

유전자 알고리즘에 의한 트러스의 형상 및 위상최적설계

Shape & Topology Optimum Design of Truss Structures Using Genetic Algorithms

박 춘 옥¹⁾ · 여 백 유²⁾ · 강 문 명³⁾

Park, Choon Wook Youh, Baeg Yuh Kang, Moon Myung

요 약 : 본 연구에서는 다설계 변수와 다제약 조건으로 구성된 단면, 형상 및 위상을 동시에 고려하는 구조물의 이산화 최적설계문제를 유전자알고리즘을 이용하여 체계화하였다. 본 연구에서는 유전자알고리즘의 적용방법을 초기화절차, 진화적 절차 그리고 유전적 절차로 구성하였다. 초기화절차에서는 한 세대의 개체 수만큼 염색체를 생성하고 진화적 절차는 구조해석의 결과를 분석하여 적합도를 계산하였다. 그리고 유전적 절차는 번식과 교배 및 돌연변이를 통하여 다음세대의 유전자를 생성하게 된다. 이렇게 진화적 절차와 유전적 절차를 반복 수행하여 최적 해를 탐색한다. 본 연구에서는 설계자가 궁극적 목표로 하는 구조물의 응력 해석과 단면, 형상 및 위상최적설계를 동시에 수행할 수 있는 이산화 최적설계프로그램을 개발하고, 설계 예를 들어 비교·고찰하였다.

ABSTRACT : The objective of this study is the development of size, shape and topology discrete optimum design algorithm which is based on the genetic algorithm. The algorithm can perform both shape and topology optimum designs of trusses. The developed algorithm was implemented in a computer program. For the optimum design, the objective function is the weight of trusses and the constraints are stress and displacement. The basic search method for the optimum design is the genetic algorithm. The algorithm is known to be very efficient for the discrete optimization. The genetic algorithm 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. The efficiency and validity of the developed size, shape and topology discrete optimum design algorithm was verified by applying the algorithm to optimum design examples.

핵심용어 : 유전자알고리즘, 단면 이산화 최적, 적합도, 진화과정, 위상최적화, 형상최적화

KEYWORDS : genetic algorithm, size discrete optimum, fitness, evolutionary process, topology optimization, shape optimization.

1) 정희원, 경북대학교 건축공학과 강사, 공학박사
2) 정희원, 영진전문대학 건축디자인계열, 조교수
3) 정희원, 경북대학교 건축공학과 교수, 공학박사

본 논문에 대한 토의를 2002년 6월 30일까지 학회로 보내 주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

1. 서론

오늘날 국제적인 경쟁사회에 있어서 기술자들은 보다 안전하고도 경제적인 설계에 많은 관심을 가지게 되었는데 최근의 컴퓨터 공학의 발달에 힘입어 대용량의 계산을 아주 짧은 시간과 적은 비용으로 수행 가능함에 따라 모든 설계 분야에 컴퓨터를 이용하는 최적설계 기법이 도입되고 있다

유전자알고리즘(genetic algorithms, 이하GAs)는 자연선택의 원리와 자연계의 생물 유전학에 기본 이론을 두고 병렬적이며 전역적인 탐색알고리즘으로서, 모든 생물은 주어진 환경속에서 적응함으로써 살아남는다는 다윈(Darwin)의 적자생존(survival of the fittest)의 이론을 기본개념으로 하고있다. 이와 같이 GAs는 적자생존의 법칙에 근거를 둔 확률적인 탐색알고리즘으로서 복제(reproduction), 교배(crossover) 그리고 변이(mutation)라는 일련의 변화과정을 수학적으로 모델링하여 만든 기법이다. 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.^{(2),(3)}

본 연구에서는 단면, 형상 및 위상을 동시에 고려하는 구조물의 이산화 최적설계문제를 GAs를 이용하여 체계화하였고, 이것을 근거로 응력과 변위 제약에 의한 트러스 구조물의 응력해석, 단면 및 형상 그리고 위상최적설계를 동시에 수행할 수 있는 최적화 알고리즘 및 프로그램을 개발하고, 설계 예를 들어 비교·고찰하였다^{(8),(11)}

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 형

태를 갖추기 때문에 교배와 돌연변이가 가능하게 되며, 결국 이와 같은 문자열은 집단을 이루는 하나의 개체이자 설계공간내의 설계점들로 작용하는 것으로 그림 1은 GAs의 기본 흐름도 이다.

