

# 수인선 복선전철(어천~한대간) 3공구 노반신설공사 시공 VE 검토

글 이승현 \ 도로및공항기술사 \ 토목기술부 부장 \ 전화 02-3433-7768 \ E-mail song7778@ssyenc.com  
 글 황철비 \ 수인선 복선전철 3공구 노반신설공사 현장소장 \ 전화 031-278-6510 \ E-mail hcb@ssyenc.com  
 글 차승훈 \ 토목기술부 대리 \ 전화 02-3433-7761 \ E-mail chocopie@ssyenc.com

## 1. 머리말

VE는 Value Engineering의 약자로서 국내에서는 가치공학으로 알려져 있으며, VA(Value Analysis : 가치분석)라고도 불리고 있다. 건설분야에서 VE는 크게 설계 VE와 시공 VE로 나뉘어 수행되고 있다.

설계 VE는 계획(Concept), 기본설계(Planning) 및 실시설계(Design) 단계에서 발주자가 설계에 참여하지 않은 전문가들로 VE팀을 구성하여 프로젝트의 생애주기비용(Life Cycle Cost)을 절감하기 위하여 당초 설계를 재검토하여 대체안을 작성하는 것을 말하며, 시공 VE는 공사계약 후 건설업체가 자발적으로 계약 내용을 검토하여 공사비의 절감이 가능한 대체안을 작성하여 발주자에게 계약의 변경을 제안하는 것을 의미한다. 발주자는 그 제안을 심사하여 계약 시 요구한 프로젝트의 기능이 저하되지 않고 공사비 절감이 가능할 경우에는 기술개발보상제도에 의해 절감액의 일정부분을 건설업체에게 보상금으로 지급하도록 되어 있다. 본고에서는 건설업체가 실시하고 있는 시공 VE에 대한 전반적인 내용을 수인선 복선전철(어천~한대간) 3공구 노반신설공사의 시공 VE 검토 자료를 통해 소개하고자 하며, 이를 통해 시공 VE 절차 및 기대효과를 이해하는 데 도움이 되길 바란다.

## 2. 공사 개요 및 시공 VE 수행 개요

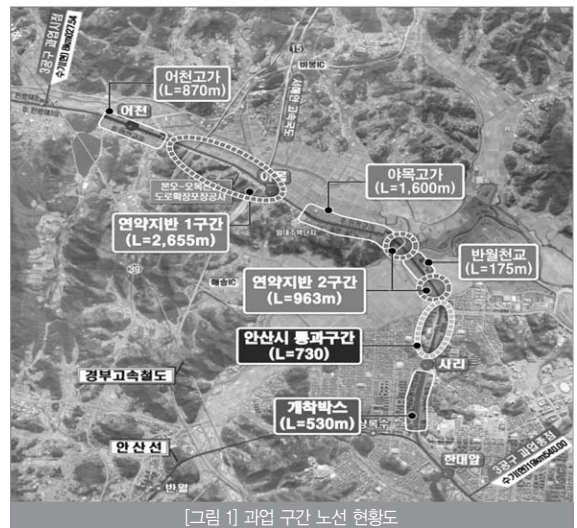
### 2-1. 공사 개요

수인선 복선전철(어천~한대간) 3공구 노반신설공사는 교통난이 심각한 수도권 서남부 지역의 수송 수요를 분담하여 교통편의를

제공하며, 경인 화물수송 수요를 담당하여 지역개발 촉진 및 수송 능력 제고에 따른 국가경쟁력 향상을 목적으로 한다. 과업구간의 주요 사업내용은 <표 1> 및 <그림 1>과 같다.

표 1 공사 개요

위치	경기도 화성시 매송면~안산시 상록구 일원
과업 범위	총연장 11,512km
	① 토공 : 8,165m
	② 개착터널 : 530m
	③ 교량 : 2,817m(3개소)
	④ 정거장 : 4개소(자상 Platform 형식)
	⑤ B(함) : 10개소
	⑥ 구교 : 13개소



[그림 1] 과업 구간 노선 현황도

## 2-2. 시공 VE 수행 개요

### 1) 시공 VE 수행 목적

과업 구간의 설계내용에 대한 경제성 및 현장적용의 타당성 등을 기능별, 대안별로 검토하여 새로운 기술 및 공법 등을 제안함으로써 공사비 절감, 시공기간 단축 등의 효과를 얻고자 한다.

