

최적 철도 노선 선정을 위한 VE/LCC 평가 모델 개발

Development of VE/LCC Evaluation Model for Railway Route Selection

이동욱¹ · 이태식²

Lee, Dong Wook · Lee, Tai Sik

Abstract

Optimal route selection of railway should take consideration of the function of the railway, topography, practicability of construction and management as well as the cost. This study performed the surveys for experts and surrounding industries and the review for the bid guidelines in order to develop the quality model with the AHP method and establish the weight for each factor. Six quality models were developed for such as the efficiency of railway operation, structure design and practicability, economic feasibility, correspondence with other plans, civil appeal and environmental sustainability, and correspondence with system. The detailed evaluation elements were also derived by each factors.

Keywords : VE/LCC(가치공학, 생애주기비용), Railway Route Selection(철도노선선정), AHP(계층적 분석 과정)

1. 서론

철도의 최적 노선 선정은 설계단계에서 가장 중요한 사항 중의 하나로, 이는 시공비용 측면뿐만 아니라 철도 건설 목적이나 지역 및 지형적 특징, 시공관리의 용이성 등을 고려하여 종합적으로 평가 실시되어야 한다. 최근 설계단계에서의 최적 노선 선정은 VE/LCC(Value Engineering/Life-Cycle Cost) 기법을 이용하여 대안들을 비교 분석하여 실시하고 있다. 그러나 기존의 최적 노선 선정방법은 현장의 여건을 고려하지 못하는 단점뿐만 아니라 분석 절차에 있어서도 AHP 기법의 적용에 문제점을 내포하고 있는 것으로 나타나고 있다.

본 연구에서는 최적 노선 선정을 위한 품질모델을 개발하기 위한 연구로, 기존의 설계단계에서의 최적 노선 선정 방식을 살펴보고 그에 따른 문제점을 분석해 보고자 한다. 그리고 철도공사의 특성을 반영한 평가 척도의 개발과 함께, 전문가의 의견 수렴 및 현장여건을 고려할 수 있는 품질 모델을 도출하고자 한다. 철도공사의 특성과 현장여건을 고려한 세분화된 평가요소를 도출함으로써 기존 평가

방법과의 차별성을 시도하고자 하며, 도출된 품질모델에 대한 검증은 위하여 기존 평가방법과의 비교를 실시하고자 한다.

2. 설계단계 VE/LCC

2.1 설계단계 VE/LCC의 목적

설계단계에서의 VE/LCC의 적용은 공사비 절감을 통한 공공사업의 효율적 추진을 도모하기 위한 것으로, 창조적 대안 창출을 통한 계획·설계단계에서의 부실설계를 방지하고 품질 및 사용자 편의를 최대화함과 동시에 공사비 및 유지관리비 등 생애주기비용을 절감하기 위한 것이다.

계획, 기본 및 실시설계 단계에서 발주자가 당초 설계시 프로젝트에 참여하지 않는 사람들로 하여금 새로이 VE 검토팀을 구성케 하여 발주처 및 사용자 요구기능을 만족시키고 프로젝트의 생애주기비용(Life-Cycle Cost)을 절감하기 위하여 당초 설계를 재검토하여 대체안을 작성하는 것이 원칙이다. 이론과 경험을 토대로 확립된 기법을 체계적으로 사용하여 설계자에 의하여 작성된 프로젝트의 설계내용을 설계자 이외의 사람들이 그 프로젝트의 요구기능과 비용의 관점에서 재분석하여 가치향상이 될 수 있는 방안

1 정회원, 한양대학교 토목환경공학과 BK21건설사업단 공학박사
2 정회원, 한양대학교 토목환경공학과 교수

에 대하여 구체적으로 검토하고 그것을 정리하여 VE 제안을 통하여 실제 설계에 반영하고자 하는 것이다.

특히 고가의 시공 및 유지관리비가 소요되는 공사, 고난도의 프로젝트, 복잡한 공정을 포함하는 공사에서 이러한 VE 제안이 필요하며(그림 1(a)), 설계 초기단계에서 과거의 경험을 바탕으로 LCC기법을 도입함으로써 높은 비용 절감 효과를 기대하고자 하는 것이 목적이다(그림 1(b)).

2.2 VE/LCC의 법적 제도와

국내에서는 80년대 중반부터 VE제도를 도입하려 하였지만 가장 효과가 높은 기획·설계단계에서 적용되지 못하였고, 시공단계에서만 부분적으로 적용되어왔다. 이후 2000년 건설교통부의 ‘공공 건설사업 효율화 종합대책’의 일환으로 설계단계에서의 VE 적용을 위한 실무 시행령에 의한 설계 VE의 적용이 법제화(건설기술관리법시행령 제38조의 13)됨으로써 설계 VE 검토시 LCC 검토가 의무화되게 되었다. 설계의 경제성 검토가 필요한 공사로는 총공사비 500억원 이상의 건설공사로서, 시설물의 안전관리에 관한 특별법 제2조 제2호의 규정에 의한 1종 시설물이 포함된 건설사업, 신공법 또는 특수공법에 의하여 시공되는 건설사업, 기타 발주청이 필요하다고 인정하는 사업이 이에 해당한다.

미국에서는 1991년 미육상운송효율화법(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act : ISTEA) Sections 1024, 1025에서 주정부의 교량, 터널, 포장 등의 설계 및 시공 LCC를 검토하도록 법적으로 의무화하고 있다. 또한 1994년 US DOT의 Executive Order 12893에 의하여 연방정부의 기간시설물 투자를 위한 LCC 평가를 의무화하고 있으며, 1995년 NHS Designation Act에 의하여 2,500만불의 정부 공공 발주공사에 대하여 LCC 분석을 의무화하고 있다. 일본 건설성의 경우도 2000년부터 공공공사에 LCC 검토를

포함한 대안입찰 방식을 채택하고 있다.

