

개념 설계 도구로서의 공리적 설계와 트리즈의 상호보완

안영준 (한국산업기술대 에너지대학원 기계공학과), 이경원* (한국산업기술대 기계설계공학과)

A Review of TRIZ combined with Axiomatic Design Methodologies

Y. J. Ahn (Mechanical . Eng. Dept. KPU), K. W. Lee (Mechanical Design. Dept., KPU)

ABSTRACT

In mechanical design part, though many design methodologies have been developed, most of them are applicable for detailed design. Therefore, when people had to do conceptual design, they relied on their individual creativity. To improve this phenomenon, some methodologies are developed such as TRIZ and axiomatic design. In this paper, both TRIZ and axiomatic design methodologies will be reviewed. In addition, some papers which contain conceptual design case study will be also dealt with. These case studies are results of application both axiomatic design and TRIZ methodology.

Key Words : TRIZ(트리즈), Axiomatic Design(공리적 설계), 개념 설계(Conceptual Design)

1. 서론

혁신적인 설계는 한 사람의 직관력과 창의력에 크게 의존하는 경향이 크다. 이러한 상황을 개선하기 위해, 많은 사람이 혁신적인 설계를 할 수 있도록 돕는 방법론들이 많이 개발되어 왔다.

설계는 개념설계와 상세설계로 크게 나누어 볼 수 있다. 개념설계는 설계 초기에 행하는 것으로 기능을 정의하고, 어떠한 요소를 써서 기능을 구현할 것인지를 정하며, 각 부품의 배열과 상호 작용등을 정의하는 단계이다. 반면, 상세설계 단계에서는 개념설계를 기반으로 하여, 각 부품의 모양, 치수 등을 결정한다. 이 때 성능의 우열을 가리기 위해 실험이나 해석을 수반하기도 한다.¹ 현재 상세설계를 구현하는 방법론은 비교적 많이 나와있는 상황이다. 최적설계, 다구찌법, 실험계획법 등이 그 대표적인 예이다. 그렇지만 설계에 보다 큰 영향을 미치는 개념설계가 잘 되어있으면, 제품이나 프로세스를 구현할 때 원가와 시간을 크게 줄일 수 있음에도 불구하고, 개념설계 방법론은 개발된 것이 그리 많지 않은 실정이다.

여기에서는 개념설계 방법론 중, 현재 많이 활용되고 있는 TRIZ 와 공리적 설계에 대한 전반적인 소개와 각 방법론 간의 유사성과 차이점에 대해 기술하고자 한다. 그리고 이 두 방법론을 함께 상호보완적으로 사용해서 아이디어를 도출한 사례도 덧붙여 소개한다.

2. TRIZ 개요²

TRIZ 는 창의적 문제 해결 이론(Теория Решения зобретбельских Задач)을 의미하는 러시아어의 첫 글자를 영어로 표기한 것이다. TRIZ 방법론은 구 소련에서 특허 업무를 담당했던 Genrich Altshuller 에 의해 개발되었다. Altshuller 는 소련 해군 특허청에서 근무하면서 여러 발명을 분석해 본 결과, 여러 발명 사이에는 어떠한 유형과 법칙이 공통적으로 존재한다는 사실을 깨닫게 되었다. 그 후 그는 러시아 특허 20 만 건을 읽고 분석해서 창의적 문제 해결의 공통된 원리를 추출할 수 있게 되었다.

Altshuller 는 창의적 문제해결의 가장 중요한 공통점이 모순의 극복이라고 생각하였다. 모순에는 기술적 모순과 물리적 모순 두 가지 종류가 있다. 기술적 모순은 서로 다른 두 개의 변수가 충돌할 때 발생하는 모순이다. 예를 들면, 엔진 출력과 연료 소모량의 관계가 그러하다. 엔진출력을 높이려면 연료가 많이 들어가야 하고, 연료 소모량을 줄이려면 엔진출력은 낮아지는 것이 일반적이다. 기술적 모순이 두 기술 변수가 상충관계에 있는 경우인데 반하여, 물리적 모순은 하나의 기술 변수가 서로 다른 값을 동시에 가져야 하는 경우를 일컫는다. 예를 들면, 비행기의 바퀴는 이착륙을 위해서는 있어야 하지만, 공기 저항을 최소화하기 위해서는 없어야 한다. 보통, 기술적 모순은 40 가지 발명원리를 이용해서, 물리적 모순은 시간에 의한 분리, 공간에 의한 분리, 조건에 따른 분리, 부분과 전체에 의한 분리를 이용해서 문제를 해결하곤 한다.

