

# Genetic Algorithms에 의한 입체트러스의 시스템 형상 및 단면 이산화 최적설계

## The System Shape and Size Discrete Optimum Design of Space Trusses using Genetic Algorithms

박 춘 욱<sup>1)</sup> · 김 명 선<sup>2)</sup> · 강 문 명<sup>3)</sup>

*Park, Choon Wook Kim, Myung Sun Kang, Moon Myung*

**요 약 :** 이 연구에서는 다 설계변수와 다 제약조건으로 구성된 단면 및 시스템 형상을 동시에 고려하는 입체 트러스의 이산화 최적설계 문제를 유전자 알고리즘을 이용하여 체계화하였다. 또한, 유전자 알고리즘의 적용방법을 초기화절차, 진화적 절차 그리고 유전적 절차로 구성하였다. 초기화 절차에서는 한 세대의 개체 수만큼 염색체를 생성하고 진화적 절차는 구조해석의 결과를 분석하여 적합도를 계산하였다. 그리고 유전적 절차는 복제와 교배 및 돌연변이를 통하여 다음 세대의 유전자를 생성하게 된다. 이렇게 진화적 절차와 유전적 절차를 반복 수행하여 최적 해를 탐색한다. 이 연구에서는 설계자가 궁극적 목표로 하는 구조물의 구조 해석과 단면 및 시스템 형상 최적설계를 동시에 수행할 수 있는 이산화 최적설계 프로그램을 개발하고, 설계 예를 들어 비교·고찰하였다.

**ABSTRACT :** The objective of this study is the development of sizing and system shape discrete optimum design algorithm which is based on the genetic algorithms(GAs). The algorithm can perform both size and shape optimum designs of space trusses. The developed algorithm was implemented in a computer program. The algorithm is known to be very efficient for the discrete optimization. The genetic algorithms consists of genetic process and evolutionary process. The genetic process selects the next design points based on the survivability of the current design points. The evolutionary process evaluates the survivability of the design points selected from the genetic process. In the genetic process of the simple genetic algorithms, there are three basic operators: reproduction, cross-over, and mutation operators. The efficiency and validity of the developed discrete optimum design algorithm was verified by applying the algorithm to optimum design examples.

**핵심용어 :** 유전자 알고리즘, 이산화 최적, 시스템형상, 적합도, 형상최적

**KEYWORDS :** genetic algorithms, discrete optimum, system shape, fitness, shape optimum

1) 정회원, 경북대학교 건축공학과 강사, 공학박사

2) 학생회원, 경북대학교 건축공학과 박사수료

3) 정회원, 경북대학교 건축공학과 교수, 공학박사

본 논문에 대한 토의를 2002년 4월 30일까지 학회로 보내 주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

## 1. 서론

인공 지능 시스템의 일종인 유전자 알고리즘 (genetic algorithms, 이하 GAs)는 자연선택의 원리와 자연계의 생물유전학에 기본이론을 두고 병렬적이며 전역적인 탐색알고리즘으로서, 모든 생물은 주어진 환경속에서 적응함으로써 살아남는다는 다윈(Darwin)의 적자생존(survival of the fittest)의 이론을 기본개념으로 하고 있다. 이와같이 GAs는 적자생존의 법칙에 근거를 둔 확률적인 탐색알고리즘으로서 복제(reproduction), 교배(crossover) 그리고 변이(mutation)라는 일련의 변화과정을 수학적으로 모델링하여 만든 기법이다. GAs는 자연선택 과정 속에서 진화해 가는 생명체를 설계공간내의 한 설계점으로 모사한 최적화 기법의 하나라고 할 수 있다.<sup>(3)</sup> 특히 최적화기법의 관점에서 보았을 때, GAs는 이산적인 변수의 처리와 넓은 설계공간의 탐색능력과 더불어 문제의 비선형성과 관계없이 전체(global) 최적해를 찾아낼 수 있기 때문에 구조최적화 문제에 널리 쓰이고 있다.<sup>(4),(5)</sup>

이 연구에서는 단면 및 시스템 형상을 동시에 고려하는 구조물의 이산화 최적설계문제를 GAs를 확장, 개선하여 체계화하였고, 대한건축학회의 강구조 한계상태설계기준(1998)을 근거로 한 인장 및 압축력, 세장비등에 대한 강도제약과 단면형상에 대한 사용성 및 처짐등을 제약조건식으로 하여 입체 트러스의 구조해석과 시스템형상 및 단면 이산화 최적설계 알고리즘 및 프로그램을 개발하고, 설계 예를 들어 비교·고찰하였다.