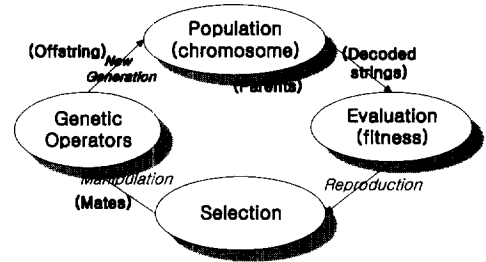


그림 1. GAs의 기본 흐름도

3. GAs의 적용절차

기존의 확정적인 수학기법으로는 쉽게 해결하기 어려운 단면, 형상 및 위상을 동시에 고려한 이산화 최적설계에 대하여 GAs를 이용할 수 있다. 기존의 연구에서는 GAs를 이용하여 단면 이산화 최적설계에 대해서는 많은 연구가 되어왔으나 트러스 구조물의 단면 및 형상 그리고 위상이 동시에 고려할 수 있는 이산화 최적설계는 거의 이루어지지 않았다.

따라서, 본 연구에서는 단면뿐만 아니라 형상 및 위상 이산화 최적설계가 동시에 쉽게 결정할 수 있도록 하기 위해 단순 GAs를 개선하여 Shape & Topology GAs를 제시하고자 한다.

기존의 GAs에서 해의 범위가 미리 정해져 있을 경우 이를 표현할 수 있는 비트수만큼 이진수를 할당하여 최적해를 찾을 수 있었고, 구조물의 종류 및 절점의 좌표이동 그리고 부재의 유·무를 결정할 때마다 염색체를 새롭게 구성하여야한다. 따라서 그림 2와 같이 본 연구에서는 절점 이동의 상한 치와 하한 치 및 정밀도 및 방향 그리고 부재의 유·무를 판단할 수 있는 부울린 변수(boolean variable)를 적용하여 부호화(encoding) 그리고 실제수치(decoding)로 변환가능 하므로

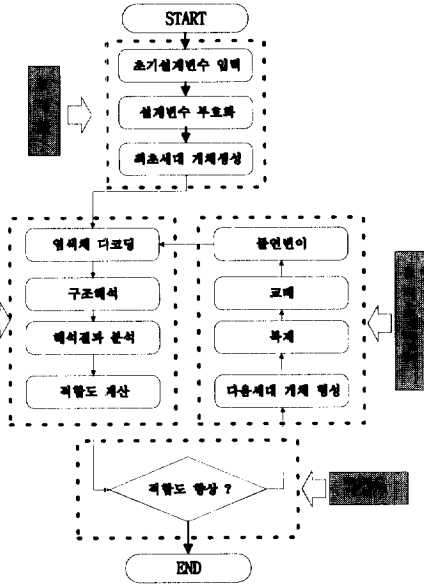


그림 2. GAs 적용의 전체 흐름도

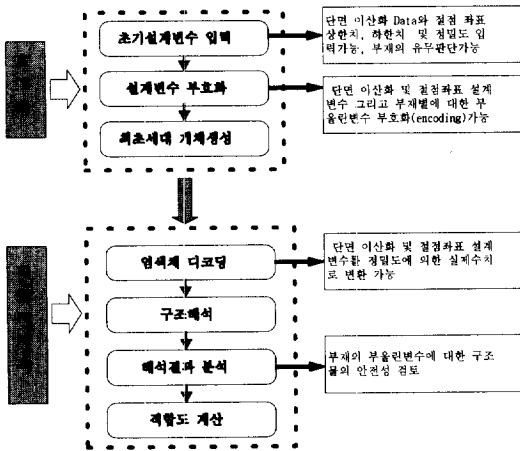


그림 3. Shape & Topology GAs

서 각 비트의 역할에 따라 각각 독립적으로 처리할 수 있도록 하였다. (3), (9)

본 연구에서는 그림 3에서 보듯이 부재에 대한 정보는 부재 그룹에 따라 구성할 수 있으며, 그림 4와 같이 부재의 유·무에 대한정보(ON/OFF)는 부울린 변수값인 "0", "1"을 사용하였다. 즉, 부재의 유·무에 대한 정보 값이 "1"이면 부재는 존재하고 "0"일때는 해당부재가 없을 경우를 나타

