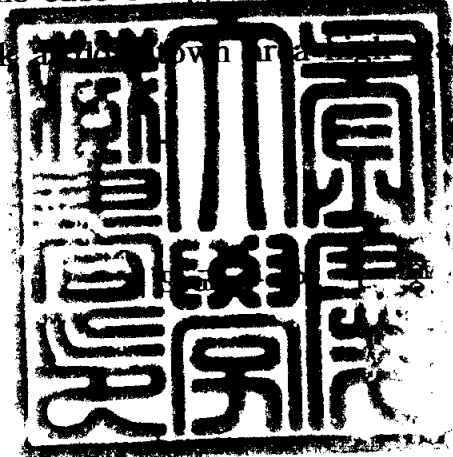


787
622
36
=2

공학석사 학위논문

도심지 고층 건축물 지하층공사의 VE 적용 사례 연구

A study on the case of application in the VE of underground
work in high town area building



이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2003년 2월

부경대학교 대학원

건설사업관리공학협동과정

정 재 훈

鄭載勳의 공학석사 학위논문을 인준함

2002년 12월

주 심 공 학 박 사 김 수 용



위 원 농 공 학 박 사 이 영 대



위 원 공 학 박 사 이 수 용



목 차

제1장 서 론

1.1 연구 배경 및 목적	1
1.2 연구 범위 및 방법	2

제2장 건설프로젝트에서의 VE

2.1 VE에 관한 이론적 고찰	3
2.1.1 VE 개념	3
2.1.2 VE 효율성	5
2.1.3 건설 VE의 주요기법	9
2.1.4 건설 VE의 단계별 프로세스	15
2.2 설계단계 VE와 시공단계 VE	17
2.2.1 설계단계 VE	17
2.2.2 시공단계 VE	20
2.3 단계별 VE 효과	21
2.3.1 설계단계 VE 효과	21
2.3.2 시공단계 VE 효과	22

제3장 건축물 지하공사의 VE 적용 사례 연구

3.1 프로젝트의 개요	23
3.2 프로젝트의 특성 분석	27
3.2.1 주변현황 특성	27
3.2.2 세부분석 및 개선안의 필요성	29
3.3 VE 팀 구성 및 활동	30
3.3.1 활동 팀 구성	30
3.3.2 활동 단계	31
3.4 VE 기능 분석 단계	33
3.4.1 후보 대상 선정	33
3.4.2 평가 항목 설정	34
3.4.3 평가 기준	34
3.4.4 제안 선정기준	35
3.4.5 대상 세부 기능 분석	35
3.4.6 기능 분석 결과 개선안 제안	36
3.4.7 현재안 및 개선안 비교분석	37
3.5 VE 실행 및 결과 분석	42
3.5.1 분석 기본 프로세스	42
3.5.2 VE 개선안 예상효과	44
3.5.3 VE 세부 분석 SHEET	46
3.6 VE 결과의 효율성 분석	52

3.7 VE 분석 결과의 적용	56
3.7.1 공법 적용 FLOW	56
3.7.2 VE 제안 공법 설명 및 실행	57
3.8 VE 기반 분석 프로세스 제안	61
 제4장 결론	62
참고문헌	64
Abstract	66

그 립 목 차

그림 1. 연구의 체계도	2
그림 2. 건설프로젝트의 Life Cycle과 VE 효과	5
그림 3. VE 실시시기와 효과	6
그림 4. 건설사업의 프로세스와 VE 실시시기	17
그림 5. 설계 VE 추진단계	18
그림 6. 프로젝트의 위치 및 현황도	23
그림 7. 프로젝트의 공정 FLOW	26

표 목 차

표 1. VE 주요 평가 항목	34
표 2. VE 평가 기준	34
표 3. VE 세부 기능 분석	35
표 4. VE 개선 안	36
표 5. VE 제안 결과 분석	52
표 6. VE 효과 분석	53

제 1 장 서 론

최근 건설산업은 IMF 경제적 위기 상황 이래로 많은 어려움에 직면하고 있다. 건설산업 분야에서는 건설사업관리(Construction Management) 기술의 도입과 활성화를 통해 경쟁력 확보에 나서고 있다. 건설사업관리¹⁾는 건설공사에 관한 기획·타당성조사·분석·설계·조달·계약·시공관리·감리·평가·사후관리 등에 관한 관리업무의 전부 또는 일부를 수행하는 것을 말한다. 그에 따른 운용기법에는 타당성분석기법·VE(Value Engineering)기법·EVMS(Earned Value Management System)등이 있다. 이러한 운용기법은 건설사업관리 업무를 수행하는데 대단히 중요하므로 이에 대한 연구가 지속적으로 뒷받침되어야 한다.

본 연구에서는 주변 지장물 및 주위 여건에 따라 항시 위험 요소와 상당한 변수를 지니고 있는 도심지 고층 건축물 지하층공사에 대한 VE 적용 사례 연구 분석을 통해 VE의 효율적 운용 방안을 제안하고자 한다.

1.1 연구의 배경 및 목적

건축산업은 진행과정에서 다른 산업 부분과는 다른 특성을 가지고 있다. 예를 들어 대부분의 작업 공간이 외부에 노출되어 있으므로 프로젝트 진행 초기에는 기후나 주변 환경적 요인의 영향을 많이 받는다. 특히 건물의 기초를 만들기 위한 지하공사 부분에서는 지질의 조건에 따라 적용 가능한 공법을 선정해야 하므로 자연 환경적 요소의 영향이 매우 중요하다고 볼 수 있다.

1) 건설산업기본법 제1장 총칙 제 2장 (정의) 6.

1.2 연구 범위 및 방법

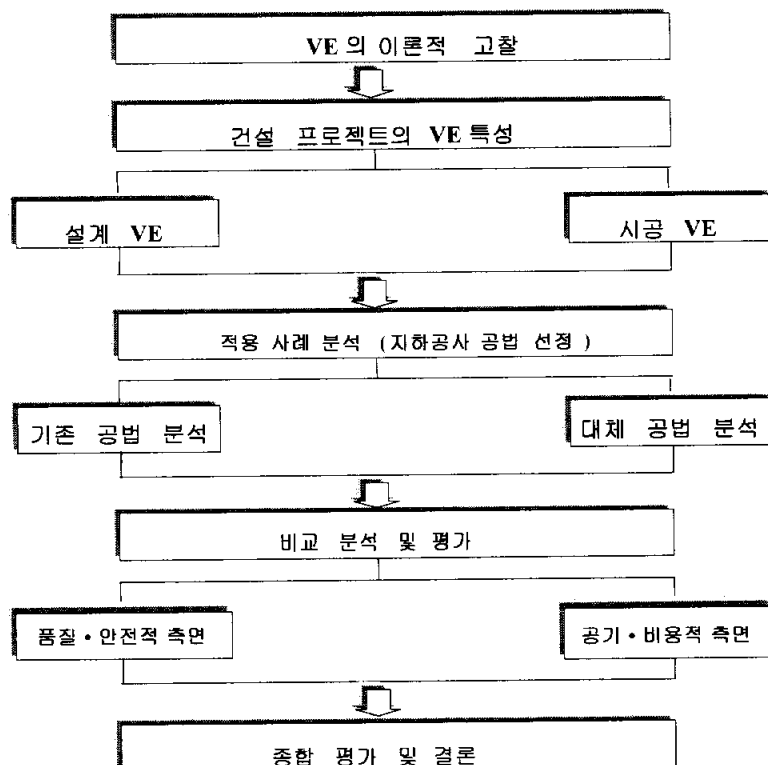
본 연구의 범위는 건설관리 운용기법 중 VE에 관한 이론적인 분석과 실제 적용한 사례분석을 통해 VE의 활용방향과 효과에 대해 연구하고자 한다. 특히 사례분석에서는 품질과 안전적 측면에서 VE의 구현효과를 중점적으로 분석할 것이다. 연구의 방법은 다음과 같다.

첫째, VE에 관한 이론적 고찰을 통해 VE의 전반적 사항을 분석한다.

둘째, 건설프로젝트에서의 단계별 VE 적용과정과 효과를 분석한다.

셋째, 적용 사례분석을 통해 건설프로젝트에서 기능적인 측면과 비용적 측면의 효과를 분석한다.

이상의, 분석된 내용을 통해 건설프로젝트의 VE 적용방안을 모색한다.



< 그림 1 > 연구의 흐름도

제 2 장 건설프로젝트에서의 VE

2.1 VE에 관한 이론적 고찰

2.1.1 VE 개념

VE는 가치(Value)를 증대시키기 위한 기법이다. 주어진 부분에 대해 성능을 만족시키면서 공기나 비용절감을 실현하기 위한 운용기법으로 가치공학이라고 한다. 즉 사물이나 일의 가치에 관해 팀원들이 함께 사고함으로써 비용을 절감을 도모하는 기법이다. VE는 가치를 기능과 비용의 비로 표현한다.

$$VE(\text{Value Engineering}) = \frac{\text{기능}(\text{Function})}{\text{비용}(\text{Cost})}$$

여기서 VE를 구현하는 방법은 여러 가지가 있다.

첫째로, 주어진 성능에서 비용을 절감시키는 방법이다.

$$VE(\nearrow) = \frac{F(\rightarrow)}{C(\searrow)}$$

둘째로, 성능 증대와 더불어 비용을 절감시키는 방법이다.

$$VE(\nearrow) = \frac{F(\nearrow)}{C(\searrow)}$$

셋째로, 비용은 유지하면서 성능의 증대를 시키는 방법이다.

$$VE(\nearrow) = \frac{F(\nearrow)}{C(\rightarrow)}$$

넷째로, 성능 증대의 관점에서 VE를 구현하는 방법이다.

$$VE(\nearrow) = \frac{F(\nearrow)}{C}$$

다섯째로, 비용절감의 관점에서 VE를 구현하는 방법이다.

$$VE(\nearrow) = \frac{F}{C(\searrow)}$$

본 연구에서는 세 번째 방법인 성능 증대를 중심으로 한 VE 구현 사례를 분석하는 것이다. VE의 중요성은 대규모의 자본이 투입되는 프로젝트에서 성능적 측면과 비용절감 측면을 동시에 충족시킨다는 점에서 상당히 중요한 부분이라고 할 수 있다.

따라서, 프로젝트 초기단계에서부터 이에 대한 적극적인 노력과 기법의 활용이 요구되므로 지속적인 연구와 그에 따르는 많은 투자가 필요하다. 이러한 VE 기법 적용은 프로젝트 진행과정상의 비용 증대 요인과 비효율적 면을 감소시킴으로써 전체적 생산능력을 증가시킬 수 있을 것이다.

2.1.2 VE 효율성

하나의 프로젝트에 대해서 VE는 기능적인 관점에서 분석함으로써 중첩되는 불필요한 부분을 제거함과 동시에 초기 설계단계에서부터 조직적 노력을 통해 자재나 적용기법을 계획하여 원가를 절감할 수 있는 역할을 수행한다.

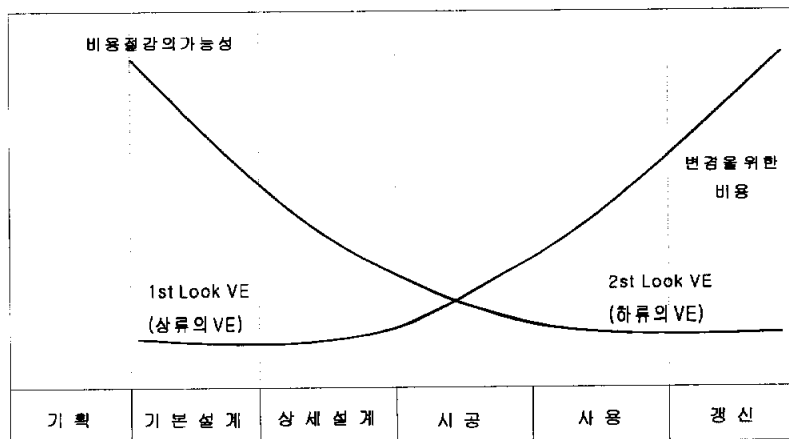
VE를 수행함으로써 얻을 수 있는 효과는 다음과 같다.

첫째, 전체 프로젝트 공정의 생산능력을 증대시킬 수 있다. 이는 프로젝트 전체에 소요되는 비용을 절감함과 동시에 제품의 품질을 향상시키는 효과를 발생시킨다.

둘째, VE를 적용함으로써 구현된 가치향상에 관한 효과를 향후 프로젝트에 지속적으로 이용할 수 있을 것이다. 이는 유사한 프로젝트뿐만 아니라 다소 상이한 프로젝트에 응용하여 적용할 수 있다.

셋째, VE활동에 의한 개선효과가 프로젝트 수행자에게 인식됨으로써 이에 대한 적극적인 노력이나 의지를 유도할 수 있다. 이로 인해 VE활동이 정착되어 지속적인 활용을 통한 기법의 개발효과를 얻을 수 있다.

특히, 건설프로젝트는 프로젝트마다 상이하나 동일·유사한 프로젝트가 반복적으로 수행되므로 그 효과는 상당하다고 볼 수 있다.

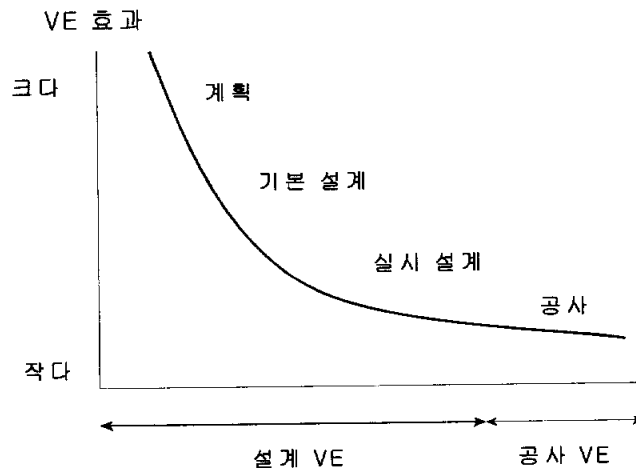


< 그림 2 > 건설프로젝트의 Life Cycle과 VE효과²⁾

2) 현창택, “건설 VE” 통합교재 2001 제4권, 한국기술사회, 2001

< 그림 2 >는 건설프로젝트에서의 VE효과에 관해 잘 설명해 주고 있다. 그림을 보면 프로젝트의 초기단계에서 비용절감을 통한 VE효과가 크다는 것을 알 수 있고, 시공 이후에는 변경을 위한 비용이 증가한다는 것을 알 수 있다.

다음은 미국의 도로 프로젝트에서 VE 실시 시기와 효과에 대해 나타낸 그림이다.



< 그림 3 > VE의 실시 시기와 효과³⁾

전체적으로 볼 때 초기 계획과 기본설계 단계에서 VE 실시효과가 큰 것으로 나타났다. 이는 계획 초기단계에서는 세부적 사항이 결정되지 않았으므로 다른 대안에 대한 반영이 용이하기 때문이다.

건설프로젝트에 VE 활동을 적극적으로 도입하게된 배경은 다음과 같이 설명할 수 있다. 건설산업계에서는 건설시장 개방 추세와 지속적인 경기침체로 인해 새로운 방향을 찾기 위해 VE제도를 도입하기 시작했다. 그러한 시도의 일환으로 정부에서는 기술개발보상제도를 시행하여 공법개선을 통해 공사비용을 절감했을 경우에 절감액의 50%는 정부가 회수하고 나머지 50%는 건설업체에게 지급하게

3) 국제건설기술협회(일본)편 · 쌍용건설(주)기술연구소 역 · 공학박사 강경인 감수
“건설 Value Engineering” 미국의 VE제도 및 사례, 기문당, 2001

되었다. 하지만 이 제도를 활용할 경우 도급액이 감소하게 되어 적용하는 업체가 나타나지 않았다.

이에 정부에서는 이를 개정하여 절감액 전체를 지급하도록 하여 보상을 받는 사례가 생겨나게 되었다. 현재 이는 다시 개정되어 50%만 건설업체가 지급 받도록 개정되었다.

최근에는 건설사업관리의 도입을 통해 설계단계에서의 VE 활동이 적극적으로 시행되고 있다. 이는 VE 활동으로 인한 공사비용의 절감 및 성능향상 효과가 크다는 것을 보여주는 것이다. 하지만 지금까지 국내에서는 활발한 VE활동을 할 수 있는 제도적 여건이 되지 못하고 있다. 이와 더불어 기존의 방법만을 추구하는 고정적 사고방식, 비체계적인 의사결정 및 관리방식, 경험 및 소수의 지식에 원가절감 방식 등이 있다.

이로 인해 지금까지는 시공단계에서의 VE활동이 주로 이루어지고 있으며 효과가 큰 설계 단계에서는 잘 수행되지 않고 있다.

다음으로 건설프로젝트에 VE 적용을 통한 효과를 살펴보면 다음과 같다.

