

델파이 기법을 이용한 초고층 건축시공의 공사비 상승요인 분석방법에 관한 연구

Analysis of Cost-Increasing Factors in High-rise Building Construction Projects Using Delphi Method

이 병 훈* 진 현 수** 김 경 훈*** 김 재 준****
Lee, Byeong-Hun Jin, Hyun-Soo Kim, kyong-Hoon Kim, Jae-Jun

Abstract

Nowadays, the construction of high-rise building is rapidly increasing. There are many cost-increasing factors to the management in the high-rise building construction. For large and complex projects like the high-rise building construction, the more systematic methods and tools are needed for cost control. It is important to identify major cost control items and to manage them for effective cost management in the high-rise building construction.

This study proposes a method of identifying major cost-increasing factors in the high-rise building construction based on the Delphi method.

키 워 드 : 초고층 빌딩, 델파이 기법, 공사비 상승 요인
Keywords : High-rise building, Delphi, Cost-increasing factor

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 대도시를 중심으로 초고층 건축시공이 증가하고 있으며 도심지 재개발재생 사업 등의 추진으로 초고층 건축시공이 가속화될 전망이다. 초고층 건축시공에는 일반 건축시공과는 다른 구조 시스템 및 설비 시스템이 요구된다. 따라서 이러한 초고층 건축의 특징을 반영한 새로운 시스템, 재료 및 공법이 적용된다.

동일한 맥락에서 초고층 건축시공에는 일반 건축시공과 다른 공사비 관리 또는 원가관리(cost control) 방법이 요구된다. 초고층 건축물 프로젝트는 일반 건축물 프로젝트에 비해 기술적·관리적으로 복잡하기 때문에 초고층 건축물 프로젝트의 공사비에 대한 불확실성을 높이는 결과를 초래한다. 이에 따라 초고층 건축물 프로젝트에 적합한 공사비 관리 방법이 요구되지만, 공법 및 공정 관리 부문에 비하여 공사비 관리와 관련된 기존 연구는 상대적으로 미흡한 것으로 문헌 분석 결과 나타나고 있다.¹⁾

본 연구에서는 초고층 건축시공의 공사비 상승요인을 기존의 개략적인 정성적 평가가 아닌 초고층 건설 프로젝트에서 발생하

는 공사비 상승을 초래하는 인자의 규명을 위하여 기존 문헌 조사와 델파이 기법을 통하여 공사비 상승을 초래하는 인자들에 대해 추출하여 각 인자들의 영향 정도를 분석하여 합리적인 공사비 상승요인을 규명하는 실증적 방법을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 공사비 상승을 초래하는 요인들에 대하여 전문가로 구성된 패널의 운영으로 설문을 실시하는 Delphi기법을 통하여 공사비 상승요인을 추출하고 영향정도에 대한 정성적인 평가를 도출하였다. 그리고 결과 치에 대하여 공사비 상승요인의 영향정도를 평가하기 위하여 각 인자들에 대한 중요도를 분석하여 초고층 건설 프로젝트에 미치는 영향을 정량적으로 규명하여 정성적인 인자들에 대한 계량적인 평가의 방법론을 제시하고자 한다.

이에 본 연구의 진행은 다음과 같다.

- 1) 건축시공의 공사비에 대한 기존문헌의 이론을 체계적으로 정리하고 분석기법인 Delphi기법에 대해 고찰한다.
- 2) 기존 문헌을 기초로 하여 공사비 상승요인의 상위인자를 분류하고 전문가를 대상으로 Delphi 설문을 이용하여 공사비 상승요인에 대한 소분류 및 영향정도의 추출을 실시한다.

* 한양대학교 건축환경공학과 석사과정
** 한양대학교 건축환경공학과 석사과정
*** 한양대학교 건축환경공학과 박사과정
**** 한양대학교 건축공학과 교수, 공학박사

1) 김기국, FMEA기법을 이용한 초고층 건축시공의 주요공사비 초과 요인 발굴에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 제23권 제5호(통권 223호), pp171~178, 2007.5

- 3) 공사비 상승요인의 분석을 위해 제시한 Delphi 기법의 응답 결과를 분석하여 각 요인들의 영향정도에 대한 정량적인 결과를 도출한다.
- 4) 연구의 요약과 결론을 제시하며 향후 연구과제와 본 연구의 한계성에 대해 검토한다.

