VE 기법에 의한 건물 지하구조의 공사원가 절감방안

Construction Cost-Down of Building Substructure by VE Techniques

김 선 국 · 허 성 수** · 최 윤 기***
Kim, Sun-Kuk · Heo, Seong-Soo · Choi, Yoon-Ki

요 약

국내 건설기업들은 건설시장에서 경쟁우위를 확보하기 위해 모든 공종을 대상으로 원가절감 및 품질향상을 위한 노력을 경주하고 있다. 특히, 건축공사에서 골조공사는 전체 공정 및 원가에 영향을 크게 미치는 주요 공정으로서 철저한 공사계획과 관리가 요구되는 부분으로서 생산활동 및 공사방식 선정효과를 크게 볼 수 있는 항목이다. 따라서 공사계획 단계에서 설계도서와 현장조건을 면밀히 분석하여 품질, 안전을 확보하면서 공기단축, 원가절감, 시공성 향상을 꾀할 수 있는 대안 개발이 필요하다.

본 연구는 설계 및 시공단계에서 지하 구조물의 원가절감을 창의적, 체계적으로 수행하기 위한 개선방안으로 VE 기법을 검토하였다. 또한 이를 이론적, 실무적으로 적용 가능한 것으로 발전시키기 위해 지하 골조공사에 대한 VE모델을 정의하고 이를 실제현장에 적용하여 원가절감 효과와 VE 활용성을 검토한다. 따라서 본 연구는 건축물 지하 골조공사의 VE 활용모델로서 기술대안 선정방식 수립의 기초적인 연구가 될 것으로 기대된다.

키워드 : Value Engineering, 지하골조공사, 원가절감, VE 프로세스

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근의 국내 건설경기는 건설회사의 경영난 및 신규물량의 감소로 위축되어지고 있다. 또한 건축물의 대형화, 고층화, 전문화되고 있으며 생활수준의 급속한 변화로 인해 건물의 기능, 안전성, 쾌적성 및 경제성 등의 합리적이고 객관적인 평가가 요구된다. 이에 국내 건설기업들은 건설시장에서 경쟁우위를 확보하기 위해 모든 공종을 대상으로 원가절감 및 품질향상을 위한 노력을 경주하고 있다.

원가절감 뿐 아니라 공기단축, 품질향상 등의 도구로서 활용되는 VE(Value Engineering) 기법은 그 동안 여러 가지 건설분야에 활용되어 왔다. 그러나 아직 그 수준이 미미한 단계이며, VE 기술의 주요 영역인 VE 대상 선정단계는 시간, 비용절감의 신뢰성 등 여러 문제로 인하여 생략되는 경우가 많다(전재열 2002). 또한 VE 기법은 마감공사의 개선을 위한 연구(조경신 2001)에 많이 채용되었으나 골조공사의 개선을 위해서는 그 실적이 상대적으로 미미하다. 공사계획 단계에서 설계도서와 현장조건을 면밀히 분석하여 품질, 안전을 확보하면서 공기단축, 원가절감, 시공성 향상을 꾀할 수 있는 대안개발이 필요하다.

골조공사의 경우 대부분 구조 성능 향상(주영규, 천성철 2003), 생산성 향상(이광식, 신현식 1988)과 관련된 논문이 주를 이루고 있으며 지하구조 시스템 전체를 대상으로 원가절감 VE 연구를 수행한 사례가 거의 없다. 따라서 지금까지 부분적으로 수행된 지하 골조공사 개선방안을 VE 기법에 의해 종합적이고 체계적으로 개선할 수 있는 연구가 필요하다.

본 연구는 공사계획단계에서 기 작성된 설계도서를 분석하고, 토질 및 공사조건(인근 지하구조, 공기, 원가 등)을 검토한 후 VE기법을 이용하여 원가절감을 할 수 있는 방안을 기 수행된 현장을 사례로 제시하는 것을 목적으로 한다. 본 연구에서는 원가절감 뿐 아니라 공기단축, 안전확보를 전제로 VE기법을 수행하며, 제안된 방안은 다른 건축공사 현장에서도 체계적으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

1.2 연구의 범위 및 방법

현재 국내 건축현장에서 대부분의 공사를 위해 작성된 설계도

* 종신회원, 경희대학교 토목건축대학 교수, 공학박사
** 학생회원, 경희대학교대학원 건축공학과 석사과정
*** 종신회원, 숭실대학교 건축학부 교수, 공학박사
본 연구는 숭실대학교 교내학술연구비 지원으로 연구되었음.

서가 면밀하고 합리적으로 작성되지 않고 초기에 조사된 불확실한 부지의 개략정보와 과거의 경험 및 추정으로 작성된다. 이로 인하여 시공단계에서는 예상치 못한 문제의 발생 및 공사비 증가요인이 발생하게 된다.

본 연구는 문헌조사와 관련 연구를 바탕으로 하여 설계 및 시공단계에서 지하 구조물의 원가절감을 창의적, 체계적으로 수행하기 위한 개선방안으로 VE 기법을 제안하고 이를 이론적, 실무적으로 적용 가능한 것으로 발전시키기 위해 다음과 같은 절차와 방법으로 진행한다. (그림 1 참조)

(1) 현재 수행되는 건물 지하구조의 설계 및 시공상의 문제점을 고찰한다.

(2) 문제점 개선을 체계적으로 수행하기 위한 방안으로 VE 기법을 채택하고, VE 기법의 이론 및 응용사례를 고찰한다.

