

건축공학에서 트리즈이론의 적용과 창의적 비용절감사례연구 *

Case Study on Application of TRIZ Theory and Creative Cost Savings in Architectural Engineering

장 명 훈 (Myung-Houn Jang)

제주대학교 건축학부 (jangmh@jejunu.ac.kr)

고 동 우 (Dong-Woo Ko) **

제주대학교 건축학부 (dongwko@jejunu.ac.kr)

ABSTRACT

Problems solved by the TRIZ method have been developed and applied in many fields ranging from management as well as engineering. Most of the problems occurring in the construction site should be applied immediately. To solve the problem of building engineering, formulation of the problem solving process using the TRIZ method is needed. This study classified and analyzed the problem solving process of architectural engineering technology in accordance with the procedures of TRIZ, and showed the case of solving problem in the field and the availability of TRIZ theory in architectural engineering. This paper shows that the TRIZ theory can be used as a tool for creative problem solving and cost reduction in architectural engineering

Keywords: Architectural engineering; problem solving; TRIZ;

1. 서론

1960년대 이후 우리나라가 고도성장을 이루기 시작한 이래 건설산업은 우리나라 경제 발전의 중요한 축을 차지해왔다. 이와 같은 건설산업의 발전은 각종 사회간접자본을 비롯한 도시화의 확대에 의한 주거시설에 대한 수요의 급증과 중동 건설붐에 의한 해외 건설수주실적의 확대에 가능하였다. 그러나, 1997년 IMF 사태 후, 경기부양을 위한 부동산정책으로 건축수요

가 잠깐 증가하기는 하였으나, 종전과 같은 양적팽창에 의존한 발전은 찾아보기 어렵게 되었다.

국내 건설산업의 위축, 양적팽창에서 질적 팽창으로의 변화, 그리고 정부 발주공사에서 기술심사부분의 강화에 따라 건설산업의 주체들도 기술개발을 통한 기업의 경쟁력강화의 필요성을 느끼게 되었다. 종전 대형건설사위주로 이루어지던 해외시장의 진출은 중소규모 건설사와 엔지니어링회사까지 확대되었다.

1989년 부터 시작된 건설신기술 인증제도는 건설시

* 논문접수일:2015년 5월 12일; 1차 수정: 2015년 6월 1일; 2차 수정: 2015년 6월 15일; 게재확정:2015년 6월 22일

** 교신저자

표 1. 특허와 건설신기술 비교

| 구분 | 특허 | 건설신기술 |
|--------|---------------------|-------------------------|
| 성격 | 독점, 배타적 재산권 부여 | 현장보급을 위한 인증제도 |
| 권리의 이전 | 양도, 양수, 전용실사권 | 양도, 양수 제한 / 전용실사권 없음 |
| 취득요건 | 신규성, 진보성, 산업상 이용가능성 | 신규성, 진보성 + 현장적용성, 구조안전성 |
| 심사기간 | 20 - 30개월 | 5 - 6개월 |
| 보호기간 | 20년 | 5 - 12년 |

장의 급격한 변화의 시기를 맞아 기술력이 기업의 경쟁력의 도구가 될 수 있다는 인식이 확산되는 계기가 되었다. 표 1은 일반적인 개발기술의 독자성을 인정하는 특허와 건설신기술을 비교하고 있다. 특허와 비교할 때, 건설신기술은 현장에 신속히 보급시키기 위한 인증제도로써 독점권 보다는 기술사용료를 부여하고 있으며, 기술의 독창성 이외에 현장적용성과 구조안전성을 추가적으로 고려하여 지정된다. 기술을 신속하게 보급하기 위해 신기술의 심사기간은 특허심사기간의 1/4수준에 불과한 5~6개월에 불과할 정도로 짧다.

건설산업은 국가경제에서 큰 축을 담당하면서도, 타 산업과는 다른 특징을 갖고 있다. 공급의 측면에서 건설산업은 생산의 주문성, 생산활동의 이동성, 노동집약성을 들 수 있다. 특정 상품을 제작한 후 판매하는 기존산업과 달리, 건설산업은 필요로 하는 시설 또는 건축물을 발주자의 주문에 따라 현지에서 제작하는 주문성을 갖고 있다. 그리고, 생산자인 건설회사의 시스템이 생산지로 이동하는 현장제작이기 때문에 생산활동의 이동성이 있으며, 설비시스템의 구축에 따른 대량생산보다는 노동력의 의존도가 큰 노동집약적인 산업이다.

수요의 측면에서 건설산업의 특징은 수요의 불안정성과 수요의 비정형성, 그리고 선판매 후생산의 유통구조를 갖는 것이 대부분이다. 건설산업은 사회간접자본 또는 주거시설과 밀접하게 관련된 산업이기 때문에 경제상황에 민감하게 반응하여 수요가 지속적이지 못하고 불규칙하다. 따라서, 수요와 공급의 균형을 맞추어 생산량을 조절할 수 있는 일반 공산품과 달리 건설

산업의 수요는 항상 공급과 일치하지 않는 경우도 발생한다. 그리고, 생산된 제품을 광고나 기타의 방법을 통해 판매하지 않고, 우선 판매를 한 후 시공상황에 따라 비용을 지불받는 유통구조를 갖고 있다.

공급측면에서 갖는 건설산업의 특징인 생산의 주문성과 이동성은 건설기술의 개발 방향에도 영향을 미친다. 여러 가지 다양한 현장에 적용이 가능해야 하기 때문에, 기본적인 형태를 바탕으로 여러 형태로 변환이 가능하도록 만들 수 있는 호환성이 중요하다. 또한 건설구조물은 일단 한번 지어지게 되면 최소한 30~40년의 내구연한을 가져야 하며, 공사중 사용할 수 있는 제품의 경우 반복사용이 가능해야 하기 때문에 내구성이 우수해야 한다. 따라서, 기능적으로 복잡하거나 정밀한 제품보다는 단순한 개념을 기반으로 한 결과물이어야 한다.

문제해결과정을 체계적으로 정리한 트리즈에 대한 연구는 다양하게 시도되어 왔다. 이경원(2002)이 트리즈 이론을 바탕으로 공기정화 기능의 모기유인퇴치기를 개발한 사례를 발표한 사례가 있으며, 서승우와 박강(2004)는 공학설계과정에서 트리즈를 활용하는 과정을 제시한바 있다. 또한 트리즈를 지식경영분야에 적용시키고자하는 연구도 2003년과 2007년에 수행된 바 있다 (이용규, 이경원 2003, 이경원, 김동관 2007). 외국에서는 Butdee와 Vignat (2008)이 트리즈를 활용하여 버스의 무게 절감방안을 제시하기 위한 연구를 수행하였으며, Chen과 Li (2010)는 트리즈의 40가지 원리를 이용하여 에코혁신적인 설계를 위한 과정을 단계별로 도출하기도 하였다.

