

# 가시설 공사 설계VE 대안검토시 모순충돌 해결을 통한 아이디어 창출

홍순현<sup>1</sup> · 백한기<sup>1</sup> · 문성우\*  
<sup>1</sup>부산대학교 사회환경시스템공학부

## Value Engineering Idea Generation for Temporary Construction Designs through Conflict Resolution

Hong, Soonheon<sup>1</sup>, Baeg, Hangee<sup>1</sup>, Moon, Sungwoo\*

<sup>1</sup>Department of Civil and Environmental Engineering, Pusan National University

**Abstract:** Idea creation is the most important step in the overall value engineering (VE) process. Usually the activity is done mostly relying on the experience and knowledge of the experts in the VE team. A more organized approach is needed to find the chance of design improvement during a VE workshop. This study presents an organized approach to increasing the chance of idea creation during the VE workshop. The concept of conflict resolution in TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) is applied to understand the problem area during design improvement. The technical parameters were identified in the problem area to explain the conflicts in design improvement. These technical parameters were used to assist problem solving and improve design functions. A case study was done on a temporary construction operation, and demonstrated that the organized idea creation can help improve the design value of the temporary construction operation.

**Keywords:** Value engineering methodology, Idea creation, Conflict, Technical parameter, Design value improvement

## 1. 서론

### 1.1 배경 및 목적

설계VE(Value Engineering)는 설계의 가치향상을 위하여 중요한 역할을 수행한다. 건설기술관리법에서는 설계VE를 설계의 경제성 등 검토로 정의하여 시행하고 있으며, 100억 이상 공공공사에 적용하여 설계의 가치향상을 제고하고 있다. 최근 정부는 공공공사 설계 가치향상 정책에 따라서 건설사업 추진시 설계VE를 기본 및 실시설계 단계에서 하나의 과정으로 정착시키고 있으며, 그동안 지속된 노력에 의하여 공공공사에서 공사비 예산을 절감할 수 있었다.

설계VE는 워크샵을 통하여 추진하게 되는데 워크샵은 발주자가 승인한 설계VE 방법론에 따라서 진행된다. 설계VE 방법론은 다양한 주체에서 제공하고 있으며, 국토교통부(Ministry of Land, Infrastructure and Transportation 2006), 한국도로공사(Korea Express Corporation 2010) 등 국내에서 제공하는 방법론과 SAVE International(2005), 캘리포니아 교통국(California Department of Transportation 1999) 등 해외기관에서 제공하는 방법론이 있다.

각 기관에서 제공하는 방법론은 설계기능의 분석과 평가, 아이디어의 창출과 평가, 최종 아이디어의 선정과 평가, 그

리고 VE 제안서 작성 등 여러 단계로 구성된다. 단계별로 수행하는 이유는 설계기능을 검토하여 가치향상이 필요한 분야를 찾고, 설계기능의 성능을 향상시키기 위한 대안으로 아이디어를 창출하고 평가하기 위한 것이다. 여기서 설계기능은 설계가 제공하는 역할로서 설계VE에서 가치향상을 평가할 때 주요한 검토 대상이 된다. 아이디어 창출은 설계기능을 분석한 후 발주자가 요구하는 설계가치를 향상시킬 수 있도록 개선된 설계대안을 제시하는 과정이다. 아이디어 창출활동은 발주자가 의도하는 설계가치를 향상시키기 위한 노력으로써 설계VE에서 가장 중요한 활동단계 중 하나이다.

설계VE 과정에서 아이디어 창출은 주로 설계VE에 참여하는 설계VE 위원에 의하여 수행된다. 설계VE 위원은 설계VE 과정에 참여하여 설계기능을 검토하고 아이디어를 창출하여 개선된 설계대안을 제공하는 역할을 한다. 이때 설계VE 위원은 경험과 지식을 바탕으로 여러 가지 대안을 검토하고 아이디어 평가를 평가하여 새로운 대안을 제시하게 된다. 그러나 이런 과정에서 나타나는 문제는 아이디어 창출시 설계와 관련한 전문가의 의견이 중요하지만 아이디어 창출의 결과가 개인적인 직관과 역량에 의존하게 된다는 것이다(Jang et al. 2009). 설계기능을 구현하기 위한 기술의 난이도가 높거나 신기술 도입 등과 같은 경우에는 보다 체계적인 아이디어 창출과정이 도입되어야 한다.

트리즈(Theory of Inventive Problem Solving, TRIZ)는 특허에서 볼 수 있는 바와 같이 아이디어 창출시 적용했던

\* Corresponding author: Moon, Sungwoo, Department of Civil and Environmental Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea  
E-mail: sngwmoon@pusan.ac.kr  
Received March 5, 2013; revised April 1, 2013  
accepted September 2, 2013

문제해결의 원리를 이해하고, 발견된 문제해결의 규칙성을 이용하여 새로운 아이디어 창출을 돕고자 하는 시도이다 (Al'tshuller 1998). 트리즈에서는 단순한 브레인스토밍이 아니라 모순충돌이라는 개념을 적용하여 체계적인 아이디어 창출 과정을 제시하고 있다. 여기서 모순충돌이라 함은 설계기능 구현시 좋아지는 사항과 나빠지는 사항이 서로 갈등하게 되는 상황을 의미한다. Al'tshuller는 모순충돌을 극복하는 과정에서 좋은 아이디어가 창출 된다고 주장했다. 이러한 관점에서 트리즈는 좋아지는 측면과 나빠지는 측면의 절충이 아니라 좋아지는 측면을 유지 또는 개선시키고, 동시에 나빠지는 측면을 개선 시켜서 새로운 설계대안을 찾도록 유도한다.

