KICEM

고속도로 VE(hi-ValuE) 활성화 전략 및 실무사례

홍두표 한국도로공사 기술심사처장
이용구 한국도로공사 설계VE팀장
양재경 한국도로공사 설계VE차장

1. 서 론

최근 급변하는 건설환경 변화에 따라 한국도로공사에서 주관하고 있는 고속도로의 건설사업은 국가의 대동맥을 잇는 중요한 국가사업으로써 대부분의 막대한 국가예산을 사용하게 되므로 프로젝트의 의사결정 단계에서 반드시 경제성을 고려하도록 되어 있고 이를 위한 수단으로 VE를 활용하고 있다.

생산성 향상 목적으로 제조업에서 시작한 VE가 국내 건설분야에서 본격적으로 적용되기 시작한 것은 정부에서 공공건설사업 효율화 종합대책(1999.3)을 발표하고 건설기술관리법을 개정하고 설계의 경제성 등 검토(설계VE)에 관한 시행지침을 제정하면서 시작되었다. 그 이후 설계VE 대상공사를 총공사비 500억원 이상인 건설공사에서 총 공사비 100억원 이상인 건설공사의 기본 및 실시설계의 각 1회 이상 적용토록 의무화하면서 더욱 더 VE가 확산되기에 이르렀다.

그러나 VE가 건설분야에 도입된 후 13년이 지난 지금, 건설환경 변화에 맞춰 설계의 경제성 검토 및 의사결정과정의 투명성 확보를 위한 대안으로 VE가 정착되고 있으나 제조업 중심의 VE 프로세스, 원가절감 위주의 VE 시행, VE 업무 수행의 비효율성, 설계단계에 치우친 VE 적용 등의 문제점들이 발생하고 있으며 이는 국내 VE가 효율적이고 실무활용 중심으로 뿌리내리는 데 오히려 저해요인이 되고 있다고 판단된다. 따라서 본 글에서는 한국도로공사에서 고속도로의 기획, 설계, 시공, 유지관리 등 全 단계에서 VE의 활성화를 위해 추진하고 있는 VE 활성화 전략 및 실무사례를 소개하고자 한다.

2. 현황분석

건설업 분야에 설계VE가 도입된 2000년 이후 국토교통부 뿐만아니라 건설 관련 타 부처와 서울시 등 지자체에서도 VE를 적극 활용하여 국민의 세금에 대한 활용도를 극대화하고 한국도로공사, 수자원공사 등 공공부문에서 괄목할 만한 VE 수행실적이 보고되어 왔다. 그러나 외형적 성장에 비해 아직 실무단계에서는 제조업 분야에서 출발한 VE 프로세스가 완전히 실무에 적용되기에는 다소 미흡한 부분이 많고 계속되는 건설경기 침체에 따라 원가절감 위주로 시행되는 VE는 설계단계, 시공단계에서 긍정적인 호평을 받지 못하고 일부 현장에서 외면되고 있는 실정이다.

한국도로공사에서는 1997년부터 설계VE와 유사한 설계심사 업무를 수행하면서 설계VE 전담조직를 두고 자체 발주한 고속도로 기본 및 실시설계의 VE를 수행하였으며 2003년 부터는 민간투자사업, 재정사업 등에 대한 수탁 VE업무를 수행하여 자체 설계VE에서 21,000여건의 제안으로 1조 9000억원 이상의 공사비 절감에 기여해 왔다. 그러나 단순한 원가절감액의 크기에 따른 가치보다 실무중심의 VE 활성화를 위한 노력들이 더욱 더 크다고 할 수 있다. 설계VE가 단순한 설계검토 방법이 아닌, 설계의 초기단계부터 최소한의 시간과 비용을 투자하여 최대한의 가치향상 효과를 얻고자 하는 설계관리 프로세스임에 따라 아래와 같은 문제점 및 필요성을 인식하고 VE의 실무활용성 향상에 주안점을 두고 현황분석 및 활성화 전략을 수립하여 추진하였다.

