

적정 설계변경안 선정을 위한 의사결정 지원 프로세스

Decision Making Process for Alternative Selection of Proper Design Change in Construction Project

이 종 식*
Lee, Jong-Sik

전 재 열**
Chun, Jae-Youl

요 약

정부기관은 공사계획단계 및 시공 중 발생하는 설계변경으로 인한 공사비 증가가 23,663억 원에 달하는 것으로 발표한 바 있다. 설계변경은 표준화가 어려운 건축설계의 특성으로 인해 발생하는 현상으로 발주자의 요구사항변경, 관련 제도, 설계 부적정, 현장여건 등 건설프로젝트 전반에 걸쳐 그 원인이 존재하기 때문에 기본설계 및 중간설계 단계에서 완벽한 설계를 한다 하더라도 설계변경을 예방하고 감소시키는 데에는 한계가 있다. 또한 공사계획 및 시공단계에서 단편적인 검토만으로 설계변경안을 선정하는 현행 관리프로세스는 또 다른 설계변경을 유발시켜 재시공과 그에 따른 공사비 증가의 주된 원인이 되고 있어, 공사계획 및 시공 중 발생한 설계변경에 효율적으로 대처하는 방안이 요구되고 있다. 이에 본 연구에서는 CM 발주방식의 건축프로젝트를 대상으로 건설사업관리자가 프로젝트 수행 중 발생하는 설계변경에 대하여 다수의 설계변경안을 비용, 성능, 시공성 측면에서 복합적이고 정량적으로 평가하여 적정 설계변경안을 선정할 수 있는 의사결정지원 프로세스의 논리구조와 기본모형을 제시하였다.

키워드 : 건축설계변경, 건축시스템, 의사결정, 제한조건, 적합도 평가

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

1970년대부터 미국 등 선진국에서는 정부시설공사의 설계단계에 VE기법 등을 활용하여 원가절감 및 요구 품질을 확보하고자 노력하고 있다. 국내에서도 VE, LCC 등의 적용을 통해 시공 단계뿐만 아니라 프로젝트 전 단계에 대한 원가절감과 품질확보를 고려하는 추세이다. 특히 건설프로젝트에 있어서 설계는 그 내용과 품질이 프로젝트의 성패를 좌우하는 중요한 요소이기 때문에 프로젝트 전(全) 단계의 최적성을 고려한 계획과 관리가 이루어지고 있지만 건설프로젝트의 수행 중 발생하는 설계변경과 그로 인한 부실시공 발생건수는 감소하지 않고 있다.

정부와 학계에서는 국내 건설 산업이 전체 GDP의 6.31%¹⁾를 차지하는 국가기간산업이라는 측면에서 볼 때 설계변경으로 인

한 공사비 증가와 예산낭비가 커다란 국가적 손실이라는 것에 인식을 같이 하고 제도 및 프로세스 개선 등을 통해 설계변경을 예방하고자 노력하고 있다. 관련 업계 또한 전문화, 분업화, 협업설계 등을 통해 설계품질을 향상시키고 건축 프로젝트의 대형화, 복합화에 따른 설계변경의 발생에 대처하고자 많은 시간과 노력을 투자하고 있다. 하지만 정부와 학계, 업계의 노력에도 불구하고, 최근 들어 건축 프로젝트의 대형화에 따른 설계변경의 상대적 증가와 공사계획 및 시공단계에서의 부적절한 설계변경은 공사비 증가 및 부실시공의 원인이 되고 있으며, 이는 공기 지연, 품질저하 등 부정적인 결과로 이어지고 있는 실정이다.

정부기관의 발표에 의한 시설공사의 부실시공 요인은 설계 부적정, 부당시공, 제도 부적정 순으로 나타났으며, (조달청 시설국, 2003) 이 중 설계부적정은 다음 표 1²⁾과 같이 설계서의 불분명, 누락, 설계서간 상호모순, 현장상태의 상이 등이 주된 내용이다. 또한 이로 인해 공사계획단계 및 시공 중 발생한 설계변경

* 일반회원, 단국대학교 대학원 건축공학과 박사수료, jslee725@gmail.com

** 종신회원, 단국대학교 건축공학과 교수, 공학박사(교신저자), jaeyoul@dankook.ac.kr

1) 한국은행 경제통계시스템의 2008년 경제지표 관련 자료를 재해석한 것임.

2) 전현철 (2007). "공공 건설공사 낙찰방법별 계약체결 및 설계변경 현황 분석에 관한 연구", 한양대학교, pp. 34

표 1. 공사계획단계 및 시공 중 설계변경 발생현황

설계변경 발생사유	설계변경		공사비 증감액(억 원)
	건수	비율(%)	
발주기관의 요구	941	55.88	12,388
설계서의 불분명, 누락, 오류, 설계서간 상호모순	591	35.1	9,727
설계서와 현장상태의 상이	2	0.12	-10
신기술 및 신공법 적용	1	0.06	-5
기타 계약내용 변경	149	8.85	1,533
합계	1684	100	23,663

주) 조달청에 의해 체결된 50억 이상의 건설공사 중 2003년 11월부터 2005년 6월까지 발생한 설계 변경을 대상으로 한 자료임.