### 2) 시공 VE 관련 법규

시공 VE를 수행하는 근거로는 크게 국가계약법시행령 제65조와 공사계약 일반조건 제19조 등이 있으며, 세부내용은 <표 2>와 같다.

표 2 시공 VE 관련 법규

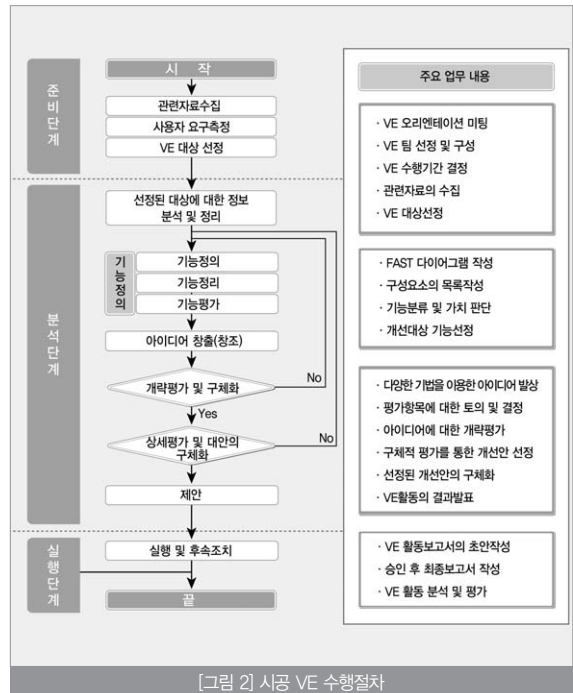
구분	내용
국가계약법시행령 제65조	(설계변경으로 인한 계약금액의 조정) 각 중앙관서의 장 또는 계약담당공무원은 계약상대자가 새로운 기술·공법 등을 사용함으로써 공사비의 절감, 시공기간의 단축 등에 효과가 현저할 것으로 인정되어 계약상대자의 요청에 의하여 필요한 설계변경을 한 때에는 계약금액의 조정에 있어서 당해절감액의 100분의 30에 해당하는 금액을 감액함
공사계약 일반조건 제19조	계약당사자는 신기술 및 공법(발주기관의 설계와 동등 이상의 기능·효과를 가진 기술·공법 및 기차제 등을 포함)을 통한 비용절감 및 공기단축 효과가 현저할 시 설계변경을 요청할 수 있음
건설기술개발 및 관리 등에 관한 운영규정 제7조~제13조	개선 전·후의 장단점, 구조적 안전성 검토서, 세부공사계획서, 품질 및 안전관리계획서, 세부공사비내역서, 기타 관련 자료를 제출하여야 함. 접수 후 30일 이내 승인 여부를 결정하여야 하며, 심의기간은 필요시 15일 이내에서 연장 가능함

## 3. 시공 VE 수행절차

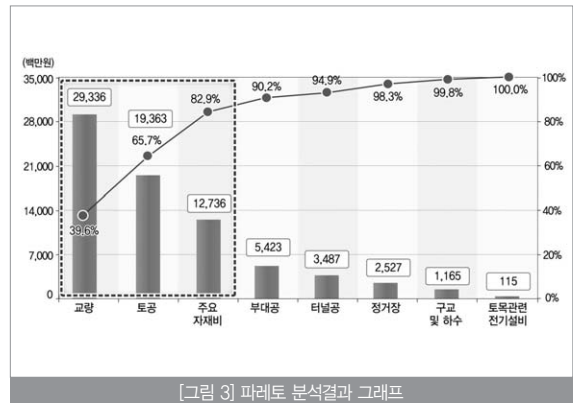
시공 VE 절차는 관련 자료를 수집하여 VE 대상을 선정하는 준비단계, 선정된 VE 대상의 기능을 분류하고 가치를 판단하여 개선안을 도출하는 분석단계 및 개선안을 실행하는 실행단계로 나눌 수 있다(그림 2 참조). 본 절에서는 VE 대상선정, 기능정의/평가 및 아이디어 창출과 같은 주요 절차에 대해 기술하였다.