트리즈의 접근방법을 설계VE 방법론에 접목시키면 주로 설계VE 위원의 직관과 역량에 많이 의존하게 되는 아이디어 창출 활동은 문제점을 보완하여 설계VE를 발전시킬 수 있다. 트리즈가 설계VE 방법론에 접목될 경우 설계VE 위원은 모순충돌 관점에서 설계기능의 문제점을 정의하고 개선사항을 제시함으로써 창의적인 설계대안을 찾을 수 있을 것이다.

본 논문에서는 설계VE 과정에서 대안 검토시 모순충돌을 해결하는 과정으로서 체계적인 아이디어 창출 방법론을 제시한다. 설계VE 위원의 전문적인 판단을 효과적으로 적용하기 위해서 아이디어 창출단계를 정의하고, 각 단계별 가이드에 따라서 대안을 검토함으로써 효과적으로 아이디어를 제한할 수 있게 된다. 이러한 방법은 단순히 전문가의 즉흥적인 아이디어와 판단에 의존하는 것이 아니라 아이디어 창출과정을 체계적으로 처리함으로써 새로운 설계대안에 효과적으로 접근하도록 지원할 수 있을 것이다.

### 1.2 연구 범위 및 방법

본 논문은 트리즈의 모순충돌 개념을 바탕으로 아이디어 창출시 적용이 가능한 체계적인 방법론을 제시한다. 일반적인 설계VE 방법론이 포함하는 기능분석과 평가, 아이디어 창출과 평가, 최종 아이디어의 선정과 평가, 그리고 VE 제안서 작성 등 단계 중에서 본 논문에서 제시하는 아이디어 창출 방법론은 특히 아이디어 창출단계에서 적용이 가능한 절차이다. 제시되는 아이디어 창출 방법론은 다양한 건설공사 중 특히 가시설 공사를 중심으로 개발됐다. 가시설 공사는 건설공사에서 건축, 토목, 플랜트 등 공통으로 적용되는 분야이므로 연구결과로 제시되는 방법론은 다양한 가시설 공사에 적용되어 폭 넓게 활용될 수 있다.

본 논문에서는 체계적인 아이디어 창출방안을 제시하기 위해서 첫째, 트리즈 모순충돌의 개념을 이해하고, 둘째, 델파이 조사를 통해서 가시설 공사에 적용할 수 있는 모순충돌의 기술적 요인을 도출했으며, 셋째, 기존 설계VE 보고서를 분석하여 가시설 공사에서 발행하는 모순충돌의 특성을

분석하고, 넷째, 아이디어 창출 방법론은 수립한 후, 마지막으로 가시설 공사 설계VE에 사례 적용을 통하여 아이디어 창출방안의 효과를 검토했다 (Fig. 1).

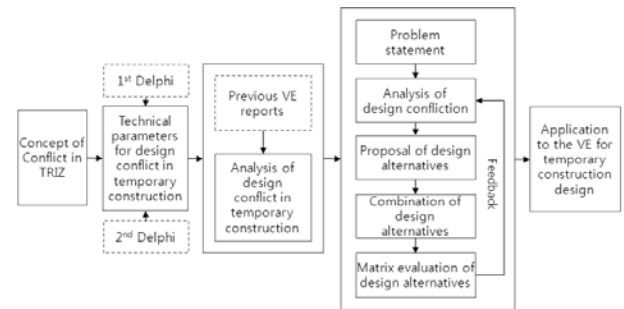


Fig. 1. Research procedure

## 2. 기존 연구

설계VE는 Job Plan이 제시하는 체계적인 절차에 따라서 수행된다. Job Plan은 설계VE 워크샵에서 이행해야 할 준비단계 부터 분석단계, 그리고 실행단계 까지 전반적 과정을 상세히 설명한다. 공공 공사 수행시 적용하는 일반적인 설계VE 방법론은 국토교통부에서 제시하는 설계VE 업무 매뉴얼을 참고로 하고 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Transportation 2006).

국토교통부의 설계VE 업무 매뉴얼은 1) 준비단계, 2) 분석단계, 그리고 3) 실행단계로 구분되어 있다. 첫째, 준비단계에서는 관련 자료수집, 발주자 및 사용자 요구사항 분석, VE 대상선정 등의 업무를 수행한다. 둘째, 분석단계에서는 기능분석, 아이디어 창출, 아이디어 평가, 대안 구체화, 제안 등의 업무를 수행한다. 그리고 셋째, 실행단계에서는 대안의 실행과 결과에 대한 조사 및 후속 조치 등 업무를 수행한다.

SAVE International(2005)에서 제공하는 설계VE 방법론은 1) 사전분석 크샵, 2) 정보분석, 3) 기능분석, 4) 아이디어 창출, 5) 아이디어 평가, 6) 아이디어 개발, 7) 아이디어 제안, 8) 아이디어 적용, 9) 사후 워크샵 등으로 구성된다. SAVE International에서 제공하는 방법론의 특징은 기능분석을 실시한 후 기능분석 결과를 기준으로 아이디어 창출 활동이 전개 된다는 점이다.

또한 미국 캘리포니아 교통국의 리포트 가이드 (California Dept. of Transportation 1999)의 절차를 살펴보면 일반적인 VE 방법론과 큰 차이는 없으나 아이디어 창출과 평가에 집중적인 시간을 할당하는 것을 알 수 있으며, 제시된 대안의 실행 가능성을 강조하고 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 국내 및 국외의 각 설계VE 방법론은 전반적인 Job Plan 절차를 제시하고 있으며, 설계VE 워크샵에서는 이러한 Job Plan 절차에 따라서 설계VE를 진행하게 된다. 그러나 Job Plan은 설계VE의 가장 중요

한 비중을 차지하는 아이디어 창출단계의 세부적인 사항을 제시하지 않으며, 브레인스토밍 기법을 적용하라는 정도의 일반적인 사항만 제시하고 있다.