자원이라는 개념은 모순과 함께 TRIZ 에서 중요한 위치를 차지한다. TRIZ 에서는 모순을 극복한 해결책, 시스템 주변의 자원을 활용한 해결책을 훌륭한 해결책으로 꼽는다. 이러한 자원을 제대로 활용하기 위해 Altshuller 는 물질장(substance-field) 분석 기법을 마련하였다. 물질장 분석에서는 시스템이 제대로 작동하려면 두 개의 물질과 하나의 장(field)으로 구성되어야 한다고 말하고 있다. 물질은 장을 통해 유기적인 연관을 맺는다. TRIZ 에서는 이러한 장으로 기계장, 화학장, 열장, 전기장, 자기장 등이 있다고 말한다. 자원을 도입하여 문제를 해결하고자 할 때, 관심의 대상인 두 물질과 장을 삼각형 형태로 구성하고, 각 요소가 어떠한 영향을 주고 받는지를 표기해서 시스템을 분석한다. Altshuller 는 여러 특허를 물질장 모델로 분석해서 76 가지 표준 해결책을 만들어냈다.

TRIZ 에는 모순이나 자원 이외에도 중요한 개념이 여러 가지 있는데, 그 중 하나가 이상적인 최종 해결책(Ideal Final Result, IFR)이다. TRIZ 에서 말하는 이상적인 시스템은 실체는 존재하지 않지만 유익한 기능을 수행하는 시스템을 일컫는다. 실제로 이를 구현하기는 불가능할 때가 많지만, 시스템이 궁극적으로 나아가야 할 목표를 제시한다는 점에서 의의를 찾을 수 있다. 미로 문제는 입구에서 시작하여 출구를 찾는 것보다 출구에서 출발하여 입구로 거꾸로 거슬러 올라갈 때, 좀 더 손쉽게 풀리는 경우가 많다. 이와 마찬가지로, IFR 개념에서 출발하여 해결책을 모색하는 것이 좀 더 빠르고 좋은 해결책을 도출할 확률이 높다고 할 수 있다.

또한 시스템 완전성의 법칙이 있다. Altshuller 는 시스템이 무작위적으로 발전하는 것이 아니라, 어떠한 경향을 보이며 발전한다고 이야기 했다. 이러한 경향을 그는 76 가지의 표준해를 기반으로 하여, 8 가지의 기술진화법칙으로 정리하였다. 이러한 기술진화 법칙은 다음과 같다.

- 시스템은 유아기, 성장기, 성숙기, 쇠퇴기를 거쳐 발전한다.
- 시스템은 이상성이 증가하는 방향으로 발전한다.
- 시스템의 구성요소들은 불균일하게 발전한다.
- 시스템의 각 구성 요소간에는 조화가 있어야 한다.
- 시스템은 복잡성이 증가하다가 감소하는 방향으로 발전한다.
- 시스템은 동적인 특성이 증가하고 조정성이 증가하는 방향으로 발전한다.
- 시스템은 점점 더 작은 요소를 활용하는 방향으로 발전한다.
- 시스템은 자동화되는 방향으로 발전한다.

3. 공리적 설계 개요^{1,3}

공리적 설계는 MIT 공과대학의 서남표 교수가

제안한 방법론이다. 그는 그 동안 경험과 직관에 의존해왔던 생산, 설계 분야의 이론적 근거를 확립하여 이를 학문화 하기로 결심하였다. 그는 가설적인 공리를 개발하기 위하여 과거 산업계와 대학에서 근무할 때 수행했던 몇몇 프로젝트를 생각해 보았고, 그 중 성공적인 설계였던 것을 추출해 보았다. 그리고 이러한 설계사항에 포함되어 있던 공통적인 요소를 찾아내고 그 요소들을 일반화하기로 했다. 이를 일반화한 결과 12 가지 가설적인 공리를 추출하는데 성공하고, 다른 사람과의 토의 결과 이는 최종적으로 2 가지 공리로 축약 시킬 수 있음을 확인하였다.