표 2. 발명의 5가지 수준

| 수준 | 발명의 내용 | 비율(%) | 필요한 지식 |
|---------|----------------------------|-------|----------|
| Level 1 | 해당분야 전문가들이 익숙한 방법을 이용한 해결책 | 32 | 개인적 지식 |
| Level 2 | 현재의 시스템에 기능을 추가하여 얻어지는 개선 | 45 | 협동적 지식 |
| Level 3 | 현재 시스템의 획기적인 개선 | 18 | 동일산업내 지식 |
| Level 4 | 신개념의 시스템 창조 | 4 | 타산업내 지식 |
| Level 5 | 획기적 신개념의 선구자적 발견 | 1 | 새로운 과학 |

건축분야에서 트리즈의 원리를 적용한 사례로는 Cathain (2009)와 Gadd and Karen (2005) Mann (2015) 등이 건축분야의 강의에 트리즈의 원리를 적용하여 설명하거나, 기본계획단계에서의 문제해결과정을 소개한 사례가 있었다. 건설산업의 특성상 현장에서의 문제를 해결해야 하는 경우가 많음에도 불구하고, 아이디어를 도출하는 과정에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 특히 공학분야에서 문제를 해결하는 과정에서는 기술적 문제해결을 필요로 하는 경우가 많으므로, 문제해결의 요소기술과 그에 적용된 모순해결과정을 트리즈의 관점에서 바라볼 필요가 있다. 이를 통해 건설현장에 적합한 문제해결의 방법을 찾아내고 이를 실제 적용할 수 있다면, 최소한의 비용으로 당초 달성하고자 했던 목표에 도달할 수 있을 것이다. 이와 같은 문제해결과정을 제시함으로써, 건축분야에서의 가치공학(VE)을 수행함에 있어 현장에서 신속하게 문제를 해결할 수 있는 기초가 될 수 있다.

본 논문에서는 건설분야 가운데 건축공학분야에서 문제를 해결한 대표적인 사례를 트리즈적 관점에서 분석하고, 실제 사례도 소개하였다. 이를 통해 향후 건축공학분야의 문제해결과 비용절감 계획수립 시 체계적이고 용이하게 해결할 수 있는 자료를 제시하고자 한다.

2. 문제해결 시스템의 성장과 트리즈

2.1 트리즈를 이용한 새로운 시스템의 개발

트리즈이론은 1924년 소련연방에서 태어난 알츠슬러가 해군의 특허파트에서 근무하면서 창의적 문제해

결의 공통점을 찾아내고, 이후 200만여건의 특허들을 분석하여 완성시킨 이론이다. 알츠슬러는 연구대상의 특허를 고르기 위해 발명특허를 그 창의성 수준에 따라 표 2에서 볼 수 있듯이 5단계로 구분하였다. 그 결과 전체 발명의 95%는 현재시스템을 발전시킨 수준이고, 약 5%의 발명이 새로운 시스템을 제안하는 획기적인 발명품들을 발견하였다.

또한 알츠슬러는 창의적 문제해결의 가장 중요한 공통점이 모순의 극복이라고 생각하고, 모순에 대한 집중적인 연구를 수행하였다. 그가 분류한 3단계와 4단계의 특허들을 모두 모순의 극복이라는 관점에서 연구하여 모순을 기술적 모순과 물리적 모순으로 분류하였다.

일반적으로 기술적 모순은 서로 다른 기술적 특성이 충돌하는 것을 의미하며, 통상 엔지니어들이 해결하고자 하는 목표들이 기술적 모순에 해당한다. 통상한 가지 문제를 해결하면 다른 부분에서 문제가 발생하거나 부작용이 작용하는 경우도 많은데, 이 또한 기술적 모순이라고 할 수 있다. 기술적 모순이 서로 다른 두 개의 기술적 변수들이 충돌하는 것이라면, 물리적 모순은 하나의 기술적 변수가 서로 다른 값을 동시에 가져야 하는 것을 의미한다. 알츠슬러는 물리적 모순에 대해서는 ‘시간’과 ‘공간’, 그리고 ‘부분’에 대한 분리의 원칙을 해결방법으로 제시하고 기술적 모순에 40가지 발명원리를 제시하였다 (김효준 2004, 이용규 2003).

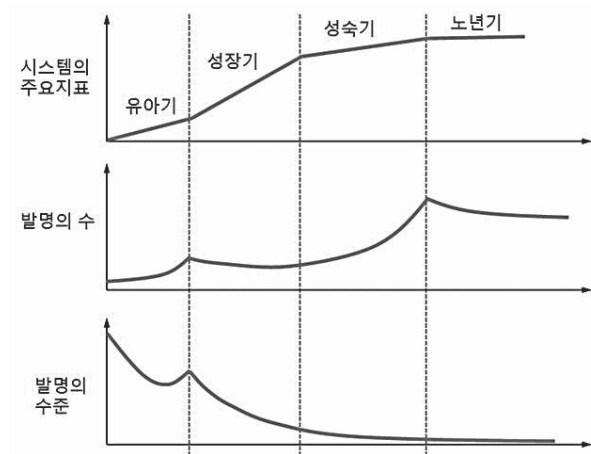


그림 1. 기술의 발전단계별 특징과 발명의 수준 (김효준 2004)

2.2 시간에 따른 시스템의 성장과 발명의 상관관계

대부분의 기술적인 시스템은 어느 순간 나타났다가 사라지는 경우는 거의 없고, 생성 이후 발전을 거듭하면서 유년기, 성장기, 성숙기 노년기를 거치게 된다. 그리고, 한가지 시스템으로 끝나지 않고 기술이 성숙기에 도달하게 되면, 이를 기반으로 하는 새로운 후속시스템이 시작되어 그 뒤를 잇게 된다.

그림 1은 시간이 경과함에 따른 임의의 시스템의 성장 단계와 발명의 수, 발명의 수준이다. 그림 1(a)는 전형적인 시스템의 성장곡선이고, 그림 1(b)는 시스템과 관련된 발명의 수이다. 발명의 수의 첫 번째 피크는 시스템이 대량생산으로 전환되는 시점에 이루어지고, 두 번째 피크는 시스템의 내구성을 연장시키는 노력에 의해 이루어진다. 그림 1(c)는 시스템과 관련된 발명의 수준이다. 시스템의 기초를 설명하는 발명은 가장 높은 수준의 발명이고, 시스템이 성장함에 따라 발명은 시스템을 보완하는 측면이 강해지기 때문에 발명의 수준은 점점 낮아지다가 종국에 가서는 0의 값이 접근하게 된다. 실질적으로는 이 단계에서 이미 새로운 시스템이 형성되거나 도입직전에 놓이게 된다.

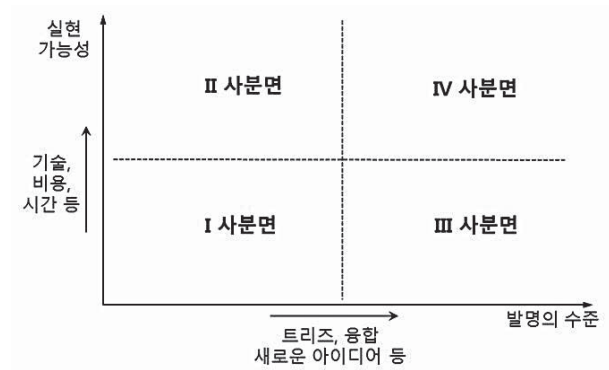


그림 2 새로운 시스템의 발전과 발명수준 (고동우 2014)

2.3 시스템의 성장과 기술의 상관관계

2.1과 2.2에서 언급한 트리즈이론과 시스템의 성장을 설명하면서 모순을 해결하는 기술에 대해서는 거의 언급이 되지 않았다. 공학적인 측면에서 문제해결은 비용절감 또는 성능향상 등과 같은 현실적 목표가 존재하며, 대부분의 창의적 아이디어는 기술적 문제해결을 동시에 필요로 한다. 새로운 시스템의 개발을 발명의 수준과 실현가능성을 동시에 고려하여 그림 2와 같이 도식화하였다. 가로축은 발명의 수준이고, 세로축은 실현가능성을 의미한다. 이 그래프를 가장 낮은 발명수준을 가지면서 기술적 실현가능성도 떨어지는 사분면(I사분면), 실현가능성이 높지만, 발명의 수준은 그리 높지 않은 사분면(II사분면), 발명수준은 높지만 실현가능성은 현저히 떨어지는 사분면(III사분면), 그리고 발명수준이 높으면서 실현가능성도 충분한 수준을 의미하는 사분면(IV사분면)까지 총 4개의 4분면으로 구분할 수 있다. 통상 새롭게 적용되는 아이디어상품이 IV사분면에 해당한다.