2.3 설계 VE/LCC 분석 절차

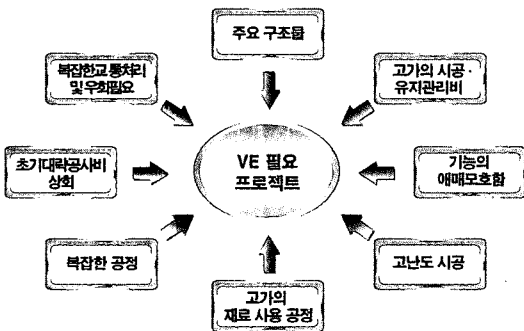
미국에서 그동안 오랜 연구와 경험을 통하여 VE 효과를 높이기 위하여 VE 검토를 위한 수행절차와 각각의 절차에 대한 세부작업 내용에 대한 지침이 확립되어 그 성과를 올리고 있으며, 이러한 VE 검토 절차 및 내용을 VE 수행계획(Job plan)이라고 하고 있다. 프로젝트의 종류, 규모, 복잡성 등에 따라 설계 VE 추진절차를 간소화하거나 그 방법을 달리할 수 있으며, VE 검토를 보다 효과적으로 수행하기 위해서는 VE 검토(VE Study)에 앞서 충분한 사전조사(Pre-study)를 함과 동시에 VE 제안을 효과적으로 활용할 수 있도록 할 사후조사(Post-study)가 필요하다.

VE 절차는 VE 연구를 위한 대상 프로젝트의 정의를 시작으로 하여, 설계 지식 획득 및 주요 기능 평가, 조사단계에서 도출된 설계요소의 기능에 대한 자유로운 토론, 각 기능에 대한 선택대안의 개발을 통한 최상의 아이디어 선정으로 순서로 진행된다. 특히 LCC 분석에 있어서는 분석방향 설정(분석범위, 비용항목, 분석부위, 인자에 대한 기준)의 설정과 LCC 변수(할인율, 분석기간, 비용항목)의 설정을 실시한 후에, 대안의 요구성능 분석, 비용항목의 계량화, 기회손실 비용의 산정 및 각 대안의 LCC 산정을 통한 종합적인 평가(할인율에 따른 민감도 분석, 컴퓨터 시뮬레이션 기법에 의한 비용항목의 발생 분포도 해석)의 순서로 이루어진다(그림 2).