## 3-1. VE 대상 선정(준비단계)

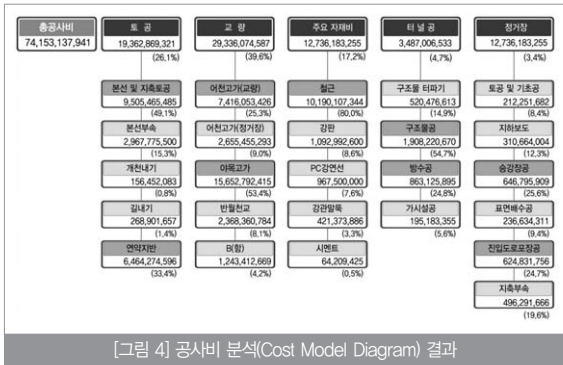
VE 검토 대상은 고비용분야 분석(파레토법칙)과 공사비 분석(Cost Model)을 통하여 고비용 공종을 분류한 후, 이들 공종에 대한 하위 공종의 공사비 점유율을 검토하였다(그림 3, [그림 4] 참조). 검토결과 교량, 토공, 주요 자재비 등 상위 3개 분야가 공사비의 80%를 차지하는 것으로 분석되었으며, 교량에서는 아묵 및 어천고가가 토공에서는 연약지반처리공이, 주요 자재비에서는 철근에 대한 공사비가 큰 것으로 분석되어, 이들 세부 공종을 주요 VE 검토 대상으로 선정하였다.



[그림 2] 시공 VE 수행절차



[그림 3] 파레토 분석결과 그래프



[그림 4] 공사비 분석(Cost Model Diagram) 결과

### 3-2. 기능정의/분류/평가(분석단계)

#### 1) 기능정의 및 분류

VE 대상으로 선정된 고비용분야에 대한 구성요소별 기능에 대해 HOW-WHY Logic을 고려하여 명사와 동사로 기능을 간결하게 정의한 후 정의된 기능을 주기능과 부기능으로 분류하였다.

〈표 3〉에서는 교량 및 토공 분야에 대한 기능정의 및 분류 결과를 나타내었다.

표 3 교량 및 토공 분야 기능정의 및 분류

번호	VE 대상	기능정의		기능분류	
		명사	동사	주기능	부기능
F101	교량	주변계획을	고려한다.		○
F102		안정성을	확보한다.		○
F103		최적공법을	선정한다.		○
F104		장래확장성을	고려한다.		○
F105		과다설계를	검토한다.		○
F106		직업효율성을	향상한다.		○
F107		반월천을	횡단한다.	○	
F108		미관성을	증게한다.		○
F109		강재량을	줄인다.		○
F110		용지면적을	줄인다		○
F111		시공성을	향상한다.		○
F112		유지관리를	증게한다.		○
F301	토공	노반을	신설한다.		○
F302		공원훼손을	최소화한다.		○
F303		생활공간단절을	해소한다.		○
F304		수목을	보호한다.		○
F305		이용자편의를	확보한다.		○
F306		내구성을	향상한다.		○
F307		과다 설계를	검토한다.	○	
F308		연약지반처리를	최적화한다.		○
F309		토사운반거리를	축소한다.		○
F310		안정성을	확보한다.		○
F311		민원을	최소화한다.		○
F312		배수를	원활히 한다.		○

#### 2) 기능평가

기능정의를 통해 도출된 기능들에 대한 중요도를 평가하여, 시공 단계에서 시공성 및 경제성을 개선할 수 있는 항목을 선별한다. 교량 및 토공분야에 대한 기능평가 결과를 〈표 4〉에 나타내었다.

