

공공발주자 의사결정에 미치는 가치공학(VE)의 영향력 분석 - 프로젝트 생애주기를 중심으로 -

박종순¹ · 전재열*

¹단국대학교 건축공학과

The Influence Analysis of Value Engineering for the Public Employer's Decision Marking - Focused on the Project Life Cycle -

Park, Jongsoon¹, Chun, Jaeyoul*

¹Department of Architectural Engineering, Dankook University

Abstract : The public employers are faced the mounting importance of decision process to settle the optimum VE delivery system of such public facilities buildings and etc. The elements of decision process of the public employer are formed in the various relationships of the concerned and when the projects are coming into effect, the decision process in the VE delivery method and the selection of contractor will be the name of the game. The decision process in the VE delivery method and the selection of contractor are created a case to be one and the same as well as initiates a consistency for the performance. However, the function and role of the public employer are projective accordingly to the organization of employer and the employer especially no system is equal to the capability of perfect evaluation and verification of the ability of the employer. Especially the lowest bidder policy that started with justification to increase the competitiveness and technical capability of the contractors through the completion in between contractors has been providing the hotbed for insolvency, irregularity and irrationality as a result. From this point of view it is declared that the buildup the edifice of supporting system in the process of decision to recover the mutual trust and respect of the concerned in the VE delivery system with the technostress and the systematization based on drawing the elements which affect the decision process of public employer.

Keywords : Public project delivery system, Public employer, VE(Value Engineering), Influence element and power

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

가치공학(Value Engineering, 이하 VE)은 기능을 통한 가치의 개선을 목적으로 하는 인상 깊은 역사를 가진 조직화된 프로세스이다. 또한 VE는 시설의 생애주기 비용을 최적화하고 가치를 개선하고자 하는 정밀하고, 조직적인 노력이다. VE는 요구되는 성능수준을 희생하지 않고 이러한 비용측면의 향상을 낳게 된다. VE 프로세스는 품질, 신뢰성, 성능, 그리고 고객의 기대에 부합하거나 능가하는 다른 중요한 요소들을 보증하면서, 불필요한 기능과 비용을 제거하기 위한 기

회를 검증하는 수단이다.

1947년 미국의 GE사에서 생성된 VE는 제조업에서 활용되다가 1949년에 발표한 논문 가치분석계획(Value Analysis Program)이 VE의 효시가 되었다. 1960년 중반경부터 건설의 비용절감 기술로 사용되어 왔다(현창택 1986).

국내에서는 2006년부터 공사비 100억원 이상의 공공프로젝트에서 기본설계 및 실시설계 단계에서 설계VE를 수행하도록 의무화 되었다. 건설 산업의 변화된 환경에서 아직까지 건설VE의 효율성에 대한 신뢰도가 낮은 상태이고, 일부 형식적인 과정 및 절차로 이루어지는 면도 있지만, 공공프로젝트를 책임지고 있는 발주자들에게 VE의 중요성이 점증되고 있음은 분명한 사실이다. 이와 같은 관점으로 본 연구에서는 VE 공공발주체계의 과학화, 시스템화를 통하여 공공발주자 의사결정을 객관화시키고 발주체계 관련자들의 상호신뢰 회복을 위한 의사결정 지원체계의 구축을 위하여, 공공발주자에게 미치는 VE 프로젝트 발주체계의 영향력 분석에 대한 데

* Corresponding author: Department of Architectural Engineering, Dankook University, Yongin, 448-701, Korea
E-mail: jaeyoul@dankook.ac.kr
Received October 7, 2014; revised December 15, 2014
accepted January 28, 2015

이터베이스를 구축하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구는 다음과 같은 방법 및 절차에 의하여 수행되었다. 첫째, 국내의 VE 수행현황 분석을 통하여 수행체계의 문제점을 고찰하고, 둘째, 도출된 문제점의 개선을 위하여 건설VE 수행사례를 통한 프로젝트 발주 시 고려하여야 할 VE 영향요소를 추출하여, 셋째, 설문결과에 대한 회귀분석 및 요인분석을 통하여 전체의 60%이상의 영향력을 가지는 15개의 영향요소를 도출하여서, 넷째, 도출된 영향요소에 대한 AHP분석을 통하여 프로젝트 생애주기 동안 각 단계에 미치는 영향력을 분석하여 제시하고자 한다(Fig. 1).

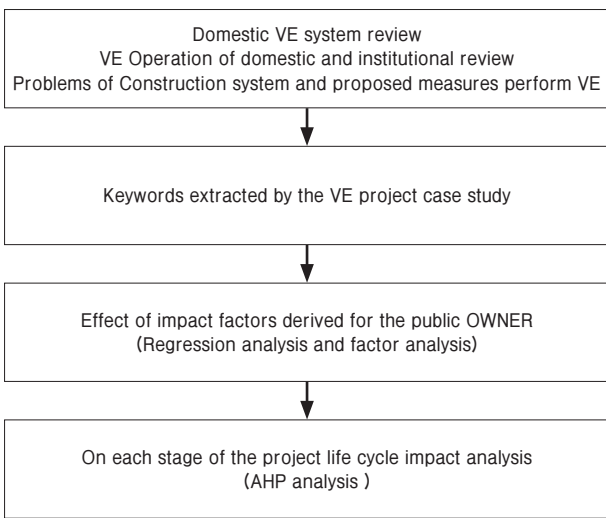


Fig. 1. VE Study flowchart

2. 국내외 VE운영체계 고찰

2.1 선행 연구고찰

현창택(2003)은 ANP를 이용한 대형공사 적정발주방식 선정에 관한 연구에서 발주방식의 특성을 효과적으로 평가할 수 있는 ANP기법을 이용하여 발주방식 선정시 주요 인자들을 4단계로 구성된 발주방식 선정모델을 제안, 박경호(2009)는 최근 설계VE용역 입찰사례분석 및 개선방향에서 조달청 발주용역을 대상으로 사례를 분석하고 문제점을 파악하여 발주처 담당자 입장에서 향후 올바른 설계VE 용역 발주를 위한 개선방향을 제시, 박명수(2012)는 최근 지자체중심으로 설계VE용역 발주가 늘고 있으나 발주방식에 상당한 문제점으로 인해 역량있는 VE전문가의 참여가 원천적으로 봉쇄당하는 구조가 되어 효과적인 VE수행을 저해하고 있어 최근 불합리한 VE용역 발주 및 입찰방법에 대한 원인과 설계VE 발주 및 입찰업무를 시행하고 있는 관련기관 및 발주처에서 나아가야 할 올바른 방안과 발주방법에 대한 개선방안을 제시, 하유광(2013)은 최근 국내의 설계VE 발주현황 및 VE 발