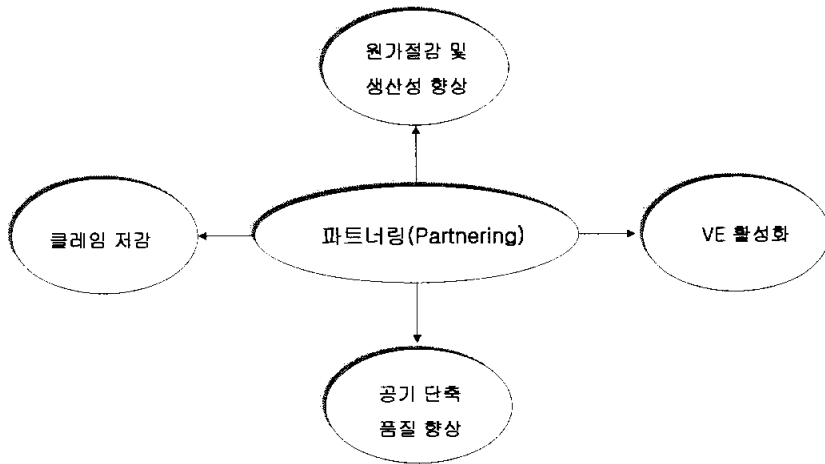
- ① 건설프로젝트 전반에 걸친 생산성 증대를 가져와 비용 절감효과와 성능향상 효과를 가져오게 된다.
- ② 위와 같은 생산성 향상 효과는 데이터 축적을 통해 정보 인프라를 구축함으로써 향후 발생할 프로젝트에 지속적으로 활용할 수 있게 한다.
- ③ 비용절감 및 성능향상 의식을 제고해 개선의 노력을 발생시킴으로써 관리기법의 지속적 개발을 가져올 수 있다.

건설 VE에 관련된 개념은 다음과 같다.

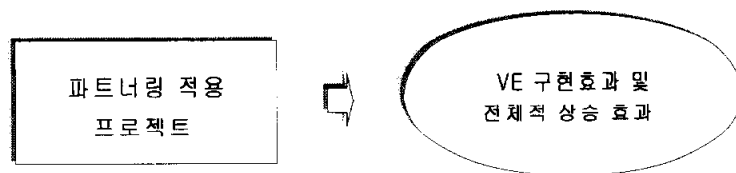
1) 파트너링(Partnering)

건설프로젝트는 기획 - 설계 - 시공 - 유지관리의 순서로 진행된다. 따라서 각 프로세스가 유기적으로 관계하는 것이 중요하다. 그를 위해선 발주자를 비롯한 설계자, 시공자가 해당 프로젝트에 참여하는 구성원 전체가 협력을 하는 노력이 요구된다. 이에 파트너링은 프로젝트 참여 구성원 전체가 프로젝트의 성공적 수행을 위해 상호 대립적 관계를 신뢰, 공통된 목적에 대한 노력, 다른

부분 구성원들에 대한 이해를 기반으로 경계가 없는 공유문화로 전환하고자 하는 방법이다. 이러한 파트너링의 효과는 상당하다고 할 수 있다.



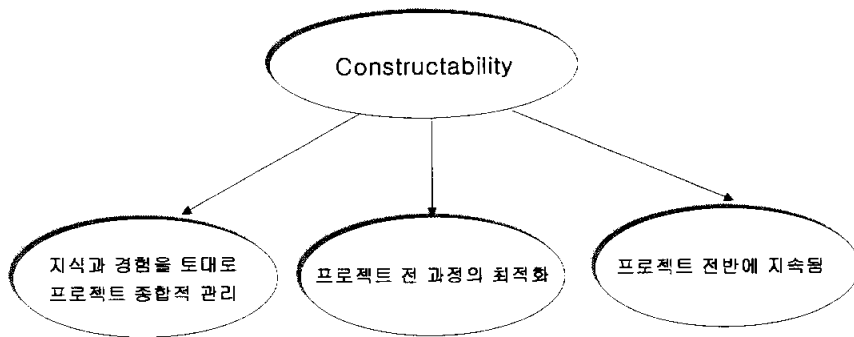
특히 파트너링은 VE활동에 중요한 역할을 담당하게 된다. 이는 파트너링을 통해 다소 소극적이던 프로젝트 참여 구성원들로 하여금 적극적 참여를 유도할 수 있게 한다. 즉 초기단계에서 VE 구현을 위한 창조적 대안을 도출하게 하는 것이다. 또한 VE는 파트너링 구성원들에게 개선된 결과를 도출할 좋은 기회를 제공하는 것이다. 그 결과는 VE 공동제안이라는 것을 만들어냈다. 이러한 사항은 연구결과를 통해 파트너링을 적용한 프로젝트가 품질향상과 VE 효과 증대를 가져온다는 것을 보여주었다.



2) Constructability

Constructability는 건설프로젝트 전 과정을 최적화시키는 것을 목적으로 하고 있다. 따라서 Constructability는 계획의 초기단계부터 시공단계 전반까지

지속적으로 수행되어진다. 이는 VE가 설계단계에 중점적으로 적용되고 있는 것과는 다르다고 할 수 있다. 하지만 결과적으로 VE나 Constructability가 최종적으로 추구하는 것이 프로젝트의 Life Cycle Cost 절감하는 것이라는 면에서 상호 보완적 관계라고 할 수 있다. 따라서, Constructability가 과거 프로젝트나 시공전문가를 통해 정보를 제공한다는 측면에서 볼 때 이는 VE를 효율적으로 수행하도록 지원하는 역할을 할 것이다.



2.1.3 건설 VE의 주요기법

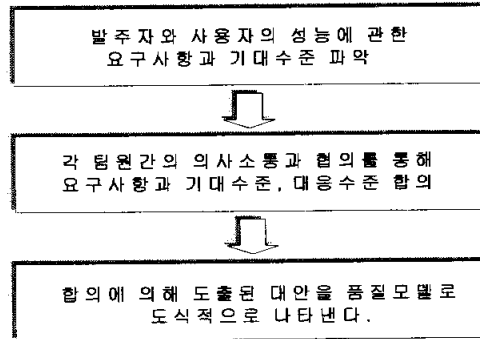
VE를 구현하기 위한 주요기법은 앞에서 다룬 단계별 프로세스에 따라 상이하 다. 주요기법은 준비단계와 분석단계에 적용되어지는데 정리하면 다음과 같다.

(1) 준비 단계 주요기법

1) 발주자, 사용자 요구측정

품질모델은 발주자와 사용자가 알고 있는 프로젝트 기능과 관련한 요구사항과 수준, 그리고 이와 관련한 대응 수준을 각 팀간의 협의를 통해 도식적으로 표시한 것이다. 이러한 품질모델의 효과는 VE활동을 위한 기초자료가 된다. 그리고 도출된 대안을 평가하는데 중요한 자료가 될 수 있다.

품질모델의 작성을 위한 프로세스는 다음과 같다.



2) VE 대상 선정

VE 대상 선정기법에는 고비용 분야 선정기법, Cost to Worth기법, 비용·성능 평가기법, 복합 평가기법, 가중치 부여 복합 평가기법이 있다.

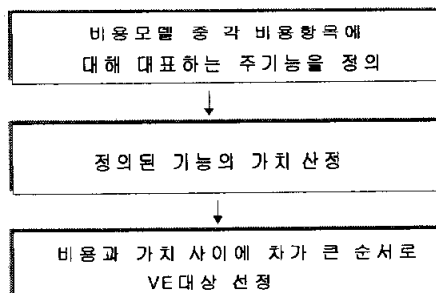
각 기법간의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

① 고비용 분야 선정기법

VE팀은 VE활동의 준비단계에서 비용모델을 만든다. 그런 다음 비용모델의 중심으로 고비용 분야를 대상분야로 선정한다. 고비용 분야 선정기법은 해당되는 프로젝트에서 가장 비용이 높은 분야 순서로 선정한다.

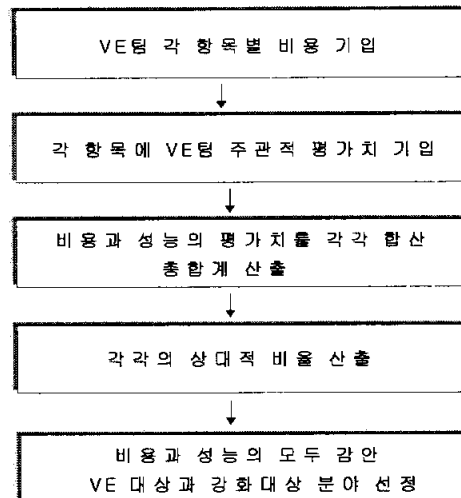
② Cost to Worth기법

VE의 대상은 고 비용 분야 뿐 아니라 여러 성능, 요소들의 비용과 가치 사이의 차이를 감안한다. 여기서 가치는 품목이나 요소의 동일 기능 달성에 소요되는 최소비용으로 정의된다.



③ 비용·성능 평가기법

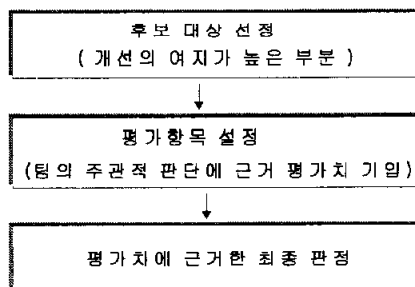
비용·성능 평가기법은 비용적 측면과 동시에 이용자 요구를 고려하여 프로젝트의 성능 증대를 목적으로 하는 기법이다.



여기서, VE대상분야는 비용은 상대적으로 높지만 성능이 미치지 못하는 부분이고 강화대상 분야는 비용은 상대적으로 낮지만 성능이 높은 부분이다.

④ 복합 평가기법

복합 평가기법은 해당되는 프로젝트의 특성과 유형에 맞게 선정하는 것이 중요하다. 대상 선정 시 평가의 주요 항목은 예상되는 개선효과, 투입되는 가능시간, 팀 능력, 제약조건, 해결의 가능성이다.



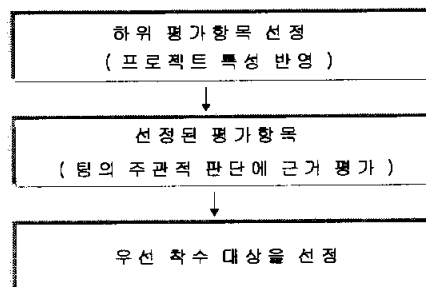
⑤ 가중치 부여 복합 평가기법

복합 평가기법과 유사하지만 평가항목에 가중치를 부여한다는 면에서 상이하다. 평가항목은 프로젝트의 유형에 따라 다양하게 적용된다.

⑥ 착수순위 결정

착수순위 결정은 모든 프로젝트에 활용되는 것으로서 효과성, 취급의 용이성, 해결능력을 평가해 결정한다.

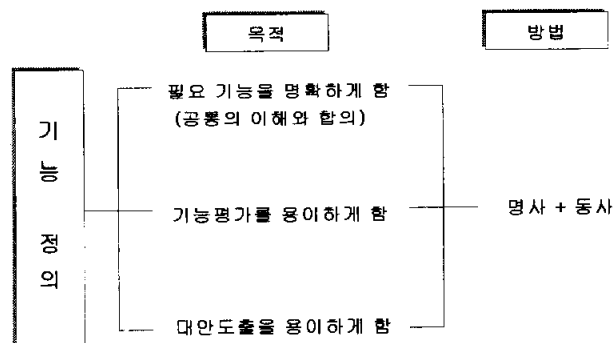
적용 프로세스는 다음과 같다.

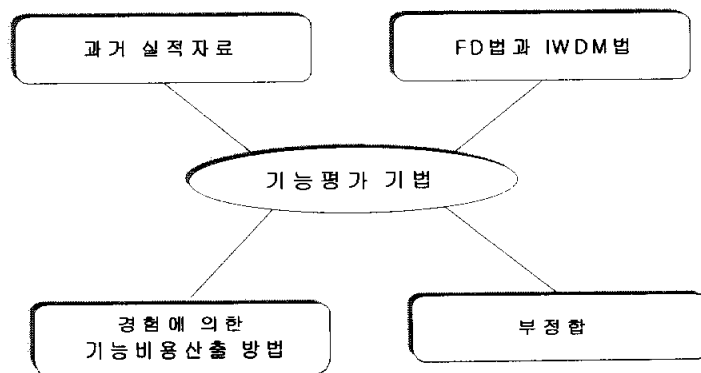
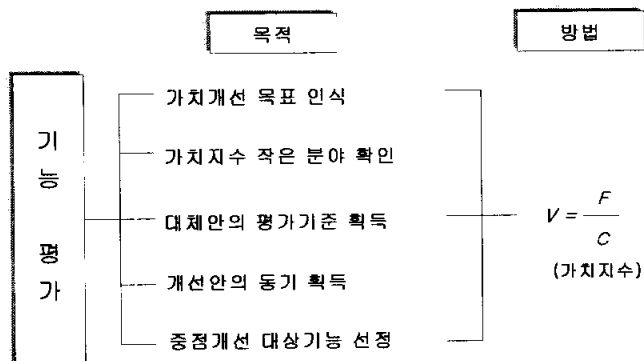
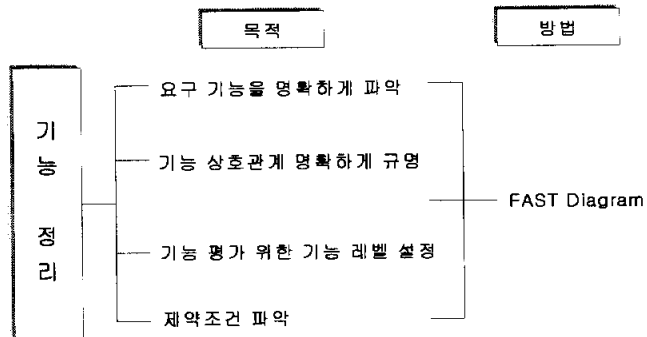


(2) 분석 단계 주요기법

1) 기능 분석

Miles가 개발한 문제해결을 위한 획기적인 방안으로 VE 구현 시 핵심업무이다. 이는 프로젝트에 관한 새로운 안목과 대안 도출의 기반이 된다.

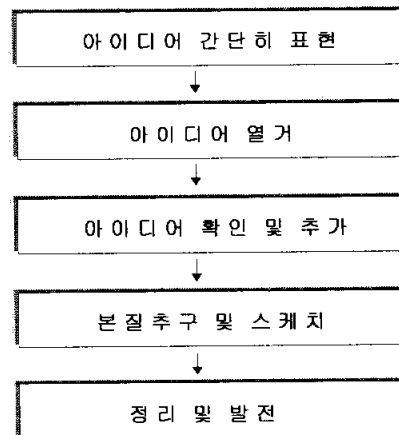




2) 아이디어 창출

아이디어 창출은 준비단계에서 수집한 정보와 기능분석을 기반으로 팀원들의 창의력을 통해 대안을 도출하는 단계이다. 대표적 기법으로는 브레인스토밍,

델파이법, 체크리스트법, 시네틱스 등을 활용한다. 아이디어 창출 과정은 다음과 같다.



3) 아이디어 평가 및 제안서 작성

이 단계는 아이디어 창출에서 도출된 수많은 대안 중 가능한 대안을 선정하는 부분이다. 여기에서는 대안의 장·단점을 감안한 객관적 평가가 이루어져야 하며 단순한 대안도 관련 유사대안과 조합을 통한 창의적 접근을 해야 한다. 주요 프로세스는 평가기준 설정→평가기준의 가중→아이디어 평가의 순서다.

① 개략 평가 및 구체화

개략평가에서는 경제성, 시공성, 기술성, 기능 만족도를 고려해 평가해야 한다. 구체화에서는 체계적이고 구체적 대안으로 발전시키고 집약해야 한다.

② 상세 평가

a. LCC 분석기법

LCC는 시설물의 생애주기로 총비용을 비교 용이한 일정시점으로 등가환산해 경제성을 평가하는 방법이다. 여기에서는 초기 투자비용 뿐 아니라 유지관리 비용까지 감안해 고려함으로서 실질적이고 경제적 대안을 도출할 수 있다.

b. 비용 상세 평가

각 대안에 대해 LCC 분석이 용이하지 않거나 필요치 않을 경우 건설사업

비용을 중심으로 대안을 평가하는 방법이다.

c. 최적안 선정기법

경제적인 측면 뿐 아니라 전반적 측면에서 종합적 판단으로 최적을 VE 대상을 선정하는 방법이다. 여기에서는 품질모델과 FAST Diagram을 참고해 대안의 적합 여부를 평가한다. 대표적인 방법으로는 매트릭스 평가방법이 활용된다.

③ 대안의 구체화

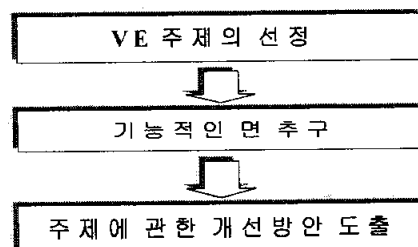
아이디어 평가의 연속단계로 선정된 대안들에 대해 구체화 조사나 분석을 통한 제안서 작성의 과정이다.

④ 제안서 작성

분석단계에서의 최종적 단계로 발주청의 의사결정자와 원 설계팀에 의해 VE 구현활동의 결과를 발표하는 것이다.

