

Grid-like 타입 구조물의 설계 지원 시스템 Design Support System for Grid-like Type Structure

양 영 순¹⁾
Yang, Young-Soon

유 원 선²⁾
Ruy, Won-Sun

ABSTRACT

구조 설계지원 시스템의 최종적인 목표는 설계의 진행 시, 수없이 발생하는 선택의 과정이 구조물 품질 향상의 방향으로 이루어 질 수 있도록 하는 것이다. 이를 위해서는 두 가지의 해결 방안이 필수적이다. 하나는 구조 설계지원 시스템이 담당해야 하는 설계영역을 고객의 요구조건으로부터 최종 해결안을 도출시키는 차원까지 확대시켜야 하며, 두 번째는 품질을 정의하는 구조물의 성능이 다양하면서 서로 상반되기 때문에 이들을 동시에 만족시켜줄 수 있는 방안을 모색해야 한다는 점이다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결할 수 있는 구조 설계지원시스템을 특히 Grid-like 타입의 구조물에 관하여 논의하고자 한다.

1. 서론

The design is the sequential process of objective-oriented selection problems

저자는 설계과정을 목적 지향적인 선택의 연속이라고 정의한다. 설계자가 처음 마주치는 선택은 고객의 만족에 영향을 주는 목적함수와 제한조건의 선정인데, 설계문제 자체에 문제를 정의하는 과정이 필요하기 때문에 흔히 설계문제가 'open-ended' 혹은 'ill-defined' 한 특징을 가지고 있다고들 한다. 다음엔 주어진 문제(목적함수와 제한조건)에 적합한 해결안(설계대안)들의 도출이라는 선택의 과정이 필요하다. 구조설계 대안은 설정된 문제에 근거한 '추상화'를 통해서 생성되는데, 저자는 특히 구조설계 분야에서 추상화를 모델 표현(Model Description)과 진정한 제한 조건(Genuine Constraint)의 선정, 두 가지로 정의될 수 있다고 본다. 물론 설계대안의 생성은 위에서 정의된 뚜렷한 목적 지향적인 방향으로 이루어져야 할 것이다. 설계대안의 선정 과정이 종료되면 당연히 어떤 설계대안이 가장 우수한가에 관한 판단이 필요한데, 이 과정에서 대안들의 기본설계가 병행되어야 하기 때문에 상당한 계산량과 시간이 소모된다. 구조설계과정의 이러한 면이 일반적인 의사결정(Decision-Making) 문제와 차이점을 보이며, 구조설계 지원시스템의 구축을 어렵게 하는 주요 요인 중에 하나이다. 결국에는 가장 우수하다고 판단되는 설계대안의 선정과 해당 설계대안의 구체적인 설계치수를 결정하는 것으로 구조 설계지원시스템의 역할을 한정하였다.

First Topology and then Shape or Size Design

고객의 요구에 부응할 수 있는 설계문제를 구축한 후, 설계대안의 생성 단계까지를 개념설계, 설정된 여러 설계대안을 대상으로 구체적인 설계치수를 동반한 최종 설계안을 확정하는 단계까지를 기본설계라 정의한다. 특

1) 서울대학교 조선해양공학과 교수
2) 서울대학교 조선해양공학과 박사과정

히 구조설계분야에서는 개념설계에서 발생하는 설계대안의 결정이 주로 위상(Topology)을 대상으로 이루어진다. 여기서 언급한 위상의 개념은 단순히 부재 연결의 有無를 취급하는 학문적인 위상 최적화 차원에서 확장되어, 재료의 선택이나 하부 시스템의 선택 문제 등의 다수 중에 하나의 선택이라는 차원에서 이해해야 한다. 이런 위상에 대한 확장된 이해는 보다 실질적인 설계지원시스템에 필수적인 요건이다.