주제도 개선방안에 관한 연구에서 설계의 경제성등 검토 시행지침에서 VE 수행자 선정시 VE 업무의 부족과 발주방법에 대한 세부기준이 미흡하여 대다수 VE 용역발주는 기술력에 대한 평가없이 무분별하게 발주되고 있어, 발주제도 개선방안을 제시, 임중권(2014)은 효율적인 VE워크숍을 위한 웹기반 VE지원시스템 개발에 대한 기초연구에서 프로젝트 의사결정을 위한 기능분석 및 FAST도 전산모델, 웹기반 VE워크숍 수행 및 프로젝트 의사결정프로그램을 제안하여 다양한 이해관계에 놓인 의사결정자의 신속한 의사결정을 지원하며 VE업무 효율화를 극대화시킬 수 있는 의사결정프로그램을 제안하였다.

2.2 국내 VE시행 현황

VE관련 국내의 법령체계는 설계VE와 시공VE로 구분하여 건설기술진흥법, 시행령 및 시행규칙과 국가계약법 그리고, 공사계약 일반조건에 근거를 두고 시행되고 있다. 대부분 시공VE를 규정하고 있지만 건설기술진흥법(건설기술관리법 전부 개정 2013. 5. 22)에만 설계VE를 규정하고 있다.

이와 같은 법·제도에 힘입어 2007년부터 2013년까지 국내에서 시행된 공공공사 설계VE 예산절감 실적(국토교통부, 2014)은 전체 예산의 평균 2.66%인 총 5조 1,056억원을 달성하여 원가 절감에 크게 기여한 것으로 나타났다(Table 1).

Table 1. Annual Design VE performed (Units: Wbn,%)

Year	Number of VE Studies	Cost to Conduct VE Studies	Total Value of Proposed	Saving rates	Total Number of Proposed	Approved rates
2007	19	0.50	55,7.34	2.15	132	29.47
2008	33	5.41	1,574.34	3.86	222	44.59
2009	213	9.57	10,067.45	2.24	2,383	15.09
2010	209	1,508.11	8,414.45	2.49	2,687	15.83
2011	185	66.07	8,597.07	3.08	3,447	16.82
2012	277	11,386.44	5,574.84	2.51	6,615	14.73
2013	392	6,593.14	16,270.21	2.27	9,669	16.32
Total	1,328	19,569.24	51,055.70	2.66	25,155	21.84

2.3 미국의 VE수행 현황

미국은 매년 설계VE 수행현황을 발표하고 있는데, 특히 미국 DOT(교통부)는 연방지원 NHS 5,000만\$ 이상 프로젝트와 4,000만\$ 이상의 교량에 VE를 적용하도록 했고(FHWA-2013-0039), FHWA(연방도로청)는 매년 설계VE수행 현황을 발표 하고 있는데 예산 절감액이 공사비의 2.37~8.45% 수준(DOT, 2014)이고, 최적 비용효과(the most cost-effective)를 추구하는 VE의 ROI(Return on Investment, C/A)는 80~203 : 1로 나타났다(Table 2).

Table 2. Summary Of Past VE Savings Federal-Aid and Federal Lands Highway Programs

Description	FY 2008	FY 2009	FY 2011	FY 2010	FY 2012
Number of VE Studies	388	427	378	402	352
Cost to Conduct VE Studies	\$12.47 M	\$17.08 M	\$12.5 M	\$13.6 M	\$12.0 M
Estimated Construction Cost of Projects Studied	\$29.93 B	\$29.16 B	\$32.3 B	\$34.2 B	\$30.3 B
Total Number of Proposed	3,022	3,297	2,950	3,049	2,905
Total Value of Proposed	\$6.58 B	\$4.16 B	\$2.94 B	\$4.35 B	\$3.78 B
Number of Approved	1,323	1,460	1,224	1,315	1,191
Value of Approved	\$ 2.53 B	\$ 1.70 B	\$ 1.01 B	\$ 1.98 B	\$ 1.15 B
Return on Investment	203:1	99:1	80:1	146:1	96:1
Saving rates	8.45	2.37	3.13	5.79	3.79

3. VE Job Plan 및 의사결정의 중요성

VE는 보다 좋은 설계를 목표로 하기 위해서 설계자가 최선을 다해 설계를 하여도 여전히 개선의 여지가 있다는 점을 전제로 대응조치를 취하기 위하여 필요하며, 의사결정을 위한 중요한 기법이다.

3.1 VE 작업계획(Job Plan)

VE Job Plan은 VE의 모든 수행과정을 나타내는 과정과 절차를 의미한다. 미국VE협회(SAVE)에서는 이를 표준화하여 모든 CVS(Certified Value Specialist)들이 사용하도록 권장하고 있다. VE 수행체계에 대한 지식이 일천한 비전문가들은 이를 준수함으로써 발생하는 수행시간, 절차상의 복잡성, 지식획득의 어려움 등 때문에 변형된 VE를 수행하는 경우가 많다(양진국 2005).