① 단일품목을 대량생산하는 제조업 중심의 VE에서 대규

모 복합공종의 건설업에 적합한 VE 프로세스 개발
② 효율적 VE업무 수행을 위한 프로세스 전산화 및 VE 제안내용 공유를 위한 정보화
③ 원가절감 위주의 VE에서 성능개선을 포함한 시설물의 종합 가치향상을 위한 VE 시행 및 성과관리
④ 시공단계 VE 활성화를 위한 기술제안 성과보상제도 활성화

3. VE 활성화 전략

3.1 고속도로 특성에 적합한 VE 프로세스 정립

단일 품목을 대량 생산하는 제조업 등의 특성이 고려되어 체계화된 VE개념의 표준 VE 프로세스를 대규모 복합공종의 건설공사에 적용하면서 여러 가지 문제가 도출되었다.

이에 따라 한국도로공사에서는 고속도로 VE 수행중의 어려움 및 문제점을 극복하고, 고속도로에 대한 특성을 고려하여 효율적인 VE가 이루어 질 수 있도록 VE 프로세스와 적용기법을 개선하여 제시하였고, 고속도로에서의 VE를 『Hi-Value』라 명명하여 고속도로 VE의 브랜드화를 추진하였다.

3.1.1 고속도로 VE의 특징

(1) 설계VE의 대상 선정

기존 VE대상 선정은 고비용분야 선정기법, Cost to worth기법, 비용성능평가기법 등의 Tool을 통해 절감효과 및 기능향상 효과가 최대로 나타나는 대상을 선정하는 것이 일반적이다. 하지만 일반 제조업 등의 분야와 달리 고속도로 VE의 경우 도로시설물, 선형, 건설재료, 생산설비 등의 하드웨어적인 요소와 이에 직간접적으로 관계있는 시공방법, 시방기준, 생산관리 등 소프트웨어적 모든 부분이 포함되는 것이며, 이 들이 계층적, 유기적으로 연관된 다공종 복합기능으로써 단순 비용 · 성능분석에 의한 단품, 시설물의 지정이 어려운 실정이다.

(2) 대형 프로젝트의 반복적 설계

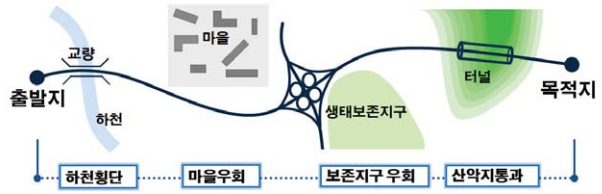
고속도로 건설은 일부 개량사업 등의 소규모 사업을 제외하고 주간선도로로서 사업범위가 크며 "장애물을 통과하여 시점과 종점을 연결한다."라는 반복적 특성을 지니고 있다.

예를들어 최근 설계중인 함양~울산 고속도로의 경우 전체 연장 144.8km로서 총 30개 구간으로 대규모 노선내 공통적 기준에 의한 반복적인 설계를 시행하는 것이 일반적이다.

(3) 기능의 계층화

고속도로는 장애물이 없을 경우 시점과 종점을 최단거리로 연결이 가능하며, 이때 고속도로 건설비용이 최소가 되는 특징이 있다. 그러나 일반적인 고속도로의 설계 시 기존도로, 하천, 계곡 등 수많은 장애요인이 발생하며 장애물을 우회, 통과, 이설하는 부분에서 건설비용이 증가하게 되는 특징이 있다. 이를 다르게 표현할 경우 고속도로는 시점과 종점을 잇는 고유의 기능(그림 1의 a)을 실현하기 위하여 각 노선별, 구간별 산재된 장애요인 등의 입지조건을 통과하기 위한 가변적인 기능(그림 1의 b)들을 내포하는 기능의 계층적인 특성을 갖는 것으로 볼 수 있다.

a. 장애물이 없는 경우(고유기능)



b. 장애물 통과 조건의 경우(가변기능발생)

그림 1. 입지조건에 따른 고속도로 기능유형

3.1.2 Hi-Value 프로세스 정립

한국도로공사에서 고속도로의 기획, 설계, 시공, 유지관리 등 모든 단계에서 적용하는 VE를 Hi-Value라 명명하고 기존의 제조업 중심의 VE 프로세스를 고속도로 특성에 적합한 프로세스로 개선하여 설계, 시공, 유지관리 단계 등 고속도로 全 단계에서 VE를 적용하고 있다.