2. 기존연구의 고찰

2.1 선행연구 검토

기존 문헌에 대한 분석결과 이학기·강병희(1995) 연구²⁾의 경우에는 공사비 변동의 결정요인은 종목이나 과목에 있어 여러 요인들에 대한 선택의 결과로서 발생하는 것으로 분석하였다. 또한 김성규(2003)의 연구³⁾는 건설공사에서 공사비에 영향을 미치는 요인을 객관화하여 사업부지의 입지여건, 현장의 상태, 건물의 기본적인 배치관계, 평형별 비율 및 각 단위세대의 평면형태 등과 같은 일반화된 사항을 기준으로 하여 공사비 원가에 미치는 영향을 중심으로 공사비 영향요인을 제시하였다.

앞선 연구들은 건축 프로젝트에 있어서 기획 단계에 발생할 수 있는 공사비 변동요인에 집중하였다면 김기국(2007)의 연구⁴⁾는 본 연구의 목적과 같은 건설 프로젝트에서 발생할 수 있는 공사비 상승요인에 대하여 FMEA 기법을 이용하여 전문가패널들의 의견과 설문을 분석하여 공사비 초과요인을 발굴하고 FMEA기법을 응용하여 정량적으로 평가 할 수 있는 도구를 개발하였다. 하지만 초고층 전문가가 부족한 현실로 인해 많은 인터뷰 대상자를 샘플로 채택하지 못하였고, 장시간의 브레인스토밍 과정을 치르지 못한 한계점도 지니고 있다.

따라서 공사비 상승요인에 대한 전문적이고 동일 집단내에서의 다수 샘플링 집단을 대상으로 서로간의 합의를 통해 전문가의 의견에 일관성을 지닐 수 있는 연구가 수행되어야 할 필요가 있다.

2.2 델파이(Delphi)기법에 대한 고찰

델파이 기법은 예측하려는 문제에 관하여 전문가들의 견해를 유도하고 종합하여, 집단적 판단으로 정리하는 일련의 절차라고 정의 할 수 있다. 이 방법은 미국의 랜드연구소(Rand Corporation)에서 개발하였으며, 대면토의에서 나타나는 제한점을 제거하고 긴급한 국방문제에 관하여 전문가의 합의를 도출하기 위해 1950년 최초로 사용되었다.

우선 한 문제에 대해 일정한 수의 전문가들에게 의견요구서를

발송하여 그들의 독자적인 의견을 수집한다. 그리고 이 의견들을 모아서 전문가들의 의견을 대표할 수 있는 형태-예를 들어 수치인 경우 평균이거나 선택형의 경우 빈도의 분포로 분류 하여 다시 전문가들에게 배부하여 의견을 수렴한다. 이런 방법으로 일반적인 합의가 이루어 질 때 까지 서로의 아이디어에 대하여 논평하여 특정한 가치관에 의해 왜곡되지 않았는가를 생각하게 된다.

이러한 과정을 통하여 그룹의 의견을 통계적으로 집계하고 의견의 일관성을 유지할 수 있다.

3. 공사비 상승요인의 추출

3.1 Delphi 기법을 통한 공사비 상승요인 도출

본 연구에서는 초고층 프로젝트에서의 공사비 상승요인의 추출을 위하여 Delphi기법을 이용한 공사비 상승요인의 결정 프로세스를 사용한다. 이 방법은 먼저 기존연구에서 주로 사용된 공사비 상승인자들을 파악하고, 상위분류의 공사비 상승요인을 제시하여 해당 인자의 하위분류에 속하는 인자들을 추출한다. 추출된 인자들은 Delphi라운드를 거치면서 일정 영향도 이상의 인자들로 구성되는데 이와 같은 인자의 결정방법을 도식화하면 그림 1.과 같다.



그림 1. 공사비 상승요인 결정 프로세스

1차 설문지는 초고층 프로젝트에 있어서 공사비 상승요인에 관하여 가설계획, 양중장비계획, 측량, 골조공사, 타설 등 대분류 항목을 작성하고 그에 따른 소분류 항목을 개방형 주관식으로 전문가패널⁴⁾들의 의견을 수렴하여 작성된 공사비 상승요인의 분류 항목은 다음과 같다.