3.2 국내 건설VE 수행체계의 문제점

건설VE는 기본개념만 가지고 접근하므로 각 단계별 특성에 따라 VE가 운영되지 못하고 있으며, 접근방법이 거의 유사하여 효율성을 상승시키지 못하고 있다. 또한 형식적으로 VE Job Plan을 수행하고, 심지어는 개선 결과를 가지고 거꾸로 VE형식에 끼어 맞추는 상황이 발생하고 있다(임종권 2014). 따라서 실무적으로 절감액에 대한 낮은 신뢰성과 불확실성, VE수행자들의 의욕저하 등과 더불어 성과에 대한 인센티브 등 많은 문제점을 가지고 있는 것이 현실이다. 건설VE 체계의 구체적인 문제점을 살펴보면 다음과 같다(김성훈 2013).

- 1) 팀 구성원간의 협력체계의 미비
VE 수행이 결정되면 팀 리더를 중심으로 수행팀원 상호간

의 협력체계 구축이 중요한데, VE 수행 시 프로젝트의 이해도에 따른 소수의 적극적인 참여자 외에는 소극적이고 형식적이 될 가능성이 크다. 또한 팀원 간의 역할분담, 기술 및 정보지원 등이 잘 이루어지지 않는 경우가 많다.

2) 기능분석 작업의 형식화

VE Job Plan에서 기능분석 작업은 VE 수행을 위한 핵심이다. 그러나 기능분석을 아예 생략하고 바로 아이디어 창출단계를 수행하거나 또는 별도 팀을 통하여 아이디어 창출 및 기능분석이 병행되는 등 VE의 접근과 수행에 문제가 많이 있다. 더구나 별도로 수행된 기능분석 작업내용을 아이디어 창출 작업에 끼워 맞추는 비논리적 작업이 수행되기도 한다.

3) 아이디어 창출단계 업무의 비효율성

아이디어 창출은 기능 분석을 통하여 도출된 결과를 바탕으로 가치향상 및 원가절감을 위한 다양한 방법을 창출하는 것이다. 문제는 팀 리더 및 팀원의 역량, 참여정도에 따라 많은 차이가 있으며, 체계적인 접근기준이 없고, 많은 시간이 소요된다는 점이다.

4) 재설계에 가까운 VE적용 범위문제

설계도에 의한 설계VE의 수행형태는 그 범위에 대한 불확실성 때문에 VE팀에게 많은 혼란을 유발한다. 설계단계에서 VE를 수행할 경우, 설계자의 의도와 무관한 프로젝트 전체 범위를 검토하게 되고, 그 과정에서 당초설계의 의미를 퇴색시키고 재설계에 이르는 경우도 발생하고 있다.

5) VE 패러다임의 문제

VE수행 기본 패러다임의 전환이 전제되지 않는 VE는 형식적이고 원가절감 또는 수익성만을 전제로 한 VE 밖에 될 수 없다. 그런데 발주자, 설계자, 시공자 및 VE 팀원까지도 각자의 위치에서 VE의 가치에 대한 긍정적, 부정적 입장에서 VE 수행 내용을 결정하는 것이 문제이다. 이는 VE가 추구하는 진정한 가치에 결코 부합할 수 없다.

4. 공공발주자에게 미치는 VE 영향요소 분석

국내 VE수행체계의 문제점 분석을 통한 VE 발주체계의 개선을 위해, 공공발주자가 VE를 발주할 때 고려해야 할 영향요소를 도출하여 그 영향력을 분석하고, 공공발주자의 의사결정에 활용하기 위해서 본 연구를 수행하였다. 이는 공공발주자의 의사결정의 객관화 필요성이 증대하고 있는 관점에서 매우 유용할 것으로 판단된다.

4.1 VE수행 사례분석을 통한 영향요소 도출

VE 수행체계에 영향을 미치는 요소들은 프로젝트 특성, 발주자의 특성 및 요구사항 그리고 외부환경을 고려할 때 다양하다(Table 3).

Table 3. Influence elements extracted by VE case study

Sign	Group	Selected impact factors
Af.	Feasibility	1. predictions for expected returns, 2. Selection of the scale alternatives, 3. technology forecasting, 4. optimized design, 5. Determination of the building life cycle, 6. Operating, maintenance of repair strategies, 7. Advance Research / analysis
Bd.	Designability	1. Collaborative communication, 2. Research / analysis / study design reflected, 3. Cost Prediction (Cost Control), 4. Law / regulation / policy change deal, 5. Mechanical / Electrical Equipment, 6. Materials / method selection, 7. Design Changes
Cb.	Biddability	1. Contract Risk/Risk Response, 2. site conditions change notification, 3. coordination of client's materials and equipment, 4. inadequate specifications, 5. pay, 6. legal dispute / claim management, 7. laws / regulations / standards compliance
Dc.	Constructability	1. Partnering, 2. Construction site accessibility, 3. Friendly construction specifications, 4 Reconstruction / work to minimize, 5. Adjust the design and site conditions, 6. Contract change / design change action, 7. Construction Environmental / Safety Management
Em.	Maintainability	1. Useful Life / Save Selection 2. Structural Performance and Maintenance 3. Fire / theft / disaster / safety preservation 4. Energy / fuel consumption / savings 5. HVAC equipment performance, retention, 6. Corresponding to future climate change, 7. Maintenance(FM) system applies

특히 프로젝트 생애주기에서 각 단계에 미치는 영향력은 프로젝트 수행 시 고려해야 하는 중요한 요소가 된다.

본 연구에서는 VE의 영향력을 분석하기 위하여 수행된 10개의 프로젝트 중 설계VE 및 시공VE 수행 프로젝트를 수행한 종사자들의 설문을 키워드 중심으로 활용빈도 60% 이상 취득한 요소들을 대상으로 각 10개씩 총 50개를 추출하였다. 추출된 영향요소에 대한 설문조사를 실시하여 그룹화된 5개의 범주에 각각 7개의 영향요소를 추출하여 집약하였다.