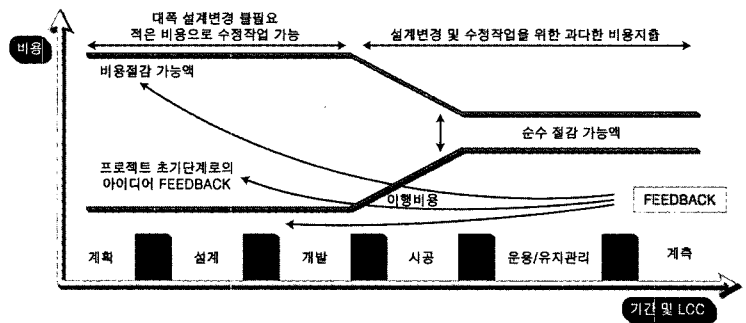
3. 철도노선 선정 절차 및 문제점

3.1 철도노선 선정절차

기존의 철도의 노선 선정에 있어서 VE 검토(평면선형 및 종단선형 검토) 기본방향은 (1) 선형설계 분야의 기능분석



(a) 설계 VE가 필요한 프로젝트



(b) LCC기법의 도입시기와 비용절감효과

그림 1. 설계 VE/LCC 목적

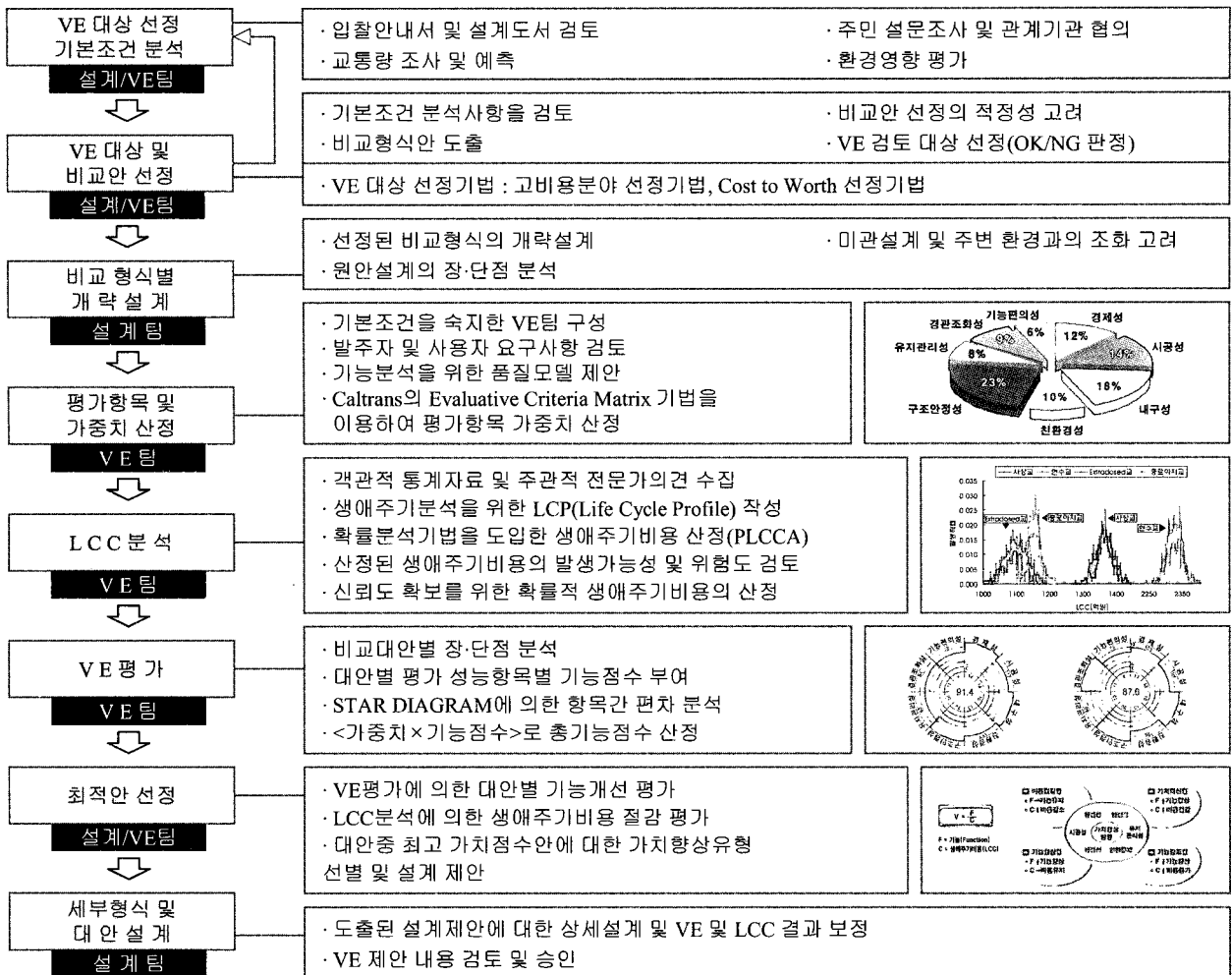


그림 2. 설계 VE/LCC 분석 절차

을 통한 합리적인 대안 선정, (2) 경제적 측면뿐만 아니라 사회, 환경 등 비경제적 요소를 종합적으로 평가하여 최적의 대안 도출, (3) 설계 개선사항을 도출하여 기능향상과 비용절감을 도모, (4) 평가항목 가중치 산정시 매트릭스 평가법의 적용 등으로 요약할 수 있다.

중단선형 VE 설계 검토의 예를 살펴보면, 철도의 주요한 기능(주기능, 부기능, 필수기능)을 나열하고, 이를 통하여 품질모델 선정과 기능정의의 통한 평가 기준을 도출하게 된다. 평가항목간의 가중치를 산정하기 위하여 매트릭스 결정법에 의하여 상대적인 가중치를 산정하고, 이를 통하여 기본 설계안과 대안에 대한 각 평가항목별 등급을 도출하게 되며, 가중평가치(가중치×등급)을 통해 기능점수(F)를 도출하게 된다. 또한 각 대안별 LCC 분석을 통해 LCC 상대점수(C)를 도출하고 이를 통해 종합적인 가치점수(V=F/C)를 도출하며, 각 대안별 가치점수의 비교를 통해 가장 최적안의 선형을 도출하게 된다(그림 3).

3.2 기존 철도노선 선정절차의 문제점

그림 3의 적용 절차에서 알 수 있듯이 지금까지 실시되어 왔던 기능평가는 평가항목의 가중치 산정에 있어 1단계의 비교 항목을 도출하는 수준에 머무르고 있다. 1단계의 비교 항목(그림 3의 경우 경제성, 시공성, 민원성, 친환경성, 교통안전성, 기능성, 유지관리성) 도출은 해당 프로젝트의 특성을 반영하여 도출되기 보다는 대부분 철도의 기능에 초점을 맞추어 도출되고 있으며, 가중치의 결정도 철도의 기능에 초점을 맞추어 결정되고 있어 해당 프로젝트의 특성을 반영하는 평가 모델이 되지 못하고 있다. 또한 항목별 가중치를 결정함에 있어서도 해당 프로젝트의 특성이 구체적으로 명시되어 있지 않기 때문에 평가자에 따라 상이한 평가결과가 나타나고 있어 해당 프로젝트에 대한 기능적인 평가를 실시함에 있어 객관성이 결여되는 문제점을 내포하고 있다.

따라서 해당 프로젝트의 특성을 반영하는 평가가 이루어

(1) 기능 정의

주기능	부기능	필수기능
F1. 안전할 수송을 도모	F11. 열차주행의 안전성 확보	F111. 열차주행에 적합한 구배 변함점 확보
		F112. 운전습성을 고려한 급구배 배제
	F12. 편리성 확보	F121. 적절한 구배 확보로 원활한 배수성 확보
		F122. 공정의 복잡성 및 공기 고려
F13. 지반의 안정성 확보	F131. 부력에 대한 안정성 확보	
	F132. 토압에 대한 안정성 확보	
F2. 시공의 용이성 추구	F21. 시공의 편리성 확보	F211. 시공정비의 작업성 만족
		F212. 공정의 복잡성 및 공기 고려
	F22. 지장을 처리 편리성 확보	F221. A교량의 노선과 간섭 최소화 F222. B부위 현장일목에서의 안정성 확보

(2) 기능 정의를 통한 평가기준의 선정

평가항목	세부 평가 요소
A. 경제성	생애주기비용(LCC) 측면에서 유리한 노선을 고려하여 선정
B. 시공성	건설시 교량, 터널, 지장물 등 공사의 난이도도 고려하여 노선 선정
C. 민원성	노선 주변 생활권의 피해 여부, 민원소지 여부도 고려하여 선정
D. 친환경성	자연환경 및 생활환경에 대한 주요 영향의 조사 평가
E. 교통안전성	중단선형/평면선형 검토, 기존 도로의 동행방향관계 및 소통축선 고려
F. 기능성	사업시행에 따른 영향권 지역의 접근성, 기존 계획과의 관련성 고려
G. 유지관리성	공공기간 동안의 도로관리 및 구조물 유지관리 용이성 고려