(1) Hi-Value의 특징

Hi-Value는 고속도로 프로젝트를 대상으로 하는 설계VE 수행을 위해 VE수행 절차 및 적용기법을 명시한 한국도로공사 고유의 설계VE 프로세스는 그림 2와 같으며, Hi-Value는 다음과 같은 특징을 가진다.

① 원설계안에 대한 충분한 사전검토를 통해 Work Shop을 수행하여 팀원의 역량을 집중할 VE대상과 단순기능 개선을 목적으로 하는 설계적정성 검토 대상으로 구분하여 각 절차에 따라 VE를 수행한다.

② 고속도로의 특성을 고려한 표준품질모델 및 수치적 기능분석 등을 활용하여 VE대상에 대한 품질모델 작성 및 기능분석을 수행한다. 객관적 평가기준 수립 및 명확하고 상세한 기능분석이 가능하며 VE활동의 효율성과 효과가 우수하다.

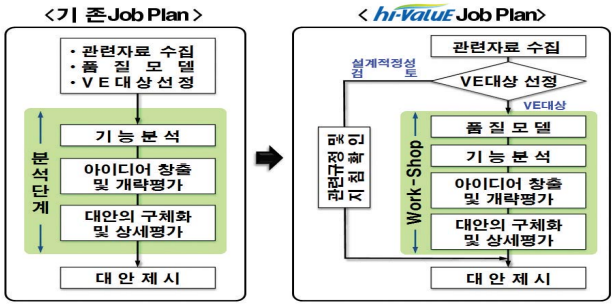


그림 2. 기존 VE Job Plan과 Hi-Value Job Plan

⑵ Hi-Value 프로세스

VE 대상선정, 품질모델, 기능분석 등의 내용을 개선한 Hi-Value 프로세스와 그 세부적인 절차는 다음의 그림 3과 같이 나타낼 수 있다.

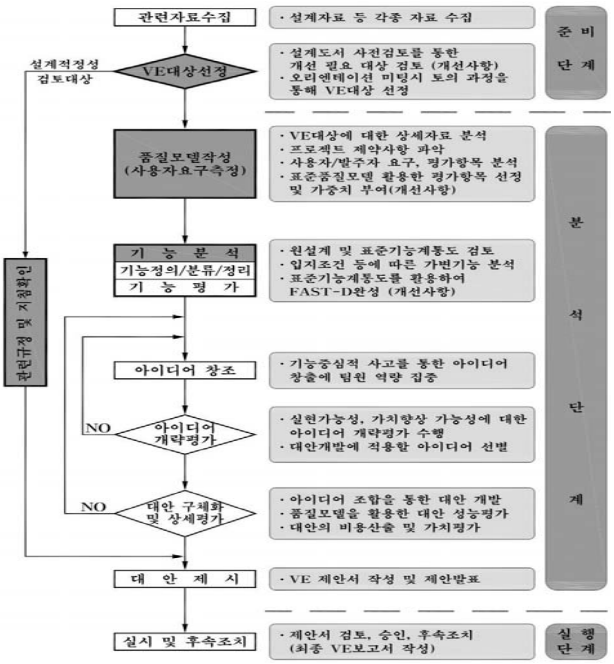


그림 3. Hi-Value 프로세스 및 주요내용

3.2 가치향상 중심의 VE 성과관리 시행

지금까지 설계의 경제성등 검토를 위한 수행하고 있는 VE는 비용과 성능을 동시에 평가하여 가치향상을 추구하여야 하나 일반적으로 객관적 성능평가의 어려움으로 인하여 원가절감으로 성과를 측정함에 따라 "VE=원가절감"이라는 부정적 인식을 가지게 되었다. 이는 국내뿐만 아니라 VE의 선진국이라는 미국에서도 원가절감, 투자수익, 제안채택율을 주요 성과관리 지표로 관리하고 있다.(표 1)