표 4 교량 및 토공 분야 기능평가

번호	VE 대상	아이디어 발상	제약성	기능대비 가격	기능 중요도	평가결과
F101	교량	+1	+1	0	+1	+3
F102		+2	+1	0	+1	+4
F103		+2	-1	1	+2	+4
F104		-1	-1	-1	0	-3
F105		+1	-1	+1	+2	+3
F106		+1	+1	+1	+1	+4
F107		+1	+1	0	+1	+3
F108		+1	+1	0	0	+2
F109		+1	+1	0	+1	+3
F110		-1	0	-1	+1	-1
F111		+1	0	+1	+1	+3
F112		+2	0	1	+2	+5
F301	토공	-1	0	0	+1	+2
F302		+2	0	-1	+2	+3
F303		+2	-1	1	+2	+4
F304		+1	+1	+1	0	+3
F305		+1	-1	+1	+2	+3
F306		+1	0	+1	+1	+1
F307		0	+1	0	+2	+3
F308		+1	+1	0	+1	+3
F309		+2	+1	0	+1	+4
F310		+1	0	+1	-1	+1
F311		+2	0	1	+2	+5
F312		+1	+1	0	+1	+3

### 3-3. 아이디어 창출/평가(분석단계)

#### 1) 아이디어 창출

기능평가에서 +3점 이상을 획득한 항목들에 대하여 Brainstorming을 실시하여 개선 아이디어를 창출한다. 교량과 토공 분야에 대한 주요 아이디어를 〈표 5〉에 나타내었다.

**표 5** 교량 및 토공 분야 주요 아이디어

번호	아이디어	개선대상기능
1-01	어천고가 P11, P17 기초형식 변경	최적공법을 선정한다.
1-02	교각 기둥 간격유지 십자보강철근 개선	작업효율성을 향상한다.
1-03	반월천교 공사용 가도를 속도로 변경	반월천을 횡단한다. 강재량을 줄인다.
1-04	어천고가 맨홀 삭제	불필요한 부분을 제거 시공성을 향상한다.
1-06	아목고가 구간 부채도로 추가 설치 검토	유지관리를 줄게 한다.
2-03	어천고가 PSC Beam 가로보 개소 축소	과다설계를 검토한다. 안정성을 확보한다.
2-05	구조물 경사 통과 시 노반 부등침하 검토	안정성을 확보한다.
5-02	사2동 및 본오1동 생활공간 단절 해소	공원훼손을 최소화한다. 생활공간 단절을 해소한다.
5-03	터파기 및 되메우기 작업량 축소와 수목 보전	수목을 보호한다. 공원훼손을 최소화한다.
5-05	길내기 폭원 조정 및 접속부 처리개선	이용자 편의를 확보한다. 배수를 원활히 한다.
6-01	배수블랭킷 삭제	과다설계를 검토한다.
6-02	방음벽 지주깊이 검토	과다설계를 검토한다.
6-03	제1-3구간 연약지반 PBD 간격 조정	연약지반처리를 최적화한다.
6-05	속곡지하차도부 연약지반 처리공 삭제	연약지반처리를 최적화한다. 과다설계를 검토한다.
6-07	성토고 낮은 구간 압밀축진공법(PBD) 삭제	과다설계를 검토한다. 연약지반처리를 최적화한다.

2) 아이디어 평가

평가항목을 크게 A.안정성, B.시공성, C.신뢰성, D.민원성 4가지로 구분하였으며, 평가방법은 향상(3점), 동등(2점), 부족(1점) 등 3가지로 나누었다. 평가된 점수가 9점인 경우 평가를 보류하고, 10점 이상인 경우 채택하였다.