예를 들어, 그리스신화 속 아카루스의 날개는 단순히 새 형태의 날개를 인체에 붙인 것으로 단순한 새의 모방이면서 기술적으로도 실현가능성이 없는 I사분면

에 해당하는 기술이지만, 레오나르도 다빈치가 설계한 하늘을 나는 도구는 아이디어는 구체적이고 실현가능성은 크지만, 기술적 발전이 그에 미치지 못해 III사분면에 해당하고, 라이트형제의 비행기는 이를 기그림 3 문제해결의 절차술적으로 해결하여 IV사분면에 놓이는 비행기를 발명하기에 이르렀다. 어떤 문제를 해결하기 위한 아이디어는 레오나르도 다빈치에 의해 구상되었으나, 라이트형제가 기술적으로 해결하여 문제를 해결하였고 볼 수 있으며, 아이디어의 도출에 이은 기술의 발전의 산물이라고 말할 수 있다.

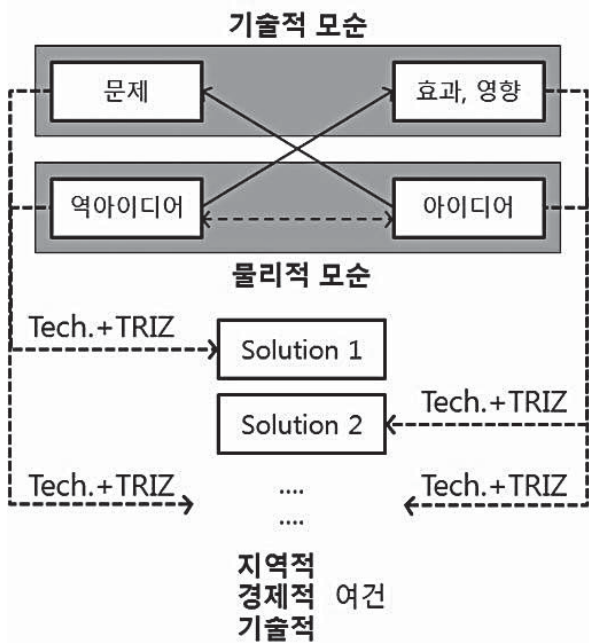


그림 3 문제해결의 절차

아이튠즈의 경우, 비행기와는 다른 경로를 밟은 사례에 해당한다. 오프라인으로 음반 또는 DVD를 구입하여 음악을 듣는 단계에서 언제 어디서든지 원하는 음악이나 영상을 즉석에서 본다는 것은 실현가능성도 없고 별다른 아이디어도 없다. 그러나, 인터넷이 발달하고 이에 더하여 무선인터넷의 속도가 급격하게 발달함에 따라, 언제 어디서든지 원하는 음악을 보거나 들을 수 있는 유튜브가 비로소 빛을 발하게 되었다. 그리

고, 이에 그치지 않고 음원시장을 이에 접목시킴으로써 아이튠즈라는 새로운 시스템을 구축한 것으로, 기술적 해결이 이루어진 후 새로운 시스템에 대한 아이디어가 발산된 경우이다. 이렇듯 공학분야에서 새로운 시스템은 단순한 아이디어의 도출에서 끝나는 것이 아니라 당시의 기술과 접목이 되었을 때, 의미 있는 아이디어로 발전하여 왔다.

2.4 트리즈를 활용한 문제 정의의 절차

창의적인 아이디어를 도출하기 위해서는 해결하고자 하는 문제를 명확히 정의하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 모순해결 나비모형(현정석, 박찬정 2014)을 바탕으로 문제를 보다 구체화하는 과정을 그림 3과 같이 재정리하였다. 첫 번째 단계에서는 문제를 하나의 장면(snap shot)처럼 단순한 현상으로 명확히 정의하는 것이다. 두 번째 단계에서는 문제를 해결하기 위한 기본적인 단계에서의 아이디어로서 직관적인 속성 또는 물리적 특성의 변화를 제시한다. 이때 지나치게 실현가능성만을 생각하지 말고 참신하고 많은 아이디어를 도출하는 것이 필요하다. 세 번째 단계에서는 기본아이디어의 역에 해당하는 “역아이디어”를 도출한 후, 마지막으로 “역아이디어”로 인해 해당시스템에 미치는 “영향”을 “문제의 정의”단계와 비슷하게 현상 위주로 기술한다. 통상 이단계에서 “영향”은 문제를 해결하는 단계에서 “설계 제한조건”의 역할을 하기도 한다. 이 네 단계를 통해 도출된 “문제의 정의”와 “영향”은 트리즈에서 얘기하는 기술적 모순에 해당하고, “기본아이디어”와 그 “역아이디어”는 물리적 모순이라고 할 수 있다. 그리고, 요소기술(Tech)과 트리즈의 원리(TRIZ)를 적용하여 “문제”와 “역아이디어” 또는 “영향”과 “아이디어”를 동시에 만족하는 조치를 찾아서 조치하는 해결방안(Solution)을 도출할 수 있다. 이 해결방안은 비용을 포함한 경제적 여건, 기술적 달성도, 그리고 현장에서 작업자의 능력을 반영하여 최

적의 기술적 해결수단을 고려하여 적용 할 수 있다. 첫 번째 아이디어는 여러 가지로 도출될 수도 있으며, 이들 초기 아이디어들 각각에 대해서도 앞에서 언급한 단계를 거치면서 문제를 해결하는 과정을 거치게 된다.

3. 건축기술에서 사례분석

본 장에서는 건축분야에서 획기적인 발전을 이룬 대표적인 기술을 2.4절에서 제시한 트리즈적 관점에 따라 제시하고자 한다.

3.1 지진력을 감소시키기 위한 기술

지진은 현재까지 인류가 겪은 자연재해 가운데 많은 피해를 주는 자연재해중 하나이다. 지진은 지표면의 움직임에 의한 에너지가 어느 한 순간 발산되는 과정의 일부로서 지반의 움직임에 의한 1차피해 뿐만 아니라 화재, 쓰나미 등과 같은 2차 피해까지 초래한다. 따라서, 이를 해결하기 위한 문제를 “지진 시 건물의 손상이 감소하는 것”이라고 정의할 수 있다. 지진시 건물에 손상이 발생하는 이유는, 기본적으로 지반은 흔들리는데 반해 건물은 그 자리를 지키고자 하는 관성력이 건물에 작용하기 때문이다. 지진이 발생하여 지반이 움직이더라도 건물이 움직이지 않으면, 지진 시 건물에 손상을 끼치지 않을 것이기 때문에, 이 문제를 해결하기 위한 기본 아이디어는 “건물과 지반의 움직임을 분리한다.”이다. 기본 아이디어의 역은 “건물을 지반에 고정하는 것”이 되고, 지반을 건물에 고정시킬 경우, 발생하는 효과는 “건물의 안정성이 증가”한다고 정리할 수 있고, 이와 관련한 문제의 정리와 모순찾기 내용을 표 3에 정리하였다. 문제의 해결방안은 “건물이 지반에 고정되어 있으면서, 지진이 발생하더라도 건물의 손상을 줄이는 방법” 또는 “건물과 지반의 움직임은 별개이면서 안정성을 증가시키는 방법”을 모색하는 것이 문제를 해결하는 방법이 된다.