(3) VE 기법적용에 앞서 건물 지하구조의 특성을 분석한다. 설계적 측면에서 건물 지하구조의 기능을 분석하고, 공사관리적 측면에서는 지하 구조물 공사관리 프로세스를 분석한다.

(4) VE 기법적용을 통한 원가절감의 개선방안을 도출하기 위해 건물 지하구조의 설계, 시공 통합관리와 VE 프로세스를 적용한다.

(5) 건물 지하구조의 설계, 시공 통합관리를 위한 VE 프로세스를 제안한다. 이를 위해 원가절감, 품질 · 안전 확보 및 공기단축 방안을 검토하고, VE 프로세스를 적용한다.

(6) 제안된 프로세스 검증을 위해 사례 프로젝트 선정 후 제안 프로세스를 적용한다. 또한 사례적용 결과분석 및 평가를 통하여 프로세스를 검증한다.

(7) 프로세스 검증을 통해 도출된 개선방안을 평가하고 이를 실무에 적용하도록 한다.

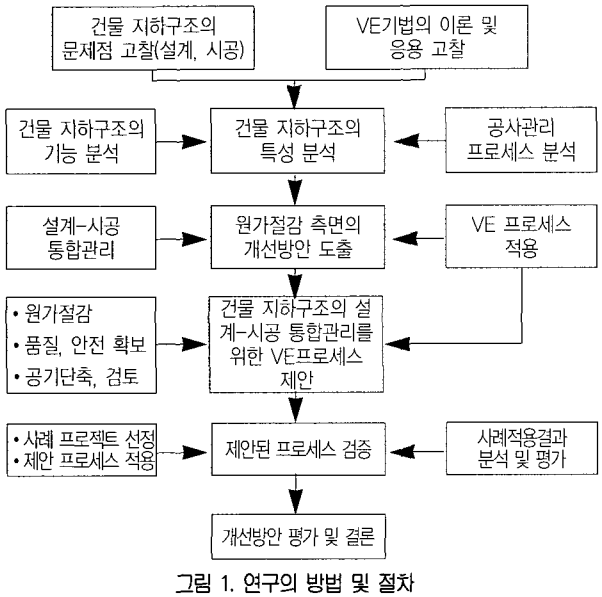


그림 1. 연구의 방법 및 절차

2. 국내외 연구동향

VE기법에 대한 연구는 아직까지 체계적인 접근을 통한 실질적인 활용을 제안하는 연구는 많지 않으며, 주로 건설회사를 중심으로 이루어지고(대림산업 2003, Hyundai E&C 2000) 있다.

전재열(2003)은 기존의 비용중심의 기법 등을 사용하여 VE 대상을 선정할 경우 문제점을 지적하였으며, 최석인(2002)은 국내 건설 VE 실무 효율성과 효과성을 극대화하기 위한 개선방향을 제시하였다.

엄익준(2000)은 각종 VE 추진절차를 비교검토하여 차이점을 분석하고, 실무적으로 활용이 용이한 합리적인 개선안을 제시하였다.

오승준(1999)이 흙막이 공사시 일반적인 사항 등을 검토하여 지하 흙막이 공사 선정방법에 대한 알고리즘을 제안하였으며, 김재엽(2003)은 흙막이 설계변경을 최소화하고 좀 더 합리적인 흙막이 공법의 선정을 위한 흙막이 지보공 공법선정 모델을 제안하였다.

해외에서는 리버라토어(M.J. Liberatore, 2001)가 일반적인 건축물을 대상으로 전체 관리기법 중 하나로 VE를 사용하였고, 켈리(Kelly,1993)와 팔머(Palmer, 1996)에 의해 VE 이론에서 제시한 각종 방법 및 프로세스가 건설VE에 적용상의 어려움과 미 공공 건설부문의 VE 활동에 관한 전반적인 실태를 평가하였다.

이와 같이 건축분야에서는 VE 기법의 활용은 아직 미미한 단계이다. 특히, 건설공사에서 높은 비중을 차지하고 있는 지하 구조공사에 관한 VE 활용 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 지하 구조물 전체에 대한 설계와 시공을 연계한 실제 적용사례를 통하여 VE의 적용방안을 제안하고 이를 체계적으로 활용할 수 있도록 한다.

3. 지하골조공사의 VE모델

3. 1 건설 VE의 개념 및 정의

건설업에 있어서의 VE란 라이프 사이클(life cycle) 전체를 통해 기능과 원가를 최저의 비용으로 요구되는 품질, 공기, 안전성과 같은 필요한 기능을 제대로 달성하기 위하여 공법, 자재를 포함한 건설업의 모든 대상에 대하여 기능을 중심으로 한 개선활동을 말한다(현창택, 1999).

VE 활동에서는 기능평가, 목표설정, 효과확인 등의 과정에서 정성적으로 접근하기 보다 구체적인 수치로써 정량적으로 분석하는 특징을 가지고 있다. 정량화를 위한 공식은 다음 식 (1)과 같다.

$$V(\text{Value index}) = \frac{F(function)}{C(cost)} \quad \cdots \text{ 식 (1)}$$

V:사용가치, F:필요한 기능, C:생애비용

가치향상의 핵심은 기능을 올리는 것이며 사용가치(V)를 향상시키기 위한 방법은 아래와 같다.

$$V = \frac{F}{C} = \frac{\rightarrow}{\searrow} \quad \frac{\nearrow}{\searrow} \quad \frac{\nearrow}{\rightarrow} \quad \frac{\nearrow}{\nearrow} \quad \frac{\searrow}{\searrow}$$

① ② ③ ④ ⑤

VE에서는 ①~④까지에 대하여 착안을 하지만 원가절감과 품질보증의 실현이라는 측면에서 ①, ②를 1차적인 목표로 하여 접근한다. 그리고 원칙적으로 ⑤와 같은 방향의 접근은 지양한다. 본 사례연구의 경우에도 원가를 절감하면서 기능을 조금 올리는 ②의 방법을 적용하고자 하였다.