구조 설계지원시스템의 기본설계 단계에서는 주어진 설계대안들의 설계공간 내에서, 최상의 설계안과 설계점을 선정·탐색하는 작업이 이루어진다. 기본설계 단계에서 결정되어야 하는 설계변수는 주어진 위상을 근간으로 하는 구조물의 형상(Geometry)과 요소부재 치수(Member elements' size) 등이다. 구조물의 형상이란 위상의 변화가 배제된 구조물의 모양의 변화를 일컫는다. Grid-like 타입 구조물의 경우에는 노드의 위치 변화를 뜻한다. 여기서 주목해야 할 점은 개념설계에서의 설계변수는 정수타입이며, 기본설계에서의 그것은 실수타입의 성향을 가진다는 것이다.

구조 설계지원시스템의 최종적인 목표는 고객이 원하는 품질을 달성하는 것이다. 여기서 중요한 점은 품질의 기준이 설계자나 경영 결정권자가 아닌 고객에 의해서 정해진다는 것이다. 특히 고객에 의해서 정해지는 품질의 종류는 다양하기 마련이다. Fowlkes와 Creveling[1]은 구조설계에 있어서 일반적으로 품질의 종류는 다음과 같은 세 가지로 정의될 수 있다고 하였다.

- ✓ 적은 비용 (생산비용, life-cycle 비용, quality loss)
- ✓ 높은 신뢰성
- ✓ 지속적인 성능 유지

구조 설계지원시스템의 핵심적인 역할을 담당하고 있는 기존의 최적설계 시스템에서는 이러한 설계지원시스템을 구현하기에는 여러 문제점을 가지고 있다. 우선 고려하는 설계영역이 너무나 제한적이라는 문제점을 들 수 있다. 기존의 최적화 모듈에서 다루는 구조물의 설계대상은 요소 치수 결정에 국한되어 왔던 것이 사실이며, 정작 설계지원시스템에서 핵심적으로 결정해야 하는 구조물의 위상이나 하부 시스템의 결정 등은 최적화 모듈의 어떤 상위 시스템에서 결정되어야 하는 것으로 가정되어 왔다. 본 논문에서는 상위 시스템의 결정까지도 함께 다룰 수 있는 진정한 의미의 구조 설계지원 시스템의 개발을 목표로 하고 있다.

두 번째로 위에서 언급된 다양한 고객의 요구를 효과적으로 만족시켜 줄 수 있는 다목적 시스템이 구축되어 있지 않다는 점이다. 기존의 설계지원 시스템에서 추구했던 구조물의 설계방향은 단순히 생산비용의 절감에 국한되어 왔던 것이 사실이다. 그러나 구조물이 설계되는 방향성은 이와 달리 다양한 고객의 요구를 만족시켜야 하며, 생산비용만을 대상으로 편중된 구조물의 설계는 고객이 원하는 품질을 모두 보장하지 못하므로 실제 구조물 설계에 활발하게 사용되어지지 못했던 큰 요인이 된다. 본 논문에서는 다수의 고객요구를 충족시켜 주기 위해서 다양한 설계 툴(Pareto Concept, QFD, AHP, Robust Concept, GA 등)을 조직화하여 두 가지 접근 방식으로 설계 지원시스템을 구축하고 있다.

세 번째로 구조 설계과정에 무수히 발생하는 선택 결정과정을 효과적으로 지원하지 못한다는 점이다. 설계과정에는 문제를 정의하는 평가기준의 선정, 대안 생성, 해결안 확정, 타협안 설정, 해결안의 기본설계 등 다수의 선택과 타협과정이 포함되어 있다. 기존의 최적화 시스템에서는 단지 미리 확정된 해결안의 기본설계에 국한되어서 사용되고 있는 실정이다. 본 논문의 설계지원 시스템에서는 언급된 모든 선택을 취급, 지원하고 있다.

Juran[2]은 제품의 품질을 다음과 같이 두 가지 차원에서 정의하고 있다. 여기서 네 번째의 문제점이 도출되는

데 기존의 최적화 시스템에서는 단순히 어떤 성능의 향상에만 관심이 집중되었지, 실제 상황에서 설정된 성능(On-target performance)이 제대로 수행될 수 있는지에 관한 고려가 되지 않고 있다. 비록 최적화 시스템에서 사용되는 민감도 검사(Sensitivity analysis)가 이와 같은 종류의 문제를 다루고 있지만, 실제 상황에서 환경의 변동 폭을 감당하기에는 그 한계가 자명하다. 본 논문에서는 강건설계(Robust design) 개념을 활용하여 이러한 문제점을 해결하고자 한다.