2) 이학기 외 고층사무소 건물의 공사비 구성 및 변동요인에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 제11권 제6호(통권80호), pp203~308, 1995.6
 3) 김성규, 공동주택의 공사비 예측과 공사비 변동요인의 특성에 관한 연구, 연세대학교 석사학위논문, 2008

4) 전문가패널 구성 - 초고층 건축물 시공경험이 있고, 10년 이상의 경력을 지닌 전문가 10명

표 1. 공사비 상승요인 분류 항목

부 문	대분류 (영향요인)	세부요인	비 고
건 축	가설 계획의 적정성	가설 사무실 설치계획의 적정성 작업장 면적(자재 야적장 등)의 적정성 작업장의 이동 통로 계획의 효율성 기상 여건 변화에 따른 배수로 및 재난 계획의 적정성 흙막이 설치 계획의 적정성 가설전기 용량 및 계획의 적정성 가설용수 용량 및 계획의 적정성 가설 펜스 계획의 적정성 지하 매설물 및 지질층에 따른 공기지연 문제 지하수에 따른 문제	
	진동/변위 에 따른 보수/재시 공	수평변위 발생으로 인한 엘리베이터 샤프트 오차 발생으로 추가시공/재시공 비용 발생 기초의 부동침하로 인한 수직도 변화 및 처짐 발생 층간변위에 따른 누적변위의 증가로 인한 커튼 월 파손에 따른 보수비용 증가 층간변위에 따른 누적변위의 증가로 인한 미장 파손에 따른 보수비용 증가	
	양중·장비 계획의 적정성	양중장비 배치 계획의 적정성 양중장비의 속도, 용량의 적정성 양중장비 보강계획 양중 부하의 적정성 장비 상호간의 간섭 영향 검토 장비 이용계획의 적정성	
	측량	수직/수평측량 부정확으로 인한 오차발생으로 코어 수직도 오차 발생 시 골조 교정비용 발생 수직/수평측량 부정확으로 인한 오차발생으로 커튼 월 공중 비용 증가 수직/수평측량 부정확으로 인한 오차발생으로 골조 벽체 비용 증가 수직/수평측량 부정확으로 인한 오차발생으로 철골 공중 비용 증가 수직/수평측량 부정확으로 인한 오차발생으로 마감 비용 증가 수직/수평측량 부정확으로 인한 오차발생으로 내부 마감비용 증가	
	타설	타설 장비의 적정성 (용량 및 설치위치) 골재 배합비 부적당으로 인한 압송 막힘으로 인 한 추가비용 발생 압송장비의 잘못된 선정으로 인한 압력저하에 따 른 막힘/파손에 따른 추가비용 발생 압송장비의 잘못된 선정으로 인한 압력저하에 따 른 막힘/파손에 따른 타설지연 건설시공을 하지 못함으로써 각 부재의 처짐,	

부 문	대분류 (영향요인)	세부요인	비 고
공 정	배부	배부 름, 뒤클림 발생으로 보수 비용 발생 매스 콘크리트 수화열 관리 미흡으로 인한 균열 발생으로 이에 대한 보수, 보강비용 발생	
	골조공사	거푸집 설치계획의 적정성 작업자 이동 통로계획의 적정성 동(하)절기 보양 골조공사 수행방법의 적정성 시스템 거푸집 조립, 해체 시간 과다소요로 인 한 작업 지연 숙련공 부족으로 인한 초기작업시간 과다소요 로 인건비 상승 코어작업 시 거푸집, 철근, 타설 작업공정의 부 조화로 인한 공사비 상승	
	공정간섭	전선관 및 설비배선관의 복잡한 배선으로 인한 콘크리트 피복두께 부족으로 균열발생 전기, 설비배관 등 매설물의 부정확한 위치로 인한 추가비용 발생 CPB(타설장비)와 타워크레인의 간섭에 의한 지 연으로 추가비용 발생 골조와 설비배관 간섭에 의한 지연으로 추가비 용 발생 골조와 전기배관 간섭에 의한 지연으로 추가비 용 발생 건축마감과 기계, 전기, IBS 공정 순서 뒤바뀜 으로 인한 수정작업 발생으로 인한 추가비용 발생	
기 타	민원업무	일조권 및 조망권에 대한 분쟁 대비 소음, 진동에 대한 대비 비산먼지에 대한 대비 흙막이 시공에 따른 인접 건축물 보강 중장비 사용으로 인한 인접 교통 민원	

3.2 Delphi 평가척도 및 평가예시

2차 설문지의 작성은 공사비 상승요인들의 범위 축소를 도모하고 인자별 그 영향 정도와 수준을 파악하기 위하여 1차 설문결과 의 세부요인들을 나열하고 발생빈도와 발생 시 그 영향 정도에 따라 중요도가 큰 인자의 추출을 위해 전문가 패널로 하여금 각각의 대분류에 속한 소분류 항목에 대해 10점 등간척도로 인자의 영향 정도를 체크하도록 설문을 구성하였다. 그리고 3차의 설문에서 2차 설문결과를 통계처리 한 후 평균점수를 제시하고, 이를 참조하여 자신들의 판단하는 영향정도를 확인하고 수정 할 수 있도록 하였다. 2차 설문지 결과의 평균값 분석표를 첨부하여 편부된 응답의 경우 그 이유에 대한 의견을 요청하였다. 척도는 2차와 같은 10점 척도로 구성하였다.