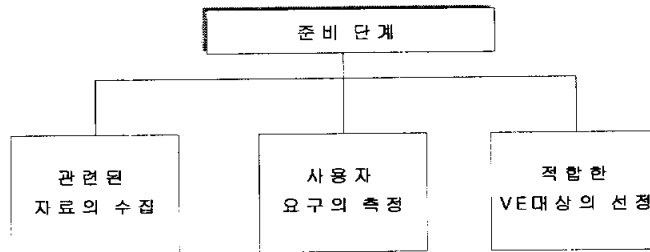
2.1.4 건설 VE의 단계별 프로세스

어떠한 문제에 관해서 VE활동을 하면 그 기능을 충족시키는 것에는 여러 가지의 대안을 얻을 수 있다. 따라서, VE의 대상이 되는 것은 여러 가지가 있을 수 있다. VE의 일반적인 프로세스는 다음과 같다.

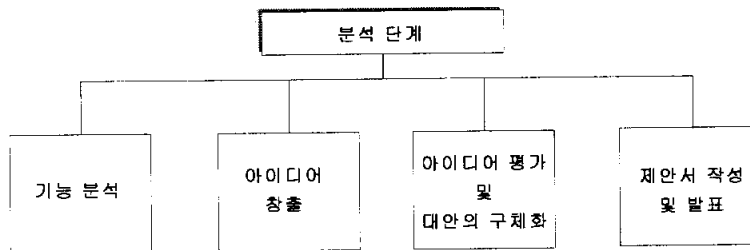


건설프로젝트에서 VE의 단계별 프로세스는 크게 준비단계→분석단계→실행단계로 나누어진다.

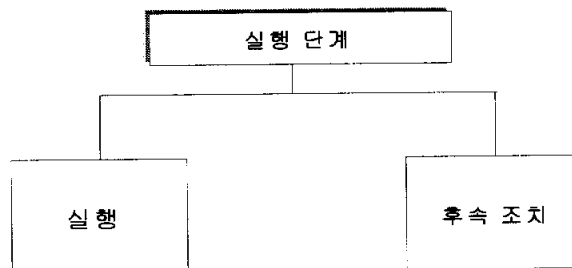
준비단계에서는 다음과 같은 활동이 이루어진다.



분석단계에서의 주요내용은 다음과 같다.



실행단계에서의 주요내용은 다음과 같다.

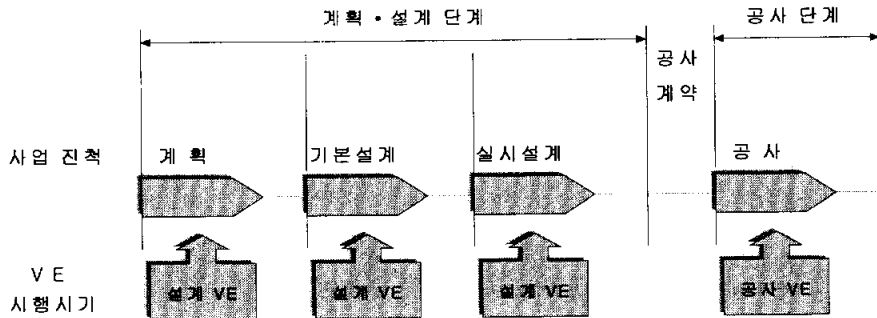


대안의 실행에서는 실행의 주체, 기존의 사항과 계약의 변경문제, 다시 검토할 사항이 없는지를 분석한다.

후속조치에서는 새로운 대안이 잘 적용되는지를 체크하고, 대안의 채택에 따른 비용의 투자정도, 비용의 절감정도를 분석한다. 그리고 채택된 대안을 향후 발생할 VE활동에 활용할 것인지를 분석한다.

2.2 설계단계 VE와 시공단계 VE

건설프로젝트는 유형이 다양하고 그 유형에 따른 특성도 상이하다. 따라서 이에 대한 충분한 검토와 분석이 된 후 적절한 VE의 실시시기를 결정하는 것이 요구된다. 건설프로젝트의 프로세스와 적절한 VE 실시시기를 보면 다음과 같다.



< 그림 4 > 건설사업의 프로세스와 VE 실시시기⁴⁾

위의 그림을 보면 설계 VE와 공사(시공) VE는 공사계약 시기를 기점으로 계획과 설계단계의 VE는 설계 VE로 계약 체결 이후의 VE는 공사(시공) VE로 구분하고 있다.

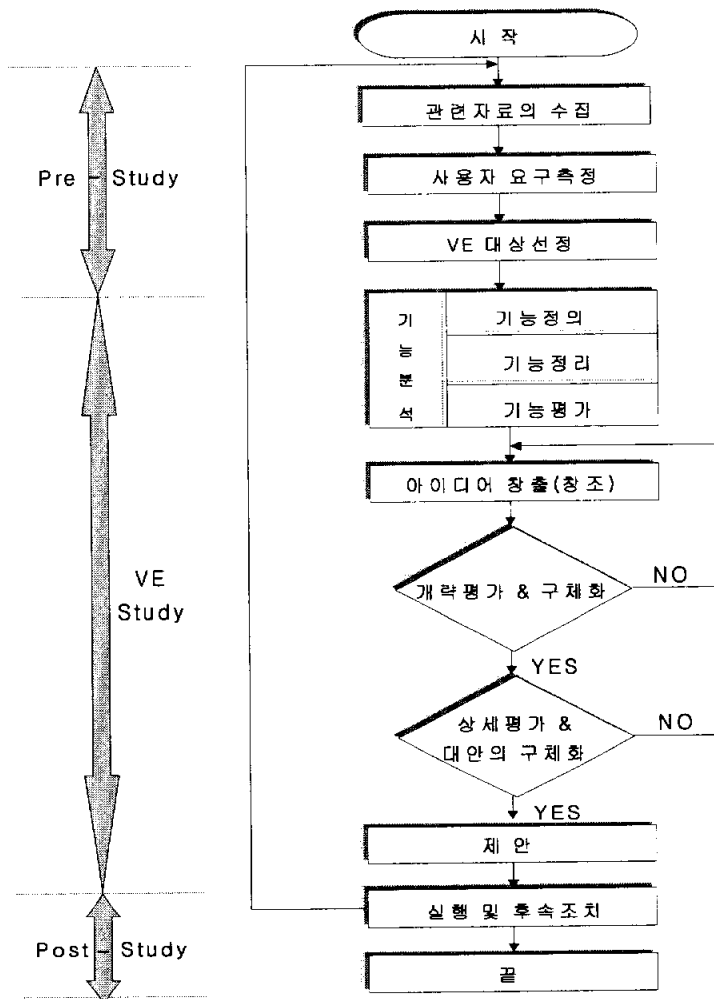
2.2.1 설계단계 VE

설계 VE(VE Study)는 발주자가 계획과 설계에 참여하지 않는 구성원들을 VE 팀으로 구성한 다음 전체 프로젝트의 LCC(Life Cycle Cost)의 절감을 목적으로 당초 계획이나 설계를 다시 검토·분석하여 새로운 대안을 도출해 작성하는 것이다. 이렇게 설계 VE에서 제안된 대안을 VE제안(VE Proposal)이라 말한다.

설계 VE는 VE활동을 통해 도출된 대안을 설계단계에 반영하는 것이다. 따라서 프로젝트의 최저 LCC 추구가 목적인 설계 VE에서 필요한 기능을 충족시키기 위해서는 총체적인 기능분석을 통한 수행이 요구된다.

4) 국제건설기술협회(일본)편·쌍용건설(주)기술연구소 역·공학박사 강경인 감수
“건설 Value Engineering” 미국의 VE제도 및 사례, 기문당, 2001

설계 VE에서 대상이 되는 업무의 범위는 전체 설계업무가 될 수가 있으나 대규모 건설프로젝트, 시공에 제약조건이 많은 프로젝트나 대안을 도출해 원가절감 및 필요기능을 충족할 가능성이 많은 설계업무를 범위로 해야 효과가 높을 것이다. 설계 VE 추진 프로세스는 다음과 같다⁵⁾. 여기서는 사용자 요구측정이 포함되어 있다.



< 그림 5 > 설계 VE 추진단계

5) 건설교통부 한국건설기술연구원, “건설VE의 운용기법”, 2000

이와 함께 설계 VE를 구현하기 위해서는 설계자의 도움이 요구되는데 그것은 다음과 같다.

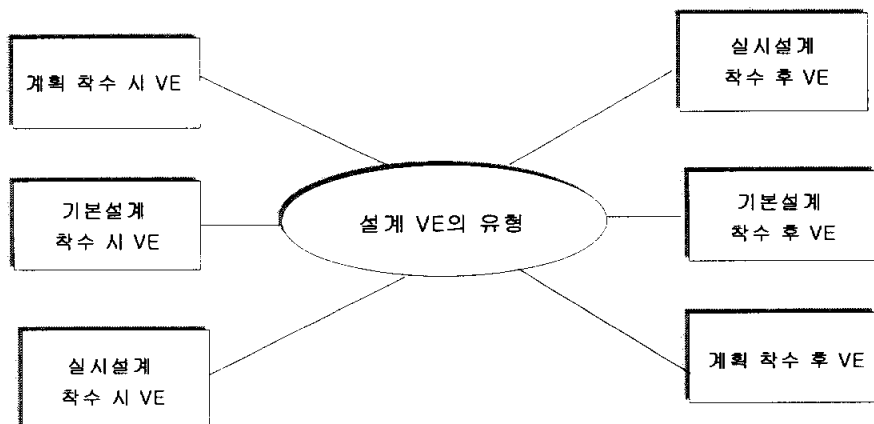
첫째로, VE팀에 대한 데이터의 제공과 프로젝트 전반에 관한 설명을 하는 것이다.

둘째로, VE팀에 대한 기술적 지원을 하는 것이다.

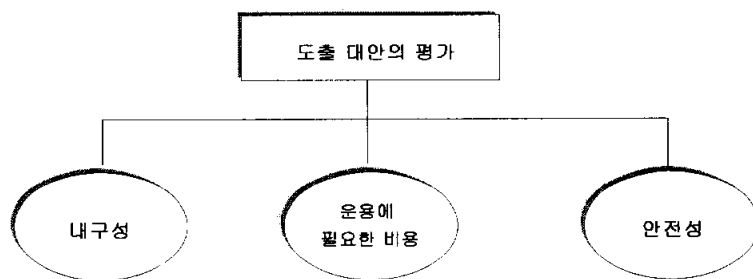
셋째로, 도출된 대안을 분석·검토해 주는 것이다.

끝으로, 대안이 채택되면 채택 대안에 따라 설계 내용을 수정해 주는 것이다.

설계 VE의 유형은 다음과 같다.



도출된 대안의 평가요소는 다음과 같다.



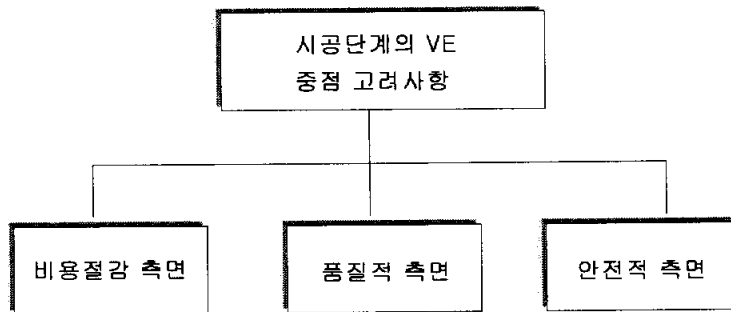
도출 대안의 평가에서는 위의 사항 및 필요기능을 저하시키지 않는 범위에서 LCC적 측면에서 종합적으로 분석·평가하여야 한다.

또한 설계 VE에서는 여러 차례 시도를 통한 노력을 하는 것이 중요하다. 물론 이러한 노력에 소요되는 비용 또한 상당하겠지만 VE구현을 통해 데이터가 구축된다면 많은 효과를 얻을 수 있을 것이다.

2.2.2 시공단계 VE

시공단계의 VE는 공사계약 체결 후 시공자가 자체적으로 계약사항을 검토하여 원가를 절감할 수 있는 대안을 도출해 발주자에게 제안하는 것이다.

따라서 시공단계의 VE는 시공자의 의지나 판단에 따라 이루어진다. 또한 시공자가 계약 사항의 변경이 필요하지 않은 범위에서 원가절감의 대안을 도출하였다면 제안 없이 절감된 금액 전체를 자신의 이익으로 할 수 있다.



시공단계의 VE는 원가절감의 측면도 중요하지만 이와 함께 기존의 공법의 시행 시 보다 향상 가능한 안전적 측면, 품질적 측면의 고려가 중요하다. 따라서 우선적으로 고려되어야 할 사항은 프로젝트 현장의 환경적 조건을 고려한 공법 선정이다. 특히 지질적 조건은 상당히 중요한 부분으로 지질상황에 따라 투입비용의 차가 크고 공사의 난이도가 변하므로 VE 활동을 통한 공법의 신중한 선택이 요구된다. 이에 다각적인 가치 공학적 검토·분석 후 신공법 적용을 통해 비용절감 및 품질·안전 면에서 가치 향상이 되면 이는 당해 프로젝트 뿐 아니라 후속 되는 유사 프로젝트에도 지속적 효과를 발휘할 수 있을 것이다.

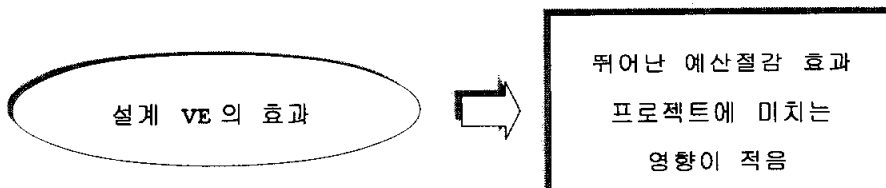
2.3 단계별 VE 효과

건설프로젝트에서 앞에서 다룬 설계단계와 시공단계에서 집중적으로 이루어진다. 설계단계 VE는 성능 증대와 원가 절감의 효과를 가져온다. 그리고 시공단계 VE는 원가절감과 더불어 적용된 VE의 효과가 설계에 반영되는 결과를 가져온다. 여기서 실제 설계단계와 시공단계에 적용된 VE의 효과를 보면 다음과 같다.

2.3.1 설계단계 VE 효과

설계단계 VE의 효과가 가장 높은 부분은 기본설계 완료시점이라 한다. 그래서 미국의 경우 VE 활동이 이 부분에 집중적으로 실시되고 있다. 기본설계 부분에서 VE 수행실적은 평균적으로 전체 프로젝트 예산의 대략 10%~20%의 예산을 절감하였다. 미국 각 주의 교통국이 그 연방도로청의 보조금을 받아 실시한 1996년도 도로 프로젝트에 대한 설계 VE 수행실적은 다음과 같다.

총 282건의 대상 프로젝트를 대상으로 실시한 결과 VE 활동을 수행하기 전 추정되는 공사 금액은 62억 1,200만 달러였고 VE 제안건수 1,083건이 나왔다. 평균적으로 프로젝트에 대한 제안건수를 보면 각 프로젝트에 4건의 제안이 나온 것이다. 그 결과는 VE 활동 후 56억 368만 달러의 추정 공사비를 나타냄으로서 10%의 전체 공사 금액의 절감율을 가져왔다. 또한 미국 육군공병단의 적용 사례를 보면 전체 프로젝트 공사 금액 중 설계 VE 활동으로 인한 공사비 절감액 중 95%를 차지했다. 따라서 미국의 경우는 설계 VE 활동이 전체 공사 금액의 절감율이 높고 프로젝트의 초기단계이므로 공기 등 다른 요소에 미치는 영향이 적기 때문에 설계 VE 활동이 중요시되고 있다.



2.3.2 시공단계 VE 효과

시공단계 VE는 프로젝트가 시작된 이후에 기존공법 적용에 따른 문제점 발생 시 신 공법이나 대체 공법의 적용으로 인한 비용절감 효과, 품질 향상, 안전성 확보 등에 따르는 VE 효과이다.

미국 각 주의 교통국이 그 연방도로청의 보조금을 받아 실시한 1996년도 도로 프로젝트의 시공단계 VE 실적은 다음과 같다.

대상이 되는 전체 프로젝트 중 272건이 채택되었고, VE 시행으로 인한 전체 공사금액 절감효과는 1,893만 달러였다. 이는 제안된 하나의 대안에 따르는 절감액으로 하면 약 7만 달러이다. 설계 VE의 효과와 비교해 보면 전체 절감비율 중 20%를 차지하고 있다.

국내 프로젝트에서의 시공 VE 구현 사례는 다음과 같다.

① 주암댐계통광역상수도공사중 장대터널 프로젝트

본 프로젝트에서는 라이닝 공법 적용에 있어 터널 직경이 2.8m 밖에 안 되는 작업공간에 7.76km되는 공법을 재래식 Needle Beam Steel 거푸집 공법으로 설계된 것을 Full Round Steel 거푸집 공법으로 변경해 2억 9천만 원 공사 금액 절감효과와 공사기간을 6개월 단축시키는 결과를 만들어냈다.

② 부산 제2 도시고속도로 건설 제7공구 프로젝트

초기 계획안은 상부 고가도로의 P.C BOX Girder 시공 시 지주식 동바리 설치 후 Plate Girder를 거치 하도록 설계되었다. 이는 중앙로 횡단구간의 바닥 하천 복개 구간의 구조물 철거와 하천 하상에 파일 시공 후 기초 상부에 동바리를 3경간 설치해 Plate Girder를 거치하고 상부 슬래브를 시공하는 것이다.