**표 6** 교량 및 토공 분야 주요 아이디어 평가결과

아이디어 번호	아이디어	평가항목				총점	평가
		A	B	C	D		
1-01	어천고가 P11, P17 기초형식 변경	3	3	3	2	11	◎
1-02	교각 기둥 간격유지 십자보강철근 개선	3	2	3	3	11	◎
1-03	반월천교 공사용 가도를 속도로 변경	3	3	3	2	11	◎
1-04	어천고가 맨홀 삭제	3	1	1	3	8	
1-06	아목고가 구간 부채도로 추가 검토	3	1	1	2	7	

2-03	어천고가 22.5m 경간 PSC Beam 가로보 개소 축소	3	3	3	3	12	◎
2-05	구조물 경사 통과 시 노반 부등침하 검토	2	3	2	1	8	
5-02	사2동 및 본오1동 생활공간 단절 해소	3	3	3	2	11	◎
5-03	터파기 및 되메우기 작업량 축소와 수목 보전	3	3	3	3	12	◎
5-05	길내기 폭원 조정 및 접속부 처리개선	2	3	2	2	9	
6-02	방음벽 지주깊이 검토	3	3	3	2	11	◎
6-03	제1-3구간 연약지반 PBD 간격 조정	3	3	3	3	12	◎
6-05	속곡지하차도부 연약지반 처리공 삭제	2	3	3	2	10	◎
6-07	성토고 낮은 구간 압밀축진공법(PBD) 삭제	3	3	2	1	9	

3-4. 대안의 구체화(분석단계)

아이디어 평가를 통해 선정된 아이디어를 대상으로 구체화 과정을 거쳐 세부적인 대안을 창출한다. 대안의 구체화 단계에서는 원안과 대안에 대한 성능평가와 비용분석을 통해 도출된 결과값을 이용하여 가치평가와 가치향상 유형을 결정한다. 본 절에서는 '교대의 뒷굽판 말뚝간격 조정'에 대한 아이디어 구체화 단계를 기술하였다.

1) 대안의 기술검토

개선 전(원설계) 개선 후(대안) 기술의 장단점을 분석한다(표 7 참조).

**표 7** 개선 전 · 후 기술검토 사항

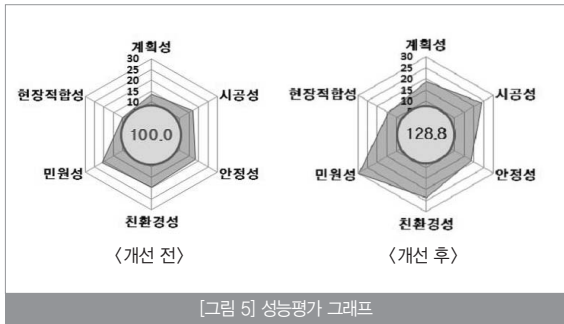
구분	개선 전	개선 후
개요		
장단점	반월천교 A1, A2 뒷굽판 말뚝간격 동일 적용 중의 고려 없이 교대 말뚝의 동일한 배치로 시공성 및 경제성 불리	지지력 여유가 있는 뒷굽판 말뚝간격 조정 하중영향에 따른 효율적인 말뚝배치로 시공성 및 경제성 향상

## 2) 성능평가

계획성, 시공성, 안정성 등 6개 항목에 대한 개선 전·후 성능평가를 실시한다(표 8, [그림 5] 참조).

표 8 개선 전·후 성능평가 결과

평가항목	가중치	개선전		개선후	
		등급	점수	등급	점수
계획성	13.6%	5.0	13.6	7.0	19.0
시공성	16.9%	5.0	16.9	7.0	23.7
안정성	18.2%	5.0	18.2	5.0	18.2
친환경성	19.5%	5.0	19.5	6.0	23.4
민원성	21.3%	5.0	21.3	7.0	29.8
현장적합성	10.5%	5.0	10.5	7.0	14.7
합계	100.0%	-	100.0	-	128.8

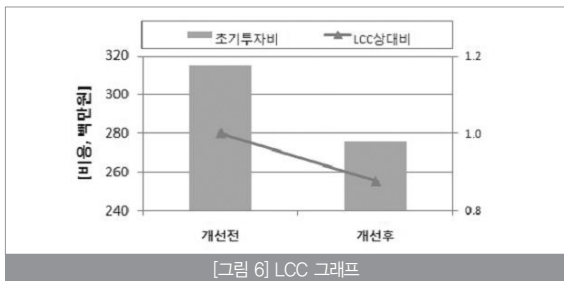


## 3) 비용분석

초기투자비 및 LCC 비용에 대한 개선 전·후 비용분석을 실시한다(표 9, [그림 6] 참조).