건설 프로젝트에 VE 활동의 효과는 기존 자원의 효율적인 활용, 효용성의 제고, 고정관념 탈피를 통한 창의적인 아이디어의 창출, 건설 기술의 혁신, 급격한 외부환경 변화의 대응 등의 개념적인 효과가 있다.

이러한 VE의 효과는 그림 2에서와 같이 VE를 적용하는 시기가 빠를수록 개선의 가능성은 크고 개선활동에 소요되는 비용이 적으므로 개선의 효과가 매우 크다. 따라서 건설 프로젝트의 평가시에 비용결정에 큰 영향을 미치는 프로젝트 초기단계에서 VE를 적용하는 것이 필요하다.

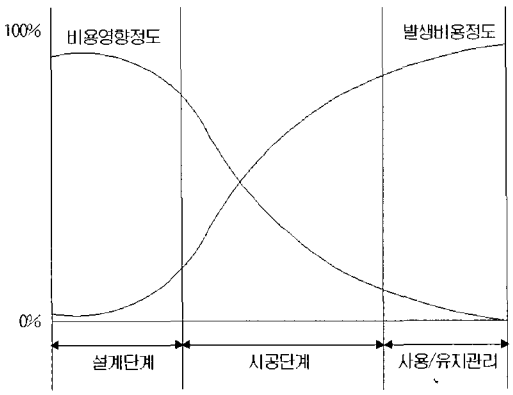


그림 2. 건설사업에서 VE적용효과와 적용비용

3.2 VE 적용 프로세스

건설 프로젝트의 VE 프로세스는 그림 3에서 보는 바와 같이 준비단계(pre-study phase), 분석단계(study phase), 실행단계(post-study phase)의 세 단계로 구분하여 각 단계에서 수행되는 업무의 특징 및 내용을 체계적으로 분석한다.

준비단계의 주요 목적은 프로젝트 VE를 효율적으로 수행하기 위하여 유관집단의 협력체제를 구축하고, 목표를 설정하며, 실제 VE분석에 요구되는 충분한 정보를 확보하는 데 있다.

분석단계에서는 공식적인 워크샵이 수행되는 단계로 정보, 고안, 평가, 개발, 제안의 표준 절차에 따라 수행되어진다.

실행단계의 업무는 양질의 제안들이 사장되지 않도록 체계적인 실행전략 및 계획을 수립하고 적용하는데 주요 목적이 있다.

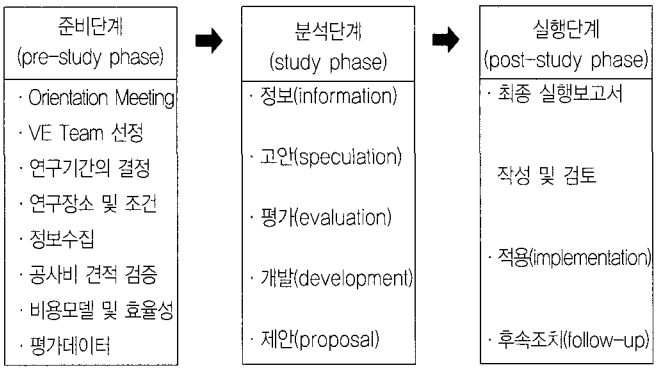


그림 3 건설 VE의 프로세스 및 단계별 업무

3.3 지하 골조공사의 VE 항목 정의

건축공사에 있어서 지하 골조공사는 구조물의 안전성 측면에서 볼 때 대단히 중요하므로 공법의 채택에 있어서 신중함을 기해야 한다. 즉 시공에 앞서 다양한 검토사항을 확인하고 이를 객관화하는 작업이 선행되어야 한다.

표 1은 건축물의 지하공사에서 고려해야 할 영향요인들을 조건별로 분류하고 있으며, 이를 기준으로 지하 골조공사의 공법을 채택하게 된다. 본 연구 또한 이를 기준으로 지하 골조공사에서 VE의 주요대상 항목을 선정하였다.

3.4 건물 지하구조 공사의 문제점

건축물의 지하구조 공사에서 몇몇 전문가의 경험에 의한 주관적 판단에 의해 공법이 결정되고 설계가 이루어지기 때문에 설계변경 및 공법자체를 변경하는 경우가 빈번하게 발생하고 있다. 이에 따른 공사비 및 공기의 손실이 빈번히 발생하고 있는 것이 현실이다.

설계 VE는 계획, 기본설계 및 실시설계단계에서의 VE로서, 발주자가 해당 프로젝트의 계획이나 설계에 종사하지 않았던 자로 구성한 VE팀을 편성하고, 프로젝트의 생애주기비용의 절감을 도모하기 위하여, 원래의 계획이나 설계를 검토하고 대체안을 작성하는 것이다.