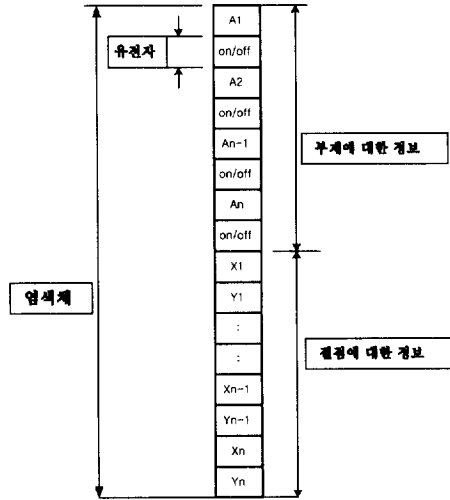


그림 4. 한 개의 염색체가 가지고 있는 정보

표 1. 설계변수가 갖는 비트영역과 비트수

| | 설계변수 | 설계변수의 정밀도 | 비트 영역 | 비트 수 |
|-------------|--|-------------|---------|------|
| 절점좌표 (4개) | Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 | 1cm | 0~635cm | 10 |
| 부재단면적 (18개) | $A_1 \cdots A_{18}$ | H형강 단면(54개) | 1~54 | 6 |
| 부재의 유·무 | ON/OFF | 부울린 변수값 | 0과 1 | 1 |
| 총비트수 | $(4 \times 10) + (18 \times 6) + (18 \times 1) = 166$ 비트 | | | |

낸다. 절점에 대한 정보는 설계자의 임의로 절점 X, Y좌표로 구성할 수 있다.

예를 들면, 4개의 좌표와 18개의 단면적에 대한 기호를 다음 식(1)과 같이 설정하여 나타내었다. (11)

$$\left. \begin{array}{l} Y_i : i=1,2,3,4 \\ A_j : j=1,2,3 \cdots 18 \end{array} \right\} \quad (1)$$

염색체 한 개는 22개의 설계변수인 유전자를 갖고 부재의 단면적인 $A_1, A_2, A_3, \cdots A_{18}$ 은 6비트로 구성되어 있으며, 절점 좌표 Y축에 해당되는 설계변수 Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 는 각각 10비트로 구성될 수 있다. 표 1에서와 같이 좌표에 대한

정밀도는 1cm단위까지 고려한 연속값 및 부재의 유·무에 대한 정보는 부울린 변수값인 0 과 1을 사용하였다.

4. 적합도함수의 정식화

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. (8),(11)

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

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

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

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 벌칙함수 변수는 Kavilie와 Moe⁽⁶⁾가 추천한 식 (3)을 사용하였다.

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

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

$$\phi_i = \begin{cases} 1, & \text{if } |\gamma_i| \leq 1 \\ \frac{k_i \cdot |\gamma_i|}{\gamma_{max}}, & \text{if } \frac{|\gamma_i|}{\gamma_{max}} > 1 \end{cases}$$

여기서, $P(X)$: 벌칙함수, m : 제약 조건수

ϕ_i : 제약조건 i 에 대한 페널티 값

γ_i : 변위 또는 응력 파라메타

γ_{max} : 각각의 γ_i 에 대한 최대 허용 값

k_i : 페널티 비율

그림 5는 본 연구에서 제시한 알고리즘에 대한 최적설계프로그램 일부과정이다.

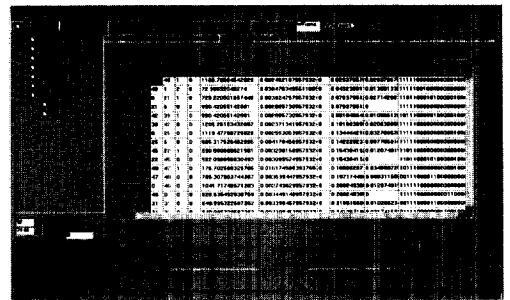
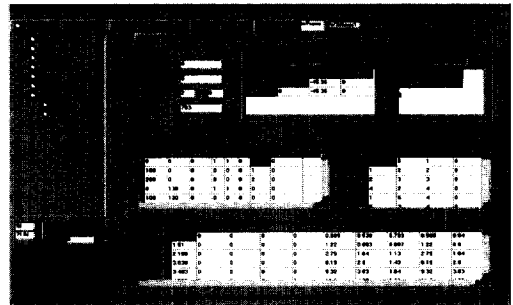