공리적 설계에서는 설계를 ‘무엇을 이룰 것인가?’와 ‘그것을 어떻게 얻을 것인가?’의 상호 작용의 결과로 본다. 그래서 설계를 수행할 때, 문제를 정의하고 설계를 완성하는 순서에 따라 4 가지 영역을 나눈다. 소비자 요구 영역(customer attributes, CAs)은 소비자들이 원하는 요구 사항을 뜻한다. 기능요구 영역(functional requirements, FRs)은 소비자 영역에서 정의된 사항을 공학적 용어로 재 정의한 부분을 뜻한다. 설계 파라미터 영역(design parameters, DPs)에서는 기능요구 사항을 물리적으로 구현하는 부분이다. 여기에서 도출된 설계 파라미터를 생산할 수 있도록 변환시켜주는 부분을 생산 변수 영역(production variables, PVs)이라고 한다.

서남표 교수가 도출한 두 가지 설계 공리는 독립공리와 정보공리이다. 독립공리는 기능과 물리적 변수 사이의 관계를 설명하고, 정보공리는 설계의 복잡성에 관한 것을 다루고 있다. 독립공리는 각 FRs 의 독립성을 유지하는 것에 중점을 둔다. 이는 설계 과정 중 기능적 영역의 FRs 로부터 물리적 영역의 DPs 로 진행되는 사상과정에서, 특정한 DP 의 변동이 오직 관련된 FR 에만 영향을 주도록 정의해야 함을 의미한다. 정보공리는 독립공리를 만족하는 모든 설계 중에서 가장 좋은 설계를 최소한의 정보량을 갖는 설계라는 것을 나타내는 공리이다. 다시 말하면, 최소한의 정보량을 가진, 기능적으로 비연성된 설계를 가장 좋은 설계로 간주한다.

기능 요구사항과 설계 파라미터가 세 개씩 있다고 가정할 때, 나올 수 있는 설계 조합은 다음과 같다. 여기에서 “X”는 관계가 있음을, “O”는 관계가 없음을 의미한다.

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} XOO \\ OXO \\ OOX \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{Bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} XXX \\ XXO \\ XOO \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{Bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} XXX \\ XXX \\ XXX \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{Bmatrix} \quad (3)$$

식 (1)은 비연성 설계(uncoupled)로 각각의 설계 파라미터가 기능 요구사항을 독립적으로 만족시키고, 식 (2)는 비연성화 설계(decoupled)로 설계 파라미터를 적절한 순서로 배치하면 기능 요구사항을 독립적으로 만족시킬 수 있다. 따라서 식 (1)과 식 (2)는 독립공리를 만족한다. 하지만 식 (3)은 각 기능 요구사항이 모든 설계 파라미터와 연관관계를 가지고 있기 때문에 독립공리를 만족시키지 못하는 연성 설계(coupled)이다.

독립공리를 비교적 쉽게 이해할 수 있는 예로, 수도꼭지 분석 사례를 들 수 있다. 예전에는 수도꼭지가 Fig. 1 과 같은 형태가 많았다. 수도꼭지의 기능으로 유량조절과 온도조절이 있다고 볼 때, 이러한 형태의 수도꼭지로는 우리가 원하는 유량과 온도를 조절하기 위해서 몇 번 시행착오를 거쳐야 했다. 이를 공리적 설계로 분석하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{Bmatrix} \text{유량} \\ \text{온도} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} XX \\ XX \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \Phi 1 \\ \Phi 2 \end{Bmatrix}$$

여기서 $\Phi 1$ 은 온수 조절 손잡이의 회전 각도를, $\Phi 2$ 는 냉수 조절 손잡이의 회전 각도를 의미한다. 온수 조절 손잡이와 냉수 조절 손잡이 모두 유량과 온도에 영향을 미친다. 독립공리의 관점에서 보았을 때, 이러한 설계는 바람직한 설계가 아니다.