(3) 평가항목 가중치 선정

평가항목	평가							점수
	A	B	C	D	E	F	G	
A. 경제성	A/B	A/C	A	A/E	A/F	A	A	4.0
B. 시공성	B/C	B/D	B/E	B/F	B	B	3.5	
C. 민원성	C/D	E	C/F	G	G	G		2.0
D. 친환경성	E	D/F	D/G				2.0	
E. 교통안전성	E/F	E/G						4.0
F. 기능성	F/G						3.0	
G. 유지관리성								2.5
합 계								

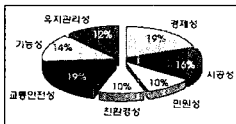


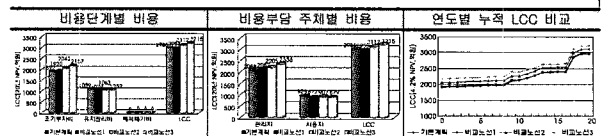
그림 3. 기존 철도 노선 선정의 VE/LCC 적용 절차

지기 위해서는 해당 프로젝트의 특성을 반영하는 평가 항목이 세부적으로 고려되어야 한다. 즉, 1단계 기능 평가 항목별로 해당 프로젝트의 특성을 고려할 수 있는 세부 평가항목을 도출하고, 각 세부항목에 대한 상대적인 가중치를 도출하는 노력이 필요하다. 이러한 절차를 고려해야만 해당 프로젝트의 특성이 제대로 반영된 기능 평가가 가능하다.

즉, 1단계의 기능적 평가항목은 전반적인 철도의 특성에 맞추어 도출하여 가중치를 결정하고, 1단계 기능적 평가항목별로 해당 프로젝트의 특성을 반영한 세부 평가항목을 도출하고 프로젝트의 특성에 맞게 세부 평가항목별 가중치를 도출하여야 한다. 이를 통해 철도의 특성과 해당 프로젝트의 특성을 동시에 고려할 수 있는 평가 모델을 도출할 수 있다.

(4) 대안별 LCC 분석

구분	기본계획안	비교 1안	비교 2안	비교 3안	비교 4안
		비교노선 1안	비교노선 2안	비교노선 3안	비교노선 3안
LCC (억원)	초기투자비	1,891.6	1,919.9	2,042.5	2,157.3
	유지관리비	1,089.0	1,029.1	1,064.3	1,051.6
	해체처리비	5.8	5.7	5.7	5.7
	합 계	2,986.4	2,954.7	3,111.5	3,214.6
상대절감액 (억원)	-	31.7	-125.1	-228.2	
상대절감율 (%)	-	1.1%	-4.2%	-7.6%	
생애주기비용 상대점수	1.011	1.000	1.053	1.088	



(5) 가중비교 매트릭스 (Weighted Comparison Matrix)

평가항목	가중치 (①)	기본계획안		비교노선 1안		비교노선 2안		비교노선 3안				
		등급 (②)	점수 (①×②)	등급 (②)	점수 (①×②)	등급 (②)	점수 (①×②)	등급 (②)	점수 (①×②)			
경제성	19	9	171	10	190	8	152	7	133			
시공성	16	8	128	9	144	9	144	8	128			
민원성	10	9	90	8	80	8	80	9	90			
친환경성	10	9	90	9	90	8	80	8	80			
교통안전성	19	7	133	9	171	9	171	9	171			
기능성	14	9	126	10	140	10	140	9	126			
유지관리성	12	8	96	10	120	9	108	9	108			
설계기능점수(F)			83.4			93.5			87.5			83.6
공사비 상대비(C)			1.000			1.015			1.080			1.140
가치지수(V=F/C)			83.4			92.1			81.0			73.3
LCC 상대비(C)			1.011			1.000			1.053			1.088
가치지수(V=F/C)			82.5			93.5			83.1			76.8



4. 기능평가의 세분화를 통한 철도노선 선정의 VE/LCC 분석

4.1 세분화된 품질모델 도출 절차

기존의 VE/LCC 단계에서 나타난 기능분석의 문제점을 해결하기 위해서 전문가 의견 조사, 현장 주변 여건 조사, 입찰 안내서 분석 등을 통하여 품질모델 및 가중치를 선정하고자 하였다. 또한 각 평가항목별 세부 평가항목을 도출하고 세부기능평가 및 LCC분석을 통하여 최적 노선을 선정하고자 하였다. 이러한 최적 노선 선정방법을 실제 프로젝트에 적용함으로써 기존 평가방식과 세부 평가항목을 통한 평가방식간의 차이점을 비교 분석하고자 하였다(그림 4).