아이디어 창출단계는 설계VE 방법론에서 가장 중요한 과정이라는 점을 인식하여 아이디어 발상 방법을 지원하고자 하는 연구가 수행됐다. Jang et al.(2009)는 설계VE 효과를 높이기 위해서 기능분석과 아이디어 제안시 평가 방법에 대한 연구를 수행했다. 본 연구자들은 설계기능에 대한 분석과 평가 과정을 단순화하고, 아이디어 개발을 위한 질문 영역을 개발하여 적용했다. 아이디어 발상을 위한 질문영역은 '역할', '재료', '공정', '동력', '대체', '용용', '흐름', '방향', '속도', '온도' 등 기능 향상을 위한 항목을 포함한다.

이러한 질문영역을 개발한 것은 다양한 관점에서 아이디어 발상을 지원하기 위한 것이다. 예를 들어서 설계VE 과정에서 질문을 던지고, 던져진 질문 관점에서 아이디어를 제시하여 설계기능을 개선할 수 있다. 따라서 장석남 외의 접근 방법은 브레인스토밍 기법을 개선하기 위한 노력의 일환이며, 트리즈에서 제시하는 모순충돌이라는 개념은 포함하지 않고 있다.

Kim and Yang(2006)은 건설사업시 추진되는 설계VE의 아이디어 발상을 개선하기 위해서 ASIT(Advanced Systematic Inventive Thinking)을 적용했다. 이 논문에서는 용도변경, 복제, 분할, 대칭과괴, 제거 등을 통해서 아이디어 창출 효과를 높일 수 있다고 논의했다. 또한 Lee and Go(2007)는 아이디어 발상시 ASIC의 중요성을 인식하고 설계VE 방법론에 대한 적용 방안을 제시했다. Moon et al. (2012)는 트리즈의 일종인 ASIT을 적용하여 아이디어 창출 활동을 지원했다. Moon et al.는 ASIT에서 제시하는 Unification(통합), Multiplication(복제), Division(분할), Breaking Symmetry(대칭과괴), 그리고 Object removal(객체제거) 등 5개 관점에서 문제해결원리를 적용했으며, 설계기능 개선을 위해서 체계적인 아이디어 창출 절차를 제시했다. 또한 Lee et al.(2011)는 설계VE 시 아이디어 창출과 연계를 위해서 건물 부위별 기능분류체계를 제시했다.

이들 연구자의 아이디어 창출 방법에서는 모순충돌의 개념이 적용되지 않았다. 반면 설계기능 상 발생하는 트리즈의 모순충돌을 분석하고, 분석결과를 건설부분 설계VE의 아이디어 발상에 적용한 사례가 있다. Huh(2009)는 트리즈와 설계VE를 연계하고자 시도했으며, 트리즈에서 제시하는 모순행렬 및 발명원리를 적용하면 설계VE 시 불필요한 아이디어 발상을 줄이고 문제해결을 위한 방향성 있는 브레인스토밍을 수행할 수 있다고 논의했다.

Huh는 트리즈 기법을 적용하는 방법에 있어서 트리즈의 39가지 기술적 요인을 적용하지 않은 대신 사용자 만족도 측면과 기술적 만족도 측면을 고려하여 모순충돌을 설명했다. 즉, 모순충돌의 요인을 설명하기 위해서 '경제성', '편의

성', '쾌적성', '사용성', '심미성', '친환경', '미래지향성', '안정성', '시공성', '타공중 영향성', '설계컨셉' 등 요인이 적용됐다. 허조아가 이와 같은 접근방법을 사용한 이유는 트리즈의 39가지 기술적 요인을 모두 사용할 경우 39X39, 즉 모두 1,521개의 모순충돌 조합이 발생하기 때문에 이러한 조합 모두를 분석하기 어려운 점 때문이었다.

이와 같이 설계VE 수행시 방법론은 중요한 역할을 차지하고 있으나, 이중 특히 주목해야 할 것은 설계VE 방법론의 핵심인 아이디어 발상에 대한 연구의 중요성이라는 점이다. 본 연구에서 제시하는 아이디어 창출절차는 기존 연구와 차별하여 건설분야 가시설 공사의 특성을 반영하며, 설계기능이 가지는 모순충돌을 이해하고, 모순충돌을 해결하는 과정으로서 아이디어 창출 활동을 지원 한다는 특징을 가진다. 따라서 본 아이디어 창출절차는 설계VE에 적용하기 쉽도록 적용성을 높이며, 기존 설계VE 방법론에 접목하여 실제 설계VE 워크샵에 적용될 수 있을 것이다.

### 3. 기능 개선시 모순충돌 분석을 위한 기술적 요인

#### 3.1 설계VE 대상 기능 개선안 분석

본 연구에서는 설계VE 대상 가설공사 설계안의 문제점을 찾아보고, 이 문제점을 모순충돌이라는 관점에서 분석하여 모순충돌이 설계기능에 가져오는 영향을 검토했다. 모순충돌은 설계기능에 내재되어 있는 문제영역으로써 아이디어 창출시 설계대안의 최적화를 위해서 극복해야 할 과제이다. 즉, 최선의 아이디어를 창출을 하기 위해서는 설계기능에 내재되어 있는 모순충돌을 극복해야 한다는 것이며, 설계VE 과정에서 설계기능을 개선시키기 위해서는 설계기능이 가지고 있는 기술적 요인의 충돌을 제거해야 한다.