에 따른 공사비 증가는 23,663억 원에 달하는 것으로 조사된 바 있어 설계변경관리의 필요성이 대두되고 있다.

기본설계 및 중간설계 단계에서 완벽한 설계를 한다 하더라도 설계변경을 예방하고 감소시키는 데에 한계가 있는 것은 건설 산업에 있어서 설계변경의 발생이 표준화가 어려운 건축설계의 특성으로 인한 현상이기 때문이다. 또한 설계변경은 인접한 건축시스템에 영향을 미칠 수 있기 때문에 단편적인 검토만으로 설계변경안을 선정하는 현행 관리 프로세스는 또 다른 설계변경을 유발시켜 재시공과 그에 따른 공사비 증가의 주된 원인이 되고 있다. 건축 프로젝트의 수행 중 발생하는 설계변경으로 인한 부실시공과 그에 따른 품질저하, 공기지연, 공사비 증가를 최소화하기 위해서는 정책적 측면에서의 제도개선, 건축설계측면에서의 프로세스 개선 및 협업설계 등 기존의 예방적 측면의 기존 연구와 함께 표준화가 어려운 건축설계의 특성으로 인해 발생하는 설계변경에 대해 효과적으로 대처할 수 있는 방안이 제시되어야 한다. 이에 본 연구에서는 건축프로젝트의 수행 시 시공계획 및 시공단계에서 발생하는 설계변경에 효과적으로 대처할 수 있는 방안을 제시함으로써 설계변경으로 인한 예산낭비 및 재시공 예방을 통하여 건설산업의 생산성 향상에 기여하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 CM발주방식의 건축공사에 있어서 발주자 및 건설사업관리자가 프로젝트의 수행 중 설계변경의 발생 시 적정 설계변경안을 선정할 수 있도록 의사결정을 지원할 수 있는 프로세스의 논리구조와 주요 구성모델의 기본모형을 제시하는 것으로 연구의 범위를 한정하였다. 또한 본 연구에서 다루는 제한조건은 건축시스템³⁾의 변경시 고려해야 하는 비용, 성능(품질), 시공성으로 한정하며⁴⁾, 본 연구는 다음과 같이 진행하였다. 본 연구는 다음과 같이 진행하였다. 첫째, 건축 설계변경의 개념을 정

3) 자재, 부품, 공간, 공법 등 건축프로젝트 수행시 발생하는 설계변경의 대상과 단위를 의미한다.

의한다. 둘째, 국내외 선행 연구 및 설계변경관리 현황, 그에 따른 문제점을 살펴보고 개선방안을 제시한다. 셋째, 기존 연구에서 건축설계안의 평가를 위해 제시된 모델을 활용하여 효율적인 건축 설계변경 관리를 위한 의사결정지원 프로세스의 논리구조와 주요 구성모델의 기본모형을 제시한다. 넷째, 본 연구의 내용을 정리하고 향후 연구 과제를 제시한다.

2. 선행 연구 및 설계변경관리 현황

2.1 선행연구 고찰

건축분야의 설계변경과 관련된 연구는 국내외적으로 활발히 진행되고 있다. 국내의 경우 설계변경 현황분석, 설계변경 관련 제도의 개선 방안, 설계변경관리를 위한 협업프로세스 개발 등 설계변경의 예방과 감소측면에서의 연구가 주를 이루고 있다. 국외의 경우는 IFC를 활용하여 프로그램 언어의 상이로 인한 분야 간 불일치 요소 제거, 설계변경 시 발생하는 인터페이스 간 영향파악 등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 국내의 경우 제도 및 설계 프로세스의 개선과 협업을 통해 설계변경을 사전에 방지하기 위한 예방적 측면에서의 연구가 주를 이루고 있지만 표준화가 어려운 건축설계의 특성으로 인해 설계변경은 지속적으로 발생하고 있는 실정이다. 건축 설계평가와 관련된 선행 연구에 있어서도 비용·성능·시공성 등 각 항목에 대한 단일 평가방법의 제시에 그치고 있어, 수행 중인 프로젝트의 특성 및 설계변경의 요인 등을 고려한 통합평가방법을 제시한 연구는 거의 전무한 실정이다. 최근 국내외에서 진행된 대표적인 설계변경 관련 연구는 표 2와 같다.

2.2 국내 설계변경 관련제도 및 설계변경 관리 프로세스

국내 설계변경 관련 제도는 국가를 상대로 하는 계약에 관한 법령, '건설산업기본법', '기획재정부 회계예규 공사계약일반조건' 등 7개의 법규 및 시행규칙이 있으며 그 내용은 설계변경 발생시 업무처리절차를 위주로 구성되어 있다. 건설산업에 있어서 설계변경이란 공사계약 완료 후 설계서의 불분명, 누락, 오류, 설계서간 상호모순, 공사여건의 상이, 신기술 신공법의 적

4) 기존 연구에 의하면 비용, 일정, 품질, 안전, 환경, 법규 등 다양한 요소를 설계변경시 고려해야 하는 영향요소로 정의하고 있다. 본 연구에서는 건축 프로젝트 수행시 생산성과 밀접한 관련이 있는 성능 및 비용, 시공단계에서 발생하는 주요 설계변경 요인인 시공성을 설계변경시 고려하여야 하는 영향요소로 선정하였다.

