

시공 VE기법을 적용한 철도구조물의 가치향상 사례 연구

A Case Study on Value Improvement through applying VE Method in Stage of Railway Construction

조기연†
Cho, Ki-Yon

박미연*
Park, Mi-Yun

김성훈**
Kim, Sung-Hun

서종원***
Seo, jong-Won

ABSTRACT

Most VE operation related to construction project is progressed in stage of planing or design phase, especially in case of domestic. It is encouraging fact and if you have VE process in stage of planning and design, you'll have experience a reduction of about 70% of total saving cost in which total construction process may occurred. However, recently the work of construction in overseas increase and almost is only construction-work, except planning and design process. As this reason, VE process for construction-work phase only is demanded in high necessity. VE in construction phase comes to accomplish intensively in the part which the design change does not follow, through know-how, equipment operating method and method of temporary-structure erection at the established construction-site learned, builders will be the possibility of reduction from 3% to 10% in constructive expense. This paper describes VE performing example in OO company's construction-work phase, and propose the methodology of VE performance in the phase of construction. And also it is aimed to extending VE applications into the overseas construction enterprise.

1. 서 론

현재 국내에서 시행되고 있는 건설공사에 대한 VE수행은 대부분 계획 및 설계 단계에서 이루어지고 있다. 이는 상당히 바람직한 일로서 모든 공사의 기본 계획 및 설계단계에서 VE를 수행할 경우 전체절감액의 70%가 절감된다고 한다. 그러나 최근 늘어나고 있는 해외공사의 경우 전체공사를 수주하기 보다는 시공만을 수주하는 사례가 많아 시공단계의 VE수행에 대한 집중적인 검토의 필요성이 제기되고 있다. 시공단계 VE는 설계변경이 따르지 않는 부분에 집중적으로 이루어지며 기존 시공현장에서 터득했던 노하우와 장비운영방법, 그리고 가시설 등의 설치 및 활용 방법 등을 통해 시공비용의 3%에서 많게는 10%이상의 비용절감을 기할 수 있다고 분석되고 있다. 실제로 VE활동의 가장 큰 효과가 발생하는 시점은 계획 및 설계 단계이지만 실시설계가 이루어지고 시공이 수행되기 전에 공법 및 기타 공사지역의 사업수행 여건, 공사비, 그리고 공기 등을 고려한 사업의 경제성과 효율성을 찾기 위해 시공단계 VE를 수행하게 된다.

† 책임저자 : 현대건설 토목사업본부 차장, E-mail : cky@hdec.co.kr
TEL : (02)746-3682 FAX : (02)746-3118

* 정희원, 아이엠기술단 기술연구소 연구소장

** 비희원, 아이엠기술단 VE사업부,과장

*** 정희원, 한양대학교 토목공학과 교수

특히 해외사업에서의 시공VE검토는 사업의 성패를 좌우할 만큼 중요한 과정으로 자리잡아가고 있다. 본 연구에서는 시공VE의 정의와 더불어 운영절차 및 적용대상범위 등을 기술하고 기존 시공VE수행의 문제점 등을 파악하여 형식적인 VE검토가 아닌 공사비 절감을 유도하고 이를 통해 시공효율성을 도모할 수 있는 방안을 제시하고, 시공VE수행에서의 공사비절감에 대한 인센티브 적용방안에 대한 기존연구를 분석하여 향후 공공발주공사 및 해외건설공사에서의 시공VE수행을 장려하고 유도하기 위한 방안을 제시하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 OO건설회사의 시공단계에서의 VE수행사례를 기술하였으며 이를 통해 시공단계에서의 VE수행방안을 제시하여 이를 활용한 해외건설 사업에서의 시공 VE적용을 확대하는 데 기여하고자 한다.