모순충돌을 해결해야 한다는 의미는 일방적으로 한쪽 방향으로만 개선이 이뤄질 경우 상대적인 손실이 발생되므로 양쪽 방향에서 모두 개선이 이뤄질 수 있도록 대안을 찾아야 한다는 것이다. 예를 들어서 '비용'이 감소되지만 '안정성'이 나빠진다면 최적화된 설계대안으로서 합당하지 않게 되며, 모순충돌을 해결할 수 있는 설계대안은 '비용'을 감소시키며 동시에 '안정성'을 유지 내지는 향상시킬 수 있는 아이디어야 한다.

트리즈에서는 모순충돌을 설명하기 위해서 움직이는 물체의 무게, 움직이지 않는 물체의 무게, 속도, 힘, 용력, 모양, 안정성, 강도 등 39개의 기술적 요인을 설명하고 있다. 여기서 기술적 요인이란 무게, 길이, 면적, 부피 등과 같이 설계기능을 구현하는 특성을 의미한다. 39개의 기술적 요인은 일반적인 아이디어 창출시 적용할 수 있는 내용으로 구성된다. 따라서 건설분야에서 수행하는 설계VE에 적용하기 위해서는 기술적 요인을 수정할 필요가 있다.

가시설 공사에 적용 가능한 모순충돌을 분석하기 위해서는 우선 모순충돌시 발생하는 기술적 요인을 찾아야 한다. 그러나 건설공사가 가지고 있는 특이성을 고려할 때 건설 공사 설계VE 시 아이디어 창출 활동에 적용하기 위해서는 기술적 요인을 검토하고 건설 공사에 맞도록 조정해야 한다. 따라서 본 논문에서는 설계VE 적용시 건설 분야 중 특히 가시설 공사를 대상으로 기술적 요인을 분석하여 모순충돌의 기본적인 특성을 설계VE시 반영할 수 있도록 시도했다. 즉, '경제성', '편의성', '쾌적성'과 같이 개념적인 요인이 아니라 '응력', '모양', '안정성', '강도' 등 실질적으로 설계시 적용하는 요인을 적용하여 현실적인 적용성을 높일 필요가 있는 것이다.

가시설 공사에 적용할 수 있는 기술적 요인을 찾기 위해서 델파이 조사가 수행됐다. 델파이 조사를 통해서 전문가 5명의 의견을 수렴했다. 전문가 5명은 토질 및 기초 2명, 시공 2명 그리고 구조 1명으로 구성됐으며, 모두 10년 이상의 현장경험과 기술사 또는 박사학위 소지자이다. 전문가 5명은 델파이 조사와 본 논문의 사례분석에서 전문가 역할을 수행했다.

델파이 조사는 1차와 2차 조사로 진행됐다(Table 1). 1차 델파이 조사에서는 기존 트리즈에서 사용하고 있는 39가지 기술적 요인을 전문가에게 제시하고 이 중에서 건설분야 중 가시설 공사에 적용이 필요한 기술적 요인을 선택하도록 했다. 선택과 함께 필요시 기술적 요인의 용어를 가시설 공사에 맞게 수정 하도록 요청했다. 또한 필요시 기술적 요인을 추가 하도록 요청했다. 수집한 조사 결과 중 한 번도 선택되지 못한 기술적 요인은 기술적 요인 리스트에서 삭제됐다.

2차 델파이 조사에서는 1차 델파이 조사 결과를 정리하여 작성한 후 전문가에게 다시 보여주고, 이 중에서 기술적 요인을 다시 선택 하도록 했다. 2차 델파이 조사에서도 마찬가지로 수집한 조사 결과 중 한 번도 선택되지 못한 기술적 요인은 기술적 요인 리스트에서 삭제했다.

Table 1은 1차와 2차 델파이 조사가 끝난 후 정리된 결과를 보여준다. 기존 트리즈에서 사용하는 기술적 요인과 비교하여 가시설 시설물에서는 유동물체가 없으므로 해당되는 사항을 삭제하고, 비용의 중요성을 강조하기 위해서 경제성이 추가됐다. 이와 같이 델파이 조사결과에 따라서 본 논문에서는 가시설 공사를 대상으로 적용하도록 무게, 길이, 면적, 부피, 힘, 응력, 모양, 안정성, 강도, 내구성 등 27가지의 기술적 요인을 도출했다.

결과적으로 기존 연구와 달리 본 연구에서는 트리즈의 39가지 기술적 요인을 가시설 공사에 맞도록 27가지로 정리했으며, 설계VE에서는 27가지의 가시설 공사관련 기술적 요인을 적용하여 모순충돌 발생을 검토 하도록 했다. 이와 같이 설계기능을 구현 하는데 발생하는 모순충돌을

상황별로 분석함으로써 문제 해결을 위한 방향을 제시할 수 있었다.

Table 1. Technical parameters applicable to conflict analysis in temporary construction design

No	Technical parameter	
	In TRIZ	Applicable to temporary construction design가시설 적용
1	Weight of moving object	(Delete)
2	Weight of non-moving object	Weight
3	Length of moving object	(Delete)
4	Length of non-moving object	Length
5	Area of moving object	(Delete)
6	Area of non-moving object	Area
7	Volume of moving object	(삭제)
8	Volume of non-moving object	Volume
9	Speed	(Delete)
10	Force	Force
11	Tension/Pressure	Strain
12	Shape	Shape
13	Stability of composition	Stability
14	Strength	Strength
15	Durability of moving object	(Delete)
16	Durability of non-moving object	Durability
17	Temperature	(Delete)
18	Brightness	(Delete)
19	Energy of moving object	(Delete)
20	Energy of non-moving object	(Delete)
21	Power	Power
22	Waster of energy	(Delete)
23	Waster of substance	Material
24	Waster of information	Information
25	Waster of time	Duration
26	Amount of substance	Quantity
27	Reliability	Reliability
28	Accuracy of measurement	Accuracy of measurement
29	Accuracy of manufacturing	Accuracy of construction
30	Harmful factors acting on object	Harmful factors
31	Harmful side effects	Safety accidents
32	Manufacturability	Constructability
33	Convenience of use	(Delete)
34	Repairability	Repairability
35	Adaptability	(Delete)
36	Complexity of device	Complexity of device
37	Complexity of control	Control
38	Level of automation	Automation
39	Productivity	Productivity
40		Economicity