표 1. 최근 3년간 美 주요 교통청 VE수행실적

구 분	원가절감	투자수익(ROI)	제안채택율
최근3개년 평균실적	4,112백만불 (4.8% 절감)	118.7:1	44.10%

VE 성과측정에 있어서 성능부분은 수치화 또는 정량화가 어려운 부분임은 주지의 사실이나 VE 도입된 이후 지금까지 원가절감에만 의존하고 있는 것은 VE 관련 업계, 학계 등 모든 주체들이 반성해야 할 부분이기도 하다. 따라서 한국도로공사에서는 최초로 VE 성과측정 및 관리를 위해 표 2와 같이 원가절감율 대신 가치향상도를 도입하고 성능의 정량적 평가를 위해 발주자, 설계자, VE전문가가 모두 참여하여 성능을 정량화하고자 하였다.

표 2. VE 성과관리 개선내용

기존 VE성과관리 지표	개선 VE성과관리 지표
• 성능개선의 객관적 측정 어려움으로 성능개선 제안 미실시 • 원가절감 위주의 가치향상 산정 $Value(=\frac{P}{C})=\frac{성능일정(P\neq 1)}{\triangle 비용절감}$	• 성능계량화 및 기술전문가를 활용한 객관적 성능평가 방법 시행 • 성능개선 반영에 의한 종합 가치 측정 $Value(=\frac{P}{C})=\frac{\triangle 성능개선}{\triangle 비용절감}$

3.3 Hi-Value 포털시스템 구축

VE 수행에 있어 워크숍은 기능분석 및 아이디어 도출을 위해 필수적인 요소이나 워크숍 수행에 필요한 시간이 많이 소요됨에 따라 VE 업무수행 비효율성 제기되기도 하였다. 이에 한국도로공사에서는 VE 수행준비 및 워크숍 수행시간 단축과 함께 VE 제안사항에 대한 데이터베이스화를 하여 업무효율성을 향상시킬 수 VE 포털시스템을 그림 4와 같이 구축하여 실무에 활용하고 있다.

그림 4. Hi-Value 포털시스템

3.4. 기술제안보상제도 활성화

(2) 기술제안 보상제도 활성화

시공자의 기술개발에 따른 보상제도로 국가계약에 관한 법률 시행령 제65조 4항에 따르면 계약상대자에 의해 새로운 기술, 공법등을 사용함으로서 공사비 절감, 시공기간 단축 등의 효과가 인정되어 설계변경한 경우 절감액의 100분의 30에 해당하는 금액만을 감액하도록 되어 있다.

하지만 "새로운 기술, 공법 등"에 대한 해석이 신기술, 신공법에 국한하여 소극적으로 적용되고, 관련 절차 등이 모호한 관계로 90년대 이후 총 5건만이 국토교통부에 보고되어 있다.

이에 따라 한국도로공사에서는 관련 정부 부처의 질의회신 및 법률 유권해석을 통해 "새로운 기술, 공법 등"에 대해 정부설계와 동등 이상의 기능, 효과를 가진 기술, 공법 및 기자재 등을 포함하는 것으로 기존의 협의 해석해 오던 관행을 탈피하여 개선제안 공법의 범위를 확대적용 하여 시공VE를 통한 기술제안 및 보상을 위한 제도적 절차를 마련하였다. 시공VE를 통해 제안된 개선제안공법 심의시행을 위해 세부 절차도 그림 5와 같이 정립하였다. 이러한 기술제안공법의 제도적 정비를 통하여 2012년 국내 최초로 시공VE를 통한 개선제안

그림 5. 기술제안 보상 프로세스

공법 사례로 상주-영덕 고속도로 제14공구 "서시천교 교량형식 변경(PCT거더→PSC 박스거더)" 사례를 도출하였다.

4. 설계VE 실무사례

Hi-Value 프로세스의 절차를 통해 최근 수행되었던 대구순환 고속도로의 실시설계 종평면 선형 VE사례를 중심으로 적용성을 검증하였다.