변경된 시공 안은 특수자재로 제작한 Steel Truss Girder를 적용하여 시공하였다. 이는 도로 상에 동바리를 설치하지 않고 시공하는 것이다.

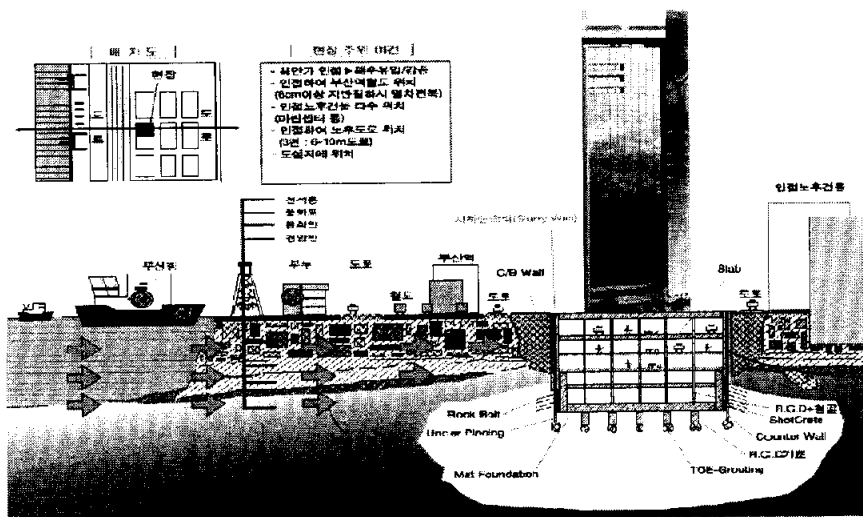
적용효과는 시내의 복잡한 교통흐름에 지장 없이 시공을 가능하게 했고, 6천만 원의 공사 금액 절감효과를 가져왔다.

이 외에도 기존공법 외에 대체공법 적용을 통한 공사 금액 절감효과나 품질향상을 가져온 프로젝트 사례가 있다.

제 3 장 건축물 지하공사의 VE 적용 사례 연구

3.1 프로젝트의 개요

1. 프로젝트명 : A 빌딩 신축 프로젝트
2. 대지 위치 : 부산광역시 중구 중앙동 4가 일원
3. 대지 면적 : 3,669.7 (M^2) (1,110PY)
4. 건축 면적 : 1,481.02 (M^2) (448PY)
5. 연 면 적 : 40,509.38 (M^2) (12,257PY)
6. 층 수 : 지하 5층, 지상 25층
7. 구 조 : S. R. C조 (철골 철근콘크리트조)
8. 주차 대수 : 총 267대



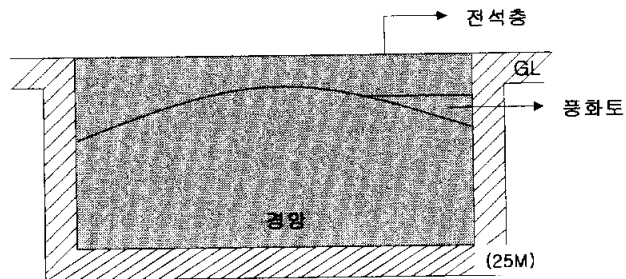
< 그림 6 > 프로젝트의 위치 및 현황도

본 프로젝트의 토질 단면도는 다음과 같다.

1) 좌측도

지하수위

GL - 3M



* 경암 : 일축 압축강도 $1,500\text{Kg/cm}^2 - 2,800\text{Kg/cm}^2$

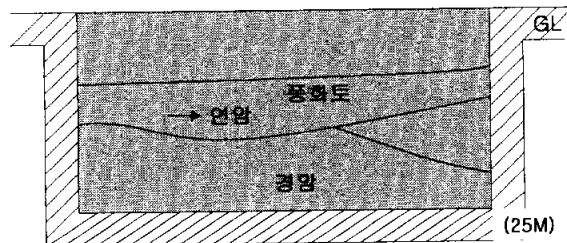
(보통 일반적인 경암층은 약 $800\text{Kg}/\text{cm}^2$ 수준이다)

RQD → 약 85~95% 수준이나 부분적으로 5~15%의 부실암층 분포

2) 정면 (주출입구쪽)

지하수위

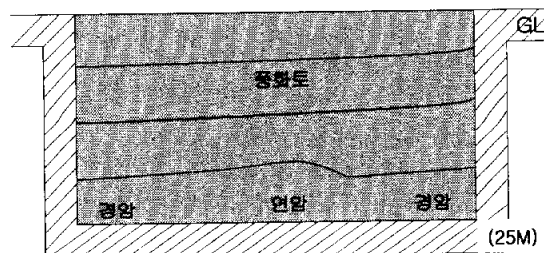
GL - 3M



3) 우측도

지하수위

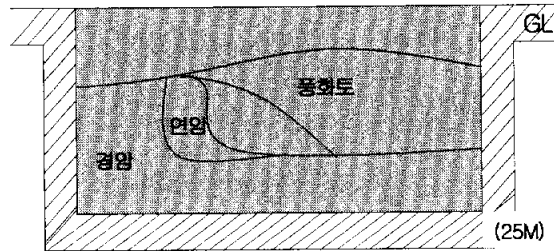
GL - 3M



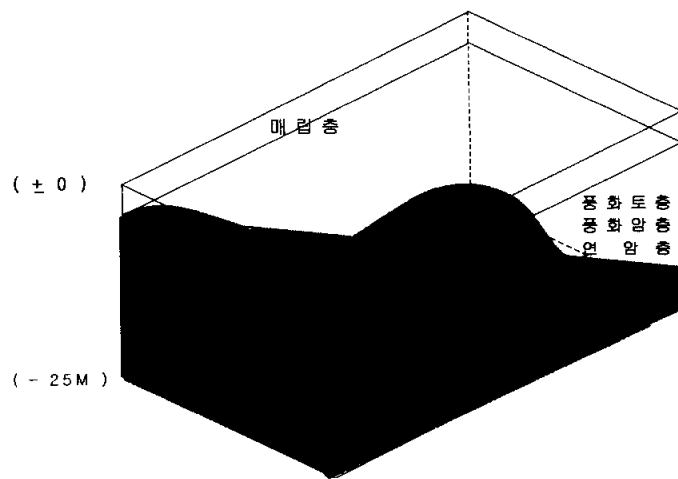
4) 후면

지하수위

GL - 3M

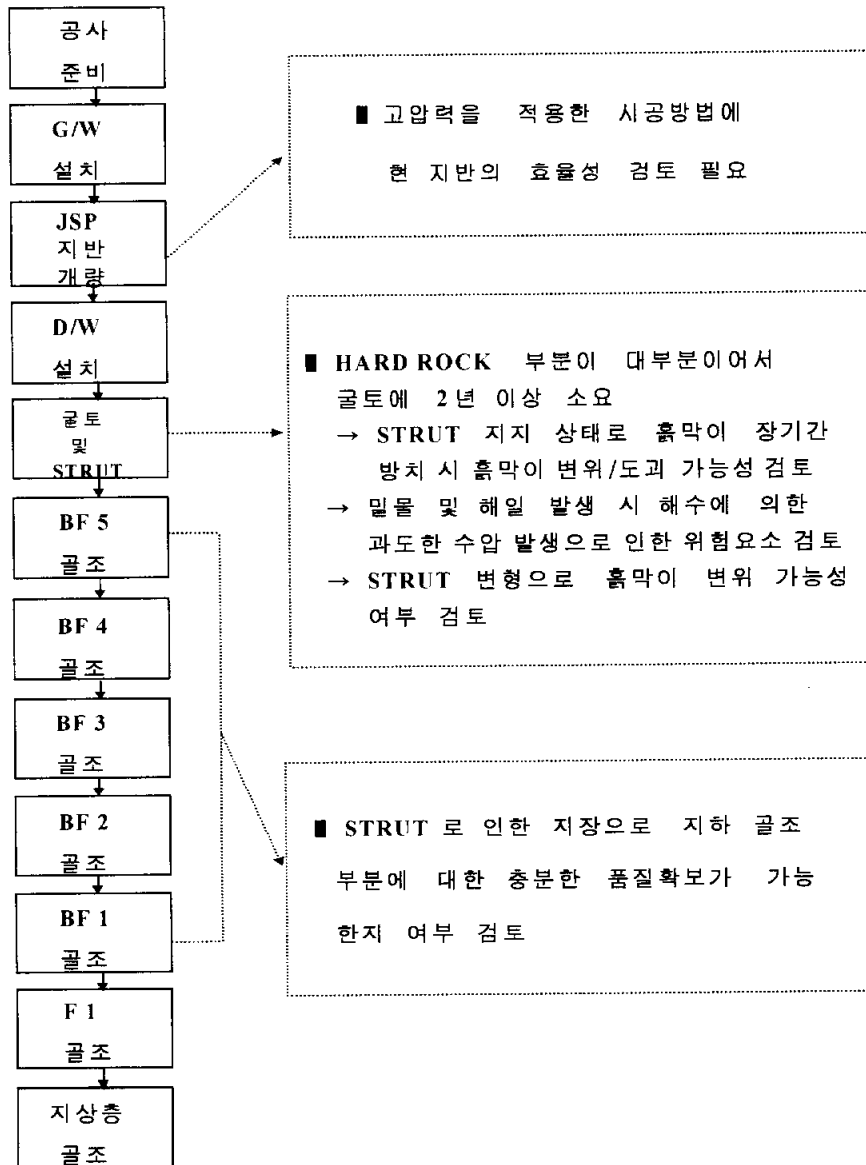


5) 경암층 등고선고



(3) 공정 FLOW(TOP DOWN공법 적용)

본 프로젝트의 공정 흐름은 다음과 같다.



< 그림 7 > 프로젝트의 공정 FLOW

3.2 프로젝트의 특성 분석

본 프로젝트는 부지가 도심지에 위치하고 지역적 영향에 의해 공사 진행에 많은 문제점을 가지고 있다. 프로젝트가 가지고 있는 특성을 살펴보면 다음과 같다.

3.2.1 주변현황 특성

1) 인접한 지역에 철도가 위치

인접한 곳에 철도가 위치하므로 6cm 이상 지반이 침하 시에는 열차가 전복이 발생할 수 있는 위험성을 가지고 있다.

2) 인접한 곳에 노후화 된 건물 다수 위치

인접한 곳에 노후 건물이 다수 위치함으로서 프로젝트 진행에 따라 주위 건물에 대한 안전적 측면의 고려가 요구된다.

3) 인접한 위치에 노후도로 위치

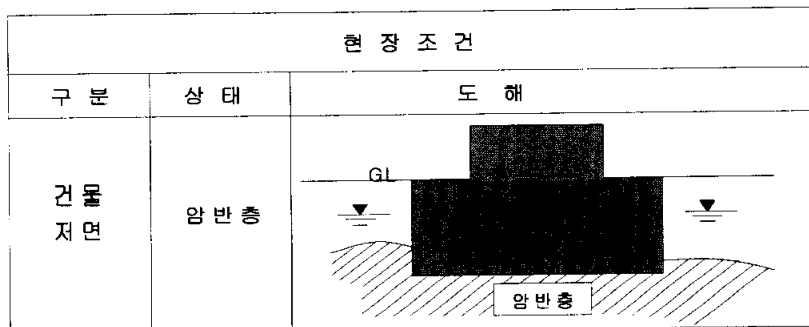
인접한 위치에 3면(6cm ~ 10cm)의 노후도로가 위치함으로서 프로젝트 진행에 따라 이에 대한 안전적 측면의 고려가 요구된다.

(지하에 가스관, 고압선로 등 위험선로 다수 매립)

4) 현장 조건적 특성

지역적 위치 영향으로 현장 조건에 많은 특수성을 가지고 있다.

① 건물 저면



100% 해수 투수층인 전석 매립층 및 경암반층으로 구성되어 공법적용에 있어서 많은 어려움이 있다.

② 건물 저면 지하수맥

현 장 조 건		
구 분	상 태	도 해
건물 저면 지하수맥	수평수두 98% 수직수두 2% (암반층조건)	

공법 시행에 따라 천공 및 굴토 시 수평수두에 영향을 미침으로서 출수 가능성이 크다. 이는 건물에 상시 부력을 발생시키고 구조체에 무리한 응력을 발생시킬 가능성이 있다.

③ 지하수 성분

현 장 조 건		
구 분	상 태	도 해
지하수 성분	해수 (해안가위치)	

현장의 위치가 해안가에 위치함으로서 공법 적용 시 재료의 부식에 따른 제약이 따른다.

이에 따라 공법선정 시 현장조건을 감안한 선정과정이 요구된다.

3.2.2 세부분석 및 개선안의 필요성

(1) 당초공법의 타당성 검토

지반조사에 관한 당초공법의 타당성을 검토하였다. 검토항목은 다음과 같다.

- ① 조사결과가 주위 지형과 일치하는지의 여부에 관한 검토
- ② 샘플링의 채취 여부에 관한 검토
- ③ 시추공 숫자 및 위치가 적정한지에 관한 검토

그 결과는 다음과 같다.

- ① 조사결과는 지층구성과 심도가 상이하며 불일치하였다.
- ② 샘플링 채취는 미 채취된 것으로 나타났다.
- ③ 시추공 숫자 및 위치는 부적절한 것으로 나타났다.

이상의 결과에 따라 재 지반 조사(NX SIZE 12공)를 실시한 결과 당초 지반조사와 근본 적인 차이점이 발견되어 공법을 재검토하게 되었다.

(2) 주변 현황조사 및 검토

주변 현황에 관해 조사 검토하였다. 설계 시 검토항목은 다음과 같다.

- ① 현장 주변에 노후화된 구조물/시설이 없는가에 관한 검토
- ② 인접한 타 건물 현장조사에 관한 검토
- ③ 지하수위 상태에 관한 검토

그 결과는 다음과 같다.

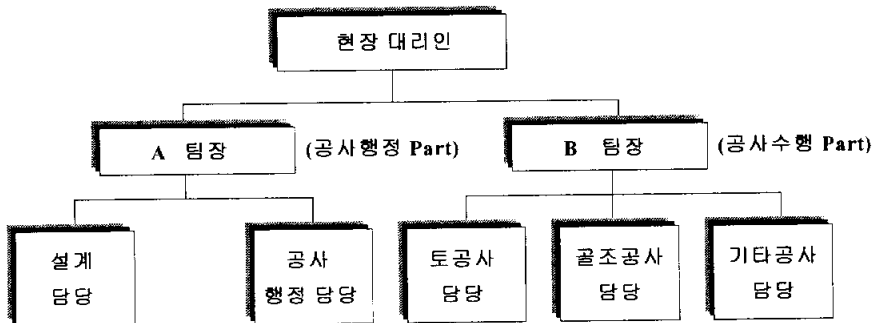
- ① 노후화된 건축물을 조사한 결과는 10년 이전 경과, 10년 ~ 20년 경과, 20년 이상 경과 건물로 조사되었다. 개략적으로 B ~ D등급으로 나타났다.
- ② 현장조사 결과는 주변도로 현장에 인접해 있고, 가스·통신·전기·하수관이 매입된 것으로 나타났다. 그리고 6cm 이상 레일 지반 침하 시 철도 차량의 진도 위험이 있는 것으로 나타났다.
- ③ 지하수위 상태는 GL 1~ 5M에 해수가 있는 것으로 조사되어 기초지지 방법에 검토가 요구되는 것으로 나타났다.

이상의 결과에 따라 계측기기 설치에 의한 관찰과 공법과 공사방법에 관한 재검토가 필요하다는 결론이 나왔다.

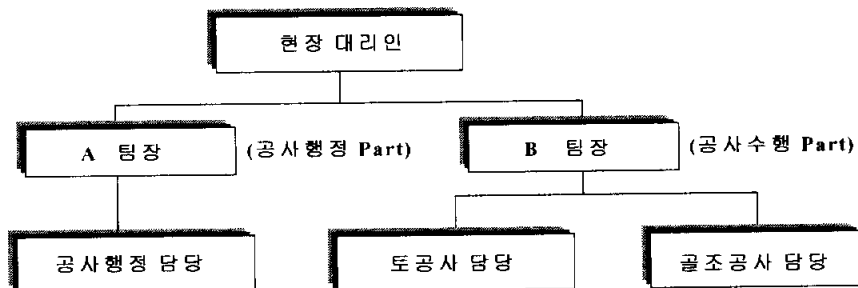
3.3 VE 팀 구성 및 활동

3.3.1 활동 팀 구성

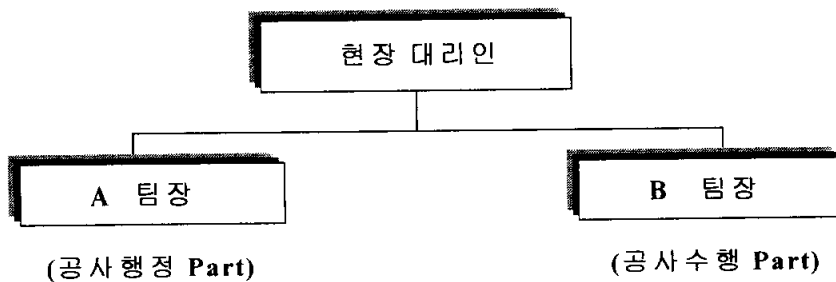
1) VE 준비 팀 구성



2) VE 세부분석 및 평가단계



3) 세부 분석/평가(안)에 대한 VE 결정 단계



3.3.2 활동 단계

VE 활동 단계는 VE에 관한 준비 및 자료수집과 사용자 및 기술적 요구사항 분석, VE 대상의 선정 그리고 VE 의사소통 방법에 관한 사항을 계획하는 단계이다.