### 3.2 기존 설계대안의 모순충돌 분석

본 논문에서는 10개 프로젝트의 가시설 공사에 대한 설계 VE 보고서를 대상으로 설계대안 검토시 모순충돌을 어떻게 극복했는지를 조사했다. 조사대상인 VE 보고서는 부산광역시에서 수행한 도로공사와 단지개발 등 일반적인 토목공사에 적용한 설계의 경제성 검토 결과를 담고 있다. 조사과정에서는 기존 설계VE 보고서에서 제시된 설계VE 결과를 바탕으로 설계안에 내재되어 있는 모순충돌을 찾고, 설계기능 향상시 모순충돌이 어떻게 해결 됐는지 분석했다. 분석시 기존 설계VE 보고서는 모순충돌 개념을 사용하지 않았지만 설계VE 전문가는 모순충돌을 해결하는 방향에서 설계대안을 위한 아이디어를 제공했다고 가정했다.

검토 대상인 가시설 공사는 영구적인 구조물을 시공하기 위해서 임시로 설치하는 구조물로서 대부분 토목과 건축공

사에서 공통으로 적용되며, 시공후 제거되는 임시 구조물이기 때문에 원가 절감의 효과가 크게 나타난다. 본 논문에서 분석된 10개 프로젝트는 모두 가시설 공사를 포함하고 있으며, 토목공정 중 예산측면에서 큰 비중을 차지했다 (Table 2).

Table 2. Analysis of the VE alternatives in previous VE studies (on temporary construction)

No.	Design	Problem statement on the original design	Conflict resolution for design improvement
1	Original Use a sheet pile method for water stop	Since the underground has a rock bed, the sheet pile cannot be installed to the desired depth	The H-pile + strut can increase constructability and stability
	Alternative Use a H-Pile strut + water stop method		
2	Original Use 250x250x9x14 H-piles	The design safety ration is too high	Reduce the pile size for cost down
	Alternative Use 200x200x8x14 H-piles		
3	Original Apply a driving method for installing steel drainage pipes	The cover above the driving pipe is not deep enough for driving steel pipes	Use an open cut method for cost down as well as schedule reduction
	Alternative Apply an open cut method for installing steel drainage pipes		
4	Original Apply a sheet pile + strut method for installing steel pipes	There is no building structures around the excavation area	Apply a slope cutting and improve constructability
	Alternative Apply an open cut method for installing steel pipes		
5	Original The embedment depth of H-pile is 10m	Have not considered wall friction in calculating the embedment depth	Reduce the embedment depth for cost reduction
	Alternative The embedment depth of H-pile is 4m		
6	Original The embedment depth of H-pile is 15m	The design safety ration is too high	Since the ground is satisfactory, apply moment equilibrium method to reduce the embedment depth
	Alternative The embedment depth of H-pile is 9m		
7	Original Use two dimensions of H440x300 and H300x305	Two types of H-piles are used	Streamline the H-pile type for cost down and time reduction
	Alternative Use a single dimension of H300x300		
8	Original Support H-pile timber panels using anchors	The anchors may interfere with the existing building structures	Reduce the excavation quantity
	Alternative Support H-pile timber panels using strut		
9	Original The H-pile timber panels is 8cm in thickness	The same thickness is used regardless of excavation depth	Change the thickness according to the excavation depth
	Alternative The H-pile timber panels is divided into 6cm and 8cm in thickness		
10	Original An earth retaining wall is installed for the sound proof wall	The existing wall is in good condition	Reuse the existing wall as a foundation for the sound proof wall
	Alternative The existing earth retaining wall is used for the sound proof wall		

Table 2는 10개 프로젝트의 가시설 공사에 대한 설계VE 보고서를 분석한 결과이다. Table에서 설계안은 당초 설계

안과 신규로 제시된 설계대안을 포함하고 있다. Table에서 문제정의는 기존 설계안이 가지고 있는 요구사항을 설명하고 있으며, 모순충돌은 각 설계기능을 구현할 때 설계안이 가지는 기능 간 상호 배타적인 관계를 나타낸다. 또한 Table은 당초 설계안과 신규 설계대안을 검토하여 모순충돌시 발생하는 기술적 요인을 찾았으며, 모순충돌이 어떻게 발생하는 가를 설명하고 있다.

여기서 모순충돌은 예를 들어서 시트파일 근입 길이를 15m에서 9m로 축소하면 비용은 절감 되지만 안정성은 감소할 수 있다는 것이다. 따라서 설계 검토 과정에서 설계 VE팀은 모순충돌을 없애기 위한 방향에서 새로운 설계대안을 제시해야 한다는 것을 알 수 있다. 다른 예를 들어서 250x250x9x14 H-파일에서 200x200x8x14 H-파일로 변경하면 '수량'과 '비용'은 줄지만 '안정성'이 저하될 수 있다는 것이다.