4.2 평가항목의 도출

평가항목의 도출은 2단계로 구성된다. 첫째는 기존의 평가방식에서 도출된 것과 같은 1단계 평가항목을 도출하는

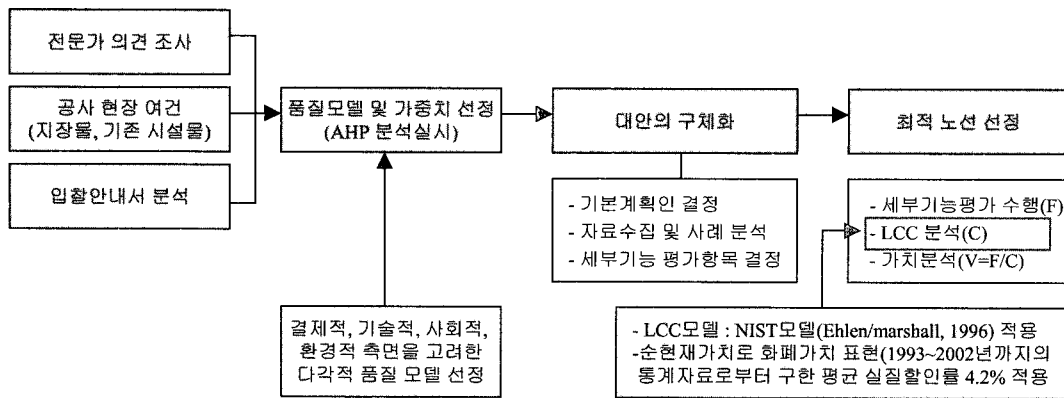


그림 4. 세분화된 품질 모델 및 가중치 도출 절차

단계이고, 두 번째 단계는 1단계 평가항목별로 해당 프로젝트의 특성을 반영한 세부 평가항목을 도출하는 단계이다.

먼저 1단계 평가항목은 기존의 철도 노선 선정에 있어서 주요한 평가 항목을 통하여 도출하고자 하였다. 기존의 철도 노선 선정에 있어 평가항목으로 활용된 빈도가 높은 항목을 도출하고 유사항목을 그룹핑을 실시하였다. 이를 통해 6개 항목(열차운행의 효율성, 합리적 구조물 계획 및 시공 용이성, 경제성, 관련 계획의 부합성, 민원 및 환경 친화성, 시스템 분야와의 연계성)으로 구성된 품질 모델을 도출하였다.

도출된 6개 평가항목(1단계 평가항목)의 가중치를 결정하기 위하여 AHP기법을 통해 6개 평가항목에 대한 상대비교(매우중요:3, 중요:2, 동등:1)를 실시하였다.

가중치 도출 결과에 따르면 '관련 계획과의 연계성'이 23%로 가장 높게 나타났으며, '시스템 분야와의 연계성'이 10%로 가장 낮은 가중치로 조사되었다(그림 5).

2단계 세부 평가항목을 도출하기 위하여 입찰안내서 분석을 통해 발주자의 프로젝트 요구사항(노선 및 시설계획의 운영 성능, 관련기관 장래계획을 감안), 공사 현장 여건 등

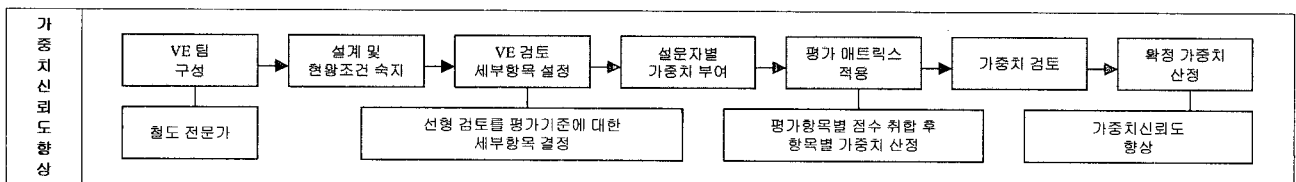
공사구간을 고려함과 동시에 용지 보상 및 지장물 이설비가 최소화될 수 있는 노선을 선정하기 위한 품질 모델을 선정하고자 하였다. 각 항목별로 프로젝트의 특성을 반영한 세부항목의 도출 및 세부항목에 대한 대안별 등급결정은 철도 분야 전문가의 협의에 따라 결정할 수 있도록 하였다. 세부항목간의 가중치 결정은 1단계 가중치 결정과 동일하게 AHP 방식에 따라 가중치를 결정하였으며, 도출된 세부항목에 대한 평가는 10단계(1:매우치명~10:탁월)를 원칙으로 하였다(표 1).

첫 번째 평가항목(열차운행의 효율성)은 3급선 설계기준의 선형확보, 노선 연장의 단축, 운전성 확보에 관점에서 4

표 1. 세부항목 평가등급

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
치명적임	문제 많음	이주 불리	불리	약간 문제	이점 없음	보통	우수	매우 우수	탁월

- 각 평가항목당 10등급으로 평가 후 $\sum(\text{등급} \times \text{가중치}) = \text{총가중평가지}$
- $\text{총가중평가지} \times 0.1 = \text{설계기능점수(F)}$



		A	B	C	D	E	F	점수	가중치			
평가 기준 매트릭스	A. 운행효율성	A/B	1	A	A/D	1	A/E	1	A/F	1	6	19%
	B. 시공성	B/C	1	B	D	3	E	2	B	2	4	13%
	C. 경제성	C/D	1	C	C/D	1	C/E	1	C	2	5	16%
	D. 관련계획과 연계성	D/E	1	D	D/E	1	D/F	1	D	1	7	23%
	E. 민원/친환경성	E/F	1	E	E/F	1	E/F	1	E	1	6	19%
	F. 시스템 분야와의 연계성								F.시스템 분야와의 연계성		3	10%
합 계										31	100%	

그림 5. 평가항목의 도출 및 가중치 결정

표 2. 평가항목별 세부항목의 도출 및 등급평가

<열차의 운행 효율성>

구분	비중	기본계획	등급	대안 1	등급	대안 2	등급	대안 3	등급				
최소 / 최대 곡선 반경	25%	300m/2500m	8	300m/2500m	8	300m/2500m	8	300m/2500m	8				
곡률 기울기	25%	12.5%	8	12.5%	8	12.5%	8	12.5%	8				
노선 연장	25%	2,920.00m	8	2880.38m	10	2,897.64m	9	2,931.78m	8				
T P S	25%	남권(상행)	8	남권	10	남권	9	남권	9				
시간		북권(상행)		북권		북권		북권					
에너지 (kW/h)		5.8		5.53		5.39		5.51		5.39	5.53	5.39	5.52
속도 (km/h)		129.87		111.66		111.71		117.12		112.77	117.99	112.63	117.74
평가 등급		8.0		9.0		8.5		8.3					

