

프로젝트 참여자의 협력적 의사결정이 가능한 QFD 기반 VE 모델

임철희¹ · 전재열¹ · 이종식*

¹단국대학교 건축공학과

Project Participants Cooperative Decision Making Model with QFD-based VE Technique

Lim, Chulhee¹, Chun, Jaeyoul¹, Lee, Jongsik*

¹Department of Architectural Engineering, Dankook University

Abstract : VE analysis is a method to secure definite functions and performance by defining user's various requirements clearly and propose alternatives to reduce cost. However, the present domestic VE project has difficulty in defining design function analysis clearly due to time constraints as well as difficulty in effective and efficient communication between project stakeholder. Domestic results of VE were largely focused on reducing cost while maintaining the functions of the existing facility. Therefore, this study aims to secure the optimal functions for users according to the original intent of user requirements through QFD-VE model which project VE participants can make collective and cooperative decision making. QFD-VE is a technique that first, it can make collaborative decision making in defining and modifying of design function and setting the importance of requirement function. Second, it allow project VE participants to check design interference and conflict between neighbor systems. This study also provided a mathematical model for implementing the computer system using QFD-VE in the future.

Keywords : QFD, Collaborative Design, VE, Cooperative Decision, Interface

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

지난 2000년 설계VE(Value Engineering) 제도 도입으로 건설VE 법제화가 이제 18년이 되고 있다. VE활동을 통해 매년 1조원 이상의 재정 절감 효과를 가져 오고 있지만, VE 수행의 제약된 시간과 프로젝트 참여자들의 서로 다른 이해관계로 인하여 VE 적용이 형식적 활동으로 그치는 결과가 빈번히 발생되고 있다(Lim, 2018). VE는 건설시설에 필요한 기능을 최소의 비용으로 달성하기 위한 조직적, 체계적인 원가절감 기법이다(Goh, 2001). VE의 주요목표는 프로젝트 비용절감에 초점이 맞추어 있다. 비용 절감의 다양한 방법 중 하나는 시설의 요구기능을 명확히 분석하여 불필요한 기능을 제거하여 달성될 수 있다. 시설에 요구되는 기능은 궁극적으로 기술적 특성으로 실현되며 기술특성에 대한 시장 분석은 더

향상된 대안을 제공하는 기회가 된다. 또한 기술특성은 브레인스토밍과 같은 아이디어 창출을 통해 개선될 수 있다. 이와 같이 VE 활동은 프로젝트의 기능과 비용분석 절차를 바탕으로 VE 전문가들의 협업을 통한 창의적인 아이디어 도출과 가치실현의 과정으로 정의할 수 있다. 그러나 국내의 VE 수행환경은 분야별 VE 전문가집단이 한 공간에 모여 제한된 시간 내에 VE 워크숍을 수행해야 하며, 건축사, 시공사를 포함한 해당 분야 엔지니어 등 프로젝트 참여자들의 적극적인 협력과 정보공유, 효율적 커뮤니케이션 한계로 인해 시설 기능분석에 대한 충분한 시간과 노력이 투입되지 못하고 있다(Lee, 2005). 이로 인해 창의적인 아이디어의 도출 시간이 부족할 뿐만 아니라 VE 활동은 기능향상보다는 비용절감 부분에 초점이 맞추어 진행된다. 국내에서 단순 비용절감 방식에 대한 VE 문제점 개선 노력이 이전부터 있었으며 이를 지원하기 위한 다양한 VE 시스템이 개발되어 왔다. 하지만 제도적, 구조적 환경의 제약 사항으로 인하여 산업계의 실질적 활용성은 저조한 상황이다. 이의 원인은 VE활동 자체에 있어서 물리적인 일정 제약뿐만 아니라 VE 수행팀과 프로젝트 참여자와(설계자, 엔지니어, 시공자 등)의 협업 환경에 대한 근본적 문제가 있기 때문으로 사료된다. 설계관리 분야에서 최

* Corresponding author: Lee, Jongsik, Department of Architectural Engineering, Songwon University, Gwangju, 61756, Korea
E-mail: jslee@nate.com
Received August 6, 2018; revised February 12, 2019
accepted February 15, 2019

적의 설계를 도출하기 위해서는 서로 다른 직종 분야 간 코디네이션과 팀원 간의 효과적 커뮤니케이션 과정이 필요하다 (Hong, 2004). 마찬가지로 VE활동은 설계관리기법과 마찬가지로 프로젝트 참여자와 VE 팀간의 협업 수준이 VE 프로젝트의 중요한 성공요인으로 작용한다. 시설의 품질은 다양한 참여자의 다양한 요구기능으로 구성되어 있기 때문에 프로젝트 참여자들의 합리적 의사결정을 위해서는 참여자의 협업적 노력이 반드시 필요하다. 예를 들어 VE의 기능 분석을 위해 FAST (Function Analysis System Technique) 작성에 있어서 프로젝트 참여자 그룹의 합의과정은 필수적일 수 있다. 시설 공간 및 적용 재료에 필요한 기능과 불필요한 기능이 무엇인지, 어떠한 기능이 중요하며 기능의 중요도는 어떻게 정의되어야 하는지의 문제는 해당 전문가의 독자적 의사결정만으로는 부족하다. 아이디어 창출은 전문가의 경험으로 창출되는 고유한 영역이지만 요구기능에 대한 정의 문제는 프로젝트 참여자들의 협력이 매우 중요할 수 있다. VE 과정 중 각 분야의 전문가들이 자신들의 경험과 지식을 바탕으로 아이디어를 제시하지만 각 기술, 공종분야에서 제출된 VE 대안은 상호 크로스 검토를 통하여 적합 대안의 확인 과정이 필요하다. 이과정은 프로젝트 VE 참여자팀이 시설 요구사항에 대하여 이종 분야간 요구기능의 충돌, 모순, 간섭사항을 사전 검토함으로써 최적의 대안 도출하는 것이다. VE 대안의 상호 조정과 설계코디네이션은 프로젝트 참여자의 효과적, 효율적 커뮤니케이션 환경을 전제로 한다. VE 프로젝트 환경에 따라 프로젝트 참여자 집단의 합의과정과 정보공유, 커뮤니케이션은 다소 많은 시간을 소요할 수 있으므로 이를 지원할 수 있는 프로세스 모델과 전산시스템 도구가 필요하다. 따라서 본 연구는 기존문헌을 통해 QFD (Quality Function Deployment, 품질기능전개)를 적용한 VE 모델의 현황 및 한계점을 조사하고 프로젝트 참여자 모두가 협력적 의사결정이 가능한 보다 진보된 VE 기법을 제시한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

2006년 국토교통부의 설계 VE업무 매뉴얼에 따르면 VE 업무는 준비단계, 분석단계, 실행단계로 구분된다. 본 연구의 범위는 기능분석단계 중 하위단계로서 기능정의 단계로서 프로젝트 참여자들의 합의를 통해 요구사항의 명확한 정의와 그 중요도를 도출하는 방법에 관한 것이다. 특히 프로젝트 참여자들이 요구기능을 기술관점에서 특성화하여 이종 분야의 설계 코디네이션을 효과적으로 수행하는 협력적 집단 의사결정 모델에 연구의 범위를 한정한다.