## 2. GAs의 개요

GAs는 설계변수의 실수값을 표현하기 위한 염색체(chromosome)로서 이진벡터를 사용하여, 0과 1의 문자열(string)형태로 구성하므로써 마치 염색체에 유전인자가 나열되어 있는 것과 같은 형태를 갖추기 때문에 교배와 돌연변이가 가능하

게되며, 결국 이와 같은 문자열은 집단을 이루는 하나의 개체이자 설계공간내의 설계점들로 작용하는 것으로 그림 1은 GAs의 기본 흐름도이다.

이 연구에서는 설계변수의 정보가 들어가 있는 이산자료를 database화하여 가능해집합을 이진수로 코드화 작업(encoding)을 통해 요구되는 수만큼의 문자열, 즉 개체들로 이루어진 하나의 집단을 생성하였다.<sup>(1)</sup>

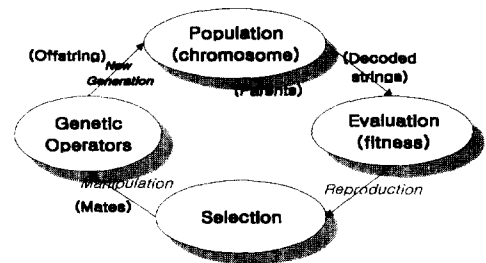


그림 1. GAs의 기본 흐름도

## 3. GAs의 적용절차

그림 2는 GAs의 적용 방법을 도시화한 것으로 이 연구의 GAs는 초기화 절차와 진화적 절차 및 유전적 절차등 세 가지의 절차로 구성된다. 그림 2의 초기화 작업에서 GAs는 임의의 난수를 발생시켜 한 세대의 개체 수만큼의 염색체를 생성해 내어야 한다.

기존의 GAs은 해의 범위가 미리 정해져 있을 경우 이를 표현할 수 있는 비트수만큼 이진수를 할당하여 최적해를 찾을 수 있었고, 구조물의 종류 및 절점의 좌표이동이 다를 때마다 염색체를 새롭게 구성하여야한다. 따라서 그림 2의 전체 흐름도에서 그림 3과 같이 이 연구에서 초기화단계 및 진화적 절차 단계에서 절점 이동의 상·하한 치 그리고 정밀도 및 방향을 입력하여 부호화(encoding) 그리고 실체수치(decoding)로 변환가능하므로써 각 비트의 역할에 따라 각각 독립적으로 처리하는 개선된 GAs를 제시하였다.<sup>(2),(10),(11)</sup>

이렇게 생성된 염색체들은 진화적 절차에 전달되며 디코딩(decoding) 수치화 작업을 통하여

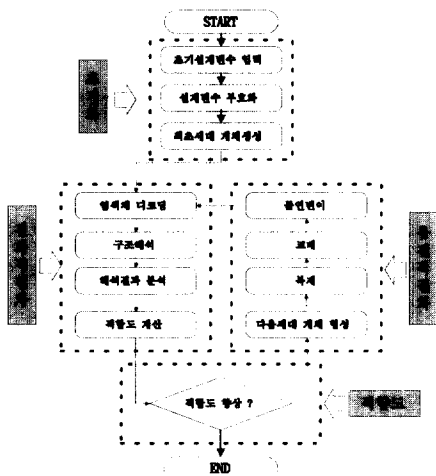


그림 2. 유전자 알고리즘 적용 흐름도

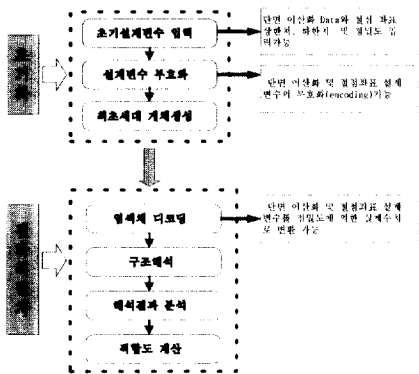
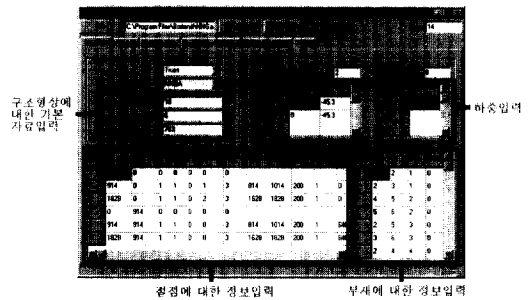