2. 시공VE정의 및 운영 절차

2.1 시공 VE의 정의

시공VE는 시공자가 시공과정에서 건설비를 절감할 수 있는 대안을 마련하여 설계안의 변경을 제안하는 형태의 가치증진방안으로서 미국에서는 시공 VE에서 제안되는 대체안을 VECP(Value Engineering Change Proposal)라고 한다. 시공 VE는 이미 설계도서가 확정된 이후의 시공단계에서 작업이 이루어지므로 시공 중에 설계변경을 통한 근원적인 개선을 이루기에는 한계가 있으며, 어려움이 많이 있다고 볼 수 있다. 시공 VE는 설계상 특별한 하자가 발견되지 않는 한 설계도서에 반영된 기능과 품질을 손상시키지 않으면서 그 기능과 품질을 유지하기 위한 더 나은 시공방법과 전반적인 관리상의 낭비요인을 찾아 그 기능수행의 최적화 방안을 찾는 것이라 할 수 있다. 일반적으로 말하는 VECP개념의 시공 VE는 설계변경을 수반하는 VE제안을 의미하며 이를 통해 발생한 공사비 절감 및 공기단축관련 절감비용관련 인센티브를 시공자에게 지급하는 방안까지를 의미하는 것이지만 공사 발주에 방식에 따라 다르게 해석될 수 있다. 일반적으로 설계시공 분리방식에서는 VECP는 시공VE 제안이 될 것이며, 설계시공일괄방식에서는 설계VE, 시공VE 모두에 해당 될 수 있다. 미국의 공공프로젝트 계약조건¹⁾에는 시공자가 자발적으로 VE를 수행하여 결과물이 채택되게 되면 시공업자에게 정액 계약 절감액의 50%를, 실비정산계약절감액의 25%를 보너스로 지급하고 있다. 국내의 경우 VE제도의 시행규정은 「국가계약법시행령」 제65조제4항과 제5항에 명시하고 있다.

2.2 시공VE적용 대상범위 및 시공VE 운영 절차

시공VE 적용을 위한 대상 시설과 공법 등에는 어떤 제한이라는 것이 있을 수 없다. 여러 공사를 수행하며 얻은 노하우를 타공사의 수행에서 이를 응용하여 공종의 단순화 및 기계화, 그리고 작업의 모듈화를 이룩할 수 있는 모든 곳에서 VE수행이 이루어 질수 있기 때문이다. 또한 시공업무의 프로세스 상에서도 VE적용이 가능하므로 이를 정리하면<표 1>과 <표 2>와 같다. 또한 시공단계에서 VE활동의 단계별 절차는 <그림 1> 시공VE 흐름도와 같다.

표 1. 건설공사에서의 시공VE적용대상

구 분	적 용 대 상		
현장관리	일의 준비	계약부대 조건	환경보전
	시간관리	자재조달	공해방지
	운반관리	협력업체 선정	
	품질관리	생산실수	
	원가관리	안전설비	
	공정관리	안전관리	

1) GSA의 연방조달규정(FAR)의 VE관련조항

생산수단	작업순서	협력업체의 조력	가설 급/배수
	공정계획	시공장비	청소
	작업능력	운반구	
	설비가공	운반효율	
	자재가공	자재의 반출입	
시공법	가설의 규격화	가설동력	
	지하공법	마무리의 공법	공수의 감소
	굴착	일반 양생	작업성
	거푸집공사	제습	단순화
	구조물의 공법	재료의 취급	프리웹브화
	반복작업 배제	방수결합	미경험공사

표 2. 시공VE적용대상의 대상공사 및 시설물의 예

시공VE적용 대상	대상공사 및 시설물
협력업체에 효과가 있는 것	가설공사, 거푸집공사, 토공사
반복작업이 많은 업무	공동주택, 학교, 호텔병원
반복기대효과가 큰 것	안전관리, 공사관리 운반시스템
1회의 시공VE적용 에서 효과가 큰 것	굴착공사, 고층양중 계획
클레임이 많은 것	누수
비용발생이 높은 것	철드공법, 약액주입공법
시공이 복잡한 공종이나 공법	댐공사, 터널공사, 택지조성공사

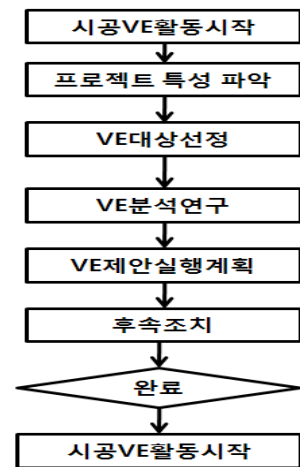


그림 1. 시공VE 흐름도

3. 시공VE 수행상의 문제점

국내에는 시공VE에 대한 명확한 규정이 되어있지 않으며, 인센티브에 대한 유사VE제도로써 기술보상제도 및 신기술지정제도가 있으나 장기간 처리 및 복잡함으로 활용이 미흡하다. 이에 반면, 미국, 일본은 명확한 규정제시와 높은 인센티브를 바탕으로 발주기관의 지원 아래 제도가 정착되어 활성화되고 있다. 국내외 시공VE 관련 제도는 <표 3>과 같다.