(1) VE 준비 및 자료수집 단계

1) 관련자료 수집

① 설계도서의 준비

시방서, 설계도면, 기타관련 자료를 수집한다.

② 주변 지질 및 환경에 대한 조사를 실시한다.

- 주변건물의 노후화 정도를 파악하고 결함 유무를 조사한다.
- 주변건물에 적용되어진 공법에 관한 조사를 실시한다.
- 프로젝트 입지조건에 관한 조사를 실시한다.
- 인접한 주변지역에 관한 지장물 조사를 실시한다.

③ 프로젝트와 관련한 관계자와의 대화를 통한 구두조사를 실시한다.

2) 사용자 및 기술적 요구사항 분석

① 인접한 주변건물 및 지장물에 영향을 주어서는 안 된다.

② 지하수에 의해서 건물에 미치는 영향을 최소화 시켜야 한다.

③ 지하수맥을 차단하거나 지하수맥에 의한 영향을 미세하게 하여야 한다.

④ 지반개량이 충분한 기능을 발휘할 수 있도록 하여야 한다.

⑤ 구조물의 균열 등 결함발생을 최소화 할 수 있도록 하여야 한다.

3) VE 대상의 선정

사용자 및 기술적 요구사항 분석에 따른 VE 대상은 다음과 같다.

① 인접한 주변건물 및 지장물에 영향을 주어서는 안 된다.

⇒ 굴토방법, 흙막이 지지방식

- ② 지하수에 의해서 건물에 미치는 영향을 최소화 시켜야 한다.
⇒ 부력방지 시스템
- ③ 지하수맥을 차단하거나 지하수맥에 의한 영향을 미세하게 하여야 한다.
⇒ 그라우팅 방법
- ④ 지반개량이 충분한 기능을 발휘할 수 있도록 하여야 한다.
⇒ 지반개량 방법
- ⑤ 구조물의 균열 등 결함발생을 최소화 할 수 있도록 하여야 한다.
⇒ 콘크리트 양생방법, 구조물 축조방식

4) VE 의사소통 방법

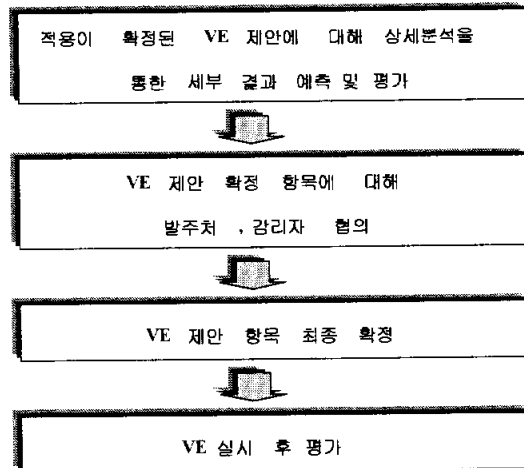
① 기준

- 상향식 의사소통을 기준으로 한다.
- VE 대상은 지하공사 전 분야를 무제한으로 활동하는 것을 기준으로 한다.
- 제안된 VE 대상항목은 그 중요도와 관계없이 FLOW에 의해 상세하게 검토하는 것을 기준으로 한다.
- 제안된 VE에 관한 적용여부 결과를 제안자에게 통보하는 것을 기준으로 한다. ⇒ 동기 부여

② 구체적 방법

- 등급 산정
 - A: 본 프로젝트에 적용
 - B: 아이디어가 우수하고 실현 가능성이 있음
 - C: 기타
- 각 등급에 따라 포상 및 인사고과 반영

- 의사소통 FLOW



3.4 VE 기능 분석 단계

VE 기능 분석 단계는 VE 후보 대상을 선정하고 그에 따른 평가항목 설정과 평가 기준을 계획하는 단계이다.

3.4.1 후보 대상 선정

- ① 인접한 주변건물 및 지장물에 영향을 주어서는 안 된다.
⇒ 굴토방법, 흙막이 지지방식
- ② 지하수에 의해서 건물에 미치는 영향을 최소화 시켜야 한다.
⇒ 부력방지 시스템
- ③ 지하수맥을 차단하거나 지하수맥에 의한 영향을 미세하게 하여야 한다.
⇒ 그라우팅 방법
- ④ 지반개량이 충분한 기능을 발휘할 수 있도록 하여야 한다.
⇒ 지반개량 방법
- ⑤ 구조물의 균열 등 결함발생을 최소화 할 수 있도록 하여야 한다.
⇒ 콘크리트 양생방법, 구조물 축조방식

3.4.2 평가 항목 설정

VE 평가항목 설정은 공사비용, 안전성, 품질, 공사 기간에 따른 효과를 기반으로 분석을 실시한다. 그 후 평가기준에 따라 최종적 판단을 한다.

< 표 1 > VE 주요 평가 항목

항 목	현재 안	개선 안	평가 방법
공 사 비 용	재료비	숫자 기입	(예)공사비용(개선안)/공사비용(현재안) 95 / 100 = 5% 비용절감
	노루비	숫자 기입	
	경 비	숫자 기입	
	소 계	숫자 기입	
안 전 성	A	분석내용 기입	안전성 등급을 상호 비교 평가
	B	분석내용 기입	
	C	분석내용 기입	
	D	분석내용 기입	
품 질	A	분석내용 기입	품질 등급을 상호 비교 평가
	B	분석내용 기입	
	C	분석내용 기입	
	D	분석내용 기입	
공 기	소요공기 기입	소요공기 기입	(예)소요공기(개선안)/소요공기(현재안) 95 / 100 = 5% 공기절감

3.4.3 평가 기준

VE 평가 기준은 공사비용과 소요 공기를 계량화하여 결정하고 안전성 / 품질은 A, B, C, D로 등급화하여 중요도(가중치)에 따라 우선 순위를 결정해 판단한다.

< 표 2 > VE 평가 기준

항 목	기 준	중 요 도(가중치)	비 고
공 사 비 용	* 비용 발생액을 계량화하고 비율로 환산하여 현재안, 개선안 상세 비교	★★ 안전성/품질확보 후 고려	
안 전 성	A: 안전성에 문제 없음 B: 일부 보완하면 안전성 확보 C: 안전성 확보에 다소 불리 D: 안전성 확보 어려움	★★★★★ 최우선적인 평가 기준	절대 기준
품 질	A: 품질확보에 문제 없음 B: 일부 보완하면 품질 확보 C: 품질확보에 다소 불리 D: 품질 확보에 어려움	★★★ 우선적인 평가 기준	우선적 기준
공 기	* 소요 공기 계량화하고 비율로 환산하여 현재안, 개선안 상세 비교	★ 안전성/품질/공사 비용에 대한 검토 후 고려	

3.4.4 제안 선정기준

VE 제안 POINT 선정에 있어서 기준은 다음의 항목에 따라 결정한다.

- 프로젝트 수행에 따라 상당히 비중이 있는 주요 공정을 선정하는 것을 기준으로 한다.
- 개선안을 통한 최소의 투자로 최대의 효과를 발휘할 수 있는 부분을 선정하는 것을 기준으로 한다.
- 개선하지 않을 시 심각한 손실을 초래할 수 있는 부분을 선정하는 것을 기준으로 한다. 원가, 품질, 안전, 공정, 환경적 부분 등을 중점적으로 한다.

3.4.5 대상 세부 기능 분석

VE 대상 세부 기능 분석은 프로젝트가 가지고 있는 환경적 특성을 분석해 그에 따른 반영 요소를 파악 가정한 후 결과를 예측해 VE 분석 중점 사항으로 결정한다.

< 표 3 > VE 세부 기능 분석

VE 도입배경	기능분석 시 반영 요소 가정	가정에 대한 결과 예측	VE 분석 POINT 및 주요사항
인접하여 철로 위치	지반침하	열차탈선	지반침하 최소화
인접하여 노후건물 다수 위치	지반침하, 진동	건물손괴	지반침하, 진동 최소화
인접하여 노후도로 위치 (가스 선로, 고압선로 등 매입)	지반침하, 진동	도로붕괴, 매입선로 피해	지반침하, 진동 최소화
부지 내 매립층 → 전석층 분포	양질의 지반개량 가능성	지반개량 부실화	지반개량 시 저압 유지
건물저면 지하수맥 분포	굴토 시 출수 가능성	건물 침수	지하수맥 봉쇄
	천공 시 출수 가능성	건물저면 상시부력 발생	지하수맥 봉쇄
TOP DOWN 구조물 축조	콘크리트 양생 시 흠막이 변위	균열 다수 발생	콘크리트 양생 시 흠막이 변위 최소화
밀폐된 공간에서의 콘크리트 양생	환기조건 열악 →수화열로 인한 영향	균열 다수 발생	콘크리트 양생 시 수화열 발생지연

3.4.6 기능 분석 결과 개선안 제안

VE 기능분석 결과에 따른 개선안은 다음과 같다.

<표 4> VE 개선 안

VE 도입배경	기능분석 시 반영 요소 가정	가정에 대한 결과 예측	VE 분석 POINT 및 주요사항	아이디어 제안 대상항목	VE 아이디어 제안	
					현상	개선안
인접하여 철로 위치	지반침하	열차탈선	지반침하 최소화	굴토 및 구조물 축조 방식	SLURRY WALL + STRUT + 순타	SLURRY WALL + 슬래브 지보공 + 역타
인접하여 노후건물 다수 위치	지반침하, 진동	건물손괴	지반침하, 진동 최소화			
인접하여 노후도로 위치 (가스 선로, 고압선로 등 매입)	지반침하, 진동	도로붕괴, 매입선로 등 피해	지반침하, 진동 최소화			
부지 내 매립층 → 전석층 분포	양질의 지반개량 가능성	지반개량 부실화	지반개량 시 저압 유지	지반개량	JSP	C/B WALL
건물저면 지하수맥 분포	굴토 시 출수 가능성	건물 침수	지하수맥 붕쇄	그라우팅	U/P 그라우팅	복합 그라우팅
	천공 시 출수 가능성	건물저면 상시부력 발생	지하수맥 붕쇄	부력 방지 시스템	ROCK ANCHOR	DE-WATERING
TOP DOWN 구조물 축조	콘크리트 양생 시 흠막이 변위	균열 다수 발생	콘크리트 양생 시 흠막이 변위 최소화	지하구조물 시공방식	SUPPORT 시스템	BOG 시스템
밀폐된 공간에서의 콘크리트 양생	환기조건 열악 → 수화열로 인한 영향	균열 다수 발생	콘크리트 양생 시 수화열 발생지연	콘크리트 양생방법	일반 살수양생	수중양생 + 콘크리트 배합 설계조정

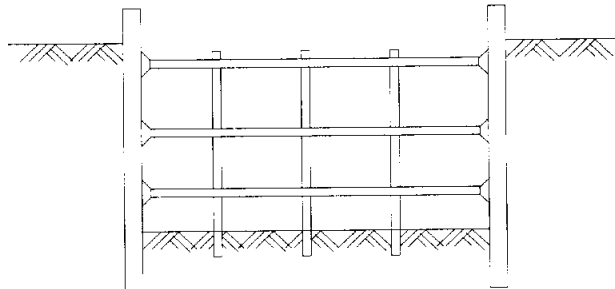
3.4.7 현재안 및 개선안 비교분석

본 프로젝트는 현장이 도심에 위치하고 있고 지역적 요인으로 인해 프로젝트를 수행하는 데 많은 문제점을 가지고 있다. 따라서 당초에 검토되었던 공법이 공사 착수 전 사전 안전성 검토결과 적용공법의 변경이라는 결과로 나타났다. 이는 안전성 향상과 품질 확보 측면에서 가치향상 효과를 가져오게 되었다. 프로젝트의 현재안 및 VE 개선안에 대한 비교분석 내용은 다음과 같다.

(1) 굴토 및 구조물 축조공사

① 현재안에 관한 분석 (Slurry Wall + Strut + 순타공법)

- 굴착외주에 Slurry Wall을 버팀대, 띠장 등의 지보공으로 지지하고 굴착을 추진하는 공법으로서 대지 어디에서나 굴착이 가능하며 지반 상태 관계없이 적용될 수 있지만 굴착 및 지하 구조부 시공 시 장애가 된다.
- 지하수 유출로 인하여 흠막이 변위가 발생할 수 있다.
 - ⇒ 흠막이 변위 발생 시 주변지반 침하 발생
 - ⇒ 주변건물이나 시설에 피해발생 가능성이 있다.
- 수압/토압 발생 시 Strut 변형에 의한 흠막이 변위 발생 우려가 크다.



② 개선안에 관한 분석 (Top down 공법)

당초에 계획되었던 순타공법은 흠막이벽의 안전성 확보가 어렵기 때문에 역타공법을 검토하였다. 역타공법은 흠막이벽 안전성 확보에 효율적일 뿐 아니라 주변지반 침하 방지 효과와 공사기간을 단축시키는데도 효과가 상당한 공법이다.

역타공법은 지상으로부터 지하로 진행되는 공법을 말하며 지하층 구축과 동시에 지상층 시공이 가능하므로 공사기간 단축효과가 높고 안전성이 뛰어나기 때문에 건축공사에 많이 적용되고 있다. 역타공법의 장점은 지상·지하층의 병행 시공이 가능해 공기가 단축되고 인접건물이나 지대에 영향을 주지 않는 공법이다. 또한 대지 활용도를 극대화 할 수 있으므로 도심지에서 효율적이고 지하주벽을 선 시공함으로써 지하수차단 효과가 있다. 이와 함께 거푸집 및 동바리공을 최소화할 수 있다. 역타공법의 단점은 굴착작업과 장비 종류에 제한을 받으며 굴착된 흙의 배출이 어렵다. 또한 지하작업 시 환기처리, 안전관리 및 조명관리를 철저히 하여야 한다.

(2) 지반개량 공법

초기 설계단계에서 계획된 공법은 J.S.P 공법으로 그 특징은 다음과 같다.

① 현재안에 관한 분석 (J.S.P; Jumbo Special Pattern) 공법

본 공법은 연약지반 개량공법으로서 초고압(약=200kg/cm²)의 분류방식을 이용하여 지반을 절삭·파쇄시켜 간극에 그라우트 주입재를 충전하는 일종의 유도 주입 공법이다. 공법에 관한 요약은 다음과 같다.

구 분	공법 설명
명 칭	Jumbo Special Pattern 혹은 Pile
공법 재료 분류	시멘트 페이스트(Cement Paste)
공법 개요	지반내의 시멘트 페이스트를 고압으로 분사시켜 굵은입자를 파쇄 · 혼합함으로써 원주형의 시멘트 고결체를 형성함
주입 방식	초고압분사방법 (분사노즐에서 주입재가 직접 공벽을 파쇄한 후 교란·혼합되는 방식이 아닌 분사방식이다)
주입 재료	시멘트 또는 혼화재료
개량 형태	원주형의 고결체 형성
주입공 개방	주입공을 개방하여 잔류분사 에너지를 소산시킴
주입 공정	1 공정식 주입(시멘트 단일 분사)
주입 후 강도	점성토: 15~40kg/cm ² 사질토: 40~100kg/cm ² * 지층의 함수상태 및 연경도에 따라 다르게 나타남
공법의 장·단점	① 차수효과가 확실하다 ② 지반강도가 크기 때문에 응용분야가 다양하다. ③ 지반 개량효과가 확실하다. ④ 시멘트 소요량이 크다 (351~451kg/cm)

② 개선안에 관한 분석 (C/B Wall 공법)

- 자연압에 의한 지반 유입 방식으로 부실한 지반이나 공극이 많은 지반에 대한 지반성능 향상 효과가 크다.
- 배합비는 C/B 액 1m³ 당 시멘트 240kg, 벤토나이트 80kg, 물 980 ℓ, 자연재 등이 혼합된다.
- 28일 경과 시 투수계수는 10⁻⁶cm/sec이고 지반강도는 30 ~ 40kg/cm² 정도 발현되어 temporary 용도로 적합하다.

(3) 부력 방지 공법

당초 설계는 Rock Anchor 공법으로 계획되었고 공법의 특징은 다음과 같다.

① 현재안에 관한 분석 (Rock Anchor 공법)

건물저면 하부 방향으로 이격된 경지질층에 기초를 형성하고 건물구조물과 강선으로 연결하여 강선의 강성 및 기초의 내력으로 부력에 저항하는 공법이다.

공법의 특징은 다음과 같다.

- 해안가 등 염분이 함유된 수질에서는 사용이 불리하다.
- 구조물 연결부에 누수의 우려가 있다.
- 공사 과정이 다소 번거롭고 하자 발생의 가능성이 크다.

② 개선안에 관한 분석 (영구배수(De-Watering) 공법)

지하구조물의 지하수위를 배수 시스템으로 조정하여 항시 일정량 이하의 부력을 지하부에 작용하게 유도하는 시스템이다.

공법의 특징은 다음과 같다.