그림 3. Shape-GAs

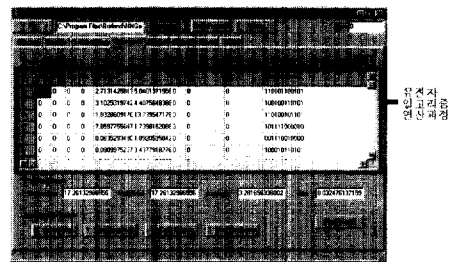
실제 설계 변수에 사용될 수치로 변환되며, 얻어진 설계 변수들을 사용하여 구조 해석을 수행한다. 진화적 절차는 구조 해석의 결과를 분석하여 염색체의 적합도를 계산하며 계산된 적합도를 유전적 절차에 전달한다. 유전적 절차에서는 GAS의 연산자인 복제와 교배 및 돌연변이 등을 통하여 다음 세대의 유전자를 생성하게 되며 다시 진화적 절차에 전달한다. 이 연구에서 교배는 일점 교배 방법을, 복제는 룰렛 휠 선택 방법을 사용하였다. 그림 4(a)~(c)는 이 연구에서 개발한 구조해석과 단면 및 형상최적설계를 동시에 수행할 수 있는 통합시스템화 된 이산화 최적설계 프로그램의 초기화면 및 각 절차의 실행 과정 화면이



(a) 초기화면



(b) 유한요소 모델의 기본입력



(c) 유전자 알고리즘 절차에 따른 연산과정

그림 4. 유전자 알고리즘을 이용한 최적설계과정

다. (10), (11)

그림 5(a)~(b)는 이 연구에서 개발된 Pre-Post Processor를 나타내며, 다음과 같은 3가지 영역으로 구성된다. 첫 번째는 구조물 형상 Display 영역으로 구조물의 형상을 입체 및 평면으로 화면에 Display하는 기능을 가지고 있다. 두 번째는 형상 최적설계과정에서 얻어진 수치 데이터를 이용하여 초기 유한요소모델, 형상 최적설계후의 모델 및 변형모습을 나타낼 수 있는 기능을 제공

하고 있다. 세 번째는 구조물의 형상을 여러 각도에서 확인하고 입력 데이터가 정확한지를 검사할 수 있도록 구조물의 회전, 확대 및 축소, 이동을 마우스조작으로 손쉽게 사용할 수 있는 사용자

도구를 제공하고 있다.<sup>(10),(12)</sup>

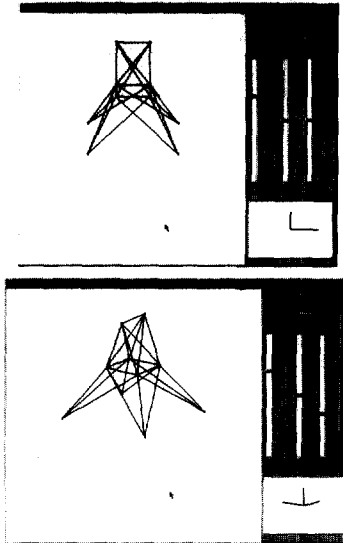
#### 4. 최적화 문제의 적합도 표현

GAs의 적합도는 다음 세대를 복제할 때 가중치로 사용되기 때문에 양의 적합도로 표현되어야 한다. 이 연구에서 GAs를 이용한 최적설계의 수행에 사용된 적합도는 목적함수의 역수를 기본적으로 사용하였으며 이때 목적함수가 1 미만의 수치로 표현되는 것을 방지하기 위하여 식 (1)과 같이 최대 목적함수 값과의 비를 적합도로 표현하였다.<sup>(11),(12)</sup>

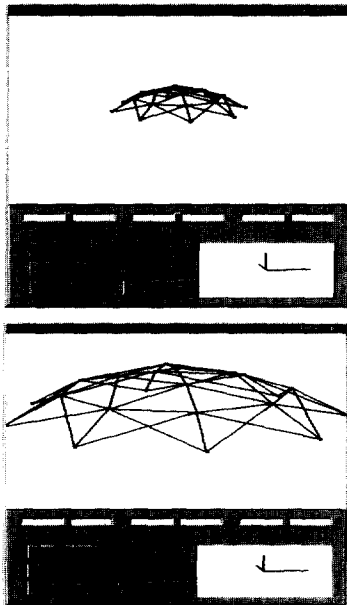
$$Fitness = \frac{Object_{Max}}{Object_{Sum}} \quad (1)$$

$$Object_{Max} = \sum_{i=1}^{NEL} A_{max} \times L_i$$

$$Object_{Sum} = \sum_{i=1}^{NEL} A_i \times L_i$$



(a) 구조물의 X, Y, Z축 회전 화면



(b) 구조물의 확대 / 축소 화면

그림 5. Pre-Post Process

여기서,  $A_{max}$  : 검색에 사용되는 단면 데이터 베이스의 단면적중 가장 큰 값

$A_i$  :  $i$  번째 부재의 단면적

이 연구에서는 목적 함수에 벌칙 함수를 더하여 목적 함수를 수정하는 것으로 제약식을 위반하는 경우 위반된 제약식을 기준으로 만들어진 벌칙 함수가 더해진다. 사용되는 벌칙 함수는 식 (2)와 같이 구성되어 있으며 이때 사용되는 벌칙 함수 변수는 Kavlie와 Moe<sup>(9)</sup>가 추천한 식 (3)을 사용하였다.