지하 구조공사의 시공단계에서의 문제점을 살펴보면, 사전에 도면을 충분히 검토하지 않고 공법을 선정하여 시공함으로써 잦은 설계변경으로 인해 공사비와 공기가 늘어나고 있는 실정이다. 시공 VE는 공사계약 후, 시공자가 자발적으로 계약내용을 검토하고 공사비의 절감을 발생시키는 대체안을 작성하여 발주

자에게 계약변경을 제안하는 것이다. 발주자는 그 제안을 심사하여 변경에 의해 당초의 계약에서 요구된 프로젝트의 기능을 손상시키지 않고, 공사비의 절감이 이루어지는 것을 확인한 경우, 정식으로 계약의 변경을 행한다.

표 1. 지하공사 제한조건 분류(오승준, 1999)

제한조건분류		세 부 항 목
설계조건		작용하중, 지반정수, 해석/검토모델의 신뢰성, 보조공법의 신뢰성 등
현장조건	지반 조건	지반성질(연약층, 역암층), 지하수층, 지지층 상태, 지지층 심도 등
	부지조건	부지내 고저차, 평면형상(정형/부정형), 부지규모, 인접대지와 관계 등
	환경조건	소음 · 진동, 주변지반의 침하, 배출 흙탕물처리, 지하수 오염(안정액 사용) 등
시공조건		지반의 붕괴, 작용하중의 변동, 지진, 근접시공, 홍수, 누수, 굴착지면의 파괴형상(히이빙, 보일링, 부풀림, 파이핑), 시공성(기계화 시공, 굴착 시공성, 공정간 간섭), 작업안전성, 작업면적, 깊은 굴착, 타 공정과의 관련성 등
구조조건		벽의 휨강성, 지수성, 구조물의 성질(가설, 반영구, 영구), 구조재료 등
경제조건		공기, 공사비, 자재관리(자재의 할증, 자재관리비용), 노무자 투입 및 관리, 대지 면적활용, 생산성 등
사회적 요구조건		품질(품질향상과 고급화),차별화(쾌적성), 고품격 시스템화 등

3.5 VE 대상 선정

VE 평가의 성공적인 수행을 위해서는 VE 대상을 선정하는 것이 매우 중요하다. VE 대상선정을 위한 평가기준은 보통 경제성, 시공성, 안전성, 환경영향, 유지관리 등이 있다. 특히, 설계 초기단계의 경우 평가기준이 되는 비용의 실적자료 부족과 경험 부족으로 인하여 합리적인 VE 대상선정이 어렵다.

또한 경험이 부족한 경우 효용의 산정은 평가자의 주관이 많이 반영되어 객관적인 VE 평가가 이루어지기 힘들다. VE 대상선정기법은 선정기준, 선정방법 등이 다양하다. 여러 기법 중 국내 · 외에서 가장 많이 사용되고 있는 기법은 다음 표 2와 같다.

표 2. VE 대상선정기법의 비교

VE대상 선정기법	평가기준	평가방법
고비용 분야 선정기법	비용	고비용 분야를 대상으로 선정함
비용 대 효용기법	비용과 효용의 차이	효용의 산정시 기능분석개념 활용
비용 · 성능 평가기법	비용과 효용을 종합적으로 판단	성능평가기준으로 발주자 · 사용자 요구, 공기 등이 있음
복합평가기법	개선 예상효과, 투입가능 노력, 팀의 능력 등	프로젝트의 특성에 따라 평가항목은 다양하게 선정될 수 있음
가중치 부여 복합평가기법	품질향상, 안정성, 제약성	평가항목에 가중치 부여하여 복합평가기법의 방식으로 평가함

4. 지하 골조공사 원가절감을 위한 VE 적용

4.1 대상 공사개요

적용 현장은 D社의 분당 A현장으로서 경기도 성남시 분당구 정자동의 백궁 정자 택지개발지구에 위치하였다. 규모는 지하 4층, 지상 10층의 연면적 24,303평의 오피스텔 현장으로 구조는 지하층은 라멘구조이며 지상층(2~10층)은 철근콘크리트 벽식구조, 1층은 반력보(transfer girder)가 위치하고 있다. 공사기간은 2002년 6월부터 2004년 7월까지 25개월이다(표 3 참조). 정상적인 공사계획 수립 후 약 26개월의 공기가 소요되나 계약공기는 약 1개월 이상의 공기단축이 요구된다.

건물의 구성에 있어서는 지하층은 주차장, 지상 1층은 근린생활시설 및 필로티로 구성되어 있으며 상부 지상층은 오피스텔로 구성된다.

표 3. 대상 현장개요

구 분	내 용
현장명	D사 분당 오피스텔 신축현장
현장위치	경기도 성남시 분당구 정자동
공사기간	2002.6. - 2004.7. (25개월)
구 조	철근콘크리트 벽식구조
규 모	지상 10층, 지하 4층 (1,035 세대) 대지면적 : 9,940㎡, 건축면적 : 5,590㎡ 연면적 80,341㎡
용 도	업무시설, 근린생활시설

4.2 기존현황 분석

공사개요의 지하부분에 대한 설계현황을 살펴보면 다음과 같다. 공간기능 측면에서 보면 지하 1~4층(27,469㎡)은 주차장으로 계획되어 있으며 그 중 일부(지하 3~4층, 515㎡)가 기계실과 전기실로 배치되어 있다. 따라서 지하 공간의 기능은 차량 이동에 지장이 없고, 기계 및 전기실에서 배분되는 각종 배관설치에 지장이 없는 범위에서 VE가 추진되어야 한다.