표 3. 국내외 시공VE 제도 비교

구 분	국내(유사VE 제도)	미 국	일 본
시공VE 제도 및 법제화	1. 기술보상제도 : 국가 계약법 시행령 제65조, 공사계약 일반조건 제19조, 건설기술개발 및 관리 등에 관한 운영규정(제7조~제13조)	행정예산관리청 (OMB) 규정	공공공사 비용절감 대책에 관한 행동계획
	2. 신기술 지정제도 - 건설기술관리법 18조	연방조달청(GSA) 연방조달규정(FAR 48.104-2) 명시	계약후 VE방식의 시행에 관한 고지
처리기간	명시 미흡	45일내 통보	14일내 통보
제안자 배분	초기이익 보장미흡 (기술보상제도 70%)	최대75%까지 가능	50%이내 배분

국내 시공단계 VE(기술보상제도)가 활성화되지 않는 문제점으로는 대체공법 제안시 초기이익의 절감

및 설계변경에 따른 지적으로 제안자(시공사)에게 부담 가중화, 발주청의 부정적 입장과 제출서류의 복잡함 및 처리절차의 장기화로 VE제안을 통한 설계변경(VECP)이 이루어지지 않고 있는 현실이다. 이렇다 보니 시공사는 오히려 시공VE를 수행하여 설계변경 등을 통해 공사비를 증액하려 하지 비용절감을 위한 실질적인 노력은 소홀히 하고 있는 실정이다. 따라서 이에 대한 개선을 위해서는 시공사와 계약 체결시 개선제안서를 검토 및 제출을 의무화하고, 발주청의 인식전환을 통한 적극적 인센티브를 부여해야 한다. 또한, 시공사의 VE제안에 소요되는 경비정산을 규정화 하여 적극적인 시공단계 VE제안을 통한 시공품질 향상 및 비용절감을 도모해야 할 것이다.

4. 시공단계 VE의 적용 사례

본 장에서는 시공사에서 자체적으로 수행한 철도건설 프로젝트를 대상으로 시공단계 VE를 시행한 사례를 검토하였다.

4.1 대상 철도사업 현황

본 공사는 툰키로 수주한 공사로 ○○복선전철 노반건설에 대한 대상 사례공사는 총 연장 10.007km, 총 사업비 1,808억원인 공사로 주요한 종단선형, 구조물 형식 등 주요 설계검토안은 설계단계 VE 수행시 이미 이루어졌으며 실시설계단계에서 많은 상세한 VE가 수행되었다. 실시설계 완료과정에서 나타난 시공방법 및 가시설, 기타 시공상의 개선사항을 도출하고 공사를 효율적으로 진행하기 위해 시공VE를 자체적으로 수행하였으며 본 연구에서는 이중 교량과 터널을 VE대상으로 집중 분석하였다. 건설단계 VE의 주 목적인 하자예방 및 작업공정 단순화를 통한 비용절감, 그리고 업무프로세스의 개선을 통한 비용 절감 등의 극대화를 위한 시공단계에 적용 가능한 업무를 주요 개선대상으로 하였다. 이를 위해 총 3일간의 VE Workshop을 실시하였다. VE Workshop은 철도건설사업 설계VE 메뉴얼을 준용한 VE Job Plan을 적용하였으며, <표 4>와 같은 시공단계를 고려한 VE Process별 검토사항을 적용하였다.