4.1 사업개요

(1) 사업명 및 사업목적

① 사업명 : 대구순환선(성서~지천) 기본 및 실시설계 (2~3공구)

② 사업목적 : 대구광역시 외곽지역을 연결하는 순환도로망 완성으로 대도시권 교통정체 해소 및 국가간선도로망 기능 유지(그림 6)

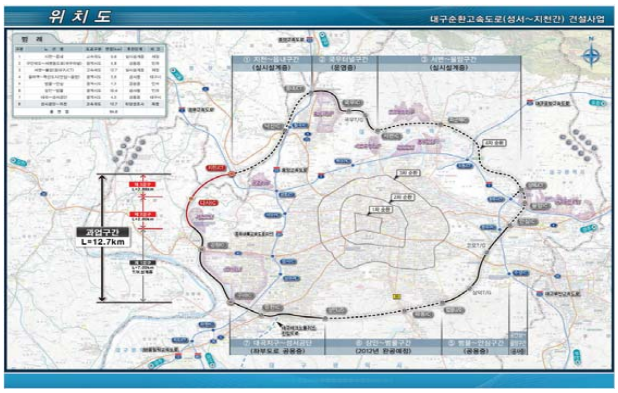


그림 6. 대구순환 고속도로 위치도

(2) VE 대상 개요

VE 대상인 대구순환 고속도로 성서-지천 2, 3공구의 사업 개요는 표 3과 같다

표 3. VE 대상 사업개요

구 분	사 업 개 요
연장/설계속도	- 연장 : 5.68km, 설계속도 : 80km/h
설계차로	- 차로 : 4차로(폭 20.0m)
공 사 비	- 1,892 억원 (대상공사비 : 1,419억원)
구 간	- 대구 달성군 다사읍 ~ 경북 칠곡군 지천면
출입시설	- 분기점(JCT) : 1개소, 나들목(IC) : 1개소
교량/터널	- 교량 : 17개소/1,998m, 터널 : 2개소/720m

4.2 단계별 설계VE 수행내용

(1) VE팀 구성

VE 팀원구성은 한국도로공사 기술심사처 설계VE팀장을 리더로서 도공내 CVS자격자를 퍼실리테이터로하였으며, 외부전문가 5명과 산하기관 내부전문가 1명, 설계VE주관부서 담당 팀원 8명 등 총 15명으로 구성하였다.

(2) 추진일정

추진일정은 전체 2012년 6월 18일부터 7월 17일까지 총 22일간(휴일제외) 시행하였으며 워크숍은 표 4와 같이 총 4회를 실시하였다.

표 4. VE 추진일정

일 자	수 행 내 용
5.21~ 5.27	• 수행계획 수립 및 사전검토
5.28(화)	• 오리엔테이션 및 VE (워크숍 1차) – 사업설명 및 품질모델 작성
5.29~ 6.3	• 아이디어 사전 도출
6.4	• VE Workshop(2차) – 아이디어 창출, 평가
6.5~6.10	• 대안의 구체화
6.13	• VE Workshop(3차) – 대안성능평가
6.14	• 의견서 작성 및 결과통보
7.12	• VE 성과공유회의

(3) 품질모델 산정

고속도로 종평면 선형 결정단계의 경우 표준품질모델을 활용하여 대상 프로젝트에 맞게 조정하고 가중치를 산정하였으며 품질모델 수립결과는 표 5와 같이 대분류 항목중 주행안전성 측면에서 가장 높은 가중치가 산정되어 추후 VE 제안내용에 대한 평가시 고려토록 하였다.

(4) 기능분석 및 아이디어 도출

종평면 선형 결정단계의 VE임을 고려하여 개별 VE 수행시설물에 대하여 설계자가 의도한 설계상의 수치에 근거하여 기능정의를 수행하였으며, 설계상 수치화된 기능정의의 적합성 여부를 팀원간의 토의를 통해 확정하고 표 6과 같이 아이디어를 도출하였으며 대안구체화를 위해 Hi-Value 포털시스템을 활용하여 그림 7과 같이 현장적용성을 검토하고 최종 제안으로 채택하였다.