그림 5. 프로그램 실행화면

5. 설계 예

[예제 1] 그림 6과 같은 최적설계의 대상으로 많이 연구되어지고있는 3부재 트러스에 대하여 단면, 형상 및 위상최적설계를 수행하였다. 본 연구에서 표 2와 같은 설계 조건으로 하고, 부재의 허용응력은 $\pm 1.4 \text{ tf/cm}^2$ 으로 하였고, 절점 1의 y

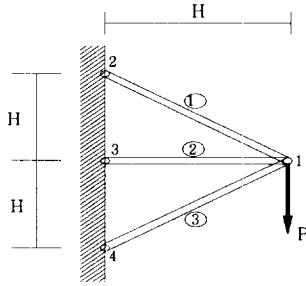


그림 6. 3부재 트러스

표 2. 설계 조건

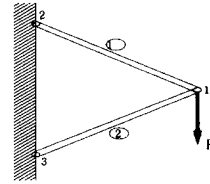
| 탄성계수 E (tf/cm ²) | 단위중량 ρ (tf/cm ³) | 절점하중 P (tf) | H(cm) |
|---------------------------------|--------------------------------------|----------------|-------|
| 2100 | 2.77×10^{-6} | 20.0 | 254 |

표 3. 원형 강관 데이터 베이스

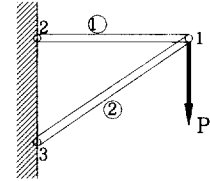
| H형강 | 단면적 (cm ²) | 단면2차모멘트 (cm ⁴) | 단면계수 (cm ³) |
|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1 $\phi - 21.7 \times 1.9$ | 1.182 | 0.585 | 0.539 |
| 2 $\phi - 27.2 \times 1.9$ | 1.510 | 1.22 | 0.893 |
| . | . | . | . |
| 60 $\phi - 1016.0 \times 12.7$ | 400.3 | 504×10^2 | 992×10 |
| 61 $\phi - 1016.0 \times 16.0$ | 502.7 | 628×10^2 | 124×10^2 |

축 변위 제한을 ± 0.5 cm로 하였으며, 좌굴은 고려하지 않았다. 본 연구에서 수행한 최적 설계는 절점과 단면을 설계변수로 하여 구조물의 최적 형상과 단면을 동시에 찾아내는 최적 설계 방법과 부울린 변수와 단면을 설계변수로 하여 구조물의 최적위상과 단면을 찾는 경우, 단면과 형상 그리고 위상최적을 동시에 고려하여 최적 설계하는 방법의 3가지 경우를 수행하였다. 응력 해석과 설계에 적용되는 단면은 실제 공장에서 제작되는 상용 제품인 KS 규격의 원형 강관 단면을 참조하여 표 3과 같이 모두 61개에 대한 단면 성질을 사용하여 최적화를 수행하였다. 따라서 하나의 부재는 6개의 염색체 길이로 표현할 수 있으며, 강구조의 중량을 목적 함수로 사용하였다.^{(9),(11)}

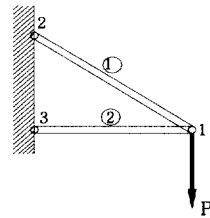
교배확률과 돌연변이확률은 각각 80%와 2.5%를 사용하였으며, 설계집단은 60, 최대세대수는



(a)



(b)



(c)

그림 7. 3부재 트러스의 다양한 위상

표 4. 그림 6의 최적설계결과

| 부재번호 | 최적단면 | | | |
|--------|---------|--------|--------|--------|
| | (a) | (b) | (c) | 그림 6 |
| ① | 10.79 | 15.52 | 22.72 | 10.79 |
| ② | 10.79 | 22.72 | 15.52 | 1.182 |
| ③ | - | - | - | 10.79 |
| 중량(tf) | 0.02147 | 0.0335 | 0.0335 | 0.0223 |

3000번으로 하였다. 그림 6의 트러스를 본 연구에서 제시한 알고리즘을 이용하여 단면 및 위상 최적화한 결과는 그림 7(a)와 같은 위상을 가진다. 그림 6의 트러스를 본 연구에서 구한 위상 최적결과를 그림 7과 같이 그림 6의 트러스에서 나올 수 있는 다양한 위상의 예들과 중량 최적화한 결과들을 비교하여 표 4에 나타내었다.