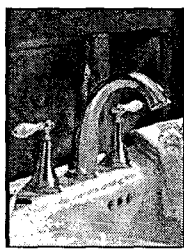


Fig. 1 Water faucet (coupled)

요즘에는 Fig. 2 와 같은 모습의 수도꼭지가 많이 출시되고 있다. 이러한 형태의 수도꼭지는 우리가 원하는 유량과 온도를 비교적 쉽게 설정할 수 있다는 장점이 있다. 이를 공리적 설계로 분석하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{Bmatrix} \text{유량} \\ \text{온도} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} XO \\ OX \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} Y \\ \Phi \end{Bmatrix}$$

여기서 Y 는 조절 손잡이의 높낮이를, Φ 는 조절 손잡이의 회전 각도를 의미한다. 조절 손잡이의 높이를 조절하면 유량의 많고 적음을 제어할 수 있고, 조절 손잡이의 회전 각도를 조절하면 물의 온도를 제어할 수 있게 된다. 이렇게 한 가지 물리적 파라미터가 독립적으로 한 기능을 수행하도록 설계된 것을 공리적 설계에서는 좋은 설계로 간주한다.

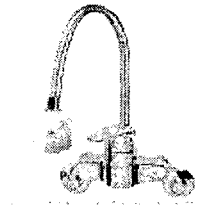


Fig. 2 Water faucet (uncoupled)

대개 단순한 설계를 좋은 설계라고 한다. 그래서 하나의 DP 로 여러 FR 을 만족시키는 것이 좋은 설계라고 생각하기 쉽다. 하지만 공리적 설계에서는 FR 과 DP 의 일대일 대응을 중요하게 생각하므로 이러한 설계를 좋은 설계로 간주하지 않는다. 하지만 여러 개의 DP 가 하나의 물리적 개체로 통합되도록 설계한 것은 우수한 설계로 간주한다. 복수의 DP 가 복수의 FR 을 각각 독립적으로 만족시키는 동시에 그 DP 들이 하나의 개체를 이룰 경우 그 설계의 정보량이 적어지는 경우가 많기 때문이다.

공리적 설계에서는 이 밖에도 두 가지 공리로부터 파생된 여러 가지 정리와 추론이 있다. 이에 대한 자세한 사항은 참고 문헌³을 살펴보기를 권한다.

4. TRIZ 와 공리적 설계의 비교

근래에 들어 공리적 설계와 TRIZ 를 비교하는 논문, 그리고 이 둘을 접목해서 제품을 개발한 사례를 소개하는 논문들이 몇 편 발표된 바 있다. Kai Yang 과 Hongwei Zhang 는 그들의 논문에서 공리적 설계 추론과 TRIZ 를 Table 1 과 같이 비교하고 있다.⁴

Table 1 Compare with TRIZ and Axiomatic Design
(Kai Yang, Hongwei Zhang)

공리적 설계	TRIZ
<ul style="list-style-type: none"> FRs가 연성이거나 상호 의존적이면, 이를 비연성화 시키거나 분리시킨다. 	<ul style="list-style-type: none"> 연성 관계를 해결한다는 것은 모순 관계를 해결한다는 것과 동일하다. 물리적 모순을 해결하기 위해 분리의 원리를 사용한다.
<ul style="list-style-type: none"> FRs와 제약조건의 수를 최소화한다. FRs와 제약조건이 많으면 시스템이 복잡해지고 정보량은 늘어난다. 	<ul style="list-style-type: none"> IFR이 이와 유사하다. 기능은 수행하되, 필요한 자원, 에너지, 정보량은 줄여야 한다.
<ul style="list-style-type: none"> FRs가 서로 독립적이라면, 하나의 물리적 개체로 설계.특성을 통합시킨다. 	<ul style="list-style-type: none"> 기술진화의 법칙(시스템은 복잡성이 증가하다가 감소하는 경향을 보인다.)
<ul style="list-style-type: none"> FRs와 제약조건이 일관성을 유지하는 한, 대칭적 형상을 이용한다. 시스템이 대칭이면 생산과 조립이 수월하고 정보량은 감소한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 비대칭성을 이용한다. 공리적 설계는 일반적인 법칙을 언급하고, TRIZ는 창의적 문제해결 기술을 언급하기 때문에 이러한 차이를 보인다.
<ul style="list-style-type: none"> FRs를 만족하는 상황에서 연성설계보다는 적은 정보량을 요구하는 완전 비연성설계를 찾는다. 	<ul style="list-style-type: none"> 40개의 발명원리로 모순을 해결한다. Mono-Bi-Poly로 정보량을 줄인다. (모순을 유발하지 않으면서, 물리적 통합이 되어 있음)
<ul style="list-style-type: none"> DPs의 개수가 FRs의 개수보다 적을 때에는 연성설계이거나 FRs를 만족시킬 수 없다. 새로운 DPs를 추가하여 FPs의 개수와 같게한다. 	<ul style="list-style-type: none"> Su-Field 분석을 할 때, 시스템은 도구, 객체, 장으로 구성된다. 시스템 내에 어떤 요소가 빠져있으면, 이를 도입한다.
<ul style="list-style-type: none"> 새로운 FR이 추가되거나 FRs 중 하나를 새로운 것으로 치환하는 경우, 기존의 DPs에 의해 주어지는 설계해는 새로운 FRs를 만족하지 못한다. 따라서, 새로운 설계해를 구해야 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> 기존의 Su-Field 모델이 효율성이 떨어지면, 시스템을 개선하기 위해 Su-Field 모델을 보강한다.