$$P(X) = \alpha \sum_{i=1}^m \frac{1}{G_i(X)} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{\phi_i}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{G_i(X)}} \quad (3)$$

여기서,  $P(X)$  : 벌칙함수,  $m$  : 제약 조건수

$\phi_i$  : 제약조건  $i$  에 대한 페널티 값

#### 4.1 제약 조건식

L : 부재의 비 지지 길이  
 $\gamma$  : 좌굴축에 대한 단면2차반경

##### (1) 인장강도 제약 조건식

$$(\phi_t P_n)_i \geq (P_u)_i \quad (4)$$

여기서,  $\phi_t$  = 인장 저항계수(0.9)

$(P_u)_i$  :  $i$  번째 부재의 소요 축력

$(P_n)_i$  :  $i$  번째 부재의 공칭인장강도

$$P_n = A_g F_y$$

$A_g$  : 부재의 총단면적 ( $cm^2$ )

$F_y$  : 항복강도 ( $tf/cm^2$ )

##### (2) 압축강도 제약 조건식

압축부재의 설계는 국부좌굴에 저항하여 전체강도를 발휘할 수 있는 컴팩트 단면(compact section)이 되도록 설계하였다.

$$(\phi_c P_n)_i \geq (P_u)_i \quad (5)$$

여기서,  $\phi_c$  = 압축 저항계수(0.85)

$(P_u)_i$  :  $i$  번째 부재의 소요 축력

$(P_n)_i$  :  $i$  번째 부재의 공칭 압축강도

식 (5)중에서  $P_n = A_g F_{cr}$  이며, 압축력을 받는 부재의 한계 압축용력  $F_{cr}$ 은 세장비에 따라 다음의 식 (6)과 식 (7)에 의해 산정되며, 부재의 세장비는 식 (8)과 같다.

$$\lambda_c \leq 1.5 \text{ 일 때 } F_{cr} = (0.65^{\lambda_c^2}) F_y \quad (6)$$

$$\lambda_c > 1.5 \text{ 일 때 } F_{cr} = \left( \frac{0.85}{\lambda_c^2} \right) F_y \quad (7)$$

$$\lambda_c = \frac{KL}{\gamma \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (8)$$

여기서, K : 유효길이 계수 (=1)

##### (3) 세장비 제약 조건식

$$200 \geq \frac{KL}{\gamma} \quad (9)$$

##### (4) 판폭-두께에 대한 제약조건식

a) H형강의 판폭-두께에 대한 제약조건식

$$\frac{17}{\sqrt{F_y}} - \left( \frac{b_f}{2 t_f} \right) \geq 0 \quad (10)$$

$$\frac{169}{\sqrt{F_y}} - \frac{h}{t_w} \geq 0 \quad (11)$$

여기서,  $b$  : 플랜지 폭,  $t_f$  : 플랜지 두께,

$h$  : 유효높이,  $t_w$  : 웨브 두께

b) 원형 강관의 판폭-두께에 대한 제약조건식

$$\frac{145}{F_y} - \frac{D}{t} \geq 0 \quad (12)$$

여기서,  $D$  : 원형 강관의 직경,

$t$  : 원형 강관의 두께

## 5. 설계 예

이 장에서는 입체 트러스 구조물의 두 가지 예제를 통하여 이 연구에서 제시한 Shape-GAs 알고리즘을 이용하여 입체 트러스의 구조해석과 단면 및 형상 이산화 최적설계를 일괄적으로 수행하여 그 결과를 비교, 검토하고자 한다.