이에 따른 연구의 절차와 방법은 다음과 같다.

2장에서는 VE 수행 프로세스에서 QFD 기법을 적용한 연구현황과 VE 전용 시스템을 적용한 연구현황을 분석하고 본

연구주제에서 다루고자하는 VE 수행 협력에 관한 문제점과 개선방향을 고찰한다.

3장에서는 집단의사결정과 QFD에 대한 기본 이론을 고찰함으로써 VE 협력 기법에 대한 방향성을 탐구한다.

4장에서는 기능정의 단계를 대상으로 QFD 기법을 이용한 집단의사결정 프로세스 및 VE 설계안에 대한 인접시스템의 인터페이스 검토 모델을 제시한다.

5장에서는 QFD-VE기법의 수학적 산식을 제시한다.

6장에서는 본 연구의 결론, 한계점 및 향후 연구과제를 제시한다.

2. 이론적 고찰

2.1 집단의사결정

집단의사결정이란 조직이 당면한 문제에 대한 해결방안을 개인이 아닌 집단에 의하여 이루어지는 의사결정으로써, 개인적 의사결정에 비하여 문제분석을 보다 광범위한 관점에서 수행할 수 있고, 보다 많은 지식·사실·대안을 활용할 수 있다. 그러나 집단의사결정 방법의 단점은 많은 사람이 참여함으로써 의사결정과정의 지연에 의한 의사결정보다 느리고, 타협을 통해 의사결정이 이루어지므로 때로는 의사결정 과정에 집단사고에 영향을 받을 경우 올바른 판단과 결정에 어려움이 있다. 프로젝트 가치향상을 위해서는 VE를 통해 시설의 기능을 정확히 이해하고, 그 가치와 비용을 분석하며, 이를 바탕으로 프로젝트 참여자와 VE 전문가들의 협업을 통해 창의적 아이디어의 도출과정이 필요하다. 프로젝트 참여자의 조직적 노력과 전문분야별 협업설계가 성공적인 VE 수행에 중요한 요소로 작용되고 있음은 상기 기존 연구조사에서 기술한 바 있다. 따라서 VE 프로세스는 개인의 의사결정이 아닌 프로젝트 참여자의 집단적 의사결정 프로세스가 적용되어야 하며 특히 현재 VE 수행에 있어 집단적 의사결정결정의 단점을 극복할 수 있어야 한다. 근래 집단 의사결정 시스템을 적용한 VE 수행의 장점은 시설의 가치향상 문제에 있어 팀 프로세스의 투명한 합의과정을 통해 가장 적합한 대안의 제시를 가능하게 할 뿐만 아니라 다양한 사용자의 의견을 신속하게 수렴하고 사용자를 포함한 VE 팀 각각의 요구사항에 관한 피드백을 매우 용이하게 수행 할 수 있다.

2.2 QFD

QFD란 고객이 원하는 제품을 만들기 위해서 설계단계부터 소비자에게 전달되기까지 모든 단계를 대상으로 고객의 요구가 최종제품과 서비스에 충실히 반영되고 그 결과로 고객의 만족도를 극대화하는데 초점을 맞추는 것을 목적으로 하는 기법이다(Ree et al., 2008). 이 기법은 1972년 미쯔

비시 중공업의 고베 조선소에 적용을 시작으로 자동차, 가전 집적회로 및 소프트웨어 개발에까지 폭넓게 사용되어왔으며 1994년에는 국내 산업계에서도 적용됨으로써 원가절감, 제품의 단순화, 최종품질의 품질향상, 공정의 최적조건 구축 및 개발기간 단축 등의 효과를 가져왔다. 이러한 QFD는 그 품질을 구현하기 위하여 품질의집 HOQ (House of Quality) 도구를 사용한다. HOQ의 개념과 구성은 다음과 같다.

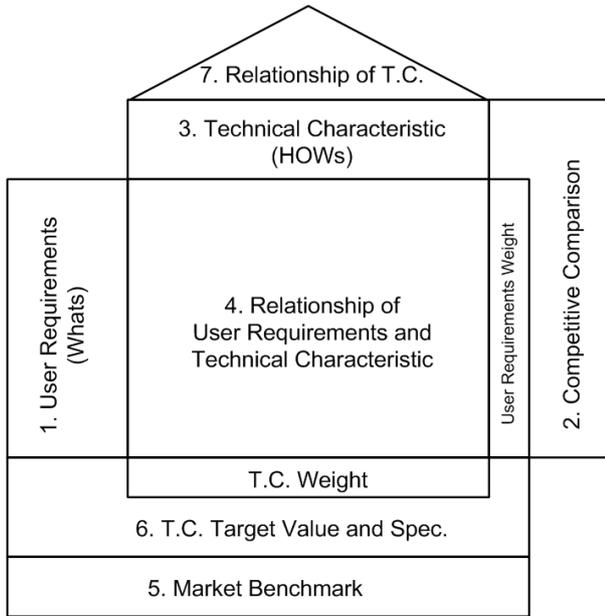


Fig. 1. Basic composition of HOQ in QFD

- (1) 고객의 요구사항 : 고객 요구 데이터와 업무를 통해 축적되어 있던 자료를 분석하여 요구품을 추출
- (2) 시장 경쟁력 비교 : 자사제품 및 주요 경쟁제품의 기술특성의 값, 고객의 요구별로 자사와 경쟁제품들에 대한 고객들의 인지도 비교
- (3) 기술특성값 : 고객의 요구사항을 만족시킬 수 있는 수단으로써 하나의 요구사항에 여러 가지의 특성을 가질 수 있으며, 측정 가능한 용어로 표현
- (4) 품질 상호관계 : 고객 요구사항과 기술특성에 대한 관련정도를 표현되며 이는 수행팀의 협업에 의하여 결정
- (5) 시장 벤치마킹 : 시장제품 활용을 위한 기술특성 조사
- (6) 기술특성값의 목표와 SPEC : 기술특성에 대한 사용자의 목표기준과 최소기준 등
- (7) 기술 특성간의 상호관계 : 기술특성 간 상호관련성 및 상호 의존성 표현