Kai Yang과 Hongwei Zhang이 공리적 설계의 측면과 이론을 위주로 TRIZ와 비교를 한 반면에, Y. S.

Kim과 D. S. Cochran은 또 다른 관점에서 두 방법론을 비교하고 있다.⁵

이 논문에서는 우선 TRIZ의 이상성 개념과 공리적 설계의 제 2공리의 차이점을 Table 2와 같이 분석하고 있다.

Table 2 Compare with TRIZ and Axiomatic Design
(Y. S. Kim, D. S. Cochran)

공리적 설계	TRIZ
<ul style="list-style-type: none"> 정보공리는 비공학적인 문제에 적용하기는 힘들지만, 공학 문제에 있어서는 여러 설계안 중 가장 좋은 설계안을 선택할 수 있도록 효과적인 지침을 제공한다. 하지만, 정보량을 계산하려면 과도한 수학적 분석이 필요할 때가 많으므로, 종종 실용적이지 못할 때가 많다. 또한 정보공리는 이미 확정된 기능 요구사항(function requirement)만을 다루기 때문에, 추가적으로 필요할 만한 다른 기능 요구사항을 반영하지 못한다는 단점이 있다. 독립공리와 정보공리를 동시에 만족시킬만한 방법론을 제시해주고 있지 못하다. 	<ul style="list-style-type: none"> 공리적 설계에서는 이미 확정된 기능 요구사항을 기반으로 정보량을 계산하는데 반하여, TRIZ의 이상성은 시스템의 유해한 기능과 유용한 기능이 무엇이 있는지를 파악한 후 이상성을 측정한다. 유해한 기능과 유용한 기능을 정량화하기 어렵기 때문에, 이상성 개념을 과학적 척도로 삼기엔 곤란한 측면이 있다. 기능이 유해한지 유용한지 여부를 인식하고 이를 정량화하는 과정이 주관적으로 흐를 가능성이 높다. 하지만, 이상성 개념은 비공학적인 문제에 예방법론을 제시해주고 있지 못하다.

또한 저자들은 물질장 모델과 FRs-DPs 모델을 비교하였다. 물질장 모델은 특정 기능을 수행하기 위해 세 가지 요소가 필요하다고 본 반면, 공리적 설계에서는 특정 기능을 수행하기 위해 한 가지 설계 파라미터가 필요하다고 한 점이 저자가 지적한 두 방법론간의 차이점이다. 하지만 어느 한 방법론이 다른 방법보다 우월한 것은 아니고, 각각의 관점이 다른 것이라고 보는 것이 옳다. 물질장은 객체지향적 관점에서 시스템을 바라본 것이고, 공리적 설계는 기능의 위계관계와 물리 영역으로의 사상을 중심으로 시스템을 바라본 것이기 때문에 이러한 차이점이 발생했다고 저자들은 주장한다.

물질장 모델은 물리적 요소와 기능간 관계를 묘사하는데 적합하고, 장(field)이 물리적 요소와 어떤 연관성을 갖는지 명확하게 보여주는 데, 이러한 부분은 공리적 설계에서 간과하고 있는 측면이다.

이를 활용하면, 설계자가 새로운 설계 파라미터를 찾아내는데 도움이 된다고 한다.