**[예제 1]** 그림 6과 같이 5개의 절점과 4개의 부재로 구성된 4부재 입체 트러스를 채택하였다.

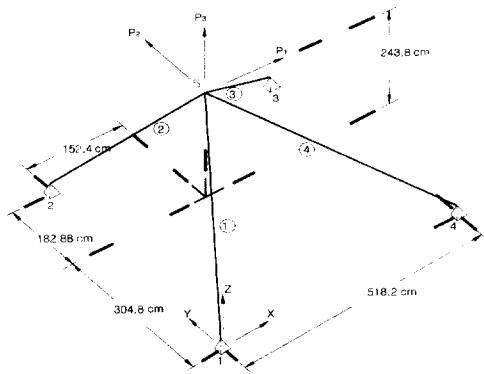


그림 6. 4부재 입체 트러스

이 연구에서 제시한 알고리즘과 프로그램의 신뢰성과 범용성을 위하여 최적 설계조건은 참고문헌 (7)에서 제시한 것과 동일하게 설정하여 이산화 최적설계를 수행하였다. 그리고 그 결과를 표 1에 나타내었다. 구조해석과 설계에 적용되는 단면은 실제 공장에서 제작되는 상용제품인 KS 규격의 원형 강관 단면<sup>(12)</sup>을 참조하여 모두 61개에 대한 단면 성질을 사용하여 최적화를 수행하였다. 따라서 하나의 부재는 6개의 검색체 길이로 표현할 수 있다. 강구조의 중량을 목적 함수로 사용하였으며, 하중조건은 참고문헌 (7)과 동일하게  $P_1 = 4.536\text{tf}$ ,  $P_2 = 9.072\text{tf}$ ,  $P_3 = -27.216\text{tf}$ 로 하였다. 교배확률과 돌연변이확률 매개변수는 각각 0.5와 0.0025를 사용하였으며, 설계집단은 60, 최대 세대수는 500번으로 하였다. 최적 설계조건은 탄성계수  $E = 703\text{tf/cm}^2$ , 강재의 단위중량  $\rho = 2.768 \times 10^{-6}\text{tf/cm}^3$ , 부재의 허용 응력은  $\pm 1.76\text{tf/cm}^2$ 으로 하였고, 절점(5)의 Z축 변위 제한을  $\pm 0.762\text{cm}$ 로 하였다.

표 1에서 dual simplex method에 의한 참고문헌 (7)의 연속 최적결과와 이 연구의 이산화 최적결과를 비교하여보면, 참고문헌 (7)의 연속형 변수와 이 연구에서 사용한 원형 강관 이산형 변수를 감안하여 3.6%차이에 의해 유사함을 알 수 있다.

또한, 이 연구에서 제시한 최적설계 알고리즘을 이용하여 대한건축학회 강구조 기준의 원형 강관

표 1. 원형 강관을 이용한 이산화 최적설계

부재	본 연구	참고문헌 (7)	
	이산 최적설계 ( $\text{cm}^2$ )	연속 최적설계 ( $\text{cm}^2$ ) (dual simplex method)	
		초기치	최종수렴 최적결과
①	$\phi - 21.7 \times 1.9$ (1.182)	16.13	0.645
②	$\phi - 165.2 \times 4.5$ (25.16)	16.13	25.878
③	$\phi - 60.5 \times 2.8$ (5.073)	16.13	4.780
④	$\phi - 139.8 \times 4.0$ (17.06)	16.13	15.687
중량(tf)	0.057	0.079	0.055

표 2. 4부재 입체트러스 구조의 절점이동 조건 및 유전자 길이

case	설계변수	설계변수 좌표	이동 한계(cm)			설계 공간	유전자 길이
			기준	최소	최대		
1	Node 5	X	152.4	0	300	300	9
		Y	304.8	150	450	300	9
		Z	243.8	-	-	-	-
2	Node 5	X	152.4	0	300	300	9
		Y	304.8	-	-	-	-
		Z	243.8	94	394	300	9
3	Node 5	X	152.4	-	-	-	-
		Y	304.8	150	450	300	9
		Z	243.8	94	394	300	9
4	Node 5	X	152.4	0	300	300	9
		Y	304.8	150	450	300	9
		Z	243.8	94	394	300	9

단면을 이용하여 단면 및 형상 이산화 최적설계를 수행했을 때 최적설계의 결과는 표 3과 같다. 참고문헌 (7)과 동일한 제약 조건식을 근거로 하고 표 2와 같은 형상최적 설계조건에 따라 수행한 결과 표 3과 같은 최적설계결과를 얻을 수 있었다. 표 1과 표 3을 비교하여보면 형상을 고정시킨 것보다 형상을 고려한 이산화 최적설계결과가 약 20%~58.9% 더 경제적임을 알 수 있다. 뿐만 아니라 표 3에서는 평면XY, 평면XZ, 평면YZ를 고려한 최적설계보다 입체인 세 방향 XYZ축을 고려한 형상최적설계가 약 4.4%~33% 더 경제적임을 알 수 있다. 또한 평면상에서 형상을 고려할 때 평면YZ보다 평면XY 및 평면XZ이 각