표 5. 품질모델 산정 결과

대분류 평가항목	중분류 평가항목	가중치	우선 순위
A 주행 안전성 (28.5)	A1 평면선형 적정성	5.7	5
	A2 종단선형 적정성	4.28	13
	A3 본선 분합류 구간 교통안전성	9.98	1
	A4 진출입시설 및 접속부 안전성	8.55	2
B 이용자 편의성 (15.2)	B1 이용자 접근 편의성	4.56	10
	B2 시인성 및 인지성	4.56	10
	B3 주행시간 단축	4.56	10
	B4 이용자 편의시설 설치의 적정성	1.52	22
C 민 · 관원 최소화 (18.5)	C1 생활환경 피해 최소화	4.63	9
	C2 토지이용 효율성	2.78	16
	C3 민원해결 용이성	5.55	6
	C4 인허가 협의 용이성	5.55	6
D 환경성 (10.7)	D1 주변지역 및 환경과의 조화	2.14	17
	D2 산림훼손 최소화	3.21	14
	D3 생태환경 단절 최소화	3.21	14
	D4 보호구역 및 경관자원 보존성	2.14	17
E 시공성 (6.7)	E1 공사기간 단축성	1.34	23
	E2 시공의 난이도	2.01	20
	E3 기존도로 교통처리 용이성	1.34	23
	E4 지장물 등 저촉 최소화	2.01	20
F 유지 관리성 (20.3)	F1 재해영향 최소화	6.09	4
	F2 구조물 최소화	7.11	3
	F3 비상시설 설치의 적정성	2.03	19
	F4 배수계획의 적정성	5.08	8

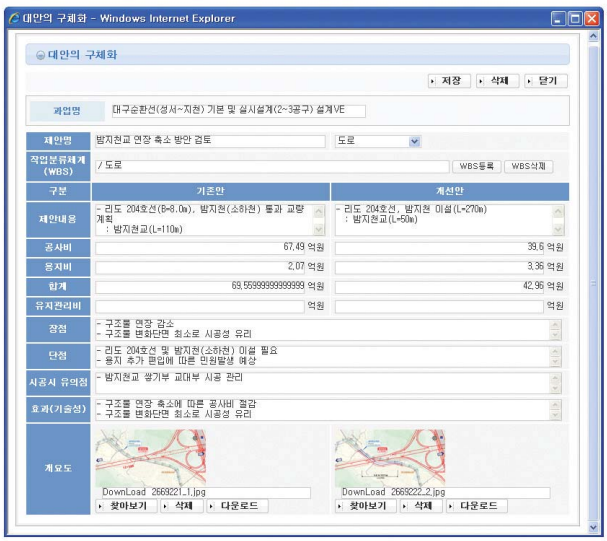


그림 7. 대안의 구체화 예시

(5) 제안별 성능 및 가치평가

종평면 선형 VE를 기초로 작성하였던 품질모델을 기준으로 원안(5점) 대비 10점 측도로써 제시된 개별 제안에 대하여 그림 8과 같이 전산 Tool을 이용하여 성능에 대한 평가를

하였으며, 이에 따라 산출된 성능점수와 공사비 절감율로 제안별 가치를 산출하였다. 그리고 공사비 가중치를 이용하여 프로젝트 성능을 평가하고 전체 절감액을 이용하여 프로젝트 가치향상도를 측정하였다.