3. 기존 연구 현황

3.1 VE와 QFD

상기 배경에서 기술한 현행 VE 문제점을 해결하기 위한 방편으로 QFD이론을 VE에 적용한 연구들이 다수 진행되었다. Park et al. (1996)은 VE과정 중 기능분석 단계에서 기능평가 기법의 적합성과 객관성 유지에 문제점이 있으며, 이를 개선하기 위하여 품질표에 의해 기능요구계수를 산출함으로써 합리적인 기능분석이 이루어 질 수 있도록 제안하였다. Yang et al. (2005)은 설계단계 VE과정 중 품질모델이 단순히 발주자의 요구사항에 따른 대응수준만이 나타날 뿐 후속 업무의 명확한 목표 및 방향을 제시해주지 못하고 있는 문제점을 QFD기법을 적용함으로써 해결하고자 하였다. Jahangir et al. (2012)은 VE와 QFD를 통합함으로써 고객의 만족도를 높이면서 제품의 비용을 증가시키지 않는 방안에 대하여 제시하였다. Yoon (2012)은 VE과정 중 품질특성의 중요도를 산출하는 것에 있어 상호연관관계를 고려하여 객관적인 품질특성의 중요도를 산출하고 이를 통하여 개선 가능한 부품을 선정하고 그것에 대해 원가 개선을 시도하였다. 위의 연구들에 대한 조사결과, 현행 VE 과정 중 발주자의 요구사항 분석과 기능분석 단계에서 객관성을 확보하기 위하여 QFD를 적용하였다. 그러나 대부분의 연구들에서 VE에 QFD를 적용하는 방법론 외에 프로젝트 참여자들이 요구사항 정보를 공유하고, 요구기능에 대한 협력적 의사결정과정은 이뤄지는 않고 있으며 이에 대한 방법개발이 요구된다.

3.2 VE 수행시 참여자간 협업사항

기존 연구들은 VE 수행시 설계협력에 대한 문제점을 제기하였으며 그 해결방안에 대한 연구가 진행하였다. Seo et al. (2006)은 VE 팀원의 역량 평가를 위한 체크리스트를 제안함으로써 효과적인 팀구성을 통하여 VE성적을 극대화하고자 하였다. Myeong et al. (2010)은 VE 효과를 극대화하기 위해 VE팀원 선정 시 고려해야 할 평가항목과 평가지표를 제안하였다. Ryu et al. (2002)는 설계 VE에서 LCC를 도입하였으며, 이 때 발생하는 의사결정과 관련된 문제점을 파트너링을 통하여 해결하고자 하였다. Kim et al. (2006)은 프로젝트 참여 주체별로 각각의 입장 차이를 줄이지 못함으로써 VE 적용의 어려움이 발생되고 있음을 지적하였고 이를 개선하기 위하여 파트너링 개념을 도입하였다. Lee et al. (2005)은 웹기반 VE 정보시스템의 개념 모델을 제안함으로써, 팀원 간의 신속한 정보공유와 의사소통, 문서량 감소, 보고서 작성시간 단축 등의 효과를 제시하였다. Lim et al. (2018)은 VE 지원시스템을 개발하였으며 이 시스템 도

구를 이용해 VE의 객관적인 성능 및 기능분석을 실행할 수 있었으며, VE 업무의 효율화를 위해 웹기반 전산시스템을 통해 다양한 이해관계에 놓인 의사결정자의 신속한 의사결정을 지원하고자 하였다. Chun et al. (2018)은 QFD를 통한 설계협력 모델을 제안하였으며 설계변경 사례를 분석하여 효과적인 의사소통 도구로 QFD 모델이 사용할 수 있음을 증명하였다.

상기 기존 연구들의 VE 협력에 관한 연구주제들을 다음과 같은 관점에서 분류할 수 있다.

첫 번째, VE팀원의 업무 이해 능력, 팀워크 스킬 등을 평가하여 협업 능력이 우수한 팀원 선정방법에 관한 연구

두 번째, 팀원 및 이해관계자들의 의사소통 및 협업을 증진시킬 수 있는 연구

세 번째, 웹 기반 시스템 도구를 이용하여 기능분석 및 정보 공유를 통해 신속한 VE 의사결정을 지원하는 연구

네 번째, QFD 모델을 이용하여 프로젝트 참여자들의 협력적 설계관리와 설계변경에 관한 연구

이와 같이 상기 연구조사를 통해 프로젝트 VE 참여자의 협력 문제들은 VE팀원 선정, 파트너링, 시스템, QFD 등을 통해 다양한 방향으로 해결하고자 하였다. 또한 공통적으로 VE 수행에 대한 협력문제가 제기되었고 효과적인 의사소통이 VE의 중요한 개선요소로 기술되고 있다.

3.3 VE 기능분석의 문제점

기능분석은 VE활동을 위한 핵심 업무로 기능분석을 통하여 대상 건축설계, 시설물에 대한 체계적인 기능 확립과 이를 토대로 아이디어 창출이 수행 된다. 일반적으로 기능분석은 기능정의, 기능정리, 기능평가의 3가지 단계로 나뉘어 수행된다.

그러나 기능분석 단계의 중요성에도 불구하고 이를 구체적으로 정의하는 방법과 실행에 있어 다양한 문제점들이 발생되고 있다. 이에 대하여 기존 연구문헌 조사를 통해 다음과 같이 3가지로 요약 할 수 있다.

3.3.1 기능분석 중요성에 대한 이해도 부족

현업에서 VE를 수행하고 있는 실무자들의 기능분석단계에 대한 이해도가 낮으며, 그로 인해 그 중요성에도 불구하고 과정자체가 불필요하다는 인식으로 인해 제대로 된 기능분석 없이 아이디어 창출 단계로 진행된다. 이처럼 시설 최종 사용자의 정확한 요구기능이 간과된 아이디어는 그 실효성을 신뢰할 수 없고, 오히려 프로젝트 품질 전반에 걸쳐 좋지 않은 결과를 초래할 수 있다. VE 수행 관점에서 뿐만 아니라 설계관리 관점에서도 설계도서의 기능오류 기능모순은 설계변경 유발 요인의 2순위로 분석된 바 있다(Kim et al., 2014).