표 3. 4부재 입체트러스의 각각의 case 단면 및 형상 이산화 최적설계

case	부재 번호	설계변수		중량 (tf)
		부재단면 (cm <sup>2</sup> )	절점⑤ 좌표 (cm)	
1	1	φ-114.3×3.5 (12.18)	X	0.038
	2	φ-139.8×4.0 (17.06)		
	3	φ-42.7×2.4 (3.039)	Y	
	4	φ-34.0×2.2 (2.198)		
2	1	φ-101.6×3.5 (10.79)	X	0.038
	2	φ-139.8×4.5 (19.13)		
	3	φ-42.7×2.4 (3.039)	Z	
	4	φ-34.0×2.2 (2.198)		
3	1	φ-27.2×1.9 (1.51)	Y	0.048
	2	φ-165.2×4.5 (22.72)		
	3	φ-21.7×1.9 (1.182)	Z	
	4	φ-114.3×4.5 (15.52)		
4	1	φ-101.6×3.5 (10.79)	X	0.036
	2	φ-139.8×4.0 (17.06)		
	3	φ-60.5×2.3 (4.203)	Y	
	4	φ-21.7×1.9 (1.182)		

각 약 27%, 26%정도 더 경제적인을 알 수 있다. 이상과 같이 이 연구에서 개발한 프로그램으로 다양한 최적설계조건에 의한 형상최적설계가 가능함을 보였고, 다양한 최적설계 정보를 얻는데 효과적임을 알 수 있다.

그리고 그림 7은 세대증가에 따른 최대 변위의 변화를 각 case별로 나타내었고, 그림 8은 세대증가에 각 case별로 따른 응력 변화를 나타내었다. 그림 7은 최대 변위 ±0.762cm을 초과하지 않고 수렴함을 알 수 있고, 그림 8에서는 최대 허용응력인 ±1.76 tf/cm<sup>2</sup>에 근접하게 분포됨을 알 수 있다. 이는 이 예제가 응력 제약보다는 변위 제약에 더 지배적임을 알 수 있다. 따라서 이 연구의 Shape-GAs 알고리즘이 입체 트러스 구조물의 단면 및 형상최적화에서 전체 최적값을 찾아내는데 효율적일 뿐만 아니라 구조물의 초기 구조계획에 효과적임을 기대할 수 있다.

**[예제2]** 입체 트러스의 구조해석 과 단면 및 형상 이산화 최적설계를 수행하기 위해서 그림 9

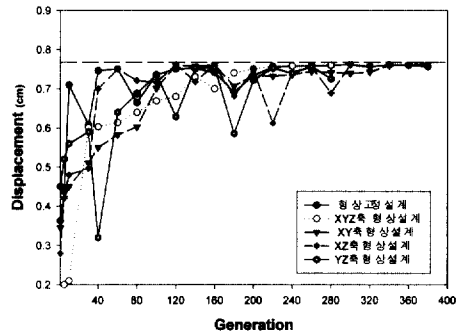


그림 7. 세대증가에 따른 절점 최대변위 변화

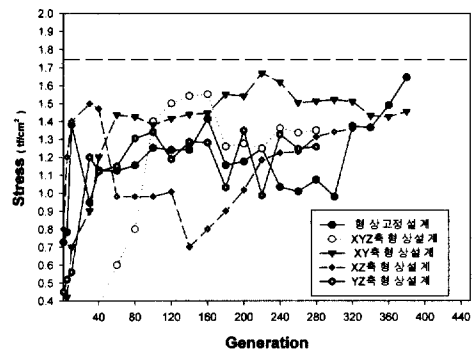


그림 8. 세대증가에 따른 부재 최대응력변화

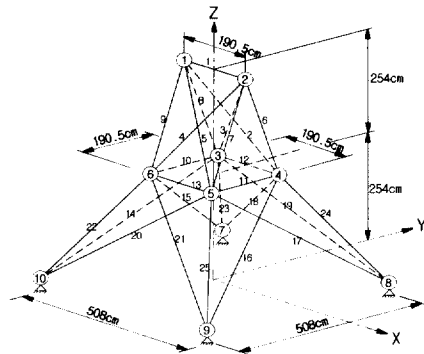


그림 9. 25부재 입체 트러스

와 같이 10개의 절점과 25개의 부재로 구성된 25부재 입체 트러스를 채택하였다.