<합리적 구조를 계획 및 시공용이성>

구분	비중	기본계획	등급	대안 1	등급	대안 2	등급	대안 3	등급
교차로 통과부	10%	• ○○산입단지 진입도로 교차로 내 교차설치	4	• 입체교차로를 고려한 교차 배치 배제	7	• 입체교차로를 고려한 교차 배치 배제	7	• 입체교차로를 고려한 교차 배치 배제	7
해상교량	30%	• ○○수로 항로 통과 구간 약 150m 및 기초시공 심도가 깊음	5	• ○○수로항로 통과 구간 약 100m 및 기초시공 심도 양호	9	• ○○수로항로 통과 구간 약 195m 및 기초시공 심도 양호	6	• ○○수로항로 통과 구간 약 68m 및 기초시공 심도 가장 얇음	10
○○천 주위	20%	• ○○천 제외지 통과 → 시공성 매우 불량	6	• ○○천 제내지 통과 → 시공성 양호	8	• ○○천 제내지 통과 → 시공성 양호	8	• ○○진입도로 근접 시공으로 기초간섭 발생	6
남권 접속부	20%	• 연약지반부 흙쌓기로 침하에 불리	6	• 교량 및 U-Type 계획으로 침하 해소	8	• 교량 및 U-Type 계획으로 침하 해소	8	• 교량 및 U-Type 계획으로 침하 해소	8
북권 접속부	20%	• Box 라멘 구조물로 시공성, 경제성 불리	6	• 교량으로 시공성, 경제성 확보	8	• 교량으로 시공성, 경제성 확보	8	• 교량으로 시공성, 경제성 확보	8
평가 등급		5.5		8.2		7.3		8.1	

<경제성의 확보>

구분	기본계획	대안 1	대안 2	대안 3
초기 투자비	106,202.0 백만원	100,973.0 백만원	104,736.0 백만원	101,969.0 백만원
용지 보상비	2,912.5 백만원	2,911.7 백만원	2,929.1 백만원	2,963.7 백만원
유지 보수비	61,556.9 백만원	56,752.9 백만원	63,685.4 백만원	58,851.1 백만원
해체 폐기비	614.3 백만원	574.9 백만원	563.3 백만원	568.2 백만원
사용자 비용	37,168.2 백만원	37,919.4 백만원	37,704.1 백만원	37,560.6 백만원
LCC	208,454.0 백만원	199,131.9 백만원	209,617.9 백만원	201,912.6 백만원
평가 등급	8	10	7	9

<민원 및 환경친화성>

구분	비중	기본계획	등급	대안 1	등급	대안 2	등급	대안 3	등급
산업단지 영향성	30%	• 정밀기계 보유 업체와 이격 거리 최소 15m	6	• 정밀기계 보유 업체와 이격거리 최소 15m	6	• 정밀기계 보유 업체와 이격거리 최소 55m	8	• 정밀기계 보유 업체와 이격거리 최소 15m	6
○○천 영향	30%	• 유수부내 교차설치로 수위 상승 이 큼	5	• 제내지로 수위 상승에 대한 영향 없음	10	• 제내지로 수위 상승에 대한 영향 없음	10	• 송정천내 교량 통과로 수위상승 영향 있음	6
○○수로 통행성	40%	• Truss 거치서 항로 절거로 이용 선막 민원 발생 가능성 가장 높음	5	• 해상교량 연장 축소 및 상부형식(FCM) 변경으로 항로 영향 최소화	9	• 해상교량 연장이 가장 길어 공기가 걸려서 민원발생 가능성 높음	7	• 해상 교량 연장은 짧으나 이치고 시공에 따른 민원발생 예상	7
평가 등급		5.3		8.4		8.2		6.4	

<관련 계획과의 부합성>

구분	비중	기본계획	등급	대안 1	등급	대안 2	등급	대안 3	등급
선박운항 안전성	20%	• 어선입항시 항로전후의 교각이 근접 되어 심리적으로 불안정	5	• 교각사이가 기본계획 대비 넓어보여 안정감 있음	9	• 교각사이가 기본계획 대비 넓어보여 안정감 있음	9	• 진입도로 교각에 근접 되어 가장 안정감이 큼	10
○○ IC 교차	10%	• 송정 IC입체교차 계획 미반영	6	• 송정 IC입체교차 계획 이 가능한 선형계획	8	• 송정 IC입체교차 계획 이 가능한 선형계획	8	• 송정 IC입체교차 계획 이 가능한 선형계획	8
○○단지진입도로	10%	• 도로상 교차설치	6	• 도로상 교차 설치 배제	8	• 도로상 교차 설치 배제	8	• 도로상 교차 설치 배제	8
기존국도	10%	• 도로상 교차설치로 국도기능 저하 우려	5	• 도로선형 일부조정으로 도로기능 확보	8	• 도로선형 일부조정으로 도로기능 확보	8	• 도로선형 일부조정으로 도로기능 확보	8
○○진입도로	20%	• 경간구성 및 종단고 상이함	6	• 도로교량과 유사한 경간구성 및 종단고	9	• 도로교량과 유사한 경간구성 및 종단고	9	• 병행시공으로 도시 경관 측면에서 유리	9
늘차철도(남권)	15%	• 늘차철도교 계획 미반영	5	• 늘차철도교 계획고가 반영된 설계	8	• 늘차철도교 계획고가 반영된 설계	8	• 늘차철도교 계획고가 반영된 설계	8
철송장(북권)	15%	• 평면상 이격(1.45m) • 종단상 단차(0.3m)	6	• 철송장 계획에 맞춘 평면조정	9	• 철송장 계획에 맞춘 평면조정	9	• 여객열차 운영에 대비한 계획 검토	7
평가 등급		5.0		7.8		7.3		8.0	