#### 4. 모순충돌 해결을 통한 아이디어 창출

##### 4.1 사례 분석 절차

설계VE 시 모순충돌을 해결하여 아이디어를 창출하는 과정을 설명하기 위해서 옹벽 설치 가시설 공사를 대상으로 사례분석을 실시했다 (Fig. 2). 기존 설계에 따르면 설계상 옹벽설치 공사는 상부 1단 굴착부터 시작하여 굴착, 가시설 설치, 기성 옹벽 설치, 앵커 설치, 배면 다짐, 가시설 철거 등의 순서로 시공하며, 이후 상부 2단에 대하여 같은 순서로 시공한다. 이후 같은 순서에 의하여 도로 하단부에 옹벽을 설치한다. 이와 같은 순서에 따라서 시공할 경우 기초를 확보할 수 없어서 상부에서 하부로 진행해야 한다. 본 가시설 공사는 도로옆 사면지역에 설치하는 난이도가 높은 공사라서, 설계VE에서는 현장 지형, 주변 구조물 현황, 기존 지하 매설물, 지하수, 지반 조건 등 여러 가지 사항이 가져오는 영향을 고려하여 설계기능의 가치를 높일 수 있도록 목표를 세웠다.

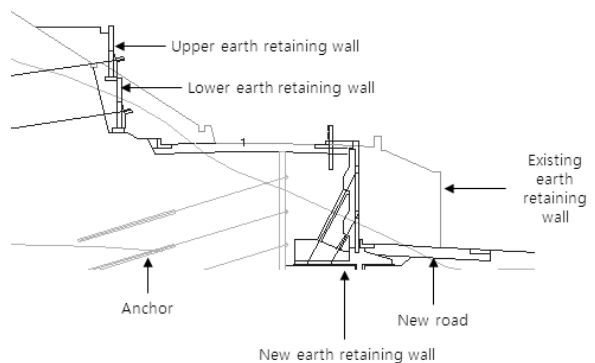


Fig. 2. A sample temporary construction for the VE analysis in this study

아이디어 창출을 돕기 위해서 문제해결원리를 기준으로 모순충돌 테이블을 작성한 후 이를 아이디어 창출에 활용할 수 있다. 그러나 건설공사의 다양성을 고려했을 때 표준화된 모순충돌 테이블은 현실적인 실용성이 떨어지게 된다. 모순충돌 테이블을 적용하기 보다는 설계기능에서 발생하는 모순충돌을 관찰하고 이에 대응하기 위한 문제 해결 방안으로써 대안을 제시하는 것이 실무에서 활용성과 적용성이 향상될 것으로 판단된다.

따라서 본 사례 분석에서는 모순충돌 테이블은 적용성이 떨어진다고 판단하여 모순충돌 테이블을 사용하지 않았으며, 대신 설계VE 과정에서 전문가의 논의와 검토를 통해서 모순충돌에 대한 문제해결원리로서 설계대안을 제시했다.

본 사례 분석에서 가시설 공사의 설계기능에 대한 아이디어 창출은 Table 3과 같이 5단계의 절차로 구성됐다.

Table 3. Steps for structured idea generation

No.	Step	Description
1	Problem statement	<ul style="list-style-type: none"> <li>Find design requirements</li> <li>Analyze existing construction design and related documents</li> <li>Prepare a list of problem statements when the existing construction designs are applied</li> </ul>
2	Analysis of design conflict	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyze design conflict</li> <li>List up technical parameters that cause design conflict</li> <li>Compare the good points and the bad points</li> </ul>
3	Proposal of design alternatives	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propose new design alternatives that can resolve the design conflicts</li> <li>Propose construction methods with which to improve design conflicts. That is, the construction method should be able to improve both the technical parameters. It is not to trade-off with each other.</li> </ul>
4	Combination of design alternatives	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arrange the individual design alternatives</li> <li>Prepare a combined design alternative that comprises the individual design alternatives</li> </ul>
5	Matrix evaluation of design alternatives	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comparatively evaluate the original and the alternative designs using a matrix</li> <li>Use evaluation criteria such as stability, economicity, accuracy, constructability, complexity, etc.</li> <li>Apply weights for each evaluation criteria</li> <li>If the design has not improved, start from the conflict analysis</li> </ul>

본 사례분석을 위해서 델파이 조사에 참여했던 5명의 전문가가 참여했으며, 본 논문의 아이디어 창출 방법론 절차에 따라서 설계대안을 검토했다. 실제 워크샵에서는 가시설 공사에 대한 모순충돌 분석표를 사용했으며, 기술적 요인을 사용하여 모순충돌을 분석했다.

#### 4.2 설계 개선안 제안

Table 4는 신규 설계대안 창출을 위한 모순충돌 분석표로서 1) 문제정의, 2) 기술적 요인에 따른 모순충돌, 3) 신규 설계대안, 그리고 4) 최종 설계대안 등 신규 설계대안을 통한 모순충돌 해결 방안을 설명하고 있다. Table에서 첫째, 문제정의는 설계기능 구현시 기존 설계안이 가지는 문제점을 찾고자 하는 것이다.

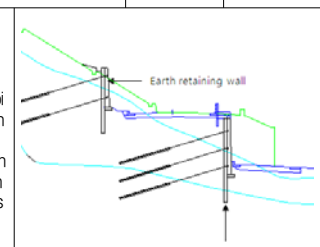
예를 들어서 가시설과 기성 옹벽의 설치에서는 가시설 설

치와 철거 등 이중 작업이 발생한다. 가시설은 임시로 사용하는 공정이기 때문에 최소화 하는 것이 설계의 경제성을 위해서 필요하다. 따라서 설계대안을 찾기 위한 사전단계의 작업으로써 가시설을 문제정의의 대상으로 고려해야 한다.