- 공사 과정이 비교적 간단하며 공사비용이 절감되고 공기단축의 효과가 있다.
- 지하수의 변위가 큰 곳에서는 사용이 불리하다.
 - 시스템 가동시간이 길면 유지관리 비용이 증가하여 주변 지반침하와 연관됨
- 하자 발생의 우려가 적다.

(4) 지하구조물 축조 방법

흔히 일반적으로 사용되어지는 콘크리트 타설방법으로 Support 지지 시스템이 있으며 그 특징은 다음과 같다.

① 현재안에 관한 분석 (Support 지지 시스템)

Top down 구조물 공사 시 일정 깊이까지 굴토하여 지면에 Step 콘크리트 및 토류판 등으로 지내력을 확보 동바리 설치 후 거푸집을 설치 콘크리트를 타설하는 공법이다.

- 하부 동바리 조정으로 거푸집 Level 조정이 용이하다.
- 콘크리트 타설 중 이상 현상 발생 시 보완이 용이하다.
- 흠막이 측압 발생에 의한 균열 발생 등 콘크리트 품질확보에 불리하다.
- 거푸집 붕괴 사고 우려가 있다.

② 개선안에 관한 분석 (BOG지지 시스템)

슬래브 하단 Beam Level까지 굴토한 후 지면의 지내력을 기반으로 거푸집을 설치하여 콘크리트를 타설하는 공법이다.

- 동바리 설치를 생략하여 원가가 절감되고 공기가 단축된다.
- 흠막이 측압이 최소화되어 양생 중 콘크리트의 영향이 거의 없어 균열 등을 방지함으로써 콘크리트 품질확보에 유리하다.
- 다음층 터파기 시 거푸집이 손상될 수 있어 작업에 신중함이 요구된다.
- 콘크리트 타설 시 이상 현상이 발생하면 보완이 어렵다.

(5) 구조물 축조 시 콘크리트 양생방법

콘크리트 양생방법은 일반 살수방식과 콘크리트 배합설계 및 수중 양생방법이 있다.

① 현재안에 관한 분석 (일반 살수방식)

일정시간 지속적인 살수 및 양생포 등에 의한 습윤양생 방법이 있음

② 개선안에 관한 분석 (콘크리트 배합설계 및 수중 양생방법)

- 환기가 어려우므로 양생 시 발생된 수화열의 순환이 불리하여 콘크리트 구조물이 과도하게 잠재된 수화열에 의해 발생하는 균열에 대한 대안으

로 효율적인 양생방법이라 할 수 있음.

- 수화열의 발생을 저감시켜주는 콘크리트 배합설계가 필요하다.

(지연재, 슬러그 등의 혼합)

- 콘크리트 표면 온도를 하강시켜 수화열의 발생을 용이하게 해주는 절차가 요구된다.

(6) 지하공사 중 그라우팅 방법

드물게 지하 암반부 중 절리가 발달된 부위에 오랜 기간 동안의 수질에 의한 침식작용으로 지하수맥이 형성된다. 이러한 수맥은 터파기 시 급격한 출수로 인한 주변 침수 및 슬라이딩 현상 발생으로 인한 붕괴 등 대형사고를 야기 시키기도 한다. 이러한 위험성에 대응하기 위한 방법은 지질조건 및 주변 현황을 고려하여 신중하게 결정하여야하며 토공사 과정 중 가장 중요한 부분이라 할 수 있을 것이다.

① 현재안에 관한 분석 (U/P 그라우팅)

슬러리에 매입된 슬리브를 통하여 천공 후 시멘트 milk액을 고압으로 분사하여 절리 틈에 주입하는 공법이다.

② 개선안에 관한 분석 (복합 그라우팅)

- 1단계

지하수층과 암반부와의 단절(중력식 시멘트 모르타르 그라우팅)

- 2단계

수맥 시점부에 대한 보완 그라우팅(L/W 그라우팅)

- 3단계

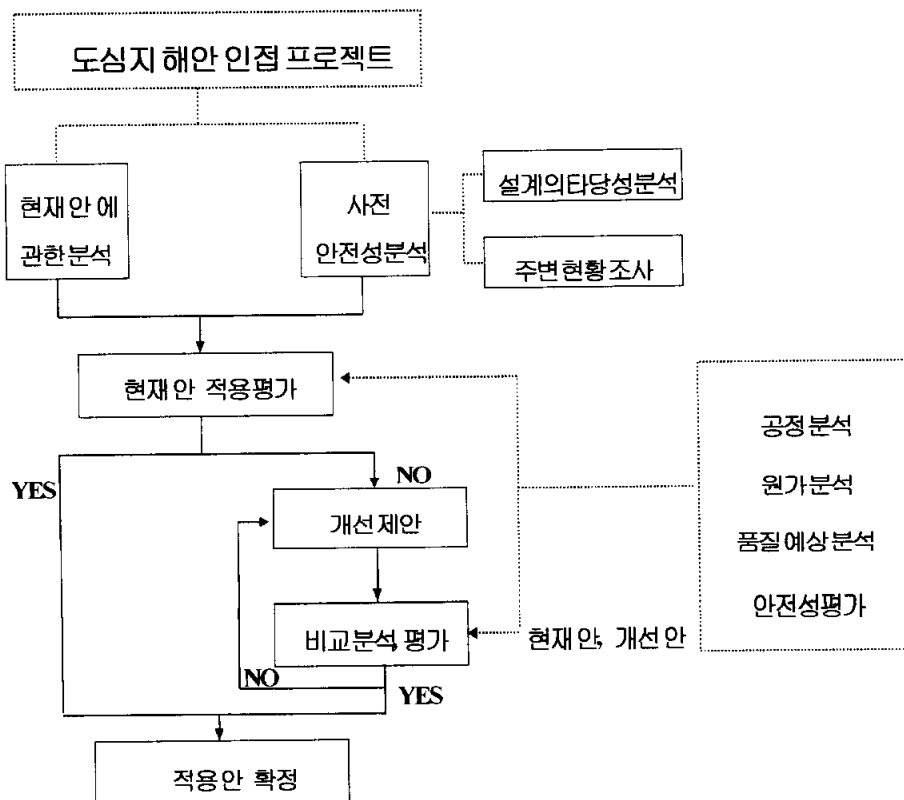
구조물이 축조되는 부근에서의 마무리 그라우팅(Underpinning 그라우팅)

3.5 VE 실행 및 결과 분석

3.5.1 분석 기본 프로세스

VE 분석 기본 프로세스는 주변현황이 본 공사에 미치는 영향 및 이와 관련한 당초 공법 검토에 의한 사전 안전성 분석을 통해 보다 효율적인 공법을 선정하는 절차로 이루어진다.

분석 결과 현재안의 적용이 적합할 경우 시행하고 그렇지 않을 시에는 개선안을 통해 공정분석, 원가분석, 품질 분석, 안전성 분석을 중점적으로 평가해 최상의 대안을 도출 적용하여야 한다. 그 프로세스는 다음과 같다.



상기 프로세스에 의하여 다음과 같은 분석결과를 도출하였다.

첫째, 당초에는 J.S.P+SLURRY WALL+STRUT 공법이 검토되었지만, 시공성 측면에서 불리하고 주변 환경의 영향에 의해 위험한 것으로 나타나 선 지반개량 적용으로 C/B WALL 공법과 SLURRY WALL+UNDER PINNING(ROCK BOLT+SHOT CONCRETE + COUNTER WALL+슬래브 지보공 공법) 공법을 적용하는 것이 효율적으로 분석되었다.

둘째, 당초에는 STRUT+순타공법이 검토되었지만, 흠막이 변위에 의한 지반침하 등으로 극히 위험한 것으로 나타나 새로운 대안이 검토되었고 그 결과 TOP DOWN공법(슬래브 지보공 공법)이 효율적인 것으로 분석되었다.

셋째, 당초에는 ROCK ANCHOR공법이 검토되었지만, 불합리한 것으로 나타나 이에 대한 대안으로 De-Watering 공법을 적용하는 것이 효율적인 것으로 분석되었다.

넷째, 암반층 지하 수맥 등으로 굴토 시 출수로 인하여 지하부 침수 및 슬라이딩 현상이 예측되어 굴토 전 사전 그라우팅으로 지하수맥을 차단할 필요성이 제기되었다.

다섯째, 지하층 콘크리트 타설방법이 일반적인 Support지지 시스템으로 되어 있었으나 흠막이 변위로 인한 콘크리트 구조물의 품질저하가 예측되어 Beam of Ground공법으로 시행하는 것이 유리한 것으로 분석되었다.

여섯째, 밀폐된 공간에서 콘크리트 양생 시 수화열 발생에 의한 콘크리트 품질저하가 우려되어 수화열 저감을 위한 콘크리트 특수 배합 및 수중양생 방법을 적용하는 것이 효율적인 것으로 분석되었다.

3.5.2 VE 개선안 예상효과

최근에는 건축물이 고층화되고 대형화됨에 따라 대지를 효율적으로 활용하기 위해 지하 굴착깊이가 증가되고 근접시공이 늘어남에 따라 지반 붕괴 현상이나 침하에 의해 주변에 미치는 위험한 요인이 크다고 할 수 있다. 이에 철저한 지반 조사를 통한 적절한 공법의 선택은 상당히 중요한 부분이라 할 수 있다.

본 사례는 그 주위여건이나 환경조건이 열악하므로 공법선정 시 체계적 조사와 분석을 통한 신중한 판단이 요구되는 프로젝트이다. 따라서 당초에 검토된 Slurry Wall+Strut(흙막이 지지방식), 순타(터파기)공법, Rock Anchor(부력저항), J.S.P(지반개량), Support 시스템(지하구조물 축조) 공법, 콘크리트 양생 시 일반 살수 방식이 VE 분석결과 지반조건 및 현장여건상 극히 위험하고 비효율적인 것으로 나타나 이에 대한 개선(안)으로 슬래브 지보공(흙막이 지지방식), Top down(터파기)공법, De-Watering(부력저항), C/B Wall(지반개량), BOG(지하구조물 축조) 공법, 콘크리트 배합설계 조정 및 수중양생 방법으로 채택하게 되었다.

개선(안) 시행에 따른 예상효과는 다음과 같다.

(1) Slurry Wall + Strut + 순타 공법

→ Slurry Wall + 슬래브 지보공 + 역타 공법

- ① 해수로 인해 발생하는 흙막이벽의 측압에 대응하는 능력의 극대화
- ② 토압, 수압에 따른 흙막이벽 변위의 최소화
- ③ 흙막이벽의 변위 최소화에 따른 인접지반 및 철로의 지반침하 방지



흙막이 안전성 확보 (안전, 품질 측면)

주변 구조물 피해 예방 (안전, 환경 측면)

민원 및 사고예방 (안전, 환경 측면)

(2) Rock Anchor 공법 → De-Watering 공법

- ① 천공 시 발생이 예상되는 지하수맥으로 인한 출수로부터 상시부력 발생 차단 (안전, 품질 측면)
- ② 강선 부식에 따른 수명단축 예방 (안전, 품질 측면)
- ③ 공사기간 단축 (공정 측면)
- ④ 공사비용 절감 (원가 측면)

(3) J.S.P 공법 → C/B Wall 공법

- ① 고압으로 인한 시멘트 페이스트 등 재료의 유출 예방 (품질, 원가, 환경측면)
- ② 고압의 분사에 의한 주변 구조물 피해 예방(환경, 안전 측면)
- ③ 저진동, 저소음 공법 시험 (환경 측면)

(4) U/P 그라우팅 → 지하수맥에 따른 복합 그라우팅 공법 적용

터파기 시 지하수맥 출현에 따른 급격한 출수 및 붕괴사고 예방
(안전, 환경, 품질 측면)

(5) Support 시스템 → BOG 시스템

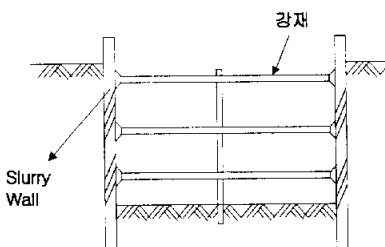
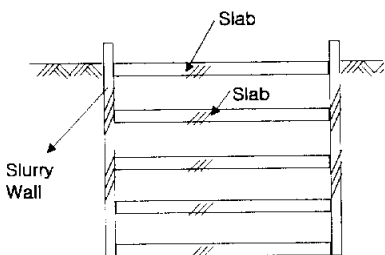
- ① 동바리 설치 공정 단축 (공정 측면)
- ② 동바리 설치 비용 절감 (원가 측면)
- ③ 거푸집 붕괴 사전 예방 (안전 측면)
- ④ 콘크리트 구조물 균열예방 (품질 측면)

(6) 콘크리트 배합설계 조정 및 수중 양생

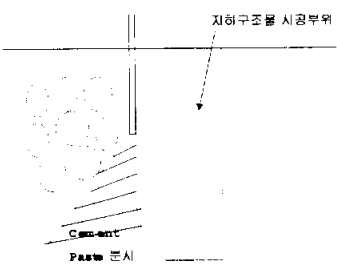
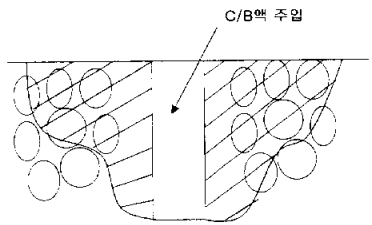
- ① 수화열 발생에 의한 구조물 균열 사전 예방 (품질 측면)
- ② 구조물 보수비 절감 (원가 측면)

3.5.3 VE 세부 분석 SHEET

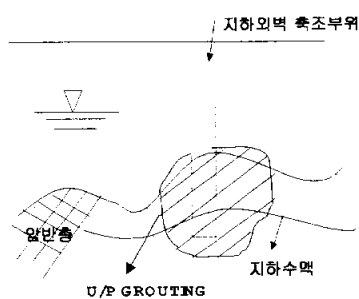
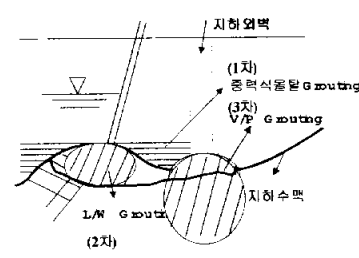
1. Slurry Wall+Strut+순타 공법→ Slurry Wall+ 슬래브 지보공 + 역타 공법

VE 제안 용지			년	월	일
테마명 흙막이 지지공법			제안자 () () 작업장		
적용 공법 Slab지지 공법 적용			적용수량 지하 구조물 5개층		
약 도	현 상		개 선 후		
					
원 가		재료비	노무비	경비	합 계
	A 현재 원가	680,527,000	328,127,000	529,800,000	1,538,454,000
	B 개선안 원가	0	259,000,000	1,129,000,000	1,388,000,000
	C 절약액(A - B)	680,527,000	69,127,000	(△) 599,200,000	150,454,000
	D 연간적용수				
	E VE 경비				
	F 연간절약액(C×D-E)				
공 기	G 절약률((C÷A)×100%)				9.7%
	A 현재 공기	38개월			
	B 개선안 공기	38개월			
	C 공기 단축(A-B)	0			
품 질 안 전	D 단축율((C÷A)×100%)	0			
	A 현재 안	안전성: 위험 (C), 품질 (B)			
개 선 안 의 특 징	B 개선 안	안전성: 안전 (A), 품질 (B)			
	이 점	단 점			주 의 점
	안전하다.	작업 시 숙련된 기능공 투입이 필수적이다.			Top down 구조물 축조 시 품질확보에 유의할 것

2. J.S.P → Cement Bentonite Wall

VE 제안 용지				년	월	일
테마명			제안자			
지반개량 공법			() ()작업장			
적용 공법			적용수량			
C/B Wall 공법			지하 외곽부			
약 도	현 상		개 선 후			
						
원 가			재료비	노무비	경비	합 계
	A 현재 원가		456,000,000	295,000,000	657,000,000	1,408,000,000
	B 개선안 원가		369,000,000	312,000,000	690,000,000	1,371,000,000
	C 절약액(A - B)		87,000,000	(△) 17,000,000	(△) 33,000,000	37,000,000
	D 연간적용수					
	E VE 경비					
	F 연간절약액(C×D-E)					
공 기	G 절약률{(C÷A)×100%}					2.6%
	A 현재 공기		4개월			
	B 개선안 공기		3개월			
	C 공기 단축(A-B)		1개월			
품 질 안 전	D 단축율{(C÷A)×100%}		25%			
	A 현재 안		안전성: 위험 (D), 품질 (D)			
개 선 안 의 특 징	B 개선 안		안전성: 위험 (A), 품질 (B)			
	이 점		단 점		주 의 점	전석층 굴토 시 함몰현상에 유의
그라우트액 유실방지		복잡한 플랜트 설치				

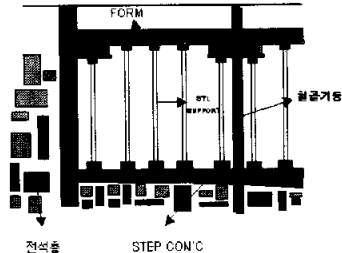
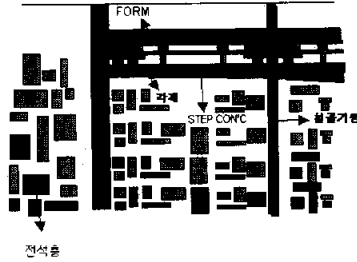
3. 건물저면 지하수맥차단에 복합 그라우팅 적용