“건물을 지반에 고정하여 지진 시 건물의 손상을 줄이기 위한 방법”에 대한 해결방안으로는 트리즈의 40 가지 원리 가운데 “국부적 품질”의 원리를 이용하여 지진 시 건물에 손상이 발생하기 전에 건물에 설치된 유압장치나 지진에너지를 흡수하는 에너지흡수형 댐퍼를 해결방안으로 제시하였다. 댐퍼를 설치하기 위한

“건물을 지반에 고정하여 지진 시 건물의 손상을 줄이기 위한 방법”에 대한 해결방안으로는 트리즈의 40 가지 원리 가운데 “국부적 품질”의 원리를 이용하여 지진 시 건물에 손상이 발생하기 전에 건물에 설치된 유압장치나 지진에너지를 흡수하는 에너지흡수형 댐퍼를 해결방안으로 제시하였다. 댐퍼를 설치하기 위한

표 3. 지진영향을 최소화하기 위한 건설기술의 발전

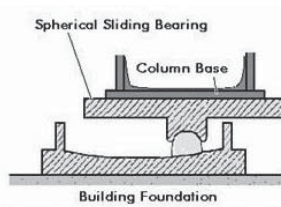
| 문제정의와 모순찾기 | 모순 | 트리즈 원리 | 요소기술 | 해결방안 |
|-----------------------------|-----|----------|-------------|------------|
| <p>기술적 모순</p> <p>물리적 모순</p> | (1) | 국부적 품질 | 댐퍼제작 기술 | 에너지흡수형 댐퍼 |
| | (2) | 국부적 품질 | 고무와 철의 적층기술 | 적층고무형 면진장치 |
| | | 차원변화 | 표면가공 및 유지기술 | 마찰형 면진장치 |
| | | 공기나 유압사용 | 유압식 속도제어기술 | 댐퍼형 면진장치 |



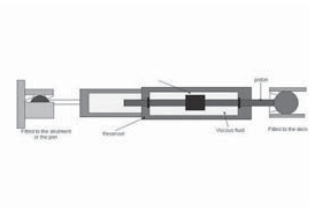
(a) 에너지흡수형 댐퍼



(b) 적층형 고무면진장치



(c) 마찰형 면진장치



(d) 댐퍼형 면진장치

그림 4. 여러 가지 면진장치 (서일교, 고동우 2008)

요소기술로는 지진에너지를 먼저 흡수할 수 있는 유압 장치를 설계하고 제작하기 위한 기술과 재료의 확보가 필요하다.

건물과 지반의 움직임이 별개이면서, 지진 시 안정성을 증가시키기 위한 방안으로는 여러 가지 면진장치를 들 수 있다. 면진장치는 건물과 지반이 횡방향으로 분리되어 지진에 의한 지반의 횡방향 움직임이 발생하더라도 건물에는 그 움직임이 전달되지 않도록 하는 장치이다. 분할의 원리를 이용하여 “건물과 지반의 움직임을 별개”로 만들기 위해 건물과 지반사이에 고무만을 설치하면, 지진 시 건물이 전도될 수 있다. 따라서, 고무의 횡방향 움직임은 자유롭게 하면서 건물의 전도를 방지하기 위해 고무와 철을 층층이 쌓은 적층면진 구조를 개발하게 되었다. 이를 달성시킬 수 있는 기술적 요소는 고무와 철판을 적층시키면서 부착시킬 수 있는 기술과, 지속적으로 늘리더라도 유연성을 유지할 수 있는 고무의 개발이 선행되어야 한다.

고무제작기술 이외에 표면거칠기 가공 및 유지기술을 이용한 마찰형 면진장치도 개발되었다. 마찰형 면진장치는 일정한 곡률을 갖는 매끄러운 면을 따라 좌우로 움직이면서 지반과 지진에 대한 건물의 움직임을 분리하는 장치로서, 매끄러운 곡면의 기울기가 지반의 움직임에 대한 건물의 움직임을 지배하는 요소로 작용한다. 이는 수평방향 운동을 매끄러운 곡면의 기울기에 따라 이동하는 2차원 운동으로 변화시키는 차원을 변화시키는 트리즈의 원리와 마찰력을 거의 받지 않는 곡률면을 제작하는 기술이 발전함에 따라 적용이 가능하게 된 기술이다. 마찰형 면진장치가 성능을 발휘하기 위해서는 마찰면에 대한 지속적인 관리가 필요하다.

트리즈의 원리 가운데 공기나 유압을 이용하는 방법을 적용하여 횡강성을 유압책으로 제어하는 방법도 있다. 이를 위해 유압책을 제어할 수 있는 기술적 뒷받침이 있어야 한다. 미리 입력된 프로그램에 따라 능동

적으로 제어되는 경우도 있고, 유압의 강도에 따라 수동적으로 제어되는 경우도 있는데, 두 경우 모두 유압 성능을 확보하는 것이 중요하다.

이상은 지진이 발생하더라도 건물의 손상을 줄이는 대표적인 사례를 트리즈적 관점과 적용되는 기술을 중심으로 소개하였다. 동일한 모순을 해결함에 있어서도 적용되는 트리즈의 원리와 요소기술에 따라 다양한 해결방안이 제시됨을 알 수 있다.

3.2 지하층굴착방법

최근들어 인구의 도시집중이 급속히 진행됨에 따라, 대지가 부족하여 지하를 사람들의 생활공간으로 활용해야 할 필요성이 증대되었다. 대표적인 굴착방법으로는 땅에 아무런 조치를 하지 않고 지하를 굴착하는 오픈컷 공법이 오래전부터 사용되어 왔다. 이 공법은 굴착깊이가 깊을수록 굴착면적도 넓어야 하기 때문에, 도심지와 같은 좁은 대지에서는 인접건물로 인해 거의 적용할 수 없다.

이를 해결하기 위한 문제는 “주변건물에 영향을 미치지 않게 굴착하는 것”이다. 도심지는 주변에 건물들이 많기 때문에 넓게 굴착하는 것은 물리적으로 한계가 있다. 따라서, “굴착면적을 좁게” 하는 것이 문제를 해결하기 위한 아이디어에 해당한다. 그리고, 이 아이디어의 역은 “굴착면적을 넓게” 하는 것이고, “굴착면적을 넓게” 하면 “굴착깊이를 깊게” 할 수 있다. 따라서 주변건물에 영향을 미치지 않으면서 굴착하기 위해서는 “주변건물에 영향을 미치지 않으면서 굴착면적을 넓게” 하거나 “굴착면적을 좁게 하면서 깊게 굴착이 가능”하게 만들면 된다.

“굴착면적이 넓더라도 주변건물에 영향을 미치지 않게 하는 방법”으로는 굴착을 하는 동안 일시적으로 주변건물이 내려앉지 않도록 건물 하부를 일시적으로 지지하는 Jack pile공법을 적용할 수 있다 (그림 5(a)). 이 공법은 상부건물에 영향을 미치지 않으면서 건물을

지반으로부터 분리시키는 기초부상기술이 확보되었을 때 가능하다.