표 4에서 알 수 있듯이, 본 연구의 알고리즘에 의해서 구한 그림 7(a)와 같은 위상이었을 때가 그림 7(b), 그림 7(c)의 위상보다 중량이 더 감소함을 알 수 있다. 그러므로 본 알고리즘은 트러

스 구조물의 최적위상을 결정하는데 효과적임을 알 수 있다.

또한, 본 연구에서 제시한 Shape & Topology GAs를 이용하여 KS규격의 원형 강관 단면을 이용하여 단면 및 형상 그리고 단면, 형상 및 위상을 동시에 고려하여 이산화 최적설계를 수행했을 때 최적설계의 결과는 각각 표 6과 표 7과 같다. 표 4, 표 6, 표 7을 비교하여 보면 트러스의 형상을 고정시킨 것보다 형상 및 위상을 고려한 이산화 최적설계가 좀더 중량이 적음을 알 수 있고, 절점 1에 대한 표 5와 같은 y축에 대한 이동한계에 의해 단면 및 형상최적만 고려하였을 때보다는 단면, 형상 및 위상을 동시에 고려한 이산화 최적설계결과가 좀더 중량이 감소함을 알 수 있다. 이는 단면 및 형상 이산화 최적설계뿐만 아니라 위상까지 동시에 고려한 최적설계가 경제적이며 효율적임을 알 수 있다. 그림 8과 그림 9는 각각 단면 및 형상 그리고 단면, 형상 및 위상을 동시에 고려한 이산화 최적설계결과와 최적위상이다.

표 5. 3부재 트러스 구조의 절점이동 조건 및 유전자 길이

| case | 설계변수 | 설계변수 좌표 | 이동 한계(cm) | | | 설계 공간 | 유전자 길이 |
|------|--------|------------|-----------|----|-----|----------|-----------|
| | | | 기준 | 최소 | 최대 | | |
| 1 | Node 1 | X | 254 | - | - | - | 9 |
| | | Y | 254 | 0 | 500 | 500 | |

표 6. 3부재 트러스의 단면 및 형상 이산화최적설계

| 설계변수 | | | | 중량(tf) |
|------|-------------------------------|------------|-----|---------|
| 부재번호 | 부재단면 (cm^2) | 절점① 좌표(cm) | | |
| 1 | $\phi-89.1 \times 4.2$ (11.2) | X | 254 | 0.02134 |
| 2 | $\phi-21.7 \times 1.9$ (1.18) | | | |
| 3 | $\phi-89.1 \times 3.5$ (9.41) | Y | 181 | |

표 7. 3부재 트러스의 단면 및 형상, 위상 이산화최적설계

| 설계변수 | | | | 중량(tf) |
|------|---------------------------------|------------|-----|---------|
| 부재번호 | 부재단면 (cm^2) | 절점① 좌표(cm) | | |
| 1 | $\phi-101.6 \times 3.5$ (12.18) | X | 254 | 0.02071 |
| 2 | $\phi-89.1 \times 3.2$ (8.636) | Y | 167 | |

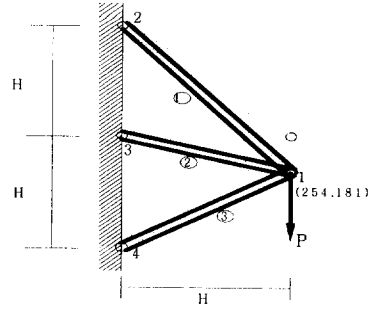


그림 8. 3부재 트러스의 단면 및 형상 (y축)

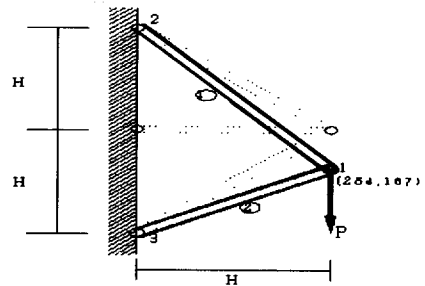


그림 9. 3부재 트러스의 형상 및 위상 (y축)

