제반 기술적인 사항의 검토로 도면의 잦은 변경이 없도록 해야 한다. 또한 프로젝트 진행단계에 따라 필요한 여러 분야의 전문지식을 공유할 수 있는 체계를 구축하여 현장 조건과 시공성 등이 커튼월 설계단계부터 반영되어 적용될 수 있어야 한다.

5.3 커튼월 생산 및 제작단계

커튼월 생산 및 제작단계는 건축설계 다음으로 많은 문제점이 발생하는 단계로 생산일정에 의한 급속생산, 다양한 형태의 유닛생산으로 인한 생산성 저하, 커튼월 설계의 비표준화로 인한 비용 및 시간증가, 생산 공정의 분산에 따른 이동거리 및 시간증가, 제품의 파손 등 다양한 문제점이 발생하는 것으로 나타났다.

이 단계의 문제점으로 지적된 다양한 형태의 유닛생산이나 커튼월 설계의 비표준화로 인한 비용 및 시간증가 등은 앞의 건축설계나 커튼월 설계단계가 원인을 제공하는 것이다. 그러므로 커튼월 각 단계의 문제점은 다음 단계의 프로세스에도 영향을 미치므로, 커튼월 프로세스의 효율성을 향상시키기 위해서는 전체 프로세스의 효율적인 관리가 필요하다. 이를 위해서는 커튼월 전문가 및 생산자가 설계단계부터 발주자나 건축가와 협업함으로써, 설계단계에서 표준화 및 규격화에 대한 고려가 반영될 수 있도록 계약체계나 정보공유체계가 갖추어져야 하며, 이러한 체계가 커튼월 생산 및 제작을 포함한 전체 생애주기 프로세스 관점에서 관리할 수 있는 시스템이 구축되어야 한다.

5.4 커튼월 시공단계

커튼월 시공단계의 문제점은 주로 운반 및 양중계획, 공정 간섭이나 물류의 흐름에 관한 사항으로 타 공정과의 간섭 발생, 현

16) Javier Freire and Luis F. Alarcon, "Achieving Lean Design Process: Improvement Methodology", Journal of Construction Engineering and Management, pp. 248~256, 2002

장의 물류 지연과, 부적절한 야적 및 양중계획, 과다야적 및 이동 등이 주로 발생하는 것으로 나타났다. 이것은 현장 전체의 자재반입 및 양중 등에 대한 통합적인 관리시스템의 미비와 관련 주체간의 협업 및 의사소통의 부족 때문이다. 이를 해결하기 위해서는 커튼월 생산 공장에서 현장으로 반입, 야적, 설치 등 일련의 과정에 대한 정보를 관련 참여주체 간에 공유하고 모니터링하는 방향으로 시스템을 구축하여 공장과 현장간의 원활한 의사소통과 물류흐름이 조절되도록 해야 한다.

5.5 커튼월 유지관리단계

커튼월 유지관리 단계는 전체 프로세스에서 가장 문제가 적은 것으로 나타나고 있으나 유지관리를 고려하지 않은 설계, 하자발생에 대한 대책과 절차, 하자발생 시 유닛의 재생산 및 재설치를 하는데 정보의 부족 등으로 낭비요인이 발생하는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 낭비요인은 유지관리단계에서 발생한 문제라기보다는 그 이전 단계 특히, 설계, 생산 등 초기단계에서의 문제가 유지관리단계에서 발생하는 것이라고 보는 것이 타당하다.

그러므로 건축물의 완성 후 사용기간에 문제가 발생하지 않도록 하기 위해서는 설계초기에서부터 시공단계까지의 모든 과정의 철저한 관리가 요구된다. 따라서 유지관리 단계에서는 설계부터 시공까지 발생한 일련의 정보들이 축적되어 유지관리단계에 필요한 정보로 활용될 수 있는 관점으로 접근해야 한다.

6. 결론

본 연구는 커튼월 생애주기 프로세스의 효율성 향상을 위해 전체 생애주기 프로세스 단계별 주요 관리 포인트를 제시하였다. 이를 위해 기존 프로세스 현황을 분석하여 프로세스에 존재하는 비효율 요인(problems & wastes)을 도요다 시스템의 무다 방법론에 의해 규명하고, 주요 관리 포인트의 도출을 위한 중요도 분석에는 규명된 비효율 요인을 대상으로 계층적 분석(AHP) 방법론이 활용되었다.

이 결과에 의하면, 커튼월 프로세스에서 단계별 중요도는 건축설계 단계(0.396), 커튼월 생산 및 제작 단계(0.250), 커튼월 시공단계(0.141), 커튼월 설계 단계(0.128), 유지관리 단계(0.085)로 나타났으며, 5차 분석의 결과는 설계변경 의사결정 및 승인 지연(0.040), 엔지니어링 능력부족(0.036), 발주자의 건축도면 승인 지연(0.034) 등의 순으로 각 단계별 중요도에 나타난 바와 같이 각 단계별 특성에 가장 많은 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 분석 결과에서 나타난 바와 같이 세부 항목의 중요도는 단순히 각 단계별 특성에 의해서만 결정 되는 것이 아니라, 관련 주체 간의 정보 교환 및 의사소통과 전체 프로세스의 유기

적 관리가 필요한 것으로 파악되었다.