3.3.2 설계도서 검토시 사용자 요구사항과 기능분석의 어려움

또 다른 문제점으로는 VE 수행자들의 설계도서의 기능 분석을 위해 설계자의 의도, 사용자의 요구사항에 대한 기록 및 관련 문서파악에 대한 어려움이다. 체계적 VE 수행을 위해서 기능분석, 기능정리, 기능평가의 단계로 순차적으로 수행하여야 하나 통상 이러한 과정들은 현장 실무에서 생략되는 경우가 많다. 주요원인은 VE 수행자들이 초기 설계단계부터 참여하여 시설에 대한 다양한 요구사항을 제약된 VE활동시간에 수행해야 하기 때문에 복잡하고 다양하게 얽혀 있는 전체 시설 요구사항을 정확히 이해하는 것은 물리적으로 불가능기 때문이다. 이러한 문제점 개선을 위해 설계도서에 대한 방대한 자료를 웹서버에 공유하고 설계정보를 디지털화함으로써 설계정보의 수집, 가공, 축적, 교환, 공유 방법에 많은 연구가 활발히 진행되어 왔다. 그 중 VE를 주제로 D/B 관리를 위한 웹기반 VE 시스템 연구가 수행되었다(Goh, 2001). 하지만 위의 연구도 기존 설계도서의 요구사항, 설계지침, 설계계획에 대한 정보관리가 체계적으로 관리되고 있지 않은 현실에서 VE 수행을 위한 VE 설계 정보 공유문제는 2차적, 부수적 문제점이 되고 있다.

상기 많은 개선노력에도 불구하고 VE 수행팀이 설계도서에 대한 명확한 기능분석과 기능정의를 위해서는 여전히 풀어야 할 과제가 남아있다. 기능분석의 오류는 VE 단계의 다음 진행에 있어 또 다른 설계 문제점들 연관되어 발생하게 한다.

3.3.3 VE 제안 기술의 기능분석에 대한 상호 인터페이스 검토 필요

건축설계는 분야별 D/E들 간의 협업의 결과물로 이루어지는 작업이며, 건축설계는 전문분야별 상호의존이라는 특성 때문에 분야 간 통합, 조정이 필수적이다(Kim, 2004). 각 분야의 설계 프로세스가 독립적으로 진행되고 이후 통합되는 설계업무의 특성상 타 분야의 정보공유와 설계조정과정은 필수적이다. 설계과정에서 이러한 코디네이션이 적절히 수행되지 않으면 설계변경과 공기지연, 공사비 증가 등 예기치 못한 다양한 문제점이 연관하여 발생될 수 있다(Lee et al., 2009). VE 수행 시 새롭게 제안된 설계사항은 설계변경과 같이 절차가 필요하며 단순히 대안 자체의 변경만을 수행하는 것이 아니라 비용, 기능, 시공기술 등 다양한 이해상충과 기술적 충돌 문제 발생을 고려하여야 한다(Kim et al., 1999). 따라서 이를 해결하기 위하여 프로젝트 VE 참여자와 D/E/C간의 원활한 의사소통이 이루어져야 하며 분야 간 통합되는 설계대상은 인터페이스 검토를 위한 협력설계 도구가 필요하다.

4. 집단의사결정 방식의 QFD-VE

QFD의 작성은 해당 분야의 전문가가 1인이 단독으로 할 수 있지만 팀의 협력을 통해 작성할 수 있다. 특히 QFD의 (1) 항목으로서 고객의 요구사항은 보통 다수의 사용자 집단으로 구성되어 있으므로 다양한 의견이 수렴되어야 한다. 또한 그 요구사항에 대한 중요도와 우선순위는 설문조사, 현장조사로 수행된다. 설계 VE 대안의 경우도 마찬가지로 다수의 사용자를 대상으로 요구기능의 정의와 중요도를 정의해야 함으로 이에 대한 정의가 용이하게 수행 될 수 있도록 IT기술이 적용된 집단의사결정 시스템이 요구된다. 또한 QFD의 (3) 항목으로서 기술특성은 최초 사용자 요구사항으로부터 정의된 것으로서 사용자 요구사항의 중요도와 기술 특성의 중요도는 동등한 순위로 간주될 수 있다. 중요도의 산출방법은 AHP, 리카드 척도, 비례기준척도 등이 있으며 이에 대한 논의는 본 연구의 범위에서 제외한다. QFD (7)의 기술특성 간 상호관계는 품질집의 상단에 위치하였다. 기술 특성 간의 상호관계는 기술특성 간의 의존성과 모순성을 쉽게 찾을 수 있는 장점이 있다. 예를 들어 기술특성 간의 관계가 긍정적인 관계(양의 관계) 또는 부정적인 관계(음의 관계)가 있을 수 있다. 기술특성 간의 관계가 사전에 파악되어야 기술상호 간의 모순 관계를 알 수 있어 생산초기에 있을 수 있는 문제점을 예방하고 설계변경과 설계착오를 방지할

수 있다. 어느 기술특성이 다른 기술특성과 긍정적인 영향이 있다면 해당 특성을 가능한 크게 유지하고 만약 다른 기술특성에 부정적인 영향이 있다면 해당 특성을 가능한 작게 유지하거나 이에 대한 대응방법을 강구해야 한다. 기술특성의 상관관계는 일반적으로 건축물을 구성하는 하나의 기술 또는 재료에서 분석되지만 경우에 따라 복합재료 및 복합 기술에서도 기술특성 간 충돌, 모순의 영향이 작용된다. 예를 들어 기능향상을 위해 새롭게 제안된 VE 대안이 다른 인접 시스템의 기술특성 중 어느 하나와 충돌, 모순이 발생한다면 최적의 대안으로 선정될 수 없을 것이다. 따라서 QFD (7)의 기술특성 간의 상호관계는 서로 다른 기능을 수행하는 인접시스템의 인터페이스 검토에서도 효과적인 도구로 사용된다. 이에 대한 구체적인 개념도는 다음 <Fig. 2>와 같다. <Fig. 2>는 다수의 VE 참여자(사용자, 설계자, 엔지니어, VE전문가, 시공자 등)가 건축물의 부분을 구성하는 해당 시스템에 대하여 기능을 정의하고 그에 연관된 기술특성, 기술특성 간 관계성, 시장기술 대안, 기술목표 등을 각 부분의 상호연계성과 협력방식을 통해 하나의 완성된 QFD를 작성하는 개념도이다. 완료된 QFD는 다른 인접시스템과의 기술특성과 그 관계성을 연계하여 분석이 가능하다. 즉 VE 대안의 상호 공유를 통해 인접시스템의 충돌, 모순에 대한 사전 검토를 가능하게 하며 적합 대안의 선정을 위한 VE 팀의 커뮤니케이션을 향상시키게 한다.