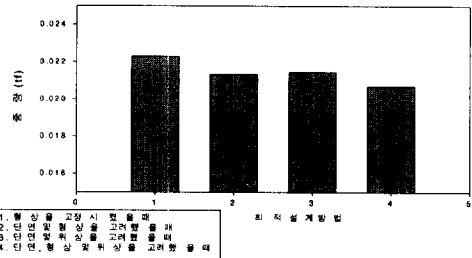


그림 10. 3부재 트러스의 최적설계방법에 따른 최적결과

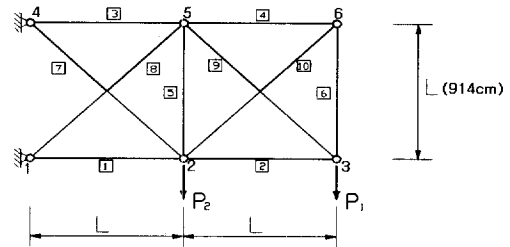


그림 11. 10부재 트러스

표 8. H형강 데이터베이스

| H형강 | 단면적 (cm ²) | 단면2차모멘트 (cm ⁴) | | 단면계수 (cm ³) | |
|-------------------|------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| | | I _x | I _y | Z _x | Z _y |
| ① H-100×50×4×6 | 9.940 | 163.00 | 12.6 | 37.73 | 8.00 |
| ② H-100×100×6×8 | 21.900 | 383.00 | 134.0 | 87.60 | 41.21 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| ⑤ H-482×300×11×15 | 145.500 | 60400.0 | 6760.0 | 2791.11 | 695.23 |
| ⑥ H-488×300×11×18 | 163.500 | 71000.0 | 8110.0 | 3227.61 | 830.23 |

표 9. 10부재 트러스의 절점하중.

| 절점하중조건 | |
|---------------------|---------------------|
| P ₁ (tf) | P ₂ (tf) |
| 45.3 | 45.3 |

표 10. 최적화 조건

| 부재의 허용응력 (tf/cm ²) | 탄성계수 E(tf/cm ²) | 단위중량 ρ(tf/cm ³) | 절점허용변위 (cm) |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|
| 1.6 | 703 | 2.768×10 ⁻⁶ | ±5.8 |

표 11. 10부재철골트러스의 최적설계결과

| 부재번호 | 이산최적설계 | 단면적 (cm ²) |
|----------|-----------------|------------------------|
| 1 | H-390×300×10×16 | 136.0 |
| 2 | H-250×250×9×14 | 92.18 |
| 3 | H-350×350×12×19 | 173.9 |
| 4 | H-100×50×4×6 | 9.94 |
| 5 | H-100×50×4×6 | 9.94 |
| 6 | H-100×50×4×6 | 9.94 |
| 7 | H-150×150×7×10 | 40.14 |
| 8 | H-390×300×10×16 | 136.0 |
| 9 | H-300×300×10×15 | 119.8 |
| 10 | H-100×50×4×6 | 9.94 |
| 목적함수(tf) | 2.188 | |

[예제2] 그림 11과 같은 10부재 트러스에 대하여 단면 및 형상 그리고 위상 이산화 최적설계를 수행하기 위해 응력 해석과 설계에 적용되는 단면은 표 8과 같이 실제공장에서 제작되는 상용 제품의 KS규격의 H형강 단면에 대한 단면성질을 이용하여 최적화를 수행하였다.^{(7),(8)}

강구조의 중량을 목적 함수로 사용하였으며, 제약 조건으로는 강재의 기계적 성질, 허용 응력과

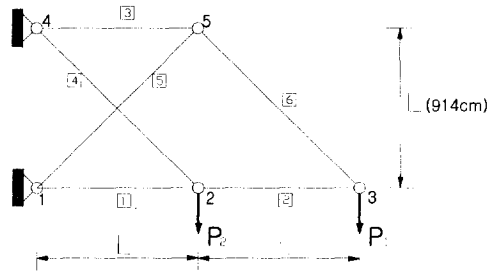


그림 12. 단면 및 위상 최적설계

표 12. 단면 및 위상을 고려했을 때 최적설계

| 부재번호 | 이산최적결과 | 단면적 (cm ²) |
|--------|-----------------|------------------------|
| 1 | H-300×300×10×15 | 119.8 |
| 2 | H-446×199×8×12 | 84.3 |
| 3 | H-344×354×16×16 | 166.6 |
| 4 | H-150×150×7×10 | 40.14 |
| 5 | H-500×200×10×16 | 114.2 |
| 6 | H-506×201×11×19 | 131.3 |
| 중량(tf) | 1.9612 | |