4.2 설문조사

4.2.1 설문조사 개요

설문조사는 대상자의 종사분야 및 경력, 구체적인 업무내용을 포함한 VE 관련 기본사항, VE 수행형태 모델관련 수렴사항, 추출된 영향요소의 프로젝트 생애주기 각 단계에서의 영향력에 대하여 이루어졌다. 설문기간은 2014년 8월 1부터 8월 31일까지 19일간 이메일과 인터뷰를 통하여 이루어졌으며, 설문대상자는 공공발주자 및 관련업체에서 공공발주업무 담당자, 그리고 일반 기술자를 대상으로 실시하였다 (Table 4).

Table 4. Survey Overview

No	Survey Period	Surveyed	Number	User	Unused	Recovery Rates(%)	Survey methods
1	8.1-8.10	Public Employer	65	24	4	37.0	e-mail+ Interview
2	8.23-8.31	Construction engineer	86	82	6	95.4	
Total			151	106	10	70.2	

설문조사 방법은 Fig. 3과 같이 5점 척도법을 사용하여 긍정(중요함)은 5점, 부정(중요하지 않음)은 1점으로 하고, 3점은 긍정과 부정의 중간치로 하며, 2점은 부정측으로, 4점은 긍정측으로 판단하도록 하였다(Fig. 3).

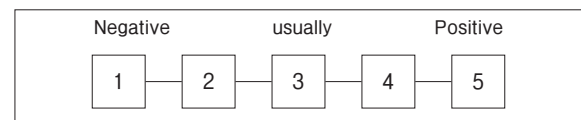


Fig. 3. 5-point scale survey

4.2.2 기초설문조사 결과분석

1) 설문대상자

설문대상자 중 공공발주업무 종사자는 24명, 건설발주분야(영업/업무담당)(설계/건설/감리/CM/엔지니어링사) 종사자는 32명, 공무원분야(건축/토목/기계/전기설비) 13명, 기술분야(건축/토목/기계설비/전기설비) 36명, 기타 분야 1명으로 분류되었다. 건설 분야의 경력은 2~3년 3명, 3~5년 2명, 5~7년 5명, 7~10년 17명, 10년 이상이 79명으로 분류되어, 10년 이상의 경력을 가진 발주자 및 기술자들이 전체의 74.6%를 차지하였다(Fig. 4).

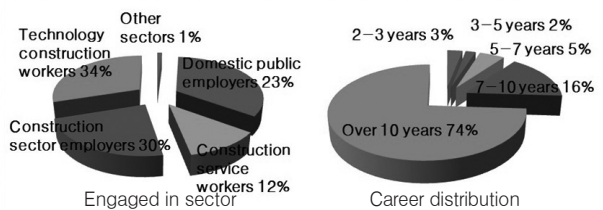


Fig. 4. Survey participants engaged in the distribution sector and career

2) 건설VE 기초설문 결과분석

10개의 기초설문 결과 5가지 항목 분석결과, 설계VE의 적정 검토 시기는 기획·계획 단계와 기본설계 60~70% 진척 시 수행하는 것이 22.8%로서 비교적 많았고, 시공VE는 '계약 체결 즉시 및 현장 팀 구축 후 즉시'의 응답이 전체의 86.4%였다. 시공VE의 인센티브 의견은 적정의견이 59%, 건설VE의 긍정적인 면에 대해서 시공 VE에서는 VE제안사항이나 변

경의 검토가 용이하며, 건설VE가 양질의 설계 도서를 기대할 수 있다는 응답이 전체의 77.3%였다. 건설VE의 부정적 의견은 공공설계와 VE를 동시에 발주할 경우, 비용문제로 VE를 제대로 할 수 없다는 의견이 27.3%, 기능과 원가위주로 미적(美的) 분야의 약화를 초래할 수 있다는 의견이 36.4%였다. VE의 발전을 위해 정부의 지원과 명확한 법제도의 지원부분이 36.4%, 건설VE 전문 인력의 양성이 27.3%로 가장 많았다 (Table 5).

Table 5. Construction VE based survey analysis

No	Questionnaire items	Positive	Normal	Negative	Responsiveness(%)
1	VE Awareness	82	10	14	77.4
2	VE legislation awareness	77	10	19	72.7
3	Adequacy of institutional recognition	4	34	68	3.80
4	VE responsiveness	92	10	4	86.8
5	Construction VE incentive adequacy	62	19	25	58.5

4.3 요인분석(Factor Analysis)

본 절에서는 공공발주자의 의사결정에 미치는 VE영향요소를 측정하기 위해 설문조사 결과에 대한 요인분석(SPSS 12.0 프로그램)을 실시하였다.

4.3.1 요인분석 개요

요인분석은 관찰변수간의 상관관계를 소수의 잠재변수로 설명하는 통계기법이다. 분석의 대상 변수가 많으면 이들 사이의 상호 연관성을 이용하여 변수 속에 내재된 인자인 소수의 공통적인 변수를 찾아, 이들이 가지고 있는 특성으로 전체 자료의 특성을 설명하는 통계적 분석방법이다(박성현 2006).

4.3.2 요인분석

본 연구에서는 타당성, 설계성, 조달성, 시공성 및 유지관리성 등 5개 그룹 각 영향요소에 대한 요인분석을 실시하였다.

분석의 기준은 영향요소별 중요도에 대한 설문대상자의견에서 표준편차가 1.0 이상의 값을 가지는 영향요소는 의견차이가 크다는 것을 의미하므로 요인분석과정에서 제외하였다.