다음은 식 (4)~식 (12)의 강구조 한계상태 설계 기준(1998)을 근거로 하고 표 5와 같은 설계조건과 표 6의 하중조건으로 25부재 입체 트러스의 단면 이산화 최적설계를 수행하면 표 7과 같다. 또한 표

표 4. 25부재 입체 트러스의 부재 그룹

Group Number	Members
(1)	1
(2)	2, 3, 4, 5
(3)	6, 7, 8, 9
(4)	10, 11
(5)	12, 13
(6)	14, 15, 16, 17
(7)	18, 19, 20, 21
(8)	22, 23, 24, 25

표 5. 설계 조건

강재의 항복강도 $F_y (tf/cm^2)$	탄성계수 $E (tf/cm^2)$	단위중량 $\rho$ ( $tf/cm^3$ )	절점①,②허용변위 (cm)
2.4	2100	$7.85 \times 10^{-6}$	$\pm 0.89$

표 6. 25부재 입체 트러스의 하중조건

절점번호	하중(tf)		
	X	Y	Z
①	1.35	-13.62	-13.62
②	0	-13.62	-13.62
③	0.69	0	0
⑥	0.81	0	0

표 7. 한계상태 설계기준을 적용한 이산화최적설계 결과

Member Group	본 연구 ( $cm^2$ )
(1)	$\phi-34.0 \times 2.2$ (2.198)
(2)	$\phi-89.1 \times 4.2$ (11.2)
(3)	$\phi-114.3 \times 3.5$ (12.18)
(4)	$\phi-60.5 \times 2.8$ (5.073)
(5)	$\phi-60.56 \times 2.3$ (4.203)
(6)	$\phi-89.1 \times 3.5$ (9.412)
(7)	$\phi-114.3 \times 3.5$ (12.18)
(8)	$\phi-139.8 \times 4.5$ (19.13)
Weight(t)	0.7671

8과 같은 형상최적설계조건으로 단면 및 형상 이산화최적설계를 수행하면 표 9와 같다.

원형 강관 단면을 이산화 집합으로 하여 표 7과 같이 형상을 고정시킨 이산화 최적설계결과와 단면 및 형상을 동시에 고려한 이산화 최적설계

표 8. 25부재 입체 트러스의 절점이동 조건 및 유전자 길이

설계변수	이동 한계 (cm)			설계 공간	유전자 길이	
	기준	최소	최대			
Node ③	X	158.5	110	210	100	7
	Y	158.5	110	210	100	7
	Z	254.0	224	284	60	6
Node ④	X	349.5	300	400	100	7
	Y	158.5	110	210	100	7
Node ⑤	X	349.5	300	400	100	7
	Y	349.5	300	400	100	7
Node ⑥	X	158.5	110	210	100	7
	Y	349.5	300	400	100	7
	Z	254.0	224	284	60	6
Node ⑦	X	0	-40	40	80	7
	Y	0	-40	40	80	7
	Z	0	-	-	-	-
Node ⑧	X	508.0	468	548	80	7
	Y	0	-40	40	80	7
	Z	0	-	-	-	-
Node ⑨	X	508.0	468	548	80	7
	Y	508.0	468	548	80	7
	Z	0	-	-	-	-
Node ⑩	X	0	-40	40	80	7
	Y	508.0	468	548	80	7
	Z	0	-	-	-	-

결과인 표 9를 비교하면 그림 10과 같이 형상을 고정시킨 단면 이산화 최적결과보다 단면 및 형상을 동시에 고려한 이산화 최적결과가 약 26% 정도 더 경제적인을 알 수 있다.

## 6. 결론

이 연구에서는 기존의 GAs를 개선, 확장하여 입체 트러스의 구조해석과 단면 및 형상 이산화 최적설계를 동시에 일괄적으로 수행 할 수 있는 최적설계 알고리즘을 제시하고, 통합 시스템화된 이산화 최적설계 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램으로 4부재 및 25부재 입체 트러스에 대



표 9. 25부재 입체 트러스의 단면 및 형상 이산화최적설계

설계 변수			
부재단면 그룹	단면 (cm <sup>2</sup> )	절점 번호	좌표 (cm)
(1)	φ-34.0×2.2(2.198)	③	X 135
			Y 150
			Z 283
(2)	φ-76.3×2.8(6.462)	④	X 382
			Y 141
			Z 269
(3)	φ-114.3×4.5(15.52)	⑤	X 352
			Y 333
			Z 257
(4)	φ-21.7×1.9(1.182)	⑥	X 124
			Y 359
			Z 224
(5)	φ-21.7×1.9(1.182)	⑦	X 40
			Y 40
			Z 0
(6)	φ-76.3×2.8(6.462)	⑧	X 505
			Y -16
			Z 0
(7)	φ-89.1×3.2(8.636)	⑨	X 527
			Y 544
			Z 0
(8)	φ-139.8×4.0(17.06)	⑩	X 33
			Y 472
			Z 0
중량(tf)	0.6096		