표 13. 10부재 트러스 구조의 절점 이동 조건 및 유전자 길이

| 설계변수 | 이동 한계(cm) | | | 설계공간 | 유전자 길이 | |
|--------|-----------|------|------|------|--------|----|
| | 기준 | 최소 | 최대 | | | |
| Node 2 | X | 914 | 300 | 1000 | 700 | 10 |
| | Y | 0 | 0 | 500 | 500 | 9 |
| Node 3 | X | 1828 | 1200 | 2000 | 800 | 10 |
| | Y | 0 | 0 | 600 | 600 | 10 |
| Node 5 | X | 914 | 300 | 1000 | 700 | 10 |
| | Y | 914 | 414 | 914 | 500 | 9 |

절점의 수평, 수직방향의 변위 제한인데 이 값들은 표 10에 정리 되어있다. 교배확률과 돌연변이 확률은 각각 60%와 2.5%를 사용하였으며, 설계 집단은 60, 최대세대수는 3000번으로 하였다.

10부재 트러스의 단면 이산화 최적설계결과를 표 11에 나타내었으며, 단면 및 위상 이산화 최적설계결과를 그림 12와 표 12에 나타내었다.

표 13과 같은 x, y축에 대한 이동한계에 의해 단면, 형상 및 위상 이산화 최적설계결과를 표 14,

표 14. 10부재 트러스의 y축에대한 단면, 형상 및 위상 이산화최적설계

| 부재 번호 | 부재단면 (cm ²) | 절점번호 | 절점좌표 (cm) | |
|---------|--------------------------|------|-----------|------|
| | | | X | Y |
| ① | H-350×350×12×19 (173.9) | 1 | X | 0 |
| | | | Y | 0 |
| ② | H-300×300×10×15 (119.8) | 2 | X | 914 |
| | | | Y | 100 |
| ③ | H-344×348×10×16 (146.0) | 3 | X | 1828 |
| | | | Y | 546 |
| ④ | H-250×250×9×14 (92.18) | 4 | X | 0 |
| | | | Y | 914 |
| ⑤ | H-175×175×7.5×11 (51.21) | 5 | X | 914 |
| | | | Y | 914 |
| ⑥ | H-250×250×9×14 (92.18) | 6 | X | - |
| | | | Y | - |
| 중량 (tf) | 1.8978 | | | |

표 15. 10부재 트러스의 x, y축에대한 단면, 형상 및 위상 이산화최적설계

| 부재 번호 | 부재단면 (cm ²) | 절점번호 | 절점좌표 (cm) | |
|---------|--------------------------|------|-----------|------|
| | | | X | Y |
| ① | H-100×100×6×8 (21.9) | 1 | X | 0 |
| | | | Y | 0 |
| ② | H-125×60×4.5×6.5 (13.39) | 2 | X | 302 |
| | | | Y | 58 |
| ③ | H-194×150×6×9 (39.01) | 3 | X | 1200 |
| | | | Y | 236 |
| ④ | H-356×352×14×22 (202.0) | 4 | X | 0 |
| | | | Y | 914 |
| ⑤ | H-244×252×11×11 (82.06) | 5 | X | 1000 |
| | | | Y | 668 |
| ⑥ | H-488×300×11×18 (163.5) | 6 | X | - |
| | | | Y | - |
| 중량 (tf) | 1.1607 | | | |

표 15에 나타내었다. 이때 표 14는 y축만 그리고 표 15는 x, y축을 고려한 단면, 형상 및 위상 이산화 최적결과이다. 표 11, 12, 표 14, 15를 비교, 고찰하면 형상을 고정시킨 이산화 최적설계결과 보다 형상 및 위상을 고려한 이산화 최적설계 결과가 더 경제적인을 알 수 있고, 표 12와 같이 단면 및 위상 이산화 최적설계보다 표 14, 15와 같이 단면, 형상 및 위상을 동시에 고려한 이산화 최적설계가 더 경제적인을 알 수 있다. 또한 절점의 이동한계를 y축만 고려한 것보다 x, y축을 동