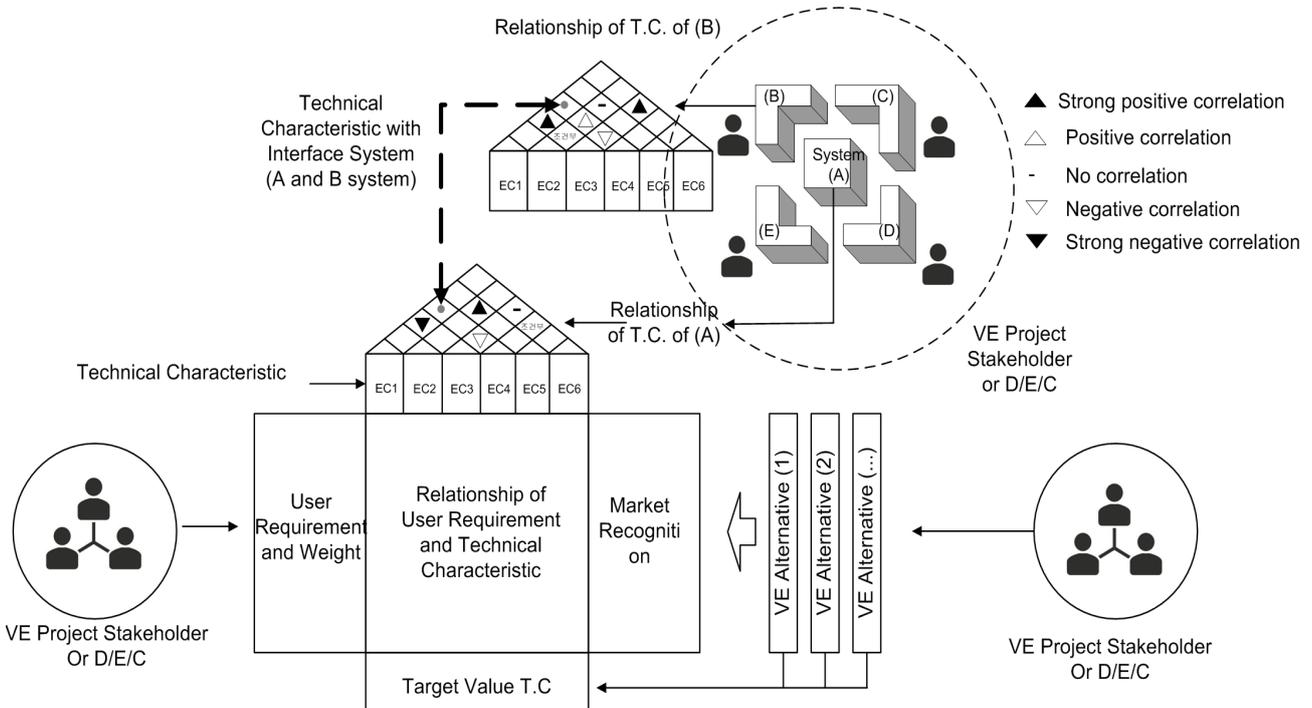


Fig. 2. Execution model of VE using collaborative QFD

5. VE팀의 QFD기반 협력 모델

5.1 요구기능 및 중요도 설정에 대한 협력 프로세스

VE 기능분석은 프로젝트 VE 참여자의 협력설계와 같은 개념으로 요구기능의 평가, 수정, 피드백, 공유, 업데이트된다. VE 프로젝트 참여자는 VE 전문팀을 포함하고 있으며 시설 사용자, 설계자, 엔지니어, 시공자, 제조자 등으로 구성된다. VE팀을 중심으로 하나의 VE 대상 기술에 대하여 기능분석을 1차 완료 하고 시장기술의 비교를 연속적 관점에서 추가하고 비교할 수 있다.

5.2 요구기능에 대한 인터페이스 검토 프로세스

QFD-VE 모델을 통해 프로젝트 VE 참여자는 인접시스템에 대한 기능모순, 충돌 등에 대한 인터페이스 검토를 수행할 수 있다. 인터페이스 검토는 해당 기술분야의 엔지니어, 기술자의 지식과 경험이 중요한 요소로 작용함으로 VE 제안 설계에 대한 정보공유를 통해 인터페이스 검토를 보다 효과적으로 수행할 수 있다. 예를 들어 해당 설계 VE 대안의 기술특성이 기존 기술특성과 비교하여 성능향상을 확보되었지만 그로 인해 상대적으로 인접시스템의 기술특성이 상쇄되거나 간섭, 충돌되는 경우가 발생할 수 있다. 일반

적으로 이러한 시스템간 기능 모순, 기술특성에 대한 충돌 문제는 해당 전문분야의 엔지니어와 설계회의를 통해 조정되며 이러한 코디네이션 검토업무는 설계관리 업무의 중요한 요소이다. 다음 <Fig. 3>은 QFD 기법에 근거하여 사용자 요구기능을 기술특성으로 정의하고 기술특성의 중요도를 설정하며, 그 다음 VE 대안(복수)에 대한 가치평가를 수행하는 프로세스 개념도이다. 여기서 인접시스템에 대한 기술특성의 간섭, 충돌, 모순 사항들을 프로젝트 참여자들 간의 정보공유와 협력을 통해 사전 의논되고 VE 정보공유를 통해 검토하게 된다.

5.3 QFD-VE 평가 산식

QFD-VE 평가 방법은 다음과 같은 순서로 진행된다.