표 2. 설계변경관련 연구동향

구분	제목 및 저자	주요 내용
국내	설계변경분석 기반 소규모 공공공사 설계협업 프로세스 개선방안 (이민재 2008)	· 설계단계별 중점관리항목 도출 · 설계변경예방을 위한 중간설계과정에서 의사결정단계가 포함된 설계협업 프로세스 제시
	공공 건설공사 낙찰방법별 계약체결 및 설계변경 현황 분석에 관한 연구 (전현철 2007)	· 낙찰방법별 계약현황 분석을 통한 설계변경관련 제도개선 방안 제시
	동일대지 내 건설프로젝트 사례분석을 통한 설계변경 원인분석에 관한 연구 (오병석 2006)	· 설계변경의 추진상황 분석을 통한 설계변경의 유발하는 원인요소를 도출 및 개선방안 제시
	설계변경에 의한 공사금액의 영향에 관한 연구 (임철순 2005)	· 설계변경상의 문제점 개선과 법적 보완 을 위한 발주자 및 시공자의 손익계산 자료 분석
국외	Model for Design Management in Collaborative Environment Using Design Structure Matrix and Design Parameter's Information (Salman Akram and Jeonghwan Kim 2009)	· 설계평가 매트릭스 제시 · 주요한 설계변수의 정보모델 제시
	Feasibility Study of an Automated Tool for Identifying the Implications of Changes in Construction Project (Shabtai Isaac and Ronie Navon 2008)	· 발주자의 요구사항과 대상 건축물의 고유의 프로그램 및 건축설계의 상관관계를 정의한 설계변경 예측모델제시
	IFC-Based Framework for Evaluating Total Performance of Building Envelope (P. Fazio 외 2007)	· IFC 기반의 정보모델 이용 · 건축물 외벽을 대상으로 에너지 요구사항, 습기, 온도성능 및 기타 요구사항에 대한 프레임워크 제시
	Improving The Utility and Value of CAD Software for decision-making and Design of Structural Frames (R Soelanto 외 2005)	· CAD 환경에서 품질 지향적 휴리스틱 의사결정모델 제시

용, 발주자의 요청, 공사 도중 예기치 못한 사태의 발생 등으로 인해 당초의 설계내용이 변경되는 것을 말한다. 이러한 설계변경은 계약금액의 변동을 가져올 수 있기 때문에 기본 및 실시설계단계에서 발주자의 요구사항을 구체화하고 설계품질을 향상시키는 재설계와 구별된다.⁵⁾ 현행 건설산업의 설계변경관리 현황을 살펴보면 다음 그림 1과 같이 설계변경 유발 원인만을 고려해 설계변경안을 작성하고 있으며, 설계변경안의 선정 권한을 가진 의사결정자 또한 건축설계에 대한 평가지식 및 의사결정체계 없이 단편적인 검토만으로 설계변경안을 채택하고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 공사계획 및 시공 중 발생한 설계변경에 효율적으로 대처하기 위해 비용, 성능, 시공성을 통합하여 정량적으로 평가할 수 있는 프로세스 모델을 제시함으로써 발주자 및 건설사업관리자의 설계변경안 선정을 위한 의사결정을 지원하고자 한다.

3. 적정 설계변경안 선정을 위한 의사결정 지원 프로세스 구축

3.1 프로세스의 논리구조 및 기본모형

본 연구에서 제시하는 적정 설계변경안 선정을 위한 의사결정 지원 프로세스 모델은 변경 시스템 및 인접 시스템의 구성분석을 위한 건축시스템 분석모델, 설계변경 시 고려해야 하는 제한조건을 정량적으로 평가하기 위한 제한조건 평가모델, 제한조건 의 중요도에 따른 우선순위를 도출하기 위한 제한조건 분석모델, 제한조건별 우선순위가 고려된 통합평가지수 산출하여 설계

변경안의 적용시 적합도를 산출하기 위한 적합도 평가모델로 구성되어 있으며 각 모델이 연동하여 발주자 및 건설사업관리자가 건축 프로젝트의 수행 중 발생한 설계변경에 대해 효과적으로 대처하기 위한 정량적인 데이터를 제공한다.