다른 측면에서 문제해결방안은 “굴착면적은 좁으면서 깊은 굴착이 가능”한 것이다. 통상 땅을 깊게 파내려가면, 주변의 흙은 쓸려내려오는 속성을 갖기 때문에 굴착깊이가 깊을수록 굴착면적은 넓어야 한다. 그러나, 도심지라는 특수성 때문에 넓은 면적을 굴착할 수 없기 때문에 깊게 굴착하더라도 주변의 흙이 쓸려내려오지 않는 방법을 강구해야 한다.

첫 번째 해결방안은 트리즈의 원리 가운데 “사전에 방조치”를 적용하여, 깊게 굴토하더라도 흙이 쓸려내려오지 못하도록 지하층에 버팀대를 설치하여 공사를 하는 방법이 있다 (그림 5(b)). 이를 실제 공사에 적용하기 위해서는 버팀대를 굴착면적에 맞추어 정밀하게 계측하고 가공하는 기술을 필요로 한다. 버팀대공법은 지하층의 규모가 아주 큰 경우 경제적이지 못하다.

두 번째 해결방안은 트리즈의 원리 가운데 “사전반대조치”를 취하여, 일정 깊이마다 강한 철선을 인접대지에 매립함으로써 흙이 쓸려내려오는 것을 막는 어스앵커 공법이 있다 (그림 5(c)). 이 공법은 뽑힘을 방지

할 수 있는 그라우팅정착기술이 있어야 가능하다. 그러나, 어스앵커 공법 또한 주변건물이 앵커를 심지 못할 정도로 근접해 있으면 적용할 수 없다.

버팀대를 설치할 수 없을 정도로 규모가 크거나, 주변에 이미 대형건물이 있다면, “어스앵커공법”과 “버팀대공법”만으로는 문제를 해결할 수 없다. 이 경우 지하층기둥을 선시공 한 후 지하 1층부터 아래층으로 하향 시공하는 탑다운공법을 해결방안으로 제시할 수 있다. 탑다운공법은 지하층기둥을 선시공하는 과정에서 기둥을 정확한 위치에 시공하기 위한 정밀계측기술과 굴착이 되지 않은 상태에서 기둥을 수직으로 넣을 수 있는 지하기둥 선시공 기술이 필요하다.

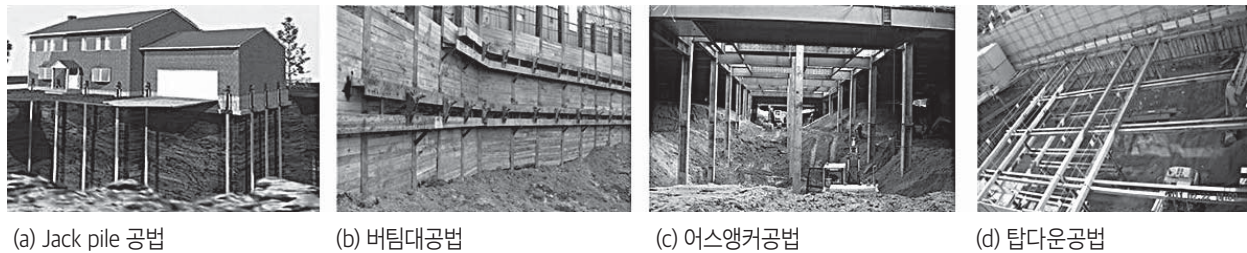
도심지에서 주변건물에 영향을 미치지 않으면서 지하층 공사를 수행하는 공법들을 트리즈의 원리에 따라 재분석한 결과, 트리즈의 사전예방조치와 사전반대조치, 사전조치등의 방법이 적용될 수 있음을 알 수 있다.

3.3 구조시스템의 발전

건축기술의 발전은 보다 넓고 쾌적한 공간에서 지

표 4. 지반굴착기술의 발전

| 문제정의와 모순찾기 | 모순 | 트리즈 원리 | 요소기술 | 해결방안 |
|--|-----|---------|---------|-------------|
| <div style="text-align: center;"> <p>기술적 모순</p> <p>물리적 모순</p> </div> | (1) | 사전 예방조치 | 기초부상기술 | Jack pile공법 |
| | (2) | 사전 예방조치 | 철골가공기술 | 버팀대공법 |
| | | 사전 반대조치 | 크라우팅공법 | 어스앵커공법 |
| | | 사전조치 | 기둥선시공기술 | 탑다운공법 |



(a) Jack pile 공법 (b) 버팀대공법 (c) 어스앵커공법 (d) 탑다운공법

그림 5. 지반굴착공법 사례 (대우건설 2010)

내고자 하는 인간의 욕망에 의해 발전되어 왔다. 이는 “넓은 공간을 지지할 수 있어야 한다”는 문제와 “건물의 바닥판의 두께가 두꺼우면, 더 넓은 공간을 지지할 수 있다”는 해결방안까지 도출할 수 있다. 또한 “바닥판 두께가 두껍다”는 전제조건역 “바닥판의 두께가 얇다”는 조건에 의해 “바닥판의 두께가 얇으면 구조물의 무게가 감소”한다는 또 다른 명제를 도출할 수 있다. 이로부터 해당문제를 해결하기 위한 방안은 바닥판의 두께가 얇으면서 넓은 공간을 지지할 수 있어야 하거나, 바닥판의 두께가 두껍더라도 구조물의 무게를 줄임으로써 문제에 대한 답을 도출할 수 있다.

첫 번째 해결방안인 바닥판의 두께가 얇으면서 넓은 공간을 지지할 수 있도록 하기 위해 트리즈의 40가지 문제해결의 원리 가운데 ‘분업화’와 ‘사전반대조치’를 사용하여 해결방안을 도출할 수 있다. ‘분업화’의 원리를 적용한 대표적인 사례는 철근콘크리트 구조이다. 자갈과 모래, 시멘트를 물과 함께 섞어 경화시킨 콘크리트는 양쪽에서 눌러주는 압축력에는 강하지만, 양쪽에서 당기는 인장력에는 취약한 특성을 갖고 있다. 반면 철근은 인장력에 강한 특성을 갖고 있기 때문에,

압축력은 콘크리트가 인장력은 철근이 부담하는 것으로 분업화를 통해 문제의 해결이 가능하다. 이 과정에서 두 재료가 일체화 거동을 할 수 있도록 철근의 표면을 가공하는 기술이 접목되어 가능한 것이다.

“사전반대조치”를 통해 더 넓은 공간을 지지할 수 있도록 만든 아이디어는 프리스트레스트 구조이다. 모든 구조물은 자신의 무게로 인해 처짐이 발생하지만, 프리스트레스트 구조는 자신이 무게에 대해 발생할 수 있는 처짐만큼 제작단계에서 미리 외부의 힘을 가하여 위로 올림으로써 실제로는 더 많은 하중을 저항할 수 있는 구조이다. 이때 적용되는 기술은 사전에 힘을 가하기 위한 프리스트레싱 기술과 그 힘을 견딜 수 있을 정도의 고성능콘크리트 제작기술을 필요로 한다.

또 다른 해결방안은 바닥판이 두껍더라도 구조물의 무게를 줄여서 넓은 공간을 지지하도록 하는 것으로 ‘추출, 제거’와 ‘대체’의 원리가 적용될 수 있다.