표 4. 시공VE Process 및 단계별 검토사항

구 분	세구분	내 용	시공VE 검토사항
1. 준비단계	사전준비	VE 개념 및 사전교육 실시	시공VE는 시공기술자의 다수 참여로 VE개념 소개 및 사전교육이 중요함
		VE 목표 설정	설계변경 및 시공단계 적용가능성 고려
		VE 팀 구성	충분한 시공경험자 및 현장책임자 구성
		공사관련 자료 수집	설계자료 및 시공현장여건을 고려한 세밀한 자료 준비(필요시 현장조사 수행)
		사전 정보 습득	시공단계의 촉박한 일정을 고려한 세밀한 참여자의 사전 정보습득 필수
2. 분석단계	정보수집 및 기능분석단계	설계 및 시공현황 파악	시공현황을 고려한 설계안 검토
		각 분야별 정보 교환	시공분야별 이슈 및 Cross Check사항 검토
		공사진행시 Risk 파악	단계별 Risk 정리 및 대책고려
		Cost Modeling(공사비분석)	세부적인 공사비분석을 통한 집중검토대상 선정
		Function Analysis(기능분석)	시공시 고려할 기능집중 분석
	아이디어발상단계	Brain Storming(개인/팀)	시공여건을 고려한 창의적 아이디어 도출
	아이디어평가단계	성능/비용 및 적용성 검토	시공일정 및 현장 여건등 적용성을 고려한 평가
	대안구체화 단계	대안 구체화 및 가치평가	대안별 구체화 및 기술검토 설계변경 여부 판단
	제안 및 발표단계	대안별 결과 VE팀 공유	현장 적용성 및 기술검토결과 논의 설계변경 자료 검토

3. 이행단계	이행회의	VE제안 최종 처리	VE제안 처리 - 채택(설계변경, 직접적용대안), 기각, 보류 구분	
			설계변경	발주처와 협의를 통한 설계변경 대안 (발주처 승인 필수)
			적용대안	성능조건 및 계약조건을 만족시키면서 현장에서 직접 적용할 수 있는 대안(발주처 승인 사항 아님)
		후속조치	시공일정을 고려한 신속한 추후조치	

본 사례의 시공VE는 시공자가 주관하여 VE를 수행한 사례로 도출된 아이디어를 평가하여 개발된 최종 대안은 발주처와의 협의 후 승인을 득하여 시행하는 설계 변경안(VECP)과 설계변경 없이 성능조건 및 계약조건 등을 만족시키면서 현장에서 직접 반영할 수 있는 적용대안(Direct Application Alternative) 그리고 기각 등으로 구분하였다. 특히 VECP의 경우 국내실정상 적용가능한 제도적인 뒷받침이 없기 때문에 본 연구에서는 설계변경 없이 성능조건 및 계약조건을 만족시키면서 현장에서 직접 반영할 수 있는 적용대안(Direct Application Alternative)만을 시공VE의 분석사례로 구성하였다.

4.2 시공VE 수행

비용절감 가능성모색, 공기단축 및 시공성개선, 품질향상 및 하자예방, 법규준수 및 안전사고 예방이라는 시공단계의 주안점을 VE 목적으로 수행하였으며 시공자, 시공사 연구소, 품질부서 및 설계자 등 총 20명의 VE팀원으로 참가하였다.

전체프로젝트 측면에서 고려된 성능평가항목은 구조안전성, 시공성, 환경성, 유지관리성, 경관조화성, 민원최소화, 내구성의 8개 성능속성으로 구성되었으며 VE대상인 교량, 터널은 대상 특성을 고려하여 가중치를 각기 산정하였고 최종결과로 도출된 전체프로젝트의 가치분석에서는 성능속성별 중요도를 전체프로젝트 측면을 반영하여 재산정 하였으며 그 결과는 <그림 2>와 같다. 선정된 성능속성의 가중치 산정은 성능속성 가중치별 다수의 속성을 비교평가하기 위해 균형잡힌 접근방법을 제공하는 쌍대비교법을 사용한 “성능속성 매트릭스(Performance Attribute Matrix)”사용하여 산정하였다. 가중치 산정시 구조안전성, 시공성이 높은 중요도로 평가되었으며, 민원최소화 및 유지관리성은 상대적으로 적은 중요도로 평가되었다. 이렇게 산정된 대분류 성능평가기준의 가중치는 <표 5>와 같다. 분야별 대안의 성능평가지 VE대상인 교량, 터널의 각 분야별 전체성능을 기준으로 대안별 성능을 산정하여야 하며, 전체프로젝트의 성능평가지에는 각 대안 성능향상을 고려하여 전체프로젝트 측면에서 성능이 향상되는 점을 종합 분석하여 평가하였다.