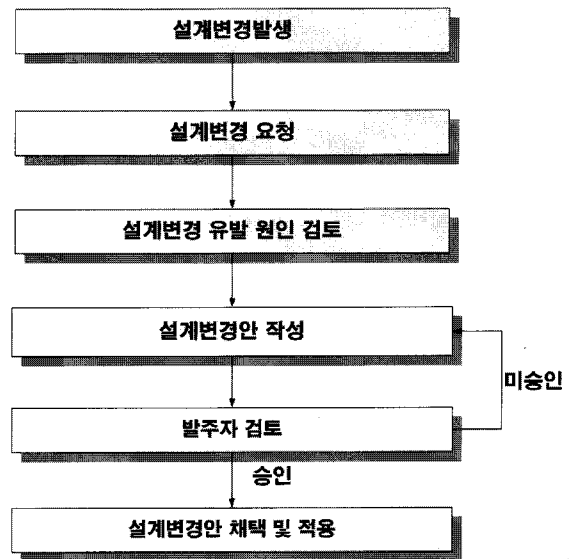


그림 1. 현행 설계변경관리 프로세스(AS-IS)

본 연구에서 제시하는 적정 설계변경안 선정을 위한 의사결정 지원 프로세스 모델은 총 6단계로 구성되어 있으며 각 단계별 절차 및 정보의 흐름과 주요 모델의 연동관계는 다음 그림 2와 같다.

(1) 1단계: 설계변경발생

공사계획 및 시공단계에서 설계서의 불분명, 누락, 오류, 분야별 설계서간의 상호모순, 현장상태의 상이 등과 같은 설계 부적정 및 신기술·신공법의 적용, 발주자의 변경요구, 사업비 변경 등, 설계변경의 발생요인을 분석하여 비용⁶⁾, 성능, 시공성에 대

5) 국내 건축공사 설계변경 관련제도와 기존 연구문헌의 내용을 정리하여 재정의한 것임

한 조건을 설정한다. 비용의 경우 설계변경에 의해 공사비의 증·감이 발생하며, 발주자의 요구 등과 같은 제한조건에 의해 일정 범위내의 증·감만을 허용하도록 설정할 수 있다. 성능은 관련 법규 및 발주자의 요구사항에 부합하는 범위에서 설정한다. 성능의 설정에 있어서 각 건축물은 고유의 빌딩시스템으로 구성되어 있으며, 그러한 고유의 시스템 또한 여러 개의 하위 시스템의 조합으로 구성되어 있다. 따라서 건축물이 가지게 되는 전체적인 성능은 하위시스템을 어떻게 설정하는가에 따라 그 특성과 기본 구조가 달라진다.⁷⁾ 건축물의 설계 및 설계변경단계에서 구성 시스템을 설정하는 문제는 건축물을 구성하는 각각의 하위 시스템을 대상으로 각각의 개별성능을 평가한 후 통합하여야 하며, 이러한 하위 시스템은 구조·설비·외부·내부 시스템으로 구분될 수 있다. 시공 가능성과 용이성을 설정하는 시공성의 경우 현장의 여건과 기술수준 등을 고려한 건축 및 엔지니어링 설계가 이루어졌는지에 대한 평가기준을 설정한다.

(2) 2단계: 유사사례 검토 및 복수의 설계변경안 작성

과거 수행되었던 유사사례를 활용하고 설계변경 발생원인 등을 고려하여 복수의 설계변경안을 작성한다.

(3) 3단계: 제한조건 평가를 위한 건축시스템 구성체계 분석

① 3.1단계: 설계변경안 및 인접 시스템의 구성 분석

Building Systems Integration 이론(이하, BSI)을 활용하여 건축물을 구성하는 시스템을 다음 표 3과 같이 구조·설비·외부·내부 시스템으로 구분하고 이를 시각적으로 표현하여 건축물의 구성체계를 분석한다.

표 3. BSI 이론에 근거한 건축시스템의 구성

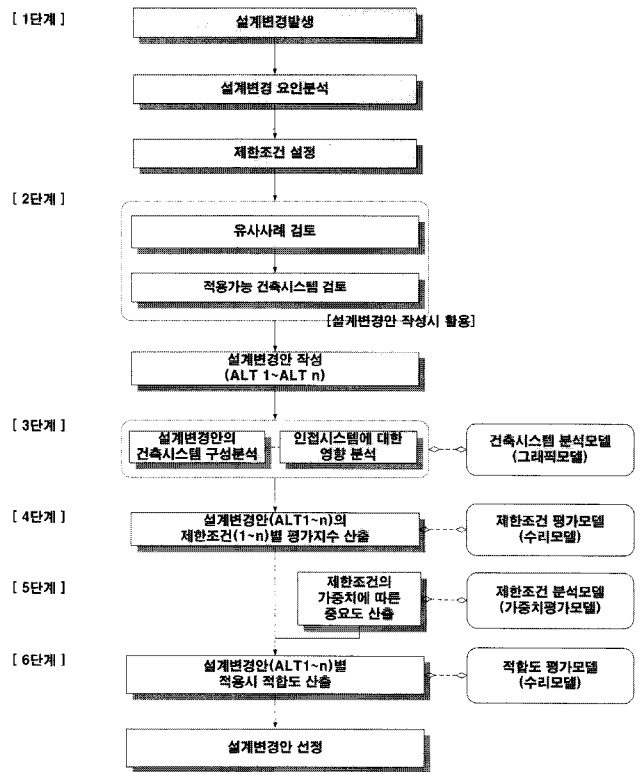
시스템 분류	시스템의 기능적 특성	대표적인 예
구조시스템	· 외부 자극 및 부과되는 하중에 대응하여 건축물을 지지하는 역할	벽체, 바닥, 기둥, 보 등
설비시스템	· 건축물의 열·소음·조명과 인진 등, 건축물의 내부적 성능 제공	HVAC, 전기, 배관시스템, 엘리베이터, 안전·방화설비 등
외부시스템	· 외부의 미적성능을 높이고 외부 자극으로부터 구조체를 보호하는 역할	지붕 및 외벽마감 등
내부시스템	· 건축물 내부에서의 활동을 향상시키는 역할	천장, 바닥마감, 내벽마감, 칸막이벽 등