둘째, 모순충돌에서는 각 문제정의에 대하여 Table 1에 제시되어 있는 기술적 요인에 따라서 모순충돌 사항을 분석하고 좋아지는 측면과 나빠지는 측면을 찾았다. 예를 들어서 가시설 설치와 철거 등 이중 작업 발생으로 인하여 안정성은 좋아 지지만 경제성이 나빠진다는 모순충돌이 발생한다. 또 다른 예를 들어서 2단계 작업으로 인하여 반복 작업이 발생하여 시공의 정확성은 좋아지지만 시공성은 나빠지는 모순충돌이 발생한다. 이와 같이 기존 설계안에 대한 모순충돌 사항을 검토함으로써 모순충돌을 해결하기 위한 정보를 찾았다.

셋째, 모순충돌 해결을 위한 신규 설계대안에서는 모순충돌을 해결할 수 있는 방안으로써 새로운 아이디어를 제시했다. 예를 들어서 안정성은 좋아지지만 경제성이 나빠지는 모순충돌을 개선하기 위해서 가시설 자재로 사용한 H빔을 영구 구조물로 활용하는 아이디어를 제시했다. 다른 예를 들어서 정확성은 좋아 지지만 시공성이 떨어지는 모순충돌을 개선하기 위해서 2단 옹벽을 1단 옹벽으로 처리했다.

Table 4. Design improvement through conflict resolution

Problem statement	Conflict of technical parameters		Design alternative
	Good point	Bad point	
Installation and demolition of temporary structure causes a double work	Stability	Economicity	Use the temporary structure (H-beam) as a performance structural wall
The two stepped approach causes unnecessary repetition of work	Accuracy	Constructability	Combine the two stepped earth retaining wall as a single earth retaining wall
The cut slope makes it difficult to backfill the behind side of the temporary structure	Accuracy	Productivity	Since the earth work of cutting and backfilling is deleted, excavation equipment is no longer required
Crane needs a wide working area	Stability	Complexity	Simplify the operation by placing crane on the road
Final combination of design alternatives			<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Install the H-piles on the natural cut slope, and support them using anchors.</li> <li>2) Cut the slope in sequence such that the cut slope is maintained stable.</li> <li>3) The anchors should be installed with caution because they will be staying permanently in place.</li> </ol>

최종 설계대안은 모순충돌 해결의 결과 도출된 각 개별 신규 설계대안을 취합하여 제시한 것으로써 각각의 문제 정의에 대하여 제시된 개별 아이디어를 취합하여 찾은 결과이다. 최종 설계대안에서는 가시설과 기성옹벽을 대체하

여 합벽식 옹벽을 설치하고, 2단으로 되어 있는 옹벽을 1단으로 처리함으로써 최적화된 설계기능을 가지도록 했다. Table 4의 결과는 본 논문에서 제시하는 체계적 아이디어 창출절차가 설계원안과 비교하여 다양한 발상을 도출 수 있다는 것을 보여준다.

### 4.3 설계원안과 개선대안 비교 평가

최종 설계대안을 도출한 후 제시된 대안에 대하여 매트릭스 평가를 실시했다(Fig. 3). 매트릭스 평가는 설계VE 검토 시 설계 원안과 개선안을 비교하고, 비교 결과 성능과 비용의 개선 정도를 보여주기 위해서 적용된다(Stewart 2006). 현재 매트릭스 평가는 설계VE 워크샵의 성격에 따라서 다양한 형태로 변형되어 적용되고 있으며, 아이디어 창출 이후 설계원안과 설계대안 비교 평가하는 중요한 역할을 하고 있다.

Evaluation criteria		A	B	C	D	E	Remarks		
A. Stability			A2	A2	D3	E3	Pairwise comparison : 4 : Very very important 3 : Very important 2 : Important 1 : Little important 0 : equally important		
B. Economicity				B4	E3	B4			
C. Accuracy					D4	C3			
D. Constructability						D3			
E. Complexity									
Function	Protect the cut slope	wt	0.13	0.35	0.10	0.32	0.10	Sum	Selection
Original	Temporary structure + Prefabricated earth retaining wall		3	2	3	2	3	2.33	
			0.39	0.70	0.30	0.64	0.30		
Alternative	Permanent-purpose anchored wall		3	4	3	4	4	3.77	○
			0.39	1.40	0.30	1.28	0.40		

Note 1) Evaluation scale: 5-Very good; 4-Good; 3-Moderate; 2-Bad; 1-Very bad

Fig. 3. Matrix evaluation of the final design alternative

매트릭스 평가는 기존 설계안과 설계VE 과정에서 창출된 아이디어를 상대적으로 비교 평가하기 위해서 실시했다. 매트릭스 평가에서 아이디어 평가 항목은 안정성, 경제성, 정확성, 시공성, 생산성 그리고 복잡성 등 모순충돌을 발생시키는 기술적 요인을 적용했다. 평가 항목에 사용된 각 기술적 요인 간 쌍방 비교를 실시하고, 집계 과정을 통해서 가중치를 부여했다. 이후 기존 설계안과 설계VE 과정에서 창출된 아이디어를 1부터 5점 척도를 사용하여 평가했으며, 가중치를 적용하여 보정된 평가치를 구했다. 기존 설계안과 설계VE 과정에서 창출된 아이디어 각각에 대하여 집계하여 최종 성능 점수를 계산했다.

매트릭스 평가 결과 기존 가시설+기성옹벽 설치안은 2.33이었으나 신규 합벽식 옹벽 설치안은 3.77로 평가 되어서

옹벽설치의 설계성능이 개선됐다는 것을 보여줬다. 본 설계 VE 적용사례에서는 '사면붕괴를 방지한다'의 기능을 구현하기 위해서 기존 설계안으로 '가시설+기성옹벽설치가 제시되어 있었으나, 모순충돌을 해결하는 과정으로써 아이디어를 창출하여 '합벽식 옹벽을 1단으로 설치하게 됐으며, 새로운 아이디어를 통하여 설계가치가 향상될 수 있었다. 결과적으로 기능구현을 위해서 제시되어 있는 설계안을 검토하고, 내재되어 있는 다수의 모순충돌을 해결함으로써 최종 설계대안을 취합하여 구할 수 있다는 것을 보여준다.