‘추출, 제거’의 원리는 바닥판의 중간을 비워 자체의 무게를 줄임으로써 보다 넓은 공간을 지지할 수 있도록 하는 방법이다. 이 방법을 적용하기 위해서는 바닥판에 중공이 균일하게 분포되도록 고정하는 기술과,

표 6. 구조시스템의 발전

| 문제정의와 모순찾기 | 모순 | 트리즈 원리 | 요소기술 | 해결방안 |
|------------|-----|--------|-----------|----------------|
| | (1) | 분업화 | 철근생산기술 | 철근콘크리트구조 |
| | | 사전반대조치 | 프리스트레싱기술 | 프리스트레스트 콘크리트구조 |
| | (2) | 추출, 제거 | 중공제작기술 | 중공슬래브 |
| | | 대체 | 경량골재 생산기술 | 경량콘크리트구조 |

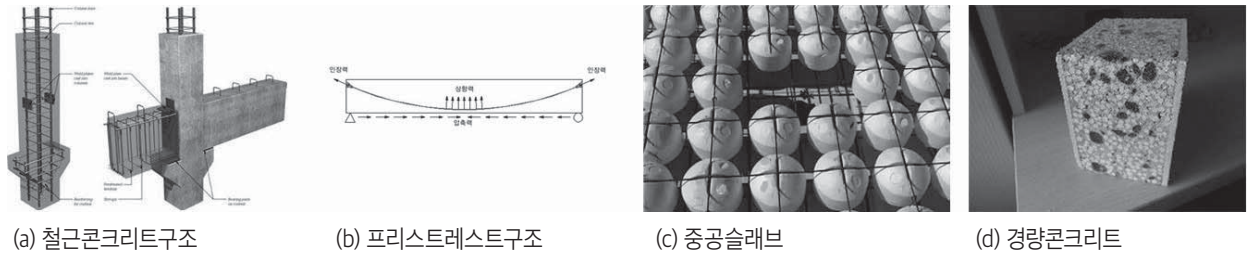


그림 6. 구조시스템기술의 발전 (대우건설 2010)

최적의 중공의 크기와 배치를 결정하는 설계기술을 필요로 한다. 또한 시공적인 측면에서는 중공 사이의 좁은 공간에 콘크리트가 밀실하게 채워지도록 시공하는 기술이 필요하다.

‘대체’의 원리가 적용된 해결방안은 무게가 일반 콘크리트의 2/3이 작은 경량콘크리트를 제작하여 시공하는 기술이다. 콘크리트의 무게의 2/3을 차지하는 굵은 골재를 가벼운 재료로 바꿈으로써 콘크리트의 전체적인 무게를 줄일 수 있고, 줄어든 무게만큼 더 넓은 공간을 지지하는 구조를 만들 수 있다. 이를 위해서는 경량골재를 저렴하게 생산하는 기술을 필요로 한다.

이상에서 보듯이 보다 넓은 공간을 만들기 위한 구조시스템의 발전을 트리즈의 관점에서 분석한 결과 트리즈의 40가지 원리와 이를 해결하기 위한 공학 요소 기술이 결합되어 가능하였음을 알 수 있다.

4. 실제현장에서의 적용사례

본장에서는 실제 건물을 짓는 과정에서 발생하는 문제를 해결하는 트리즈의 문제해결원리를 이용하여 해결하는 과정을 제시하였다.

4.1 대상건물의 개요

대상건물은 20층 높이의 오피스건물로서 지하층과 지하층은 각각 철근콘크리트구조와 철골철근콘크리트구조로 이루어져 있다. 당초의 공사순서는 (1) 지하층 굴착, (2) 지하층의 철근콘크리트구조 시공, 그리고

(3) 지상층을 1개층씩 순차적으로 시공하여 총 28개월의 공사기간이 필요한 건물이다.

4.2 문제해결의 정의

건물을 시공하기 전 토지매입과 보상 등의 과정에서 많은 시간을 소모하여 잔여공사기간을 기존 28개월에서 25개월로 3개월을 단축시켜야 하는 문제가 발생하였다. 따라서, 현장에서의 문제는 “공사기간 3개월 단축”으로 정하였다.

공사기간을 단축하기 위한 문제의 해결과정을 표 8에 정리하였다. 공기를 단축하기 위해서는 작업진도를 빠르게 해야 한다. 그러나, 정상적인 작업진도를 따를 경우 안전성이 확보된다. 이 과정을 통해 공기를 단축하면서 안전성을 확보해야 하는 기술적 모순과 작업진도와 관련된 물리적 모순을 도출할 수 있다. 기술적 모순과 물리적 모순을 동시에 해결하기 위해서는 정상적 작업진도를 유지하면서 공기를 단축하거나, 작업속도를 빠르게 하면서 안전성을 확보해야 한다.

첫 번째 모순을 해결하기 위해서 트리즈의 원리 가운데 “사전예방”을 활용하여 새로운 공법을 개발하여 공기가 늦춰지는 공정상의 요인을 사전에 차단하는 것을 해결책으로 제시할 수 있으며, 이를 위해서는 각 공정별 공법분석이 필요하다. 작업진도를 빠르게 하면서 안전성을 확보하는 두 번째 모순을 해결하는 방법은 트리즈의 “국부적품질”을 적용하여 해결할 수 있다. 작업진도를 빠르게 하는 방법으로는 작업시간의 증가를 통해 가능하다. 이를 위해서는 주말과 야간에 작업

표 8. 공기를 단축하기 위한 문제해결 2단계

| 문제정의와 모순찾기 | | 모순 | 트리즈 원리 | 요소기술 | 해결방안 |
|------------|-----|--------|------------------|-------------------|------|
| | (1) | 사전 예방 | 공법분석기술 | 새로운 공법 도입 | |
| | (2) | 국부적 품질 | 공기단축기술 인력관리기술 | 주말&야간 작업 인력과투입 | |

표 9. 지상층 조기착공 문제해결

| 문제정의와 모순찾기 | 모순 | 트리즈 원리 | 요소기술 | 해결방안 |
|------------|-----|---------|-----------------|---------------|
| | (1) | 통합 & 대체 | 동시시공 & 철골구조로 대체 | 지상층 지하층 동시 시공 |
| | (2) | 대체 | 콘크리트 급속경화기술 | 급경콘크리트 사용 |

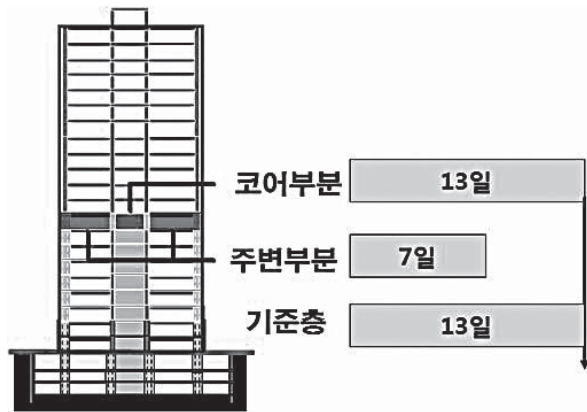


그림 7 기준층 시공기간 비교

을 하더라도 주변의 민원을 줄이기 위한 방음시설이 필요하다. 또한 많은 인력을 투입하는 방안도 제시할 수 있는데, 이 경우 숙련자와 비숙련자를 공정별로 적절하게 배분하는 인력관리기술이 필요하다.

작업시간의 연장 또는 인력의 추가 투입으로 공기를 뚜렷이 단축시키는 효과를 기대하기 어려움에 따라 첫 번째 아이디어인 공법분석기술을 통해 새로운 공법을 도입하는 것을 해결방안으로 정하였다.