BSI 이론에 의한 건축시스템은 다음 표 4와 같이 독립, 접촉, 연결, 공유, 결합의 5가지 형태로 상호 작용범위를 형성하고 통합된다.(Richard D. Rush 1986) 이는 다시 단일 구성과 복수의 시스템이 하나로 융합된 복합구성으로 구분할 수 있다. 여기서

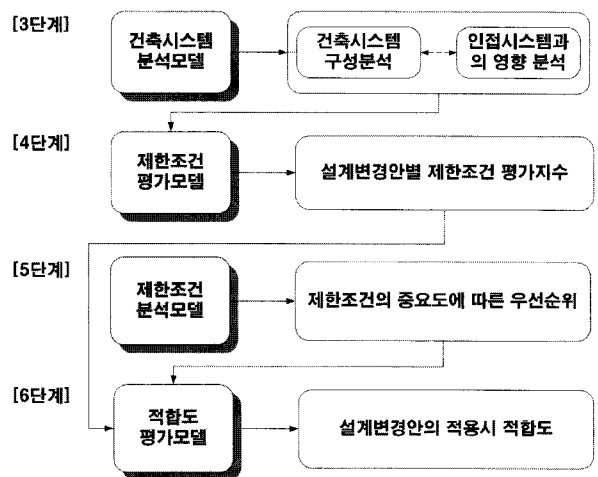
6) 본 연구에서는 비용은 재료비, 노무비, 경비를 대상으로 하였으며 LCC 등 운영 및 유지관리 비용은 대상에서 제외한다.

7) Ruch, Richard D., The Building Systems Integration Handbook, Butterworth-Heinemann, Ma, 1986, pp. 233

단일구성은 하나의 시스템에 대한 제한조건 평가만 수행하고 복합구성은 각각의 세부시스템을 대상으로 제한조건 평가를 수행한 후 통합하여 평가지수를 산출한다.



a) 적정 설계변경안 선정을 위한 의사결정지원 프로세스(TO-BE)



b) 주요 모델의 연동관계

그림 2. 적정 설계변경안 선정을 위한 의사결정지원 프로세스 및 주요모델

② 3.2단계: 인접시스템에 미치는 영향분석

설계변경으로 인한 인접시스템의 변화는 설계변경 범위의 확장을 의미하며, 이는 비용, 성능, 시공성 등 해당 시스템이 가지

표 4. 건축 시스템간의 결합유형

통합유형	다이어그램	통합유형의 예	구성형태
독립		외벽 패널 + 내부 마감재	단일
접촉		지붕 방수층 + 지붕 슬래브	단일 + 단일
연결		구조체 + 덕트	단일 + 단일
공유		천정 패널 + 공조 덕트	복합
결합		PC 패널	복합

고 있는 고유값이 변경됨을 의미한다. 인접시스템에 영향을 미치지 않는 변경안이 선정시 우선순위를 가지며, 인접시스템에 영향을 미치는 경우라 할지라도 발주자의 요구 및 프로젝트의 수행에 있어 적용이 필요할 경우 인접시스템에 영향을 미치지 않은 그룹과 영향을 미치는 그룹을 분리하여 비교 평가할 수 있다. 인접시스템에 대한 영향 및 분석방법과 그에 따른 제한조건 평가방법은 다음 표 5와 같다.

(4) 4단계: 설계변경안에 대한 제한조건 평가

3단계에서 설계변경안의 단일 구성 및 복합 구성 여부를 분석하고 각각의 시스템에 대해 비용, 성능, 시공성 등 제한조건을 평가하며, 각 제한조건에 대한 평가모델은 다음과 같다.