표 6. 기능분석 및 아이디어 산출

번호	해당기능	아이디어 내용	채택
1	본선하부로 동물 및 사람의 이동로를 확보한다.	생태통로를 삭제하고 피암터널 상부를 활용하는 방안을 검토	
2	군도6호선 (B=10m)을 횡단한다.	이천1교 군도 6호선 이설 및 수로암거 설치로 본선과의 교차각을 최소화하여 교량연장을 축소한다	O
3	선사천(소하천,8m)과 군도14호선(8m)를 횡단한다.	이천2교(L=160m)는 횡단지장물을 고려하여 군도14호선을 선사천 방향으로 이설하는 등 적정 기능이 발휘 될 수 있는 연장을 검토	O
4	종단곡선상 집중된 노면수를처리한다.	이천1교와 이천2교 사이 깎기부에 오목부(STA.8+340)가 위치하여 노면배수가 불량하므로 오목부를 성토부 쪽으로 이동	O
5	AADT 24,000대/일 교통량을 수용한다.	다사영업소 차로수는 계획목표년도에 맞는 연평균교통량(AADT)에 의거 적절한 본선 영업소 차로수를 검토	
6	밤지천(10m)과 리도204호선(8m)를 횡단한다.	밤지천교(L=110m) 소하천 및 리도 204호선을 농경지측으로 이설하여 교량연장을 축소	O
7	경부고속도로와 대구순환선을 연결한다.	분기점 본선과 연결로 분리를 소분리대로 검토 후 STA. 13+300지점 본선종단과 평면선형을 조정하여 노즈부 이동 및 통합교량 검토	O
8	종단경사 2.0%와~2.7%의 산지부를 통과한다.	STA. 11+200~12+000(R=1,300m) 구간은 종단곡선의 정점 및 다사터널 시점이 위치하므로 적절한 선형조합 재검토	O
9	절토사면 안정성을 확보한다.	평면선형을 금호강측으로 이동하여 사면절취를 최소화한다.	
10	성산을 통과한다.	과업노선의 중차량 구성비가 낮고 자연환기가 가능할 것으로 판단되니 역배수 고려하여 종단경사를 조정하는 등 터널연장을 최소화하는 것을 검토하기 바람	O

그림 8. 전산Tool을 활용한 성능평가

4.3 설계VE결과

VE팀원 15명으로 25일간 진행된 대구순환 고속도로 실시설계VE는 표 7에서와 같이 제안된 총 10건 중 6건의 VE제안이 채택되었으며, 이는 전체 대상공사비 1,419억원 대비 약 90.67억원(절감율 6.39%)의 원가를 절감하였다.

총 채택된 6건의 개별 제안의 공사비와 총 대상공사비(1,419억원) 비중에 대하여 성능점수를 환산, 합산하여 산출한 대구순환 전체 프로젝트에 대한 가치향상도는 7.65%로 산출되었다.

표 7. 설계VE 제안결과

제안명	공사비절감액(억원)			성능 향상 (%)	가치 향상 (%)
	당초	절감액	절감율		
계		90.66	6.39	0.77	7.65
이천1교 경간구성 및 군도6호선 이설방안	124.10	34.20	27.56	2.08	41.78
이천2교 연장축소 및 군도14호선 이설방안	56.80	16.50	29.05	1.68	43.22
깎기부 배수불량구간 개선방안 검토	6.60	0.60	9.09	1.88	11.96
밤지천교 연장 축소 방안 검토	67.49	27.89	41.32	0.40	70.16
다사터널 종점부 평면선형 개선	209.00	0.00	0.00	2.06	2.06
다사터널 연장 축소 및 역배수 최소화 검토	261.18	11.47	4.39	2.44	6.70

5. 맺음말

본 글에서는 건설분야에 VE가 도입된 후 13년이 지난 시점에서 고속도로 VE를 중심으로 VE 활성화 저해요인에 대한 분석과 개선노력에 대해 서술하였다. VE가 더욱 더 활성화되기 위해서는 이론적 경영기법의 하나로 머물기 보다는 실무활용성에 중점을 두고 제도적 개선에 노력을 경주하여야 한다고 생각된다. 본 글에서 제시한 문제점 외에도 지속적인 VE사례 정보화, 성과측정의 객관화, 전문인력 양성 등에서도 개선해야 될 부분이 많이 있다고 생각하며 VE 관련자 또는 참여자들이 VE가 올바른 방향으로 실무에 접목되고 광범위하게 활용될 수 있도록 노력하여야 한다.

· 홍두표 e-mail : dphong@ex.co.kr
· 이용구 e-mail : yglee@ex.co.kr
· 양재경 e-mail : mymga03@ex.co.kr