위에서 언급된 제반 문제를 효과적으로 해결하기 위해서 본 논문에서는 두 가지 선택 전략을 제시한다. 두 가지 선택 전략의 차이점은 선택의 권한을 가지는 설계 결정권자의 개입 시기에 있다. 설계 결정권자의 의도를 설계 초기부터 반영시키는 방법(Pre-Selection Strategy)과 충분히 설계영역의 정보를 확보한 후에 설계 결정권자의 마지막 선택을 기다리는 방법(Post-Selection Strategy), 두 가지로 구분될 수 있다.

2. 구조 설계 지원 시스템

2.1 전체적인 설명

본 논문에서 주장하는 구조 설계지원 시스템은 서론에서 언급된 바와 같이 설계 결정권자의 개입 시기에 따라서 Pre-Selection Strategy 와 Post-Selection Strategy로 구분되어 있다. 두 문제 접근방식에는 공통점과 동시에 뚜렷한 차이점이 존재한다. 차이점에 인하여 각 방법에는 장단점이 존재하는데 구체적인 설명은 각 접근 방식을 설명하는 다음 절로 미루고 본 절에서는 공통 분모에 관하여 집중적인 분석이 이루어진다.

두 접근방식 모두는 일반적인 설계과정의 수순을 따라서 구성되어 있다. 고객의 요구를 바탕으로 한, 문제 구성을 시작으로 개념 설계에 도달해서는 설계대안을 생성해 내는 과정이 이루어진다. 개념설계 단계에서 어떤 주요 원칙이나 전략이 없다면, 순수한 설계자의 경험이나 과거의 사례 등에 근간한 직관에만 의존하여 너무나 주관적일 수밖에 없는 설계대안들을 뽑아 낼 수밖에 없을 것이다. 이렇게 생성된 설계대안들은 어떠한 기준에 의해 산출된 것들이 아니기 때문에 그 해결안이 도출되기까지의 과정(process)을 이해할 수가 없으며 그에 따라 설계대안의 질(quality)을 평가할 수가 없게 된다. 결국 누구에게나 객관적일 수 있는 어떤 주요 원칙이나, 해를 풀어 나갈 수 있는 전략이 필요하다는 것이다. 따라서, 이 과정에서는 효율적이고 의미 있는 대안 생성을 위해서 문제를 추상화해야 한다. Pahl 과 Beitz[3]는 그들의 저서에서 「추상화라 함은 일반화에 의해서 과제 의 핵심에 곧바로 이를 수 있게 하며, 전체 기능과 필수적인 제한 조건들이 명백해지고 편견에 사로잡혀 특정 해결안이 선정되는 것을 방지할 수 있다」 라고 언급하고 있다. 저자가 생각하는 추상화의 키워드는 굵은체로 표시된 '핵심'과 '제한조건'과 '편견 방지'이다. 개념설계 단계에서는 구조물의 설계에 필요한 정보가 구체적이지 못하고 불확실한 면이 뚜렷하다. 그러나 이 과정에도 대안이 될 수 있는 후보원형들을 평가해 줄 수 있는 판단 기준이 필요한데, 이를 위해서는 추상적 구조물을 모델링 해야 한다. 적어도 설계대상이 되는 구조물의 핵심을 표현할 수 있도록 모델링을 구현하는 것이 설계문제의 추상화를 이루기 위한 중요한 요소이다. 모델링의 방향이 확정되면, 의미 있는 설계대안들을 생성해 내기 위해서 적절한 제한조건과 고객의 다양한 요구에 부응하는 다목적 구조물을 창출해야 한다. 여기서 언급된 제한조건은 일반적인 최적화 시스템에서 사용되는 구체적인 제한조건과 구별되어야 한다. 불명확하고 부족한 설계정보를 이용하는 현 개념단계에서는, 기본설계에서 사용되는 구체적인 제한조건을 직접적으로 사용할 수가 없으며, 보다 근본적이고 넓은 설계영역을 포함시킬 수 있는 진정한 제한조건(Genuine Constraint)이 필수적이다.