① 비용평가모델

각 설계변경안의 적용 시 소요되는 비용을 산출한다. 비용평가 지수는 평가대상 설계변경안을 전체 대안의 비용 역수의 합으로 나누어 산출함으로써 가장 낮은 비용이 높은 평가값을 갖게 한다. 비용평가지수 산출모델 및 그 예는 다음 식 (1) 및 그림 3과 같다.

$$C = \frac{1}{C_i} \quad (1)8$$

$$C = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}}$$

C: 평가대상 설계변경안의 비용평가지수
 i: 설계변경안
 C_i: i번째 설계변경안 적용시 소요되는 비용
 t: 평가대상 설계변경안
 C_t: 평가대상 설계변경안 적용시 소요되는 비용

설계변경안	소요비용 (단위: 천원)	인접시스템 변경비용 (단위: 천원)	총 소요비용 (단위: 천원)	비용지수
ALT 1	248,742	125,749	374,491	0.3302
ALT 2	261,492	163,894	425,386	0.2907
ALT 3	217,332	108,906	326,238	0.3791

● 가장 낮은 비용이 가장 높은 평가값을 갖는다.

그림 3. 인접시스템이 변경되는 계변경안의 비용평가(예)

② 성능평가모델

설계변경안을 대상으로 관련법 및 발주자에 의해 요구된 성능 조건의 부합여부를 평가한다. 건축물을 구성하고 있는 건축시스템의 종류 및 형태는 매우 다양하기 때문에 그에 대한 성능평가는 [3단계]에서 정의된 건축시스템 구성체계를 기준으로 평가단위를 설정하고 다음 표 6의 KS F1010에서 제시된 항목을 기준으로 하여 성능평가를 수행한다.⁹⁾ 요구된 건축시스템의 성능평가 지수는 다음 표6의 성능항목에서 추출하고 설계변경안 간의 비교를 통해 산출한다. 성능평가체계와 평가모델은 다음 그림 4 및 식 (2)와 같다.

표 5. 인접시스템에 대한 영향 및 건축시스템의 구성에 따른 제한조건 평가방법 및 절차

구분	분석 절차	설계변경 대상확인	인접시스템 파악	인접시스템에 대한 영향분석	제한조건 평가대상	제한조건평가
설계변경안이 인접시스템에 영향을 미치지 않는 경우					1	 단일 시스템에 대한 제한조건 평가지수 산출
설계변경안이 인접시스템에 영향을 미치는 경우					1	
					2	
					3	

표 6. 건축물의 부위별 성능항목 및 급별 호수 (일부)

급별호수	(0)	1	2	3	4	5	6	(7)
반사성		7	10	14	20	28	40	56
단열성		0.17	0.26	0.43	0.67	1.08	1.72	2.75
충격음 차단성		25	15	5	-5	-15	-25	-35
차음성		12	20	28	36	44	52	60
흡음성		20	30	40	50	60	70	80
방수성		98	156.8	245	392	617.4	980	1568
방습성		0.1	1	10	100	250	630	1000
기밀성		0.015	0.06	0.25	1	4	15	60

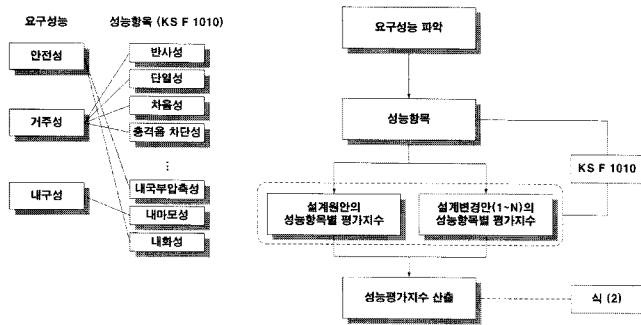


그림 4. 설계변경안의 성능평가체계

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{P_{ti}}{P_{oi}} / N \quad (2)$$

- P : 설계변경안의 성능평가지수
- i : 성능항목의 지수
- P_{oi} : 설계원안의 성능항목별 지수
- t : 평가대상 설계변경안
- P_{ti} : 설계변경안의 성능항목별 지수
- N : 성능평가항목의 수

③ 시공성 평가모델

설계변경안에 대한 시공 용이성을 평가한다. 본 연구에서 제시하는 시공성 평가는 전문가의 지식과 사례정보를 활용하여 평가항목을 생성하고 피드백하여 지식기반의 데이터베이스를 구축하는 모델로써, 다음 그림 5의 절차에 따라 시공성 평가를 위한 항목 도출 후 체크리스트를 작성하고 AHP기법을 이용하여 평가항목의 우선순위에 따른 가중치를 산출하여 설계변경안 고 려해야 할 시공성 항목의 중요도를 파악한다. 이후 각 설계변경 대안의 시공성을 척도 평가법을 이용하여 평가하고 평가항목의

- 전재열 (2003), "건축설계단계에서 협력설계 의사결정을 통한 적정 부위 대안 선정 알고리즘에 관한 연구" 대한건축학회 논문집(구조계), 19권 11호, 대한건축학회 pp. 205
- 예: 공동주택의 외기와 접한 벽에 대해 방습성, 단열성을 성능평가 항목으로 설정하고 해당 부위를 구성하고 있는 각 재료에 대한 열관류율과 투습비 저항값을 산출하여 성능을 평가할 수 있다.

우선순위에 따른 가중치와 각 항목에 대한 척도 평가값을 이용하여 설계변경안에 대한 시공성 평가지수를 산출한다.