표 9 개선 전·후 비용분석 결과

구분	개선 전	개선 후
초기투자비	314.9	276.0
절감액	-	▽ 38.9
LCC상대비(c)	1,000	0,876

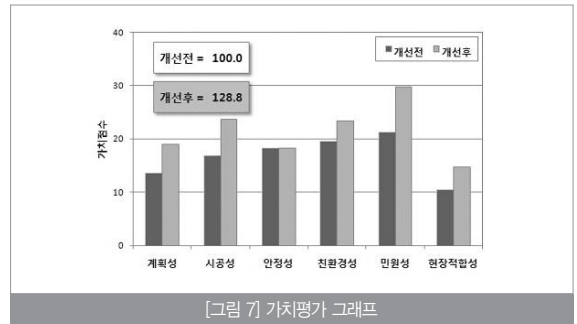


## 4) 가치평가

개선 전·후의 성능점수(P)와 비용지수(C)를 바탕으로 가치평가(V=P/C)를 실시한다(표 10, [그림 7] 참조).

표 10 개선 전·후 가치평가 결과

구분	개선 전	개선 후
성능점수(P)	100.0	128.8
비용지수(C)	1,000	0,876
가치점수(V)	100.0	147.0
선정안		○



## 5) 가치향상 유형

개선 전·후 가치평가 결과로부터 개선 후의 성능, 비용, 가치에 대한 향상율을 바탕으로 가치향상 유형을 결정한다(표 11) 참조. 가치향상 유형은 성능강조형과 가치혁신형으로 구분한다.

표 11 가치향상 유형 결정

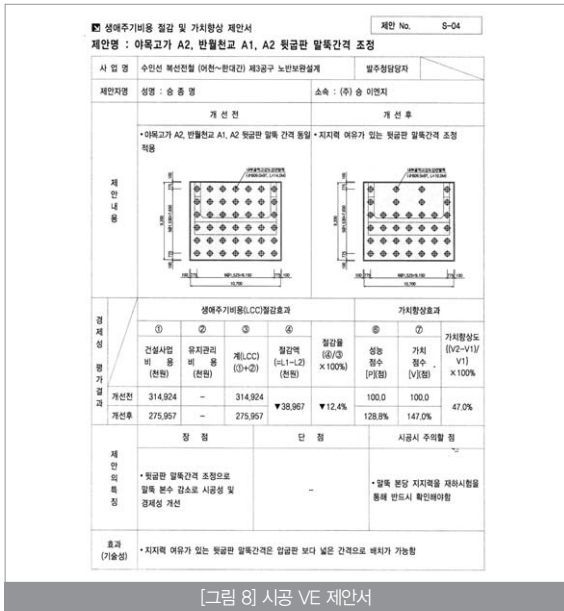
구분	개선 전	개선 후
성능향상율	basis	28.8%
비용절감율	basis	12.4%
가치향상율	basis	47.0%
가치향상유형		가치혁신형

## 6) 검토결과

지리적 여유가 있는 뒷굽판 말뚝간격은 압굽판 보다 넓은 간격으로 배치가 가능하다. 대안의 검토결과와 성능 29.5% 향상, 비용 29.5% 절감이 가능한 것으로 검토되었으며, 가치향상 유형은 '가치혁신형'으로 평가되었다.