### 5. 결론

설계VE 적용시 다양한 방법론이 설계VE의 Job Plan으로 사용되고 있다. 사용되고 있는 방법론은 일반적인 설계VE 워크샵의 과정을 설명하고 있으나, 가장 중요한 아이디어 창출에 대한 세부적인 진행 방법은 제시하지 않고 있다. 본 논문에서는 모순충돌 문제를 바탕으로 체계적인 아이디어 창출방안을 제시했으며, 설계VE에서 간략하게 적용할 수 있도록 했다. 모순충돌 문제를 정의하기 위해서 기술적 요인을 건설분야의 특성에 맞추어 델파이 조사를 통해서 찾았다. 기술적 요인은 설계기능을 구현하기 위한 구체적인 검토 사항이 됨으로써 설계대안 검토시 실질적으로 브레인스토밍을 지원할 수 있었다.

가시설 공사를 대상으로 한 사례분석에서는 모순충돌을 기반으로 하는 체계적인 아이디어 창출 방안의 혜택을 찾을 수 있었으며, 첫째, 기술적 요인을 통하여 설계기능을 구체화하고, 둘째, 모순충돌 분석표를 작성하여 브레인스토밍의 효과를 얻고, 셋째, 좋은 점과 나쁜 점을 함께 검토하여 최종 설계대안의 최적화를 얻을 수 있고, 마지막으로 기존 설계VE 방법론에 추가하여 브레인스토밍의 한 과정으로 간략히 적용할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

모순충돌을 기반으로 하는 체계적인 아이디어 창출 방안을 실제 설계VE에 적용하기 위해서는 사례분석에서 적용한 시설 공사뿐만 아니라 건설시공에서 발생하는 다양한 설계기능에 적용해야 한다. 그러나 이러한 과정은 기존 설계VE Job Plan에 비하여 시간이 많이 소요됨으로 현실적으로 모든 설계기능에 적용하기 보다는 주요 설계기능에 대하여 선택적으로 적용하는 것이 타당할 것이다. 향후 연구에서는 다양한 설계기능에 적용함으로써 설계기능의 모순충돌을 찾을 수 있을 것이고, 모순충돌을 이해함으로써 설계의 가치를 더욱 향상시킬 수 있을 것이다.

### 감사의 글

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

## References

- Altshuller, G.S. (1998). 40 Principles: TRIZ Keys to Technical Innovation. Technical Innovation Center, Worcester MA.
- California Department of Transportation (1999). Value Analysis Report Guide, 1st Ed. Sacramento, CA.
- Huh, J. (2009). A Supporting Model using TRIZ Concept for Generating Ideas in Design Phase VE, Master's Thesis, Seoul City University.
- Jang, S.N., Hyun, C.T., Hong, T.H., Kim, M.J. and Son, M.J. (2009). "Evaluation and idea creation methods for efficient operation of design VE technique." A Proceeding for Annual Conference of Architectural Institute of Korea 29(53), pp. 637-640.
- Kim, S.Y. and Yang, J.K. (2009). "An efficient idea creation method of design value engineering for construction projects." Korean journal of Construction Engineering and Management 7(1), pp. 55-63.
- Korea Expressway Corporation (2010). hi-Value VE Process (Research report), Korea Expressway Corporation VE Team.
- Lee, G. and Ko, S.S. (2007). "A study on the improvement method for idea from the design VE using ASIT." A Proceeding for Annual Conference of Korea Institute of Construction Engineering and Management.
- Lee, I.J., Hyun, C.T., Son, M.J. and Kim, D.H. (2011). "Development of function breakdown structure of Building element based on performance for idea connection in design VE." Korean journal of Construction Engineering and Management 12(5), pp. 12-22.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transportation (2006). Design VE Manual, MLIT Construction and Environment Team.
- Moon, S., Ha, C., and Yang J. (2012). "Structured Idea Creation for Improving the Value of Construction Design." ASCE Journal of Construction Engineering and Management 138(7), pp. 841-853.
- SAVE International (2005). Value Methodology Standard, Dayton, OH.
- Stewart, R. B. (2007). Fundamentals of Value Engineering, Xlibris.

---

**요약:** 설계VE 과정에서 아이디어 창출은 가장 중요한 부분이다. 그러나 아이디어 창출은 일반적으로 설계VE 팀원의 지식이나 경험을 통하여 진행되게 된다. 설계VE 워크샵에서 좋은 성과를 내기 위해서는 단순히 설계VE 팀원의 지식이나 경험에 의존하는 것이 아니라 보다 체계적인 접근방법이 필요하게 된다. 본 연구에서는 설계VE 워크샵에서 사용할 수 있도록 TRIZ의 모순충돌 개념을 활용한 체계적인 아이디어 창출방법을 제시한다. 연구과정에서는 TRIZ의 모순충돌 개념을 바탕으로 설계가 가지는 문제영역을 정의하고, 기술적 요인을 활용하여 모순충돌을 나타냈다. 아이디어 창출과정에서 기술적 요인은 설계기능을 향상시키기 위한 체계적 방법론으로 활용됐다. 가시설 공사에 대한 시범사례에서는 본 연구에서 제시한 아이디어 창출절차를 적용할 경우 설계가치를 향상시킬 수 있다는 것을 시범적으로 제시했다.

**키워드:** VE 방법론, 아이디어 창출, 모순, 기술적 요인, 설계가치향상

---