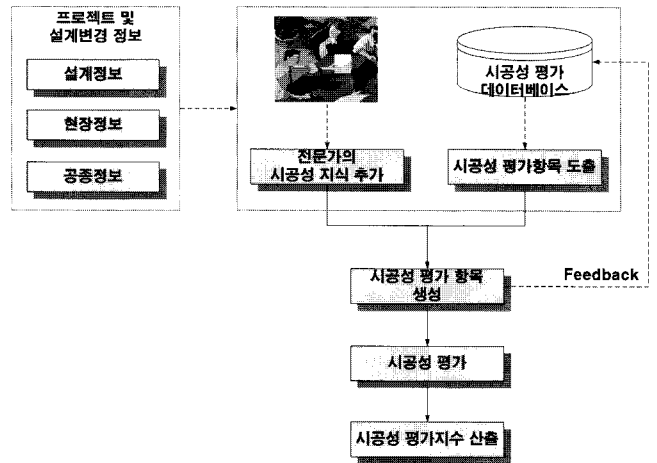


그림 5. 시공성 평가항목의 생성과 피드백 흐름도

시공성 평가모델의 기본모형과 평가지수 산출의 예는 다음 그림 6과 같다.

AHP				
시공성 평가항목	1	...	n	
1	1			
...		1		
n			1	

평가척도	시공 용이성				
	1	2	3	4	5
시공성 평가항목					
1					
...					
n					

$$CI = (\sum_{i=1}^n G_i \cdot w_i) / N \quad (3)$$

- CI : 시공성 평가지수
- i : 시공성 평가항목
- G_i : i 항목의 시공성 평가값
- w_i : i 번째 항목의 중요도 가중치
- N : 시공성 평가항목의 수

a) 시공성 평가모델의 기본모형

시공성 평가 항목별 가중치 산출

AHP				
시공성 평가항목	1	2	3	가중치
1	1	2	4	0.154
2	0.5	1	3	0.219
3	0.25	0.33	1	0.054

설계변경안 1

평가척도 시공성 평가항목	시공 용이성				
	낮음 ←				→ 높음
	1	2	3	4	5
1		●			
2					●
3			●		

$$CI = \frac{2 \times 0.154 + 5 \times 0.219 + 3 \times 0.054}{3} = 0.522$$

설계변경안 2

평가척도 시공성 평가항목	시공 용이성				
	낮음 ←				→ 높음
	1	2	3	4	5
1				●	
2			●		
3					●

$$CI = \frac{4 \times 0.154 + 3 \times 0.219 + 5 \times 0.054}{3} = 0.514$$

b) 시공성 평가지수 산출 (예)

그림 6. 시공성 평가모델

(5) 5단계: 제한조건의 우선순위 분석

4단계에서 정의된 제한조건에 대해 다수의 전문가가 강제결정법을 이용하여 우선순위를 산출한다. 강제결정법은 각 요소간의 상대적 우위를 가중치 1과 0으로 구분하고 쌍대비교 후 합산하여 평가하는 방법으로(Fasal, J. 1965) 건축프로젝트의 성공적인 수행을 위한 설계변경안의 선정시 어떠한 조건을 우선적으로 고려해야 하는가에 대한 의사결정을 지원한다. 다수의 전문가에 의해 평가된 각 항목의 가중치 합을 평균하여 집단가중치를 산출한다. 제한조건의 우선순위 분석모델의 기본모형 및 그 예는 다음 그림 7과 같다.

제한조건	1	2	3	.....	i	합계
1		V ₁₂	V ₁₃	.....	V _{1i}	V ₁₁ + V ₁₃ ... + V _{1i}
2	V ₂₁		V ₂₃	.....	V _{2i}	V ₂₁ + V ₂₃ ... + V _{2i}
3	V ₃₁	V ₃₂		.....	V _{3i}	V ₃₁ + V ₃₂ ... + V _{3i}

$$W_i = \sum_{j=1}^n V_{ij} \quad (4)$$

- i: 제한조건
- W_i: i행 제한조건의 가중치 합
- j: 제한조건 i행의 열에 부여된 값
- V_{ij}: 제한조건 i 행의 1열에서 j열까지 부여된 가중치

a) 강제결정법의 기본모형

전문가 1				
제한조건	1	2	3	합계
1		0	1	1
2	1		1	2
3	0	0		0

전문가 2				
제한조건	1	2	3	합계
1		0	1	1
2	1		0	1
3	0	1		1

제한조건의 우선순위 평가 참여전문가의 수

제한조건	집단가중치	순위
1	(1+1)/2=1	2
2	(2+1)/2=1.5	1
3	(1+0)/2=0.5	3

$$G_i = \sum_{i=1}^n W_i / E \quad (5)$$

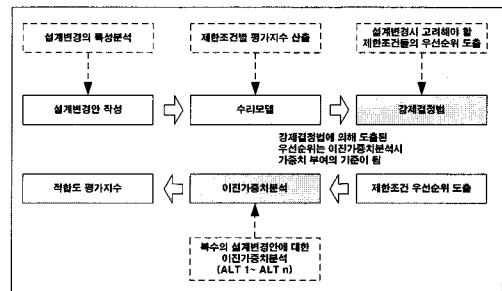
- i: i번째 제한조건
- G_i: i번째 제한조건의 집단가중치
- W_i: 전문가별 i번째 제한조건의 가중치의 합
- E: 제한조건 우선순위 평가에 참여한 전문가의 수

b) 강제결정법을 활용한 우선순위 도출(예)