구조적인 측면에서 살펴보면 주요 골조는 라멘조로 설계되어 있으며, 기초는 매트 슬라브(두께 1,400mm)로 설계되어 있다. 이 밖에 시공적인 측면에서 흙막이 설계는 H-Pile 엄지말뚝 + 토류벽 + 어스 앵커(earth anchor)로 구성되어 있다.

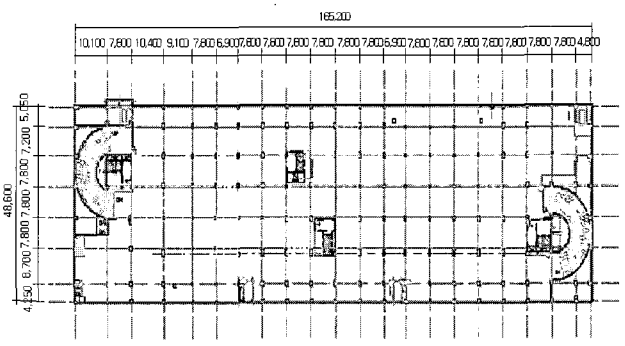


그림 4. 적용현장 평면도

이러한 내용은 설계단계에서 조사된 일반적인 내용을 기준으로 작성된 것으로 시공단계에서 원가절감, 공기단축, 공사안전, 민원발생 방지 등을 위해 보완되어야 하며, 이를 위한 VE 기법 적용은 필수적이다.

4.3 개선대상 확인

본 현장은 우기철 토공 및 흙막이 공사를 착수하여 동절기에 지하 골조공사를 착수하여야 한다. 건물형상이 저층 장방형의 (가로 165m, 세로 49m) 단일 건물로 이루어져 골조공사 초기 준비과정에서의 공기지연을 만회할 수 있는 기회가 고층건물에 비해 상대적으로 불리한 입장에 놓여있다. 또한 1층은 기둥과 전이보(transfer girder)의 분리타설 및 거더(girder)가 대형부재로 이루어져 1층에서의 공기가 많이 소요될 것으로 판단되었으며, 인접한 지하철로 인해 발파공사 진행에 영향을 미칠 것으로 판단되었다.

또한 지하층이 전체 연면적의 35%를 차지하므로 공사계획 수립 시 토공사 기간 절대준수, 지하 골조공사 공기단축, 지상 골조공사 공정준수가 단축에 주어진 핵심과제였다. 지상층 골조공사가 지연될 경우 습식공사를 동절기를 전후하여 두 번에 걸쳐 시공을 하여야 하며, 동절기 습식공사를 진행할 경우 단위층당 바닥면적이 상대적으로 넓어 동절기 보양공사 비용이 증대되므로 골조공사를 최대한 단축하여 동절기 이전에 습식공사를 마쳐야 한다.

설계 시 고려하였던 암반의 깊이보다 실제 현장 토질조사 결과 약 1.1m 가량 높게 암반이 위치하여 있다.

이로 인하여 원 공사비에 비하여 많은 공사비용의 지출과 공기지연이 될 것으로 예상이 되었다. 따라서 초기설계 검토단계에서 토공사 및 골조공사 공법 선정 시 VE 기법을 활용하여 공기를 단축할 수 있는 다양한 요인들의 검토를 통해, 계약공기 내에 공사를 완료하면서 원가를 절감할 수 있는 대안 개발이 필요하게 되었다.

이러한 현장의 조건을 토대로 본 연구는 건축물 지하 골조공사의 VE 적용모델을 설정하고 연구를 진행하였다.

5. 개선 결과

5.1 개선안 제시

설계도서 검토를 통한 설계조건을 분석한 결과 본 현장에 적용가능한 공법은 전문가의 자문 및 자체 기술회의를 거쳐 3가지 안으로 압축할 수 있었다. 즉, 기존 설계안인 라멘조의 구조형식, 층고를 변경할 수 있는 대안으로서 플랫 슬래브(flat-slab) 형식과 플랫 플레이트 슬래브(flat-plate-slab) 형식이 제안되었고(홍재욱, 김선국, 이종국 2004), 각 형식의 특성을 기준으로 VE활동의 분석 결과, 표 4와 같이 당 현장의 지하골조 형식으로서 플랫-슬래브로 결정되었다.

표 4. 지하 골조공사 공법 비교

구분	항목	라멘조	Flat-Slab	Flat-Plate Slab	비 고
시공조건	시공성	보통	부재수의 감소로 시공성 향상		Flat-Plate Slab와 Flat-Slab 유리
	안전성	보통	굴착깊이 감소로 인한 굴착시 발생 사고 예방		Flat-Plate Slab와 Flat-Slab 유리
	작업성	보통	단순골조 형상으로 인한 작업성 우수		Flat-Plate Slab와 Flat-Slab 유리
	원가	굴착으로 인한 원가 증대	굴착깊이 감소로 인한 원가절감	부재의 두께 증가로 인한 원가상승 (Flat-Slab대비)	Flat-Slab 유리
	품질	보통	보통	Punching Shear Effect 현상발생 우려	Flat-Slab 우수
	공기	암반굴착 및 복잡한 골조	굴착깊이 감소 및 단순골조 형상으로 인한 공기감소 (라멘조 대비)		Flat-Plate Slab와 Flat-Slab 유리

지하 골조형식을 플랫-슬래브 형식으로 변경함에 따라 당초 문제가 되었던 지하 토공사의 굴착깊이를 그림5와 같이 굴착깊이를 1.1m를 줄일 수 있었다.