표 5. 분야별 성능평가기준

성능속성	전체프로젝트	교량	터널
구조안전성	25	26	22
시공성	18	18	19
환경성	16	15	20
유지관리성	12	11	13
경관조화성	9	10	5
민원최소화	6	5	8
내구성	14	15	13
합계	100	100	100

표 6. GFI 등급평가 척도

구분	Gut Feeling Index Overall Rating
10	Excellent Idea : Project will benefit greatly
9	Great Idea : We can make this work
8	Good Idea : Some potential benefits
7	Idea worth developing further
6	Alternate approach : but not significant benefits
5	Cost reduction : loss of quality and value
4	Benefits questionable
3	Too many unknowns to pursue further
2	Significant disadvantages
1	Does not meet program requirements
FS	Requires Further Study
ABD	Already Being Done
DS	Design Suggestion

VE Workshop을 통해 성능평가기준이 선정되고 가중치가 선정된 이후 아이디어 도출 및 평가와 대안구체화를 수행하였다. 도출된 아이디어는 터널분야 54개, 교량분야 47개로 총 101개의 아이디어가 도출되었으며 아이디어 평가는 GFI(Gut Feeling Index, 실질직관지수)기법을 적용하였으며 GFI 등급 기준은 표 6과 같다. 아이디어는 채택아이디어, 추후검토(FS), 설계제안(DS), 기반영사항(ABD)로 구분하였으며 GFI 8등급 이상으로 평가된 아이디어를 채택하였으며 VE팀의 협의를 통하여 최종적으로 직접 적용대안을 선정하였다. 비용 변동성이 너무 크거나 발주처의 승인이 필요한 대안은 설계변경안으로 제안하여 향후 발주처와의 협의가 이루어져야 할 대안으로 본 연구에서는 성능평가를 통한 가치점수의 형태로만 제공하였다. 그러나 설계변경을 요하지 않는 대안들 중 GFI 8등급 이상으로 평가된 아이디어는 채택아이디어로 분류하여 가치평가 및 비용절감규모를 분석하였다. 또한 직접 적용대안은 시공성개선, 하자예방, 법규준수 및 안전사고 예방을 위한 대안으로 큰 비용증감 없이 성능을 향상시키는 대안으로서 시공시에 반영하였으며, 설계변경을 통해 반영된 최종대안의 성능 및 비용분석을 통해 전체프로젝트의 가치분석을 수행하였다. 시공VE 활동결과는 <표 7>과 같다. 본 사례분석에서 설계변경은 자체 세부검토 후 발주처와의 협의를 통해 최종 설계 변경하여 반영된 대안이다. 즉, 전체 프로젝트의 설계변경을 다 합치면 일부 비용증가가 발생하였고 이는 발주처와의 협의를 통해 시공에 반영되어 수행되었지만 본 연구는 실제로 비용절감을 이룩한 사례만을 위주로 기술하고자 한다. 만약 국내 건설산업에서 시공VE제도가 정착되었다면 기술보상제도를 적용하여 절감액에 대한 보상이 실질적으로 이루어졌을 것이며, 이를 통해 공사단계의 신기술 신공법의 발전, 그리고 작업공정의 효율화 및 개선을 유도할 수 있었을 것이다. 그러나 국내에서는 적용절차의 복잡화, 제도적 적용 시기의 장기화에 따른 시공일정 준수의 어려움 등 시공VE 도입을 위한 선개선 과제들과 문제점들이 많이 있어 이를 위한 법규정의 이행 및 발주기관과 정부의 이해와 노력이 적극적, 주도적으로 이루어져야만 진정한 VE의 효과를 거둘 수 있으리라 본다.