그림 7. 강제결정법의 기본모형

(6) 6단계: 적합도 평가를 위한 통합평가지수

강제결정법					이진가중치분석	
제한조건	1	2	3	합계	순위	
1		0	0	0	1	
2	1		1	2	2	
3	1	0		1	3	



a) 강제결정법과 이진가중치분석의 상관관계¹⁰⁾

제한조건	평가지수
1	W ₁
⋮	⋮
n	W _i

$$GoF = \sum_{i=1}^n (w_i \cdot 2^{i-1}) \quad (6)$$

- GoF: 설계변경안의 적용시 적합도
- i: 제한조건의 나열위치
- w_i: i번째 제한조건의 평가지수

b) 적합도 평가모델

그림 8. 적합도 평가모델의 기본모형

10) Jongsik, Lee, and Jaeyoul, Chun, (2009). "Risk Response Analysis Model for Construction Method Using the Forced-Decision Method and Binary Weighting Analysis", Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Vol. 8, No. 1, pp. 208

① 통합평가지수 산출을 위한 강제결정법과 이진가중치분석의 상관관계 및 적합도 평가모델의 기본모형

강제결정법에 의해 정의된 제한조건의 우선순위와 설계변경안 적용시 적합도를 산출하기 위한 이진가중치 분석은 설계변경시 제한조건을 고려한 적정 설계변경안을 선정하기 위한 것이다. 강제결정법에 의해 결정된 제한조건의 우선순위는 이진가중치 분석시 가중치 부여의 기준이 되며, 강제결정법에 의해 다른 조건보다 우선적으로 고려하여야 하는 제한조건은 다음 그림 8 및 식 (6)의 이진가중치분석 수행시 목록의 상위에 위치하여 다른 조건에 비해 높은 이진수값을 가지게 되고(Jongsik Lee and Jaeyoul Chun 2009) 이를 통해 제한조건의 가중치가 고려된 설계변경안의 적합도를 산출할 수 있다.

Analysis Model for Construction Method Using the Forced-Decision Method and Binary Weighting Analysis”, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, Vol. 8, No. 1, pp. 205~212

Ruch, Richard D., *The Building Systems Integration Handbook*, Butterworth-Heinmann, Ma, 1986, pp. 233~234

논문제출일: 2009.09.02

논문심사일: 2009.09.04

심사완료일: 2009.12.10

4. 결론

본 연구에서 제시한 적합도 평가모델은 강제결정법과 이진가중치 분석방법을 결합한 융합모델로서 가중치에 따른 우선순위를 고려한 각 설계변경안의 적용시 적합도를 정량적으로 제공하여 발주자 및 건설사업관리자의 설계변경안 선정시 신속하고 정확한 의사결정을 가능하게 할 것으로 사료된다. 또한 본 연구는 적정 설계변경안의 선정을 위한 의사결정 지원 프로세스 모델의 논리구조와 기본모형을 제시한 것으로서 향후 사례적용을 통하여 모델의 적정성을 평가하고, 나아가 BIM기반의 애드인 프로그램 개발하기 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 2009년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음

참고문헌

- 전재열 (2003), “건축설계단계에서 협력설계 의사결정을 통한 적정 부위 대안 선정 알고리즘에 관한 연구” 대한건축학회 논문집(구조계), 19권 11호, pp. 199~206
- 전현철 (2007), “공공 건설공사 낙찰방법별 계약체결 및 설계변경 현황 분석에 관한 연구”, 한양대학교
- 조달청 시설국 (2004), 설계관리업무편람, 조달청
- Fasal, J. “Forced Decisions for Value”, 1965, *Product Engineering*, pp. 84~86
- Jongsik, Lee. and Jaeyoul, Chun. (2009). “Risk Response

Abstract

A government agency has been announced to increase 23,663 hundred million wons by cost of design change which occurred in the pre-construction and construction phase. As design change is a phenomenon to occur by means of a characteristic of the building design that standardization is difficult, even if it is said that a perfect design is done in design phase, design change is prevented, and it is going to decrease, and there is a limit. Because there are some causes in all of the construction project, it is change order of client, relative system, unfit design and field condition, etc. In this study, we are suggested logic and basic model of the decision making support process model that it should selecting the optimal alternative through complex and quantitative analyzed: that is cost, performance and constructability as respect Owner or CMr is executing project under the CM delivery system construction project which it occurred design change.

Keywords : *Design Change, Building System, Decision-Making, Constraint, Goodness of Fit*