VE 제안 용지				년	월	일
테마명			제안자			
지하수맥 차단			() ()작업장			
적용 공법			적용수량			
복합 그라우팅 적용						
약 도	현 상		개 선 후			
						
원 가		재료비	노무비	경비	합 계	
	A 현재 원가	37,000,000	9,000,000	11,000,000	57,000,000	
	B 개선안 원가	98,000,000	29,000,000	160,000,000	287,000,000	
	C 절약액(A - B)	(△)	(△)	(△)	(△)	
		61,000,000	20,000,000	149,000,000	230,000,000	
	D 연간적용수					
	E VE 경비					
	F 연간절약액(C×D-E)					
G 절약률{(C÷A)×100%}				-		
공 기	A 현재 공기	1개월				
	B 개선안 공기	2개월				
	C 공기 단축(A-B)	(△) 1개월				
	D 단축율{(C÷A)×100%}	공기 증가				
품 질 안 전	A 현재 안	안전성: 위험 (D), 품질 (C)				
	B 개선 안	안전성: 위험 (A), 품질 (A)				
개 선 안 의 특 징	이 점	단 점			주 의 점	정밀시공 필수
	지하수맥 차단에 의한 출수 사전 예방	공사비용 증가 공기 증가				

4. Rock Anchor → De-Watering

VE 제안 용지		년	월	일	
테마명		제안자			
지하부 부력방지 공법		() ()작업장			
직용 공법		직용수량			
De-Watering 공법		지하 구조부			
약 도	현 상	개 선 후			
	부력 ANCHOR (130TON/개수) * 인장력 시험은 크나 압축력에 취약함. * 해빙기에 위치해있어 부식 우려. * 역확산 R.C.D 기조와 상이한 구조형식.	DE-WATERING SYSTEM * 공시기간 단축. * 시공이 간편함.			
원 가		재료비	노무비	경비	합 계
	A 현재 원가	259,000,000	167,000,000	86,000,000	512,000,000
	B 개선안 원가	213,000,000	154,000,000	92,000,000	459,000,000
	C 절약액(A - B)	46,000,000	13,000,000	(△) 6,000,000	53,000,000
	D 연간직용수				
	E VE 경비				
	F 연간절약액(C×D-E)				
G 절약률{(C : A)×100%}					1.04%
공 기	A 현재 공기	4.5개월			
	B 개선안 공기	2개월			
	C 공기 단축(A-B)	2.5개월			
	D 단축율{(C÷A)×100%}	56%			
품 질 안 전	A 현재 안	안전성: 위험 (C), 품질 (C)			
	B 개선 안	안전성: 위험 (A), 품질 (A)			
개 선 안 의 특 징	이 점	단 점			주 의 점
	공시기간 단축 원가 절감	유지관리 비용 발생			
					배수량이 많은 곳은 사용 불리

5. Support 시스템 → BOG 시스템

VE 제안 용지				년	월	일
테마명 구조물 축조방법			제안자 () ()작업장			
적용 공법 B.O.G 시스템			적용수량 지하 구조물			
약 도	현 상			개 선 후		
						
원 가		재료비	노무비	경비	합 계	
	A 현재 원가	61,654,500	21,000,000	0	82,654,500	
	B 개선안 원가	4,095,200	6,760,000	45,000,000	55,855,200	
	C 절약액(A - B)	57,559,300	14,240,000	(△) 45,000,000	26,799,300	
	D 연간적용수					
	E VE 경비					
	F 연간절약액(C×D-E)					
G 절약률((C÷A)×100%)				32.4%		
공 기	A 현재 공기	10개월				
	B 개선안 공기	10개월				
	C 공기 단축(A-B)	0				
	D 단축율((C÷A)×100%)	0				
품질 안전	A 현재 안	안전성: 위험 (C), 품질 (D)				
	B 개선 안	안전성: 위험 (A), 품질 (A)				
개 선 안 의 특 징	이	점			주 의 점	정밀 시공 필요
	흙막이 변위로 인한 콘크리트 양생 중 균열 방지			터파기 시 슬래브 상부 form 탈락에 의한 안전사고		

6. 밀폐된 공간에서의 콘크리트 배합설계 조정 및 수중양생 적용

VE 제안 용지				년	월	일
테마명				제안자		
콘크리트 양생 방법				() () 작업장		
적용 공법				적용수량		
콘크리트 배합설계 조정, 수중 양생 적용				지하 구조물		
약	현상			개선 후		
	일반살수 및 수중양생			콘크리트 배합 시 - Slug 50% 혼합 (골재) - 플라이애쉬 혼합 (자연재) → 수화열 저감 (Crack 예방)		
원가		재료비	노무비	경비	합계	
	A 현재 원가	3,306,000	1,653,000	-	4,959,000	
	B 개선안 원가	11,306,000	1,653,000	-	12,959,000	
	C 절약액(A - B)	(△)8,000,000	0	-	(△)8,000,000	
	D 연간적용수					
	E VE 경비					
	F 연간절약액(C×D-E)					
	G 절약률((C÷A)×100%)					
공기	A 현재 공기	12개월				
	B 개선안 공기	12개월				
	C 공기 단축(A-B)	0				
	D 단축율((C÷A)×100%)	0				
품질안전	A 현재 안	안전성: 위험 (B), 품질: Crack 다수 발생(D)				
	B 개선 안	안전성: 안전 (A), 품질: Crack 예방(A)				
개선안의 특징	이점	단점			주의점	배합설계비의 절저준수
	수화열로 인한 균열 예방	콘크리트 특수 배합설계 필요				

3.6 VE 결과의 효율성 분석

VE 실시에 따른 분석결과의 효율성은 원가적 측면, 공기적 측면, 품질적 측면, 안전적 측면으로 나누어 볼 수 있다. 본 프로젝트는 이 중에서 안전/품질적 측면을 최우선적으로 고려해 VE 활동을 하였다. 4가지 측면에서 VE 실시 효과를 분석하면 다음과 같다.

<표 5> VE 제안 결과 분석

구 분		사례 1	사례 2	사례 3	사례 4	사례 5	사례 6
원가	A 현재원가	1,538,454,000	1,408,000,000	57,000,000	512,000,000	82,654,500	4,959,000
	B 개선안원가	1,388,000,000	1,371,000,000	287,000,000	459,000,000	55,855,200	12,959,000
	C 절약액	150,454,000	37,000,000	-230,000,000	53,000,000	26,799,300	-8,000,000
원가 절약률		9.7%	2.6%	비용 증가	1.04%	32.4%	비용 증가
안전	현재안	C	D	D	C	C	B
	개선안	A	A	A	A	A	A
품질	현재안	B	D	C	C	D	D
	개선안	B	B	A	A	A	A
공기	현재공기	38개월	4개월	1개월	4.5개월	10개월	12개월
	개선안공기	38개월	3개월	2개월	2개월	10개월	12개월
	공기단축	0	1개월 단축	1개월 증가	2.5개월 단축	0	0
공기 단축율		0	25%	공기 증가	56%	0	0

VE 실시로 인한 4가지 측면의 효과를 살펴보면 다음과 같다.

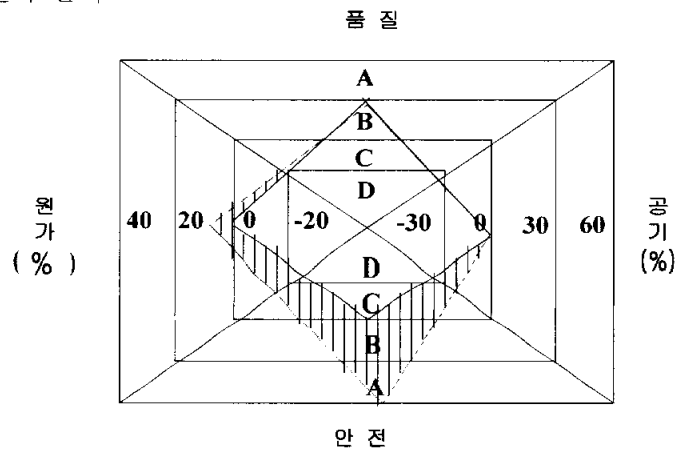
<표 6 > VE 효과 분석

구 분	사례 1	사례 2	사례 3	사례 4	사례 5	사례 6
원 가	9.7% 절감 (150,454,000)	2.6% 절감 (37,000,000)	비용 증가 (230,000,000)	1.04% 절감 (53,000,000)	32.4% 절감 (26,799,300)	비용 증가 (8,000,000)
안 전	A	A	A	A	A	A
품 질	B	B	A	A	A	A
공 기	변동 없음	25% 단축 (1개월)	공기 증가 (1개월)	56% 단축 (2.5개월)	변동 없음	변동 없음

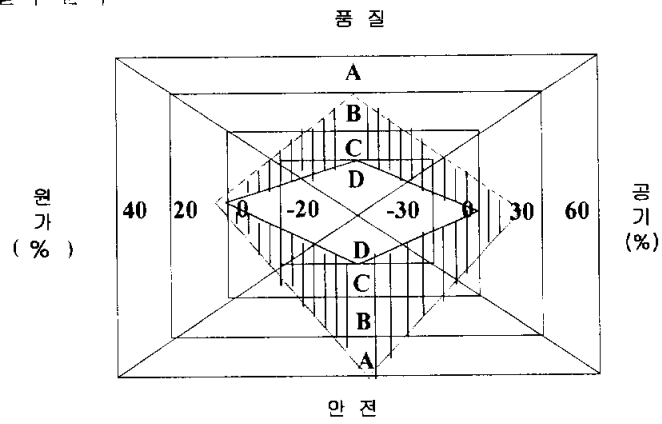
6가지 사례에 대해 원가, 품질, 안전, 공기 측면에서 결과를 분석해 보면 다음과 같다.

범례) ■■■■■ 부분 → VE 개선안 적용에 의한 효과

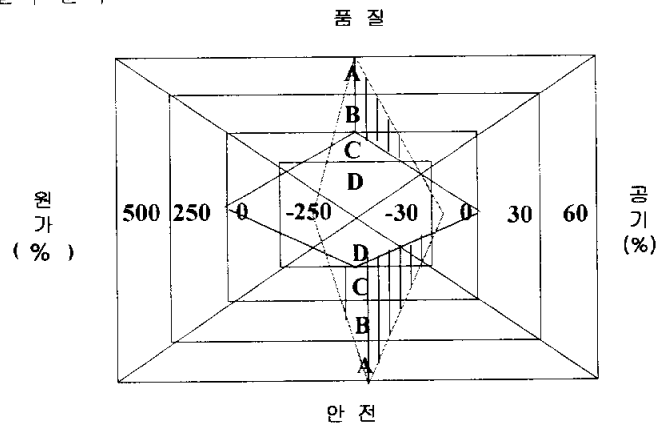
1) 사례 1의 결과 분석



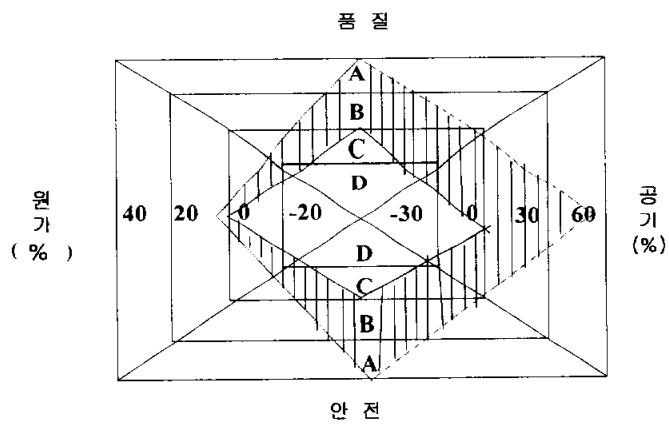
2) 사례 2의 결과 분석



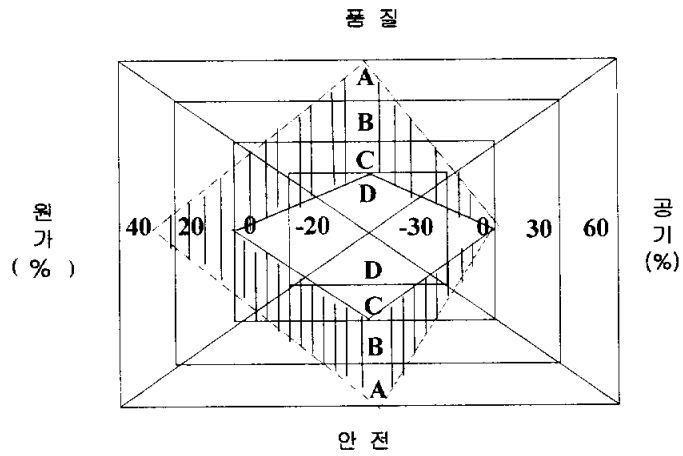
3) 사례 3의 결과 분석



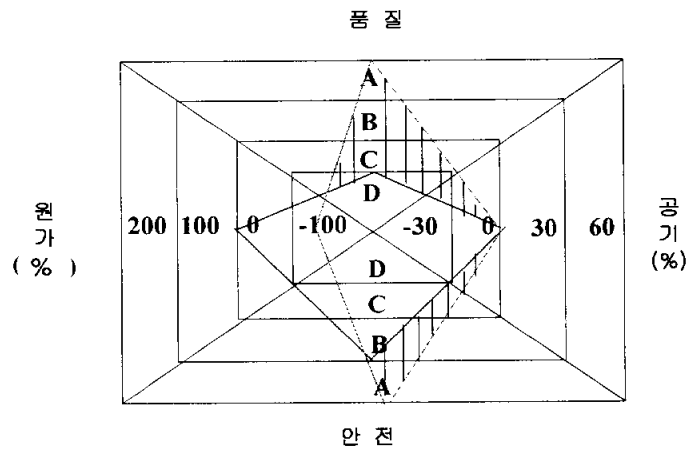
4) 사례 4의 결과 분석



5) 사례 5의 결과 분석



6) 사례 6의 결과 분석

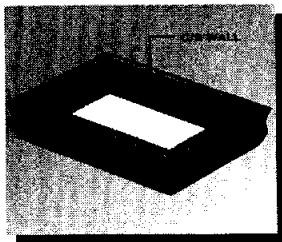


위의 내용은 폭이 넓어질수록 원가, 품질, 안전, 공기에 대한 VE 효과가 크게 나타나는 형태이다. 몇 개의 사례에서는 개선안이 현재안에 비해 원가나 공기의 폭이 좁게 나타났지만 전반적으로 폭이 크므로 개선안 적용에 따라 상당한 VE 효과를 발휘한 것을 확인할 수 있을 것이다. 특히 안전이나 품질 측면에서는 VE 효과가 높게 나타났다.

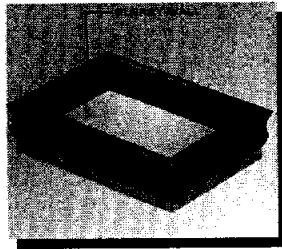
3.7 VE 분석 결과의 적용

3.7.1 공법 적용 FLOW

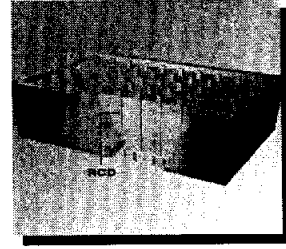
VE 결과에 따른 공법 적용의 FLOW는 다음과 같은 절차로 진행된다.



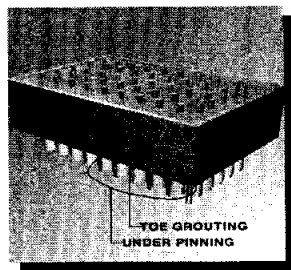
지반개량



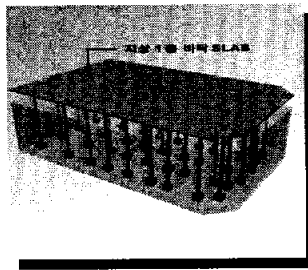
지하연속벽



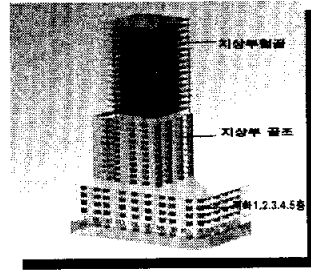
RCD



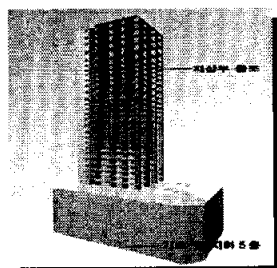
TOE GROUTING,
UNDERPINNING



기준 골조 SLAB 축조



지하 및 지상 골조공사 병행



골조 완료

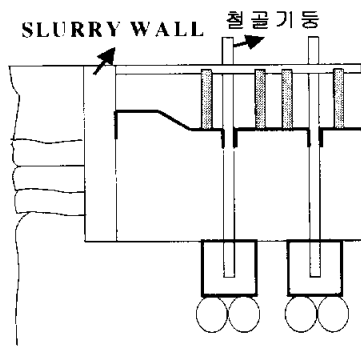


마감 및 기전설비공사

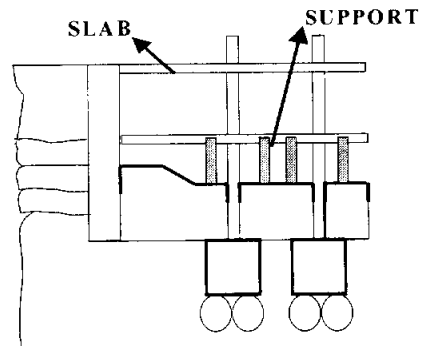
3.7.2 VE 제안 공법 설명 및 실행

VE 제안에 따른 공법의 설명 및 실행은 다음과 같다.