- (1) VE 평가 대상을 선정하고, 대상 VE 설계안에 대하여 요구기능을 정의한다. 각 요구기능에 의해 발생하는 기술특성을 정의하고 기술특성 n개에 대한 이상적값, 부정적값, 목표값, 제한값 등을 설정한다([1]단계, [2]단계 참조).
- (2) 요구기능과 기술특성과의 관계를 정의하고 VE팀이 제안한 VE 대상 기술 또는 시장에서 활용되는 m개의 기술 대안을 대상으로 n개의 서브 기술특성에 대하여 고유 기술특성값을 평가한다.

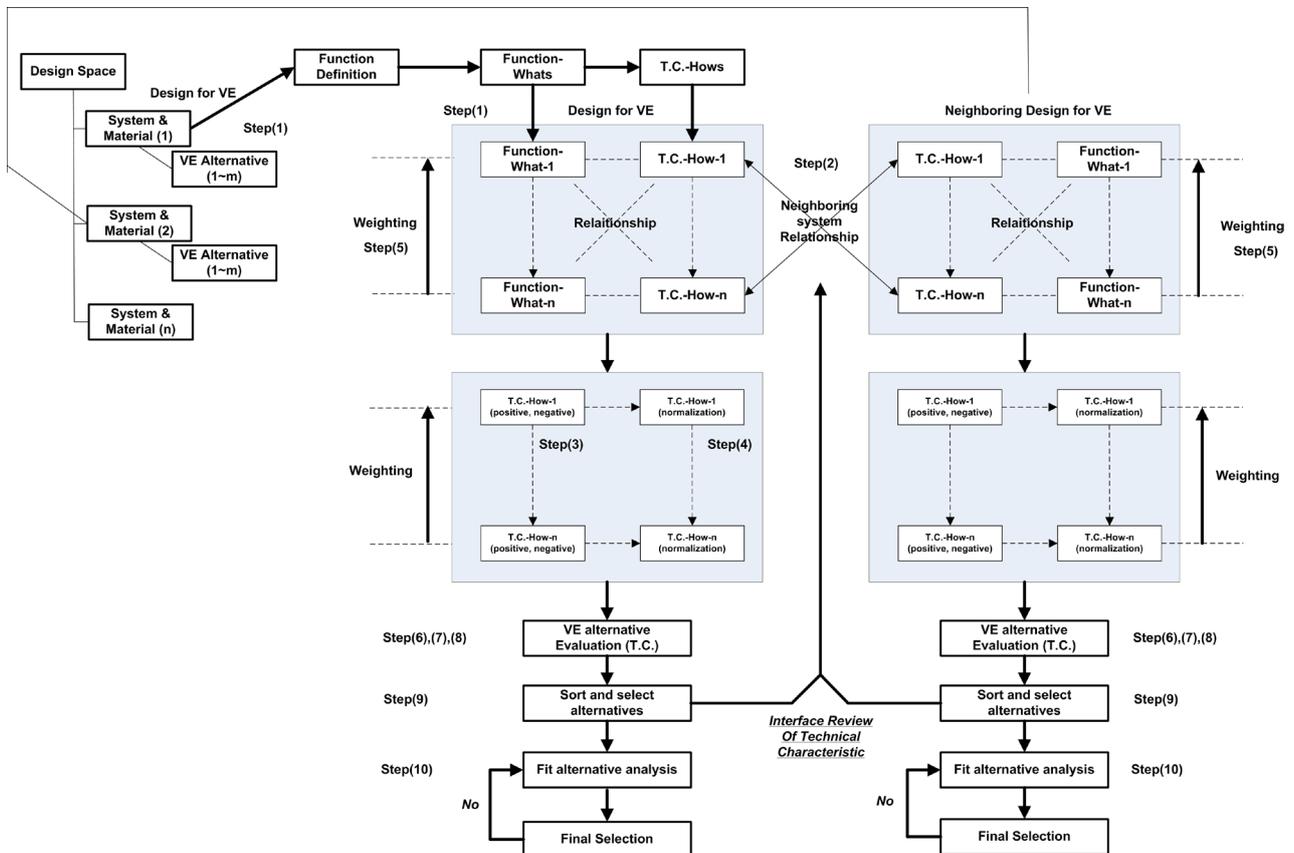


Fig. 3. Process for reviewing the interface of VE-QFD model

(3) 기술특성값을 최대 평가값이 1, 최소 평가값이 0이 되도록 0에서 1사이의 값의 범위로 정규화 한다(4단계 참조).

(4) 인접시스템 기술특성에 대한 인터페이스 관계를 설정하여 VE 대상 기술특성값이 결정되면 인접시스템의 기술특성값에서 모순, 충돌 여부를 검토 한다. 상기 기술된 인접시스템의 인터페이스 관련 기술특성은 VE 대안 분석자가 단독으로 수행하거나 또는 VE 참여자팀의 협력설계 프로세스를 통해 수행한다. 인터페이스를 가지는 이중 기술분야의 VE 평가자는 VE 대상시스템이 결합되는 시설환경을 고려하여 VE 제안 기술자와 상호 협의를 통한 인터페이스 검토를 수행한다([3]단계, [10]단계 참조).

(5) 정규화 된 m개의 요소기술 대안에 대응되는 n개의 상기 요구기능과 기술특성의 가중치를 적용한다([5]단계 참조).

(6) m개의 요소기술 대안에 대한 가치평가값을 분석하기 위하여 각 VE 기술 대안의 기술특성과 이상적인 값과의 간격, 각 요소기술 대안의 기술특성과 부정적인 값과의 간격을 측정하여 각 요소기술 대안 특성의 근접도를 연산하고, 근접도의 크기에 의한 각 VE 설계안에 대한 가치평가값을 산출한다([6]단계, [7]단계, [8]단계 참조).

(7) 가치평가값 크기에 따라 VE 기술대안을 크기 순서로 정렬한다([9]단계 참조).

각 단계마다 해당되는 QFD-VE 산식 방법은 다음과 같이 제안된다. QFD-VE 방법은 다기준의사결정 방법의 하 나인 TOPSIS 방법을 이용하였다. 이에 대한 자세한 내용은 다음의 저널을 참고한다(Cho, 2017).