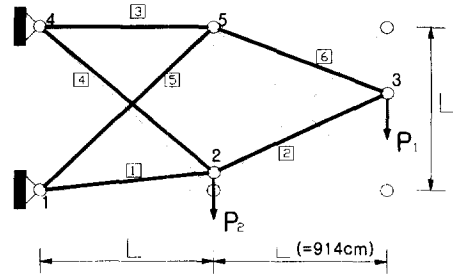


그림 13. y축으로만 움직였을 때 위상

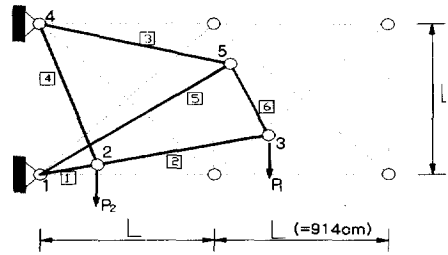
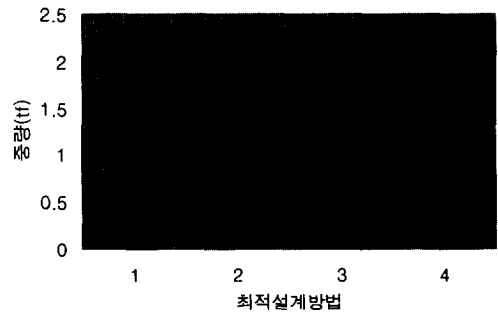


그림 14. x, y축을 동시에 움직였을 때 위상



- 1: 형상을 고정 시켰을 때
- 2: 단면 및 위상을 고려했을 때
- 3: 단면, 위상 및 형상을 고려했을 때 (y축고려)
- 4: 단면, 위상 및 형상을 고려했을 때 (x, y축고려)

그림 15. 10부재트러스의 최적설계방법에 따른 최적결과 시에 고려한 형상 및 위상 이산화 최적설계가 더 경제적인을 알 수 있었다.

6. 결론

본 연구에서는 이산화된 공간에서 유전자 알고

리즘을 이용하여 단면, 형상 및 위상을 고려한 트러스의 이산화 최적설계를 수행할 수 있는 알고리즘을 제시하고 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램으로 3부재 및 10부재 트러스에 대하여 최적 설계를 수행하였으며 본 연구에서 얻어진 결론은 다음과 같다.

- (1) 유전자 알고리즘을 사용하여 응력 해석과 단면, 형상 및 위상 이산화 최적설계를 동시에 수행할 수 있는 이산화 최적 설계 프로그램을 개발하였다.
- (2) 본 연구의 알고리즘을 이용하여 위상최적화를 수행하면 트러스의 최적구조계획 및 부재단면 까지 결정할 수 있음을 알 수 있다.
- (3) 부재의 단면적은 이산형 변수 및 부울린변수로, 절점의 위치는 연속형 변수로 사용하여 최적해를 구할 수 있음을 알 수 있었다.
- (4) 트러스 구조의 위상 및 절점 좌표를 고려한 형상 이산화 최적구조설계가 단면 이산화 최적설계보다 더 경제적인 설계임을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

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. kirsh, U. "Optimal Topology in Optimum Structural Design", Structural Optimization, Vol. 2, pp.133-142, 1990.
4. Jenkins, W. M., "Towards Structural Optimization via The Genetic Algorithm", Computers and Structures, Vol. 40, No. 5, 1991, pp.1321~1327.
5. Liebman, J. S., Khachaturian, N., and Chanaratna, V., 'Discrete Structural Optimization', Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 107, No. ST11, 1981, pp.2177~2197.
6. Kavlie, D., and Moe, J., 'Automated Design of Frame Structures', Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 97, No. ST1, 1971, pp. 33~62.
7. 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.
8. 박춘욱, 조인기, 강문명, 유전자 알고리즘에 의한 철골연속보의 위상 및 이산화 최적설계, 대한건축학회 논문집 구조계, 제16권, 8호, 2000, pp3-30
9. 박춘욱, '개선된 유전자 알고리즘에 의한 입체 트러스의 단면 및 형상 이산화 최적설계', 경북대학교 대학원(박사학위논문), 2001.
10. 박재형, "SQP 기법에 의한 다중하중상태하의 트러스의 최적화설계", 대한건축학회논문집 제 14권 7호, 1998.
11. 김기홍, '유전자알고리즘과 인공 신경망을 이용한 강뼈대 구조물의 이산화 최적설계', 경북대학교 대학원(박사학위논문), 1999.
12. 신미영, 박성수, "유전자알고리즘에 의한 고층 철골구조물의 최적설계", 대한건축학회 학술발표회논문집, 제20권, 제1호, pp.75~78, 2000.

(접수일자 : 2001년 9월 18일)