표 7. 시공VE 활동 결과

구분	도출 Idea	채택Idea (대안)	추후 검토	설계 제안	기각/기반영
교량	47	14	10	3	20
터널	54	13	5	9	27
합계	101	27	15	12	47

4.3 가치평가 결과

총 27개의 채택아이디어 중 18개를 최종 대안으로 구체화하여 채택되었으며 채택된 대안의 적용을 통해 원안대비 교량 24.9%, 터널 26.1% 성능향상 되었으며 전체프로젝트 종합성능은 27.4% 향상되는 것으로 분석되었다. 교량은 구조안전성과 시공성, 터널은 시공성과 환경성에서 성능향상을 나타내었으며 결과는 그림 2와 같다. 또한 총공사비 대비 0.54% 절감 효과를 거두었으며 이는 VE검토 대상인 교량, 터널 각각의 대안 절감액을 종합하여 분석한 결과이며 가치는 <그림 3>과 같이 28.1% 향상되는 것을 분석되었다.

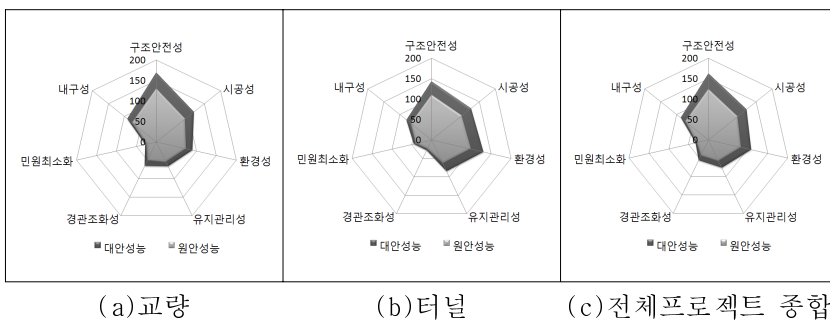


그림 2. 성능평가항목별 성능평가 결과

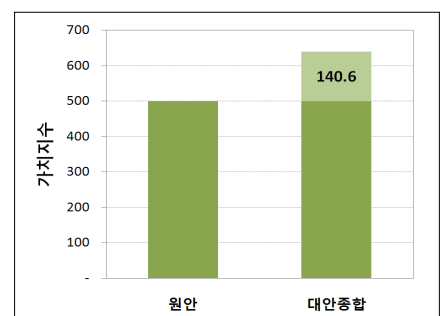


그림 3. 전체프로젝트 가치분석

5. 결론

본 연구에서는 시공VE 적용을 통한 가치향상을 유도하고 해외 건설 사업에서의 시공VE제도 적용 활성화에 기여하고자 시공VE적용사례를 연구하였다. 그러나 국내에서 극히 일부에서만 수행되고 있는 시공VE를 활성화하기 위해서는 설계변경을 통한 기술보상제도 및 발주처의 인센티브 등의 방안을 제도적으로 뒷받침해야 하며, 이를 적극적으로 수용하려는 노력이 상호작용해야 할 것이다.

본 연구에서는 철도건설사업의 시공VE현황 및 사례를 고찰해 보고 개선사항을 다음과 같이 도출하였다.

- 1) 시공VE수행과정을 통해 타 공사 수행에서 얻은 노하우를 응용한 합리적이고 안전한 공법의 적용
- 2) 시공관련 협력업체 및 관련업체간의 상호 의견조율을 통한 공법의 개선 및 신공법의 유도가 가능
- 3) 사례에서 볼 수 있듯이 시공VE를 통해 도출된 가치대안을 설계변경으로 연결하여 큰 비용절감 및 가치증진이 가능하므로 설계변경시 인센티브제도의 현실적인 적용 등을 객관화 하여 공사현장의 시공VE 활동이 적극적으로 추진되도록 유도해야 할 것이다.

참고문헌

1. Brais R. Norton & W.C McElligott, Value Management In Construction, MacMillan, 1995
2. John Kelly and Stven Male , Value Management in Design and Construction, E & FN,1993
3. 김종득 (2004), 공공건설공사에 있어서 시공VE 적용상의 문제점 분석 및 개선방안에 관한 연구, 중앙대
4. 박찬식 외4명 (2003), 건설공사 생산성 향상을 위한 시공VE제도 개선방안, 한국건설산업연구원
5. 박현 외1명 (2000), VE방법론 및 제도 활성화 방안연구, 한국개발연구원
6. 서용철 (2007), 국내 건설VE 운영현황과 발전방향, (주)건축사사무소 건원엔지니어링
7. 이지웅 (2002), 국내건설VE인센티브 프로그램개발에 관한 연구, 중앙대