이 외에도 TRIZ의 발명원리, ARIZ, 지식 데이터베이스를 도입하면, 연성 관계에 있는 문제나 설계 파라미터가 제약조건을 충족시키는 문제를 해결하는 아이디어를 도출할 때 유용한 도구로 활용될 수 있다고 저자들은 주장한다. 하지만, TRIZ는 기능 요구사항이 둘 이상인 문제를 다루는 데 약점이 있다는 의견도 제시하였다.

5. TRIZ와 공리적 설계를 접목한 사례

Kai Yang과 Hongwei Zhang는 공리적 설계를 이용해서 문제를 정의하고, 각 FRs와 DP의 관계를 비연성화하는 과정은 TRIZ를 이용해서 ATM의 지폐분리기를 개선한 사례를 소개하고 있다.⁴ 이들은 지폐를 분리하는 기계의 정확도를 높이기 위해 시스템을 분석해서, FR을 6개 도출했고 이를 구현할 DP도 6개 도출해내었다. 그리고 FRs와 DP의 상관관계를 행렬로 구성해 본 결과, 현 설계가 연성 설계임을 알게 되었다. 또한, 2개의 FR이 TRIZ의 관점에서 볼 때, 모순관계에 있음을 알게 되었다. 왜냐하면 FR1은 맨 위에 있는 지폐를 내보내기 위해 앞으로 향하는 힘을 크게 요구하는 기능 요구사항이었고, FR6은 맨 위의 지폐를 내보낸 후 앞으로 향하는 힘이 줄어드는 것을 요구하는 기능 요구사항이었기 때문이다. 즉, 앞으로 향하는 힘이 크기도 하고 작기도 해야 했다(Fig. 3).

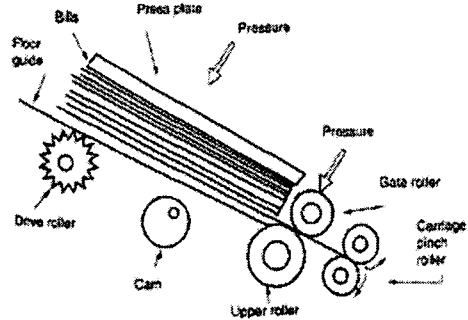


Fig. 3 Former ATM design

그래서 Kai Yang과 Hongwei Zhang은 발명원리와 분리의 원리를 이용해서 이를 해결하고자 하였다. 이들은 TRIZ의 시간에 따른 분리의 원리를 이용해서 모순관계를 해결하고, 이로 인해 전체 설계도 비연성 설계로 바꿀 수 있었다고 말하고 있다. 전투기의 날개가 시간에 의한 분리의 대표적인 예이다. 주행시에는 날개가 접혀지면 좋지만, 이착륙시에는 날개가 퍼지면 좋다. 이를 해결하기 위해 가변의 전투기가 발명되었다(Fig. 4). 이런 개념을 활용해서 이들은 지폐를 내보내는 롤러의 일부분을 고무로 덧씌워서 시간에 따라 마찰계수가 달라지도록

록 설계를 변경했다고 한다. 즉, 첫 번째 지폐를 내보낼 때에는 마찰계수가 크도록, 그리고 첫 번째 지폐를 내보낸 후에는 마찰계수가 작도록 시간에 따라 분리를 한 것이다(Fig. 5).