따라서 분석결과 Af03(신기술 예측), Bd02(조사/분석/연구결과의 설계반영), Bd04(법/규정/정책의 변경 대처), Bd07(설계변경 고려), Cb02(현장 변경조건 통지), Cb04(부적합 시방), Cb07(법적 분쟁/클레임 관리), Dc07(건설 환경/안전 관리)이 제외되었다. 따라서 요인분석은 8개 요소를 제외한 27개 요소를 바탕으로 분석을 실시하였다. 설문조사 결과 5가지의 그룹화된 영향요소별 평균과 표준편차를 계산하였다(Table 6~10).

Table 6. Feasibility field factors analysis

Division	Average	Standard deviation
Af01 Revenue forecasts for expected	2.74	0.796
Af02 Alternative choice of scale	2.83	0.931
Af03 Technology Forecast	3.67	1.084
Af04 Optimization Design	2.90	0.827
Af05 Decision of the building life cycle	2.45	0.732
Af06 Operation and maintenance of the repair strategy	2.74	0.832
Af07 Prior research / analysis	2.69	0.785

Table 7. Design field characteristic factor analysis

Division	Average	Standard deviation
Bd01 Collaborative communication	2.83	0.920
Bd02 Design reflects the research / analysis / research	3.31	1.027
Bd03 Cost Prediction(Cost Control)	2.48	0.864
Bd04 Law / policy change deal rules	3.86	1.009
Bd05 Mechanical / Electrical Equipment	3.56	0.769
Bd06 Materials / Selection Process	2.59	0.903
Bd07 Considering design changes	3.83	1.108

Table 8. Procurement field factors analysis

Division	Average	Standard deviation
Cb01 Contract Risk / Risk Response	3.59	0.997
Cb02 Site conditions change notification	3.70	1.028
Cb03 Adjust the client's materials and equipment	3.62	0.881
Cb04 Inadequate specification	3.23	1.068
Cb05 Laws / regulations / standards compliance	3.81	0.972
Cb06 Pay	4.12	0.895
Cb07 Legal disputes / claims management	3.74	1.152

Table 9. Constructability field factors analysis

Category	Average	Standard deviation
Dc01 Partnering	3.72	0.923
Dc02 Project complexity / uncertainty	3.81	0.957
Dc03 Friendly construction specifications	3.69	0.960
Dc04 Minimize reconstruction / work	4.02	0.926
Dc05 Coordination of design and site conditions	3.89	0.919
Dc06 Contract change / design change action	3.59	0.826
Dc07 Civil and Environmental / Safety Management	4.39	5.031

Table 10. Maintainability field factors analysis

Division	Average	Standard deviation
Em01 Training content / Save	3.76	0.911
Em02 Maintenance of Structural Performance Management	3.63	0.908
Em03 Affordability / convenience / safety / comfort	3.57	0.926
Em04 Energy / fuel consumption / savings	3.61	0.932
Em05 Performance of HVAC equipment	3.72	0.902
Em06 Corresponding changes in the future environment	3.48	0.934
Em07 Maintenance(FM) system applies	3.64	0.857
Overall significance of the independent variables VE	3.58	0.743

4.3.3 공통성(주성분 분석)

공통성(주성분 분석; Principal Component Analysis 이하 PCA)의 추출값을 계산하였다(Table 11~15).

Table 11. Feasibility field commonality(PCA)

Division	Initial	Extraction
Af01 Revenue forecasts for expected	1.000	0.531
Af02 Alternative size selection for	1.000	0.367
Af04 Optimization Design	1.000	0.701
Af05 Decision of the building life cycle	1.000	0.490
Af06 Strategy of the repair operation, maintenance	1.000	0.479
Af07 Prior research / analysis	1.000	0.399

Table 12. Designability field of commonality(PCA)

Category	Initial	Extraction
Bd01 Collaborative communication	1.000	0.689
Bd03 Cost Prediction(Cost Control)	1.000	0.610
Bd05 Mechanical / Electrical Equipment	1.000	0.663
Bd06 Materials / Process selection and utilization	1.000	0.576

Table 13. Procurement field of commonality(PCA)

Division	Initial	Extraction
Cb01 Contract Risk / Risk Response	1.000	0.392
Cb03 Adjust the client's materials and equipment	1.000	0.712
Cb05 Laws regulations / standards compliance	1.000	0.697
Cb06 Pay	1.000	0.487

Table 14. Constructability field of commonality(PCA)

Division	Initial	Extraction
Dc01 Partnering	1.000	0.555
Dc02 Project complexity / uncertainty	1.000	0.507
Dc03 Friendly construction specifications	1.000	0.372
Dc04 Minimize reconstruction / work	1.000	0.482
Dc05 Coordination of design and site conditions	1.000	0.531
Dc06 Contract change / design change action	1.000	0.614

Table 15. Maintainability field of commonality(PCA)

Division	Initial	Extraction
Em01 Training content / Save	1.000	0.816
Em02 Maintenance of Structural Performance Management	1.000	0.835
Em03 Affordability / convenience / safety / comfort	1.000	0.278
Em04 Energy / fuel consumption / savings	1.000	0.679
Em05 Performance of HVAC equipment	1.000	0.510
Em06 Corresponding changes in the future environment	1.000	0.668
Em07 Maintenance(FM) system applied	1.000	0.769

1차 요인 분석에서 공통성(주성분) 분석결과 공통성 추출값이 0.5 이하인 요소를 기준으로 타당성 분야에서는 Af02(규모에 대한 대안 선택, 공통성 추출값 = 0.367), Af05(건물수명 주기의 결정, 공통성 추출값 = 0.490), Af06(운영, 유지, 수선의 전략수립, 공통성 추출값 = 0.479), Af07(사전조사/분석, 공통성 추출값 = 0.399) 등 4개의 영향요소가 제거되었고, 조달성 분야에서는 Cb01(계약리스크/리스크 대응, 공통성 추출값 = 0.392), Cb06(비용지불, 공통성 추출값 = 0.487) 등 2개가 제거되었으며, 시공성 분야에서는 Dc03(시공친화적 시방서, 공통성 추출값 = 0.372), Dc04(재시공/작업 최소화, 공통성 추출값 = 0.482)의 2개의 요소가 제거되었으며, 유지관리성 분야에서는 Em03(경제성/편리성/안전성/쾌적성, 공통성 추출값 = 0.278) 1개가 제거되었다. 따라서 제거된 영향요소는 전부 9개 요소이며, 다시 2차 분석을 실시하였다.