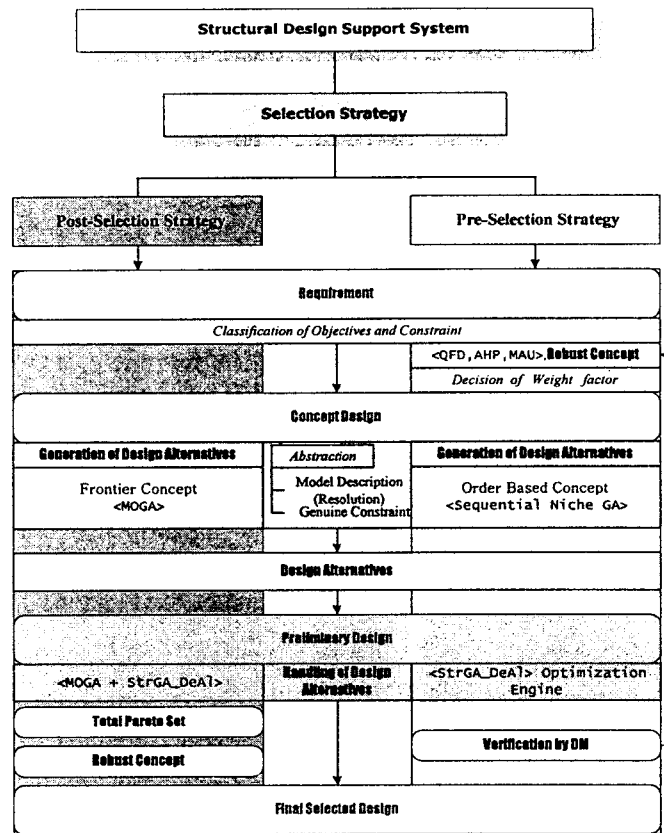


Figure 1 The Overview of Structural Design Support System

Grid-like 타입 구조물의 예제를 통해서 이러한 주장들을 다시 음미해 보자. Grid-like 타입 구조물은 Truss, Frame, Grillage 등과 같이 선 형태의 요소들이 전체를 구성하게 된다. 개념설계 단계에서 문제를 추상화시키는 일환으로 노드들 사이를 연결하는 모든 부재의 치수를 어떤 대표값으로 설정하게 된다. 물론 부재가 차지하는 역할에 따라 서로 다른 대표값을 가질 수도 있다. 다시 말해서 구조물의 모델링이 어떤 정밀도(resolution)를 가지는가는 문제에 따라 달라질 수 있다라는 것을 뜻한다. 구조물의 모델링 접근 방식이 확정되면 진정한 제한조건을 선정하는 일이 남아 있는데, Grid-like 타입 구조물의 경우에는 요소 치수가 아직 확정되지 못한 설계 초기 단계에서 부재 응력에 관련한 구체적인 제한조건 등을 적용시키는 것이 의미가 없기 때문에, 설정된 구조 위상이 주어진 하중에 안정하게 대처할 수 있는가를, 강성 행렬을 이용하여 판단하는 것이 유일하며 진정한 제한조건이 될 수 있다.

개념설계에서 생성된 설계대안을 중심으로 기본설계가 진행되기 전에, 구조 설계지원 시스템이 일반설계 흐름을 따라 진행됨에 있어서 꼭 언급해야 할 전제조건이 있다. “As the twig is bent, so grows the tree.” 다시 말하면, 개념설계 단계에서 우수하다고 판단된 설계대안은 선택받지 못한 다른 구조물보다 기본설계 단계에서도 우수한 성능을 가진다는 것을 의미한다. 결론적으로 말하자면 설계대안들 중에 전체적인 해가 존재한다는 본 가정은 Grid-like 타입 구조물에서는 적절한 가정을 확인하였다.