또한 기초 지내력이 충분히 확인되어 기초두께가 감소하여도 구조상으로 전혀 문제가 없기 때문에 공기단축 및 원가절감을 위한 매트기초를 0.2m 줄일 수 있는 것으로 평가되었다. 또한, 이러한 방법이 시공상에도 문제가 없는 것으로 판명되어 지하 골조공사의 VE 최종대안으로 제시되었다.

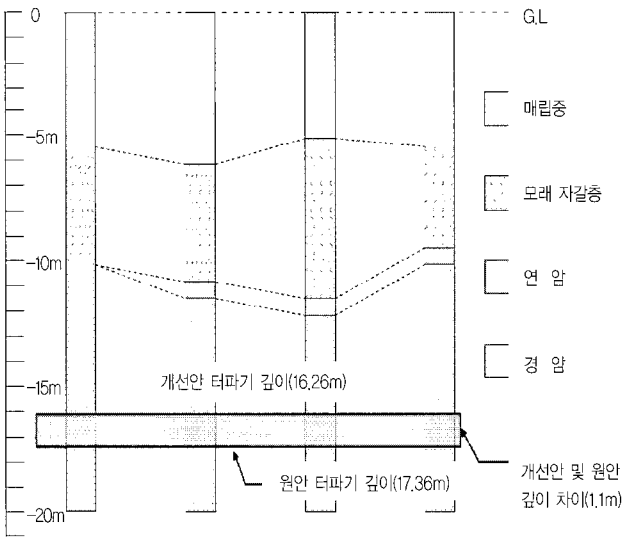


그림 5. 지질 단면도상의 대안 분석결과

원가측면에서도 검토한 결과 표 5에서 보는 바와 같이 플랫 슬래브가 라멘조의 약 80%정도 수준인 34억원으로 약 8억원의 원가절감 효과가 있음을 알 수 있다. 또한, 공정관리 측면에서도 골조형상 단순화에 의한 작업성 향상으로 공기단축이 예상된다.

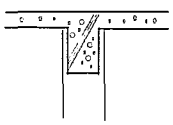
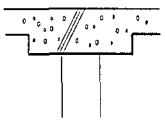
표 5. 라멘조 대비 플랫슬래브 공사비용

구 분	라 멘	플랫 슬래브
지하층 전체면적(㎡)	28,082	28,082
지하전체 공사비용(원)	4,199,934,295	3,399,515,032
원가절감액	라멘 대비 플랫 슬래브 공사비용 : 80.9%	

5.2 개선안 평가

VE 프로세스의 최종단계로서, 기존설계에서 제시된 라멘구조의 구조형식을 검토 변경하여 표 6과 같은 플랫 슬래브 형식의 지하골조를 현장에 시공하였다.

표 6. VE 개선안(지하 골조공법의 변경안)

구분	라멘구조	플랫 슬래브	비고
지하층 구조형식			
층고변형	B1 : 4.5m B2~B4 : 3.5m 지하층고 : 14.5m MAT : 1.4m	B1 : 4.0m B2~B4 : 3.2m 지하층고 : 13.6m MAT : 1.2m	1.1m 조정

지하골조의 플랫-슬래브 시공에 따른 효과를 비교분석해 보면 아래의 표 7과 같다. 특히, 건설공사에서 가장 중요시되고 본 연구의 목적인 원가와 공기측면에 대하여 집중적으로 분석을 하였다.

표 7. 원안 및 개선안 비교검토

VE항목	원안(라멘구조)	개선안(Flat Slab)	결과
시공성	개선안이 구조형상 단순화로 시공성 향상		개선안 유리
안전성	굴착깊이 감소로 개선안이 유리한 안전성 확보		개선안 유리
공 기	26개월	25개월	1개월 단축
원 가	4,905백만원	4,301백만원	604백만원 절감 (절감율:12.3%)

먼저 시공성 측면에서 살펴보면, 원안인 라멘구조에 비해 지하 토공사의 굴착깊이가 감소하였으며, 지하층과 매트기초의 두께를 줄일 수 있었다. 이에 따른 부재수의 감소로 시공성이 향상되었다. 또한 굴착깊이 감소로 인해 굴착 시 발생할 수 있는 안전사고를 예방할 수 있었으며, 골조형상 단순화에 의해 작업성이 향상되었다. 뿐만 아니라 발파량 감소에 따라 현장주변에 소음 및 진동영향을 줄여 민원발생을 줄일 수 있었다.

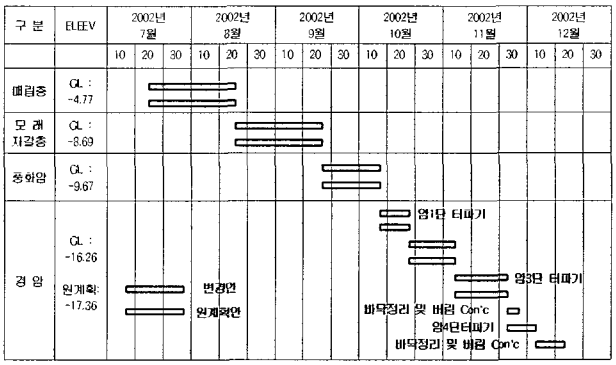
기초 지내력이 충분히 확인되어 기초두께가 감소하여도 구조상으로는 전혀 문제가 없기 때문에 공기단축 및 원가절감을 위하여 기초두께를 기존의 기초두께보다 200mm을 줄여 1200mm로 하였다. 기초두께 감소로 인한 원가절감은 14% 정도인 것으로 나타났다.