4.3.4 분산분석

주성분분석의 수행결과, 추출요소 중 시공성 분야에 대한 분산분석을 수행한 결과 고유값 1을 기준으로 2개의 성분으로 구성되며, 이들의 기여율은 67.328%로 나타났다. 주성분 분석으로 추출된 요소들의 고유값 및 분산비율을 산출하였다(Table 16).

Table 16. Set the total variance

No	Initial eigenvalues			Load value extraction sum		
	Total	% Variance	% Cumulative	Total	% Variance	% Cumulative
1	4.831	43.916	43.916	4.831	43.916	43.916
2	1.096	9.965	53.881	4.096	23,412	67,328
3	0.987	8.973	62.854			
4	0.768	6.983	69.838			
5	0.668	6.077	75.914			
6	0.606	5.506	81.420			
7	0.596	5.421	86.841			

각 요소에 대하여 높이 적재된 변수들을 중심으로 회전된 요인행렬의 분석결과를 정리하였다(Table 17).

Table 17. Rotated factor matrix (Constructability field)

Division	Ingredients	
	1	2
Dc01 Partnering	0.215	0.594
Dc02 Project complexity / uncertainty	0.057	0.836
Dc03 Friendly construction specifications	0.024	0.781
Dc04 Minimize reconstruction / work	0.769	0.080
Dc05 Coordination of design and site conditions	0.495	0.350
Dc06 Contract change / design change action	0.757	0.063
Dc07 Civil and Environmental / Safety Management	0.611	0.058

회전된 요인행렬은 배리맥스방식으로 3회 반복회전 하여 나타난 결과이다. 지금까지의 분석을 통하여 공공발주자의 VE 의사결정에 미치는 15개의 영향요소가 도출되었으며, 회전된 요인 행렬은 시공성 분야에 대하여 분석하였다.

4.4 공공발주자 의사결정에 미치는 VE의 영향 요소

도출된 35개 영향요소는 각각 나름대로의 중요성과 특성을 가지고 있으며, 공공프로젝트 전반에 걸쳐 반영되는 요소들이기 때문에 본 요소들이 전적으로 VE 의사결정의 영향요소로 간주하기에는 무리가 있다. 하지만 VE 의사결정도 건설의 시대상황 및 다양한 주변요소들의 영향을 받기 때문에 현 상황을 보여주는 한 사례로 보는 것이 적절할 것이다. 35개의 영향요소에 대한 설문조사 결과를 가지고 요인분석을 실시한 결과 15개의 영향요소로 축약되었다(Table 18).

15개의 요소를 그룹별로 분류하면, 타당성(Af) 분야는 2개, 설계성(Bd) 분야는 4개, 조달성(Cb) 분야는 2개, 시공성(Dc) 분야는 4개, 유지관리성(Em) 분야는 3개요소가 추출되었다. 순위는 15개 요소에 대한 설문대상자들의 선호도 파악을 위한 참고자료로 활용할 수 있을 것이다.

Table 18. Impact on the client's decision VE element extraction

Sign	Group	Selected impact factors		
		Item	Rank	Rates
Af.	Feasibility	Revenue forecasts for expected	7	77.2
		Optimization Design	4	80.0
Bd.	Design ability	Collaborative communication	11	74.2
		Cost Prediction(Cost Control)	12	74.2
		Mechanical and Electrical Equipment	3	88.6
		Materials / Process selection and utilization	13	74.2
Cb.	Procurementability	Adjust the client's materials and equipment	2	91.4
		Laws / regulations / standards compliance	6	80.0
Dc.	Constructability	Complexity of the project / uncertainty	9	77.2
		Partnering	15	71.4
		Coordination of design and site conditions	14	74.2
		Change contract / design changes	5	80.0
Em.	Maintenanceability	Training content / Save	1	94.2
		Maintenance of Structural Performance Management	8	77.2
		Respond to future environmental change	10	74.2
Average				79.21

4.5 공공발주자에게 미치는 프로젝트 생애주기 각 단계에서 VE의 영향력 분석

공공프로젝트에서 VE 발주 시 적합한 의사결정은 프로젝트 생애주기를 고려함이 타당할 것이라는 판단에 의한 것이다.

4.5.1 프로젝트 발주체계 영향력 분석(AHP분석)

프로젝트 발주체계에서 15개의 영향요소들은 프로젝트 생애주기 동안 상당한 영향력을 미치는 것으로 조사되었다. 설문조사 결과에 대한 AHP분석을 실시한 결과 쌍대비교행렬의 일치성여부를 판단하기 위한 일관성지수(=0.0000(1.0)는 적합하였으며, Table 18와 같이 가중치를 산정하고 우선순위를 통하여 그 영향력을 확인하였다. 특히 각각의 요소들이 가장 많은 영향을 미치는 단계는 15개의 영향요소에 대한 설문 분석결과 영향력의 크기는 계획 설계 단계가 가장 컸으며, 다음은 실시설계 단계, 시공 단계, 기획·계획단계, 기본설계 단계, 유지관리 단계, 조달·계약 단계의 순이었다. 다만, 영향을 미치는 크기는 선정된 영향요소의 순위와 대체로 무관함을 알 수 있었다.

이것은 설문대상자들이 추출된 15개의 영향요소에 똑같이 응답하였다 하더라도 생애주기 각 단계별 영향력 설문에서 일관성 있는 응답을 하지 않았음을 나타내는 것으로 볼가피한 설문조사의 한계로 인식된다. 다음은 시공단계의 설계 VE의 영향력 AHP 분석 사례이다(Table 19).