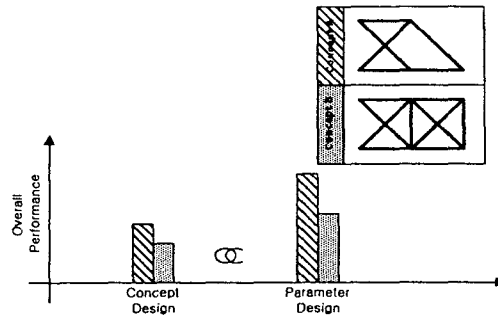


Fig. 2 Design prototype and its influence on preliminary design performance

기본설계의 핵심은 하나가 아닌 여러 개의 설계대안들이 구성하는 설계영역을 얼마나 효과적으로 탐색해 나가는가에 관한 문제이다. 가장 단순한 발상은 모든 대안들마다 기본설계를 수행하여 최적인 설계점(들)을 확보하는 방식으로 전체 설계영역의 최적 구조와 요소 치수를 결정하는 작업일 것이다. 본 논문에서는 구조 대안들을 체계적으로 사상(寫像)시킬 수 있는 **Structural Genetic Algorithm for handling of Design Alternatives**(이하 *StrGA_DeAI*)를 개발하여 효율적으로 설계대안들이 구성하는 설계영역을 한번에 탐색할 수 있도록 하였다. 그림 1에서는 구조 설계지원시스템의 공통적인 부분이 중앙의 흐름을 따라 진행되고 있으며 이를 통해 명확한 이해가 가능할 것이다.

본 설계지원시스템에서 핵심적으로 사용된 설계틀들은 Genetic Algorithm(이하 GA)의 이용이 빈번하다.(Ex. *StrGA_DeAI*, MOGA, Sequential Niche GA) 이는 GA가 전체 설계영역을 탐색해서 전체 최적점을 찾아낸다는 최적화 차원에서 가질 수 있는 강점보다는, 설계과정에서 본질적으로 발생될 수밖에 없는 **선택의 문제**("do this with that, or something else with whatever")와 설계 구조물의 표현에 관한 문제(**설계대안들의 표현**)를 효과적으로 해결할 수 있다는 강점 때문에 본 연구에서 적극적으로 활용되었다.

2.2 Pre-Selection Strategy(그림 1의 오른쪽)

Pre-Selection Method 는 설계 결정권자의 역할이 최적 설계를 수행하기 전에 시작되며 최적화를 진행해 나가는 설계자는 상담자(counselor)의 역할을 하게 된다. 본 방법의 결과로 유도되는 설계 방안은 설계 결정권자의 선호도를 담은 하나의 최적해로 나타나게 된다. Pre-Selection Method를 구성하는 설계틀 들을 나열해 보면 QFD, AHP, MAU, Robust Concept, Sequential Niche GA, *StrGA_DeAI* 등이다. 각각의 설계틀의 역할을 설명하면서 자연스럽게 본 접근방식을 이해할 수 있을 것이다.

치열한 경쟁환경 및 고객의 다양한 요구에 대응할 수 있는 경쟁력 있는 개발체제를 구축하기 위한 기법의 필요성이 대두되었고 그 해결방법의 하나로써 초기단계인 기획·설계단계에서 제조공정에 이르기까지 전프로세스에 걸쳐 품질을 확보하고 단 기간내에 다양한 고객의 요구를 만족시킬 수 있는 신제품개발의 QA와 동시진행형 엔지니어링의 추진방법론으로 QFD[4](Quality Functional Deployment)가 개발되었다. 본 설계지원시스템에서는 설계자가 고객의 요구를 반영하는데 지대한 영향력을 가진다고 생각되는 구조물의 성능들을 선택하는 것으로 시작하여, 이들로 구성되는 전체 품질 평가함수에 필요한 가중치를 결정하는데 QFD가 사용되었다. 공학적 차원의 설계에서 고객의 요구조건을 극대화시키는 방향으로 설계를 진행할 수 있다는 데에서 QFD의 의미가