<시스템 분야와의 연계성>

구분	비중	기본계획	등급	대안 1	등급	대안 2	등급	대안 3	등급
신호, 통신, 공동관	40%	• 계획 없음	6	• 설치계획	9	• 설치계획	9	• 설치계획	9
전기점지설비	30%	• 계획 없음	6	• 설치계획	9	• 설치계획	9	• 설치계획	9
전철주 기초설치	20%	• 계획 없음	6	• 설치계획	9	• 설치계획	9	• 설치계획	9
여객열차 운행성	10%	• 계획 없음	6	• 여객열차 운영에 대비한 계획 검토	7	• 여객열차 운영에 대비한 계획 검토	7	• 여객열차 운영에 대비한 계획 검토	7
평가 등급		6.0		8.8		8.8		8.8	

구분	기본계획	대안 1	대안 2	대안 3						
기능평가 (F)	열차운행의 효율성:152 구조물 합리성 및 시공성: 71.5 시스템 분야의 연계성: 60 민원 및 환경친화성: 100.7 경제성: 128 관련계획 부합성:113.8 종합점수: 62.6	열차운행의 효율성:171.0 구조물 합리성 및 시공성: 106.6 시스템 분야의 연계성: 88 민원 및 환경친화성: 159.6 경제성: 160.0 관련계획 부합성:178.3 종합점수: 86.3	열차운행의 효율성:161.5 구조물 합리성 및 시공성: 94.9 시스템 분야의 연계성: 88 민원 및 환경친화성: 155.8 경제성: 112.0 관련계획 부합성:167.9 종합점수: 78.0	열차운행의 효율성:156.7 구조물 합리성 및 시공성: 105.3 시스템 분야의 연계성: 88 민원 및 환경친화성: 121.6 경제성: 144.0 관련계획 부합성:182.8 종합점수: 79.8						
기능개선율	-	37.9 % ↑	24.6 % ↑	27.5 % ↑						
LCC 결과 (C)	초기 투자비	106,202.0 백만원	100,973.0 백만원	104,736.0 백만원	101,969.0 백만원					
	용지 보상비	2,912.5 백만원	2,911.7 백만원	2,929.1 백만원	2,963.7 백만원					
	유지 관리비	61,556.9 백만원	56,752.9 백만원	63,685.4 백만원	58,851.1 백만원					
	해체 폐기비	614.3 백만원	574.9 백만원	563.3 백만원	568.2 백만원					
	사용자비용	37,168.2 백만원	37,919.4 백만원	37,704.1 백만원	37,560.6 백만원					
	LCC	208,454.0 백만원	199,131.9 백만원	209,617.9 백만원	201,912.6 백만원					
	LCC 지수	1.047	1.000	1.053	1.014					
민감도 분석 및 LCC	할인율에 따른 민감도 분석		기본계획 대비 비용 개선율		부담 주체별 비용					
	• 대안별 비용순위 변동이 없으므로 본 LCC결과에 대해 신뢰할 수 있음		• 대안 1이 가장 높은 개선율을 보임		• 관리자비용 측면에서역원으로 대안2가 가장 낮음					
가치향상 유형	기본계획안	가치혁신형			기능강조형			가치혁신형		
가치지수 (V=F/C)	59.8	비용 ↓	기능 ↑	기능 ↑	비용 ↑	기능 ↑	기능 ↑	비용 ↓	기능 ↓	기능 ↑
검토 결과		86.3(O) (가치 44.3% 향상)			74.1 (가치 23.9% 향상)			78.8 (가치 31.8% 향상)		
• 기본계획 및 3개 대안 노선평가 결과 열차운행 효율성 및 관련계획 부합성면에서 우수한 점수를 보여주며 전체 기능면에서 기본계획대비 37.9%의 향상률과 초기투자비 약 52억 유지관리비에서 약 48억 절감 효과로 LCC 측면에서 기본안대비 4.47%의 비용개선 효과가 예상되는 대안 1을 선정										

그림 6. A철도의 최적 노선 VE/LCC 평가 결과

가지 세부평가항목을 도출하였으며, 각 세부항목별 상대비중은 전문가의 협의를 통해 동등한 수준으로 결정되었다.

두 번째 평가항목(합리적 구조물 계획 및 시공 용이성)은 기존의 구조물(산업단지, 도로, 하천, 교량)을 고려하여 5가지 세부평가항목을 도출하였으며, 해상교량 항목이 본 프로젝트에 있어서는 가장 중요한 요소로 도출되었다.

세 번째 평가항목(경제성의 확보)은 선형 연장의 최소화 및 특수 교량의 연장 최소화, 용지 보상비 등을 고려하였으며, 이를 토대로 6가지 세부평가항목(초기투자비, 용지보상비, 유지보수비, 해체폐기비, 사용자비용, LCC)에 대한 각 대안별 공사비용을 산정하였으며, 각 대안별 등급산정은 전체 공사비의 합계를 토대로 산정하였다(표 2).

이와 같은 절차를 통해 각 대안별 VE/LCC 평가를 실시하였다. 대안별 비교에 있어서 기능 개선의 효과와 LCC 결과를 통한 가치(V=F/C)를 도출함으로써 최적 노선을 결정할 수 있었다. 평가 결과 기본계획안은 가치지수(V=F/C)가 59.8점으로 나타났으며, 대안 1의 경우는 비용도 절감되며 기능도 향상되는 가치혁신형 안으로 86.3점으로 나타났다(그림 6).