따라서 커튼월 프로세스의 효율성 향상을 위해서는 전체 생애주기 관점에서의 관리가 필요하며, 본 연구에서 제시한 주요 관리 포인트는 프로세스 개선 및 향상방안 구축 시에 유용하게 활용될 수 있는 가이드라인의 역할을 할 것으로 기대된다. 끝으로, 본 연구에서 제시한 주요 관리 포인트 도출 방법은 커튼월뿐만 아니라, 다양한 공종에서 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 김재홍, 김태일, 「공공부문의 효율성 평가와 측정」, 집문당, pp. 21~78, 2001. 9
2. 송상훈, 김우영, 이현수, “건설현장 공사관리 프로세스 개선방안”, 대한건축학회논문집, 19권 2호, pp. 149~158, 2003. 2
3. 신봉수 외 4인, “건설공사의 적시생산(Just-In-Time)을 위한 양중시스템 개발”, 한국건설관리학회논문집 제4권 제4호, pp. 182~191, 2003. 12
4. 안병주 외 3인, “커튼월 공사의 적시생산(JIT) 관리를 위한 양중조달 시스템 개발에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 구조계, 대한건축학회, 제 19권 제 8호, pp. 153~162, 2003. 8
5. 이상규, 김정인, “외환위기 이후 은행점포의 효율성 분석”, 한국경영학회 경영학연구 제32권 제4호, pp. 1033~1061, 2003. 8
6. 이현수, 송상훈, 김우영, “정보분석을 통한 자재관리 프로세스 재설계”, 대한건축학회논문집 18권 11호, pp. 125~132, 2002. 11
7. 임형철, 송종석, “현장 공정 커뮤니케이션을 통한 공장생산자재의 공급 및 생산관리 방안에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 제20권 제4호, pp. 144~152, 2004. 4
8. 유정호, 이현수, “건설 프로젝트의 생산관리 시스템”, 대한건축학회논문집 구조계 18권 7호, 2002
9. 윤수원 외 3인, “공급사슬관리를 통한 커튼월 프로세스의 개선방안”, 대한건축학회 학술발표대회논문집 제24권 제1호, pp. 431~434, 2004. 4
10. 전용수, 최태성, 김성호, 「효율성 평가를 위한 자료포락분석」, 인하대학교출판부, pp. 1~17, 2002
11. 조태제, “행정법상의 효율성원칙”, 한국비교공법학회 공법학연구 제5권 제1호, pp. 43~70, 2004
12. 지홍민, 유태우, “외환위기를 전후한 상장건설회사의 효율성 및 생산성 분석”, 한국경영학회 경영학연구 제32권 제3호, pp. 809~830, 2003
13. 진상운 외 7인, “An analysis of the Life-Cycle Curtain

- Wall Process through Supply Chain Management”, IGLC-12th Conference, pp. 588~599, 2004. 8
14. 최병진, “생산관리에서의 프로세스 설계 사례”, 산업공학 제 7권 제3호, pp. 5~20, 1994. 11
 15. 최신용 외, 「행정 기획론」, 박영사, 2005. 2
 16. 황한철 외 5인, “시설원예의 입지적성평가모델 개발”, 한국농촌계획학회논문집 5권 2호, pp. 30~37, 1999. 8
 17. A. Gunasekaran, C. Patel and R. E. McGaughey, “A framework for supply chain performance measurement”, International Journal of Production Economics 87, pp. 337~347, 2004
 18. A. N. Berger and D. B. Humphrey, “The Dominance of Inefficiencies over Scale and Product Mix Economics in Banking”, Journal of Monetary Economics 28, pp. 117~148, 1991
 19. A. S. Hanna and J. S. Russel and D. Thomack, “Quantifying the effect of Change Orders on Electrical Construction Labor Efficiency”, Cost Engineering 40(2), pp. 36~41, 1998. 2
 20. A. Serpell and L. F. Alarcon, “Construction process improvement methodology for construction project”, International Journal of Project Management, Vol. 16, No.4, pp. 215~221, 1998
 21. D. M. Lambert, M. C. Cooper and J. D. Pagh, “Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities”, The International Journal of Logistics Management 9(2), pp. 1~19. 1998
 22. E. Ballestero and J. A. Maldonado, “Objective measurement of efficiency: applying price model to rank hospital activities”, Computers & Operation Research 31, pp. 515~535, 2004
 23. G. Debreu, “The Coefficient of Resource Utilization”, 19(3), pp.273~292, 1951
 24. H. Leibenstein, “Allocative Efficiency vs. 'X-Efficiency”, American Economic Review 56, June, pp. 392~415, 1966
 25. Jorge Soares and Stuart Anderson, “Modeling Process management in Construction”, Journal of Management in Engineering, pp. 45~53, 1997
 26. L. F. Alarcon and D. B. Ashley, “Modeling Project Performance for Decision Making”, Journal of Construction Engineering and Management 122(3), pp. 265~273, 1996
 27. M. J. Farrell, “The Measurement of Productivity Efficiency”, Journal of the Royal statistical Society, Series A, 120(3), pp. 253~290, 1957

논문제출일: 2005.04.06

심사완료일: 2005.07.18

Abstract

Recently, a curtain wall construction is a exterior finishing components which is most used for shortening time in high-rise building as well as the class of key management factors in cost and schedule control. Also, it is recognized that an effective management for curtain wall process is a major subject to accomplish the project successfully. However, as the current management for curtain wall construction is focused on the construction stage, it makes problems such as errors in business performance, rework by mistakes and duplications, errors and omissions by ineffective information management and there has never been any efficient management from a view of the entire Curtain Wall Life-cycle process.

Therefore, the aim of this study is to suggest a stage check point for process improvement in the curtain wall Life-cycle process through current curtain wall process analysis, and then to investigate the cause of waste factors using the Muda method from the Toyota Production System and extract the weighted effects of the waste factors using the analytical hierarchy process method. According to the result, Most of the inefficient factors happened in architectural design stage of the entire curtain wall Life-cycle process and my research identified that detail factors of them are a delay of decision making and an approval in changes, a deficit of engineering capacity and a delay of approval in architectural design drawings by owner, etc.

Keywords : Curtain Wall Life-cycle Process, Inefficient factor, Weight, Analytical Hierarchy Process