담겨져 있다. QFD를 통하여 최적화 시스템의 목적함수를 생성해내는 데에는 두 가지의 난관이 내재하고 있는데, 우선은 QFD의 HOQ(House of Quality)를 작성하는데 필요한 Symbol-Value Conversation에 관한 문제이다. 이는 정성적인 우열을 비교적 단순한 정량적인 치수로 표시하는 방법인데 극히 정량적인 최적화 시스템에 사용하기에는 부족한 점이 많다. 이에 관한 보완책으로 불분명한 선택 문제에 있어서 문제를 계층적으로 분석하여 평가함으로써 고객의 의사를 체계적으로 반영시켜줄 수 있는 AHP(Analytic Hierarchy Process)[5][6] 기법을 사용하였다. 또 하나의 난관은 다양한 scale을 가지는 구조성능 평가치 들을 어떻게 표준화(normalization)화 시키는가에 관한 문제이다. 이 역시 고객의 선호도를 담아낼 수 있는 표준화 방법인 MAU(Multi-Attribute Utility)[7] 이론을 이용함으로써 더욱 고객이 원하는 방향으로 표준화 과정을 개선시킬 수 있다고 본다. 마지막으로 다수의 구조성능평가함수에 강건설계에 관한 항을 추가함으로써 구조성능 자체뿐만 아니라 구조 성능에 신뢰도를 높일 수 있도록 하였다. 이와 같은 여러 설계들 들을 사용함으로써 Pre-Selection Strategy 접근방식의 문제를 정식화시킬 수 있었다.

문제 정식화가 완성되면 주어진 목적함수와 추상화를 통해 개념설계에 적합한 '진정한 제한조건'을 바탕으로 대안들을 생성하게 된다. 이 때 구조 종합평가가 우수한 구조물부터 순차적(Order Based Concept)으로 생성해 낼 수 있는 Sequential Niche GA[8]를 활용하게 된다. 몇 개까지를 설계대안으로 삼아야 되는가에 관한 문제는 당면한 문제에 따라 달라질 수 있다. 생성된 설계대안들을 대상으로 하는 기본설계 단계에서는 StrGA_DeAI[10][11]안에 자체적으로 내장되어 있는 최적화 엔진을 통하여 한번에 설계대안 영역을 고려한 최종적인 설계안이 결정된다.

Pre-Selection Strategy의 최대 강점은 다양한 성능을 반영하는 다수의 목적함수에도 계산비용 면에서나 효율 면에서 아무런 지장을 받지 않는다는 점과 설계 결정권자의 선호도를 미리 반영시켜서 단 시간 내에 최적구조물의 선택이 가능하다는 점이다. 그러나 단점도 존재하는데, 설계 전에 설계자가 설계 결정권자에게 선호도에 관한 모든 정보를 얻어내야 하기 때문에 설계 결정권자는 부족하고 불명확한 초기 설계단계에서 무리한 결정을 내려야 하는 부담감을 떨칠 수가 없다. 또한 최종 구조물이 설계 결정권자가 의도한 성능에 못 미칠 시에는 다시 본 과정을 수행해야 하는 단점이 존재한다. 또 기술적인 차원에서, 위상을 달리하는 여러 대안들을 포함하는 설계영역에는 다수의 Non-Convex한 영역이 존재하는데 이를 탐색할 수 있는 방안이 없다는 점이다.

2.3 Post-Selection Strategy

Post-Selection Method는 설계자가 정보 제공자의 역할을 수행하도록 설정되며, 설계 결정권자는 많은 non-inferior 해들 중에서 자신의 선호도를 반영하여 하나의 최종해를 결정하는 역할을 하게된다. Pre-Selection Method와의 가장 큰 차이점은 고객 만족에 영향을 줄 수 있는 시스템의 성능들을 어떠한 가공도 가하지 않고 직접 사용한다는 점이다.