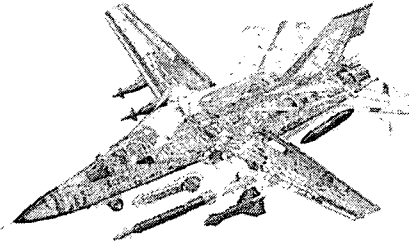


Fig. 4 Swing wing airplane

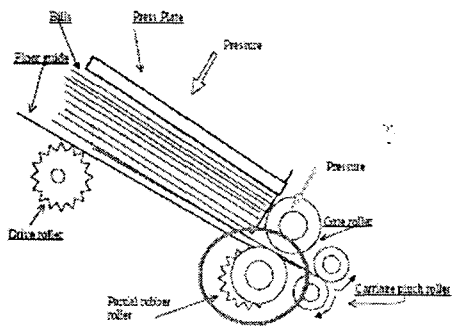


Fig. 5 New ATM design

신광섭, 박경진은 공리적 설계와 TRIZ의 개념을 이용해서 레이저 마커 빔 분해기의 개념설계를 한 사례를 소개하고 있다.⁶ 이 논문에서도 우선 현 설계의 문제점을 공리적 설계로 분석하고 구체적인 아이디어는 TRIZ의 도움을 얻고자 했다. 초기 빔 분해기 설계를 공리적 설계 관점에서 분석해 본 결과 FR이 3개, DP가 2개 도출되었다. 이는 연성 설계로, 이를 비연성화하기 위해서는 일단 DP를 하나 추가할 필요가 있었다. 또한 TRIZ의 물질장 분석을 시행해 본 결과 빔 분해 장치가 레이저에 유용한 효과와 유해한 효과를 동시에 미친다는 사실을 밝혀내었다(Fig. 6). 그래서 이를 해결하기 위해서는 유해한 작용을 제거하는 새로운 물질을 도입해야 함을 알게 되었다. 이는 물질장 모델 1.2.1에 해당한다.

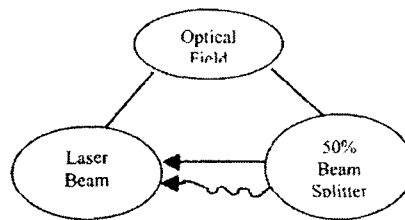


Fig. 6 Su-Field Model in case of laser marker beam splitter⁸

물질장 모델 1.2.1 에서는 하나의 SFM 에 있는 두 물질 사이에 이로운 효과와 해로운 효과들이 나타나며, 그 물질들 사이에 직접적인 접촉이 필요 없다면, 그들 사이에 제 3 의 물질을 도입하여 문제를 해결하라고 권고한다(Fig. 7). 그 결과 새로운 반사 거울을 장착해야 한다는 결론을 내릴 수 있게 되었으며, 이를 공리적 설계로 분석해 본 결과 새로운 개념설계는 비연성설계가 됨을 확인할 수 있었다고 한다.

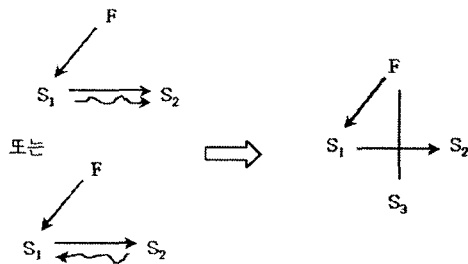


Fig. 7 Su-Field Model (Class 1.2.1)

강영주 외 2 인은 공리적 설계와 TRIZ 를 이용해서 전선의 중합 절연체(polymer insulator)를 개선하는 사례를 소개하였다.⁷ 중합 절연체를 고정시키는 데에 있어서, 힘을 너무 많이 가하면 중합 절연체에 금이 가는 현상이 발생하고, 힘을 너무 약하게 가하면 고정이 잘 안 되는 문제점이 있었다. 즉, 힘을 너무 많이 가해도 안되고 적게, 가해도 안 되는 모순이 발생한 것이다(Fig. 8). 이를 해결하기 위해, 이 논문에서는 다음과 같은 5 단계를 차례로 밟아 나아가기를 권하고 있다.

1. 공리적 설계를 이용해 FR 과 DP 의 관계를 정립하는 방법으로 문제를 정의한다.
2. 그 안에 내재되어 있는 모순을 식별한다.
3. FR 을 39 가지 표준 파라미터로 변환한다.
4. 모순표를 활용해서 40 가지 발명원리를 적용해본다.
5. 비연성 설계를 가능하게 하는, 새로운 DP 를 도출해낸다.

이들은 이러한 방법을 이용해, 중합 절연체에 금이 가는 현상을 해결했다고 한다. 우선 FR 을 분석해 본 결과, 힘을 증가시키면 증가하는 것은 중합 단열체의 인장 강도이고, 이로 인해 나빠지는 것은 FRP 막대의 균열이 발생한다는 사실을 알게 되었다. 그래서 이를 모순표에 대입해 본 결과 4 가지 추천 안-분할, 속성 변경, 복합재료, 기계적 진동-이 도출되었다고 한다. 그 중 분할의 원리(물체를 나누어 본다)와 속성 변경의 원리(시스템의 물리적, 화학적인 상태를 바꾸어 본다)를 이용한 결과 FRP 막대와 이를 고정하는 부분 사이에 유연한 물질(금속, 액체, 혹은 분말)을 삽입하여 압축용력을

고르게 분포시키도록 설계를 변경하기로 정하였다고 한다(Fig. 9). 이렇게 설계를 변경한 결과 이전보다 높은 인장강도를 유지할 수 있었다고 한다.