Table 19. Impact on the client's decision VE element extraction

1) Weight calculation results

Sign	Group	Item	Rank	Rates
Af.	Feasibility	Revenue forecasts for expected	7	77.2
Af.	Feasibility	Optimization Design	4	80.0
Bd.	Design ability	Collaborative communication	11	74.2
Bd.	Design ability	Cost Prediction(Cost Control)	12	74.2
Bd.	Design ability	Mechanical and Electrical Equipment	3	88.6
Bd.	Design ability	Materials / Process selection and utilization	13	74.2
Cb.	Procurementability	Adjust the client's materials and equipment	2	91.4
Cb.	Procurementability	Laws / regulations / standards compliance	6	80.0
Dc.	Constructability	Complexity of the project / uncertainty	9	77.2
Dc.	Constructability	Partnering	15	71.4
Dc.	Constructability	Coordination of design and site conditions	14	74.2
Dc.	Constructability	Change contract / design changes	5	80.0
Em.	Maintenanceability	Training content / Save	1	94.2
Em.	Maintenanceability	Maintenance of Structural Performance Management	8	77.2
Em.	Maintenanceability	Respond to future environmental change	10	74.2
Average				79.21

2) Comparison Matrix

Sign	Group	Item	Rank	Rates
Af.	Feasibility	Revenue forecasts for expected	7	77.2
Af.	Feasibility	Optimization Design	4	80.0
Bd.	Design ability	Collaborative communication	11	74.2
Bd.	Design ability	Cost Prediction(Cost Control)	12	74.2
Bd.	Design ability	Mechanical and Electrical Equipment	3	88.6
Bd.	Design ability	Materials / Process selection and utilization	13	74.2
Cb.	Procurementability	Adjust the client's materials and equipment	2	91.4
Cb.	Procurementability	Laws / regulations / standards compliance	6	80.0
Dc.	Constructability	Complexity of the project / uncertainty	9	77.2
Dc.	Constructability	Partnering	15	71.4
Dc.	Constructability	Coordination of design and site conditions	14	74.2
Dc.	Constructability	Change contract / design changes	5	80.0
Em.	Maintenanceability	Training content / Save	1	94.2
Em.	Maintenanceability	Maintenance of Structural Performance Management	8	77.2
Em.	Maintenanceability	Respond to future environmental change	10	74.2
Average				79.21

공공발주자가 수행하고자 하는 VE의 적절한 발주방식 및 수행업체 선정은 해당사업의 성공을 달성하기 위한 중요한 업무이다. 본 연구를 통해 공공발주자 VE를 발주할 때 판단해야 하는 요소들 전체를 다 고려하는 것은 어려움이 있다. 그러나 주요 영향요소들을 체크리스트화 하여 발주 시 활용하는 것이 적절할 것으로 사료된다. 다음은 각 단계별 AHP 분석을 종합하여 나타난 것이다(Table 20).

Table 20. Impact analysis of the project life cycle step VE

Ranking	Sign	Impact factor	Project Life Cycle													Average	Priorities	
			Planning	Priorities	Design Phase						Procurement	Priorities	Construction	Priorities	Maintain (G)			Priorities
					Schematic	Priorities	Basic (C)	Priorities	Cons (D)	Priorities								
1	Em	LCC/ Useful Life	0.076	2	0.067	9	0.061	14	0.068	7	0.072	4	0.059	12	0.089	1	0.071	1
2	Cb	Adjustment of the Owner materials and equipment	0.068	6	0.068	5	0.066	10	0.065	10	0.079	1	0.065	9	0.052	13	0.067	9
3	Bd	M & E Equipment	0.065	9	0.066	10	0.067	8	0.073	2	0.057	14	0.064	10	0.072	7	0.067	9
4	Af	Optimization Design	0.065	9	0.075	1	0.082	1	0.077	1	0.064	10	0.057	13	0.049	14	0.067	9
5	Dc	Design/Contract Change	0.055	14	0.054	15	0.066	10	0.069	4	0.079	1	0.078	4	0.059	10	0.066	12
6	Cb	Legislation Compliant	0.068	6	0.070	3	0.073	4	0.064	12	0.077	3	0.067	8	0.054	11	0.068	6
7	Af	Predictions for Expected return	0.079	1	0.068	5	0.066	10	0.055	15	0.062	11	0.050	15	0.046	15	0.061	14
8	Em	Structural Performance	0.062	11	0.065	12	0.026	15	0.069	4	0.067	7	0.069	5	0.053	12	0.059	15
9	Dc	Project complexity/ uncertainty	0.073	4	0.068	5	0.069	6	0.065	10	0.056	15	0.079	1	0.074	5	0.070	3
10	Em	Environment change	0.073	4	0.069	4	0.065	13	0.059	14	0.066	8	0.057	131	0.070	9	0.066	12
11	Bd	Biz communication	0.066	8	0.068	5	0.073	4	0.066	9	0.058	13	0.068	6	0.078	4	0.069	4
12	Bd	Cost Control	0.075	3	0.071	2	0.075	2	0.067	8	0.069	5	0.061	11	0.080	2	0.071	1
13	Bd	Materials/ Technique Selection & Utilization	0.053	15	0.063	13	0.074	3	0.069	4	0.066	8	0.068	6	0.079	3	0.068	6
14	Dc	D & F Conditions of Coordination	0.061	13	0.066	10	0.069	6	0.070	3	0.062	11	0.079	1	0.073	6	0.069	4
15	Dc	Design Partnering	0.062	11	0.062	14	0.067	8	0.062	13	0.069	5	0.079	1	0.071	8	0.068	6
Total			1.000		1.000		1.000		1.000		1.000		1.000		1.000			

5. 결론

본 논문의 주요 결론은 다음과 같다.

(1) 본 연구에서는 국내 VE수행 프로젝트를 대상으로 분석, 검토한 결과를 통하여 50개의 주요 영향요소를 추출하였다.