5.2.1 공기단축 효과분석

기존 설계안인 라멘구조 형식을 플랫-슬래브 형식으로 개선한 결과, 골조형상 단순화에 의한 작업성 향상, 암반 굴착깊이 축소, 경암반 존재에 따른 최하층 기초두께 축소로 인해 공기단축이 가능하였다.

이와 같이 VE 활동을 통해 제안된 플랫-슬래브 구조로 인한 공기단축 효과에 대한 상세분석결과는 그림 6과 7에서 보는 바와 같이 약 1개월의 공기단축이 가능하였다.

현장의 지하 공사기간은 2002년 7월부터 시작하여 당초 완료예정인 2002년 12월보다 1개월 앞당긴 2002년 11월까지 진행하였다. 당초 사례현장에서 경암이 발견되어 공기지연이 우려되었으나 VE 개선의 결과 굴착깊이 감소로 인해 토공사에서 15일의 공기단축을 이루었다. 골조공사에서도 골조형상의 단순화와 기초두께 감소로 인해 15일의 공기단축을 실현한 것으로 판정이 되었다.



* 7~9월은 엄지 말뚝 및 차수공사등과 진행되므로 토공이 지연됨.

그림 6. 토공사 공기단축 현황

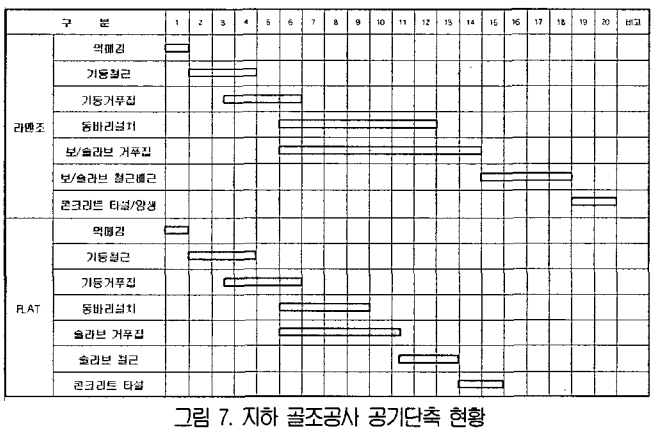


그림 7. 지하 골조공사 공기단축 현황

5.2.2 원가절감 효과분석

당초 설계안인 라멘구조를 플랫 슬래브 구조형식 변경을 위한 사전검토 결과 플랫 슬래브가 약 2억 6천만원의 절감효과가 나타나 비용절감 효과가 20%에 이를 것으로 평가되었다. 또한 지하층 하중조건이 유사한 인근 상가신축의 사례를 비교한 결과, 플랫 슬래브 구조가 라멘구조의 원가대비 90% 정도 수준임이 나타났다. 즉, 플랫 슬래브 구조는 라멘조 대비 구조 설치비용이 10-20%정도 경제적인 것으로 나타났다.

실제로 당초 설계안인 라멘구조를 플랫-슬래브 구조로 변경 시공한 결과, 표 8과 같이 약 9.2%인 1억 3천만원의 공사비 절감효과를 가지는 것으로 나타났다.

표 8. 골조변경에 의한 원가절감

구 분		라 멘		플랫 슬래브	
기준면적		7.4 × 7.8m = 57.72㎡			
	단 가	수 량	금 액	수 량	금 액
콘크리트	61,200	16.45㎥	1,006,740	16.3㎥	997,560
철근	617,000	2.342ton	1,445,014	2.324ton	1,433,908
거푸집	21,500	76.7㎡	1,649,050	60.16㎡	1,293,440
계			4,100,804		3,724,908
㎡당 골조공사비			71,047		64,534
플랫 슬래브 적용면적	20,479 ㎡				
지하층 공사비		100%	1,454,961,281	90.8%	1,321,593,744
절감액					133,367,536

토공사에서 굴착깊이 감소에 따른 원가절감과 골조공사에서의 구조변경으로 인한 공사비 절감의 세부 산출 내역은 표 9와 같다.

표 9. VE활동의 원가절감 효과분석 (단위:백만원)

구 분	원 안(A)		개선안(B)		절감 비용
	내용	금액	내용	금액	
●토공 및 흙막이					
1) 토공사	굴착깊이 15.9m	705	굴착깊이 14.8m	547	158
2) 흙막이 공사		69	천공깊이 및 흙막이 면적 감소	53	16
3) Earth Anchor 공사	6단	350	5단	292	58
4) Rock Anchor 공사	100ton/공	43	120ton/공	51	-8
소 계		1,167		943	224
●골조공사					
1) 슬래브 구조 변경	라멘조	1,455	Flat Slab	1,322	133
2)수직부재 길이감소		981	높이감소 (1.1m)	920	61
3)MAT기초 두께감소	THK 1400	1,302	THK 1200	1,116	186
소 계		3,738		3,358	380
총 계		4,905		4,301	604

토공 및 흙막이 공사에서는 굴착깊이 감소와 천공깊이 및 흙막이 면적감소로 인해 약 2억 2천만원의 비용절감 효과를 얻을 수 있었다. 토공사의 경우 본 사례의 토공량 감소효과는 원가대비 19.2%로 나타났다. 또한 골조형식의 변경으로 인한 골조공사의 총 원가절감은 9.2%로 나타났다.