4.3 세부 기능평가 모델의 검증

기존 VE/LCC 평가 모델은 1단계의 평가 항목만을 가지고 최적 노선을 선정하는 모델로서, 기연급한 바와 같이 평가자의 주관적인 판단에 의하여 평가가 이루어지는 문제점

표 3. 평가방식 및 팀별 평가결과

프로젝트		기본계획	대안1
평가 방법	A팀	기존 평가 방식	세부기능평가
	B팀	세부기능평가	기존 평가 방식
평가 결과	A팀	8.75, 6.25, 5.75, 7.50	8.50, 8.75, 9.00, 8.50
	B팀	7.75, 7.75, 8.00, 7.75	7.25, 8.75, 6.75, 7.00

주) 지면 관계상 '열차의 운행 효율성'에 대한 기본계획안과 대안1에 대한 평가등급만을 대상으로 분석 실시

을 내포하고 있었다. 또한 프로젝트의 특성을 반영한 세분화된 평가항목이 고려되지 않음으로 인하여 객관적인 평가에 문제점이 있었다.

본 연구에서 도출한 세부 기능평가 모델은 1단계 평가항목의 경우는 철도공사의 특성 및 기능을 반영하여 도출하고, 각 평가항목별로 프로젝트의 특성을 반영한 세부평가항목을 도출하여 현장의 여건에 맞게 세부평가항목에 대한 가중치를 결정하고, 이를 각 등급별로 평가함으로써 철도공사의 특성과 특정 프로젝트의 특성을 동시에 고려할 수 있는 모델이다.

본 연구에서 도출한 세부기능평가 모델에 대한 검증은 위하여 본 연구에서 고려한 프로젝트(4.2에서 고려한 프로젝트)에 대하여 전문가를 대상으로 기존 평가 방식과 세부기능평가방식간의 차이점을 비교하였다.

전문가는 철도 노선 설계단계에서 VE/LCC에 관여하였던 담당자를 대상으로 선정함으로써 기존 평가 방식과 세부기능평가방식간의 차이점을 기존의 평가 담당자가 파악할 수 있도록 하였다. 두 평가방식간의 차이점을 분석하기 위해 8명의 전문가를 A, B팀으로 나누고, 2개의 프로젝트(기본계획, 대안1)에 대해서 각각 평가방식을 달리하여 Cross-Checking하도록 하였다. Cross-Checking을 하도록 한 이유는 동일한 프로젝트에 대하여 서로 다른 평가방식으로 평가할 경우에는 평가방식에 편향(bias)될 가능성이 있기 때문이다.

전문가의 평가 결과를 평균하여 분포 상태를 분석한 결과 기존 평가방식의 경우 점수 분포가 산별화 되어 나타난 반면, 본 연구에서 도출한 세부기능평가 방식에 따른 평가 결과는 집중화 되어 나타나는 것을 알 수 있다. 즉, 기존 평가 방식은 동일한 프로젝트에 대해서 주관적인 평가가 나타나는 반면, 세부기능평가 방식은 기존 평가방식 보다는 객관적인 평가가 이루어짐을 알 수 있다(표 3).

5. 결론

철도노선 선정을 위한 기존의 VE/LCC 분석은 평가항목의 가중치 산정에 있어서 1단계의 비교 항목의 도출 수준에서 머무르고 있다. 따라서 해당 프로젝트의 특성을 반영하지 못하는 문제점뿐만 아니라, 평가자가 서로 다른 평가기준을 가지고 평가에 임하는 단점을 안고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 입찰안 내서의 분석, 공사현장여건에 대한 조사 및 철도전문가의 의견을 토대로 평가항목을 도출하고, 또한 해당 프로젝트의 특성을 반영할 수 있도록 세부평가항목을 도출하였으며, 세부평가항목에 대한 전문가들의 협의를 통한 평가를 통해 최적 안을 선정할 수 있는 방법을 제시하였다. 또한 세부항목의 도출 및 평가를 통한 최적 노선 선정방식을 실제 공사에 적용함으로써 평가의 적용 가능성을 검토해 보았다.

각 프로젝트의 특성상 세부항목은 가변성을 지니고 있다. 그러나 항목 도출 및 각 항목에 대한 평가는 프로젝트의 특성을 반영할 수 있을 뿐만 아니라 평가자의 주관적인 평가의 문제점을 극복할 수 있을 것으로 기대된다. 물론 평가 등급설정 및 세부평가항목 도출 및 평가는 전문가들의 토론으로 도출이 가능하다.

참고 문헌

1. 건설교통부(2000), "공공 건설사업 효율화 종합대책".
2. 건설기술관리법령.
3. 건설산업연구원(1999), "건설사업의 LCC 분석 및 적용방안".
4. 안장원(1998), "공공공사에 대한 VE 제안 제도의 활성화 방안에 관한 연구", 석사학위논문, 중앙대학교.
5. 안장원(2002), "Life Cycle Cost 기법을 이용한 교량의 경제성 분석 - PSCI, STB, PSCB 교량을 중심으로 한 사례연구 -", 박사학위논문, 중앙대학교.
6. 한국도로공사(2002), "고속도로 교량의 구성요소별 생애주기비용분석 연구".
7. 한국시설안전기술공단(2001), "LCC 개념을 도입한 시설안전관리체계 선진화 방안 연구".
8. 한국시설안전기술공단(2002), "교량의 LCC 분석모델 개발 및 DB 구축방안 연구".
9. FHWA(1999), Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design
10. OECD Scientific Expert Group(1983), Bridge Rehabilitation and Strengthening, Organization for Economic Cooperation and Development, Paris, France.