- 원가 증가요인 발생 시 기타항목의 원가증가에 미치는 영향정도가 아주 적다.(1점)
- 원가 증가요인 발생 시 기타항목의 원가증가에 미치는 영향정도가 적다.(2~3점)
- 원가 증가요인 발생 시 기타항목의 원가증가에 미치는 영향정도가 그다지 크지 않다.(4~6점)
- 원가 증가요인 발생 시 기타항목의 원가증가에 미치는 영향정도가 크다.(7~8점)
- 원가 증가요인 발생 시 기타항목의 원가증가에 미치는 영향정도가 매우 크다.(9~10점)

3.3 주요공사비 초과요인

1차 설문결과의 세부요인을 나열하고 각 요인에 대하여 영향정도에 따라 10점을 만점으로 평가를 요구하였고 전문가 패널의 평가 점수에 따라 평균을 구하여 각각의 순위를 결정하였으면 결과는 표 2.로 정리하였다.

표 2. 주요 공사비 초과요인 전문가 평가 결과(대분류)

대분류 (영향요인)	영향정도		
	2차	3차	순위
가설 계획의 적정성	5.5	6.2	5
진동/변위에 따른 보수/재시공	4.6	4.5	7
양중장비계획의 적정성	7.4	8.2	2
측량	4.3	5.1	6
타설	5.3	6.7	4
골조공사	8	9.2	1
공정간섭	6	7.7	3
민원업무	4.2	4.3	8

Delphi 2~3차 라운드의 세부요인 항목에 대하여 각각의 평균과 순위를 나타내면 다음의 표 3.과 같다.

표 3. 주요 공사비 초과요인 전문가 평가 결과(세부요인)

대분류 (영향요인)	세부요인	영향정도		
		2차	3차	순위
가설 계획의 적정성	가설 사무실 설치계획의 적정성	2.7	2.2	10
	작업장 면적(자재 야적장 등)의 적정성	4	4.3	8
	작업장의 이동 통로 계획의 효율성	4.1	4.4	6
	기상 여건 변화에 따른 배수로 및 재난 계획의 적정성	4.4	5.1	4
	흙막이 설치 계획의 적정성	7.6	8.4	1
	가설전기 용량 및 계획의 적정성	4.7	5.3	3

대분류 (영향요인)	세부요인	영향정도		
		2차	3차	순위
	가설용수 용량 및 계획의 적정성	3.9	4.3	8
	가설 펜스 계획의 적정성	2.7	2.2	10
	지하 매설물 및 지질층에 따른 공기지연 문제	5.8	6.4	2
	지하수에 따른 문제	4.4	4.5	5
진동/변위에 따른 보수/재시공	수평변위 발생으로 인한 엘리베이터 샤프트 오차발생으로 추가시공/재시공 비용 발생	4.9	5	3
	기초의 부등침하로 인한 수직도 변화 및 처짐 발생	5.7	7.1	1
	층간변위에 따른 누적변위의 증가로 인한 커튼월 파손에 따른 보수비용 증가	5.5	6.8	2
	층간변위에 따른 누적변위의 증가로 인한 미장파손에 따른 보수비용 증가	4.3	4.1	4
양중장비 계획의 적정성	양중장비 배치 계획의 적정성	7.7	8.5	1
	양중장비의 속도, 용량의 적정성	7.1	8.1	2
	양중장비 보강계획	5.5	7.1	5
	양중 부하의 적정성	6	7.2	4
	장비 상호간의 간섭 영향 검토	5.7	6.8	6
	장비 이용계획의 적정성	6.7	7.3	3
측량	수직/수평측량 부정확으로 인한 오차발생으로 코어수직도 오차 발생 시 골조 교정 비용 발생	4.2	6.5	1
	수직/수평측량 부정확으로 인한 오차발생으로 커튼월 공중 비용 증가	4.4	4.5	4
	수직/수평측량 부정확으로 인한 오차발생으로 골조벽체 비용 증가	4.5	5.1	3
	수직/수평측량 부정확으로 인한 오차발생으로 철골공중 비용 증가	4.4	4.4	5
	수직/수평측량 부정확으로 인한 오차발생으로 마감비용 증가	4.7	5.7	2
	수직/수평측량 부정확으로 인한 오차발생으로 내부마감비용 증가	4.4	3.5	6
	타설 장비의 적정성 (용량 및 설치위치)	6.2	7.8	7
타설	골재 배합비 부적당으로 인한 압송 막힘으로 인한 추가비용 발생	3.9	5.3	5
	압송장비의 잘못된 선정으로 인한 압력저하에 따른 막힘/파손에 따른 추가비용 발생	4.6	5.6	2