[1] 1단계 : m개의 VE 설계대안과 n개의 기술특성 설정 m개의 VE 설계대안과 각 VE 설계대안이 공통으로 가지는 n개의 기술특성에 대하여 교차행렬 D는 다음과 같다.

$$D = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \dots & X_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

($A_i : i = 1, 2, \dots, m$, $X_j : j = 1, 2, \dots, n$)

A_i : m개의 VE설계 (기술)안
 X_j : n개의 VE설계의 기술특성
 x_{ij} : VE설계 A_i 에서의 j번째 기술특성값 (value)
 A_g : 목표기술특성 값을 가지는 목표 성능 VE설계안
 A_l : 최소기술특성 값을 가지는 제한 기술 VE설계

[2] 2단계 : 인접시스템의 기술특성에 대한 기술특성 관계 성 설정

식(1)을 이용하여 인접시스템의 기술특성을 추가한다. 추가된 기술특성은 기존 시스템의 기술특성 각각에 대하여 <Fig. 2>의 'Relationship T.C. of (B)'의 도해와 같은 방법에 따라 상호 관계성을 정의한다.

[3] 3단계 : '기술특성'의 이상적값, 부정적값 설정 이상적값 D^+ 와 부정적값 D^- 를 다음과 같이 정의한다.

$$D^+ = \{ \langle \max(x'_{ij} | i = 1, 2, \dots, m) | j \in J^+ \rangle, \langle \min(x'_{ij} | i = 1, 2, \dots, m) | j \in J^- \rangle \}$$

$$= \{x'_j | j = 1, 2, \dots, k\}$$

$$D^- = \{ \langle \min(x'_{ij} | i = 1, 2, \dots, m) | j \in J^+ \rangle, \langle \max(x'_{ij} | i = 1, 2, \dots, m) | j \in J^- \rangle \} \quad (2)$$

$$= \{x''_j | j = 1, 2, \dots, k\}$$

$J^+ = \{j | j \text{는 증대와 관련된 요소}\}, J^- = \{j | j \text{는 감소와 관련된 요소}\}$

[4] 4단계 : 기술특성의 정규화

서로 다른 척도로 구성되어 있는 기술특성을 0~1의 범위로 정규화하기 위해 선형정규화 방법을 이용한다. 기술특성에 대한 정규화 방법은 다음과 같다.

$$r_{ij} = 1 - \frac{\max(x'_{ij}) - x'_{ij}}{\max(x'_{ij}) - \min(x'_{ij})} \quad (3)$$

정규화된 원소 r_{ij} 의 교차행렬 R는 다음과 같다.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1k} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mk} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} r_{g1} & r_{g2} & \dots & r_{gk} \\ r_{l1} & r_{l2} & \dots & r_{lk} \end{bmatrix}$$

($r_{ij} : i = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, k$)

[5] 5단계 : 기술특성에 가중치 부여(정규화 행렬 R에 가중치 설정)

가중치는 w_j 로 정의한다($j=1, 2, \dots, k$).
 가중치의 범위는 0~10 이다.
 교차행렬 R에 가중치가 적용된 행렬 V를 완성한다.

[6] 6단계 : v_{ik} 의 최대값 산정 최대값 $A_{(\max)}$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$A_{(\max)} = \{\max(v_j); j = 1, 2, \dots, k\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_k^+\} \quad (6)$$

$A_{(\max)}$ 는 가장 선호도가 높은 이상적 기술특성을 나타내게 된다.

[7] 7단계 : 간격척도(separation measure)를 구한다.

각 대안에 대한 이상적 해 $A_{(\max)}$ 로부터의 간격은 다음과 같이 정의한다.

$$S_i^+ = \left[\sum_{j=1}^k (v_{ij} - v_j^+)^2 \right]^{1/2} \quad (7)$$

$(i = 1, 2, \dots, m \text{ and } g, l)$

각 대안에 대한 부이상적 해(A^-)로부터의 간격은 다음과 같이 정의한다.

$$S_i^- = \sum_{j=1}^k v_{ij} \quad (8)$$

$(i = 1, 2, \dots, m \text{ and } g, l)$

[8] 8단계 : m개의 VE 대안에 대한 가치평가값을 근접도 계산식에 의하여 산출한다(이상적 해로부터의 상대적 근접도(relative closeness)를 계산).

이상적 해 $A_{(\max)}$ 에 대한 A_i 의 상대적 근접도 C_i 는 다음과 같이 정의된다.

$$C_i = \frac{S_i^-}{(S_i^+ + S_i^-)} \quad (8)$$

$$0 < C_i < 1 \quad (i = 1, 2, \dots, m \text{ and } g, l)$$

C_i 가 1에 접근함에 따라 A_i 는 A^- 보다 A^+ 에 접근하게 된다.

[9] 9단계 : 분석된 가치평가값 C_i 에 의해 VE 설계(기술)안에 대하여 그 크기순에 의해 정렬한다.

[10] 10단계 : VE 설계(기술)안들을 기술특성의 목표값, 최소값에 기준하여 적합성을 분석하고 이때 인접시스템에 대한 최소, 제한 기술특성값도 같이 비교하여 적합성을 함께 분석한다.

6. 결론

성공적인 VE과정의 중요한 요소로서 사용자 요구사항에 대한 기능분석이 선행되어야 한다. 기능분석에 대한 기법으로서 QFD는 사용자 요구사항을 정의하여 기술특성으로 변환시킬 수 있는 매우 유용한 모델이다. 본 연구는 현행 VE 기능분석의 문제점 개선을 위하여 QFD 모델을 적용방법에 대하여 제안하였으며, 특히 사용자 요구기능을 프로젝트 VE 참여자의 집단적, 협력적 방법에 의한 기능정의 방법을 제시함으로써 기존 VE 방식의 불명확한 기능분석 방법을 극복하고자 하였다. 본 연구에서 제안된 QFD-VE 모델은 VE 기능분석에 대한 집단적, 협력적 공유방식을 통하여 VE 기능정의 조정, 요구기능 합의, 기능 충돌/간섭에 대한 코디네이션 등을 효과적으로 수행할 수 있는 모델이다. 이에 대한 타당성 분석과 사례검증 문제는 본 연구의 한계로 남아있다. 그러나 본 연구의 QFD-VE 기법은 기능분석 과정에서 발생하는 집단 의사결정 문제에 있어서 요구기능에 대한 중요도/가중치 설정과 인접시스템의 인터페이스 간섭/충돌 해결에 대한 신속한 의사결정과 협업설계의 가능성을 확인하였다. 또한 이를 VE시스템으로 적용하기 위해 QFD-VE 모델에 대한 상세한 수학적 모델을 제안하였으며 향후 본 모델을 적용한 웹시스템 개발과 타당성 검증을 위한 사례연구가 수행될 예정이다.