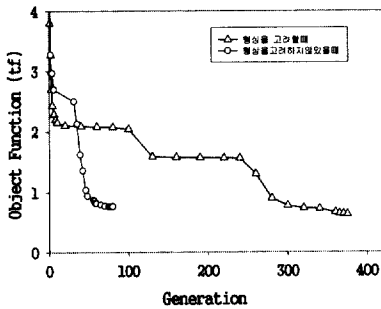


그림 10. 세대증가에 따른 목적함수 변화

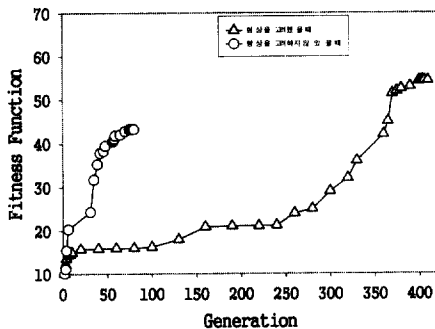


그림 11. 세대증가에 따른 적합도 함수변화

하여 최적 설계를 수행한 이 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 기존 GAs를 개선하여 입체 트러스의 구조 해석 과 단면 및 형상 이산화 최적설계를 동시에 수행할 수 있는 알고리즘을 제시하고 통합시스템화 된 이산화 최적설계 프로그램을 개발하였다.
- (2) 입체 트러스에 대하여 형상을 고정한 상태의 단면이산화 최적설계 결과보다 단면 및 형상을 동시에 고려하여 일괄적으로 수행한 최적설계결과가 더 경제적임을 알 수 있었다.
- (3) 이 연구의 알고리즘을 적용함으로써 각 절점의 X, Y, Z축의 한 방향뿐만 아니라, 평면XY, XZ, YZ 및 입체 XYZ 등으로 구성된 공간에서 설계환경과 설계자의 요구에 따라 단면 및 형상 이산화 최적설계가 가능함을 알 수 있다.
- (4) 이 연구에서 Pre-Post Processor, 구조 해석, 단면 및 형상 이산화 최적설계 모듈을 상호연결 시키는 통합시스템을 개발하여 보다 편리하게 실제설계업무에 효율적으로 적용될 수 있으며, 최적설계의 실용화를 유도할 수 있다고 판단된다.

## 참고 문헌

1. Goldberg, D. E., and Kuo, C. H., 'Genetic Algorithms in Pipeline Optimization', J. Computing in Civ. Eng., ASCE, Vol. 1, No. 2, 1987, pp. 128~141.
2. Rajeev, S., and Krishnamoorthy, C. S., "Discrete Optimization of Structures Using Genetic Algorithm", Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 123, No. 3, 1997, pp. 350~358.
3. Goldberg, D. E., 'Computer-aided Gas Pipeline Operation Using Genetic Algorithm and Rule Learning,' Ph. D. thesis, Dept. Civil Eng., Univ. Michigan, 1983.

4. Jenkins, W. M., "Towards Structural Optimization via The Genetic Algorithm", Computers and Structures, Vol. 40, No. 5, 1991, pp. 1321~1327.
5. Reinschmidt, K. F., 'Discrete Structural Optimization', Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 97, No. ST1, 1971, pp. 133~156.
6. Liebman, J. S., Khachaturian, N., and Chanaratna, V., 'Discrete Structural Optimization', Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 107, No. ST11, 1981, pp. 2177~2197.
7. Adeli, H. and Osamal, K., 'Efficient Optimization of Space Trusses', Computers & Structures, Vol. 24, No. 3, 1986, pp. 501~511.
8. Arora, J. S., and Huang, M. W., 'Discrete Structural Optimization with Commercially Available Sections', Structural Eng./ Earthquake Eng. JSCE, Vol. 13, No. 2, 1996, pp. 93~110.
9. Kavlie, D., and Moe, J., 'Automated Design of Frame Structures', Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 97, No. ST1, 1971, pp. 33~62.
10. Park, C.W., Kang, M.M., "Discrete Optimum Design of Space Truss Structures Using Genetic Algorithms", Proceeding of Sixth Asian Pacific Conference on Shell and Spatial Structures, Seoul Korea, 2000, pp. 271-2783.
11. 박춘옥, 조인기, 강문명, 유전자 알고리즘에 의한 철골연속보의 위상 및 이산화 최적설계, 대한건축학회 논문집 구조계, 제16권, 8호, 2000, pp. 3-30
12. 박춘옥, '개선된 유전자 알고리즘에 의한 입체 트러스의 단면 및 형상 이산화 최적설계', 경북대학교 대학원(박사학위논문), 2001.

(접수일자 : 2000년 5월 28일)