대분류 (영향요인)	세부요인	영향정도		
		2차	3차	순위
	압송장비의 잘못된 선정으로 인한 압력저하에 따른 막힘/파손에 따른 타설지연	4.4	5.4	4
	건설시공을 하지 못함으로써 각 부재의 처짐, 배부름, 뒤틀림 발생으로 보수 비용 발생	4.9	5.4	4
	매스 콘크리트 수화열 관리 미흡으로 인한 균열발생으로 이에 대한 보수, 보강비용 발생	4.7	4.8	6
골조공사	거푸집 설치계획의 적정성	6.6	7.6	3
	작업자 이동 통로계획의 적정성	4.7	6.3	6
	동(하)절기 보양	6.2	7.2	4
	골조공사 수행방법의 적정성	7.7	9.1	1
	시스템 거푸집 조립, 해체 시간 과다소요로 인한 작업 지연	6.1	7.8	2
	숙련공 부족으로 인한 초기작업시간 과다소요로 인건비 상승	5.1	6.5	5
	코어작업 시 거푸집, 철근, 타설 작업공정의 부조화로 인한 공사비 상승	4.8	5.4	7
공정간섭	전선관 및 설비배선관의 복잡한 배선으로 인한 콘크리트 피복두께 부족으로 균열발생	4.6	4.5	3
	전기, 설비배관 등 매설물의 부정확한 위치로 인한 추가비용 발생	4.1	3.5	6
	CPB(타설장비)와 타워크레인의 간섭에 의한 지연으로 추가비용 발생	3.7	3.8	4
	골조와 설비배관 간섭에 의한 지연으로 추가비용 발생	4.2	5.6	1
	골조와 전기배관 간섭에 의한 지연으로 추가비용 발생	4.4	4.5	3
	건축마감과 기계, 전기, IBS 공정 순서 뒤바뀜으로 인한 수정작업 발생으로 인한 추가비용 발생	4.1	3.7	5
민원업무	일조권 및 조망권에 대한 분쟁 대비	5.4	6.9	2
	소음, 진동에 대한 대비	5.1	6.4	3
	비산먼지에 대한 대비	4.2	4.6	5
	흙막이 시공에 따른 인접 건축물 보강	6.4	7.5	1
	중장비 사용으로 인한 인접 교통 민원	4.5	5.4	4

4. 결 론

본 연구에서는 초고층 프로젝트에서 발생하는 공사비 상승요인에 대하여 Delphi기법을 활용하여 전문가 패널의 의견을 수렴한 공사비 상승요인 추출을 실시하였으며 추출된 요인들을 Delphi기법을 이용하여 정성적이고 주관적인 공사비 상승요인의 중요도에 대한 정량적이고 객관화된 평가를 실시하였다.

이러한 연구결과를 통하여 초고층 프로젝트에서 정성적인 인자인 공사비상승요인에 영향을 미치는 인자들의 정량적인 중요도에 대한 평가는 향후 해당 프로젝트에서 효율적인 공사비관리에 활용될 수 있을 것으로 기대하며, 제안된 방법론은 초고층 프로젝트에서 고려되어야 할 무수히 많은 불확실성을 내제한 인자들의 평가에 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김기국, FMEA기법을 이용한 초고층 건축시공의 주요공사비 초과요인 발굴에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 제23권 제5호(통권223호), pp171~178, 2007.5
2. 김성규, 공동주택의 공사비 예측과 공사비 변동요인의 특성에 관한 연구, 연세대학교 석사학위논문, 2008
3. 이학기 외 고층사무소 건물의 공사비 구성 및 변동요인에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 제11권 제6호(통권80호), pp203~308, 1995.6
4. 최효석, 초고층공사의 주요공종별 공사비 영향도 분석을 통한 개략공사비 산정방법에 관한 연구, 서울산업대학교 석사학위논문, 2007
5. 표영민, AHP기법을 이용한 건설노동생산성 저하요인 분석에 관한 연구, 동의대학교 석사학위논문, 2004
6. Bungale S. Taranath, Structural Analysis and Design of Tall Building, McGraw-Hill Book Company, 1988