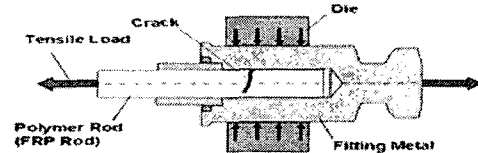


Fig. 8 Former design of Polymer rod and Fitting metal

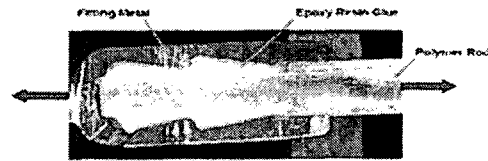


Fig. 9 New design of Polymer rod and Fitting metal

6. 결론

TRIZ 와 공리적 설계를 비교한 논문들을 살펴보면 대체적으로 내리는 결론은 비슷하다. TRIZ 는 문제를 푸는 알고리즘 도구를 제공해주는 반면에, 공리적 설계는 설계 평가 도구를 제공하고 문제의 근본 원인을 보여주기 때문에 이 둘을 같이 활용해서 시너지 효과를 내면 좋다는 결론이 대부분이다. 다시 말하면, 문제를 정의하고 도출된 설계 안을 평가하는 부분은 공리적 설계를, 그리고 실제 문제를 해결하는 아이디어를 내고 이를 풀어 나아가는 과정에는 TRIZ 를 사용하는 것이 좋다는 것이다. 강영주 외 2 인은 이를 Fig. 10 과 같이 나타내었다. 그리고 설계안을 평가할 때 공리적 설계가 대체로 유용하지만, 복수개의 비연성 설계안 중 최종 설계안을 선택할 때, TRIZ 의 기술 시스템 진화의 법칙이 유용하다는 주장도 있었다.⁶

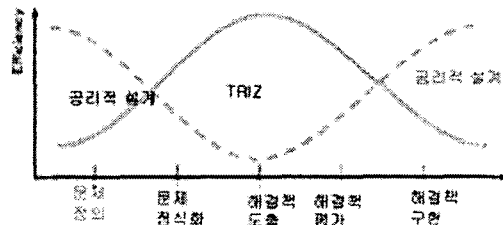


Fig. 10 Synergy of TRIZ and Axiomatic Design

개념설계의 중요성에 비하여 개념설계 방법론은 그리 많지 않은 것이 사실이다. 이런 점에서 볼 때, 공리적 설계와 TRIZ 는 개념설계를 하는데 있어서 훌륭한 도구라고 본다. 각 방법론에 장단점이 존재

하지만, 이 두 방법론이 각각의 단점을 보완해준다는 사실로 볼 때, 앞으로 이 두 방법론을 활용한 개념설계 사례가 많아질 것으로 생각한다.

참고문헌

1. G. J. Park, B. S. Kang, *Analytic Methods for Design Practice*, Springer Verlag (to be published), 2005.
2. 김효준, 정진하, 권정희, *생각의 창의성*, 지혜, 2004.
3. N. P. Suh, *Axiomatic Design : Advances and Applications*, Oxford University Press, 2001.
4. Kai Yang, Hongwei Zhang, "A Comparison of TRIZ and Axiomatic Design," *First International Conference on Axiomatic Design*, 2000.
5. Y. S. Kim, D. S. Cochran, "Reviewing TRIZ from the perspective of Axiomatic Design," *Journal of Engineering Design*, Vol. 11, No. 1, pp. 79~94, 2000.
6. 신광섭, 박경진, "TRIZ 를 도입한 공리적 설계방법에 의한 레이저 마커의 빔 분해기 개념설계", *한국정밀공학회지*, Vol. 21, No. 5, pp. 166~173, 2004.
7. Y. J. Kang, Alexander Skuratovich, P. K. Chung "TRIZ applied to Axiomatic Design and case study : improving tensile strength of polymer insulator," *TRIZ Future Conference*, 2004.
8. Genrich Altshuller, Lev Shulyak, Steven Rodman, *40 Principles: TRIZ Keys to Technical Innovation*, Technical Innovation Ctr, 1997.