Post-Selection Strategy의 강점은 설계 결정권자가 최적화된 완제품을 대상으로 선택을 할 수 있다는 것인데, 이 점은 불명확하고 부족한 설계 정보를 근거로 선택을 수행하는 Pre-Selection Strategy와 상반된 특징이다. 본 접근방식은 다양한 위상을 가지는 설계대안들을 포함함으로써 필연적으로 발생하는 모든 non-convex(그림 5 참고)한 영역을 탐색할 수 있는 능력을 보유하고 있다. 이는 다목적 환경 하에서 Pareto 집합을 단번에 생성하는 MOGA(Multi-Objective Genetic Algorithm)[9]의 능력이다. 이에 반하여 치명적인 단점도 있는데, 우선 해를 얻어내기 위한 계산시간 비용이 상당하다는 점이다. 이러한 특징은 하나의 최종해가 아닌, 다목적 환경에서 각 속성영역별로의 최적해 집합인 Pareto Set를 얻어내는 작업이 필요하기 때문에, 특히 목적함수의 개수가

증가하게 되면 계산시간 비용에 상당한 영향을 미치게 된다. 또한 설계 결정권자에게 제시되는 Pareto Set의 정보는 문제에 따라 방대한 양이 될 수 있기 때문에 선택의 과정을 어렵게 한다는 점을 들 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 강건설계 개념을 이용한 선택을 Post-Selection Strategy의 말미에 위치시켰다. 본 논문에서 사용된 강건설계의 개념은 외부 환경변화에 구조물의 성능이 둔감하게 반응할 수 있는 설계안의 선택이라는 차원에서 이해하였다.

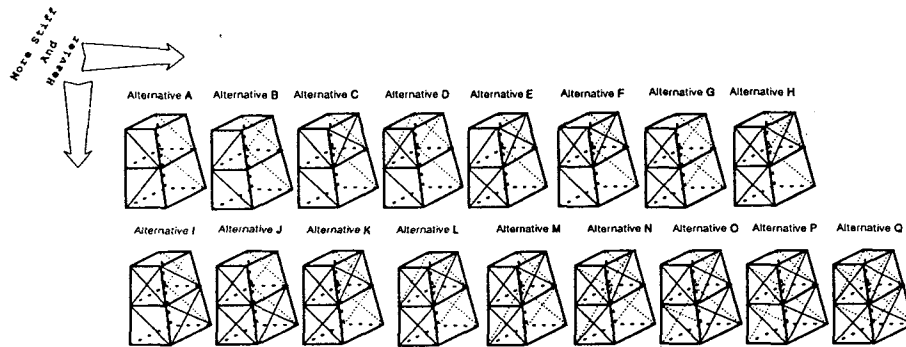


Figure 3 Design Alternatives generated by MOGA+StrGA_DeAI

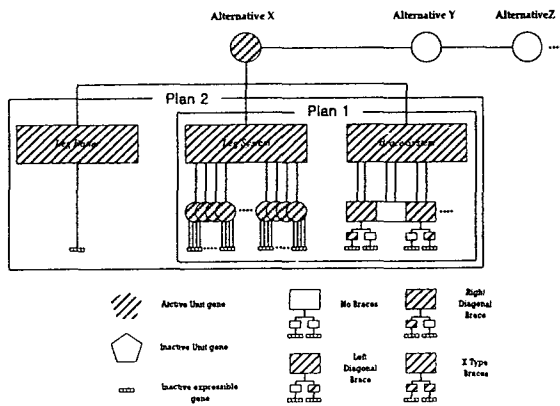


Figure 4 Hierarchical Structure of Each alternatives in the chromosome of StrGA_DeAI