감사의 글

이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(과제번호 : 2017R1D1A3B03028597).

References

- Association for standardization of public administrative terms (2010). "Dictionary of public administrative terms (easy to understand)" Saejeongbomedia.
- Chan, L.K., and Wu, M. L. (2005). "A systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example." Omega, 33(2), pp. 119 - 139.
- Cho, J.H., Chun, J.Y., Kim, I.H., and Choi, J.S. (2017). "Preference Evaluation System for Construction Products Using QFD-TOPSIS Logic by Considering Trade-Off Technical

- Characteristics.” *Mathematical Problems in Engineering*, Hindawi, Article ID 9010857, p. 15.
- Chun, J.Y., and Cho, J.H. (2018). “Group Decision-Making and a Design Communication Model Using Quality Function Deployment.” *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 17, pp. 95–102.
- Goh, I.D. (2001). “A Study on the Development of Web Based VE Management System.” *Proceedings of KICEM Annual Conference*, KICEM, pp. 143–148.
- Hong, S.M. (2004). “A Study of the Architectural Design Process Model Focused on the Design Participants.” *Journal of Architectural Institute of Korea*, Architectural Institute of Korea, 20(12), pp. 79–88.
- Huyn, C.T. (2003). “Value Engineering in the Domestic Construction Industry.” *Technology and Trends in Construction Engineering and Management*, KICEM, pp. 35–38.
- Jahangir, Y.F., and Noraddin, H. (2012). “The integration of QFD Technique, Value Engineering and Design for Manufacture and Assembly (DFMA) during the Product Design Stage.” *Advances in Environmental Biology*, AENSI, 6(7).
- Kim, H.G., Um, I.J., Koo, K.J., and Hyun, C.T. (2006). “Application of Partnering to Design VE to Public Design-Build Projects.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 7(1), pp. 110–118.
- Kim, J.H. (2004). “A Study of collaborative design systems in the computer-aided architectural design process.” Master thesis, Yonsei Univ., Korea.
- Kim, S.C., Yun, S.H., and Paek, J.H. (1999). “The Study of Analyzing Problems in Change Order Process and Suggesting Change Order Process Modeling.” *Journal of Architectural Institute of Korea*, AIK, 19(1), pp. 489–494.
- Kim, S.W., Shin, C.H., Cho, J.H., Suh, S.W., and Chun, J.Y. (2014). “QFD Assessment based on Required Performance Criteria and Change Process by Construction Stakeholder’s Needs.” *Journal of Architectural Institute of Korea*, AIK, 30(2), pp. 45–52.
- Lee, J.H., and Park, C.S. (2005). “The Conceptual Model of Web-Based Information System for Value Engineering(WISE) in Construction Projects.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 6(3), pp. 122–132.
- Lee, K.C. (1998). “A Hospital Development Planning By Using Group Decision Making Model.” MS Thesis, Mokpo Univ., Korea.
- Lee, M.J., Park, H.J., Yun, S.H., and Koo, K.J. (2009). “Improvement Model of Design Coordination Process based on Analysis of Change Orders in Small-Scale Public Building Projects.” *Journal of Architectural Institute of Korea*, AIK, 25(7), pp. 129–136.
- Lim, J.K., Kim, S.H., and Lee M.J. (2018). “Development of Web-Based VE Supporting System for Effective Workshop.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 15(2), pp. 71–78.
- Myoung, J.H., Park, J.H., Lee, Y.J., Jung, I.S., and Lee, C.S. (2010). “A Study on the Development of Evaluation Indication for Selection of VE Team Member.” *Journal of Architectural Institute of Korea*, AIK, 26(2), pp. 167–177.
- Park, R.G., and Whang, J.H. (1996). “Computerization of Function Analysis using VE and QFD.” Collection of Dissertations, Sangji Univ., 17, pp. 275–290.
- Prasad, K., and Chakraborty, S. (2013). “A quality function deployment-based model for materials selection.” *Materials and Design*, 49, pp. 525–535.
- Ree, S.B., and Sin, D.S. (2008). “Theory and Example of QFD.” ERETEC.
- Ryu, S.H., Kim, Y.T., and Hyun, C.T. (2002). “Development of Life Cycle Cost Analysis Process in Value Engineering at the Design Phase using Partnering Concept.” *Journal of Architectural Institute of Korea*, AIK, 18(8), pp. 83–90.
- Seo, H.N., and Lee, H.K. (2006). “A Study on Competency Evaluation Checklist of Design Phase VE Team.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 9(4), pp. 154–162.

- Yang, J.K., and Kim, S.Y. (2005). "Improvement and Systematization of Pre-Study Work for Design Value Engineering in Construction Projects by Quality Function Deployment," *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 6(4), pp. 122-132.
- Yoon, S.J. (2012). "Cost Estimating of VE (Value Engineering) with Roof Matrix Correlation and QFD (Quality Fuction Deployment)." Master thesis, Hanyang Univ., Korea.

요약 : VE 분석은 사용자의 다양한 요구사항을 명확히 정의하여 기능과 성능을 확보함은 물론 비용절감이 가능한 대안을 제안하여야 한다. 하지만 현행 국내 VE 프로젝트는 프로젝트 참여자간 효과적, 효율적 커뮤니케이션의 어려움과 제약된 시간으로 인해 VE 기능분석에 대한 명확한 정의가 어려운 실정이다. 이로 인해 주로 국내 VE의 결과는 기존 시설 기능을 유지하면서 비용절감을 수행하는 방향으로 포커스 되어 있다. 따라서 본 연구는 VE 수행의 본래 취지에 맞추어서 사용자에게 적합한 최적의 기능을 확보함은 물론 비용절감이 가능하도록 프로젝트 VE 참여자의 집단적, 협력적 방식이 가능한 QFD-VE 모델을 제안한다. QFD-VE 기법은 첫째, 요구기능의 정의 및 수정, 요구기능의 중요도 설정에 대하여 집단의사결정 적용이 가능하며, 둘째 VE 대안에 대한 인접시스템의 간섭, 충돌 여부를 프로젝트 VE 참여자가 협력적으로 검토할 수 있는 기법이다. 본 연구는 향후 QFD-VE 기법을 이용한 전산시스템 구현을 위해 수학적 모델을 함께 제시하였다.

키워드 : 품질기능전개, 협업설계, 가치공학, 집단의사결정, 인터페이스