### 3-5. 제안

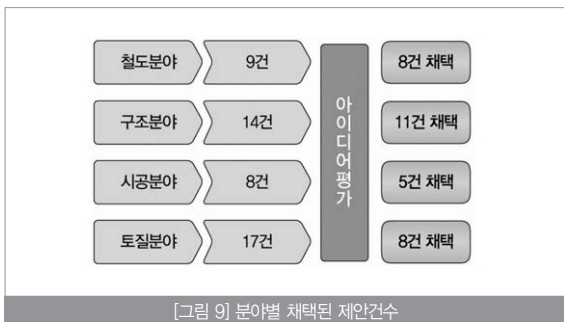
시공 VE의 분석단계의 마지막 절차로서 구체화된 아이디어를 국토해양부 제안서 형식으로 정리하여 발주처에 제출하는 것이다. '교대의 뒷굽판 말뚝간격 조정'이라는 구체화된 아이디어를 제안서로 정리하면 [그림 8]과 같다.



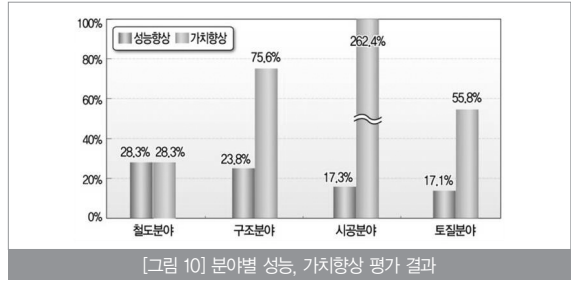
[그림 8] 시공 VE 제안서

### 4. 시공 VE 검토결과 요약

시공 VE 검토결과 4개 분야 48건 제안 중 32건이 채택되었으며, 채택된 32건의 대안은 기존안(원설계) 대비 성능은 22.1%, 가치는 91.1% 개선된 것으로 평가되었다(그림 9, [그림 10] 참조). 대안 적용 시 약 30억(설계가 기준 총공사비 965억 대비 3%)의 공사비 절감이 가능할 것으로 평가되었다(표 12 참조).



[그림 9] 분야별 채택된 제안건수



[그림 10] 분야별 성능, 가치향상 평가 결과

표 12 주요 공사비 절감 제안 사항

구분	제안명
1	B, C(함) 우각부 보강철근삭제 및 조립철근사용
2	교대 뒷굽판 말뚝간격 조정
3	어천고가 P11, P17 직접기초 변경
4	교량 거더 가로보 개소 축소
5	교량하부 통과구간 가시설 형식 변경
6	교각 기둥 간격유지 심자보강철근 개선
7	광복 강널말뚝(Sheet Pile) 적용
8	교각 말뚝기초로 선단부 확장 Ext-Pile 사용
9	길내기 포장 재료재 변경
10	방음벽 지주깊이 최적화
11	교대부 말뚝기초로 복합말뚝 적용
12	지하차도부 연약지반 처리공 삭제
13	교각 흙막이 가시설 Strut 단수 줄임
14	흙막이 가시설 코너버팀보 재원 변경

### 5. 맺음말

본고에서는 공사계약 후 건설업체가 시공단계에서 실시하고 있는 시공 VE 수행절차 및 기대효과에 대한 내용을 현재 시공 중에 있는 수인선 복선전철(어천~한대간) 3공구 노반신설공사의 시공 VE 검토자료를 통해 소개하였으며, 이를 통해 시공 VE 수행절차 및 기대효과를 이해하는 데 도움이 되길 바란다.

당 현장의 시공 VE 검토결과 철도/구조/시공/토질 4개 분야에 총 48건의 대안이 제시되었으며, 이중 시공성과 경제성이 양호한 32건이 채택되었다. 채택된 대안은 기존안(원설계) 대비 성능은 22.1%, 가치는 91.1% 향상 되었으며, 약 30억(설계가 기준 총공사비 965억 대비 3%)의 공사비 절감이 가능할 것으로 평가되었으며, 채택안은 향후 발주처와 적용여부에 대한 협의를 통하여 진행할 계획이다.

당사는 국내·외 모든 토목 신규현장에 대해 시공 VE 검토를 실시하고 있으며, 이를 통해 품질향상과 동시에 원가절감이 가능하도록 최선을 다하고 있다. S