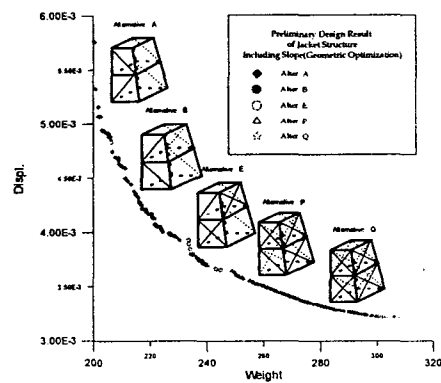


Figure 5 Total Pareto Set for the Jacket System

그림 3, 4, 5는 논문[11]에 자세히 설명되어 있는 Post-Selection Strategy의 핵심적인 과정만을 그림으로 표현해 본 것이다. 그림 3은 자켓 구조물의 Bracing 시스템을 결정하기 위한 문제에서, 생성된 설계대안들을 보여주고 있다. 설계대안을 생성하는 방법으로는 Frontier Concept를 사용하였는데 이는 다목적 함수에 나름대로 최적이라고 판단되는 위상 구조들을 산출하는 개념을 가진다. 참고로 본 예제에 사용된 목적함수는 시스템의 중량과 주어진 하중에 발생하는 최대 변위로 삼았다. 그림 4는 이렇게 생성된 설계대안들이 StrGA_DeAI의 염색체 내에서 어떻게 구현되고 있는가를 보여주고 있는데, 문제의 특성을 잘 파악하여 구성되어야 한다. 그림 5에서는 다양한 설계대안들을 포함한 설계영역에서 발생하는 Total Pareto Set[10]의 대표적인 예를 보여주고 있다. Total Pareto Set은 하나의 위상을 가지는 구조물의 Pareto Set과는 달리 다양한 위상을 가지는 여러 구조물들

이 혼합한 형태의 Pareto Set이다. 이러한 이유로 Pre-Selection Strategy로는 접근이 불가능한 non-convex 영역이 생기는 것을 확인할 수 있다.

3. 결론

구조 설계지원시스템이라고 하면 기본적으로, 고객의 요구를 최대한 만족시켜 줄 수 있는 다목적 함수의 지원이 필수적이며, 설계과정 중에 다양한 방식으로 반복되는 선택의 문제를 지원할 수 있어야 한다. 특히 구조설계에 문제에 있어서는 기존의 제한된 설계영역에서 벗어나, 구조 위상부터 요소치수 설계까지의 넓은 설계영역을 커버할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 구조 설계지원시스템을 구축하기 위해서 선택 시점을 중심으로 두 가지의 접근방식이 제시되고 있으며, 그들이 가지는 장단점을 설명하고 있다. 그러나 가장 핵심적으로 이해해야 할 부분은 일반 설계과정을 따라 기술된 구조 설계지원시스템의 공통적 흐름이다. 개념설계와 기본설계로 이어지는 설계 흐름은 작게는 다목적 구조 위상문제를 처리할 수 있으며, 거시적으로는 구조 설계지원시스템의 틀을 이루는 중요한 개념이라는 것을 주장하는 바이다.

참고문헌

- [1] William Y. Fowlkes & Clyde M. Creveling, Engineering Methods for Robust Product Design : Using Taguchi Methods in Technology and Product Development, Addison Wesley, 1995
- [2] Juran, J. M., & Gryna, F. M. Juran's Quality Control Handbook, 4th Ed. McGraw-Hill, 1988.
- [3] Pahl, G., Beitz, W., Engineering Design : A Systematic Approach 2nd Edition, Springer, 1996.
- [4] Akao, Y. (Ed.), Quality Function Deployment, Productivity Press, Cambridge, Mass, 1990
- [5] Satty, T. L., The Analytic Hierarchy Process, MacGraw-Hill, 1980
- [6] 양영순, 장범선, AHP 기법을 이용한 최적구조설계, 대한조선학회논문집, 제 36권, 제 1호, 1999
- [7] Thurston, D. L., Optimization of Design Utility, Journal of Mechanical Design, Sep., Vol. 166, 1994
- [8] David Beasley, etc., A Sequential Niche Technique for Multimodal Function Optimization, Evolutionary Computation 1, MIT Press, pp101-125, 1993.
- [9] 김기화, Genetic Algorithm에 의한 다목적함수 최적구조설계, 서울대학교 조선해양공학과 박사 학위 논문, 1994
- [10] 양영순, 유원선, 한상민, 인공지능 기술을 이용한 최적 구조설계, 한국전산구조공학회지, Vol. 41, No. 3, 1998
- [11] Yang, Young-Soon & Ruy, Won-Sun & Kim, Gi-Hwa. Structured Genetic Algorithm for Optimal Truss Design ,Proc. Twelfth Asian Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures, TEAM'98 KANAZAWA, 6-9 July 1998