(2) 추출된 영향요소에 대한 활용빈도 분석을 통하여 총 35개의 영향요소를 추출하였다.

(3) 추출된 35개의 영향요소에 대하여 106명의 설문조사 결과에 대하여 요인분석을 실시한 결과를 토대로 15개의 주요 영향요소를 최종 도출하였다.

(4) 이 영향요소들의 프로젝트 생애주기 동안 영향력 분석을 위하여 도출된 15개의 영향요소에 대한 설문 분석결과 영향력의 크기는 계획 설계 단계→실시설계 단계→시공 단계→기획·계획단계→기본설계 단계→유지관리 단계→조달·계약 단계의 순이었고, 영향을 미치는 크기는 선정된 영향요소 순위와 대체로 무관하게 나타났다.

(5) 가중치 산정을 통한 우선순위 결과 전 단계에 걸쳐 비교적 영향력이 큰 요소는 내용연수 및 할인율이었으며, 다음으로는 발주자 자재 및 장비의 조정, 기계 및 전기설비, 최적화설계, 계약 및 설계변경 등의 순으로 나타났다.

본 연구를 통하여 공공발주자들이 VE를 발주할 때 가능한 프로젝트 생애주기에 걸친 영향력에 대하여 긴밀하고 체계적인 분석, 검토가 필요한 것이 확인되었다.

따라서 VE 수행업체 선정을 위한 추출된 영향 요소 및 이

들의 영향력을 고려한 ‘공공발주자의 VE발주체계 결정에 미치는 의사결정지원 모델’이 구축되어 공공발주자들에게 활용될 수 있도록 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 한국연구재단 연구비 지원(과제번호: 2012R1A1A2043186)에 의한 결과의 일부임.

References

- Construction Technology Promotion Law (2013,5,22).
- Enforcement Guidance on the economics of the design, including a review (2014-278).
- Hong, Soonheon (2013). "Value Engineering Idea Generation for Temporary Construction Designs through Conflict Resolution", *Korean journal of construction engineering and management*, KICEM, 14(6), pp. 30-37.
- <https://www.calspia.go.kr/com/mainForm.do>.
- <http://www.fhwa.dot.gov/ve/>.
- Ha, Yu-Kwang (2013). "The study regarding recent Design VE bidding system and Improvement for bidding Process in Korea, Department of

- Architectural Engineering Graduate School of Engineering & Technology Korea University, Master's Thesis”, pp. 1-7.
- Hyun, Chang-Taek (1986). “Construction technology by VE”, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, AIKTS, 30(2), pp. 29-30.
- Hyun, Chang-Taek (2003). “A Method of Selecting Delivery Systems for Public Construction Projects using the Analytic Network Process”, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, AIKTS, 19(7), pp. 211-218.
- Kim, Sung-Il (2014). “Improvement of Architecture-Engineering Service Procurement System for Public Construction Project”, *Korean journal of construction engineering and management*, KICEM, 15(5), pp. 61-69.
- Kim, Sung-Hoon (2013). “Public influential analysis of the value engineering (VE) on the client's decision-making”, *Korean journal of construction engineering and management*, KICEM, 14(4), pp. 17-22.
- Lim, Jongkwon (2014). “Development of Web-Based VE Supportin System for Effective Workshop”, *Korean journal of construction engineering and management*, KICEM, 15(2), pp. 71-78.
- Park, Heetaek (2014). “A Study on the Improvement of the Design VE Process using VE Idea-DataBank System”, *Korean journal of construction engineering and management*, KICEM, 15(1), pp. 28-38.
- Park, Kyung-Ho, Lim, Jong Kwon, and An, Jong-Pil (2009). “The development by analysis of Public Procurement of Design VE”, *Proceedings of KICEM Annual Conference*, 2009, KICEM, 9, pp. 90-96.
- Park, Myeong-Su (2012). “Improvements for ordering design VE(Value Engineering) and bidding, The Graduate School”, Hoseo Venture University, Master's Thesis, pp. 5-9.
- Seo, Ha-Na, and Lee, Hak-Ki (2008). “A Study on Competency Evaluation Checklist of Design Phase VE Team”, *Korean journal of construction engineering and management*, KICEM, 9(4), pp. 154-162.
- Son, Myeongseop (2003). “Construction Management Technology and Trends 1st, Value Engineering, the Dong-A Construction VE Implementation Status and practices that support the management”, *Construction engineering and management*, KICEM, pp. 52-56.
- Yang, Jinkook (2014). “Potential Value Improvement Target Choice Methodology(PVTCM) in Construction Projects”, *Korean journal of construction engineering and management*, KICEM, 15(4), pp. 11-19.

요약 : 공공프로젝트 발주자들에게 VE의 중요성이 점증되고 있다. 본 연구에서는 VE 공공발주체계의 과학화, 시스템화를 통하여 공공발주자의 의사결정을 객관화시키고 발주체계 관련자들의 상호신뢰 회복을 위한 의사결정 지원체계의 구축을 위하여, 공공발주자에게 미치는 VE 프로젝트 발주체계의 영향력 분석에 대한 DB를 구축하는데 그 목적이 있다. 이에 국내의 VE 수행현황 분석을 통하여 수행체계의 문제점을 고찰하고, 도출된 문제점의 개선을 위하여 건설VE 수행사례를 통한 프로젝트 발주 시 고려하여야 할 VE 영향요소를 추출하여 설문결과에 대한 회귀분석 및 요인분석을 통하여 전체의 60%이상의 영향력을 가지는 15개의 영향요소를 도출한다. 도출된 영향요소에 대한 AHP분석을 통하여 프로젝트 생애주기 동안의 각 단계에 미치는 영향력을 분석하여 제시하였다.

키워드 : 공공발주체계, 공공발주자, 가치공학, 영향요소 및 영향력