골조공사에서는 슬래브 구조변경과 수직부재 길이감소, 매트기초 두께감소에 따라 약 3억 8천만원의 비용절감 효과를 얻을 수 있었다. 골조형식의 변경에 따른 골조공사와 토공사의 결과를 종합해 보면, 원가절감은 12.4%에 이르는 것으로 나타났으며, 금액상으로는 6억원의 절감효과를 가지게 되었다.

6. 결 론

국내 건설시장은 업체간의 과다경쟁과 장기적인 불황으로 인하여 과거에 비하여 더욱 생존경쟁이 치열해지고 있다. 이에 국내 건설기업들은 건설시장에서의 우위를 확보하기 위해 모든 공종을 대상으로 원가 및 품질 경쟁력을 확보하기 위한 노력을 경주하고 있다.

다양한 공법과 관리기법의 개발에도 불구하고 아직 설계단계에서의 오류가 시공단계에서 원가 상승요인으로 발생하는 경우가 빈발하고 있다.

즉, 설계단계에서 현장 조건을 충분히 분석한 후 VE 활동을 전개하여 최적 설계도서를 작성한다면 시공단계에서 원가 상승요인이 발생하지 않는데 현실은 그러하지 못하다. 이러한 현상은 대부분의 공종에서 발생하는데 그 중에서도 특히 지하 골조공사에서 가장 많이 관찰된다.

건축물의 지하 골조공사는 전체 공사의 원가 및 공기에 직결되는 매우 중요한 공사이므로 본 연구에서는 VE 사례를 통하여 건설공사의 품질 및 안전의 확보, 공기단축, 시공성 향상뿐만 아니라 원가절감을 꾀할 수 있는 방안을 모색하였으며 그 결과는 다음과 같다.

(1) 원가절감 뿐 아니라 공기단축, 품질향상 등의 도구로서 활용되는 VE 기법은 기존 설계도서의 개선여지를 파악하고, 그 해결방법을 체계적으로 도출하는데 활용할 수 있다.

(2) 공사 계획단계 및 공사 초기단계에서 건축물의 지하 골조공사에 대하여 현장의 여건에 맞도록 VE 기법을 이용하여 공기단축, 원가절감, 시공성 향상을 꾀할 수 있는 대안을 모색할 수 있는 업무체계를 도출하였다.

(3) VE 기법은 본질적으로 이론적인 개념이 아니라, 매우 실용적이고 사례기반의 업무개선도구이므로 이를 건축물의 지하골조공사에 적합하도록 VE 절차를 모델링하고, 이를 현장의 사례에 직접 응용함으로써 그 타당성을 입증하였다.

(4) 시공, 품질 및 안전은 충분히 확보하면서도 시공성의 향상 및 민원감소의 무형적 효과뿐만 아니라, 원안 대비 약 12%의 원가절감 효과를 얻었다.

본 연구에서 전개한 VE 기법 적용 절차는 유사한 건축현장에서 지하 골조공사의 공기 및 원가개선 및 착안 시에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 김용일 외, 건축구조물의 기초형식 선정을 위한 전문가 시스템 개발에 관한 연구-아파트건축물을 중심으로, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집, 14(1), 1994
2. 김재엽 외 3인, 신경망을 이용한 흙막이 지보공공법 선정모델에 관한 연구, 대한건축학회논문집 19(5), 2003.5
3. 대림산업, "지식발표집", 건축부문, 2003
4. 박찬식 이지웅 최석인, 국내 건설 VE 적용 실무에 대한 분석 및 평가, 한국건설관리학회논문집 3(2), 2002.6
5. 오승준, "흙막이공사 공법 선정방법에 관한 연구", 단국대학교 석사학위논문 (1999)
6. 정재진 외 3인, 설계·시공일괄 사업의 실시설계단계 VE적용 방안에 관한 연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집 4, 2003.11
7. 주영규·천성철, 지하구조물의 철골철근콘크리트 기둥과 철근콘크리트 보 접합부의 구조성능 평가, 대한건축학회논문집, 19(2), 2003
8. 전재열, 건축 설계초기단계에서 VE대상선정방법 개선방안에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 19(2), 2003
9. 차희성 이현수, 초기 공정계획 단계에서 시간과 성능을 고려한 최적 시공 대안 선정 방법, 대한건축학회 논문집, 13(12), 1997
10. 현창택, 한국의 건설VE, 한국건설관리학회, 건설관리 기술과 동향, 2003
11. 홍재욱 김선국 이종국, VE적용에 의한 지하 골조공사, 한국건설관리학회논문집, 5(3), 2004
12. Angela Palmer, John Kelly, and Steven Male, Holistic Appraisal of Value Engineering in Construction in United States, J. Constr. Engrg. and Mgmt. 122, pp324- 328, 1996
13. Hyundai E&C, "Value Engineering Study Report" ,2000
14. Maral Papazian Bedian, Value Engineering and its Rewards, Leadership and Management in Engineering, 2(2), 2002

Abstract

Domestic construction firms make every effort to save cost and, contrarily, enhance quality for competitive advantage in the market. Structural work of building construction takes charge of the total cost and schedule, thus elaborate planning and management of the work help to lead the project into a successful way. Therefore, the idea to save time and cost and enhance constructability securing quality and safety of the work should be developed after analyzing the designed documents and site conditions comprehensively in the initial construction planning phase.

Value Engineering (VE) technique is introduced in the substructural work in this paper to save cost creatively and systematically in the design and construction phase. A practical VE model that is applied to the underground building work systematically is proposed to save cost and it applies to the actual project to confirm the effectiveness of the model.

Keywords : Value Engineering, Underground Building Works, Cost Reduction, VE Process