4.3 문제점 분석

공사기간을 단축하기 위해 기존의 공법과 작업방법을 분석한 결과, 지하층 공사기간의 과다로 인한 지상층 공사시점의 지연과 기준층 공정의 비효율성이 공기를 늦추는 주된 요인으로 분석되었다.

기존 제안된 시공방법은 지하를 굴착한 후, 지하층과 지상층을 순차적으로 시공하는 것이다. 이 방법은 건물을 시공할 때 적용되는 가장 보편적이고 경제적인

방법이지만, 지하층 공사에 많은 시간이 투입될 경우 지상층 공사의 착수시기가 늦어져 전체공사기간이 길어지는 단점이 있다. 특히, 대상건물의 경우 지하층공사가 마무리 되어야 지상층 공사를 수행할 수 있기 때문에, 지상층공사의 착수시기를 최대한 앞당기는 것이 공사기간을 최대한 줄일 수 있는 방법이다.

기준층은 그림 7에서 보듯이 코어부분과 주변바닥판으로 구분된다. 코어부분은 건물의 엘리베이터, 계단 층과 같은 시설이 있는 부분으로, 이 부분은 수직으로 관통되면서 두꺼운 벽체로 둘러싸여 있기 때문에, 주변 바닥판과 공사방법이 상이하다. 기존의 기준층을 시공하는 방법은 코어와 주변 바닥판을 동시에 시공하여 1개층씩 순차적으로 공사를 진행한다. 이 경우, 그림 7에서 보듯이 코어부분은 1개층을 시공하는데 13일이 소요되는 반면, 주변 바닥판은 7일만 소요되어 두 공정 사이에 6일의 차이가 발생한다. 이는 두 공정 사이에 인력운용의 불합리성을 초래한다. 따라서, 코어의 시공시간을 단축시켜 두 공정사이의 공백기를 최대한 줄이거나, 각 공정의 인력을 지속적으로 활용하기 위한 방법을 제시해야 한다. 따라서, 공기를 단축하기 위해서 지상층 공사의 조기착수와 기준층 공사기간의 단축을 제시하였다.

4.4 TRIZ기법을 적용한 문제해결

(1) 지상층 조기착공 문제

문제해결의 첫 번째 방법인 지상층공사의 조기착수를 위해서 표 9와 같은 모순 해결과정을 거쳤다. 지하층을 조기에 완성하면, 지상층의 조기착공이 가능하

고, 지하층을 정상적으로 완성하면 지하층의 안전도는 증가한다는 문제해결 도표를 작성하였다. 이 도표로부터 “지하층을 정상적으로 완성시키면서 지상층을 조기착수”하거나, “지하층을 조기완성하면서 지하층의 안전도를 증가”시킬 경우 문제를 해결할 수 있다.

첫 번째 모순을 해결하기 위한 해결방안으로는 트리즈의 “통합&대체”의 원리를 이용하여 지상층과 지하층을 동시에 시공하는 방법을 제시할 수 있으며, 이를 해결하기 위한 기술로는 굴착전에 정확한 위치에 기둥을 수직으로 시공하는 기술이 필요하다. 그리고, 지하층의 안전을 확보하면서 지하층을 조기에 완성하기 위한 방안으로는 트리즈의 40가지 원리 가운데 “대체”를 적용하여 기존 콘크리트보다 경화속도가 빠른 급경콘크리트를 사용하여 콘크리트가 굳는 시간을 단축시켜 지하층의 공사기간을 줄이는 것이다.

이 두 가지 해결방안 가운데, 두 번째 방안은 비용이 많이 들고 공사기간의 단축효과가 불분명한 반면, 첫 번째 방안은 지하층의 구조형식을 바꾸고 공법을 변경하는 것만으로도 뚜렷한 공사기간 감축효과를 볼 수 있다. 따라서, 지상층과 지하층을 동시에 시공하는 방안을 채택하였다.

(2) 기준층 공사기간 단축 문제

기준층의 공사기간을 단축하기 위한 해결과정은 표 10과 같다. “기준층공기를 단축하기 위해서는 해당층에서 공사기간이 가장 긴 코어부분의 시공시간을 단축”해야 하고, “코어의 시공시간을 유지하면 기준층의

코어와 바닥판의 일괄시공이 용이”하게 된다. 이 관계로부터 기준층의 공기를 단축하기 위해서는 “코어의 시공시간을 유지시키면서 기준층의 공기를 단축”하거나, “코어의 시공시간을 단축하면서 코어와 바닥판의 일괄시공”이 가능해야 한다. 첫 번째 코어의 시공시간을 유지시키면서 기준층의 공기를 단축하는 방법은 트리즈의 원리에서 “분할”을 이용하여 주변 바닥판부터 시공한 후, 코어를 시공하는 코어후행기술을 제안할 수 있다. 이 경우 외부 바닥판이 먼저 시공에 착수함으로써, 외벽마감재의 공사착수시점이 빨라져 공기를 단축시킬 수 있다.

“기준층 시공을 용이하게 하면서 코어시공시간을 단축”하는 모순을 해결하는 방법으로는 콘크리트의 경화속도를 높임으로써 공사시간을 단축하는 방법도 있다. 급경 콘크리트를 사용할 경우, 급경콘크리트의 재료에 대한 비용과 품질관리의 측면에서 많은 문제점이 발생할 수 있어 공법 및 공정의 변경을 통한 공기단축이 더 바람직하다.

따라서, 코어부분은 지하층부터 순차적으로 진행하되, 주변 바닥판은 지하층과 지상층을 함께 시공하여 공사기간을 대폭 줄일 수 있어 선택하였다. 주변 바닥판이 완성됨에 따라 코어공사를 계속 수행하면서 외부마감공사를 수행할 수 있다. 이와 같은 일련의 과정을 통해 공사기간을 기존안 보다 3개월 이상 줄일 수 있다.

4.5 소결

표 10. 기준층 공기단축 문제해결

| 문제정의와 모순찾기 | 모순 | 트리즈 원리 | 요소기술 | 해결방안 |
|------------|-----|--------|-------------|----------------|
| | (1) | 분할 | 코어후행 기술 | 코어와 주변부분의 분리시공 |
| | (2) | 대체 | 콘크리트 급속경화기술 | 급경콘크리트 사용 |