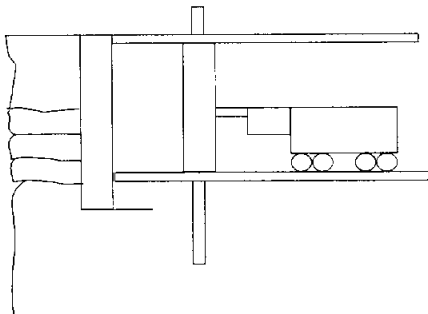
1. 터파기 및 구조물 축조공법 (Slurry wall + 슬래브 지보공 + 역타 공법)



① F1 SLAB CON'C 타설

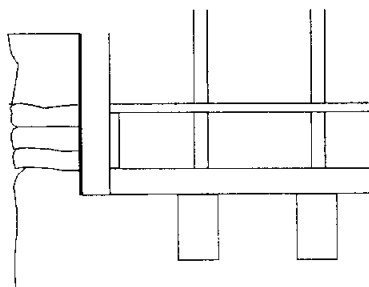


② BF1 SLAB CON'C 타설

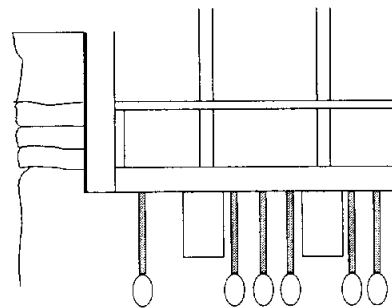


③ BF1 기둥, WALL CON'C 타설

④ 동일한 방법으로
BF4 바닥까지
CON'C 타설



⑤ MAT 기초 CON'C 타설



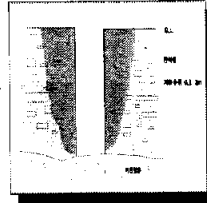
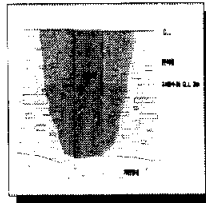
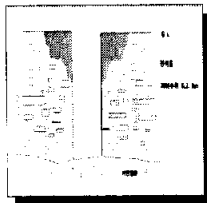
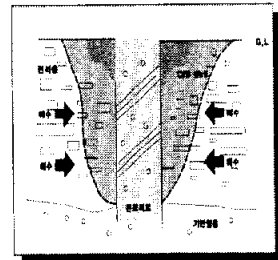
⑥ 부력 ANCHOR 설치

2. 지반개량 공법 (CEMENT BENTONITE WALL)

CEMENT BENTONITE WALL

목적

- TRENCH WALL 터파기시 공벽 붕괴 방지
- 지하 연속벽 조성시 CON'C 유실 방지



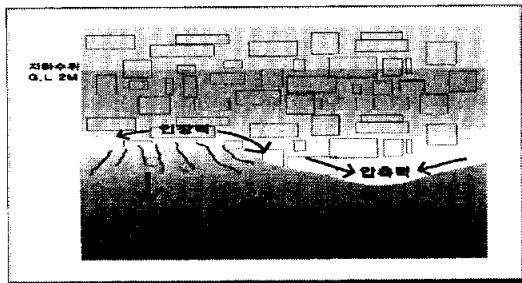
성능
강도 : 30kg / cm²
투수계수 : 10⁻⁶ m / sec

3. 복합 그라우팅 (암반층 및 지하수맥 노출로 인한 출수 방지)

효과

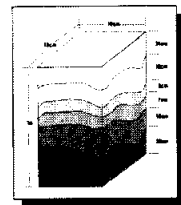
- SLURRY WALL 저면 암반 절리면을 통한 출수 차단
- 터파기시 암반면 SLIDING 현상 예방
- 터파기시 지하수맥 노출에 의한 건물 및 주변 침수 예방

지상1층



지하5층

지하층 단면



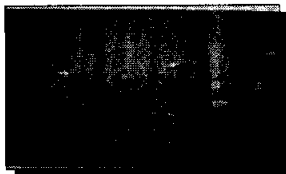
R.Q.D

$$R.Q.D = \frac{31+18+10+25}{100} \times 100$$

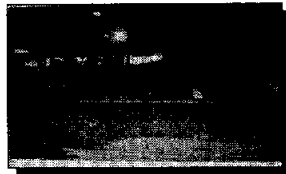
- R.Q.D 70이상 → 양호한 암질
- R.Q.D 70-40 → 보통상태의 암질
- R.Q.D 40미만 → 부실한 암질

5. TOP DOWN 지하구조물 축조 방법 (BOG지지 시스템)

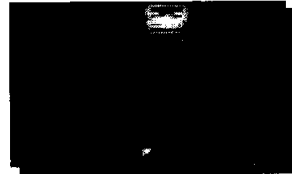
슬래브 하단 Beam Level까지 굴토한 후 지면의 지내력을 기반으로 거푸집을 설치하여 콘크리트를 타설하는 공법이다.



STEP CON'C 타설



거푸집 설치



터 파기 후

시공시 전제사항

- 기능공의 일정수준 이상 기능도 확보
- 터 파기 후 거푸집 탈락 예방조치
 - 안전 사고 예방

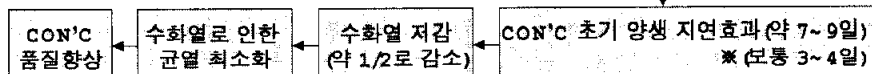
6. Top Down 시 콘크리트 양생방법

균열 예방 및 수밀 CON'C 타설조건

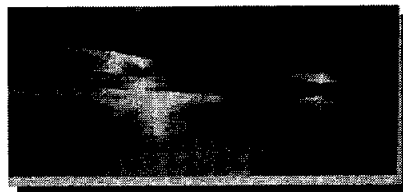
- 1) 부위별 CON'C 규격 → • SLAB : 25-270-15 (CON'C PUMP 배관 타설)
• COLUMN 및 옹벽 : 19-270-21 (유압 및 HUNCH 타설)
- 2) MASS CON'C 타설시 밀폐된 공간에서의 수화열로 인한 초기 균열 방지

• CON'C 배합설계 조정
→

- SLUG 혼합 (약 30~50%)
- 지연제 혼합 (플라이 애쉬 등)



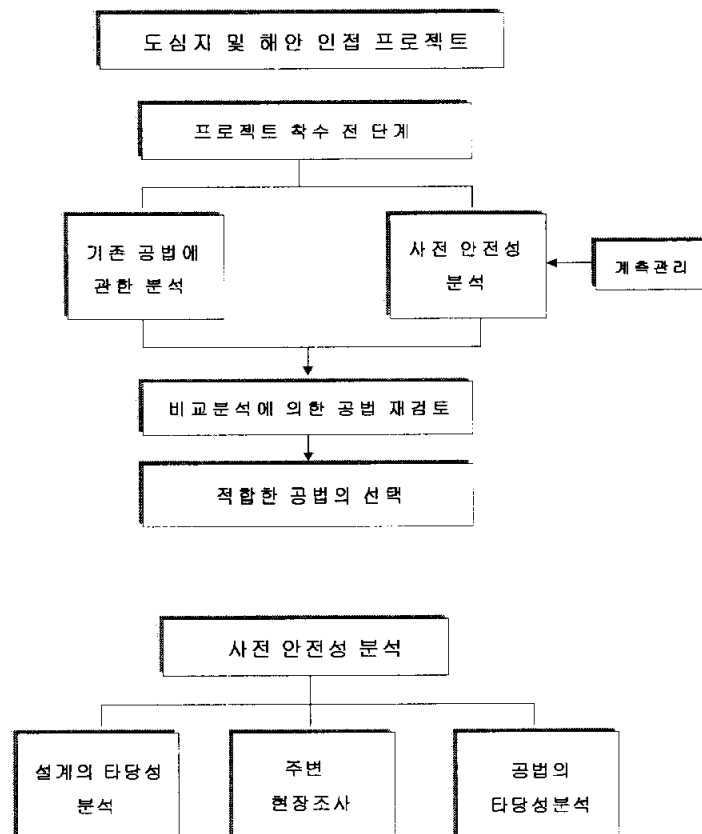
(B) 수중 CON'C 양생



효과 → CON'C 품질향상 (CRACK 최소화로 보수비 절감)

3.8 VE 기반 분석 프로세스 제안

본 프로젝트에 관한 연구 분석 결과 도심지에 위치한 프로젝트와 해안가에 인접한 부지에 건설되는 프로젝트는 시공 전 단계에서 면밀한 사전 안전성에 관한 분석 및 검토가 요구되는 것으로 나타났다. 당초 제시된 공법에 관한 타당성 분석을 실시함으로써 당초안이 부적절하게 판단될 경우 반드시 VE 분석을 통하여 합리적인 대안을 도출하여야 한다. 그 효과는 부적절한 공법 적용으로 발생할 수 있는 리스크를 사전에 제거함으로써 가치향상 효과와 더불어 안전성 확보 및 품질을 향상시키는 효과를 얻을 수 있을 것이다. 특히 안전성 확보 문제는 기술적 문제 해결과 경제적 손실 및 인명 피해를 사전에 예방한다는 측면에서 상당히 중요하다. 따라서 본 프로젝트와 유사한 환경조건을 가지는 신규 프로젝트 발생 시 효율적 수행을 위한 VE 분석 프로세스를 제안하고자 한다.



제 4 장 결 론

도심지 고층건축물 지하층공사의 VE 적용 효과를 연구함으로써 본 프로젝트와 유사한 환경적 조건을 가진 프로젝트에 적합한 예상 분석 프로세스를 도출하였다.

본 연구에서 도심지 지하층 공사의 VE 적용 항목으로 도출된 주요점은 아래와 같다.

1. 공사착수 전 지반개량의 필요성 여부판단 및 적용공법의 선정
2. 흙막이 공법 및 터파기 공법 선정
3. 부력방지 공법 선정
4. 지하수맥이 존재할 시 사전 수맥 차단 공법 선정
5. 지하구조물 축조 공법 선정
6. 콘크리트의 양생방법 선정으로 나타났다.

이상의 6가지 Point에 대하여 본 연구 대상 프로젝트에 적용한 VE 결과는 아래와 같다.

1. 흙막이 공법 및 터파기 공법은 주변에 노후 건축물, 철로 등 위험조건이 상존하므로 슬래브 지보공(Top down) 공법을 적용하는 것이 적절한 것으로 판단되었으며, VE 결과는 약 9.7% (150,454,000원)의 원가절감, 안전성 확보, 품질향상의 효과로 나타났다.
2. 지반개량 공법은 해안가에 전석층이 매립되어 있는 조건을 고려할 때 Cement Bentonite Wall 공법을 적용하는 것이 효율적인 것으로 판단되었으며, VE 적용결과 약 2.6% (37,000,000원)의 원가절감과 공사기간 약 25%(1개월)단축효과 외에도 안전성, 품질향상의 효과가 있었다.
3. 지하수맥 차단 그라우팅 방법은 해안가에 광범위한 수맥이 형성되어 있는 점을 고려하여 1단계 모르타르 그라우팅, 2단계 L/W 그라우팅, 3단계 U/P 그라우팅을 복합 적용하는 것이 안전시공에 절대 필요한 것으로 분석되었으며, VE

결과는 원가 및 공기는 다소 증가되나 안전성 및 품질 확보 차원에서 불가피한 것으로 나타났다.

4. 부력방지공법은 지질조건을 고려 영구배수공법을 적용하는 것이 적합한 것으로 판단되었으며, VE 결과는 약 1.04% (53,000,000원)의 원가절감과 공사기간 약 56%(2.5개월)단축효과, 안전성 확보, 품질향상 효과로 나타났다.
5. 지하구조물 축조공법으로 Beam of Ground 공법을 적용하는 것이 유리한 것으로 검토되었다. VE 결과는 약 32.4% (26,799,300원)의 원가절감, 안전성 확보, 품질향상 효과로 나타났다.
6. 콘크리트 양생방법으로는 수화열 지연을 위한 콘크리트 배합설계 조정 및 수중 양생을 적용하는 것이 적합한 것으로 판단되었으며, VE 결과는 원가가 다소 증가되나 안전성 및 품질 확보 차원에서 불가피한 것으로 나타났다.

이상과 같은 VE 적용 사례 결과는 입지나 환경이 유사한 신규 프로젝트 시행 시 참고적으로 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 한국건설기술연구원, “건설VE의 실질적 운용 기법을 위한 연구”, 2000
2. 국제건설기술협회(일본)편 · 쌍용건설(주)기술연구소 역 · 공학박사 강경인 감수 “건설 Value Engineering” 미국의 VE제도 및 사례, 기문당, 2001
3. 김기동, 현창택, 김문한, “VE기법에 의한 옥상 SHEET방수의 원가절감에 관한 연구” 대한건축학회논문집 4권 4호, 1988
4. 김방식의 4명 공저, “최신 토목시공학”, 구미서관, 1995
5. 김인식, “건축주 · 기술자를 위한 건축시공법”, 건설연구사, 1994
6. 김용수의 3명, “건설업에 있어서 VE 기법 활용의 개선방안에 관한 연구”, 대한건축학회학술발표논문집 제9권 제2호, 1989
7. 김용수, “건설VE에 있어서 기능평가법의 개선 및 건설영역별 적용에 관한 연구”, 대학원 석사학위논문, 중앙대학교, 1990
8. 임병훈, 박하전, “건축공사의 VE기법 적용에 관한 실태조사”, 대한건축학회학술발표논문집 제8권 제2호, 1988
9. 윤소현외 3명, “건설VE 활동을 위한 코스트모델링 기법 개선에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 구조계 17권 4호, 2001
10. 오승준, “흙막이공사 공법 선정방법에 관한 연구”, 대학원 석사학위논문, 단국대학교, 1999
11. 장기인, “최신 건축시공학”, 보성각, 1998
12. 지원섭외 2명, “공사관리를 위한 VE 기법의 적용에 관한 연구”, 대한건축학회학술발표논문집 제9권 제2호, 1989
13. 천병식, “건설기술자를 위한 기초공학”, 건설연구사, 1997

14. 한국공업표준협회역, “건설업의 VE”, 한국공업표준협회, 1987
15. 현창택, “건설산업에서 Life Cycle Cost를 고려한 원가절감 방법론의 개발에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 8권 9호, 1992
16. 현창택, “건설 VE”, 통합교재 2000 제4권, 한국기술사회, 2000
17. 현창택, “건설공사에서 합리적인 원가절감 방법론의 개발 및 전산화에 관한 연구”, 대학원 박사학위논문, 서울대학교, 1990
18. 현창택외 2명, “성능을 고려한 원가절감 방법론의 개발에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 5권 5호, 1989
19. 현창택, 김문한, “VE기법을 이용한 비계공사의 COST DOWN에 관한 연구”, 대한건축학회학술발표논문집, 제6권 제1호, 1986
20. Alphonse J. Dell Isola, “Value Engineering in the Construction”, JOHN WILEY & SONS, New York, 1987
21. CII, “Construction Project Management”, Construction Industry Institute(CII), The University of Texas at Austin, 1997
22. PMBOK, “A Guide to the Project Management Body of Knowledge”, Project Management Institute, 2000

A study on the case of application in the VE of underground
work at downtown area high-rise building

Jai-hoon Chung

Interdisciplinary Program of Construction Engineering and Management
Graduate School Pukyong National University

Abstract

Construction industry in recent years has been making a steady advance through the introduction of construction management system and the development of new construction methods. Especially office buildings along with business buildings have been getting large-sized and high-rised and automatized more and more. To support this trend, the effort to apply the Value Engineering, which can satisfy the demanded efficiency and can reduced the cost, has been made actively.

Thus, this study is focused on analyzing the case of efficiency realization resulted from guaranteeing quality and safety of the project and the effective cost-down from cutting expenses and construction period in the process of construction an office building. The effectiveness of Value Engineering can be verified by applying the analyzed facts in this study to the another project with the similarity of size and surroundings.

감사의 글

2년 동안의 대학원 생활을 많은 가르침과 조언으로 이끌어 주신 이수용 교수님께 진심으로 감사 드립니다. 그리고 저의 논문을 심사하시면서 격려와 조언을 아끼지 않으신 김수용 교수님, 이영대 교수님과 항상 좋은 가르침을 주신 이종출 교수님, 고성석 교수님, 옥영석 교수님, 건축학부를 비롯한 전 교수님에게도 진심으로 감사 드립니다.

이와 함께 대학원 생활 동안 많은 도움을 주신 선·후배와 학우들에게도 감사 드리며 모든 이의 앞날에 무궁한 발전이 있기를 기원합니다.

끝으로 항상 뒤에서 묵묵히 힘이 되어준 나의 사랑하는 가족인 아내와 지애, 지현에게도 고마움을 전합니다.

2003년 1월

정 제 훈