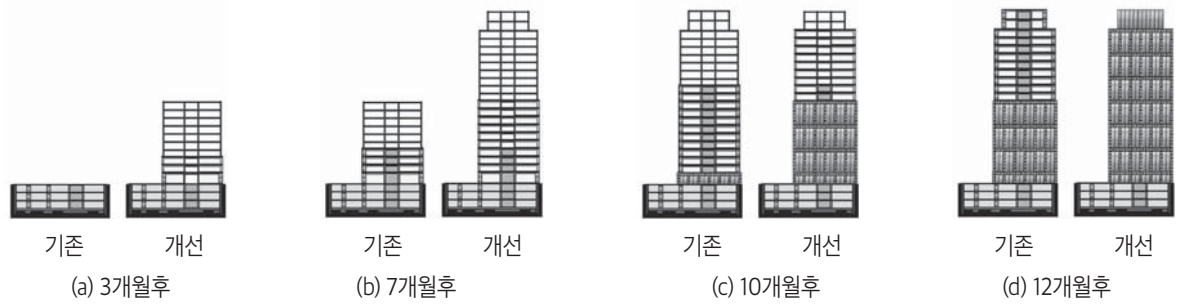


그림 8. 기존안과 개선안의 공정차이 비교

이상과 같이 트리즈의 원리와 현장에서 적용가능한 기술을 결합하여 건축분야에서의 문제를 해결할 수 있음을 알 수 있었다. 그림 8은 기존안과 트리즈를 통해 문제를 해결한 개선안 사이의 공정상 차이를 비교한 그림이다. 기존안의 경우 3개월이 경과한 시점에서 지상층 공사를 착수할 수 있으나, 개선안에 따라 공사를 수행할 경우, 지하층과 지상층을 동시에 시공함에 따라 3개월 후 이미 지상층 주변바닥판을 지지하기 위한 골조는 중간높이까지, 주변바닥판은 3개층까지 마무리할 수 있다. 착공 7개월 후에는 기존안은 지상층의 중간정도 높이까지만 골조시공이 된 반면, 개선안은 주변바닥판을 지지하는 골조공사는 최상층까지, 주변바닥판도 중간높이까지 마무리되어 외곽 창호를 설치하는 공사를 착수할 수 있다. 단, 코어부분은 주변바닥판과 달리 지하층부터 순차적으로 시공하였기 때문에 기존안과 개선안의 공사속도의 차이가 없다. 10개월이 경과된 시점에서 기존안은 지상층의 창호공사를 착수하였으나, 개선안은 이미 지상층의 중간높이까지 창호공사를 마무리되게 된다. 12개월 후 기존안은 외부창호공사를 마무리하지 못한 반면, 개선안은 코어는 물론 외부창호공사까지 마무리 되어 당초 계획했던 공기단축을 실현할 수 있다.

전체적인 비용측면에서도 개선안을 적용할 경우, 골조변경에 대한 재료비용 상승과 재설계에 따른 용역비용이 약 6억원 가량 추가될 것으로 예상되었으나, 지하층 구조를 변경하는데 따른 골조공사법의 개선과

기존층공사 시 인력의 효율적인 활용을 통해 약 9억원의 절감이 가능할 것으로 보여 전체적으로 3억원의 비용절감효과도 거둘 수 있었다.

이상과 같이 건설현장에서 발생하는 문제를 트리즈의 원리를 접목하여 당초 의도하였던 공기단축의 문제를 해결하였을 뿐만 아니라, 비용의 절감까지 달성할 수 있었다. 이는 트리즈의 원리를 건설공사의 비용절감과 효율성 극대화를 달성하기 위한 도구로 적용할 수 있음을 보여주고 있다.

5. 결론

향후 건축공학분야에서 새로운 시스템을 도입하기 위해 필요한 요소를 모색하기위해 건축공학의 대표적인 기술의 발전단계를 트리즈의 기법을 통해 분석한 결과 다음과 같은 결론에 도달하였다.

1. 주문에 의한 생산이라는 건설산업의 특성상 건설분야의 새로운 기술은 기술의 호환성과 내구성, 그리고 기술개발의 신속성이 중요하기 때문에, 트리즈기법에 의한 기술분석을 통해 향후 건설분야 기술개발의 방향을 설정할 수 있다.
2. 현지생산이라는 건설산업의 특성으로 인해, 동일한 문제에 대해서도 해당지역의 자연적, 지리적 여건과 경제적 수준, 그리고 작업자의 숙련도 뿐만 아니라 요소기술의 활용수준까지 고려하여 문제의 해결방안

이 다양하게 제시되어야 한다.

3. 새로운 아이디어는 창의적인 문제해결방법으로만 해결될 수도 있으나, 공학분야에서의 문제해결은 기술의 발전단계와 경제적 비용의 절감을 반영한 기술의 실현가능성도 문제해결과 새로운 시스템 도입 시 중요한 요소로 작용할 수 있었다.

4. 기존의 건축공학기술의 발전단계를 트리즈적 기법을 활용하여 분석함으로써, 다양한 지역적 특성과 기술적 수준을 반영한 문제해결을 제시하여야 하는 건축공학 기술의 특성을 반영하기 위한 문제를 해결할 기법으로 트리즈를 활용할 수 있음을 확인할 수 있었다.

5. 실제 건설현장에서 발생하는 문제를 트리즈의 원리를 접목하여 당초 의도하였던 공기단축의 문제를 해결하였을 뿐만 아니라, 비용의 절감까지 달성할 수 있어 트리즈적 문제해결의 기법을 건설공사의 비용절감과 효율성 극대화를 달성하기 위한 도구로 적용할 수 있음을 보여주고 있다.

참고문헌

[국내 문헌]

- [1] 고동우 (2014), 건축적 문제해결에서 TRIZ의 역할, 2014년도 한국지식경영학회 추계학술대회 논문집, 309-315.
- [2] 김효준 (2004), 생각의 창의성, 도서출판 지혜.
- [3] 대우건설 (2010), 건축기술지침-건축I, 도서출판 공간예술사.
- [4] 서승우, 박강 (2004), TRIZ와 브레인스토밍을 이용한 신뢰성 있는 공학설계 방법, 안전경영과학회지 제 6권 3호, 287~302.
- [5] 서일교, 고동우 (2008), 관광시설물의 구조계획, 도서출판 온누리.
- [6] 이경원 (2002), 창의적 문제해결이론 (TRIZ, 트리즈)를 이용한 공기 정화 기능의 모기 유인 퇴치기 개발, 한국정밀공학회지 제 19권 6호, 155~159.
- [7] 이경원, 김동관 (2007), 지식창조, 혁신을 위한 블루오션 전략과 트리즈의 전술적 활용, 지식경영연구 제 8권 2호, 1~16.
- [8] 이용규, 이경원 (2003), 트리즈 (러시아의 창의적 문제해결 이론)의 창의적 지식경영에서의 응용, 지식경영연구 제 4권 1호, 81-93.
- [9] 현정석, 박찬정, (2014), 트리즈의 물리적 모순에 대한 모순해결 나비모형의 모순관계와 해결차원의 분류 제 15권 4호, 15~33.

[국외 문헌]

- [10] Butdee, S., Vignat, F. (2008), TRIZ method for light weight bus body structure design, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Vol. 31 No. 2, 456~462
- [11] Cathain, C. (2009), Construction innovation using TRIZ, Global Innovation in Construction Conference.

- [12] Chen, J.L., Li, H.-C. (2010), Innovative design method of product service system by using case study and TRIZ method, *CIRP IPS Conference*, 299~305.
- [13]Gadd, Karen (2005) TRIZ, Architecture & engineering - practical assistance for creative genius, The Tirz journal (<http://http://www.triz-journal.com/triz-architecture-engineering-practical-assistance-creative-genius/>)
- [14]Mann, D., Cathain C. (2015) Using TRIZ in architecture : first steps, (<http://www.triz-journal.com/using-triz-architecture-first-steps/>)

● 저 자 소 개 ●



장명훈 (Myung Houn Jang)

서울대학교 건축학과에서 공학박사학위를 취득하고, 대우건설기술연구원에서 건설관리 분야 근무하였다. 현재 제주대학교 건축학부 교수로 재직 중이다. 주요 연구분야는 건설관리 및 건축시공 분야이며, 건설IT, CAD, 공학설계 관련 연구도 수행하고 있다.



고동우 (Dong Woo Ko)

고려대학교 건축공학과에서 공학박사학위를 취득하고, 한빛구조엔지니어링에서 구조설계 실무를 하다가 현재 제주대학교 건축학부 교수로 재직 중이다. 주요 연구분야는 건축구조분야의 철근콘크리트구조, 내진설계법이다. 최근들어 건축분야의 문제해결 기법에 대한 연구도 함께 수행하고 있다.